

21RDP
P-C165
367-01

보안 과제(), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개() 발간등록번호(11-B552989-000657-01)

국토교통연구기획사업 최종보고서

R&D / 21RDPP-C165367-01

2050 탄소중립도시 시범모델 구축사업 기획 최종보고서

2050
탄소
중립
도시
시범
모델
구축
사업
기획

최종
보고서

2023

2023. 1. 5.

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
협동연구기관 / (주)티비앤에이
(주)코비즈

국
토
교
통
부
국
토
교
통
과
학
기
술
진
흥
원

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

'2050 탄소중립도시 시범모델 구축사업 기획'(연구개발 기간 : 2021.09. ~ 2022.09.) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2023. 1. 5.

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원 (대표자) 김 병 석 (인)



공동연구기관명 : ㈜티비앤에이 (대표자) 봉 선 학 (인)



㈜코비즈 (대표자) 조 은 영 (인)



주관연구기관책임자: 정 승 현

공동연구기관책임자: 김 황 만

왕 광 익

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제37조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

< 요약 문 >

사업명	국도교통연구기획사업		총괄연구개발 식별번호		-																																	
내역사업명	-		연구개발과제번호		21RDPP-C165367-01																																	
국가과학기술 술표준분류	EI0104	50%	EI0202	30%	EI1202	20%																																
연구개발과제명	2050 탄소중립도시 시범모델 구축사업 기획																																					
총 연구개발기간	2021. 09. 10 - 2022. 09. 09 (12개월)																																					
총 연구개발비	총220,000천원 (정부지원연구개발비 : 220,000천원)																																					
연구개발단계	기초[] 응용[] 개발[] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[<input checked="" type="checkbox"/>]		기술성숙도		착수시점 기준() 종료시점 목표()																																	
연구개발과제 유형	지정공모 [<input checked="" type="checkbox"/>] 자유공모 []																																					
연구개발과제 특성	기획																																					
연구 개발 목표 및 내용	최종 목표	도시공간단위에서 적용 가능한 탄소중립 계획수립 지원기술 개발 및 실증 기획																																				
	연구내용	<p>□ 기획연구결과</p> <p>[성과목표]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 탄소공간지도 기반 공간계획지원 플랫폼 개발을 통한 국토 및 도시 분야 탄소중립 정책 지원 <ul style="list-style-type: none"> - 탄소공간지도 구축기술 고도화, 탄소중립도시 계획수립 지원기술 개발 - 탄소중립 모니터링 및 기술 실증, 운영관리 모델 구축 <p>[성과지표]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">성과지표명</th> <th colspan="5">목표치</th> <th rowspan="2">측정방법</th> </tr> <tr> <th>'23</th> <th>'24</th> <th>'25</th> <th>'26</th> <th>'27</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>탄소공간지도 기반 플랫폼 공간해상도 향상(격자 km)</td> <td>0.1</td> <td>0.1</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> <td>플랫폼 최대 공간해상도 측정</td> </tr> <tr> <td>탄소중립도시계획 수립 기초조사 기간 단축(%)</td> <td>12.5</td> <td>12.5</td> <td>25</td> <td>25</td> <td>25</td> <td>도시계획 수립시 기존 기초조사 방식 대비 소요시간 측정</td> </tr> <tr> <td>탄소중립계획 수립 대상 실증 및 확산(건수)</td> <td>-</td> <td>2</td> <td>1(3)</td> <td>1(4)</td> <td>1(5)</td> <td>탄소중립계획 수립 적용 대상 건수(괄호안 누적 건수)</td> </tr> </tbody> </table> <p>[정책적 연계성]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 탄소중립기본법 제29조(탄소중립 도시의 지정 등) 및 동법 시행령 제39조(온실가스종합정보관리체계의 구축 및 관리 등) <ul style="list-style-type: none"> - 환경부장관과 국토부장관은 지역·공간 단위의 온실가스 배출량·흡수량 등의 정보를 반영한 공간정보 및 지도를 작성하여 관리 ○ 제4차 과학기술기본계획('18~'22), 한국판 뉴딜('21.7), 2050 탄소중립 추진 전략('20.12) <ul style="list-style-type: none"> - NDC 이행 뒷받침하는 온실가스 측정·평가, 산업계 탄소감축 체제 구축 및 탄소흡수원의 효율적 관리기반 마련 					성과지표명	목표치					측정방법	'23	'24	'25	'26	'27	탄소공간지도 기반 플랫폼 공간해상도 향상(격자 km)	0.1	0.1	0.01	0.01	0.01	플랫폼 최대 공간해상도 측정	탄소중립도시계획 수립 기초조사 기간 단축(%)	12.5	12.5	25	25	25	도시계획 수립시 기존 기초조사 방식 대비 소요시간 측정	탄소중립계획 수립 대상 실증 및 확산(건수)	-	2	1(3)	1(4)	1(5)
성과지표명	목표치					측정방법																																
	'23	'24	'25	'26	'27																																	
탄소공간지도 기반 플랫폼 공간해상도 향상(격자 km)	0.1	0.1	0.01	0.01	0.01	플랫폼 최대 공간해상도 측정																																
탄소중립도시계획 수립 기초조사 기간 단축(%)	12.5	12.5	25	25	25	도시계획 수립시 기존 기초조사 방식 대비 소요시간 측정																																
탄소중립계획 수립 대상 실증 및 확산(건수)	-	2	1(3)	1(4)	1(5)	탄소중립계획 수립 적용 대상 건수(괄호안 누적 건수)																																

- 2050 탄소중립 실현을 위한 도전적인 탄소중립 기술혁신 연구개발 지원 필요
- 국토교통 2050 탄소중립 로드맵
 - 탄소중립 공간조성을 위하여 국토·도시 수준의 탄소 흡수·배출량 데이터 기반을 구축, 국토를 세분화하고, 구역 내 배출·흡수원을 시각화한 탄소배출 공간지도 구축 추진

[중점투자 분야 및 기술]

- 본 사업은 도시공간 기반 탄소를 산정하고 진단하는 기술개발과 탄소공간지도 구축기술을 고도화하고, 탄소배출저감 도시공간구조 최적화를 반영한 공간계획지원 플랫폼을 통해 시범모델 적용 및 운영, 정책 제언, 사업화 모델 제시로 실질적인 탄소중립도시 정책 지원 기술에 중점적으로 투자하여 개발

[사업 추진체계 및 추진방식]

- (추진체계)



- (국토교통부) 국내 실증을 포함한 연구개발 사업으로 탄소중립 도시계획 수립 지원기술 실증을 희망하는 지자체 선정 및 실증 진행사항 관리
- (국토교통과학기술진흥원) 사업 전반의 기획, 선정, 협약, 추진을 담당하며 연구수행 관리와 국내외 기관과의 행정 지원
- (연구기관) 연구를 수행하는 주체로서, 연구 과정 중 발생하는 문제에 대해 국토부 및 국토교통과학기술진흥원과 협의하여 진행
- (기술자문위원회) 각 구성기술 개발과정에서 연구성과의 검증, 평가, 자문을 수행하는 위원회를 구성

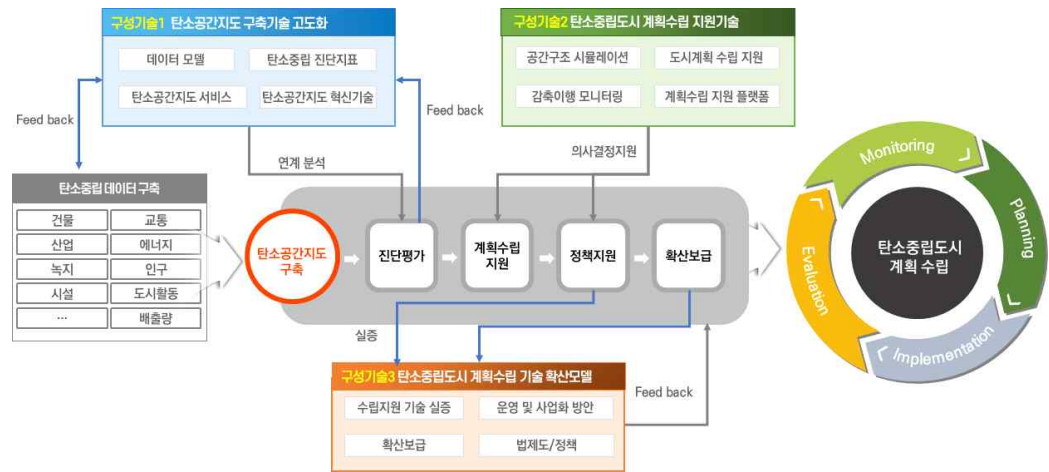
- (추진형태)

- 다음과 같이 3개 구성기술로 구성하고, 세부 구성기술에 대해서 산·학·연 협동연구체제로 구성·선정하여 추진
 - (구성기술1) 탄소공간지도 구축기술 고도화
 - (구성기술2) 탄소중립도시 계획수립 지원기술
 - (구성기술3) 탄소중립도시 계획수립 기술 확산모델

- (추진방식) 연구기관 공모를 통한 과제선정 및 연도별 예산 지원

- (과제 선정방식) 기술수요 조사 등을 반영한 Top-down(지정공모) 방식을 통해 평가기준에 따른 선정
- (과제 관리방식) 본 기술개발 사업은 세부과제 수행 기관 선정에서부터 종료 후 추적 평가에 이르기까지 전주기를 모니터링하고 관리
- (과제 평가방안) 세부과제별 성과목표를 정성적 및 정량적으로 평가

[과제구성]



〈세부구성기술 및 연구내용〉

구성기술	세부구성기술	연구내용
(구성기술1) 탄소공간지도 구축기술 고도화	탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> 건물, 수송 토지이용(흡수원), 토지이용도별 탄소배출량과 흡수량 산정 모델(수식) 개발 탄소공간지도 고도화에 필요한 데이터 확보방안 수립 클라우드소싱 및 마이데이터 기반 탄소공간지도 혁신기술 개발
	탄소공간지도 기반 탄소중립 진단지표 개발	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도 정보를 활용하여 탄소중립 수준을 판단할 수 있는 진단지표 개발
	탄소공간지도 운용 및 서비스모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도를 활용한 서비스 모델 개발 및 구현
(구성기술2) 탄소중립도시 계획수립 지원기술	공간구조변화 기반 탄소배출 시뮬레이션 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 도시공간구조에 따른 탄소배출량 변화 시뮬레이션 기술 개발
	탄소배출저감을 위한 계획지원 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립 도시계획 수립을 지원하기 위한 탄소중립 계획요소별 지원 기술 개발 도시내 개발사업에 대한 탄소배출 및 저감 효과 산정 기술 개발 지자체 탄소중립목표 감축이행에서 공간단위 계획의 기여도를 평가하고 진단할 수 있는 모니터링 기술 개발
	탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도 연계, 도시공간구조 시뮬레이션 기술, 계획지원 기술을 포함하는 탄소중립도시계획 수립을 지원하는 플랫폼(SW) 개발
(구성기술3) 탄소중립도시 계획수립 기술 확산모델	탄소중립도시 계획수립 지원기술 실증	<ul style="list-style-type: none"> 실증도시 선정, 실증적용 일정, 성과 검증방법론 수립 실증 지자체 대상 연구성과물 적용 및 검증
	탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 확산 모델 수립	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도와 공간계획지원 플랫폼 활용을 전국 지자체로 확산보급하기 위한 모델 개발 기술개발 종료 후 구체적인 활용방안 수립 국외 수요처 조사 및 해외진출을 비롯한 시장 확산 전략 제시
	플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(안) 개발	<ul style="list-style-type: none"> 기술개발 및 실증결과를 바탕으로 기존 도시계획수립지침을 비롯한 탄소중립도시계획 관련 법제도/정책 개정안을 마련하여 제도화 지원 탄소중립도시 실현을 위한 특화제도 시행 방안 제시

[민·관 역할분담 및 협업 방안]

○ (민·관 역할분담 및 협업방안)

- 국토부는 사업추진 성과의 확산과 법제도화, 지자체는 성과물의 실증과 도입, 산학연은 기술 개발과 상용화

참여기관	역할	수행내용
국토부	법제도화, 기술확산	사업추진성과 지자체 확산 및 법제도화
지자체	실증 추진	탄소공간지도 기반 공간계획지원 플랫폼 적용, 지자체 탄소 감축이행 모니터링 진단평가 적용 참여의향 지자체 실증사이트 제공
산업계, 연구계	기술개발, 상용화	신기술 연구개발 업무수행, 기술 상용화, 플랫폼 운영·관리 사업화모델 개발
학계, 연구계	법제도화, 이론	기술 및 이론 확산, 법제도화 지원

○ (정부 투자 필요성)

- 탄소중립 실현을 위한 정부의 종합적 대책(국토교통 2050 탄소중립 로드맵 실현)과 연계하여 기술개발 필요
- 도시분야 법정계획 '도시군기본계획수립지침'(21.12.)의 지자체별 탄소 배출 현황을 공간적으로 진단, 탄소중립 목표 설정, 공간구조 개편·부문별 감축계획 등 탄소저감 정책 수립에 부합하기 위한 R&D과제 지원 필요
- 「탄소중립기본법」시행(22.03.) 기반 탄소중립도시의 지정 등 탄소감축 근거를 마련하고 정책을 지원하는 국토·도시계획 분야 기술 개발 필요

[연도별 사업 추진계획]

(단위 : 억원)

내역사업명	구분	'23	'24	'25	'26	'27	합계
탄소공간지도기반 계획지원 기술개발	국비	34	47	66	41	22	210
	지방비	-	-	-	-	-	-
	민자	-	-	-	-	-	-
	계	34	47	66	41	22	210

* 민간매칭은 기업참여 현황에 따라 변동 가능

[자원조달 방안]

- 본 사업 규모는 5년간 정부 210억원(민간 미정)으로 모두 자원 조달이 가능한 수준
- 기획연구 결과에 따라 연차별 소요예산내역 및 집행계획과 세부 실행계획을 마련하고, 기존 일몰사업 등을 통해 자원조달 가능
- 국가 연구개발사업으로, 관련 규정에 따라 참여기업의 민간연구비 매칭이 가능하나 의무 사항은 아님
- * 최종 성과물은 국토교통부 소유로 귀속

[기존 사업과 차별성 및 연계방안]

- (차별성) 본 사업은 '탄소공간지도'를 기반으로 '탄소중립기본법'상의 탄소중립도시계획 수립과 도시별 감축이행 모니터링을 지원하는 시스템을 개발하는 것으로 근거법과 적용대상이 기존사업과 다름
- "빅데이터 기반 인공지능 도시계획 기술개발(국토교통부)" 연구는 빅데이터·인공지능 기술을 활용하여 도시계획(도시기본계획 및 관리계획) 수립을 지원하는 플랫폼을 개발하는 것으로 본 사업의 '탄소공간지도' 활용과 '탄소중립도시계획'수립과 적용대상이 다름
- "온실가스저감을 위한 국토도시공간계획 및 관리기술 개발(국토교통부)" 연구는 정주지·기타토지(LULUCF)의 온실가스 배출과 흡수계수를 산정하고 저감기술을 개발하는 연구로

- 계획수립지원기술을 개발하는 본 사업과 차별화됨
- “탄소저감 도시계획 시스템 개발(국토교통부)” 연구는 지구단위계획 적용수준의 미시적 시뮬레이션 기법(바람길, 열섬현상 등)을 개발한 것으로 탄소공간지도 구축과 이를 계획수립에 활용하기 위한 기술을 개발하는 본 사업과 차별화됨
- (연계방안) 계획수립을 위한 기초자료, 도시진단기술, 도시계획수립 기법 고도화와 관련하여 연구종료 또는 진행 중인 과제의 성과를 반영하여 고도화 예정
 - “빅데이터 기반 인공지능 도시계획 기술개발(국토교통부)” 연구의 성과물인 계획수립과정에서 활용되는 빅데이터 구축과 인공지능 기술은 도시공간의 탄소배출과 흡수량 산정 및 예측기법에 연계할 예정임
 - “온실가스저감을 위한 국토도시공간계획 및 관리기술 개발(국토교통부)” 연구에서 도출된 LULUCF분야 온실가스 배출 및 흡수 인벤토리를 탄소공간지도의 용도별 인벤토리 구축에 연계하여 활용
 - “탄소저감 도시계획 시스템 개발(국토교통부)”의 연구성과에서 기초조사에 활용한 데이터 구축기법 일부를 반영하여 탄소공간지도와 계획수립지원시스템 구축기술로 고도화

[성과 활용방안]

- 최종 성과물의 수요처를 정부부처, 지자체, 민간기업(엔지니어링 기업) 및 연구기관으로 구분하여 활용방안 마련
- 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 제28조 시행령 근거 지방자치단체의 탄소중립시·도계획 및 탄소중립시·군·구계획과의 연계방안 마련 필요

〈수요처별 활용방안〉

수요처	활용방안	세부 수요처
정부부처	탄소중립도시 선정 시 탄소공간지도 통계자료 활용 전국 공간단위탄소배출 흡수 모니터링 활용	국토·도시정책 관련 부서
지자체	지자체 단위 탄소배출·흡수량 모니터링 탄소중립기본계획 및 유관 도시계획(도시기본계획, 도시관리계획) 수립 시 연구개발 현황 조사 및 부문별 계획 수립 지원 성과물(탄소공간지도, 계획수립지원 플랫폼) 활용	지자체 도시계획, 관련 부서
민간기업 (엔지니어링) 대학 및 연구기관	탄소중립·도시계획 기초조사 시 탄소공간지도 및 계획수립 지원 플랫폼 활용	엔지니어링 및 개인 사무소, 기초조사 용역사, 연구원

[파급효과]

- 지역(공간)별 특성 및 여건에 최적화된 탄소중립도시 공간계획을 통한 2050 중장기 탄소중립 이행 기반 구축
 - 탄소공간지도 정보를 활용하여 탄소중립 수준을 판단할 수 있는 지표 개발로 탄소중립 모니터링이 가능해 지자체 탄소중립 이행 관리기술 확보
 - 탄소중립도시 계획수립 지원기술로 계획수립 시 기초조사 기간을 단축하여 급격하게 변화하는 도시의 공간수요를 빠르게 반영하여 효율적으로 활용
- 신규일자리 창출, 경제적 부가가치 제고, 산업활성화 효과
- 탄소공간지도를 통한 국토·도시단위 정부 및 지자체 온실가스 감축 목표 및 이행 상황 점검을 위한 지원 기술 확보

연구개발성과
활용방안 및
기대효과

□ 활용방안

- 시범사업 추진을 위한 기획자료
 - 탄소중립도시 시범모델 구축을 위한 연차별 계획과 예산, 인력투입의 적정성 검토를 위한 자료로 활용
 - 기획성과를 바탕으로 연구과제를 발굴·시행, 수행되는 과제의 제안요청서(RFP)로 활용
 - 제시된 사업 및 과제의 성과기준을 R&D 및 실증사업 추진 시, 사업의 성과관리 및 평가를 위한 기초자료로 활용
- 탄소중립도시 시범모델 설명 자료
 - 탄소중립도시에 대한 이해도 제고를 위한 자료로 활용
 - 한국형 탄소중립도시 시범모델 구축사업의 성과와 추진 방향을 공유할 수 있는 성과물로 활용
- 실용화/사업화 방안
 - 원천기술의 경우 논문, 특허 등의 지적재산권이나 설계기준이 주요 성과물이 될 수 있으며 SCI급 학술지 발표를 통한 국가과학기술수준 향상에 기여할 수 있음
 - 융합기술의 경우 논문, 특허, 인력양성, 기술표준 등의 주요 연구성과물로 기술이전 및 사업화를 통해 활용도가 측정될 수 있음(다만 이 지표는 연구 후반부에 발생할 수 있도록 이를 보완할 장치가 필요)
 - 실증기술의 경우 연구과제의 성격에 부합하는 대상지를 선정하고 연구결과 검증 및 적용 가능성 검토가 가능하도록 Pilot Test를 수행하고 그 결과를 평가, 공개함

□ 기대효과

- 기술적 측면의 기대효과·파급효과
 - 탄소중립도시 구현에 필요한 핵심기술의 조기 Scale-up 및 도시단위 실증
 - 개발된 기술은 탄소중립도시 시범사업에 적용을 통한 Track-Record 확보
 - 국내 탄소중립도시 기술의 전반적인 수준향상 및 관련 연구자의 노하우 축적
 - 탄소중립도시 관련 국내외 기준·표준 선도
- 경제적·산업적 측면의 기대효과·파급효과
 - 탄소중립도시 요소기술의 사업화 촉진 등 국내외 시장 창출 기대
 - 탄소중립도시 관련 엔지니어링 산업의 성장과 고용창출로 건설·엔지니어링 산업이 혁신성장산업으로 재부상
- 사회적 측면의 기대효과·파급효과
 - 탄소중립도시관련 요소기술의 사회적 수용성 제고, 자생적 적용 확산 기대
 - 과학적 도시 탄소배출 및 관리에 기반한 국가 탄소배출 저감 기대
 - 탄소중립 선도국으로서의 국가 위상 제고

국문핵심어 (5개 이내)	탄소중립도시	탄소 플럭스	시범모델	도시 유형	실증
영문핵심어 (5개 이내)	Carbon Neutral City	Carbon Flux	Pilot Model	Urban Type	Demonstration

차 례

제1장 기술의 정의 및 필요성	1
제1절 기술의 정의 및 분류체계	1
제2절 연구개발의 배경 및 필요성	8
제2장 국내외 동향 및 환경 분석	11
제1절 국내외 정책동향 및 분석	11
제2절 국내외 시장현황 및 전망	41
제3절 국내외 기술동향 및 분석	56
제4절 논문 및 특허 분석	88
제5절 유사과제 분석 및 기존 기술(연구)와의 차별성	119
제6절 연구개발 인프라 분석	125
제7절 종합 분석	137
제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략	143
제1절 비전 및 목표	143
제2절 핵심기술요소(CTE) 선정	146
제3절 연구개발 과제 구성	154
제4절 구성기술별 주요내용 및 추진전략	163
제5절 구성기술 간 연계관계	177
제6절 과제별, 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵	180
제7절 연구과정상 위험요인 분석 및 대응방안 마련	187
제8절 성과활용 및 사업화 전략	191
제4장 사전타당성 검토 및 소요예산 산정	193
제1절 논리모형(Logic Model, As is/To be Model)	193
제2절 정책적 타당성	195
제3절 기술적 타당성	203
제4절 경제적 타당성	207
제5절 온실가스 감축효과	212
제6절 유사과제 분석 및 연계방안	215
제5장 소요예산 산정	217
제1절 연구일정에 따른 인력투입 계획	217
제2절 소요예산 산정	221
제3절 예산적정성 검토	223
제6장 과제공모 방안	225
제1절 과제제안 요구서(RFP)	225
제2절 연구단계별 평가기준(안)	237
제3절 전략계획서	241

표 차례

표 1-1. 국가과학기술표준분류체계 검토	4
표 1-2. 국토교통기술분류체계 검토	5
표 1-3. 국토교통기술분류체계 개선(안) 검토	5
표 1-4. 탄소중립도시 기술분류체계(안)	6
표 2-1. 부처별 탄소중립 R&D	29
표 2-2. 글로벌 탄소중립 선언국의 탄소중립 추진 및 제도화 수준(2021년 6월 기준)	31
표 2-3. EU 탄소중립 6대 주축분야 (한국무역협회, 2021)	32
표 2-4. EU 그린딜 주요 실행정책 (한국무역협회, 2021)	32
표 2-5. 미국 청정에너지 연구개발 분야 (한국무역협회, 2021)	33
표 2-6. 미국 친환경 교통 정책 방향 (한국무역협회, 2021)	34
표 2-7. 중국의 탄소배출 복표 변화 (한국무역협회, 2021)	36
표 2-8. 일본의 그린성장전략 14대분야 주요 내용 (한국무역협회, 2021)	37
표 2-9. 주요국 탄소중립 정책	39
표 2-10. 최근 6년간 도시계획 전문분야 수주건수 및 규모(국내)	41
표 2-11. 최근 6년간 도시계획 전문분야 수주건수 및 규모(해외)	41
표 2-12. 기술구분	56
표 1-13. 계획지원시스템 사례	69
표 2-14. CREST 이산화탄소 저감 효과 시뮬레이션 방법	83
표 2-15. 검색 DB 및 검색범위	90
표 2-16. 분석대상 기술분류 및 분류기준	91
표 2-17. 기술분류체계에 따른 Raw Data 건수	92
표 2-18. 기술분류체계에 따른 최종 검색식	92
표 2-19. 유효특허추출기준	93
표 2-20. 기술분류체계에 따른 유효데이터 건수	94
표 2-21. 다출원 기준 주요 출원인	100
표 2-22. 국가별 다출원 기준 주요 출원인	101
표 2-23. 국가별 세부기술 점유율 분석	106
표 2-24. 유사과제 분석 주요 키워드 설명	119
표 2-25. 유사과제 리스트	120
표 2-26. 국내 전문가 현황	125
표 2-27. 탄소중립 관련 과제수행 연구기관	126
표 2-28. 탄소중립 관련 국내 연구기관 (국내 CTCN 가입기관)	126
표 2-29. 도시규모 측면	131
표 2-30. 도시시설 측면	132
표 2-31. 계획 및 사업측면	132
표 2-32. 도시재생 뉴딜사업	133
표 2-33. 도시재생 뉴딜사업 내용	133
표 2-34. 탄소중립 그린도시사업	134
표 3-1. 연구목표	144
표 3-2. 핵심기술요소 선정 체크리스트	146
표 3-3. 기술 유형 분류	147
표 3-4. 기술수요조사 대상 기술 분야	147
표 3-5. 제안기술 목록	149
표 3-6. 핵심기술요소 검토결과	151
표 3-7. 핵심기술요소 선정결과	152
표 3-8. 핵심기술요소 선정결과	153
표 3-9. 진단과 평가 관점 기술수요조사 결과	155
표 3-10. 계획수립지원 관점 기술수요조사 결과	157
표 3-11. 모니터링 및 실증 관점 기술수요조사 결과	159
표 3-12. 후보과제 유형화	160

표 3-13. 과제구성(안)	162
표 3-14. 구성기술1-1 과제카드	164
표 3-15. 구성기술1-2 과제카드	165
표 3-16. 구성기술1-3 과제카드	166
표 3-17. 구성기술2-1 과제카드	168
표 3-18. 구성기술2-2 과제카드	169
표 3-19. 구성기술2-3 과제카드	170
표 3-20. 구성기술3-1 과제카드	172
표 3-21. 구성기술3-2 과제카드	173
표 3-22. 구성기술3-3 과제카드	174
표 3-23. 실증 대상기술 유형 및 검증방법	184
표 3-24. 실증 참여 기관별 수행내용	185
표 3-25. 핵심기술요소의 성과유형	186
표 3-26. 단계별 위험요소 도출 및 대응방향	188
표 3-27. 기술개발 성과	191
표 4-1. 윤석열 정부 정책공약 요약	195
표 4-2. 제5차 국토종합계획의 발전전략 및 전략별 정책 과제	196
표 4-3. 지자체 추진 도시관련 정책	199
표 4-4. 국내 탄소중립 정책 추진	201
표 4-5. 연차별 사업 소요예산	207
표 4-6. '10년 이후, '도시계획 지원시스템' 과제 목록	207
표 4-7. '10년 이후, '도시계획 지원시스템' 소요 예산	208
표 4-8. 편익항목별 정의 및 산출식	210
표 4-9. 탄소중립 도시계획 서비스 및 SW 매출 편익(단위: 억 달러, 억 원, %)	211
표 4-10. 사업 소요예산의 현재가치	211
표 4-11. 비용/편익 분석	211
표 4-12. 온실가스 감축효과 산출에 사용한 활동자료 및 계수	212
표 4-13. 도로수송 분야 인구 1만명당 배출량 평균 환산결과	212
표 4-14. R&D 성과 적용에 따른 도로수송 분야 인구 1만명당 온실가스 감축효과(5년 평균)	213
표 4-15. R&D 성과 적용에 따른 도로수송 분야 온실가스 저감효과	213
표 4-16. R&D 성과 적용에 따른 감축이행 목표달성 지자체 수	214
표 4-17. 유사과제 분석 및 연계방안	215
표 5-1. 연차별 인력투입 계획 (단위: Man-Month)	217
표 5-2. 구성기술1 연차별 인력투입 계획 (단위: 인)	218
표 5-3. 구성기술1 연차별 인력투입 계획 (단위: 평균참여율/인)	218
표 5-4. 구성기술1 연차별 인력투입 계획 (단위: Man-Month)	218
표 5-5. 구성기술2 연차별 인력투입 계획 (단위: 인)	219
표 5-6. 구성기술2 연차별 인력투입 계획 (단위: 평균참여율/인)	219
표 5-7. 구성기술2 연차별 인력투입 계획 (단위: Man-Month)	219
표 5-8. 구성기술3 연차별 인력투입 계획 (단위: 인)	220
표 5-9. 구성기술3 연차별 인력투입 계획 (단위: 평균참여율/인)	220
표 5-10. 구성기술3 연차별 인력투입 계획 (단위: Man-Month)	220
표 5-11. 전체 비목별 소요예산 (단위: 백만원)	221
표 5-12. 구성기술1 비목별 소요예산 (단위: 백만원)	222
표 5-13. 구성기술2 비목별 소요예산 (단위: 백만원)	222
표 5-14. 구성기술3 비목별 소요예산 (단위: 백만원)	222
표 6-1. 평가항목 및 배점	237
표 6-2. 부합성, 중복성, 보안등급 분류 적정성 평가	238
표 6-3. 단계(중간)평가 검토항목 (실적부문)	239
표 6-4. 단계(중간)평가 검토항목 (계획부문)	239
표 6-5. 성과유형별 평가 착안사항	240
표 6-6. 최종평가 검토항목	240

그림 차례

그림 1-1. 연구목표 및 내용	1
그림 1-2. 탄소중립도시모델의 개념	2
그림 1-3. 기술구성도	7
그림 1-4. 2050 탄소중립 추진전략 (탄소중립위원회, 2021)	9
그림 2-1. 탄소중립·녹색성장 기본법안 체계	11
그림 2-2. 2050 탄소중립 미래상 (출처: www.gihoo.or.kr)	15
그림 2-3. 국토교통 탄소중립 로드맵 (www.molit.go.kr)	17
그림 2-4. 대구광역시 기후변화 대응 종합계획 비전 및 목표	20
그림 2-5. 행정중심복합도시 2040 탄소중립 비전 및 목표	24
그림 2-6. 경기도 그린뉴딜 비전 및 목표	25
그림 2-7. 국제사회의 탄소중립 추진현황 (출처: www.motive-power.com)	30
그림 2-8. IEA의 2050 탄소중립 주요 로드맵 (IEA, 2021)	38
그림 2-9. 국내 건설 및 설계 소프트웨어 시장현황 및 전망 (Statista, 2021)	42
그림 2-10. 국내 제로에너지빌딩 시장규모 및 전망	43
그림 2-11. 국내 도로용 지능형 교통시스템(ITS) 시장규모 및 전망	45
그림 2-12. 세계 도시계획 서비스 및 소프트웨어 시장현황 및 전망	47
그림 2-13. 세계 건설 및 설계 소프트웨어 시장현황 및 전망	47
그림 2-14. 세계 제로에너지빌딩 시장규모 및 전망	48
그림 2-15. 세계 HVAC 제어시장 현황 및 전망	49
그림 2-16. 세계 HVAC 제어 시장의 시스템별 규모 및 전망	49
그림 2-17. 세계 HVAC 제어 시장의 HVAC 제어 시장의 수익원별 규모 및 전망	50
그림 2-18. 세계 HVAC 제어 시장의 HVAC 제어 시장의 용도별 규모 및 전망	50
그림 2-19. 지능형 검침 인프라(AMI) 시장	51
그림 2-20. 세계 조명 제어시스템 시장 규모 및 전망	52
그림 2-21. 세계 지능형 교통시스템(ITS) 시장규모 및 전망	52
그림 2-22. 국제 탄소배출량 거래 현황 (ICAP, 2021)	54
그림 2-23. 탄소중립도시모델 기술 유형	56
그림 2-24. 국토공간계획지원체계 시스템화면	57
그림 2-25. 덴일레브 인공지능 기반 자동 건축설계 솔루션 BUILDIT	57
그림 2-26. LX 한국국도정보공사 전주시 디지털트윈 구축 사례	58
그림 2-27. 그린리모델링 기술요소	58
그림 2-28. 스마트 윈도우	59
그림 2-29. BIPV 기술적용 사례	59
그림 2-30. 서울시 노원구 도시숲 조성 단면도 (news.seoul.go.kr)	60
그림 2-31. 그린투게더 지자체 녹색건축평가(좌), 우리집에너지 결과 예시(우)	60
그림 2-32. 건물에너지 서비스 통합 플랫폼 (best.energy.or.kr)	61
그림 2-33. 국가온실가스종합관리시스템 구성	61
그림 2-34. 노원 제로에너지 실증단지 및 EZ센터	62
그림 2-35. 부산 에코델타시티(EDC) 스마트빌리지 및 단독주택	62
그림 2-36. 진천 친환경에너지타운 전경 및 신재생에너지설비 배치도	63
그림 2-37. 광주광역시 우리동네 온실가스 정보센터	63
그림 2-38. 공간빅데이터 분석플랫폼 (www.geobigdata.go.kr)	64
그림 2-39. 국토정보플랫폼 (map.ngii.go.kr)	64
그림 2-40. 서울시 에너지정보 플랫폼 (energyinfo.seoul.go.kr)	65
그림 2-41. 서울특별시 스마트서울맵 (map.seoul.go.kr)	65
그림 2-42. 기후변화 적응형 도시 열환경 설계시스템 (한양대학교, 2021)	66
그림 2-43. 탄소저감 도시계획 시스템 개발 (고려대학교, 2016)	66
그림 2-44. 친환경인증기술 로고	67
그림 2-45. 영국 환경청 건설 인프라 탄소배출 평가도구 ERIC	68
그림 2-46. 월드뱅크 CURB	68
그림 2-47. EUCALC 시스템 구현과 CEA 저탄소 고효율 시나리오 도출	70

그림 2-48. 인공지능을 통한 도시구조 생성 (Urban Structure Synthesizer, 2021)	70
그림 2-49. 미기후 분석 시뮬레이션	71
그림 2-50. CityBES 플랫폼과 소프트웨어 아키텍처	71
그림 2-51. 미국의 i-Tree tools를 이용한 도시녹지공간 정보 구축 예시	72
그림 2-52. 핀란드 7개 산림유형 매핑 기술 적용 예시 (METSAHALLITUS, 2018)	72
그림 2-53. LEAP 모델링 (Nilsson.M et al., 2012)	73
그림 2-54. 패시브하우스 기술의 요소 (S. Attia, 2018)	73
그림 2-55. 테슬라타운 (inhabitat.com)	74
그림 2-56. 싱가포르 녹화 주거복합시설 인터레이스(Interlace), 일본 친환경건축물 ARCROS	75
그림 2-57. 페트라 노바(Petra Nova) CCUS시설, 몽샤드기술센터(TCM)	75
그림 2-58. UAE 마스다르시티 적용된 에너지-환경 기술 요소	76
그림 2-59. 오스트리아 아스펜 저탄소 신도시 개발	76
그림 2-60. 메세슈타트 림 탄소중립 도시개발	77
그림 2-61. 영국 베드제드 에너지 저감형 건축물 배치	77
그림 2-62. Cool Climate Network 주요활동	78
그림 2-63. SF Bay Area의 연도별 온실가스 감축 시나리오	78
그림 2-64. 미국 벌칸프로젝트 탄소배출지도 (vulcan.rc.nau.edu)	79
그림 2-65. AECOM社의 SSIM 시뮬레이션 예시 (AECOM, 2015)	79
그림 2-66. 싱가포르 디지털트윈 Virtual Singapore (DASSAUT SYSTEMS, 2021)	80
그림 2-67. 런던 쿨스페이스(Cool Space) 시스템 (apps.london.gov.uk/cool-spaces)	80
그림 2-68. 영국 공간기반 온실가스 인벤토리 (국토연구원, 2021)	81
그림 2-69. 일본 샌다이도시권 저탄소 도시공간구조 시뮬레이션 (JAPAN MLIT, 2011 수정)	82
그림 2-70. 런던 디지털트윈 플랫폼 V.U.City (www.vu.city)	82
그림 2-71. 일본 탄소배출 관련 지도시스템	83
그림 2-72. CREST 사용 화면 (国土交通省, 2014)	83
그림 2-73. 점-선-면 구분에 의한 탄소배출지도 구축 방법론 (Liu et al, 2020)	84
그림 2-74. 온실가스 인벤토리 기반 중국 Zhicheng 탄소배출량 매핑 사례 (Liu et al, 2020)	84
그림 2-75. LEED 인증의 대상과 등급 (leed.usgbc.org)	85
그림 2-76. BREEAM 평가기준과 평가등급	86
그림 2-77. Minneapolis 그린존 경계 및 시나리오 결과	87
그림 2-78. 전체 연도별 논문 동향	88
그림 2-79. 세부연구분야별 논문동향	89
그림 2-80. 주요 국가별 연도별 출원동향	89
그림 2-81. 주요 국가별 연도별 출원동향	95
그림 2-82. 주요 국가별 내외국인 출원동향	97
그림 2-83. 특허기술 성장단계별 의미	98
그림 2-84. 주요 국가별 기술성장단계	99
그림 2-85. 다출원 기준 주요 출원인(상위 10위) 국적 및 기관특성 비중	101
그림 2-86. 다출원 기준 주요 출원인 출원국가 및 기술분야	102
그림 2-87. 탄소배출·흡수량 산정기술(AA) 연도별 동향 및 국가별 점유율	103
그림 2-88. 탄소공간지도 구축기술(AB) 연도별 동향 및 국가별 점유율	104
그림 2-89. 탄소배출 시뮬레이션 기술(BA) 연도별 동향 및 국가별 점유율	104
그림 2-90. 도시공간구조 최적화기술(BB) 연도별 동향 및 국가별 점유율	105
그림 2-91. 공간계획지원 플랫폼 기술(BC) 연도별 동향 및 국가별 점유율	105
그림 2-92. 세부기술별 점유율 분석	107
그림 2-93. 국가별 세부기술별 집중도 분석	108
그림 2-94. 핵심특허 선정기준 및 절차	110
그림 2-95. 탄소배출·흡수량 산정기술(AA) 기술흐름도	112
그림 2-96. 탄소공간지도 구축기술(AB) 기술흐름도	113
그림 2-97. 탄소배출 시뮬레이션 기술(BA) 기술흐름도	114
그림 2-98. 도시공간구조 최적화 기술(BB) 기술흐름도	115

그림 2-99. 도시공간구조 최적화 기술(BB) 기술흐름도	116
그림 2-100. 유관과제 과제수 및 연구비	120
그림 2-101. 유관과제 부처별 과제수 및 연구비	121
그림 2-102. Urban Footprint Model 프레임워크 (Calthorpe Associates, 2012)	127
그림 2-103. 미국 로렌스버클리 연구소 에너지 기술 분야	128
그림 2-104. BRE 인증 프로그램 (www.breeam.com)	129
그림 2-105. 스마트 그린도시의 사업모델	134
그림 2-106. 지자체 온실가스 배출 통계상 제시된 배출 유형	135
그림 2-107. 인구규모, 도시성장/쇠퇴, 온실가스 배출에 따른 지역유형	135
그림 2-108. 인구규모 및 배출특성을 통한 유형화 방안	136
그림 2-109. 사업측면을 고려한 유형화 방안	136
그림 2-110. SWOT 분석	138
그림 2-111. PEST 분석 및 기술개발니즈	140
그림 3-1. 탄소공간지도 기반 계획지원 기술 개발 As Is - To Be	144
그림 3-2 소속기관 유형별 응답비율 및 제안 건수(건,%)	148
그림 3-3 기술개발단계별 응답비율 및 제안 건수(건,%)	148
그림 3-4 기술분류별 응답비율 및 제안 건수(건,%)	148
그림 3-5 핵심기술요소 선정과정 및 결과	153
그림 3-6. 과제도출 과정	154
그림 3-7. 탄소중립기술위원회	160
그림 3-8. 과제구성(안)	162
그림 3-9. 연구추진 체계	175
그림 3-10. 구성기술간 연계체계	178
그림 3-11. 구성기술1 연계구조	178
그림 3-12. 구성기술2 연계구조	179
그림 3-13. 구성기술3 연계구조	179
그림 3-14. 연차별 기술로드맵	181
그림 3-15. 전체 기술로드맵	182
그림 3-16. 실증사업 추진체계	183
그림 3-17. 실증사업 추진 절차	185
그림 3-18. 연구목표와 전략	187
그림 3-19. 실증추진체계	189
그림 3-20. 탄소중립도시 유지관리 방향(안)	190
그림 3-21. 거버넌스 구성체계(안)	190
그림 4-1. 제6차 국가공간정보정책 기본계획 전략 체계도 (국토교통부, 2018)	197
그림 4-2. 한국판 뉴딜 2.0의 구조	198
그림 4-3. 제1차 국토교통과학기술연구개발 기본계획 (국토교통부, 2018)	199
그림 4-4. 탄소중립 국가 선언(UN)	203
그림 4-5. 사업 기획 절차	204
그림 4-6. 탄소중립도시 시범모델 구축관련 주요 이슈(PEST), 기술니즈, 세부과제 연계도	205
그림 4-7. 사업목표-세부과제-기술니즈 연계도	205
그림 4-8. 세부과제/구성기술 산출성과와 기술니즈간 연계도	206
그림 4-9. 동 사업과 유사 과제간 연평균 연구비 비교	208
그림 4-10. 수익접근법 중, 현금흐름 할인법(DCF:Discount Cash Fow) 산식	209
그림 4-11. 기대효과 발생 경로	209
그림 4-12. 데이터 참조 공유와 모듈간 호출을 통한 연계방안 검토	216

제1장 기술의 정의 및 필요성

제1절 기술의 정의 및 분류체계

1. 기술의 정의

가. 기술의 구성

- 본 기획연구의 목적은 탄소중립도시 구축을 위해 국토교통 분야에서 연구개발이 필요한 기술을 도출하여 연구개발과제로 수행할 수 있는 체계를 제안하는 것임
- 최종연구목표로 탄소중립도시 실증기술 도출 및 도시 유형별 실증사업 기획
- 최종연구목표 달성을 위해 다음의 세부 목표를 설정함
 - 탄소중립도시 연구개발 및 실증 사업범위 제시
 - 기존 사업과의 차별성 및 연계방안 상세 분석
 - 탄소중립도시 기술개발 로드맵 실행방안 마련
 - 탄소중립도시 시범모델 사업 전략 수립 및 연구내용 설정
 - 사업 위험요인 분석 및 대응방안 마련

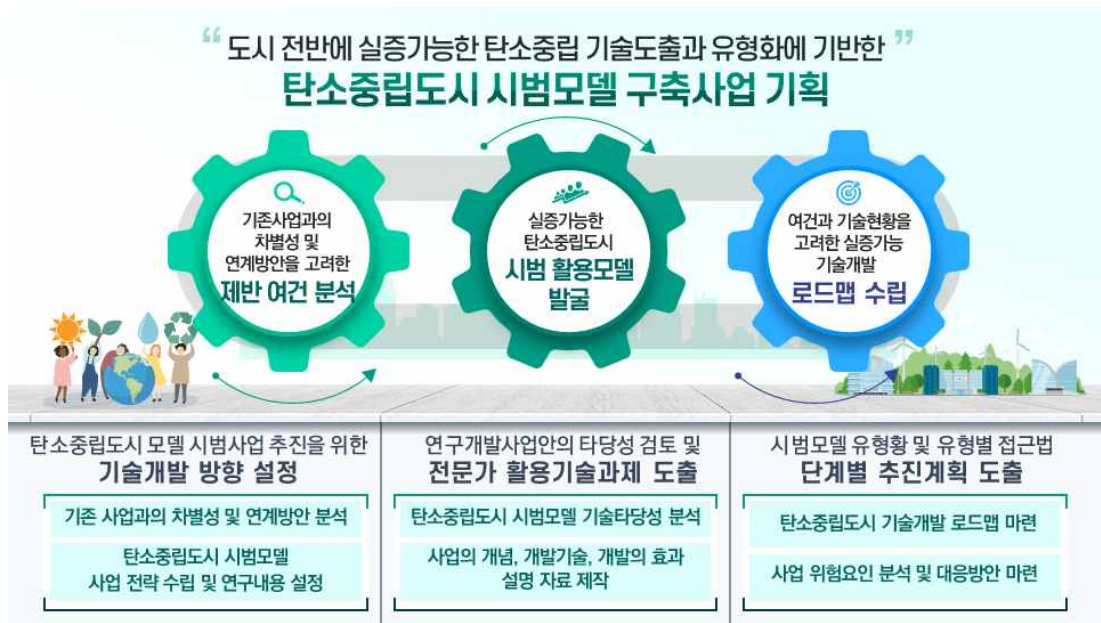


그림 1-2. 연구목표 및 내용

나. 용어 정의

- “탄소중립” 의미는 다음과 같음
 - 탄소중립은 탄소배출량과 흡수량이 같아지는 것으로, 대기 중에 배출·방출 또는 누출되는 온실가스의 양에서 온실가스 흡수의 양을 상쇄한 순배출량이 영(零)이 되는 상태를 말함(탄소중립기본법 제2조)
- “탄소중립 사회” 의미는 다음과 같음
 - 화석연료에 대한 의존도를 낮추거나 없애고 기후위기 적응 및 정의로운 전환을 위한 재정·기술·제도 등의 기반을 구축함으로써 탄소중립을 원활히 달성하고 그 과정에서 발생하는 피해와 부작용을 예방 및 최소화할 수 있도록 하는 사회를 말함(탄소중립기본법 제2조)
- “탄소중립도시” 의미는 다음과 같음
 - 탄소중립도시는 국가와 지방자치단체가 탄소중립 관련 계획 및 기술 등을 적극 활용하여 탄소중립을 공간적으로 구현하는 도시를 말함(탄소중립기본법 제29조)
- “2050 탄소중립도시모델” 의미는 다음과 같음
 - 정부 국가비전으로 2050년까지 탄소중립을 목표로 하여 탄소중립 사회로 이행하고 환경과 경제의 조화로운 발전을 도모해야함(탄소중립기본법 제7조)
 - 국토·도시 기반 공간단위 중심의 상세 로드맵, 연구과제, 추진전략 기반 계획, 시공, 운영, 관리의 전 단계에서 탄소중립개념이 도입된 도시를 조성하기 위해 필요한 기술, 방법론, 도구, 정책, 제도 등을 모두 포함하는 도시 유형



그림 1-3. 탄소중립도시모델의 개념

다. 기술의 정의

- 탄소공간지도 구축기술 고도화
 - 정의 : 탄소공간지도 구축을 통해 탄소 배출량과 흡수량을 산정하여 현재 탄소중립현황을 분석 및 평가하는 기술을 고도화하는 것을 의미함
 - 탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델 개발
 - 탄소공간지도 기반 탄소중립 진단지표 개발
 - 탄소공간지도 운용 및 서비스모델 개발
- 탄소중립도시 계획수립 지원 기술
 - 정의 : 탄소중립도시 시범모델을 구축하고, 도시를 구현하기 위한 국토·도시 차원의 도시계획·설계 기술, 공간계획지원 시스템 등의 기술을 의미함
 - 도시공간구조 변화 기반 탄소배출 시뮬레이션 기술개발
 - 탄소중립도시 배출저감 수단별 최적감축 정책지원 모듈 개발
 - 탄소중립도시계획 이행 검증을 위한 모니터링 모듈 개발
 - 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축 기술 개발
- 탄소중립 도시계획 수립기술 확산모델
 - 정의 : 2050 탄소중립을 추진하기 위해 개발된 공간계획지원플랫폼의 TB선정 및 실증, 관련 법제도·정책 제안, 사업화 모델을 제시하여 확산모델을 수립함
 - 탄소중립 도시계획 수립지원기술 실증
 - 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 사업화 모델 수립
 - 플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(안) 제안

2. 기술분류체계

- 탄소중립도시 기술의 범위 및 분류를 제시한 사례가 없으므로 도시관련 유사 기술분류를 참고하여 기술분류체계를 설정
- 국가과학기술표준분류체계('18에서는 '과학기술'분야의 대분류 'EI. 건설/교통'과 '인문사회과학'분야의 대분류 'SF. 지리/지역/관광'이 도시관련 기술분류를 포함
 - 'EI. 건설/교통'의 중분류 'EI01 국토정책/계획'은 도시관련 소분류 기술분야로 'EI0104 도시계획'을 포함하고 있으며, 중분류 'EI02 국토정책/계획'은 'EI0201. 국토지능화/공간정보', 'EI0202. 지능형 생태도시' 등 도시관련 소분류 기술분야를 포함
 - 도시관련 기술의 범위를 보다 확장해 고려할 경우, 도시를 구성하는 시설물 및 건축물, 교통·물류시스템 등을 포괄할 수 있으며 'EI. 건설/교통'은 도시 구성요소별 설계, 시공, 운영관리, 재료기술을 포함하고 있음
 - 'SF. 지리/지역/관광'의 중분류 'SF01 도시/지역개발'은 도시관련 소분류 기술분야로



- ‘SF0101. 국토/지역개발/계획’, ‘SF0102. 도시개발/계획’, ‘SF0106. 토지이용’, ‘SF0107. 공원녹지/경관관리’, ‘SF0108. 환경계획/평가’, ‘SF0110. 지역사회’를 포함
- ‘SF. 지리/지역/관광’의 중분류 ‘SF01 도시/지역개발’은 도시기술을 계획-이용-관리-평가-지역사회 활동 등 도시 조성과정의 필요기술을 단계에 따라 구체적으로 분류

표 1-2. 국가과학기술표준분류체계 검토

대분류	중분류	소분류	설명
건설/교통	국토정책/계획	EI0104. 도시계획(City planning)	토지이용계획 · 교통시설계획 · 공원녹지계획 · 공급시설계획 등과 같이 도시의 건설 및 재개발에 대한 계획
지리/지역/관광	도시/지역개발	SF0101. 국토/지역개발/계획	지역개발계획의 기초개념과 기법을 바탕으로 도시계획의 상위계획인 대도시의 인구분산정책과 공업의 지방분산을 위한 지역개발정책과 도시개발정책을 연구
		SF0102. 도시개발/계획(테크노폴리스)	도시 생활에 필요한 교통·주택·위생·보안·행정 등에 관하여 주민의 복리증진과 공공안녕을 유지하도록 능률적·효과적인 공간 배치 계획 연구
		SF0106. 토지이용	농업적 토지이용과 도시적 토지이용 및 그 관계에 대하여 통합적으로 연구
		SF0107. 공원녹지/경관관리	쾌적하고 지속가능한 발전을 위하여 인간과 환경이 공생하기 위해 도시 내 공원녹지의 보전 및 창출이 우리의 삶의 질과 어떠한 관련이 있는지 이해하고 구체적인 계획방법에 대하여 연구
		SF0108. 환경계획/평가	환경을 물리적 배치, 공간적 위치 등의 관점에서 뿐만 아니라 생활경험의 주요 원천인 경험적 요소, 감각적 요소라는 관점에서 연구
		SF0110. 지역사회	인간관계에 의해, 또는 지리적·행정적 분할에 의해 나누어진 일정 지역의 사회 내에서 일어나는 현상과 문제에 대해 연구

(과학기술정보통신부-한국과학기술기획평가원, 2018)

- 국토교통기술분류체계(‘15)는 도시기술을 ‘도시 인프라 구축·관리 및 운영’, ‘도시재생’, ‘공간정보’로 구분하여 도시 생애주기 및 기반 정보인프라 기술을 포괄
 - ‘도시 인프라 구축·관리 및 운영’은 도시 인프라 조성 및 운영을 위한 계획, 관리하기 위한 소분류 기술을 포함
 - ‘도시재생’은 노후 도시환경 개선을 위한 소분류 기술을 포함
 - ‘공간정보’는 정보기술기반 도시공간정보의 수집, 처리, 3차원 표출 및 활용과 관련된 소분류 기술을 포함

표 1-3. 국토교통기술분류체계 검토

대분류	중분류	소분류	설명
도시	도시 인프라 구축·관리 및 운영	B11. 도시 인프라 의사결정지원	도시를 구성하는 물리적 공간요소와 이를 계획 및 관리하는 기술로 도시 인프라 구축·관리 및 운영, 도시재생, 공간정보 기술을 포함
		B12. 도시 재난·재해 대응	
		B13. ICT 융복합 도시구축 및 관리	
	도시재생	B21. 도시공개공지 및 녹지조성	
		B22. 커뮤니티기반 도시재생	
	공간정보	B31. 3차원 도시공간 정보	
B32. 지리정보체계/ 원격탐사			

(국토교통과학기술진흥원, 2015)

- 국토교통기술분류체계 개선(안)('19)은 국토교통기술분류체계('15)의 도시 인프라 구축·관리 및 운영 기술, 재난대응 기술 등을 구체화하여 정의하고 변화된 도시 모델을 반영해 '스마트 도시'관련 기술을 도시기술 분류에 포함
 - 국토교통기술분류체계('15)내 소분류 기술분야인 'B11. 도시 인프라 의사결정지원'의 '계획' 부분을 분리하여 도시관련 미래예측, 시뮬레이션 등 기술로 구체화
 - 'B11. 도시 인프라 의사결정지원'의 '운영' 부분은 변화된 도시모델을 반영해 '스마트 도시' 기술로 재정의 하고 도시 인프라 정보통합, 상시관계, 종합관리 등 기술로 구체화
 - 국토교통기술분류체계('15)내 소분류 기술분야인 'B12. 도시 재난·재해 대응'을 재난 예측, 모니터링, 대응기술로 구체화

표 1-4. 국토교통기술분류체계 개선(안) 검토

대분류	중분류	소분류	설명
도시	도시 인프라	B101. 메가트랜드 분석 기술	도시계획 및 인프라 구축의 효율적인(수요예측, 비용·편익 등) 의사결정을 위해 규모·입자·자원·인구·용도에 따라 도시공간을 표준화하거나 모듈화하는 기술
		B102. 생애주기 비용 산정기술	
		B103. 도시 시뮬레이터 기술	
		B104. 자연친화 도시 인프라	
	도시 재난재해 대응	B201. 도시공간 안전성 평가	도시 내 발생할 수 있는 화재, 폭발, 환경오염 등의 재난·재해에 대한 사전모니터링 기술 및 문제발생원인을 사전에 차단하는 예방기술
		B202. 도시공간 재난재해 모니터링 기술	
		B203. 도시시설 재난재해 대응기술	
	도시 스마트도시	B301. 도시정보 인프라 통합기술	유무선통신망(USN), 정보 가공기술 등 ICT 기술을 활용하여 도시화에 따른 교통혼잡, 환경오염 등 도시문제를 해결하고 도시를 통합적으로 관리하기 위한 스마트도시 기술
		B302. 도시 상시관계 기술	
		B303. 도시데이터 통합 플랫폼	
		B304. 도시자원 토털관리 솔루션	
	도시 도시재생	B401. 도시주거환경 정비	도심 내 훼손된 자연을 복구하고 녹지의 확충, 옥상녹화 등 도심 속의 생태환경을 조성하거나 개선하는 기술
		B402. 녹지공간 재생기술	
		B403. 녹지공간 효과평가기술	
		B404. 커뮤니티기반 도시재생	
B405. 도시 복원력 향상시스템			

(국토교통과학기술진흥원, 2019)



- 상기 도시관련 기술분류체계의 범위 및 분류를 토대로 탄소중립도시 기술분류를 계획/수립, 건설/시공, 운영관리, 공간정보, 법제도 등 확산모델로 구분하여 재구성
 - ‘계획수립’은 탄소중립도시 계획 및 설계, 의사결정지원을 위한 시뮬레이션 기술을 포함
 - ‘건설/시공’은 탄소중립도시를 구성하는 건축물, 시설물, 환경 플랜트 등의 에너지 수요 최적화 및 전환을 위한 소재·재료·설비 등의 적용 기술이 포함
 - ‘운영/관리’는 도시 구성요소별 탄소배출 데이터를 통합하여 관제하기 위한 기술을 포함
 - ‘공간정보’는 도시 구성요소별 탄소배출 데이터를 통합하는 정보인프라 기술을 포함

표 1-5. 탄소중립도시 기술분류체계(안)

대분류	중분류	소분류
계획수립	탄소 배출 예측 및 시뮬레이션	인구 및 산업, 교통 등 도시발전 예측기술
		국토/도시/지구단위 에너지 수요 예측기술
		국토/도시/지구단위 신재생에너지 생산 예측기술
	탄소중립도시 계획 및 설계	녹색건축물 설계기술
		녹지 계획기술
		에너지 저감형 도로 인프라 계획 및 설계기술
		에너지 저감형 교통망 계획 기술
		탄소 중립형 단지 및 도시 계획기술
건설/시공	도시 구성요소별 에너지 수요 최적화 시공	탄소 배출 저감형 건설 소재 및 재료
		녹색 건축물 시공 및 그린 리모델링 기술
		스마트 건축 설비 및 인프라 시공기술
		탄소 배출 저감형 건설 시공 기술
	도시 구성요소별 에너지 전환 설비 시공	건축물용 신재생에너지 생산/공급 설비 시공기술
		도시 폐기물 기반 에너지 생산 플랜트 기술
		수소 저장 및 공급 인프라 시공기술
		도시 인프라 기반 에너지 하베스트 기술
	온실가스 흡수/포집/이용	녹지 개발 및 재생기술
		탄소포집 및 재활용 인프라 시공기술
운영관리	도시 구성요소별 에너지 사용 및 탄소 배출 관리	건축물 에너지 사용 및 탄소배출 관리시스템
		차세대 지능형 교통운영시스템
	통합 에너지 사용 및 탄소배출 관리	지구/도시 에너지 사용 및 탄소배출 관리시스템
		도시 통합 관제 시스템
공간정보	국토공간정보 네트워크 및 DB	국토공간정보 빅데이터
		데이터 허브
		디지털 트윈
법제도/확산모델	기준/인증/표준/제도/정책 등	-

(국토교통과학기술진흥원, 2019)

3. 세부 기술 내용

가. (진단과 평가) 탄소공간지도 구축기술 고도화

- 탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델 개발
- 탄소공간지도 기반 탄소중립 진단지표 개발
- 탄소공간지도 운용 및 서비스모델 개발

나. (계획수립 지원) 탄소중립도시 계획수립 지원기술

- 공간구조변화 기반 탄소배출 시뮬레이션 기술 개발
- 탄소배출저감을 위한 계획지원 기술 개발
- 탄소중립도시 계획수립 지원 플랫폼 구축 기술 개발

다. (모니터링 및 실증) 탄소중립도시 계획수립 기술 확산모델

- 탄소중립도시 계획수립 기술 실증
- 탄소중립도시 계획수립 지원 플랫폼 사업화 모델 수립
- 플랫폼 활용을 위한 법 제도/정책(안) 개발

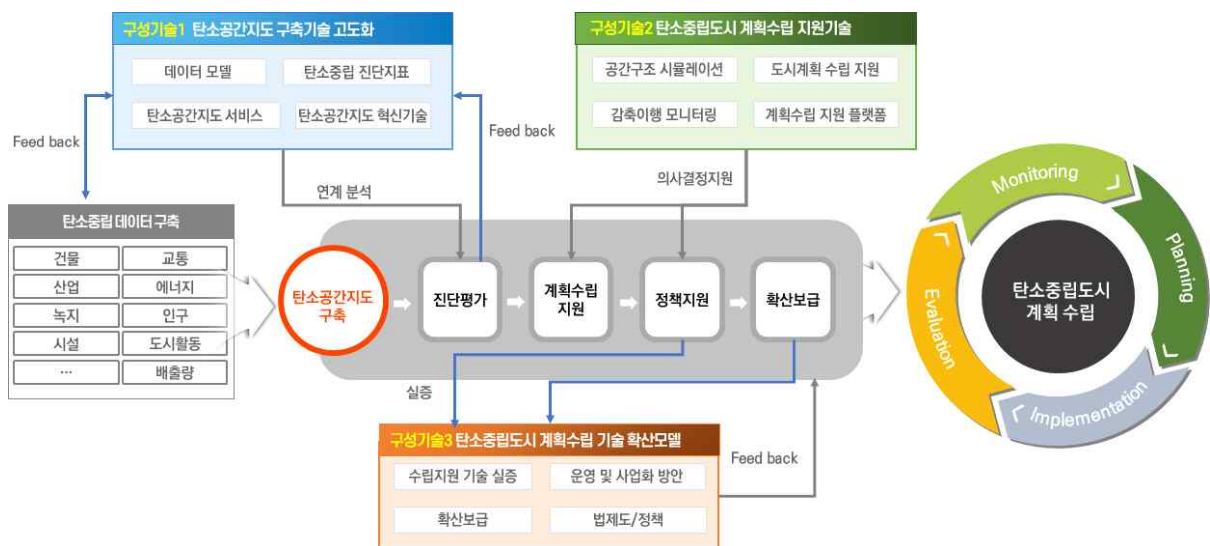


그림 1-4. 기술구성도

제2절 연구개발의 배경 및 필요성

1. 연구개발 배경

가. 지역주도 탄소중립 추진 필요

- 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(탄소중립법) 근거 광역·기초지자체 계획 수립
 - 특별시·광역시·기초지자체는 지역적 특성을 고려하여 10년을 계획기간으로 하는 탄소중립 녹색성장 기본계획을 5년마다 수립·시행이 의무화됨(탄소중립기본법 제10조)
 - 지역별 온실가스 배출·흡수 현황 및 전망, 중장기 온실가스 감축 목표 및 부문별·연도별 이행대책, 기후위기 대응을 위한 지방자치단체 간 협력에 관한 사항 등을 포함해야함
- 2050 탄소중립 시나리오
 - 정부 2050탄소중립 추진 전략 발표와 부문별 세부 전략 마련을 위한 2050탄소중립 시나리오 마련 계획 발표('20.12)
 - 2050 탄소중립 시나리오는 탄소중립이 실현되었을 때 사회의 미래상과 부문별 전환 내용을 전망한 것으로 '한국판 그린뉴딜('20.07)'을 기점으로 코로나 19로 인한 경제위기 속에 저탄소 사회를 위해 과감한 투자를 감행하여, 탄소중립 시대의 선도국가로 나아가고자 함
 - 건물부문 탄소중립 시나리오의 정책제언으로 도시·국토 등 지역 단위의 탄소중립 실현 필요성을 제시하고 있으며, Off-site 제도 활성화, 도시 온실가스 흡수원 확대, 제로에너지도시 지정·운영, 도시기본계획에 온실가스 감축 목표량 설정 등 검토제안
- 국내외 탄소중립 목표 설정 및 지역 정책수립
 - 스웨덴의 2045 탄소중립 선언 및 법제화('17)를 시작으로 영국('19.06), EU('19.12), 중국('20.09), 일본과 한국('20.10), 미국('21.01) 등 주요 선진국의 2050 탄소중립 공식 선언
 - 프랑스는 장기저탄소전략에 도시계획·개발 가이드라인 제공('20), 영국 캠브리지시는 지역단위 온실가스 배출통계 산정 및 감축목표 제시('21)

나. 국토·도시차원 대응 미흡

- 산업통상자원부, 과학기술정보통신부, 환경부 등에서는 탄소중립기술개발에 중점 투자 중이나 국토·도시·지역차원의 대응은 미흡
 - 산업통상자원부는 중장기 R&D로드맵 수립, 2050 탄소중립 표준화 전략수립('21.11)을 지원하고 산업·에너지 탄소중립 핵심기술 개발을 위한 집중 투자할 예정
 - 환경부는 탄소중립 도시·건물 구현, 자연생태기반솔루션(NBS: Natural-based Solution) 기반 탄소 흡수원 관리를 위한 '환경부 탄소중립 이행계획' 발표('21.03) 및 조직개편('21.06)
 - 과학기술정보통신부는 에너지전환, 산업 저탄소화, 수송, 건물 등 핵심기술 도출방향을 제시하는 '탄소중립 기술혁신 추진전략' 확정('21.03)
 - KAIA는 관련 연구로 국토·도시 부문 정주지(LULUCF: Land Use, Land Use Change and Forestry) 대상 온실가스 산정기술개발 연구과제 1건 수행 중 ('20~'25, KAIA)

- 온실가스 통계('90~, 환경부 소관)는 배출원(에너지, 산업, 농업, 폐기물 등)중심으로 작성되어 국토·도시 지역단위에서의 감축계획 수립 시 활용 곤란

다. 공간단위 접근 필요

- 공간단위(국토, 도시, 지역)에서 발생하는 탄소배출과 흡수현황 정보를 기반으로 공간계획과 정책수립 지원 기술개발 필요
 - 국토·도시·지구 등 공간단위 중심 통합적 접근이 중요하나, 현재 활용 가능한 데이터, 정책 효과 측정 방법론이 미흡한 상태로 도시의 탄소중립정책을 지원하기 위한 기술개발 필요
 - 미국 탄소발자국 지도 CCN(Cool Climate Network), 영국 공간기반 온실가스 인벤토리, 일본 저탄소 도시공간구조 시뮬레이션 등 공간단위 접근 해외사례 다수



그림 1-5. 2050 탄소중립 추진전략 (탄소중립위원회, 2021)

2. 연구개발 필요성

가. 탄소중립에 대한 국제사회 협약의 적극적 이행 필요

- 세계 많은 도시에서 심각한 기후변화 및 에너지 문제가 발생하고 있으며, 피해의 규모나 빈도 증가함에 따라 탄소중립의 중요성이 강조되면서 글로벌 패러다임으로 대두됨
 - 세계 각국은 기후변화 대응을 위한 국제협력의 필요성을 인지하고, COVID-19에 의한 위기 극복과 경제 부흥을 위해 탄소중립에 동참함을 선언
 - EU에 이어 중국, 일본의 탄소중립 동참과 미국 바이든 대통령 취임으로 전 세계 탄소중립 체제가 본격적으로 출범하게 됨
- 세계 각국이 공통적으로 탄소중립을 지향하면서 기후변화에 적극 대응하기 위한 글로벌 규제가 강화되는 방향으로 경제 질서가 형성되고 있으며 관련 신시장 창출이 예상되고 있음

나. 도시 공간차원의 탄소중립기술과 정책 추진 필요

- 전 세계적으로 인구의 절반 이상이 도시에 거주함에 따라 온실가스 배출, 폐기물, 에너지 등 환경문제의 대부분이 도시에서 발생
 - 기후변화로 인한 생물다양성 손실 등 글로벌 환경 위기 극복을 위한 새로운 도시환경 정책 패러다임이 필요한 시점임
 - 기후변화 문제에 대응하기 위해 세계 주요 도시들은 탄소중립도시연합(CNCA : Carbon Neutral Cities Alliance)를 구축하고, 탄소정보공개프로젝트(CDP : Carbon Disclosure Project)를 통해 도시에 대한 탄소배출 성적을 공개하는 등 탄소중립을 위한 도시차원의 노력이 강조되고 있음
- ‘탄소중립기본법’에 의한 정부 및 지자체 감축계획 수립 의무화에 따른 계획수립지원기술 필요
 - 정부 및 지자체 온실가스 감축 목표 및 이행 계획 수립, 추진상황 점검 의무화에 따라 공간 단위(국토·도시·지역 등) 중심의 통합적 탄소배출 관리 기술개발 필요
 - 국토교통 탄소중립 로드맵(‘21.12) 실현을 위해 탄소공간지도 구축, 탄소중립도시추진계획 마련, 탄소중립평가기준 등을 뒷받침할 기술개발 필요

다. 탄소중립도시 구축을 위한 기술 실증 필요

- 도시 탄소배출 저감과 관리를 위한 기술개발 및 시범도시 실증 등 탄소중립 달성을 위한 실질적인 실증 필요
 - 2020년 12월 우리나라도 「2050 탄소중립 추진전략」을 발표하였고, 도시·국토 저탄소화를 탄소중립 달성을 위한 10대 과제 중 하나로 설정함
 - 과거로부터 지금까지 추진되어온 친환경 도시, 스마트 그린도시, 스마트도시, 지속가능도시 지식정보를 연계하여 ‘2050 탄소중립’ 달성을 견인할 탄소중립도시 시범모델 개발이 필요

제2장 국내외 동향 및 환경 분석

제1절 국내외 정책동향 및 분석

1. 국내 현황

가. 정부 정책 동향

- 1) 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(탄소중립기본법) 제정(’21.09.24)
 - ’21년 9월 24일 「저탄소 녹색성장 기본법」을 폐지하고, 2050년 탄소중립 목표 및 ’30년까지 ’18년 대비 국가온실가스를 35% 이상 범위에서 정할 수 있도록 하는 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」이 제정¹⁾
 - 국가 비전과 NDC 달성을 위한 ‘탄소중립·녹색성장 기본계획’을 수립하고, 계획 이행 여부에 대한 정성 및 정량 점검을 수행²⁾
 - 2050 탄소중립 녹색성장위원회(現2050 탄소중립위원회)에 대한 법적근거 마련
 - 탄소중립기본법에 따른 위원회는 “2050 탄소중립녹색성장위원회”이므로, 기존 2050 탄소중립 위원회는법 시행시기에 맞춰 법정 위원회로 전환하는 절차 추진³⁾



(환경부 보도자료, 21.08.31)

그림 2-1. 탄소중립·녹색성장 기본법안 체계

- 1) 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법 (약칭: 탄소중립기본법) (법률 제18469호, 2021. 9. 24. 제정)
- 2) 주요국 탄소중립 기술정책 동향(II):기후정상회의 이후 G7 국가 기술정책동향 분석 및 국내 정책 방향성 제언(녹색기술센터, 2021.12.17)
- 3) ‘2050 탄소중립을 향한 경제·사회 전환 법제화 탄소중립기본법 국회통과’(환경부 보도자료, 21.08.31)

2) 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안(관계부처 합동, 2021)

- 「탄소중립기본법」의 입법 취지와 국제 동향, 국내 여건 등을 고려해 목표 설정
 - 2030년 온실가스 배출량은 2018년 대비 35% 이상 감축(법 제8조제1항)
- '18년 배출량(727.6백만톤) 대비 $\Delta 40\% * (291\text{백만톤})$ 감축 \Rightarrow '30년 배출량: 436.6백만톤
 - NDC 상향안($\Delta 40\%$)은 ('18년 총배출량 - '30년 순배출량) 적용 시 감축률이며, ('18년 순배출량 - '30년 순배출량) 적용 시 NDC 상향안의 감축률은 $\Delta 36.4\%$
 - 정부는 40% 이상 감축을 위해 추가적인 감축 수단 발굴 및 관련 연구 수행 등 적극 노력
 - 국내 감축을 우선적으로 추진하되, 국외 감축을 추진할 경우 파리협정 당사국의 지속가능한 발전과 지구 전체의 탄소 저감에 기여하는 방향으로 추진
- NDC 상향안의 연평균 감축률(기준연도 \rightarrow 목표연도)은 4.17%/년, 주요국 대비 도전적인 목표
- 건물부문
 - (에너지효율 향상) 에너지 소비를 최소화하는 제로에너지 건축과 노후 건축물의 에너지효율을 향상시키는 그린리모델링 확대
 - (고효율기기 보급, 수요관리) 조명·가전 등 고효율기기 보급 및 에너지효율 기준 강화, 에너지 수요관리 강화 추진
 - (스마트에너지 관리) 냉·난방 환기, 조명, 급탕 등에 센서 및 계측장비설치, 통신망과 연계한 실시간 에너지 자동제어 시스템 도입
 - (청정에너지 보급 확대) 태양광·지열·수열 등 신재생에너지 보급 확대, 지역난방 열공급 효율 향상, 화석연료 사용기기 전력화 등
- 교통부문
 - (수요관리) 대중교통 이용 편의 제고, 연계 교통 강화, 철도 중심 교통체계 강화, 운행제한 제도 확대 등으로 자동차 주행거리 감축
 - (친환경차 보급) 사업용 우선 전환(50만대 이상), 노후차 교체 등 친환경차 보급 확산(전기·수소차 450만대 등), 친환경차 전환 제도개선 및 인프라 확대
 - (행태개선) 자동차 탄소포인트제, 친환경운전 활성화 등 에너지 절감
 - (바이오디젤) 경유차를 대상으로 바이오디젤 혼합률 상향(3 \rightarrow 8%)
- 흡수원
 - (산림·임업) 산림경영의 지속가능성 증진, 숲가꾸기, 목재 활용, 산림 보전·복원, 도시숲 가꾸기 등
 - (해양 등 기타) 연안 및 내륙습지 신규 조성, 바다숲 조성, 하천 수변구역 및 댐 홍수터 활용 식생복원, 도시녹지 조성 등

3) 2050 장기 저탄소 발전전략[LEDS](관계부처 합동, 2020)

- 깨끗하게 생산된 전기·수소의 활용 확대
 - 산업(화석연료→전기·수소), 수송(내연기관→친환경차), 건물(도시가스→전기화)
- 디지털 기술과 연계한 혁신적인 에너지 효율 향상
 - (산업) 고효율기기 보급 확대, 공장 에너지관리시스템 보급, 스마트 그린산단 조성
 - (수송) 지능형 교통시스템(C-ITS), 자율주행차(교통사고↓, 효율↑), 드론택배
 - (건물) 기존 건물 → 그린리모델링, 신규 건물 → 제로에너지빌딩, LED 조명, 고효율 가전기기
- 탈탄소 미래기술 개발 및 상용화 촉진
 - 미래기술 : 철강→수소환원제철 / 석유화학→혁신소재, 바이오플라스틱 / 전력→CCUS
- 순환경제(원료·연료투입↓)로 지속가능한 산업 혁신 촉진
 - 원료의 재활용·재사용(철스크랩, 폐플라스틱, 폐콘크리트) 극대화, 에너지 투입 최소화
- 산림, 갯벌, 습지 등 자연·생태의 탄소 흡수 기능 강화

4) 한국판 뉴딜 종합계획(관계부처 합동, 2020)

- 인프라·에너지 녹색전환과 녹색산업 혁신 통한 탄소중립(Net-Zero) 사회 지향
- COVID-19 사태로 인해 침체된 대한민국 경제의 새로운 도약과 사회·경제적 패러다임의 대전환을 선도할 정부 주도의 대규모 경기 부양책으로써 제시
- 기후변화는 국민 안전을 위협하고 경제에 부정적 영향을 초래하며, COVID-19를 계기로 기후변화 위기의 파급력과 시급성이 재평가
- 친환경·저탄소 등 그린경제로의 전환 가속화를 통해 탄소중립(Net-Zero)을 지향하고 경제 기반을 저탄소·친환경으로 전환
 - 에너지 절약과 환경 개선, 신재생에너지 확산 등이 기반이 되는 “그린 에너지덤” 등 친환경 에너지 인프라 구축
 - 모빌리티·에너지·기술 등 친환경 산업의 경쟁력을 전방위적으로 강화하여 글로벌 시장 선점 및 주도

5) 한국판 뉴딜 2.0(관계부처 합동, 2021)

- 선도형 경제, 탄소중립 사회, 포용적 성장으로 전환하는 대한민국
- 그린 뉴딜의 새로운 과제로 ‘탄소중립 추진기반 구축’ 신설
 - 2030 NDC(국가 온실가스 감축 목표(Nationally Determined Contribution) 이행을 뒷받침할 수 있도록 온실가스 측정·평가
 - 시스템을 정비하고, 탄소국경조정제도 등 국제질서 수립에 대응
 - 산단 자원순환시스템 마련(산단 내 기업 간 폐자원 정보 실시간 연계 등을 통한 폐기물 재자원화 촉진), 재자원화 등 산업계 탄소감축 체제를 구축하고 탄소흡수원의 효율적 관리기반 마련

- 국민이 주체가 되는 탄소중립 추진 체계 마련(생활분야 온실가스 감축 실천 운동, 취약계층 기후변화 적응 지원 등)
- 저탄소 경제구조로의 전환을 효율적으로 지원할 수 있도록 그린뉴딜 사업의 범위 규모를 확대 보강하고 실행 가속화
 - 건물 도시 대상 기존 사업(그린 스마트스쿨, 그린리모델링)을 보강하고, 도시 농촌 해안지역 녹색생태계 회복 및 기후위험에 선제 대응하기 위한 인프라 구축
 - (그린 스마트스쿨) 시·도교육청과 협의하여 대상 확대 추진, 제로에너지빌딩 등급 상향
 - (그린리모델링) 민간 건축물의 참여 유도를 위한 지원 강화
 - 도시 홍수피해 예측기술, 가뭄 규모별 물 배분 최적화 기술 등 개발
 - 화석연료 의존도를 낮출 수 있도록 신재생에너지 확산 기반(그린수소 등 청정에너지 기술 개발, 에너지 저장 시스템(ESS) 설비 안전성 평가센터 등)을 구축하고 수소차 등 그린 모빌리티 보급 확대
 - 효과적인 탄소저감을 위한 탄소 다배출 업종 별 특화 감축 기술 개발, 녹색금융 확대 등 녹색산업 지원 확대

6) 2050 탄소중립 추진전략(관계부처 합동, 2020.12)

- 2050 대한민국 탄소중립을 견인할 수 있는 10대 핵심기술 및 5대 세부 추진계획 발표
 - 저탄소화 관련 에너지 전환 가속화, 미래 모빌리티 전환, 도시 저탄소화 등의 정책방향 발표
 - 에너지 공급·계통·산업 등 재생에너지 중심의 혁신방안 추진을 통해 에너지체계 근본 혁신
 - 내연기관차의 친환경차 전환 가속화, 대중교통·철도·선박 등 모빌리티 전반의 혁신 추진
 - 탄소배출량 전생애주기 관리 및 마을·도시단위 에너지 자립률 제고를 통한 탄소중립 구현
- 탄소중립 기술혁신 추진전략, 연구개발 투자전략 등 과학기술관계장관회의에서 의결('21.3.) 및 부처별 추진계획 마련, 국토부 중심으로 국토 도시 차원의 탄소중립 로드맵 연내 수립계획
 - 국토·도시계획부처 탄소중립 요소 반영, 국가 건물 에너지성능진단 플랫폼 및 탄소배출정보 시스템 구축 필요성 제기, 국민의 일상과 밀접한 건물·수송 부문에서 실현 가능성 높은 탄소중립 로드맵 수립을 위한 3단계 추진체계(민관합동 T/F, 국토·교통분과, 실무작업반) 구축
 - 장기저탄소발전전략으로 상향된 국가결정기여(NDC) 유엔기후변화협약(UNFCCC) 제출('20.12)
 - 2030년 BAU 대비 감축목표를 절대량 방식으로 변경, 국내 감축 비중을 기존 25.7%에서 32.5%로 확대하여 국내 감축 책임 강화
 - 기존 공공건물은 에너지 성능개선을 통해 그린빌딩으로 전환, 민간건물을 포함한 신축건물은 제로에너지건물(ZEB)로 인증 의무화



그림 2-2. 2050 탄소중립 미래상 (출처: www.qihoo.or.kr)

7) 2050 탄소중립 시나리오(관계부처 합동, 2021)

- 탄소중립 핵심분야 소재, 부품, 장비 등 산업생태계 육성·지원
 - 탄소중립 산업 지원 로드맵 마련, 산·학·연 R&D 및 상용화 지원
- 도시·국토 등 지역 단위의 탄소중립 실현
 - 개별 건축물 단위의 탄소중립 한계를 보완하기 위해 도시·국토 탄소중립을 위한 흡수원 확대, 온실가스 관리제도 마련
- 도시개발, 재개발 및 정비 등 개발사업 추진 시 사업지 내 온실가스 감축을 위한 제도 개선
 - 기존 수송 산업의 친환경 산업으로의 전환 지원
 - 기존 수송 관련 산업의 고용에 미치는 부정적 영향 고려, 산업 전환 연착륙을 위한 다양한 안전망 마련(기술개발지원, 업종전환 교육훈련 등)
 - 보급형 무공해차 생산·판매가 가능한 중소기업 육성
 - 대체연료 관련 기술개발 지원, 상용화 방안 마련, 충전소, 배터리 등 관련 후방산업 육성
- 폐기물의 친환경적 처리 및 탄소배출 최소화
 - 저탄소 사회로 전환됨에 따라 새롭게 발생하는 폐기물(전기차 폐배터리, 태양광 폐패널 등)에 대한 친환경적 처리방안 마련
 - (데이터센터) 데이터 센터 운영환경 조정, 에너지 효율적 장비 등을 집적한 참조모델을 제시하고 기존 센터에 실증
 - (냉난방) IoT 센서를 활용한 데이터센터 운영환경 실시간 분석, 인공지능 기반으로 온도 조절 최적화(기존 대비 40% 에너지 절감)
 - (IT장비) 데이터 처리량에 따라 서버를 자동조정(스케일링)하는 기술 및 에너지 효율적 서버·네트워크 장비 개발

8) 탄소중립 기술혁신 추진전략(관계부처 합동, 2021)

- 탄소중립 기술혁신 10대 핵심기술 개발 전략 제시
 - 장기저탄소발전전략(LEDS) 기반으로 부문별 이슈 분석, 온실가스 감축기여도, 주력산업 연관성 등을 고려하여 산업 현장의 시급한 수요를 반영한 10대 핵심기술과 확보전략 도출
 - ①태양광 및 풍력, ②수소, ③바이오에너지, ④철강·시멘트, ⑤석유화학, ⑥산업공정 고도화, ⑦수송 효율, ⑧건물 효율, ⑨디지털화, ⑩CCUS
- 범부처 탄소중립 기술혁신 R&D사업 기획·착수
 - 현장에 신속히 적용할 실증도시 대상의 현장특화형 저탄소화 R&D, 중장기 기초·원천R&D의 2-Track으로 범부처 협력을 통한 “쏠주기 함께 달리기” R&D 추진
 - 산업 부문별 고탄소 공정·제품을 신속히 대체하는 것을 목표로 각 부처에서 소관 산업·부문별로 신규 R&D사업 기획·착수
 - 파급 효과가 큰 도전적 원천기술을 지속 개발하여 전(全)부문에 제공하는 것을 목표로 중장기 기초·원천 R&D 추진, ICT 기술을 각 부문에 접목하여 에너지효율을 높일 계획
- 新산업 창출로 이어지는 집중지원 체계 마련
 - 신기술의 상용화 촉진 위해 규제 샌드박스를 확대하고 관련 실증·사업화 지원 강화
 - 탄소중립 분야 창업기업에 대한 지원 → 공공수요 구매와의 연계 → 녹색금융 지원 확대 등을 통해 탄소중립 기업의 전주기 성장을 체계적으로 지원
- 민간이 주체가 되는 저탄소화 기술혁신 촉진
 - 저탄소 기술의 낮은 경제성을 보완하여 기업이 초기시장에 성공적으로 안착할 수 있도록 상용화 촉진 인센티브 로드맵 마련
 - 탄소중립 R&D에 대한 세액공제, 기업 매칭투자 및 기술료 부담완화 등 민간 투자를 촉진할 수 있는 방안 강구

9) 국토교통 2050 탄소중립 로드맵(국토부, 2021)

- 2050년까지 "국민의 생활터전이 되는 모든 공간과 이동수단의 탄소중립"을 목표로 건물, 교통, 국토와 도시, 국외감축 분야에서 탄소중립을 위한 다양한 과제를 추진
- (건물) 건물의 에너지성능을 측정·기록한 데이터 기반으로 생애주기별 건물 관리체계를 구축하고, 이를 기반으로 신축건물의 제로에너지화, 기축건물의 그린리모델링을 확산
 - 2030 국가온실가스감축목표(NDC) 상향에 맞춰 공동주택은 제로에너지건축 의무화를 조기 적용(공공: '23~, 민간: '24~)
 - 건물 부문의 탄소감축 활동(설비 설치 등)을 활성화하기 위하여, 주택도시기금을 활용한 금융지원 등을 검토·추진
- (교통) 2030 국가온실가스감축목표에서 제시된 세부 목표의 이행상황을 점검·관리하는 교통 데이터 기반을 마련하고, 탄소감축 효과가 큰 사업용 차량(버스·택시·화물차) 50만대의 전기·수소차 전환과 대중교통 활성화, 수요관리를 병행

- 사업용 차량에 대해서는 차량·연료 구매지원, 전용 충전인프라 등부터 업종 특성에 맞는 인·허가 인센티브를 부여
 - 대중교통수단을 확대·혁신하는 한편, 주차·부제 등 다양한 수요관리 정책을 도입 검토
 - 철도 분야에서는 동력분산식 전기열차(EMU)를 확산하고 수소열차 개발·실증과 철도망을 확대('19: 4,276km → '30: 5,341km), 전환교통(육상 → 철도물류) 지원 등 지속 예정
- (국토·도시) 그간 국가통계에 토지 흡수원으로 산정되지 않은 정주지의 탄소흡수량을 산정하고 UN에 제출할 계획
- 국토·도시 구역 별로 배출·흡수량을 시각화한 탄소배출 공간지도를 구축하는 등 지역 중심의 탄소 데이터 기반을 마련
 - 주거·산업·교통 등에 사용되는 도시의 주 에너지를 수소로 전환한 수소도시, 에너지자립, 녹지 확충, 저탄소 교통물류체계 등을 지향하는 스마트 그린산업단지 등 성과사례와 함께 도시 내에 공원·녹지 등 탄소중립 공간도 조성·확대



그림 2-3. 국토교통 탄소중립 로드맵 (www.molit.go.kr)

10) 탄소중립 이행계획(환경부, 2021)

- 2050 탄소중립 시나리오 도출 및 탄소중립 선도 모델 구축·확산
- (탄소중립 그린도시 사업) 도시환경 전 분야 체질개선과 다양한 환경기술을 적용한 탄소중립형 모델도시 조성
 - 스마트 그린도시 우수사례를 반영한 유형별 표준모델을 개발, 탄소중립 그린 도시에 적용하여 지역 탄소중립 이행 거점으로 발전('21, 예산반영, 법제화 추진)
- (탄소중립 모델 구축) 탄소중립 선언 이행을 위해 공공건물, 공공시설, 관용차 등에 대한 탄소중립 선도 모델 구축·확산
 - (설계 및 설치 지원) 대상기관별 탄소중립 달성을 위한 감축수단(패시브·액티브 기술 도입, 신재생에너지 시설 설치 등) 설계 및 설치 지원
 - (성과 확산) 시범사업 감축성과를 확인하고, 우수 모델 및 사례를 타 공공기관과 민간에 공유, 지속적 기술진단 등 사후관리 추진

나. 지자체 동향

1) 서울특별시

- 서울특별시가 선도적인 온실가스 감축정책으로 기후위기를 극복하는데 기여할 수 있도록 2050년까지의 온실가스 감축계획을 수립하여 추진하기 위함
- 친환경차량 이용자의 편의성 제고를 위한 인프라 조기 구축
 - 서울전역 5분거리 내(800m) 전기차 충전기 설치(~'22)로 인한 전기차 이용자 편의성 증가
- 도로다이어트를 통해 보행 및 자전거·퍼스널모빌리티를 위한 공간 확대
 - 도로 공간 재편, '25년까지 22개 도로(28.62km)를 정비, 보행 및 녹색교통공간 확보
 - 자전거전용도로(CRT) 핵심 네트워크 구축 및 따릉이 확대
- 기후변화 대응 도시숲 조성권 생활권 공원 확충으로 도시숲 보존 관리
 - 시민과 함께 3천만 그루 나무심기 사업 추진(~'22)을 통한 도시 열섬현상, 공기순화, 탄소중립 달성 등 도시환경문제 완화를 위한 바람길 숲 조성

2) 부산광역시

- 「2030년 부산도시기본계획」에 대한 전반적 재검토를 통해 민선6기 정책사항 반영 및 부산광역시 현안문제 대응(「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 23조에 따른 재검토)
- 온실가스 지속 감축을 통한 2050 탄소중립 실현추진, 지속가능한 자원순환체계 구축 및 녹색여가공간 확충 등 친환경 생태도시 조성
- 시민 주도 도시재생 뉴딜사업, 마을공동체 사업 활성화, 동·서 균형발전 및 미래 선도형 도시계획 수립 등을 통한 지속가능한 도시성장 견인

- 친환경 생태도시 조성
 - 친환경 생태도시 구현을 위한 2050 탄소중립 중·장기 전략수립('21.3~12, 2억원), 친환경 자동차 보급 확대, 생애주기별 환경교육 확대(부산고아역시, 2021)
- 생활교통 구현으로 삶의 질 향상
 - 교통수요 관리를 위한 친환경 교통수단 '자전거' 이용 활성화 추진
- 도시 재생 및 균형 발전
 - 2040년 부산도시기본계획, 2040년 부산권 광역도시계획, 2026년 부산권 개발제한구역관리계획 등 급격한 사회여건 변화에 유연한 스마트 도시계획 추진
- 부산형 뉴딜 본격 추진
 - (단기)한국판 뉴딜과 정합된 사업발굴·선제대응, (중기)지역맞춤형 뉴딜사업 발굴, (장기)미래 신산업 육성 및 도시공간 재구조화
 - 산업 전반 디지털·친환경화로 맞춤 도시공간 혁신 등 지역 한계 극복을 통한 부산 재도약의 전기 마련

3) 인천광역시

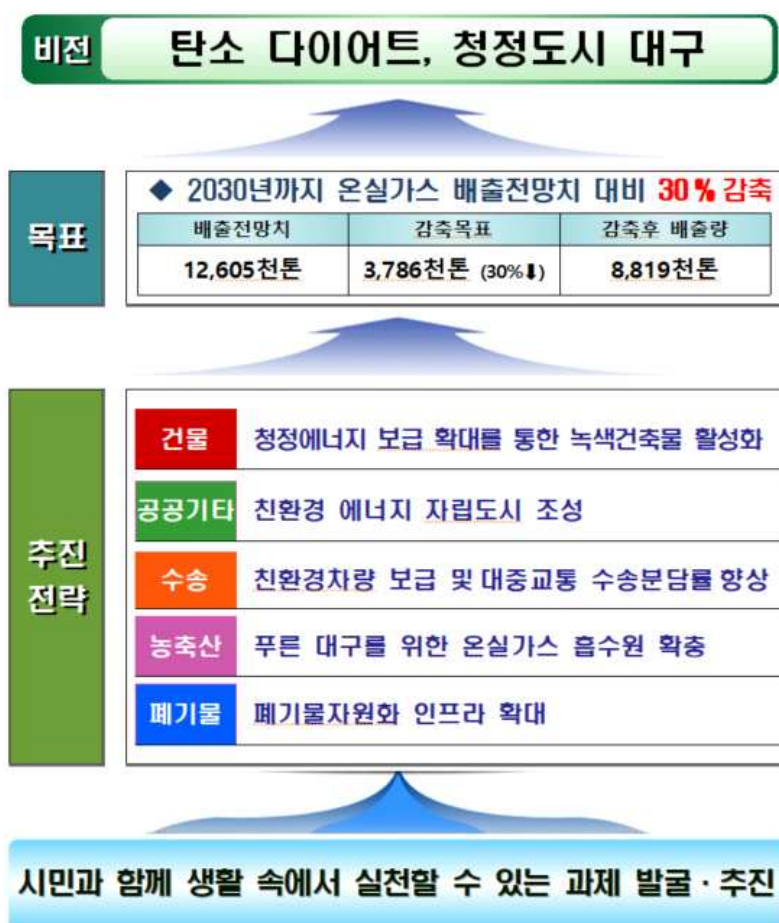
- 국가 기후변화 대응 기본계획을 바탕으로 지역의 기후변화 특성을 반영하고 정책 특성이 고려된 기후변화 대응 종합계획 마련
- 글로벌 녹색수도 인천을 위한 기후변화 대응 비전 및 목표를 수립하고, 온실가스 배출량 전망을 통한 구체적인 감축 전략과 기후변화 적응대책 마련
- “기후위기를 시민과 함께 안전하게 극복하는 탄소중립 도시 인천”을 비전으로 온실가스 감축, 기후변화 적응대책 마련
- 대중교통 영역
 - (철도 교통) 교통난 해소와 대중교통 활성화를 위해 철도 연장사업 추진, 광역교통망 개선, 저탄소 녹색교통 인프라 구축, 환경보호 기여 및 도시 균형발전 도모
 - (도로 교통) 수도권 교통난 완화 및 대중교통 이용 활성화를 도모하기 위해 간선급행버스 운행, 대중교통 복합환승센터 운영, 바이모달트랩 도입 등 도로 교통 개선 사업 추진
 - 인천시 내 열악한 교통 환경을 개선하고 장래 교통 수요에 대비함으로써 광역 교통문제 해소, 시민교통편의 제공, 낙후지역 발전에 기여
 - (자전거) 도시 내 친환경 교통수단인 자전거 이용 활성화 추진, 안전한 자전거 이용을 위한 친환경 자전거길 구축
- 개인 교통수단
 - 친환경 저탄소 자동차 보급 및 충전소 설치, 노후 경유차 조기 폐차·LPG차 전환 지원을 통해 친환경 모빌리티 확대 추진
 - 개인 승용차 이용 절감을 통해 차량 친환경성 강화

○ 녹지 및 생태조성

- (녹지공간 확충) 미세먼지 차단숲, 학교숲, 교통약자층을 위한 나눔길 등 도시숲 조성으로 기후변화에 대응하는 탄소흡수원 확보를 통해 생활환경 개선
- 단절된 녹지축 연결 및 보행 인프라 확충을 위한 그린이음을 조성, 인천의 S자 녹지축 한남 정맥과 주요 숲길에 흩어져있는 역사·문화적 소재를 엮어 시민과 함께 지속가능한 트레킹길 정비사업 추진
- (녹지활용 서비스) 시민들이 쉽게 자연을 접할 수 있도록 자연 재료를 이용한 생태놀이터를 조성하여, 학습체험 기회를 마련하고, 공원 내 숲 조성을 통한 탄소흡수 역할 강화
- 숲 가꾸기 작업을 통해, 산림의 경제적, 환경적 가치 제고 및 탄소흡수기능 증진으로 기후변화에 대응

4) 대구광역시

- 2030 국가 온실가스 감축목표(BAU대비 37% 감축) 달성을 위한 대구시의 '2030 기후변화 대응 종합계획'을 수립하고 시민과 함께하는 온실가스감축 전략의 마련·시행



(대구광역시, 2021.06)

그림 2-4. 대구광역시 기후변화 대응 종합계획 비전 및 목표

- 도시와 관련된 추진 정책
 - 에너지 자립도시, 청정에너지단지 조성
 - 대구국가산업단지 2단지 : 청정에너지 단지 조성('25년)
 - 테크노폴리스 에너지 자족도시 건설('25년)
 - 연료전지발전소 확대 : 달성1차 산단, 서부하수처리장 등 51.3MW
- (수송) 친환경차량 보급 및 대중교통 수송분담률 향상
 - 대중교통 편의 확충과 이용 활성화로 대중교통 수송분담률 증대
 - 도시철도 노선 연장 : 2030년까지 총 60km 신설
 - 신교통수단(트램)도입으로 대중교통 수송 분담률 상승 : 53km 신설
 - 대구산업선 철도 건설 : 2027년까지 34.2km 신설
 - 대중교통 이용 활성화와 에너지 저감을 위한 시민의식 전환
 - 버스전용차로 추가 지정('19년 126km -> '30년 269km)추가 지정, 광역대중교통망(트램, 대구산업선 등), 환승정류장 확충, 안전한 자전거·보행교통환경 조성
 - 자전거 이용문화확산, 자전거 도로 연장을 통한 친환경교통이용 확대
 - 승용차 요일제, 자동차 탄소포인트제, 친환경 경제 운전실천 등 시민의식 전환을 통한 온실가스 감축
- (농축산) 푸른 대구를 위한 온실가스 흡수원 확충
 - 100개 도시숲 조성, 천만그루나무 더 심기 등 온실가스 흡수원 확대
 - 공원, 녹지, 가로수, 수변 등 온실가스 흡수를 위한 생활속 녹지공간 조성
 - 100개 도시숲 조성 : 2톤/년 감축
 - 1천만그루 나무 더 심기 : 464톤/년 감축
 - 수목원, 생태공원 조성을 통한 시민체감 온실가스 흡수원 확충
 - 수목원 확장, 제2수목원 조성을 통한 산림복지 인프라 확충
 - 시민체감형 휴양·녹지조성으로 시민복지와 더불어 온실가스 감축 기여

5) 대전광역시

- 2030년까지 탄소배출량 30%감축 및 2050년 순 배출량 0(zero)달성
- '삶이 건강한 산소도시 대전'을 비전으로 시민중심, 생태복지, 에너지전환이 핵심가치
- 건물, 수송, 에너지, 시민협력의 온실가스 감축 4개 부문과 탄소흡수원인 도시 숲 조성 1개 부문으로 구성된 4+1 핵심전략 마련
- 건물 부문
 - 그린리모델링 추진(노후영구임대아파트 3,300호)을 통한 공공부문 녹색건축물 전환 선도, 제도적 지원을 통해 민간으로 확산시켜 에너지 낭비 없는 녹색건축도시를 지향

- 수송부문
 - '21년 친환경버스(53대), 전기택시(142대) 보급을 시작으로 전 차량의 친환경차 전환 가속 및 도시 철도 2호선 개통, 공유자전거 확대 등을 통한 대중교통체계도 개선
- 에너지 부문
 - 공동주택 1만호에 태양광 시설 설치를 통한 신재생에너지 보급 확대, 태양광 기업공동활용 연구센터 건립 등 관련 인프라 구축
- 도시숲 부문
 - 탄소흡수를 위해 천(千)개의 도시숲을 만들어 녹색공간 숲속의 도시 구현 계획
 - 자녀안심그린숲, 미세먼지 차단숲 등 최고수준의 도시숲을 조성하고 생활주변 자투리 땅을 활용한 생활공간 속 녹지 확충 계획
- 시민협력 부문
 - 기후변화대응 범시민협의회('21년) 발족을 통한 시민과의 소통강화
 - 탄소제로 범시민운동, 탄소중립 공동체 확산, 폐기물 재활용 실천운동, 홍보 강화를 통한 대전형 탄소제로 시민운동 확산

6) 광주광역시

- 기후위기 시대를 선도하고 실제 변화를 이끌어내어 2045년 탄소중립 에너지 자립도시 달성
- 총 7,589억 원을 투입해 온실가스 배출량 전망인 947만t의 10.5%인 100만t 감축 목표
- 에너지 전환 부문⁴⁾
 - 시민참여형 친환경 신재생에너지 대폭 확대를 위해 '내가 쓰는 전기는 내가 만들어 쓰기'의 일환인 1가정 1발전소 갖기 운동
 - 'ESS 규제자유특구'를 통한 민간중심의 새로운 비즈니스 모델 창출
 - 시민들이 직접 참여·출자하는 '시민햇빛발전소' 설치
 - 마을단위 에너지 자립을 위한 '에너지 전환마을' 조성 본격 추진
- 건물부문
 - 친환경 녹색건축물 전환을 위해 국·공립 어린이집과 노후 공공아파트 에너지 효율을 높이고 주거환경을 개선하는 '그린리모델링'사업 실시
 - 공공부문에서 선도적인 에너지 목표관리제를 실시해 2021년 기준 배출량 대비 32% 감축 계획
- 수송 및 교통 부문
 - 상무지구 '무인공공자전거 시스템' 시범운영
 - 수소·전기차 보급 확대 및 노후 경유차 조기 폐차 지원 등 친환경 교통수단 확대

4) 2050 대구 탄소중립 전략구상, 에너지 분야를 중심으로(대구경북연구원, 2021)

- 자원순환, 농축산, 탄소흡수원 부문
 - 하수처리장 등에 태양광 발전시설을 설치하고 온실가스 모니터링시스템을 도입하는 ‘환경시설 탄소중립 프로그램’ 운영
 - 친환경 도시농업 육성을 위한 친환경 유기질 비료 공급, 10분 거리에서 가족과 함께 즐길 수 있는 생태·휴식공간을 제공하기 위한 3,000만 그루 나무심기 지속

7) 울산광역시

- ‘2050 탄소중립 도시 울산’ 실현을 위한 중장기 종합계획 설립
- 울산형 에너지 대전환
 - 수소산업 육성과 부유식 해상풍력단지 조성을 통해 기존의 화석연료 중심의 에너지 체계를 친환경 저탄소 에너지 체계로 전환⁵⁾
- 혁신적인 저탄소 신산업 생태계 조성
 - 경제자유구역 활성화 및 이산화탄소 자원화 규제자유특구, 강소연구개발특구 조성 등으로 친환경 미래 신산업을 활성화해 탄소발생 저감
 - 지역 내 기업의 자발적 참여를 통한 울산형 RE100(2050년까지 사용 전력량의 100%를 풍력, 태양광 등 재생에너지로 조달하겠다는 국제 캠페인)을 달성하고 지역의 탄소중립 전문가 양성 적극 지원
- 탈탄소 체계로의 도시운영 전환
 - 수소·전기차 보급, 수소트램도입 등 교통·수송분야 저탄소화 선도, ‘건물온실가스 총량제’ 도입 및 자원 선순환 체계 구축을 통한 탈탄소 체계로의 전환
- 자연 탄소흡수원(생태백신)확대
 - 태화강 국가정원을 중심으로 도시 바람길 숲 및 미세먼지 저감숲 조성을 통해 도심 곳곳에 생태녹지 강화
- 시민과 기업의 탄소중립 민관협력체계 구축
 - 탄소중립위원회와 실무추진단을 운영하여 탄소중립 이행체계를 단계별로 점검
 - 시민참여단과 함께하는 대시민 토론회를 마련해 탄소중립 실현을 위한 시민과의 소통 확대

8) 세종특별자치시

- 2040년 세종시 행정중심복합도시(행복도시)에서 탄소중립도시로의 탈 바꿈
- 제로에너지 도시건설
 - 생활권 단위의 에너지 자립 목표를 설정하고 단독주택·공동주택 등 다양한 제로에너지 특화 단지·지구를 조성해 행복도시 내 제로 에너지 건축물(ZEB) 확산⁶⁾
 - 스마트 제로에너지도시 도입 및 확산, 제로에너지 특화 추진, 제로에너지도시 건설 추진기반 구축⁷⁾

5) ‘2050 탄소중립 도시, 울산’ 선언(www.usjournal.kr/news/newsview.php?ncode=1065604140567684)

6) 세종시 신도시에 2040 탄소중립도시 모델 제시 ‘저탄소정책’ (daily.hankooki.com/page/society/202109/dh20210929165137148500.htm)

7) 행복청·세종시·NH “행복도시, 19년 후 탄소중립 도시로 만들 것”(www.sjsori.com/news/articleView.html?idxno=53166)

- 친환경 교통·인프라 확충
 - 자전거 이용 편의를 개선하고 친환경 차의 상시 충전 인프라 설치, 교통 수요관리 개선을 위한 통합교통서비스(MaaS), 자동차 공유서비스 확대 도입
 - 친환경차 및 대중교통 활성화, 미래차 중심 인프라 전환, 교통 수요관리 개선
- 그린에너지 도입 확산
 - 태양광, 수소연료전지, 지열 등 그린에너지 공급을 확대하고 P2P 에너지 거래 서비스 실증, 가상 발전소 운영 추진
 - 블루·그린수소 도입 및 공급 확대, 재생에너지 보급 확대, 에너지 생산 및 거래 활성화
- 탄소배출 및 에너지 수요관리 강화
 - 도시에너지 및 탄소 배출 모니터링·분석·환류를 위한 시스템 구축 및 저영향개발기법(LID)도입 확대 등 탄소흡수원 면적 확대
 - 행복도시 탄소관리 시스템 구축·운영(M-CAS), 에너지 통합관리시스템 및 빅데이터 구축활용, 탄소흡수원 기능 강화
- 시민참여 및 인식 제고
 - 민·관·연 탄소중립 협의기구 구성·운영, 탄소중립 교육 및 홍보 강화, 시민참여 지원 및 활성화

비전	시민과 함께하는 녹색 청정에너지도시 조성										
목표	저탄소 전환 촉진을 통한 2040 탄소중립 실현 ('17년 2.6tCO ₂ /인 ⇒ '30년 1.5tCO ₂ /인 ⇒ '40년 ±0tCO ₂ /인)										
5대 추진 전략	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">1 제로에너지도시 건설</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ● 스마트 제로에너지도시 도입 및 확산 ● 제로에너지 특화 추진 ● 제로에너지도시 건설 추진기반 구축 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2 친환경 교통·인프라 확충</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ● 친환경차 및 대중교통 활성화 ● 미래차 중심 인프라 전환 ● 교통 수요관리 개선 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3 그린에너지 도입·확산</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ● 블루·그린수소 도입 및 공급 확대 ● 재생에너지 보급 확대 ● 에너지 생산 및 거래 활성화 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4 탄소배출 및 에너지 수요관리 강화</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ● 행복도시 탄소관리시스템 구축·운영(M-CAS) ● 에너지 통합관리시스템 및 빅데이터 구축·활용 ● 탄소흡수원 기능 강화 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5 시민참여 및 인식 제고</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ● 민·관·연 탄소중립 협의기구 구성·운영 ● 탄소중립 교육 및 홍보 강화 ● 시민참여 지원 및 활성화 </td> </tr> </table>	1 제로에너지도시 건설	<ul style="list-style-type: none"> ● 스마트 제로에너지도시 도입 및 확산 ● 제로에너지 특화 추진 ● 제로에너지도시 건설 추진기반 구축 	2 친환경 교통·인프라 확충	<ul style="list-style-type: none"> ● 친환경차 및 대중교통 활성화 ● 미래차 중심 인프라 전환 ● 교통 수요관리 개선 	3 그린에너지 도입·확산	<ul style="list-style-type: none"> ● 블루·그린수소 도입 및 공급 확대 ● 재생에너지 보급 확대 ● 에너지 생산 및 거래 활성화 	4 탄소배출 및 에너지 수요관리 강화	<ul style="list-style-type: none"> ● 행복도시 탄소관리시스템 구축·운영(M-CAS) ● 에너지 통합관리시스템 및 빅데이터 구축·활용 ● 탄소흡수원 기능 강화 	5 시민참여 및 인식 제고	<ul style="list-style-type: none"> ● 민·관·연 탄소중립 협의기구 구성·운영 ● 탄소중립 교육 및 홍보 강화 ● 시민참여 지원 및 활성화
1 제로에너지도시 건설	<ul style="list-style-type: none"> ● 스마트 제로에너지도시 도입 및 확산 ● 제로에너지 특화 추진 ● 제로에너지도시 건설 추진기반 구축 										
2 친환경 교통·인프라 확충	<ul style="list-style-type: none"> ● 친환경차 및 대중교통 활성화 ● 미래차 중심 인프라 전환 ● 교통 수요관리 개선 										
3 그린에너지 도입·확산	<ul style="list-style-type: none"> ● 블루·그린수소 도입 및 공급 확대 ● 재생에너지 보급 확대 ● 에너지 생산 및 거래 활성화 										
4 탄소배출 및 에너지 수요관리 강화	<ul style="list-style-type: none"> ● 행복도시 탄소관리시스템 구축·운영(M-CAS) ● 에너지 통합관리시스템 및 빅데이터 구축·활용 ● 탄소흡수원 기능 강화 										
5 시민참여 및 인식 제고	<ul style="list-style-type: none"> ● 민·관·연 탄소중립 협의기구 구성·운영 ● 탄소중립 교육 및 홍보 강화 ● 시민참여 지원 및 활성화 										
제도 개선	<ul style="list-style-type: none"> ● 행복도시 건설 기본개발계획 변경을 통해 탄소중립도시 건설 추진근거 마련 ● 탄소중립도시 조기 조성을 위한 '녹색건축을 설계 가이드라인' 마련 										
추진 체계	<ul style="list-style-type: none"> ● 《행복청 + 세종시 + LH + 시민》의 탄소중립 공감대 형성 및 협업 ● 정책 내실화를 위한 시민참여형 자문위원회 구성·운영 										

(행복청, 2021)

그림 2-5. 행정중심복합도시 2040 탄소중립 비전 및 목표

9) 경기도

- 경기도 그린뉴딜 계획 달성
- 기후위기 대응 생태 안전망 구축⁸⁾
 - (생태 안전망 구축) 바다생태계 보존, 폐기물 감량 재활용 순환경제 실현, 재활용률 제고 위한 선별인력 확대, 도시숲 조성(미활용 부지 활용), 도시농업 기반조성·활성화, 공공 산림 가꾸기, 스마트 상수도 사업
 - (농·축산업 기후적응력 확대) 기후변화에 따른 작물 생산기술 개발, 도민 생활권 분리형 그린에너지 축산단지 조성, 농업 에너지 이용 효율화
- 저탄소 산업구조 전환 통한 경제 활성화
 - (저탄소 도시 인프라 구축) 수소융합테마도시 조성, 친환경 저탄소 교통수단 구축(개인형 이동 포함), 공공건축물 그린 리모델링, 3기 신도시 신재생에너지 기반 강화
 - (저탄소 산업육성) 차세대 에너지 핵심기술(수소 상용화, 고효율 에너지) 육성, 물류 및 냉장·냉동창고 에너지 진단 및 효율화, 반월시화 그린 산업단지 조성, 수열에너지 기반 광명시흥 첨단산업단지 조성

비전	저탄소, 도시와 함께		
목표	기후변화 대응 생태 안전망 구축	저탄소 산업 구조 전환 통한 경제 활성화	도민 참여 저탄소 에너지 사회 구축
정책 과제	Ⅱ 생태 안전망 구축 · 바다생태계 보존 · 폐기물 감량 재활용 순환경제 실현 · 재활용률 제고 위한 선별인력 확대 · 도시숲 조성(미활용 부지 활용) · 도시농업 기반조성·활성화 · 공공 산림 가꾸기 · 스마트 상수도 사업	③ 저탄소 도시 인프라 구축 · 수소융합테마도시 조성 · 친환경 저탄소 교통수단 구축(개인형 이동 포함) · 공공건축물 그린 리모델링 · 3기 신도시 신재생에너지 기반 강화	⑤ 도민 참여 저탄소 에너지 전환 · 전력 자립 10만가구 프로젝트 · 에너지협동조합 생태계 조성 · 공공용지활용 햇빛발전소 확대
	Ⅲ 농축산업 기후적응력 확대 · 기후변화에 따른 작물 생산 기술 개발 · 도민 생활권 분리형 그린에너지 축산단지 조성 · 농업 에너지 이용 효율화	④ 저탄소 산업 육성 · 차세대 에너지 핵심기술(수소 상용화, 고효율 에너지) 육성 · 물류 및 냉장·냉동창고 에너지 진단 및 효율화 · 반월시화 그린 산업단지 조성 · 수열에너지 기반 광명시흥 첨단산업단지 조성	⑥ 저탄소 에너지 공동체 지원 · 에너지 자립마을 조성 확대 · 경기도 스마트에너지 아파트 조성 · G-하우징, 햇살-하우징 연계 저소득 주택 에너지 효율 개선 · 에너지 바꾸체 확대
정책 이행 기반	(제도) 탄소영향평가 추진 (온실가스-에너지 저감 평가) (실행) 만관 T/F 통한 이행상황 점검		

(경기연구원, 2020.11)

그림 2-6. 경기도 그린뉴딜 비전 및 목표

8) 경기도 탄소중립 어디까지 왔나 (gnews.gg.go.kr/news/news_detail.do?number=202111051416199039C048&s_code=C048)

- 도민 참여 저탄소 에너지 사회 구축
 - (도민참여 저탄소 에너지 전환) 전력자립 10만가구 프로젝트, 에너지협동조합 생태계 조성, 공공용지활용 햇빛발전소 확대
 - (저탄소 에너지 공동체 지원) 에너지 자립마을 조성 확대, 경기도 스마트에너지 아파트 조성, G-하우징 / 햇살-하우징 연계 저소득 주택 에너지 효율 개선, 에너지 바우처 확대

10) 강원도

- 2040년까지 온실가스 배출전망치(BAU)인 순배출량 3,440만톤CO₂-eq 이상의 온실가스를 0(ZERO)로 하는 계획 실현
- 중·장기 온실가스 감축전략 및 목표를 제시하여 지방정부 기후변화 대응 모범사례 확립·전파
- 그린·액화수소 등 에너지 대전환
 - 그린·액화수소경제 실현, 그린 모빌리티 확산, 신재생·미래 에너지 지속 확대
- 주요 배출산업의 저탄소 및 자원화
 - 화력발전 연료전환 및 탄소광물화, 시멘트산업 NET-ZERO 및 자원화, 자원 재활용 종합 콤플렉스 조성
- 건강한 산림관리와 관광자원 탄소중립
 - 젊은 산림 흡수원 관리와 자원화, 대형리조트 등 관광시설 친환경화, 제로에너지 건축물 전환
- 디지털 탄소중립 및 기후 안심인프라 확대
 - 디지털 기반 에너지 수요관리 및 거버넌스, 이상기후 정보화 및 먹거리 안전 확보, 탄소중립 남북 협력사업

11) 충청북도

- '17년 기준 온실가스 순배출량(22.9백만톤)을 흡수·포집·제거하여 2050 탄소중립 달성
- (산업분야) 고탄소 제조업 생산공정 개선, 그린산단 조성, 스마트공장 보급·확산 등으로 16,891천 톤 감축 계획⁹⁾
- (에너지 분야) 태양광, 연료전지발전 등 신재생에너지 발전 보급확대 등으로 1,751천 톤 감축 계획
- (수송 분야) 수소차, 전기차 등 미래차 보급 및 인프라 구축을 통한 내연기관 제로화 등으로 4,517천 톤 감축 예정
- (폐기물·농업 분야) 가연성 생활폐기물 직매립 제로화, 가축분뇨 에너지화 사업 등을 통해 158천 톤 감축 예정
- (탄소흡수원 분야) 2050년까지 3억 그루 나무심기를 통해 온실가스 4,148천 톤 흡수·고정 예상

9) 충청북도, '2050 탄소중립' 선언(충북도청 공보관, 2021)

12) 충청남도

- 2035년까지 2018년 기준 온실가스 배출량 50% 감축
- 청정한 전환
 - 석탄화력발전소를 2032년까지 14기, 2050년에는 전부 폐쇄하고 태양광·해상풍력 등 재생 에너지 집적화 단지를 조성해 2040년까지 재생에너지 자립률을 40% 이상으로 상승 계획¹⁰⁾
- 과감한 혁신
 - 2030년까지 RE100 혁신벨트를 구축하여 저탄소 녹색산단 생태계를 조성하며, 2040년까지 국내수소 공급의 30%를 점유할 수 있도록 부생수소 및 추출 생산기지 조성
 - 연구-실증-생산-저장-운송-활용에 이르는 수소 전주기 생태계를 구축해 수소 도시를 만들고 수소차 49만 대 도입, 수소충전기 150기 이상 설치 등을 추진할 방침
- 참여형 사회
 - 농·축·수산업 분야 저탄소 비료 사용 확대, 가축 분뇨 에너지화, 어선 연료의 전기·수소 전환 등을 추진, 해양 자원 연구를 통한 국내 최대 탄소흡수원 조성, 탄소 흡수 증대를 위한 경제 수종 교체 등 탄소 흡수 정책 강화
- 선도적 기반마련
 - 탈석탄·탄소중립 금고의 전국 확산, 2020년 전국 56개 기관 참여를 시작으로 현재 69개 기관이 함께하고 있으며, 연간 재정 231조 965억 원 규모
 - 탈석탄 투자 전환을 더욱 촉진하기 위해 전국 지자체, 교육청, 공공기관과 협력, 탈석탄·탄소중립 금고를 확대할 계획

13) 전라북도

- 지역 특성 및 대내외적인 여건을 반영하여 전라북도의 특화된 발전 유도
- 시군종합계획에 대한 방향성 제시, 도의 장기적인 발전방향 수립
- 새만금권(속도감 있는 새만금사업 추진) : 군산·김제·부안, 미래신산업, 해양관광 진흥, 글로벌 SOC확충
- 공공주도를 바탕으로 구체적 개발로드맵 제시¹¹⁾
 - 선제적 투자를 통해 스마트 수변도시, 그린 산단 등의 성공적 조성으로 가시적 성과 확보 및 향후 발전방향 제시
 - 내부기반시설 구축의 재정지원 확대와 공공기관 이전 등 용지개발 가속화를 위한 공공-민간 역할 분담
- 디지털·그린 중심의 도시 및 산업단지 조성
 - 향후 신재생에너지 보급이 빠르게 확대될 것이란 전망에 적극적 대응으로 친환경적 개발의 국가표준 선도

10) 충청남도 홈페이지(www.chungnam.go.kr)

11) 제4차 전라북도 종합계획 안(2021~2040) (전라북도, 2021.03)



- 새만금사업 추진에 있어 환경적 가치를 우선적으로 고려하여 새만금 내부와 주변지역의 친환경성 제고
- 새만금 투자 여건 개선 및 글로벌 인프라 조기 구축
 - 새만금 내 지구별 특성을 고려한 인센티브 특화 및 국내기업 중심의 인센티브 확대로 투자 여건 개선
 - 내부간선도로와 광역교통망 글로벌 물류체계 구축을 통해 민간투자 여건 강화 및 방문객 접근성 확대
- 새만금 기본계획 위상 제고 및 안정적인 자원 확보 기반 마련
 - 새만금 기본계획의 현실화와 위상을 강화해 실현가능성 제고 필요
 - 안정적인 사업 추진 자원 확보를 위한 특별회계 설치 및 일괄 예타 또는 예타면제 추진
- 새만금과 주변 지역 연계발전 방안 모색
 - 주변 지역과의 연계, 균형발전·국가성장 선도하는 새로운 경제권 형성 위한 기반 마련 필요
 - 새만금을 중심으로 주변지역과의 접근성을 높이기 위한 교통체계 강화

14) 전라남도

- 전라남도 온실가스 배출량 92백만 톤 중 '30년 30.5% 감축, '50년 탄소중립 실현
- 청정에너지(에너지전환)¹²⁾
 - 화석에너지(석탄 등)를 신재생에너지(태양광, 풍력)로 전환
 - 수소전환 : 그레이수소(CO2 발생)를 블루·그린수소(CCUS 활용)로 전환
- 청정산업(산업)
 - 석탄 화력발전 폐기, RE100(신재생 100%) 등 스마트 친환경 산단 조성
 - 대기관리지역(여수, 광양, 목포 등) 2024년까지 대기오염물질 40% 감축
- 청정생활(수송, 건물, 농·수·축산, 도시조성, 도민실천)
 - 노후경유차 폐차 및 친환경차(전기, 수소)보급, 농업기계 100% 친환경화
 - 탄소제로 건물 인증제 도입, 농수축산 친환경 스마트화
 - 기후환경문제 해결 스마트 그린도시 조성, 폐기물 재자원화
 - 탄소저감 도민 실천운동(탄소사냥꾼), 탄소포인트 7070(70만 세대, 70% 가입)
- 청정산림(탄소흡수)
 - 50년 이상 된 노령산림을 젊은 산림으로 탈바꿈(CO2 흡수강화)
 - 도시 숲 조성 : 탄소 흡수에 강한 수종을 활용한 도시형 테마 숲 조성

12) 2050 전라남도 탄소중립 비전 수립(전라남도 동부지역본부, 2021)

다. 국내 정책동향 분석 소결

1) 법제도 기반의 범정부 차원의 종합적 추진

- '21년 9월 탄소중립기본법 제정 및 '21년 3월 시행에 따라 범정부 차원의 탄소중립 관련 정책 수립
 - 법에 근거하여 범정부 차원의 감축목표 설정 및 이행계획 수립
 - 각 부문별 계획 수립 및 각 부처별 감축 로드맵 수립 등 탄소중립에 대한 적극적인 실행력 기반 마련

2) 국가차원의 탄소중립 지원 의지 확고

- 탄소중립 R&D 전략적 투자 추진
 - 재생에너지·산업공정·에너지효율화에서 마중물 효과가 큰 분야 중심으로 투자 확대 추진
 - '21년 1.59조원(정부)에서 재생에너지·산업공정·에너지효율화 분야 중심 투자 확대
 - '탄소중립 R&D 투자전략' 등에 따라 각 부처는 부문별 산업현장 적용을 목표로 하는 R&D 사업 기획·추진

표 2-1. 부처별 탄소중립 R&D

부처	부처별 탄소중립 R&D 역점 분야
과기정통부	- 탄소중립 핵심분야 원천기술 확보, ICT를 활용한 에너지 고효율화
산업부	- 탄소 多배출업종 대상 온실가스 저감을 위한 산업공정 개선 - 재생에너지·수소경제 활성화, 계통 안정화, 소비 효율화를 위한 기술개발
국토부	- 제로에너지 건물, 친환경 교통, 수소 인프라 기술개발 강화
환경부	- 탈 플라스틱 기술 등 자원순환 기술, 탄소흡수, 기후적응 기술 강화
해수부	- 해양에너지, 해양생태계 기반 탄소 흡수·저장 강화

3) 지자체 차원의 탄소중립 관련 대응 활발

- 광역시도를 중심으로 탄소중립과 관련 각종 계획 수립
 - 대부분 국가 전략 및 계획에 맞추어 2040년 탄소배출 '0'를 목표로 각종 계획을 수립하여 추진 중
 - 산업, 건물, 수송, 에너지 등 전분야에 걸쳐 탄소중립을 위한 계획 수립과 이를 실행하기 위한 다양한 사업 추진중
 - 세종시의 경우 국가 탄소중립을 위한 온실가스 감축 목표치를 상회하는 수준의 전략을 제시하고 이를 실행하기 위한 실행계획을 수립중

2. 국외 현황

가. 탄소중립 목표연도 제시현황

- 국가별 탄소중립 동참 선언과 목표연도 제시
 - 2021년 6월 기준 전 세계 137개국이 탄소중립을 선언하여 글로벌 기후변화 대응에 동참하고 있으며 이중 90%이상(124개국)이 2050년을 목표로 설정함
- 2050 이전 탄소중립 목표국
 - 부탄과 수리남은 carbon negative를 이미 달성하였고, 우루과이는 2030년, 오스트리아, 아이슬란드는 2040년, 독일, 스웨덴은 2045년을 탄소중립 목표 년도로 설정함
- 2050 이후 탄소중립 목표국
 - 우크라이나, 카자흐스탄, 중국은 2060년을 목표로 설정하였고, 호주와 싱가포르의 아직 확정된 목표를 제시하지 않았음

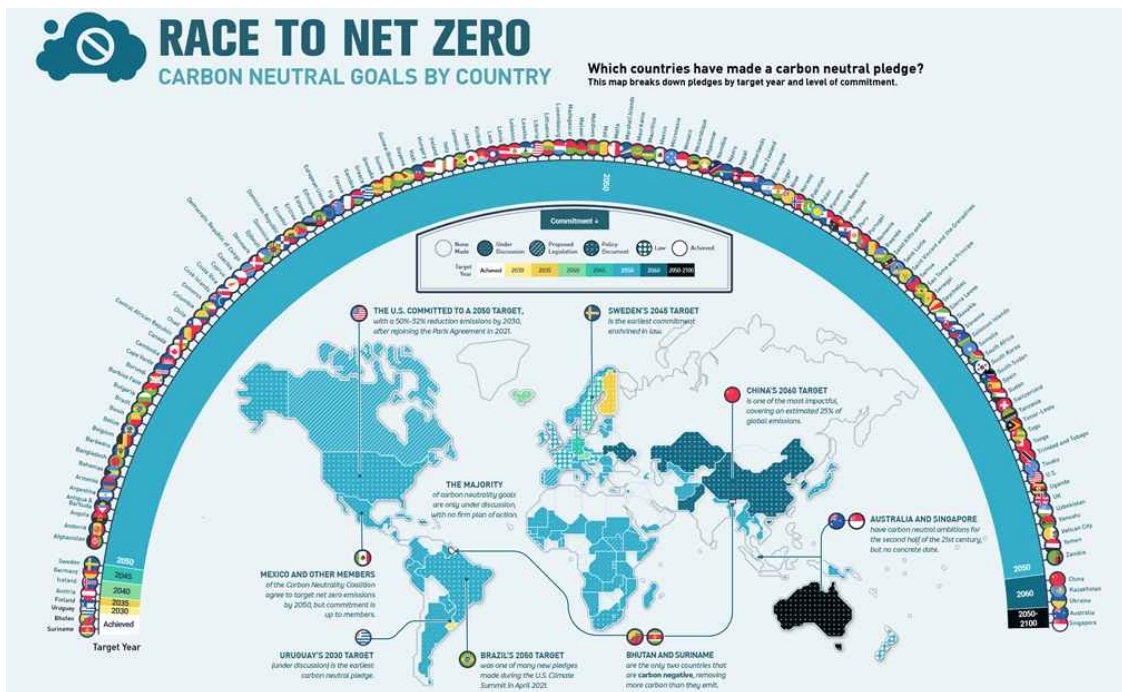


그림 2-7. 국제사회의 탄소중립 추진현황 (출처: www.motive-power.com)

나. 탄소중립 선언국 탄소중립 추진 제도화 현황

- 관련법 제정 국가
 - 탄소중립 달성을 위한 각국의 정책수립과 관련하여 탄소중립과 관련법 제정을 마친 국가는 덴마크, 프랑스, 헝가리, 뉴질랜드, 스웨덴, 영국 6개 국가이며, 캐나다와 한국 등 5개국이 입법을 제안하고 EU도 발의한 상황임

- 정책 발표 국가
 - 세계 주요 탄소배출국 브라질, 중국, 독일, 미국을 포함한 24개국은 탄소중립 목표를 공식 정책으로 설정함
- 관련정책 논의 중인 국가
 - 탄소중립 선언 137개국 중 현재 99개국에서는 관련정책을 논의 중으로 전체 참가국 중 72%가 아직 공식적인 입장을 밝히고 있지 않으나 글로벌 탄소중립 이행에 대한 각국의 압박은 증가할 것으로 예상됨

표 2-2. 글로벌 탄소중립 선언국의 탄소중립 추진 및 제도화 수준(2021년 6월 기준)

전문기관	국가
탄소중립 달성	부탄, 수리남
관련법 제정	덴마크, 프랑스, 헝가리, 뉴질랜드, 스웨덴, 영국
탄소중립 공식 정책설정	안도라, 호주, 오스트리아, 브라질, 중국, 코스타리카, 핀란드, 독일, 아이슬란드, 아일랜드, 일본, 카자흐스탄, 마셜제도, 노르웨이, 파나마, 파라과이, 포르투갈, 슬로베니아, 남아프리카, 스위스, 미국, 우크라이나, 우즈베키스탄, 바티칸
관련법 발의	캐나다, 칠리, 유럽연합, 피지, 대한민국 , 스페인
관련정책 논의 중	아프가니스탄, 앙골라, 엔티가바부다, 아르헨티나, 아르메니아, 바하마, 방글라데시, 바베이도스, 벨기에, 벨리즈, 베냉, 불가리아, 부르키나파소, 부룬디, 카보베르데, 캄보디아, 중앙아프리카공화국, 채드, 콜롬비아, 코모로, 쿡제도, 크로아티아, 키프로스, 체치아, 콩고민주공화국, 지부티, 도미니카, 도미니카공화국, 에콰도르, 에리트레아, 에스토니아, 에티오피아, 감비아, 그리스, 그레나다, 기니, 기니비사우, 가이아나, 아이티, 이탈리아, 자메이카, 키리바시, 라오스, 라트비아, 레바논, 레소토, 라이베리아, 리투아니아, 룩셈부르크, 마다가스카르, 말라위, 몰디브, 말리, 몰타, 모리타니아, 모리셔스, 멕시코, 미크로네시아, 모나코, 모잠비크, 미얀마, 나미비아, 나우루, 네팔, 네덜란드, 니카라과, 니제르, 니우에, 파키스탄, 팔라우, 파푸아뉴기니, 페루, 루마니아, 르완다, 세인트키츠네비스, 세인트루시아, 세인트빈센트그레나딘, 사모아, 상투메프린시페, 세네갈, 세이셸, 시에라리온, 싱가포르, 슬로바키아, 솔로몬제도, 소말리아, 남수단, 수단, 탄자니아, 동티모르, 토고, 통가, 트리니다드토바고, 투발루, 우간다, 우루과이, 바누아투, 예멘, 잠비아

1) 유럽

- 탄소중립 목표설정
 - 유럽연합(EU)은 탄소중립을 선언하고 이를 실현하기 위해 2030년 온실가스 배출을 1990년 대비 55% 감축하는 목표를 설정
 - 2014년 「2030 EU 기후」, 2014년 「2030 EU 기후·에너지 패키지」를 통해 2030년 온실가스 감축목표를 1990년 대비 40%로, 재생에너지 보급과 에너지효율 목표를 27%로 제시
 - 2018년 2050년 탄소중립 선언 후, 2020년 12월 EU 정상회의에서 2030년 온실가스 감축 목표를 55%로, 재생에너지 보급 목표를 33.7%로 상향
- 정책수립
 - 기후변화 대응과 탄소중립 경제 실현을 위해 2019년 12월 유럽연합 그린딜(European Green Deal)을 채택



- 기후변화 도전을 기회로 전환시켜 지속가능한 EU 경제 구축을 위한 로드맵이자, 모든 경제 분야를 포괄하는 신성장전략 구축
- EU 집행위는 정책의 이행을 위해 1조유로 이상의 유럽그린딜 투자계획을 수립함
- 2050년 탄소중립을 최상위 목표로 설정하고, 에너지, 산업, 건물, 수송, 농식품, 생물다양성 등 6개 주축분야에서 정책방향과 실행계획을 제시

○ 실행정책 발표

- 유럽연합은 그린딜('19.12) 발표 이후 13개 실행정책 발표하여 탄소중립을 위한 기금 조성, 법·제도적 기반 확립, 에너지·교통·화학·건설 등 산업 분야별 미래 전략을 제안 및 채택

표 2-3. EU 탄소중립 6대 주축분야 (한국무역협회, 2021)

분야	주요 내용
에너지	<ul style="list-style-type: none"> • 재생에너지 사용 확대 • 에너지 효율 제고를 위한 에너지법 개정('21.6월까지) • 에너지 및 기후변화 계획 개선('23년까지)
산업	<ul style="list-style-type: none"> • 순환경제로 전환 • 재활용 시장 확대 • 탄소배출 정보 제공
건물	<ul style="list-style-type: none"> • 건물 리노베이션을 통한 에너지 효율 개선
수송	<ul style="list-style-type: none"> • 스마트 수송전략(저탄소 차량 전환 및 충전시설 확대) • 해양·항공의 탄소배출권거래제 편입
농식품	<ul style="list-style-type: none"> • '농장에서 식탁'까지 전략 • 친환경 기술·생산·소비 도입 및 촉진 • 식품분야 환경위험 평가 및 친환경 농식품 소비 촉진
생물다양성	<ul style="list-style-type: none"> • 생물다양성 전략 및 실행계획 제안('21년) • 삼림 및 어업분야에서 자연훼손 방지책 마련 • 삼림 조성 및 복원

표 2-4. EU 그린딜 주요 실행정책 (한국무역협회, 2021)

일시	분야	주요 내용
'20.1월	투자	<ul style="list-style-type: none"> • 유럽그린딜 투자계획(Green Deal Investment Plan) • 공정전환 메커니즘(Just Transition Mechanism) 발표
'20.3월	에너지	<ul style="list-style-type: none"> • 유럽기후법(Climate Law) 법안 의회 제출
	산업	<ul style="list-style-type: none"> • 유럽산업전략(Industrial Strategy) 채택
'20.5월	산업	<ul style="list-style-type: none"> • 순환경제 행동계획(Circular Economy Action Plan) 제안
	농식품	<ul style="list-style-type: none"> • 농장에서 식탁까지 전략(Farm to Fork Strategy) 발표
'20.7월	생태계	<ul style="list-style-type: none"> • 2030 생물다양성 전략(Biodiversity Strategy for 2030) 발표
	에너지 교통	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 시스템 통합 및 수소 전략(EU Strategies for Energy System Integration and Hydrogen) 채택
'20.9월	에너지	<ul style="list-style-type: none"> • 2030 기후 목표 계획(2030 Climate Target Plan) 발표
'20.10월	화학	<ul style="list-style-type: none"> • 화학 전략(Chemicals Strategy for Sustainability) 발표
	에너지	<ul style="list-style-type: none"> • 메탄 전략(Methane Strategy) 발표
	건설	<ul style="list-style-type: none"> • 건물 리노베이션 전략(Renovation Wave) 발표
'20.11월	에너지	<ul style="list-style-type: none"> • 연안 재생에너지 전략(Offshore Renewable Energy) 발표
'20.12월	시민운동	<ul style="list-style-type: none"> • 유럽기후서약(European Climate Pact) 운동 개시

2) 미국

- 바이든 행정부 출범에 따른 공격적인 친환경 정책 추진과 기후변화 정책의 대전환
 - 트럼프 前대통령 '17년 오바마 행정부의 청정전력계획(Clean Power Plan)을 철회, 파리기후협약 탈퇴 선언으로 저탄소 정책이 지난 4년간 크게 후퇴(환경관련 규제 대거 완화)
 - 바이든 대통령이 대선 공약을 파리기후협약 복귀와 탄소중립 달성을 주요 목표로 제시한 만큼 미국의 저탄소 경제 추진이 더욱 가속화될 전망
- 탄소중립 목표설정
 - 바이든 대통령은 대선공약으로 2050년 탄소중립, 2035년 100% 청정에너지 달성을 강조
 - 2021년 3월 청정에너지 인프라와 R&D 투자계획을 포함한 약 2조 달러 규모의 American Jobs Plan을 발표
 - American Jobs Plan은 전후 가장 큰 규모의 공공 투자계획으로 ①도로, 다리, 항구, 공항 등 교통 수송 인프라 개선 및 건설(6,710억 달러) ②식수, 전력망, 디지털 인프라 현대화(3,110억 달러) ③가정용, 상업용 건물, 학교, 보육시설, 병원 등 건물 효율성 개선(3,780억 달러) ④돌봄 인프라 개선(4,000억 달러) ⑤제조업·유통망 강화, R&D 투자 확대, 일자리 창출(5,800억 달러) ⑥노동, 인권 개선 등 6가지 내용을 핵심 골자로 하며, 향후 8년에 걸쳐 매년 GDP 1% 규모의 투자를 계획 중
- 탄소중립 정책수립
 - 바이든 행정부의 주요 친환경 정책은 교통, 에너지, 탄소조정제로 구성될 계획
 - (청정에너지) 화석연료 보조금 철폐, 화석연료 관련 공유지 임대 불허 및 향후 4년간 청정에너지 연구개발 3,000억 달러 지원 계획이며, 범부처 고등연구 전담기관인 ARPA-C (Advanced Research Project Agency focused on Climate)를 출범시켜 아래 8개 분야에 대한 연구를 집중

표 2-5. 미국 청정에너지 연구개발 분야 (한국무역협회, 2021)

구분	주요 내용
배터리	• 기존 리튬이온 대비 1/10 비용의 그리드 규모 배터리 저장 기술
첨단 원자로	• 기존 대비 1/2 비용의 안전하고 효율적인 소형 모듈형 원자로 기술
냉장·냉동·냉방	• 지구온난화를 유발하지 않는 냉매를 사용하는 냉장·냉동·냉방 기술
건물	• 소재·가전·시스템관리 혁신을 통한 건물의 제로넷 에너지 달성 기술
수소	• 경제성 있는 재생에너지 기반 그린수소 관련 기술
건축소재	• 건축자재(철·시멘트·화학 등)의 탈(脫) 탄소화 생산 기술
식품·농업	• 식품·농업분야의 탈(脫)탄소화 기술
탄소포집	• 이산화탄소의 포획과 지중 영구격리 관련 기술

- (교통) 자동차 탄소배출 규제 강화, 친환경 자동차 판매 촉진, 친환경 승용차·픽업트럭 생산 확대, 충전소 등 관련 인프라 확충을 계획 중
- (탄소조정제) 바이든 대통령은 오염국에 비용을 부담시키기 위해 탄소조정제 도입을 언급(구체안 미발표). 관세와 유사하게 일방적인 탄소국경세 부과 방식이 될 것으로 예상되며, 같은 정책을 추진 중인 EU의 지지를 받게 될 전망

표 2-6. 미국 친환경 교통 정책 방향 (한국무역협회, 2021)

구분	주요 내용
탄소배출 규제 강화	<ul style="list-style-type: none"> • 캘리포니아주 자동차 탄소배출 규제의 전국 확대 • ※ 캘리포니아 친환경 자동차 의무 판매비율 • '24년 5~9%, '30년 30~50%, '45년 100%
친환경 자동차 판매 촉진	<ul style="list-style-type: none"> • 공공기관 차량 약 300만대를 친환경 자동차로 교체 • 전기차 구매 장려를 위해 세금 공제 등 인센티브 제공
인프라 확충	<ul style="list-style-type: none"> • 2030년까지 전기차 충전소 50만개 이상 설치

3) 독일

- 30년까지 온실가스 배출을 '90년 수준 대비 55% 감축을 목표로 하는 '2030 기후행동프로그램(Klimaschutzprogramm 2030, '19.09)' 발표
 - 전기차 구매 시 보조금 및 세금인하 등 탄소 배출 감축 인센티브 도입, 보다 높은 환경기준을 강제할 수 있는 인센티브 마련을 위해 규제 프레임워크 및 포괄적 지원 조치 점진적 실시
 - 난방, 자동차 등의 탄소 배출 감축을 위해 건물과 운송 분야에 탄소가격제 도입
 - '30년까지 1.4억 톤의 탄소 배출 감축을 목표로 하는 산업 부문에 대해 우선적으로 재생에너지 기반의 전력 사용을 강조하고 있으며, 수소 활용을 전면에 배치
 - 연방경제에너지부(BMWi)는 에너지기후기금(Energieund Klimafonds, EKF)의 일환으로 '24년까지 산업생산에서의 수소사용 프로그램에 4.45억 유로를 투입 계획
 - 산업 부문에서 탄소 배출 관련 기술전문가 양성, 에너지 효율적 사용, 저배출 생산 기술 연구개발 지원 등을 명시
 - '2030 기후행동프로그램' 발표 이후 '30년까지 온실가스 감축 목표를 법제화한 '기후보호법(Klimaschutzgesetz, '19.12)'이 통과되면서 법적 구속력이 발생
- 탄소중립의 목표연도를 기존 '50년에서 '45년으로 5년 앞당기면서 '2022 긴급 기후보호프로그램' 등 보다 적극적인 기후대책을 추진
 - '50년 탄소중립 목표가 젊은 세대들의 자유를 침해한다는 연방 최고법원 판결 이후 독일 연방정부는 감축 목표를 강화하여 '45년까지 탄소중립을 달성하기로 결정
 - '2022 긴급기후보호프로그램(Klimaschutz-Sofortprogramm 2022, '21.06)'에서 산업, 에너지, 교통 등 부문별 세부 조치를 제시
 - 산업 부문의 경우 기후 친화적 제품의 생산 비용을 지원하기 위한 산업 탈탄소화 프로그램(Decarbonising in Industry Program)에 6.5억 유로를 추가로 지원하면서 철강, 화학, 자동차 등에 대해서도 구체적인 지원 실시
 - 연방경제에너지부는 경제의 지속가능성을 위한 정책에서도 각 산업의 기후대응을 지원
 - (철강) 장기적으로 국제적 경쟁력을 갖춘 기후 중립적 철강 산업 육성을 위해 '철강행동개념'을 도입하고 철강기업에 대한 지원을 실시
 - 철강행동개념(Steel Action Concept): 공정한 시장경제 조성, 탄소누출 방지, 저탄소 사회로의 전환 등을 목표로 한 철강산업 지원 정책으로, 저탄소 공정전환에 대해 인센티브를 단계적으로 강화하고 국가수소전략과 연계한 수소기술 개발·도입을 지원
 - (전기차) 혁신적인 차량, 드라이브 시스템 및 부품 개발, 전기차의 전기망 및 교통망과 통합 추진

- (조선) 환경 친화적 연료 및 추진 시스템 도입, 탄소집약도가 낮은 연료 또는 탄소 제로 연료로 구동 가능한 혁신적 엔진 개발 등을 위해 민간과 협력 진행
- 해운연구프로그램(Maritime Research Programme) 하에서 '21년 5,400만 유로 규모의 연구개발 예산과 3,000만 유로 규모의 혁신적 조선 안전 경쟁력 일자리(Innovative Shipbuilding Safeguards Competitive Jobs) 프로그램 운영
- 탄소배출 감축 목표 달성을 위해 탈탄소화 핵심 기술 등 국제경쟁력 확보를 위해 탈탄소화 핵심 기술의 전 산업 확장 등 독일 산업 구조의 근본적 변환 요구
 - 독일재건은행(KfW)은 '30년 온실가스 배출 목표, 50년 탄소중립 목표 달성을 위해 기초산업 생산공정의 근본적 변화, 탈탄소화 핵심 기술의 전 산업 확장, 재생에너지·수소 전력 확보를 위한 조기 인프라 구축, 국제경쟁력 확보 등의 필요성을 강조
 - 독일 연방정부는 당초 '50년까지 탄소중립을 목표로 하였으나, '21.5월 이를 5년 앞당겨 '45년까지 탄소중립을 달성할 것으로 목표 기간을 수정
 - 탈탄소화 핵심기술은 기존 화석연료 기술 대비 비용적 단점이 크기 때문에 시장 침투를 위해 정책체계와 인센티브 마련, 지속적인 혁신 및 투자 촉진, 탄소 가격 인상 신호 등이 필수적이라는 점도 명시
 - 독일정보통신산업협회(Bitkom)는 디지털 기술 가속화를 통해 '30년까지 독일 탄소배출 감축 목표의 50% 이상을 달성할 수 있다고 주장
 - Bitkom은 디지털 기술로 큰 탄소배출 감축 효과를 얻을 수 있는 7대 응용 분야를 중심으로 '30년까지의 감축량을 예상하면서 제조·운송·에너지·건물 분야에서 가장 큰 감축 잠재력이 있다는 의견을 제시
 - 제조 분야에서는 생산 자동화, 전체 생산·운영 사이클을 모사하여 가상으로 제품 및 공정을 테스트할 수 있는 디지털 트윈 등이 탄소배출 감축의 핵심 기술
 - 가속화된 디지털화를 통해 환경 및 기후 보호에 기여하고 독일 경제의 경쟁력 제고

4) 영국

- '녹색 산업혁명 10대 중점 방안(이하 10대 중점 방안)'에서 환경 보호와 함께 산업 혁신과 일자리 창출을 달성하기 위한 목표를 설정
 - 저탄소 기술, 청정에너지, 전기자동차 등의 선도적 정부 투자를 바탕으로 민간 투자 확대를 유도하고 '30년까지 최대 2.5만개 일자리 창출
 - 친환경 에너지, 친환경 교통 및 주택, 투자 및 전략의 3대 분야, 10대 방안 추진
 - 산업 탈탄소화는 녹색 산업혁명 추진을 위한 영국정부 계획의 핵심 항목으로 추진될 전망
- '10대 중점 방안'에 이어 산업 탈탄소화 전략과 넷제로 전략을 통해 탄소중립을 추진한다는 내용을 포함한 '에너지백서'를 발표
 - '10대 중점 방안' 따라 작성된 '에너지백서(Energy white paper)'에서는 청정에너지 도입, 녹색 회복 지원, 공정에너지 이용 환경 조성을 통한 넷제로 달성 계획을 제시
 - 녹색 회복 지원 분야에는 넷제로 및 저탄소 클러스터 구축 추진 방안이 포함

- 10억 파운드 규모의 '산업탈탄소화전략'(21.03)' 발표에 이어 COVID-19 위기에 대응한 경제 부흥계획인 '더 나은 재건을 위한 경제성장 계획' 에서도 넷제로 전환을 비중 있게 고려
 - '산업탈탄소화전략'은 학교·병원·의회 등 공공건물과 산업의 온실가스 배출량 감축 및 저탄소 산업 부문 조성을 위한 청사진을 제시
 - 세계 최초로 저탄소 산업 부문에 대한 비전을 수립함으로써 '35년까지 '18년 배출량 대비 67%, '50년까지 90% 감축 방침
 - 정부는 탈탄소화 전개 예상 방향을 제시해 시장에 명확한 신호를 보내고 '50년 넷제로 달성에 필요한 민간 자본 유입을 목적으로 투자자의 신뢰 제고를 도모
 - 탈탄소화 목표 달성을 위해 산업 탈탄소화에 대한 장애요소 해소, 탄소누출 위험 완화, 대규모 기반시설 프로젝트 구현에서 핵심적인 역할을 수행할 방침
 - COVID-19 팬데믹에 대응한 경제 부흥계획인 '더 나은 재건을 위한 경제성장계획'에서도 넷제로 투자를 통해 산업클러스터에 해상풍력발전 6만 개, 탄소포집 5만 개, 수소 부문 8천 개의 일자리 창출과 탄소중립산업 육성을 제시
 - '20년대 중반까지 CCUS 시설 2개소(1차), '30년까지 2개소(2차)를 추가 개설할 예정이며 두 단계로 나누어 클러스터 선정을 진행할 예정
 - (1단계) 산업 클러스터 운영기구로부터 신청을 받아 '20년대 중반까지 정부 목표에 맞춰 2개소의 CCUS 구축 순서를 잠정 결정
 - (2단계) CCUS가 건설된 클러스터와 연계해 포집된 탄소를 활용할 개별 프로젝트(산업, 전력, 수소 등)단위의 신청을 받아, 정부와 지원 협의를 추진할 대상 프로젝트를 선정

5) 중국

- '20년 9월 제75차 유엔총회 화상회의에서 2060년까지 탄소중립을 달성하겠다는 목표 발표
 - 2015년에 제시한 탄소배출 목표를 구체화 및 상향조정하는 등 글로벌 기후변화 논의에 적극적인 모습을 보임

표 2-7. 중국의 탄소배출 목표 변화 (한국무역협회, 2021)

CO ₂ 배출	2015년 유엔기후변화협약회의	2020년 파리기후변화협약 정상회의
총량 기준	2030년경 정점 도달	2030년 CO ₂ 배출량 정점 도달 2025년부터 105억 톤 이내로 통제
GDP 단위당	2030년 2005년 대비 60~65% 감축	2030년 2005년 대비 65% 감축

- 친환경 정책으로 교통(친환경차), 에너지(신재생에너지) 및 탄소배출권 거래제의 전국적 시행
- 친환경차 비중을 '25년까지 20%, '35년에는 50%로 확대하는 정책목표를 설정하고 100% 내연기관차는 '35년 이후 시장에서 퇴출될 전망
 - 수소차량 2030년 100만대로 확대하고, 이 중 높은 출력을 필요로 하는 트럭, 버스 등 상용차는 100% 수소차로 전환할 계획
 - 2025년 평균연비를 100km 당 12KWh로 설정하고, 2035년 수소차의 상업화 및 자율주행 실현 목표를 명시하여 민간의 기술혁신 유도

- 신에너지차와 더불어 에너지, 교통, 정보통신산업간 융합발전을 추진하고, 충전·배터리 교체 스마트 교통 네트워크 통합을 추진해 나갈 계획
- 중국은 비화석 에너지 비중을 2020년 15.8%에서 2030년까지 25% 확대할 계획
 - 태양광과 풍력 에너지 발전용량을 2020년 4.6억KW에서 2030년 12억KW로 확대
- 중국은 전국 단위의 탄소배출권 거래를 규범화하기 위해 탄소배출권거래관리방법을 '20년 12월 통과시키고 '21년 2월부터 시행
 - 연간 2.6만 톤 이상의 이산화탄소 배출 업체를 대상으로 총 2,225개 전력분야 업체가 참여하도록 탄소 감축책임을 기업에 부과
 - 향후 탄소배출권 거래가능 분야를 확대하고 거래품목 및 거래방법을 다양화 하는 등 탄소배출 시장의 안정적 발전을 추진할 계획

6) 일본

- 탄소중립을 선언('20.10), 온실효과가스 총 배출량을 2030년까지 2013년도 대비 26% 감축하고, 2050년까지 80% 감축한다는 목표 수립
- 2050 탄소중립을 위한 '그린성장전략' 발표('20.12)
 - 그린성장전략은 해상풍력, 수소, 자동차 등 14개 중요분야에 대한 목표 및 실행계획을 포함
 - 2050년 예상 발전량의 50~60%를 신재생에너지로 전환하고, 화력발전에 암모니아 연료 비중을 20%로 확대하며, 수소를 발전·제철·자동차 연료로 활용해 수소 소비량을 50년까지 2,000만 톤으로 확대
 - 2035년까지 모든 판매용 승용차를 전동화, 이차전지 공급망 구축, 디지털화를 통한 에너지 수요 고효율화 및 데이터센터 에너지 감축 등으로 2040년까지 정보통신산업 탄소중립 실현
 - 2030년까지 신축 주택의 이산화탄소 배출량을 평균 제로로 낮추고, 바이오매스의 활용을 확대하는 등 방안을 제시

표 2-8. 일본의 그린성장전략 14대분야 주요 내용 (한국무역협회, 2021)

구분	분야	주요 내용
전력 · 에너지	해상풍력	<ul style="list-style-type: none"> • '40년까지 생산능력 4,500만KW(원전 45기분)로 확대 • 기술심사 기간 단축 및 효율적 송전방식 도입
	암모니아	<ul style="list-style-type: none"> • '30년까지 암모니아 화력발전을 20%로 확대
	수소	<ul style="list-style-type: none"> • '50년까지 수소 소비량을 2,000만톤으로 확대
	원자력	<ul style="list-style-type: none"> • 신형 원자로 기술개발 및 국제협력 강화
수송 · 제조	자동차	<ul style="list-style-type: none"> • '35년까지 모든 신차의 전동화 • '30년까지 이차전지를 kWh당 1만엔 이하로 인하
	반도체	<ul style="list-style-type: none"> • '30년까지 파워반도체 소비전력 50% 감축
	선박	<ul style="list-style-type: none"> • '50년까지 수소 등 대체연료 전환
	물류	<ul style="list-style-type: none"> • 항만 등의 탈탄소화 추진
	농림수산	<ul style="list-style-type: none"> • '50년까지 농림수산업 이산화탄소 배출 제로
	항공	<ul style="list-style-type: none"> • 전동화 및 대체연료 기술 개발
가정 · 오피스	카본 재활용	<ul style="list-style-type: none"> • 효율성 증대 및 비용 절감
	주택	<ul style="list-style-type: none"> • '30년까지 신축 주택 CO₂ 배출량 평균 제로
	자원순환	<ul style="list-style-type: none"> • 바이오매스(사탕수수, 팜, 해조류 등의 연료화) 활용 확대
	라이프사이클	<ul style="list-style-type: none"> • 지역별 탈탄소 비즈니스 추진

7) 국제기구

- 국제에너지기구(IEA)는 2050년까지 탄소중립 달성을 위한 「2050 탄소중립 로드맵」 제시
 - 태양광·풍력 등 신재생에너지 설비 용량을 확대하고, 탄소포집·저장 등 첨단 기술을 적용하여 수송·난방·산업 등 전 분야에서 화석 연료 대신 전기화(化) 추진 필요
 - 주요 7개국(G7)은 2021년 말부터 해외 석탄화력발전 프로젝트 자금지원을 전면 중단을 발표하였고, '산업탈탄소화제(Industrial Decarbonization Agenda, IDA)'를 출범시킴
 - 주요국은 탄소중립을 선언하고 지속적인 에너지 소비 감축을 위한 에너지 정책 목표 수립

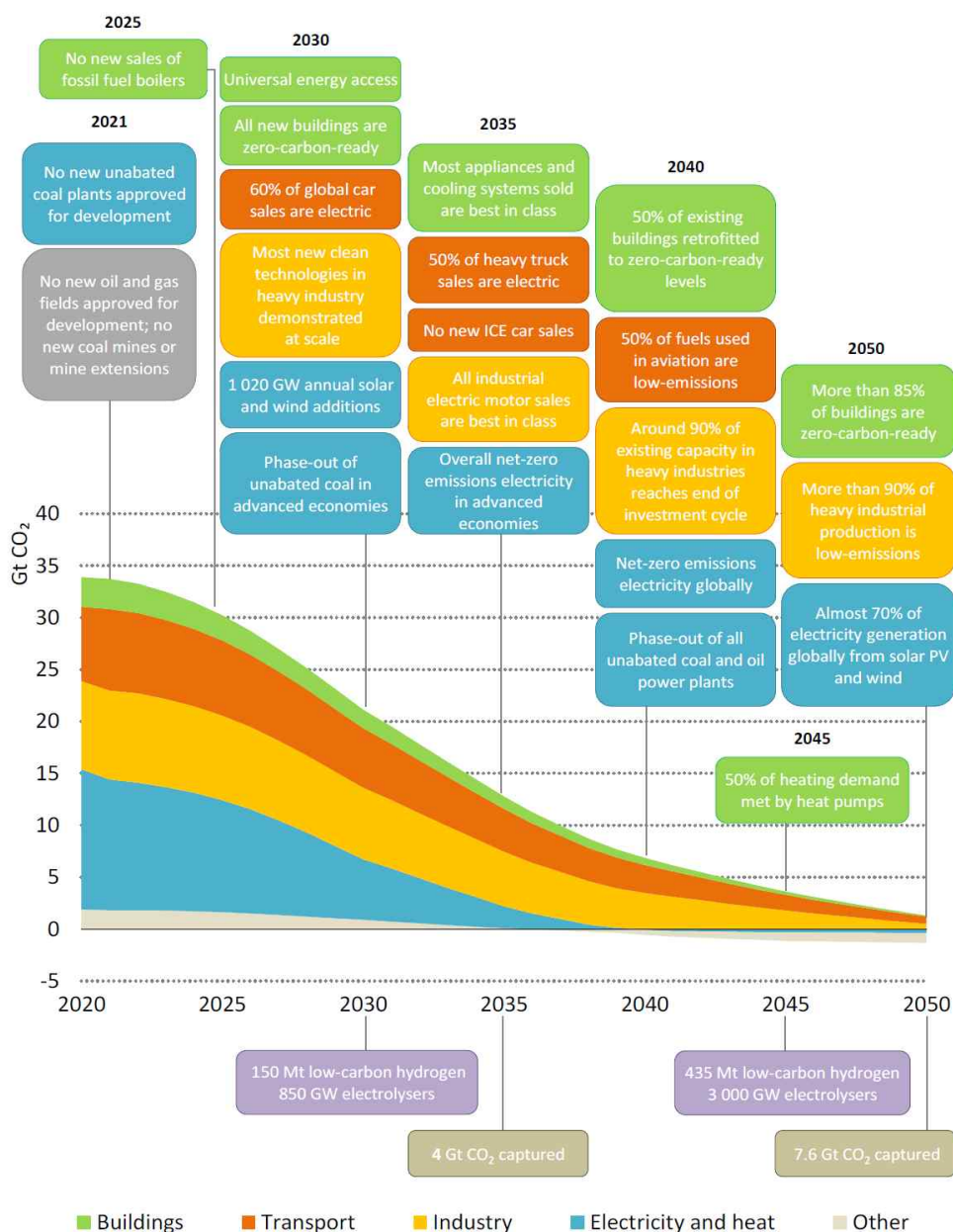


그림 2-8. IEA의 2050 탄소중립 주요 로드맵 (IEA, 2021)

다. 국외 정책동향 분석 소결

1) 첨단기술 등과 융합한 탄소중립 정책 추진

- 국외 탄소중립 추진 방향은 주로 신재생에너지, 에너지효율화, CCUS 등의 에너지 분야에 초점이 맞추어져 있으며, 첨단기술과 융합한 산업영역의 디지털 전환과 함께 추진이 전반적으로 요구
- 이를 위한 매우 도전적인 투자 계획 발표 및 민간 참여 촉진 정책 추진

2) 탄소중립정책 수립과 법제화를 통해 글로벌 리더십 표명

- 미국은 “기후변화대응”을 주요 국정과제로 설정하고, 파리협정 재가입(‘21.2월)·2050년 탄소중립 목표 제시(‘21.1월)·기후정상회의 개최 추진(‘22.4월) 등 다양한 정책 추진
- 일본은 경제산업성(經濟産業省) 중심의 관계부처 합동계획 『2050년 탄소중립에 따른 녹색성장 전략』을 수립
- 독일은 2030년 기후 패키지(German government coalition’s 2030 climate package)의 일환으로 「기후 행동 프로그램」을 수립하고, 「기후보호법」 제정
- 영국은 2008년 세계 최초의 기후변화 관련법인 「기후변화법」을 제정하고, “2050년 탄소중립 목표”로 상향 조정된 「기후변화법」 개정안을 통과(‘19.06.27)시켜, G7 국가 중 최초로 2050 탄소중립 목표를 법제화

표 2-9. 주요국 탄소중립 정책

국가	핵심사항
미국	<ul style="list-style-type: none"> • 바이든 대통령은 2035 전력부문 탄소중립을 포함한 2050년 탄소중립 목표에 대한 행정명령 서명 • 파리기후협약 재가입 및 기후정상회의 추진 등 글로벌 기후리더십 회복 및 국제협력 의지 표명
일본	<ul style="list-style-type: none"> • 2020년 스가 총리의 첫 임시 국회연설에서 탄소중립 선언 • 「2050년 탄소중립에 따른 녹색성장 전략」을 통해 14개 핵심분야 선정
독일	<ul style="list-style-type: none"> • 2030년까지 1990년 대비 최소 40% 이상 감축 및 2050년 탄소중립 달성 목표 제시 및 법제화 • 「기후보호프로그램 2030」 수립(‘19.9월)
영국	<ul style="list-style-type: none"> • 「기후변화법(Climate Change Act)」개정하여 G7 국가 중 최초로 2050 탄소중립 목표를 법제화 • 「녹색산업혁신에 대한 10대 중점계획」 수립(‘20.11월)

3. 정책동향 종합

- 탄소중립정책 수립과 법제화를 통해 글로벌 리더십 표명
 - 미국은 “기후변화대응”을 주요 국정과제로 설정하고, 파리협정 재가입(‘21.2월)·2050년 탄소중립 목표 제시(‘21.1월)·기후정상회의 개최 추진(‘22.4월) 등 다양한 정책 추진
 - 일본은 경제산업성(經濟産業省) 중심의 관계부처 합동계획 『2050년 탄소중립에 따른 녹색성장 전략』을 수립
 - 독일은 2030년 기후 패키지(German government coalition’s 2030 climate package)의 일환으로 「기후 행동 프로그램」을 수립하고, 「기후보호법」 제정
 - 영국은 2008년 세계 최초의 기후변화 관련법인 「기후변화법」을 제정하고, “2050년 탄소중립 목표”로 상향 조정한 「기후변화법」 개정안을 통과(‘19.06.27)시켜, G7 국가 중 최초로 2050 탄소중립 목표를 법제화

- 「2050 탄소중립 추진전략」 선언 이후 과기부 및 타 부처를 중심으로 다양한 정책 추진
 - 「2050 탄소중립 추진전략」에는 '21년 말까지 총 31개의 주요 정책 추진계획 명시되어 있으며, 환경부가 7개 정책을 추진하고, 과기부, 금융위, 산업부가 각각 4개의 정책 수립
 - 환경부 주로 기후 적응, 유망기술 상용화, 지자체 협업, 국민 인식 제고 등 유관 정책 추진 예정
 - 과기정통부는 과학기술 연구개발 및 투자전략 유관 정책 추진 예정
 - 금융위는 녹색금융, 산업부는 기업 지원 관련 정책을 각각 추진 예정

- R&D 거버넌스 개편, 금융·세제 혜택 등 탄소중립 사회 전환을 위한 기반 강화 필요
 - 최근 발표되는 다양한 탄소중립 정책에는 기반 강화 또는 체계 개편에 대한 내용 포함
 - 「2050 탄소중립 추진전략(‘20.12)」에서는 “탄소중립 제도적 기반 강화” 방향성을 제시하고, 재정 제도 개선, 녹색금융 활성화, R&D 확충 등의 전략을 포함하고 있고, 「탄소중립 기술혁신 추진전략(안)(‘21.03)」에서는 신산업 창출, 민간 주도 전환, R&D 기반 강화 방안들을 제시
 - 다수의 정책에서 공통적으로 제시되는 부분은 R&D 이행을 위한 체계를 강화하고, 민간 참여를 확대시키고, 금융 및 세금 지원을 강화하는 것

- 한국의 탄소중립 정책 간 일관성·중복성·연계성 고려 필요
 - 현재 국가적으로 다양한 탄소중립 정책이 수립되고 있으며, 각 정책간 연계성 확보 필요
 - 기후위기 대응은 현재 국가적인 아젠다이고, 단기적인 핵심 전략과 함께 장기적인 관점의 기술개발 및 투자 전략이 동반되어야 할 것으로 판단되고, 이를 위한 국가 컨트롤타워 필요

제2절 국내외 시장현황 및 전망

1. 국내외 시장분석 범위 및 방법

- 「2050 탄소중립도시 시범모델 구축사업 기획」에 관한 시장분석을 위해 향후 탄소중립도시 구축에 필요한 관련 기술들에 대해 시장 현황을 조사
- 국내시장은 전국에서 발주된 국토·도시계획 전문분야 관련 수주 규모를 조사함
 - 국내 탄소중립도시 관련 시장은 특정 짓기 어려워 ‘도시계획 전문분야’의 수주시장으로 대체

2. 국내 시장동향

- 최근 6년간 국내 도시계획 전문분야 수주건수는 2.57%, 수주금액은 6.37% 성장하여 국내에서 약 7,531억원의 시장규모를 가지고 있음

표 2-10. 최근 6년간 도시계획 전문분야 수주건수 및 규모(국내)

구 분	도시계획 전문분야	
	건수(건)	금액(백만원)
2020	3,082	753,164
2019	3,150	636,918
2018	2,843	588,983
2017	2,802	571,738
2016	2,651	529,796
2015	2,715	553,109
연평균 증가율	2.57%	6.37%

출처: 2022년 엔지니어링 통계편람, 산업통상자원부·한국엔지니어링협회, 2022.1

- 최근 6년간 해외 도시계획 전문분야 수주건수는 -30.12% 감소하였으나, 수주금액은 5.30% 성장하여 6년간 평균 113억원의 시장규모를 가지고 있음

표 2-11. 최근 6년간 도시계획 전문분야 수주건수 및 규모(해외)

구 분	도시계획 전문분야	
	건수(건)	금액(백만원)
2020	2	5,322
2019	8	16,106
2018	4	2,659
2017	8	16,718
2016	11	22,385
2015	12	4,111
연평균 증가율	-30.12%	5.30%

출처: 2022년 엔지니어링 통계편람, 산업통상자원부·한국엔지니어링협회, 2022.1

3. 국내 탄소중립도시 관련 시장현황 및 전망

- 국내 탄소중립도시의 시장을 특정 지을 수 없어 탄소중립도시 구축 시 필요한 기술과 인프라 등 관련 시장의 현황을 조사

가. 건설 및 설계 소프트웨어 시장현황 및 전망

- 국내 건설 및 설계 소프트웨어 시장은 '21년 1,733억 원 규모로 관련 업체로의 소프트웨어 보급 확산, 산업전반의 디지털 전환 등에 기인해 '26년까지 성장할 전망
- 국내 건설 및 설계 소프트웨어 시장은 국내 건설 및 설계 소프트웨어 시장은 '00년 본격적으로 개화된 이후, 지속적으로 성장, 시장규모는 '21년 1,733억 원에서 '26년 2,049억 원으로 확대될 전망
- 국내 건설 및 설계 소프트웨어 시장의 성장은 관련 업체의 소프트웨어 보급 확산, 건설산업 전반의 디지털 전환 진행 등이 주요한 동인



그림 2-9. 국내 건설 및 설계 소프트웨어 시장현황 및 전망 (Statista, 2021)

나. 제로에너지빌딩 시장현황 및 전망

- 국내 제로에너지빌딩 시장규모는 '17년 1조 1,040억 원이며, '22년에는 6조 1,500억 원의 시장규모를 형성할 것으로 전망
- 온실가스 저감을 위한 에너지효율 확대 정책기조, 신재생에너지원 확대 등의 요인으로 인해 시장규모가 지속적으로 증가할 것으로 전망
- 신재생에너지 및 신규 건축물 적용 확대에 대한 정책적 확대와 더불어 지속적인 성장 예상
- 국내 제로에너지빌딩 시장은 '14년 4,010억 원에서 연평균 40.15% 성장하여 '17년 1조 1,040억 원 규모이며, 이후 연평균 40.82% 성장하여 '22년에는 6조 1,500억 원의 시장규모를 형성할 것으로 전망

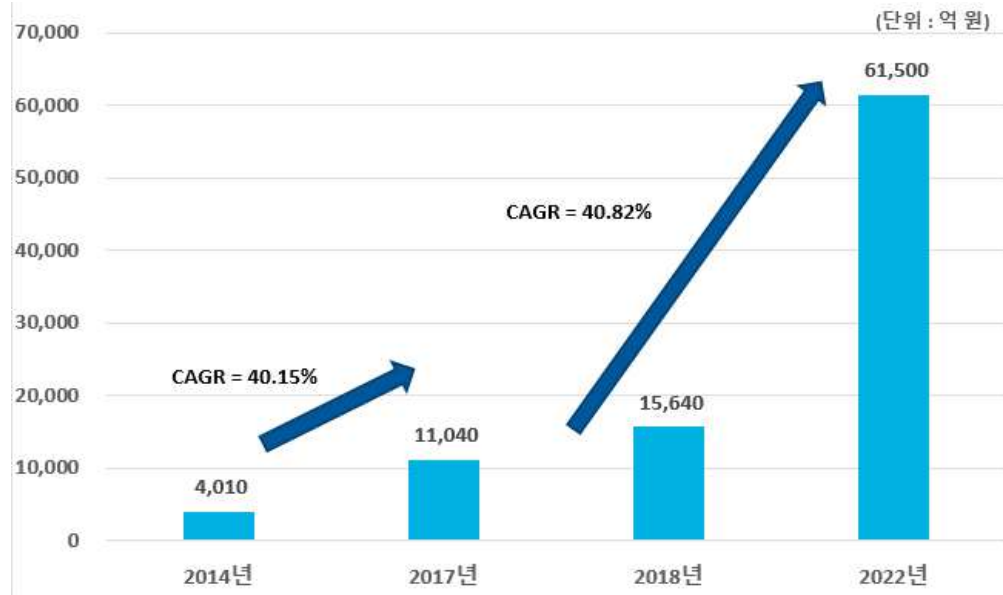


그림 2-10. 국내 제로에너지빌딩 시장규모 및 전망
(Zero Energy Building Market, 2018 재작성)

- 국내 제로에너지 빌딩 시장의 성장에 따라 건축 설비·자재 시장의 규모도 빠르게 확대될 전망
 - 국내 건물에너지관리시스템 시장은 연평균 약 1~2% 성장에 그치는 것으로 분석되었으며, 향후 BEMS 시장 확대 전망에 따라 삼성전자 등 대기업의 참여가 활발해지는 추세
 - 산업통상자원부의 2014년 조사에서 BEMS시장은 2017년 2,184억원 수준으로 전년대비 30% 성장할 것으로 전망됐지만 한국에너지기술평가원은 연평균 약 1~2% 성장에 그치는 것으로 분석
 - 국내는 건물에너지관리에 대한 인식이 낮아 대형건물 위주로 BEMS가 설치되고 있으며, 초기 시장은 전문 중소기업 중심으로 초기시장에 진입

다. 스마트 신재생에너지 관리 시스템

- 정부는 신재생에너지 시장 규모 확대를 위해 2030년까지 111.5조원을 투자할 예정으로 국내 신재생에너지 시장규모는 연평균 24.7%의 성장률을 보이며 급성장할 것으로 전망
 - 정부는 신재생에너지 시장규모 확대를 위해 2030년까지 111.5조원을 투자하고, 신재생에너지의 건물 융복합 예측 및 설계기술, 측정기술, 시공 및 유지·관리 분야 기술 개발이 가속화 될 전망
 - 2020년까지 그린홈 100만호 보급을 목표로 태양광, 태양열, 지열, 소형풍력, 연료전지 등의 신재생에너지설비를 주택에 설치할 경우 설치비의 일부를 정부가 보조 지원함에 따라 신재생에너지 시장의 지속적인 확대 예상
 - 국내 신재생에너지 시장규모는 연평균 성장률 24.7%로 2014년 약 15조원에 이르며, 2018년 약 22조원의 시장 규모로 성장할 것으로 예상
 - 현재 스마트 신재생에너지 시스템 분야의 시장은 선진국의 기술력과 시장 점유율이 높은 분야이며, 국내의 경우 대기업이 자본력과 공급망으로 시장을 선점

라. 고효율 건물외피시스템 등 자재

- 창호에너지효율등급제, 제로에너지건축물 의무화, 건축물의 에너지 절약 설계기준 개정 등에 따라 국내 고효율 건물외피 시스템 시장 규모는 증가하는 추세일 것으로 예상
 - 미래에셋증권은 국내 건축자재 시장은 인테리어 및 노후주택 리모델링 수요 급증에 따라 2015년 26조원 규모에 달하고 2017년까지 연평균 성장률(CAGR)은 18.7%에 이를 것으로 예측
 - 국내 기능성 유리 시장규모는 2012년 약 3,000억 원이며, 2012년 7월부터 시행중인 창호 에너지효율등급제와 '녹색건축물 조성 지원법', 2025년 제로에너지건축물 의무화로 인해 창호 시장규모는 더욱 증가 예상
 - 2015년 5월 개정된 건축물의 에너지 절약 설계기준 중 3,000㎡ 이상의 공공 건축물 중 업무시설 및 교육·연구시설은 창면적 10%에 차양이나 일사조절장치를 의무적으로 설치해야 하는 의무조항으로 인해 향후 일사조절장치로서 외부차양 시장의 활성화 기대
 - 고효율 건축외피 산업은 국가별로 의무화되는 탄소배출저감 목표 달성 및 제로에너지건축물의 구현으로 녹색건축자재 및 에너지 관련 시장규모가 급속도로 증가함에 따라 그 규모가 확대될 것으로 예상되며, 현재는 대기업 중심으로 국내·외 관련 시장 확보를 위한 경쟁 구도 심화
 - 고효율 건축외피 시스템 부문의 국내 중소기업의 기술력을 바탕으로 친환경 건축자재, 고기밀, 고열효율성 벽체시스템, 고성능 창호시스템 개발 및 시공부문을 통한 세계 시장 진출 확대와 추격 요구
- 2016년, 국내 건축용 단열재 수요는 전방산업인 건축경기의 활성화, '건축물 에너지 절약 설계기준' 규제 강화 등으로 전년대비 17% 증가한 78만3700톤임¹³⁾
 - 국내 건설경기는 2013년을 기점으로 건축 착공 및 허가 면적이 증가하기 시작하여 2015년 전년대비 36% 증가
 - 에너지절약 설계기준 강화로 외벽 단열재 두께의 요구수준이 높아지면서 자연스럽게 단열재 수요량이 증가

마. 지능형 교통시스템 시장현황 및 전망

- 국내 도로용 지능형 교통시스템(ITS) 시장은 '20년 6억 1,600만 달러에서 연평균 18.8%로 성장하여, '25년에는 14억 1,600만 달러에 이를 것으로 전망
 - 공공 안전에 대한 우려 증가, 효과적인 교통 관리를 위한 정부의 이니셔티브 증가 등의 이유로 ITS 시장이 지속적으로 성장하는 것으로 분석¹⁴⁾

13) 화학경제연구원, 2017, 건축자재시장분석 및 전망

14) 지능형 교통시스템 시장동향 보고서(연구개발특구진흥재단, INNOPOLIS, 2021.05)

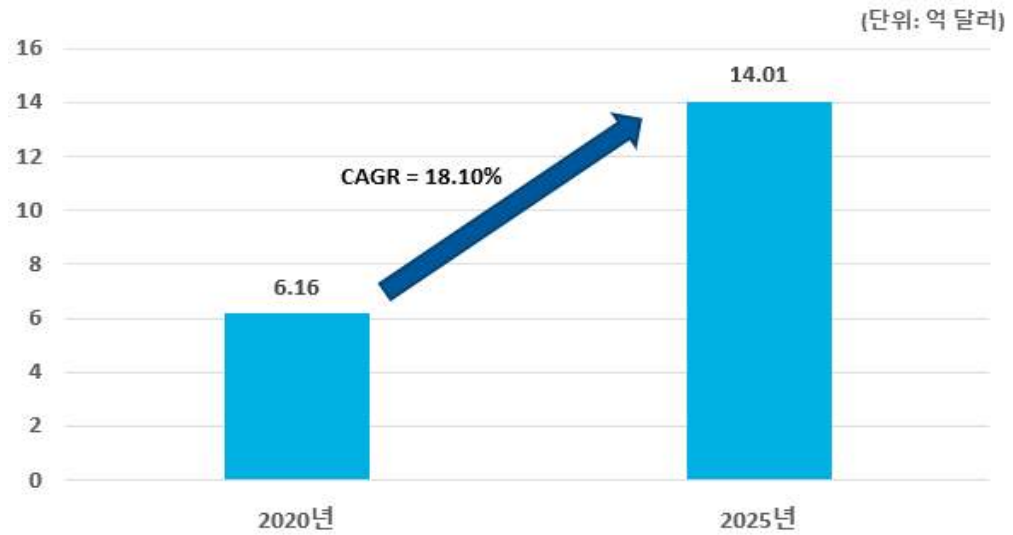


그림 2-11. 국내 도로용 지능형 교통시스템(ITS) 시장규모 및 전망
(Intelligent Transportation System Market, 2020 재작성)

4. 국내 시장현황 및 전망 소결

- 국내 탄소 시장 규모
 - 현재까지의 온실가스 감축정책 추세가 미래에도 지속된다는 가정 하에서 '20년 국가 온실가스 배출전망 결과는 776.1백만톤 CO₂
 - 국내 탄소 거래시장 현황은 2015년 1만 1,184원/톤에서 2018년 2만 2,229원/톤까지 성장하고, 거래량은 2015년 124만톤에서 2018년 1,700만톤까지 성장하였으며, 이를 금액으로 환산하면 378.9억 규모에 해당함
- 도시의 탄소감축을 통한 신기후산업 창출 가능
 - 세계적으로 기후변화 대응을 위해 건축, 도시, 인간행태, 환경, 자원, 에너지, 교통 등 다양한 분야를 아우르는 통합적 도시 관점에서의 접근 요구
 - 도시계획, 도시설계, 건축계획 외에 교통계획, 에너지, 자원순환, 기후 및 환경, ICT, 통계, 시뮬레이션 등의 다양한 기술들의 융복합을 통해 도출되는 탄소 감축 성과의 국내외 확산, 기술 이전, 실증을 통한 검증, 해외 수출 및 현지 적정 기술화 가능
 - 확보된 기술을 배출권 거래제와 연계하여 온실가스 감축수단으로 확산할 수 있으며 2030년 까지 연간 2,500만 톤의 온실가스 감축과 16조 3천억원의 경제적 가치 창출 예상
- 한국판 뉴딜의 '그린뉴딜' 방안으로 경제기반을 저탄소·친환경으로 전환하기 위한 사업추진
 - 탄소중립(net-zero)을 지향하고 경제기반을 저탄소·친환경으로 전환하기 위한 사업으로 '25년까지 총 73.4조 원을 투입할 계획
 - 탄소중립의 글로벌 의제화 및 제로에너지 의무화 등으로 관련 시장은 꾸준히 증가할 것으로 예상되며, 국내에서는 분산에너지 발전, 산업, 건물 등 종합적인 탄소중립 인프라 구축을 통하여 경제적 이익 예상

- 분산에너지 등을 통한 발전부문 83.7조원 및 산업·건물 12.3조원 투자 전망, 생산유발 251.5조원, 부가가치 74.5조원, 고용유발 16.7만명 효과 전망 (산업통상자원부, 2021)
- 제로에너지 건물 의무화 확대에 관련 시장 성장
 - 우리나라는 2030년부터 500㎡ 이상 모든 건물을 대상으로 제로 에너지건물화를 목표로 단계적으로 제로에너지건물 의무화 제도 추진
 - 대부분의 선진국들은 2020년부터 Nearly Zero Energy Building 의무화 추진
 - 제로에너지건물은 건물 외벽을 통해 버려지는 에너지를 최소화하기 위한 고단열, 고기밀 외장재 설계 및 양광, 태양열 등의 신재생에너지를 활용하기 위한 고비용 설비 설치 필요
 - 향후 제4차 산업혁명 기술과 융합한 스마트 외장재·설비 기술의 적용 및 확산 가속화를 통해 에너지 효율 혁신과 기후변화 대응 등 관련 시장성장을 촉진하여 지속가능한 성장 동력 확보 필요
 - 세계 제로에너지건물 시장규모는 2035년 약 1조 4,000억 달러 규모에 이를 것으로 예상되며, IEA에 따르면 건물 외장재·설비 융복합기술 등 에너지효율 개선 투자로 탈석탄화, 석유 수요축소 등을 통해서 2050년까지 75% 이상 이산화탄소 직접 배출량을 감소시킬 수 있을 것으로 전망
- 건물부문 적용 신재생에너지원 시장이 다양화
 - 건물일체형태양광(BIPV) 시장은 빠르게 확대되고 있고, 심미성을 갖춘 다양한 BIPV 제품에 대한 개발이 이루어짐
 - 건물 최종에너지 소비에서 냉난방 목적의 소비가 가장 높는데, 태양열, 히트펌프 등 재생열 에너지가 건물 난방 부문에서 차지하는 비중은 여전히 낮은 수준
 - 전력 부문에서 재생에너지 보급 목표를 수립하고 이를 위한 규제나 인센티브를 부여하는 국가는 증가 추세이나 열 부문의 보급 정책은 미흡
 - 재생에너지 시장의 전 세계적 확대에도 불구하고 국내 기업의 경쟁력은 취약한 상황
 - 한국의 태양광 기술력은 세계 최고 수준이나 가격 경쟁력이 취약하고(예) 모듈의 경우 한국 0.29달러/W, 중국 0.29달러/W), 풍력의 경우 소수의 풍력 터빈 기업과 부품 기업으로 형성되어 기술력과 가격 경쟁력이 모두 부족한 상황
 - 이에, 민간주도의 R&D 로드맵 수립('19년) 추진을 통해 '22년까지 태양광은 10% 이상 단가 저감, 풍력은 핵심부품 국산화 및 10 MW급 이상 초대형 및 부유식 터빈 등 차세대 기술 개발 추진 (산업통상자원부, 2019)

5. 국외 시장동향

- 세계 도시계획 서비스 및 소프트웨어 시장은 '21년 1,442억 달러 수준으로 도시화의 지속, 공간의 효율적·친환경적 이용을 위한 주요국 정부의 투자 등에 기인 지속적으로 성장할 전망
- 세계 도시계획 서비스 및 소프트웨어 시장은 '21년 1,442억 달러에서 연평균 4.2%로 성장하여 '28년 1,924억 달러로 성장할 것으로 예상

- 세계 도시인구의 증가는 도시공간의 개발, 효율적 이용, 공공복지 향상, 환경보호, 주거인구의 안전 향상을 위한 주요국 정부의 투자가 지속되고 있으며 이러한 투자는 도시계획 서비스 및 소프트웨어 시장이 성장하는 주요 동인
 - 코로나-19 팬데믹과 함께 도시계획에 대한 주요국 정부의 투자가 위축되었으나, 신종전염병 등 불확실하고 다양한 위험요인을 도시차원에서 예방하기 위한 도시계획의 중요성이 강조됨에 따라 도시계획 및 소프트웨어 시장은 '21년 이후, 성장추세로 전환
- ASEAN 국가의 스마트시티 사업 추진, 유럽의 친환경 도시 사업 확대 등은 도시계획 서비스 및 소프트웨어 시장의 성장을 촉진



그림 2-12. 세계 도시계획 서비스 및 소프트웨어 시장현황 및 전망
(Grand View Research Inc., 2021)

6. 국외 탄소중립도시 관련 시장현황 및 전망

가. 건설 및 설계 소프트웨어 시장현황 및 전망

- 세계 건설 및 설계 소프트웨어 시장은 '21년 93억 달러에서 '26년 120억 달러로 성장 전망



그림 2-13. 세계 건설 및 설계 소프트웨어 시장현황 및 전망
(Statista, 2021)

나. 제로에너지빌딩 시장현황 및 전망

- 세계 제로에너지빌딩 시장규모는 '21년 6,000억 달러(약 717조 6,000억 원)에서 '35년 1조 4,000억 달러(약 1,674조 4,000억 원)로 2배 이상 확대될 것으로 전망
- 미국의 시장분석 전문회사인 내비건트 리서치(Navigant Research)는 기후변화 대응, 에너지안보 강화, '20년 전·후 제로에너지건축 의무화 정책 등에 의해 세계 제로에너지빌딩 시장 규모가 지속적으로 성장할 것으로 전망¹⁵⁾

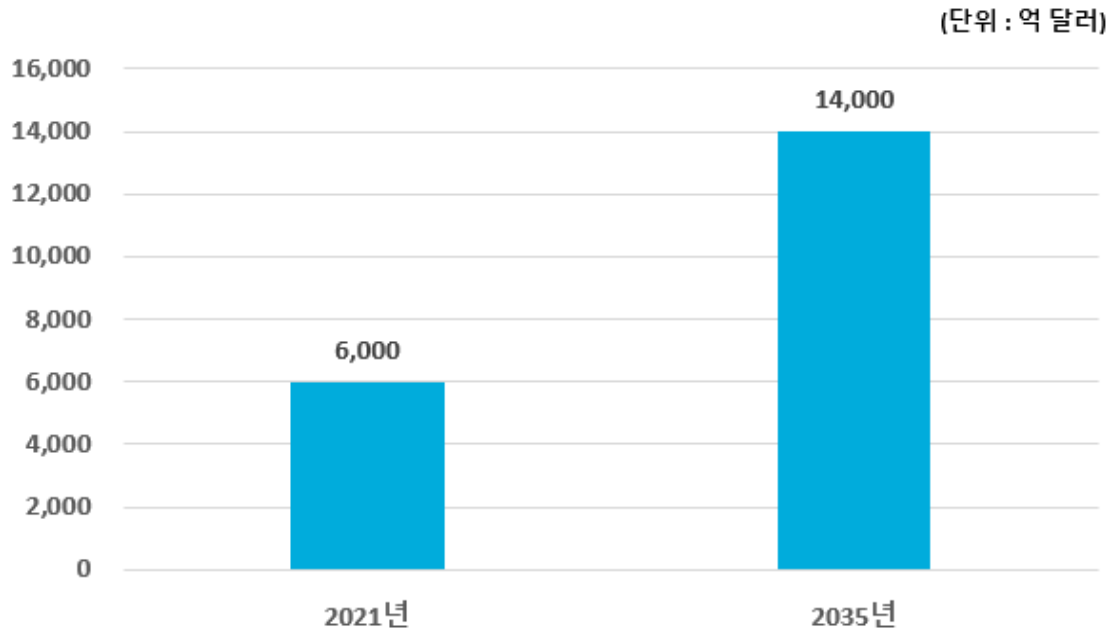


그림 2-14. 세계 제로에너지빌딩 시장규모 및 전망
(Net Zero Energy Building Report, 2021 재작성)

- 세계 제로에너지 빌딩 시장의 성장에 따라 관련 건축 설비·자재 시장의 규모도 빠르게 확대될 전망(연구개발특구진흥재단, 2018)
- 세계 건물에너지관리시스템은 2012년 18억 달러에서 2026년 131억 달러로 성장할 것으로 전망¹⁶⁾
- 제로에너지빌딩에 대한 관심이 높아지는 가운데 건물에너지관리시스템(BEMS)가 건물에너지 관리에 최적화된 기술로 각광
- 세계 HVAC 제어 시장은 2016년 94억 8,000만 달러에서 연평균 성장률 10.8%로 증가하여, 2022년에는 175억 1,000만 달러에 이를 것으로 전망됨¹⁷⁾

15) Net Zero Energy Building Report(Navigant Research, 2021)

16) 연구개발특구진흥재단, 2018, HVAC 제어 시장, marketandmarkets 재인용

17) 연구개발특구진흥재단, 2018, HVAC 제어 시장, marketandmarkets 재인용

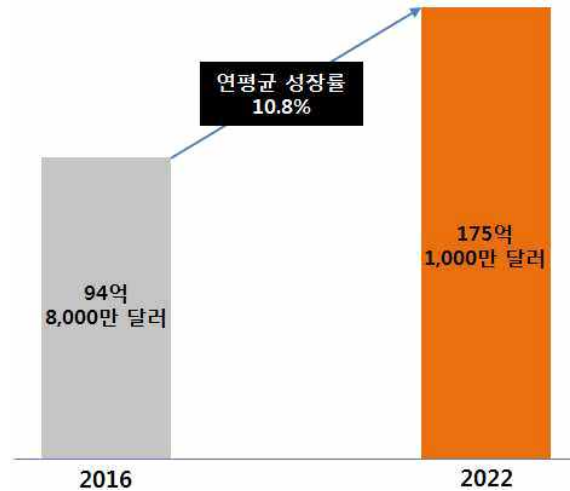


그림 2-15. 세계 HVAC 제어시장 현황 및 전망
(연구개발특구진흥재단, 2018)

- 세계 HVAC 제어 시장은 시스템에 따라 온도제어, 통합제어, 환기제어, 습도제어시스템으로 분류, 2015년 기준 온도제어시스템이 63% 이상으로 가장 높은 점유율차지¹⁸⁾
 - 온도 제어 시스템은 2016년 60억 달러에서 연평균 성장률 10.9%로 증가하여, 2022년에는 111억 5,000만 달러에 이를 것으로 전망
 - 통합 제어 시스템은 2016년 20억 5,000만 달러에서 연평균 성장률 11.5%로 증가하여, 2022년에는 39억 4,000만 달러에 이를 것으로 전망
 - 환기 제어 시스템은 2016년 9억 3,000만 달러에서 연평균 성장률 8.7%로 증가하여, 2022년에는 15억 4,000만 달러에 이를 것으로 전망

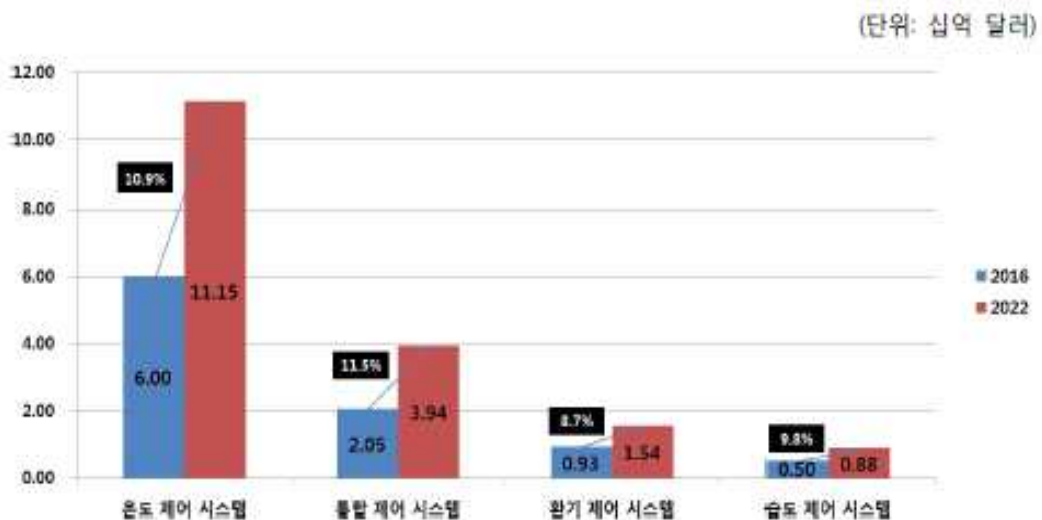


그림 2-16. 세계 HVAC 제어 시장의 시스템별 규모 및 전망
(연구개발특구진흥재단, 2018)

18) 연구개발특구진흥재단, 2018, HVAC 제어 시장, marketandmarkets 재인용

- 세계 HVAC 제어 시장은 수익원에 따라 HVAC 제어와 빌딩 에너지 관리 시스템(BEMS)으로 분류되며, 2015년을 기준으로 HVAC 제어가 80% 이상으로 빌딩 에너지 관리 시스템보다 높은 점유율을 차지¹⁹⁾

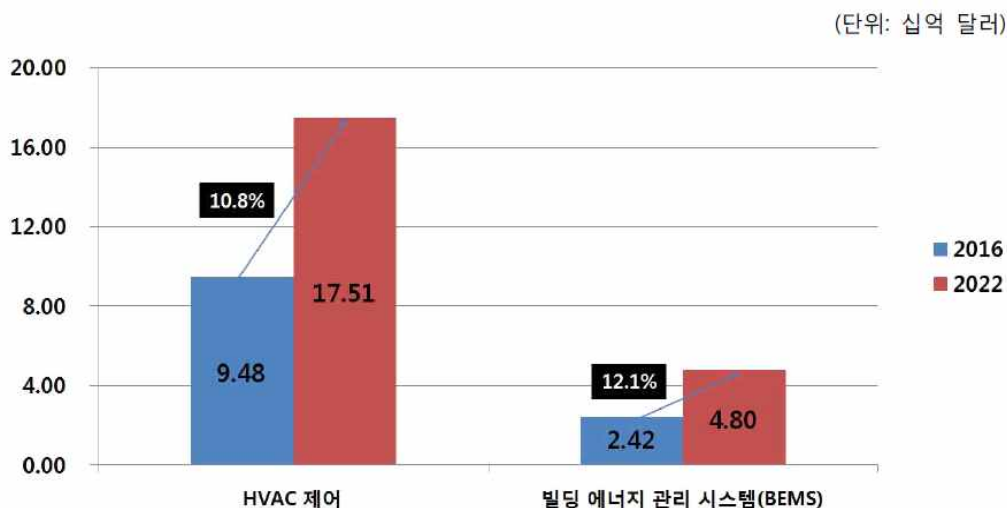


그림 2-17. 세계 HVAC 제어 시장의 HVAC 제어 시장의 수익원별 규모 및 전망
(연구개발특구진흥재단, 2018)

- 세계 HVAC 제어 시장은 용도에 따라 상업용 건물, 주택용 건물, 산업용건물로 분류되며, 2015년을 기준으로 상업용 건물이 47% 이상으로 가장 높은 점유율을 차지²⁰⁾

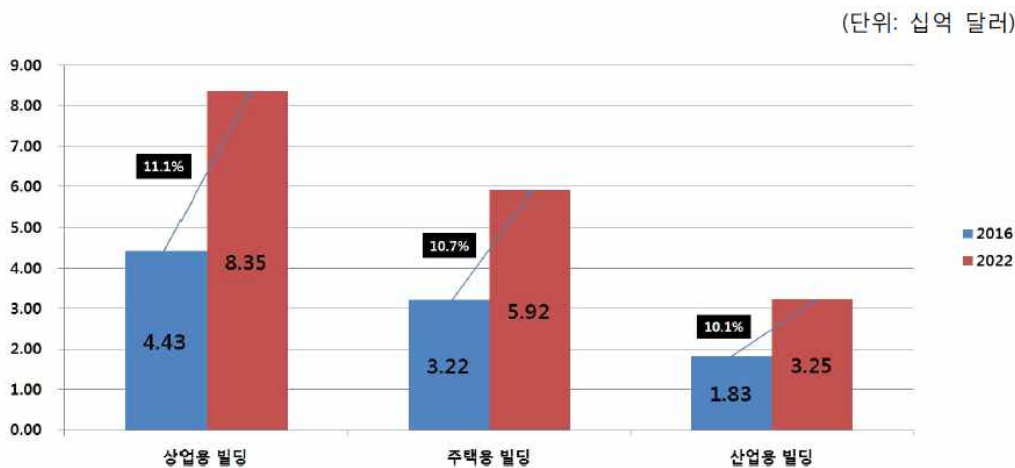


그림 2-18. 세계 HVAC 제어 시장의 HVAC 제어 시장의 용도별 규모 및 전망
(연구개발특구진흥재단, 2018)

- 지능형 검침인프라(AMI), 시장은 2015년 123억 4,000만 달러에서 연평균성장률 9.0%로 증가하여, 2019년에는 176억 달러에 이를 것으로 전망되며 구성요소 중 솔루션 시장의 성장폭이 가장 클것으로 예측됨²¹⁾

19) 연구개발특구진흥재단, 2018, HVAC 제어 시장시장, marketandmarkets 재인용

20) 연구개발특구진흥재단, 2018, HVAC 제어 시장시장, marketandmarkets 재인용

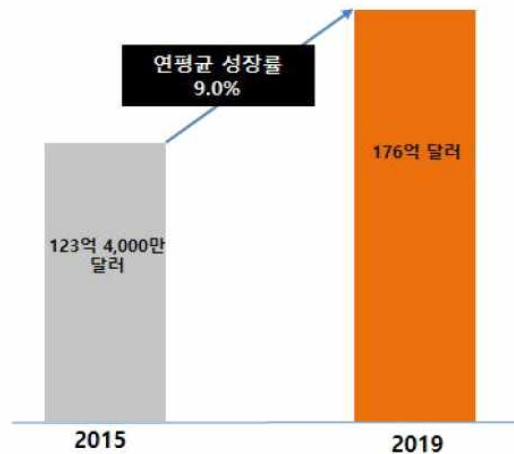


그림 2-19. 지능형 검침 인프라(AMI) 시장
(연구개발특구진흥재단, 2018)

다. 스마트 신재생에너지관리시스템

- 전 세계적으로 스마트 신재생에너지관리시스템의 수요가 지속적으로 확대될 전망이며, 세계 신재생에너지 시장규모는 2014년 3,562억 달러로 연평균 성장률 24.7%로 급성장하고 있는 추세
 - 국내외적으로 에너지 저소비형 건축물 및 신재생에너지를 적용한 에너지자립 건축물에 대한 수요가 증가하고 있으며, 미래의 에너지의 고갈과 기후변화에 대응하기 위하여 건축물에서의 스마트 신재생에너지시스템의 수요가 지속적으로 확대될 전망
 - 세계 신재생에너지 시장규모는 2013년 3,124억 달러, 2014년 3,562억 달러에 이르며, 연평균 성장률 24.7%로 급성장하고 있는 추세

라. 고효율 건물외피시스템 조명 등 자재

- 고효율 건축외피 산업은 국가별로 의무화되는 탄소배출저감 목표 달성 및 제로에너지건축물의 구현으로 규모가 확대될 것으로 예상되며, 세계 녹색 건축자재 시장은 2013년 1,160억 달러에서 2020년 2,540억 달러로 성장할 것으로 예측
 - 고효율 건축외피 시스템은 건축물의 외피를 통한 에너지 손실을 최소화하여 저에너지 건축 및 제로에너지빌딩에 기여하는 시스템 및 관련 부품소재를 의미
 - 정부의 정책과 규제변화, 녹색 건물 인증 프로그램의 확대, 녹색 건축자재의 생산 비용 절감 및 소비자 수요 증가에 따라 세계 녹색 건축자재 시장은 2013년 1,160억 달러에 이르고, 2020년에는 2,540억 달러에 달할 것으로 전망
 - 녹색건물 건축에 대한 정부의 지원, 상업, 사무용 및 주거 건물에 대한 녹색 건축자재 수요 증가로 인하여 세계 녹색 건축시장 성장률은 2014년 12.81%를 기록하였으며, 2019년까지 연평균 성장률(CAGR)은 13.21%에 이를 것으로 예측
 - 세계 창호시장은 연간 7.1%의 성장률로 2017년 2,230억 달러까지 성장할 것으로 예상

21) 연구개발특구진흥재단, 2018, 지능형 검침인프라 시장, marketandmarkets 재인용

- 고효율 건축외피 산업은 국가별로 의무화되는 탄소배출저감 목표 달성 및 제로에너지건축물의 구현으로 녹색건축자재 및 에너지 관련 시장규모가 급속도로 증가함에 따라 그 규모가 확대될 것으로 예상
- 세계 조명 제어 시스템 시장 규모는 2017년 14억 4,600만 달러에서 연평균 성장률 17.82%로 증가하여, 2023년 38억 6,700만 달러에 이를 것으로 전망²²⁾

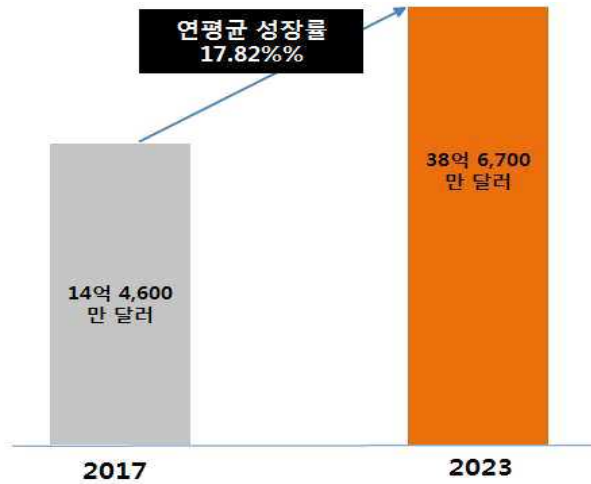


그림 2-20. 세계 조명 제어시스템 시장 규모 및 전망
(연구개발특구진흥재단, 2018)

마. 지능형 교통시스템 시장현황 및 전망

- o 세계 지능형 교통시스템(Intelligent Transport System, ITS) 시장은 '20년 586억 달러에서 연평균 9.54%로 성장하여, '25년 924.3억 달러에 이를 것으로 전망
- 교통 혼잡 증가, 효과적 교통관리의 필요성 증대, 친환경 자동차 기술의 도입 확대 및 전 세계적인 스마트 시티 개발 추세가 ITS 시장 성장에 기여 하는 요인으로 작용²³⁾

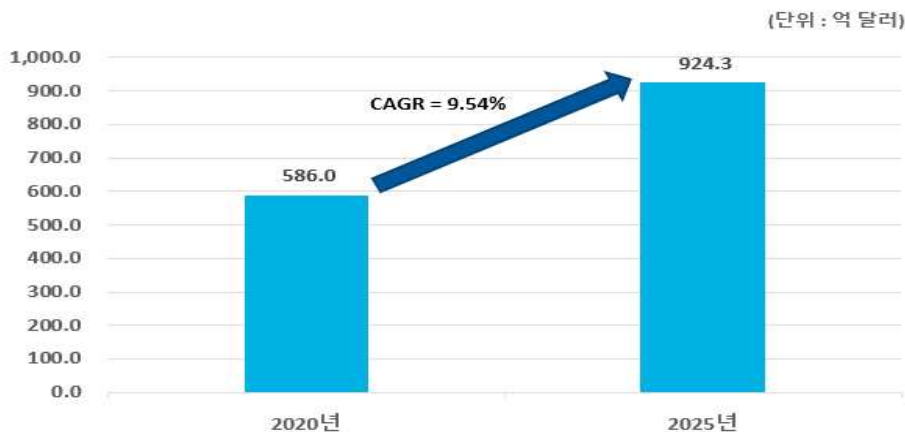


그림 2-21. 세계 지능형 교통시스템(ITS) 시장규모 및 전망
(Global Intelligent Transport System (ITS) Market, 2020 재작성)

22) 연구개발특구진흥재단, 2018, 조명 제어 시스템 시장, marketandmarkets 재인용

23) 지능형 교통시스템 시장동향 보고서(연구개발특구진흥재단, INNOPOLIS, 2021.05)

7. 국외 시장현황 및 전망 소결

- 2050 Carbon Net Zero 실현을 위한 글로벌 투자 증대
 - IRENA(International Renewable Energy Agency)는 2050년 탄소중립 실현을 위해 전 세계적으로 130조 달러의 투자 증가를 전망하였으며 그 중 에너지 효율화가 43조 달러(33%)로 가장 많고, 재생에너지 38조 달러(29%), 전력공급/인프라 투자가 27조 달러(17%)로 성장할 것으로 예상
 - IEA(International Energy Agency)는 에너지 수요 관리를 위한 에너지 효율 향상에 대한 투자 증대를 예측하였으며 에너지 효율 향상을 위한 투자는 건물·수송 분야를 중심으로 지속적 확대되어 '40년에 약 7,700억 달러에 이를 것으로 전망(IEA)
- 탄소중립도시 실현을 위한 도시단위 투자규모 증가
 - 탄소중립 도시에 연간 평균 1조 8천억 달러 규모가 투입될 예정
 - 탄소중립도시 구현에 따른 편익창출 역시 증가하여 2030년에는 2조 8천억 달러, 2050년에는 연간 6조 9천억 달러 편익 창출 가능
- 미국 지속가능 인프라 및 청정에너지 분야 혁신 R&D 투자
 - 바이든 정부는 첫 임기 4년 동안 지속가능한 인프라 및 청정에너지 분야에 2조 달러 투자와 청정에너지 혁신에 대한 연구개발에 연방정부 조달로 4천억 달러 투자 공약
 - '21년 2월 11일 청정에너지 혁신 관련 대선공약에 대한 첫 이행으로써 주요 10대 기후혁신 기술을 선정하고, 미국에너지부(DOE)의 ARPA-E에 1억 달러를 지원하는 행정명령에 서명
 - '21년 3월 29일 해상풍력 '30년 30GW, '50년 110GW까지 확대를 통한 77,000개 직접적 일자리 창출을 목표로 하는 「일자리 창출을 위한 해상풍력 에너지 프로젝트(Offshore Wind Energy Projects to Create Jobs)」 발표
- EU의 유럽 그린딜 정책과 공정전환에 따른 금융투자 지원 증가
 - 2050년 탄소중립 목표 달성을 위한 정책 이니셔티브로 유럽 그린딜 발표와 이를 위한 투자 계획으로 '유럽 그린딜 투자계획(EGDIP: European Green Deal Investment Plan)' 및 '공정 전환 메커니즘(JTM: Just Transition Mechanism)'을 발표
 - EU 예산(EU 재정 투입 규모: 5,030억 유로) 및 그린딜 참여 주체들의 투자를 통해 향후 10년간 약 1조 유로 규모의 재원 조성
 - 공정 전환 메커니즘을 통해 녹색경제로 전환 과정에서 영향을 받는 지역의 노동자 및 주민을 대상으로 지원(21-27년간 1,000억 유로 이상)
- 일본의 공공기금 조성을 통한 신에너지산업 연구개발 투자 확대
 - 탄소중립 선언 후 14개 주요 산업의 연구개발을 위해 향후 10년간 신에너지산업기술종합개발기구(NEDO : New Energy and Industrial Technology Development Organization)에 2조엔 공공기금을 조성
 - 에너지·환경분야의 기술개발 지원하는 국가기관으로서 기초 원천 기술부터 실증단계까지 연구개발 모든 단계를 지원



○ 영국의 신재생에너지 투자 증가

- 영국 정부는 「녹색산업혁신에 대한 10대 중점계획」 중 해상풍력 발전, 수소 등 신재생에너지 관련 지속적인 투자 예정
- 기업과 파트너십을 통해 '30년까지 5GW의 저탄소 수소 생산 능력 확대와 240백만 파운드의 탄소 중립펀드를 포함하여 총 40억 파운드의 민간자본 투입 예정

○ 독일 잉여전력 거래 시장 활성화 예정

- 독일은 플랫폼 기반의 거래를 통한 소비자 편익 증진 및 에너지 효율 제고
- 가정용 태양광과 에너지저장장치(ESS) 결합을 통해 최적 에너지 효율을 제고하고 잉여 전력은 가상계정(SolarCloud)에 적립(E.ON 社)하거나 전력거래 플랫폼(Sonnen Community)을 통해 이웃 간 거래(Sonnen 社)가 가능하도록 하는 전력거래 기술 개발 및 제도화에 집중



그림 2-22. 국제 탄소배출량 거래 현황 (ICAP, 2021)

8. 시장현황 및 전망분석 종합

- (시장 규모 및 수요분야) 국내외에서 탄소중립도시 조성 확산으로 관련 도시계획 용역, SW, 도시 정보화 인프라 시장 등 성장이 기대되며 탄소중립 도시를 구성하는 건축물, 첨단 교통시스템을 구현하기 위한 소재·설비·시스템 시장의 성장 전망
 - 기존의 도시계획 용역, SW는 주요국 정부의 탄소중립도시 구축 확산 노력에 기인해 탄소중립 도시계획 및 탄소중립 도시 계획을 위한 SW 등으로 특화되어 확대될 전망
 - GIS에 기반한 스마트 시티 구축 및 서비스기술이 탄소중립도시 운영을 위한 에너지 공급 및 사용, 탄소배출 모니터링 시스템 수요와 맞물려 발전할 것으로 예상되며 관련 시장의 성장이 촉진될 것으로 기대
 - 탄소중립도시의 구성요소로서 친환경 건물, 첨단교통시스템 시장과 이를 구현하는 자재, 설비, 시스템 시장 성장이 가속화될 전망

- (시장의 한계) 탄소중립도시 구현을 위한 도시계획 용역의 경우, 활용주체가 공공부분에 한정되어 있을 뿐만 아니라 국내 지역 및 지자체별 발전모델, 산업·주거 여건 등이 상이하고 국가별 정보표준에 따라 국가간 교류가 제한될 수 있어 시장 성장 지연 가능
 - 탄소중립도시 계획부문 시장 중, 대부분을 차지하는 도시계획 용역 시장의 경우, 시장 창출을 발주 주체가 국가·지자체 등 공공부분으로 한정
 - 지역의 인구·산업·주거·에너지 공급 여건과 지역별 발전모델에 따라 고유한 탄소중립 도시 모델이 적용되어야 하며 지역별로 탄소중립 달성 시기도 상이하여 일률적 모델 적용을 통한 성장에 한계
 - 탄소중립도시 관련 국제 표준화 미흡 시, 국가 간 기업 및 서비스의 교류를 통한 기술 및 서비스의 고도화, 시장의 확대로 연결되는 선순환 구조 구현 지연 우려

제3절 국내외 기술동향 및 분석

1. 기술동향 분석체계

가. 동향분석 범위 설정

- 탄소중립도시모델 수립을 위한 기술을 법령·정책 시사점을 기반으로 재구성하여 계획수립, 건설/시공, 운영관리, 공간정보, 법제도/확산모델로 구분하여 기술유형별 동향을 조사

표 2-12. 기술구분

기술유형	내용	중분류
계획수립	• 탄소중립도시 계획 및 설계를 위해 필요한 현황분석, 예측기술, 계획 기술	• 탄소배출 예측 및 시뮬레이션 • 탄소중립도시 계획 및 설계
건설/시공	• 탄소중립을 위한 건축, 기반시설(공원, 녹지, 도로) 등 건설/시공 기술	• 구성요소별 에너지 수요 최적화, 설비시공 • 도시 온실가스 흡수·포집·이용 기술
운영관리	• 도시통합, 구성요소별 탄소배출 및 흡수를 운영·관리하는 기술	• 도시 에너지 사용 및 탄소배출 관리 • 통합에너지 사용 및 탄소배출 관리
공간정보	• 국토·도시·지역 대상 탄소중립 관련 공간정보 구축기술	• 국토공간정보 자료구축 • 공간정보 탄소중립 도시계획지원시스템
법제도/확산모델	• 탄소중립을 위한 법제도 및 정책마련, 시범모델 운영관리 기술 및 사례	• 탄소중립 관련 기준 인증, 관련 제도 구축 • 탄소중립 실증모델 구축, 운영 관리

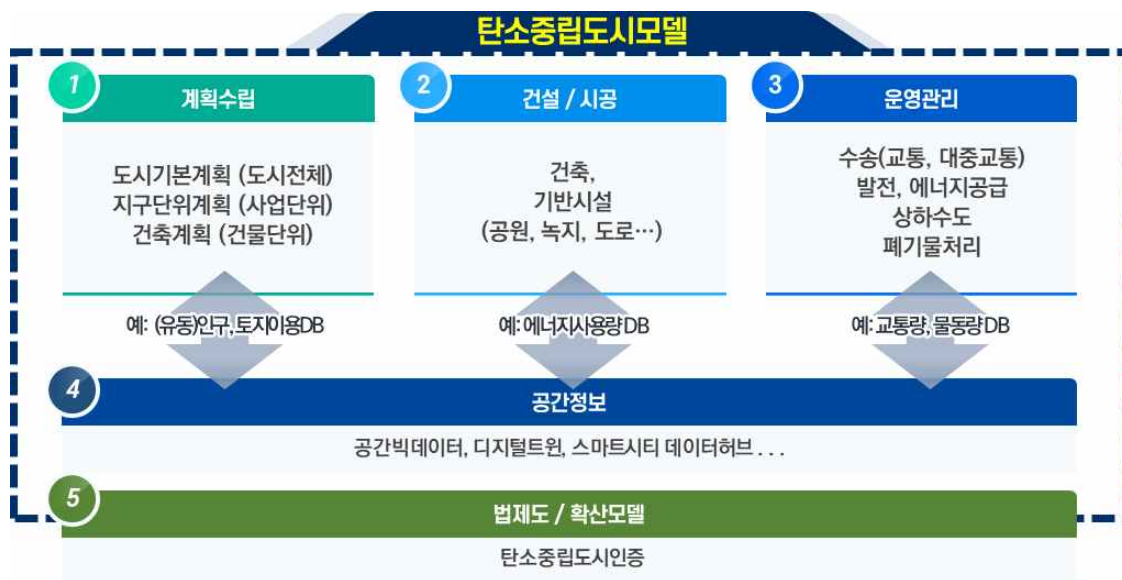


그림 2-23. 탄소중립도시모델 기술 유형

나. 동향분석 결론도출방식

- 각 기술유형별 국내외 기술사례를 나열하고 적용된 요소기술, 핵심기술 개발 국가, 선도국가, 기술적용 분야에 대해서 서술
- 주요 핵심기술에 대해서는 관련 기업을 조사하여 기술 유형별 개발현황을 파악

2. 국내 기술동향

가. 계획수립 기술

○ 국토공간계획지원체계 KOPSS

- KOPSS(Korea Planning Support Systems)는 5개 공간분석모형을 활용한 공간계획지원도구를 제공하며 KOPSS Open API 설계 개발을 통해 KOPSS 응용프로그램과 GIS 엔진 간 데이터 전송 및 기능처리를 위한 체계적인 통신방식을 규정
- 2006년부터 시행한 KOPSS는 국토해양부(現국토교통부)가 구축해온 데이터를 활용하여 GIS기반 공간분석기법 활용 국토정책 및 공간계획 수립 지원 의사결정지원 도구이나, 현재는 서비스가 제공되지 않음

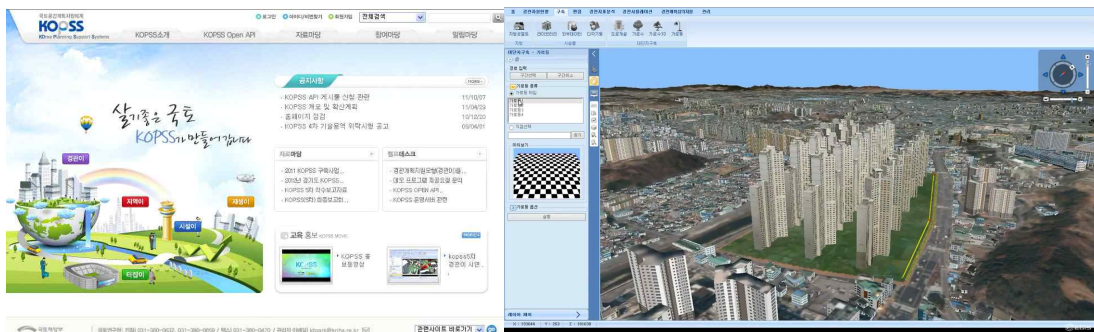


그림 2-24. 국토공간계획지원체계 시스템화면

○ 빅데이터 활용 도시공간 예측기술 시뮬레이션 BUILDIT

- 도시공간 관련 토지면적, 용적률, 건폐율 등 정보와 함께 토지이용변화 예측, 건축 프로젝트 기획설계 및 사업성 검토 서비스 등 플랫폼을 활용하여 시뮬레이션
- 공동주택 용적률, 일조량, 조망권 고려 건물자동배치 및 사업타당성 분석 진행, 도시기획설계, 지형 및 주변환경 고려 건축 기획안 확인가능, 사업성 검토서비스 플랫폼
- 건축설계 초기단계부터 친환경 분석을 위해 공공데이터, 빅데이터, 인공지능을 활용한 예측 기술이며, 분석결과를 토대로 최적의 배치안을 결정할 수 있음

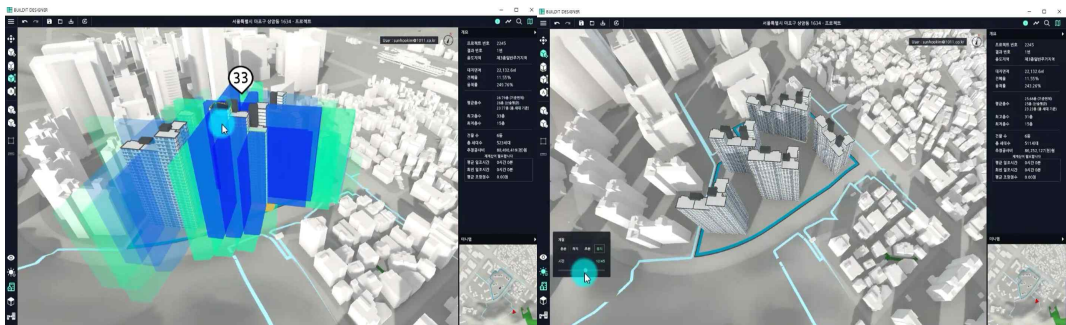


그림 2-25. 텐일레브 인공지능 기반 자동 건축설계 솔루션 BUILDIT
(www.buildit.co.kr/landing)



○ 디지털트윈 플랫폼 LX 벚추얼 전주

- LX 벚추얼 전주는 전주시 효자동 일대 4km×4km를 가상공간에 쌍둥이 도시로 만든 뒤 '디지털 트윈'을 접목, 현실과 동일한 가상환경 구축으로 다양한 모의실험 실시
- 교통시설 배치, 도시 내 공기흐름, 소음, 상하수도 시설 배치 등을 미리 시험해봄으로써 정밀하게 도시문제를 예측·해결할 수 있는 플랫폼 개발
- 디지털 트윈을 기반으로 지역현안인 나무심기 입지선정, 폭염 취약지 분석, 빈집 공간정보 활용 도시정책 수립, 음식물 폐기물 수거체계 개선, 주차문제해결 등 도시문제 해결방안 시스템으로 지자체, 대학, 공공기관 협업으로 지속적으로 개발



그림 2-26. LX 한국국토정보공사 전주시 디지털트윈 구축 사례 (2020 전주시 스마트시티&디지털트윈 컨퍼런스 발표자료)

나. 건설/시공 기술

○ 그린리모델링 기술

- 한국판뉴딜로 지속적으로 추진중인 그린리모델링은 건물부문 온실가스 감축목표달성과 탄소 중립 이행을 위한 정책사업으로 노후된 건축물의 단열, 설비 등 성능을 개선하는 기술
- 그린리모델링 기술요소로 패시브 요소인 고성능 창호, 단열, 기밀, 열교차단장치와 액티브요 소 고효율 냉난방기, LED, 열회수형 환기장치 등이 있음



그림 2-27. 그린리모델링 기술요소 (대한민국 정책브리핑, www.korea.kr/special)

○ 건축물 패시브에너지 기술

- 벽체 단열기술은 설계기준의 지속적 강화로 고성능 단열재 및 열교부위 방지기술 등이 적용된 시스템 개발 중 (진공단열재 적용 외단열 시스템 및 옥상방수 기술 등이 성능 검증 단계)
- 창호 또한 고성능 유리 및 프레임이 결합된 초단열 제품이 개발되었으며, 특히 창호와 차양 등이 결합된 융합기술 제품 등이 개발됨
- BIPV AC가 적용된 외부차양 및 중공층 블라인드 적용 기술 등 냉난방 부하저감 능동형/에너지자립형 차양 및 커튼월/창 융합 기술은 상용화 단계
- 스마트 윈도우로 통칭되는 필름 및 전기 변색기술이 적용된 창호 기술은 주요 나라에서 채택을 위한 법제화를 추진 중에 있으나, 내구성 및 경제성에 대한 추가 기술 개발 필요



그림 2-28. 스마트 윈도우

○ 건축물 액티브에너지 기술

- 고효율 환기 시스템은 ICT 기술을 적용한 자동 환기와 필터 성능향상 등 기술 개발 진행 중이며, 고효율 조명 시스템 기술은 LED와 OLED 조명의 친환경, 고효율, 장수명, 저가화를 위한 기술 개발 진행 중
- 건축물 일체형 태양광발전 시스템(Building Integrated Photovoltaic System: BIPV)과 태양열 시스템이 건설시공 및 관련 기술개발이 진행되고 있으며, 다양한 형태의 모듈, 내구성 강화와 열에너지 이용방안에 대한 기술이 지속적으로 개발되고 있음



그림 2-29. BIPV 기술적용 사례

○ 탄소흡수 그린인프라 기술

- 서울시, 노원구, 사업체, NGO단체가 함께 조성하는 방식으로 증장기적으로 도시숲과 외곽 산림 연결을 강화하여 바람기 확보, 미세먼지 저감, 탄소 저감을 위한 방안으로 도시숲 조성
- 건축물 에너지 냉난방 절감, 녹지공간 확보, 온실가스 저감 등 탄소흡수 효과를 위한 건축물 옥상녹화, 옥상정원, 벽면녹화 기술

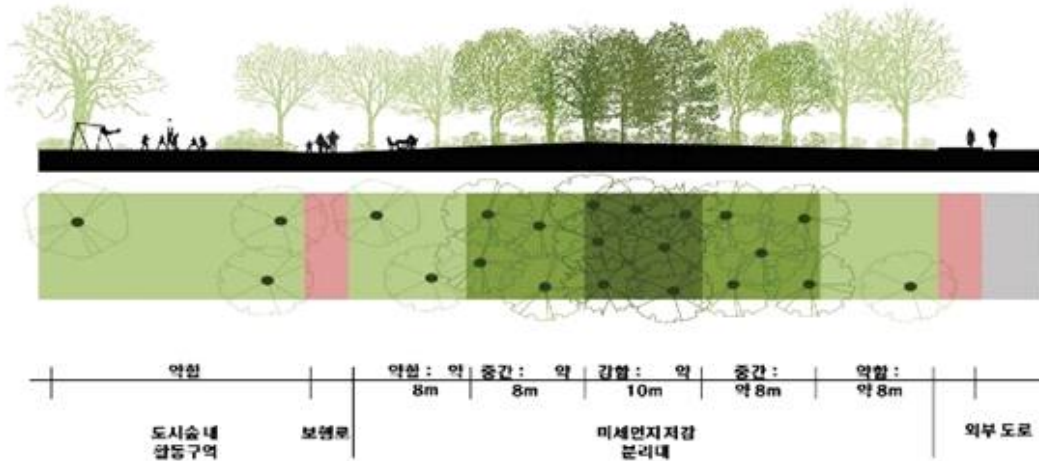


그림 2-30. 서울시 노원구 도시숲 조성 단면도 (news.seoul.go.kr)

다. 운영관리 기술

○ 국가건물에너지통합관리시스템 그린투게더

- 그린투게더는 우리집에너지, 에너지평가서 열람, 녹색 정책·정보, 녹색건축통계를 제공하는 국토교통부 국가건물에너지통합관리시스템
- ‘우리집에너지’ 시스템은 빅데이터를 통해 각 가정의 에너지효율을 조회하고 최근 2년간 에너지(전기, 도시가스, 난방)사용량을 확인할 수 있으며, 건축물 에너지효율 관련 자료인 에너지평가서와 녹색 정책 관련 정보를 열람할 수 있도록 제공함
- 총 건물에너지사용량, 인구 대비 주거 건물에너지사용량, 비주거 건물에너지사용량, 건물에너지 사용량 감축률, 녹색건축비율, 노후공공건축물에너지사용량을 평가지표로 지자체 녹색건축 평가, 건물에너지사용량 통계를 시각화함

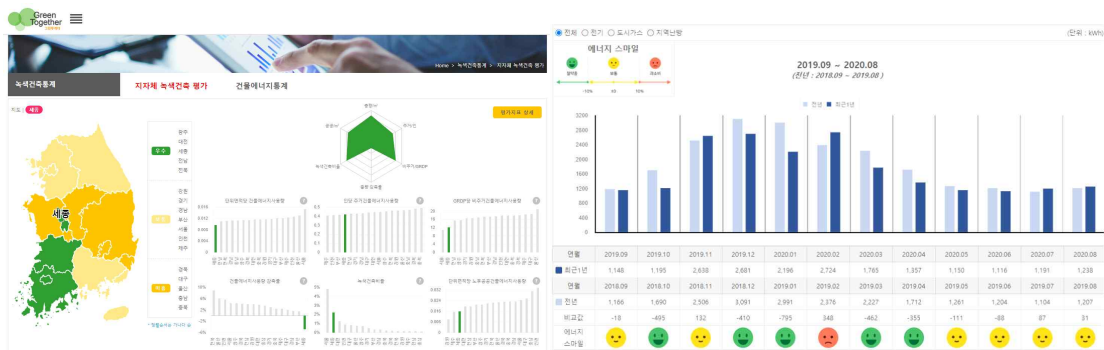


그림 2-31. 그린투게더 지자체 녹색건축평가(좌), 우리집에너지 결과 예시(우)

(www.greentogether.go.kr)

○ 통합제어 및 에너지 관리시스템(EMS) 플랫폼

- 한국에너지공단에서는 건물에너지 서비스 통합플랫폼인 에너지관리시스템(EMS, Energy Management System)으로 에너지 흐름과 사용을 시각화 및 최적화
- 에너지절약계획서, 친환경주택 성능평가, 효율등급인증, 에너지 사용분석 등 건물부문 에너지효율향상을 위해 관련 통계와 자료를 제공하고 총괄적으로 분석
- 에너지 저감형 개별 기술은 상당한 수준이나, 건물 전체 에너지관리 시스템에 연계하여 최적 제어하는 기술의 실용화는 연구 진행 중에 있음
- 보급형 제로에너지빌딩 구현을 위한 통합설계 플랫폼 구축을 통해 시공효율 향상 및 자재·건축비용을 절감



그림 2-32. 건물에너지 서비스 통합 플랫폼 (best.energy.or.kr)

○ 국가온실가스종합관리시스템 NGMS

- 환경부 온실가스종합정보센터(GIR, Greenhouse Gas Inventory and Research Center)에서 운영하고 있는 NGMS(National GHGs Management System)는 공공기관의 온실가스·에너지 목표관리를 위한 에너지 사용량 및 온실가스 배출량 산정 보고 및 감축활동을 위한 시스템
- 온실가스 감축이행계획, 시설별 배출량 감축 실적, 배출량 통계 등을 관리하여 국가 온실가스 인벤토리를 관리하고 공공부문 온실가스·에너지 목표관리를 지원
- 지역별 온실가스 인벤토리 배출량을 관리하고 있으나, 공간단위의 탄소관리가 부족하며 지역 현황 및 특성 반영 한계가 있음



그림 2-33. 국가온실가스종합관리시스템 구성

○ 노원구 제로에너지 행복주택

- 국토부, 서울시, 노원구의 지원과 국가R&D 제로에너지주택 실증단지 연구단 수행으로 국내 최초 공동주택 에너지제로주택 완공(17.09) 및 입주
- 기존 단독 건물에서 시행되던 저에너지건축물 실증에서 공동주택 단지를 대상으로 실증을 구현하였으며, 냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기 등 NZEB(Net Zero Building) 달성
- 국내 패시브 기술·자재를 토대로 건축, 고효율 기계설비, 통합배관, 자동제어, 신재생에너지 설비 등 액티브 요소로 부하를 낮추고 에너지 생산함으로 플러스에너지(Plus Energy) 달성



그림 2-34. 노원 제로에너지 실증단지 및 EZ센터
(www.ezcenter.or.kr)

○ 부산 에코델타 스마트시티(EDC)

- 4차 산업혁명 관련 신기술을 실증·접목하고 현신 산업 생태계 조성 및 미래 스마트시티 선도모델 제시하고자 스마트시티 국가시범도시로 선정(18.01)
- 기후변화 대응 및 지속 가능 성장 핵심기술·서비스 영역에서 제로에너지 기술, 신재생에너지 기술, 지역에너지, 저탄소 기반 지속가능 모빌리티, 에너지 저장장치 ESS 등 기술 고려
- EDC내 스마트빌리지는 국가R&D 저탄소에너지공유연구단의 실증대상지로, 건축물의 저탄소 에너지효율화 기술과 에너지공유 플랫폼 기술, 에너지 공유 구현 실증
- 워터에너지 사이언스 빌리지 약 100세대를 제로에너지 주택단지로 지정하고 패시브 기술과 액티브 기술을 통해 제로에너지 시범주택단지 조성 예정



그림 2-35. 부산 에코델타시티(EDC) 스마트빌리지 및 단독주택
(busan-smartvillage.com)

○ 진천 친환경에너지타운

- 도심지역에 적용 가능한 모델로 72,000㎡ 규모 부지에 태양광, 태양열, 지열, 하수폐열 등 다양한 신재생에너지를 융·복합적으로 활용하여 공공시설에 필요한 에너지 공급하는 미래형 에너지 커뮤니티 구축
- 신재생 전기 및 열에너지 설비를 복합 설치하고 생산 에너지를 공유하는 기술은 신축 건축물 단위에서는 상용화 수준이지만, 도시 단위에서는 실증연구 사례(진천 친환경에너지타운 등)로만 존재(허재혁, 2019)
- 신재생에너지 설비의 융복합 설치를 통해 시너지효과를 기대하고, 단위 지역의 에너지를 자급하여 커뮤니티성격의 집단에너지 타운 구축(17.11 준공) 사례 실현

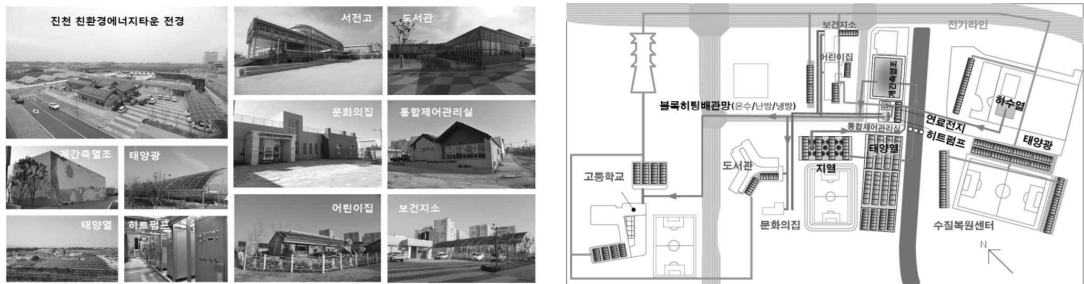
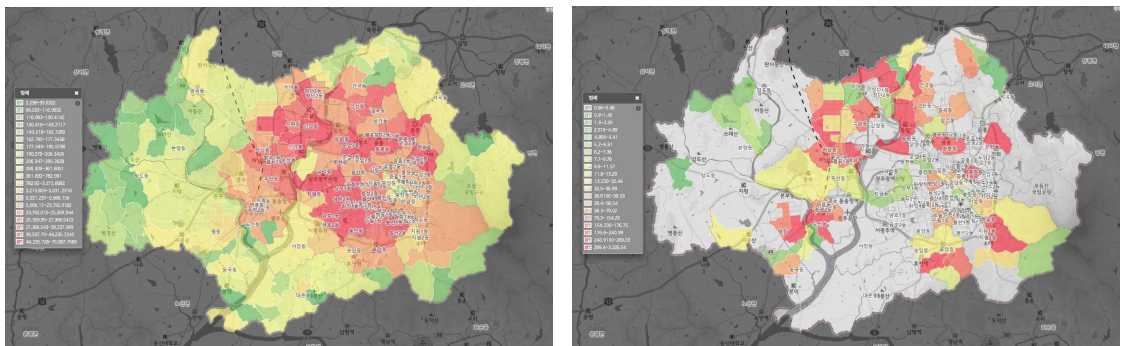


그림 2-36. 진천 친환경에너지타운 전경 및 신재생에너지설비 배치도

라. 공간정보 기술

○ 광주시 우리동네 온실가스 정보센터

- 광주광역시 산하 (재)국제기후환경센터에서 온실가스 인벤토리를 활용하여 관내 온실가스 배출 및 에너지 관련된 다양한 정보를 시각화하여 공개하고 동별, 공동주택 단지별 정보 웹 서비스로 제공
- 국가 온실가스 배출량(에너지, 산업공정, 농업, LULUCF, 폐기물), 광주광역시 에너지 및 비에너지, 구·동 단위 건물부문 온실가스 배출량 및 전망하고 도시온실가스예측·진단(GPD)프로그램과 광주광역시 도시탄소관리시스템(UCMS)를 통해 분석, 검증, 취합한 통계를 바탕으로 분석 결과를 매년 보고서 제공



2019년 주거부문 건축물 온실가스 배출현황

2019년 주거부문 건축물 온실가스 배출량 증가지역

그림 2-37. 광주광역시 우리동네 온실가스 정보센터 (woodong.or.kr)



○ 국토교통부 공간빅데이터 분석플랫폼

- 국토교통부는 공간빅데이터 표준분석모델을 개발해 플랫폼을 공개(21.12.31)하였으며, 이는 공간정보와 각종 데이터를 가공하고 분석하여 다양한 형태로 공간정보 기반의 빅데이터를 제공하는 활용 플랫폼으로 공간, 민간, 행정, 비정형데이터 등을 시각화하여 제공
- 공공시설 입지나 대상지 분석 등 정책 의사결정에 활용, 입지분석, 환경변화예측에 활용될 수 있으며 부동산 데이터분석과 생활 편의시설 위치분석 등 일반시민에게도 정보 제공
- 화재취약지역분석, 버스정류장 사각지역분석 등 교통, 생활, 안전 등 공공행정·정책 업무에 활용도가 높은 주제를 표준분석모델을 우선 개발되고 있으며, 향후 다양한 주제의 주요분석 모델이 제시될 것

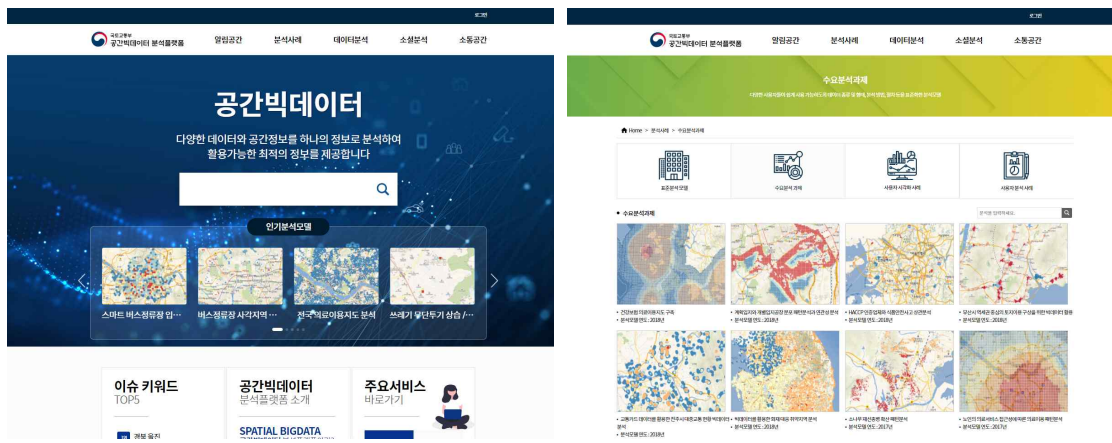


그림 2-38. 공간빅데이터 분석플랫폼 (www.geobigdata.go.kr)

○ 국토지리정보원 국토정보플랫폼

- 수치지도, 항공사진, 정사영상, 기준점 등 국토지리정보원에서 생산하는 공간정보를 제공하고 시각화하는 플랫폼으로 인구, 건물, 토지 등 국토지표를 조사·관리하고 정책자료로 활용할 수 있도록 격자 단위로 통계 제공
- 국토조사를 목적으로 인구와 사회(24개), 토지와 주택(71개), 경제와 일자리(26개), 생활과 복지(15개), 기반시설(17개), 환경과 방재(27개) 6개 분야 180개 지표를 선정하여 관리

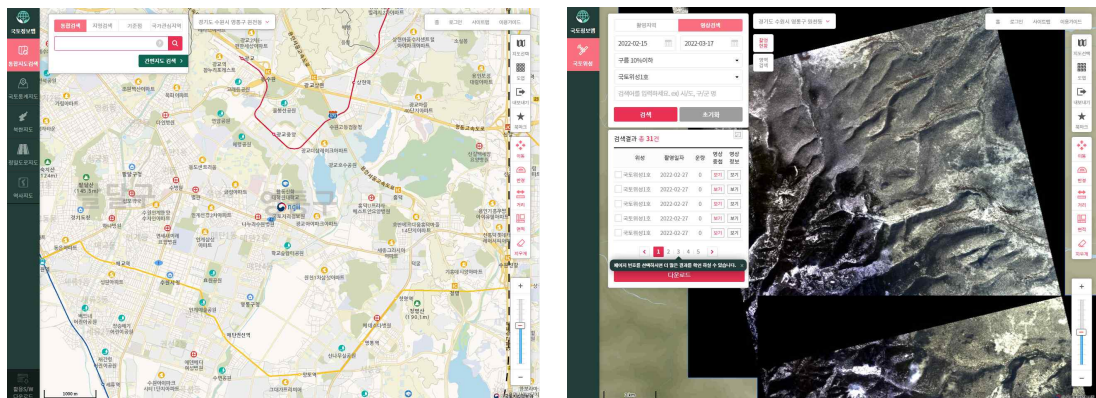


그림 2-39. 국토정보플랫폼 (map.ngii.go.kr)

○ 서울특별시 온실가스 모니터링 시스템

- 서울시는 온실가스 모니터링 시스템을 구축('20)하여 건물단위로 에너지 사용량과 온실가스 배출을 모니터링하여 총 56만여동 건물 온실가스 모니터링이 가능한 GIS기반 시스템 구축
- 한국부동산원 국가건물에너지통합관리시스템 활용하여 필지단위 건물에너지(전력, 가스, 지역난방) 자료를 구축하고 건축물대장과 연계하여 '건물 온실가스 총량제', '제로에너지건물 전환', '건물 에너지효율화사업'에 활용
- 온실가스 집중관리 시스템 기반으로 에너지정보 플랫폼을 구축하여 학술연구, 서비스 개발 등 정보활용



그림 2-40. 서울시 에너지정보 플랫폼 (energyinfo.seoul.go.kr)

○ 서울특별시 스마트서울맵 S-Map

- 복지, 문화, 경제, 교통, 주택, 환경, 시정, 안전 등 도시생활에 필요한 지도와 시민이 참여하는 시민참여지도, 정책지도, 항공사진 등 2D 및 3D지도 제공 서울시 통합지도포털
- 서울시 지형 및 약 60만동의 건물·시설물을 디지털트윈으로 구현하고 일조권, 가시권, 경사도, 스카이라인, 바람길 등 다양한 분석모형 도구 탑재

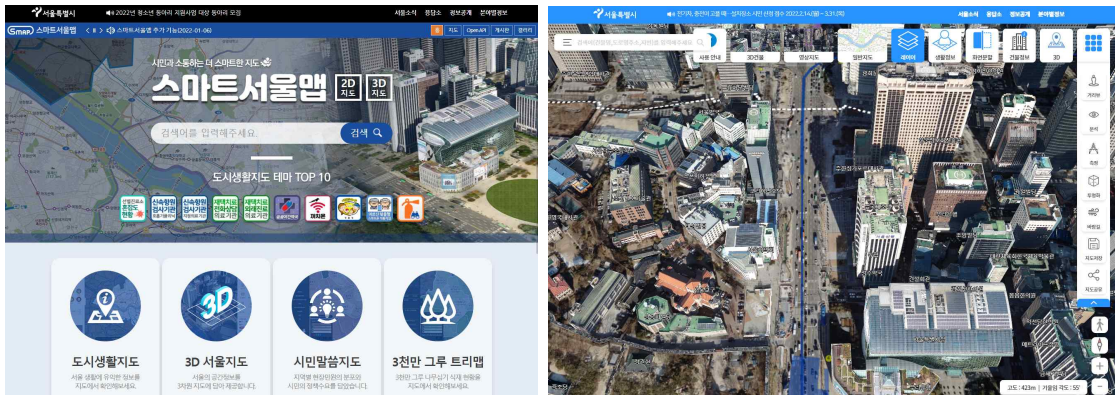


그림 2-41. 서울특별시 스마트서울맵 (map.seoul.go.kr)

마. 제도 및 확산모델 기술

○ 녹색건축인증 G-SEED

- 녹색건축물인증제도는 설계와 시공, 유지·관리 등 전 과정에 걸쳐 에너지 절약 및 환경오염 저감에 기여한 건축물에 대해 친환경 건축물 인증을 부여하는 제도
- 건축물의 입지, 자재선정 및 시공, 유지관리, 폐기 등 건축의 전 생애(Life Cycle)를 대상으로 환경에 영향을 미치는 요소를 평가하여 건축물의 환경성능을 인증
- 관계 법령 「녹색건축물 조성 지원법(국토부 '20.10)」, 「녹색건축 인증에 관한 규칙(환경부, 국토교통부령 '21.04)」, 「녹색건축 인증 기준(환경부, 국토교통부 고시 '21.04)」에 따라 운영
- 현재 공공기관 발주하는 연면적 3,000㎡ 이상 건축물은 인증 의무 대상으로 지정, 신축은 사용승인 또는 사용검사 후 3년 이내 모든 건축물, 기존은 공동주택, 업무용 건축물이 해상
- 녹색건축물인증을 받을 경우 취득세 경감, 용적률 건축물 높이 제한과 같은 건축물 기준 완화, 조달청 입찰참가 자격 사전 심사기준 가산점 혜택을 제공 중

○ 건축물 에너지효율 등급

- 건물의 에너지 소요량 및 이산화탄소 발생량을 포함한 건물의 에너지성능을 평가하여 인증함으로써 에너지 이용 효율 향상을 도모하고자 하는 제도임
- 2001년 공동 주택 대상 인증으로 시작하여, 공공기관 신축 공동주택 인증 취득 의무화, 공공기관 신축 공동주택 2등급 이상 인증 취득 의무화, 업무용 건물 에너지효율등급 인증제도 시행 및 공공기관 청사의 에너지효율 1등급 취득 의무화, 모든건물의 에너지효율등급 인증 제도 시행으로 인증대상과 기준을 확대
- 건물의 설계도서를 통하여 난방, 냉방, 급탕 등 에너지 소요량과 이산화탄소 발생량을 평가하여 에너지성능에 따라 10개 등급(1+++~7등급)으로 인증을 부여함

○ 제로에너지 건축물 인증

- 건축물 에너지효율등급, 에너지자립률, 건물에너지관리시스템을 평가하여 인증하는 제도로 건물의 설계도서를 통하여 단위면적당 1차 에너지 생산과, 1차 에너지 소비량을 평가하여 에너지 자립률에 따라 5개 등급으로 인증을 부여
- 시장형 및 준시장형 공기업 연면적 3,000㎡ 이상 신축 또는 별도 증축(교육연구시설, 업무 시설)은 인증 취득을 의무적으로 이행해야 하며 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지 건축물 인증에 관한 규칙 제2조에 따라 단독주택, 공동주택, 기숙사, 냉방 또는 난방면적 500㎡ 이상인 건축물, 업무시설 등 건축법 시행령 각각의 별표에 따른 용도로 지정



그림 2-44. 친환경인증기술 로고

○ 도시 지리정보 기반 의사결정지원 계획지원시스템(PSS) 기술

- 1990년대 중반 이후부터 도시개발, 도시환경관리 및 보전, 토지이용계획, 교통계획 등 도시 계획 분야에서 컴퓨터 기반에서 계획방법론과 관련 모델, 의사결정지원체계를 결합한 계획 지원시스템(PSS: Planning Support System)이 개발되어 계획업무에 활용되고 있음
- 다양한 계획지원시스템 모델 중 What IF?, TRANUS, UrbanSim 등이 정보 공개의 용이성 등으로 많은 국가에서 비교적 많이 활용되었음
- 2000년대 이후부터 현재까지 도시계획 과정에서 시나리오를 구축하고 시뮬레이션을 통해 의사결정 지원을 위한 최적 대안 제시 기술이 발전해 옴
- 도시환경·에너지 측면에서 도시의 물리적 변화에 따른 온실가스 배출량 평가 도구가 개발되었고, 그중의 하나인 Smart Growth Index는 GIS 스케치 모델 토지이용 및 교통모델을 시나리오 기반으로 분석하는 평가도구임
- Ugrow는 도시 지하수 시스템 모델링툴이며 UrbanSim은 사용자가 최첨단 도시 시뮬레이션, 3D 시각화, 공유 오픈 데이터를 활용해 토지이용, 교통, 경제, 환경 간의 상호작용을 통합하여 도시개발의 계획과 분석 시뮬레이션 할 수 있는 플랫폼임

표 1-13. 계획지원시스템 사례

계획지원시스템	기능	투입 데이터	산출결과
What IF?	<ul style="list-style-type: none"> • 사용자가 정의한 공간 데이터, 성장 규칙, 모수를 토대로 토지이용 할당 대안을 지도로 표출 • 토지이용 적정성 평가, 성장예측, 적합지에 수요할당 과정이 모듈로 통합되어 있음 	<ul style="list-style-type: none"> • 토지이용 • 기반시설계획 • 환경적 특징 • 인구 및 고용예측 • 사용자 정의 개발시나리오 	<ul style="list-style-type: none"> • 개발적합성 및 할당지도 • 분석결과
TRANUS	<ul style="list-style-type: none"> • 전문 계획가를 위해 고안된 통합 토지이용·교통 시스템 • 광범위한 정책에 대응하는 인간 행동을 시뮬레이션하고 개개 입지에서 발생하는 변화와 교통 및 토지이용간 상호작용 예측 	<ul style="list-style-type: none"> • 도로망 • 존별 활동 및 토지이용 	<ul style="list-style-type: none"> • 범주별 활동입지 • 토지소비 • 통행경로 • 교통수요 등
UrbanSim	<ul style="list-style-type: none"> • 도시발전에 영향을 미치는 행위자들의 선택에 따른 토지이용, 교통, 공공정책간 상호작용을 시뮬레이션 • 교통계획 모델과 활동기반 통행 모델을 포함하여 부동산 수요와 공급 분석, 토지지표 뿐 아니라 상수도 수요량, 개발에 따른 환경 영향 분석·예측 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 필지 • 교통존 • 정책 경계선 • 비즈니스 정보 • 인구 센서스 • 교통관련 자료 	<ul style="list-style-type: none"> • 필지 • 그리드셀 • 존별 토지이용 면적과 가격 • 부문별 고용 • 가구 특성

출처: 이희연(2005)

○ 지속가능한 저탄소 유럽도시를 위한 의사결정도구 EUClac

- EU, 영국, 스위스의 국가적 규모에서 발전, 운송, 산업, 농업, 에너지 사용 등 다양한 부문에서 이루어진 기후, 사회, 경제적 결과를 바탕으로 탄소중립을 위한 포괄적인 프레임워크
- EU Horizon2020기구에서 지원('21~'24)하는 기후중립을 위한 조치의 유형, 부문별 전망 등 각 도시에 제공하는 오픈소스로, 10개의 시범도시를 대상으로 기후변화, 탄소중립을 위한 시나리오 개발 및 구현 지원

○ 도시 건물 에너지 수요량 예측모델 CEA(City Energy Analyst)

- 취리히 연방공과대학에서 개발한 도시 건물 에너지 모델링 및 저탄소 고효율 도시 설계를 위한 오픈소스 프로그램
- 도시 내 건물의 기기 및 조명, 건물 외벽 특징, 건물의 공기조화시스템을 반영하고 재생에너지 및 폐열 에너지 자원을 구현해 대상지의 에너지 자원이 어떻게 조성되어 있는 지 구현, 에너지 수요량 측정 및 도시계획 의사결정 지원도구로 활용

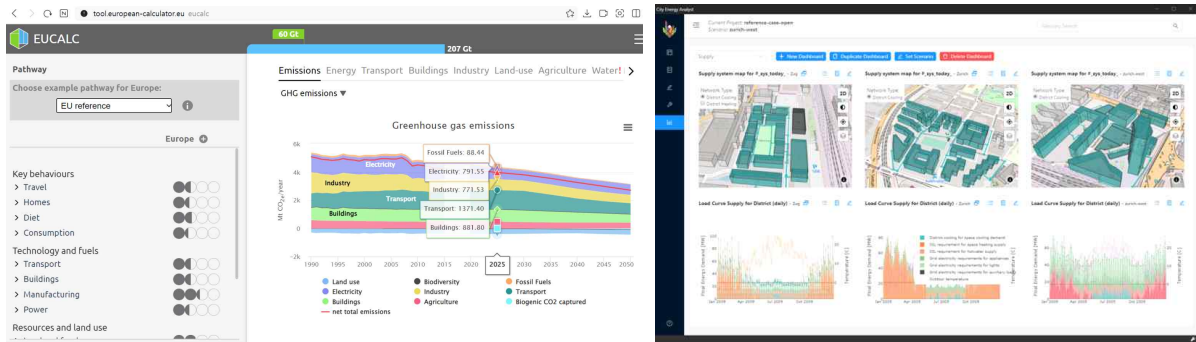


그림 2-47. EUCALC 시스템 구현과 CEA 저탄소 고효율 시나리오 도출
(좌: tool.european-calculator.eu, 우: cityenergyanalyst.com)

○ 인공지능 도시설계 시스템 USS (Urban Structure Synthesizer)

- 코드랩(CoDeLab)에서 개발한 설계기술인 USS는 도시의 건물들과 주변 환경을 구분하여 어떻게 도시가 형성되는지 분석하고 대상지를 설계하는 인공지능 시스템으로, 탄소중립도시 모델개발에 앞서 도시구조 분석, 유형화를 위해 기술 활용가능

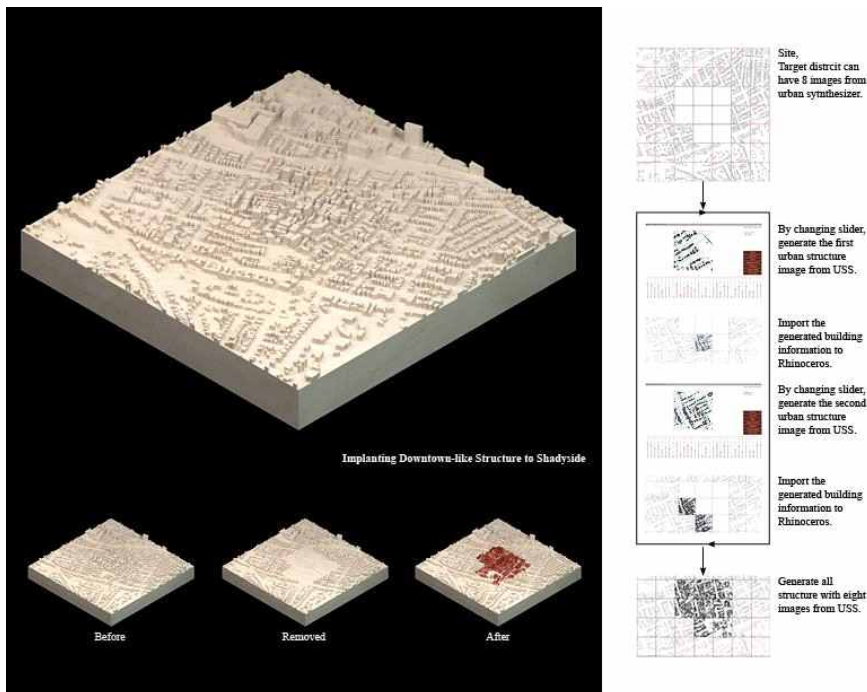
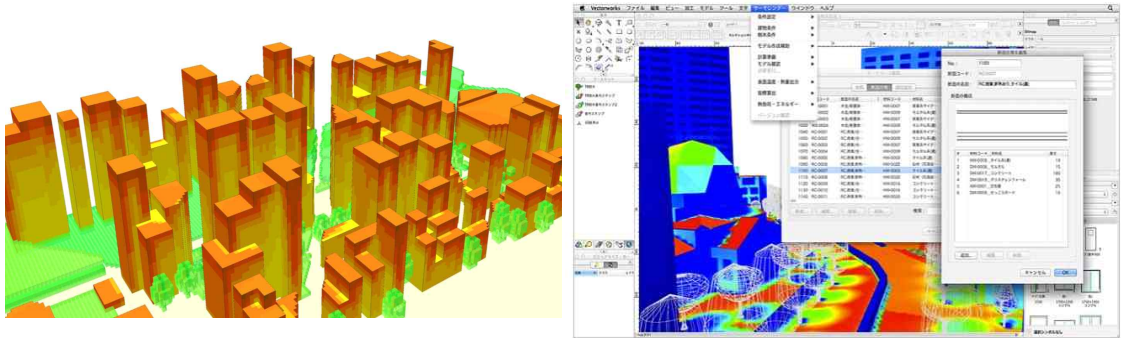


그림 2-48. 인공지능을 통한 도시구조 생성 (Urban Structure Synthesizer, 2021)

○ 도시 열환경 등 미기후 분석 시뮬레이션 기술

- Envi-met은 대표적인 도시 미기후 시뮬레이션 툴로, 도시 미기후와 열적 쾌적성, 도시의 녹색 환경 효과, 개별 건물 및 식물 간의 소규모 상호작용, 대기 오염물질의 분산 등을 분석
- ThermoRender는 도시 표면 온도 분포 계산, 열섬 잠재성의 시각화, 평균복사온도 계산, 건물 에너지 소비 계산, 인공 배기열(건물이나 도시 블록 전체) 계산하는 시뮬레이션 툴임



Envi-met (Envi-met Brochure)

ThermoRender (www.aanda.co.jp)

그림 2-49. 미기후 분석 시뮬레이션

○ 개방형 플랫폼 CityBES

- 미국 로렌스버클리연구소에서 구축한 CityBES는 도시 건축물 에너지 시뮬레이션을 위한 개방형 웹기반 데이터 및 컴퓨팅 플랫폼으로, 지구단위, 도시 규모의 에너지 모델링 및 분석
- CityBES는 에너지 성능평가를 위한 최첨단 시뮬레이션 툴인 EnergyPlus를 사용하여 건물 에너지 사용과 건물 리모델링으로 인한 에너지 절감을 시뮬레이션 가능

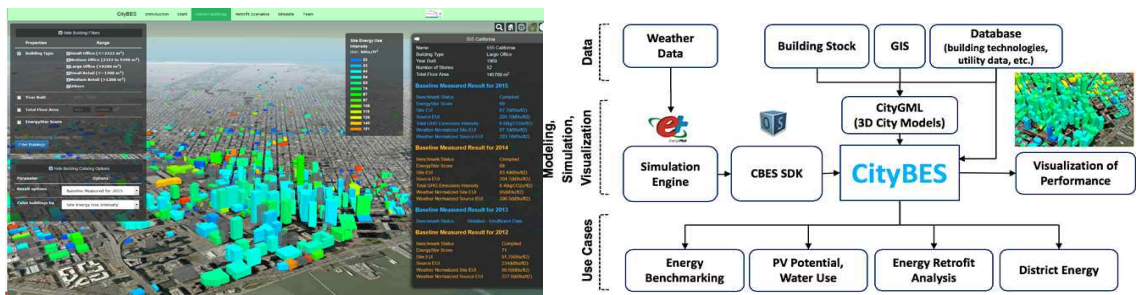


그림 2-50. CityBES 플랫폼과 소프트웨어 아키텍처
(buildings.lbl.gov/urban-science/tools)

○ 온실가스 인벤토리 산정 체계 개발

- 미국환경보호청(EPA)은 총괄기관으로 다른 정부기관과 협력 하에 인벤토리를 작성하며, 특히, LULUCF 분야 인벤토리 작성을 위해 대기프로그램 수석사무실(OAP)은 미농무부(USDA)를 중심으로 협력체계를 구축하여 기술 개발 수행
- 일본은 환경성(ME)이 총괄로써 국가인벤토리에 관련한 전반적인 책임과 품질개선을 담당하며, LULUCF 부문 인벤토리 작성을 위해 국립환경연구원의 지구환경센터 내 온실가스 인벤토리 사무국(GIO)은 농림수산성, 국토교통성 등과 협력체계를 구축하여 기술 개발 수행

○ 온실가스 산정을 위한 DB 구축 기술

- 미국은 「i-Tree tools」시스템을 개발하여 식물 수종별 온실가스 감축량 추정치 검증을 통해 효율적으로 도시 녹지공간을 관리하는 기술을 개발하였으며 스마트시티 트리 매니지먼트를 통해 도시 수목의 상태와 주변 환경을 감지할 수 있는 센서로 관리가능하며 사용자는 Argument Reality를 사용하여 나무를 모니터링 및 제어

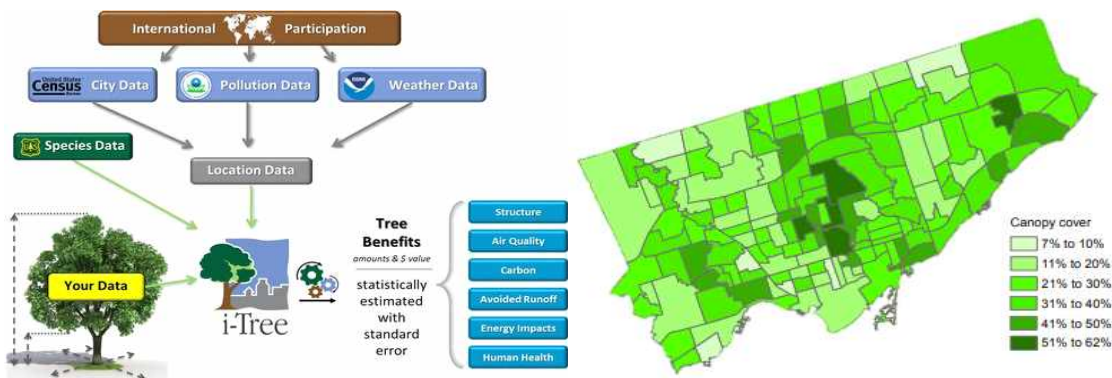


그림 2-51. 미국의 i-Tree tools를 이용한 도시녹지공간 정보 구축 예시
(www.itreetools.or)

- 일본은 토지이용 변화에 따른 산림 면적 변화 파악을 위해 수치정사영상(Orthophotos) 및 최근의 위성 영상(SPOT)을 이용하여 국가고유모델(C-Flow, Roth-C)로 활용
- 뉴질랜드는 자체 개발한 LUCAS(Land Use Carbon Analysis System) 프로그램을 활용하여 다중위성영상 기반 인벤토리 산정 및 항공라이다 이용 수고 측정 등 활동자료 구축 중
- 영국은 원격탐사와 국가통계 기반으로 토지이용매트릭스 및 활동자료 구축 중, Landsat·SPOT 등 위성영상과 현장조사 보고서인 CS2007을 통해 각 면적 파악 및 보정
- 스마트 센서 및 IoT 기술을 적용한 EU의 Internet of Trees는 산림 지역 주요 매개 변수를 정기적으로 측정하고 무선으로 플랫폼으로 정보를 전송하는 기술로, 독일 MosaicMill은 현장측정 없이 위치 (X, Y), UAV 이미지, 신장, 캐노피/줄기 직경, 종류, 부피 등 측정
- 핀란드는 산림을 온실가스 감축 기능과 수준별로 7가지로 유형화하고, 각 유형별 온실가스 감축 기능을 DB로 구축 및 도면화하여 구축·운영 중임

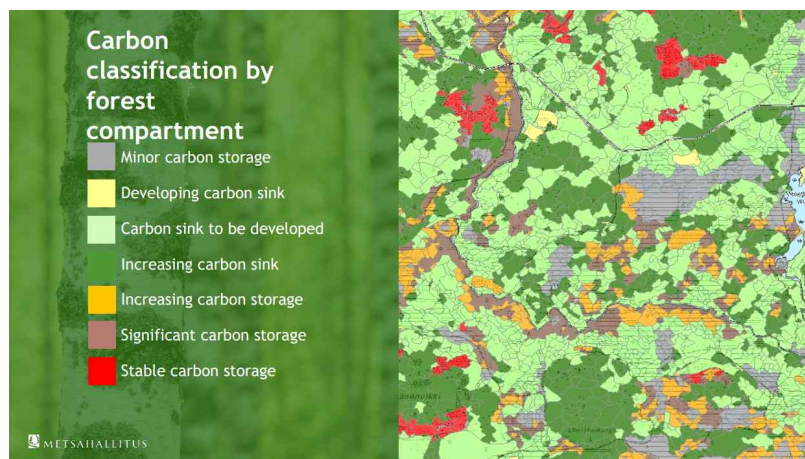


그림 2-52. 핀란드 7개 산림유형 매핑 기술 적용 예시 (METSAHALLITUS, 2018)

○ 온실가스 평가 및 예측 모형

- 미국의 경우 최적 선형 계획법에 의한 MARKAL 모형과 시나리오 분석형 모형을 활용하며 일본은 LEAP 자체개발한 AIM(Asia-Pacific Integrated Model) 모형 구축
- LEAP(Long-range Energy Alternative Planning system)은 Stockholm Environment Institute에서 개발된 시나리오 분석형 온실가스 모델링 소프트웨어로 산업·경제 분야 에너지 소비 및 생산 자원 채취 흐름 등 구조화 분석, 도식화 가능 (이성우, 2020)
- 중장기 에너지 최적화 모형인 Message 모형은 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) World Energy Council 등 국제기구에서 활용

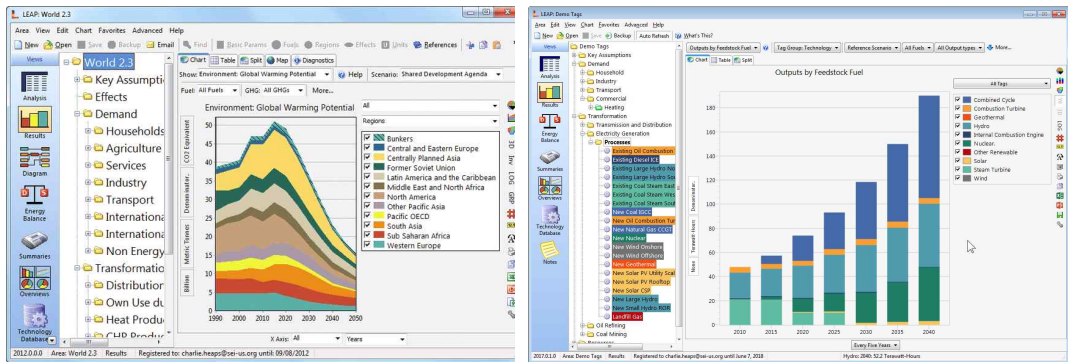


그림 2-53. LEAP 모델링 (Nilsson.M et al., 2012)

나. 건설/시공 기술

○ 패시브 에너지 기술(단열성능 향상 건축물자재 기술 및 조명시스템)

- 건물 외피 자재 혁신개발로 건물 에너지 성능 향상을 위한 독일 ‘LaWin’ 프로젝트 추진
- 태양에너지 자동 조정, 냉난방 에너지소비 최소화 미국 스마트 창호 개발 프로젝트 수행
- 센서를 활용한 커넥티드 조명시스템 적용으로 에너지 절감 및 에너지효율을 위한 최적 공간 사용 분석 (스마트빌딩 미국뉴욕 타임즈 빌딩, 유럽 본사 디 옛지 빌딩)

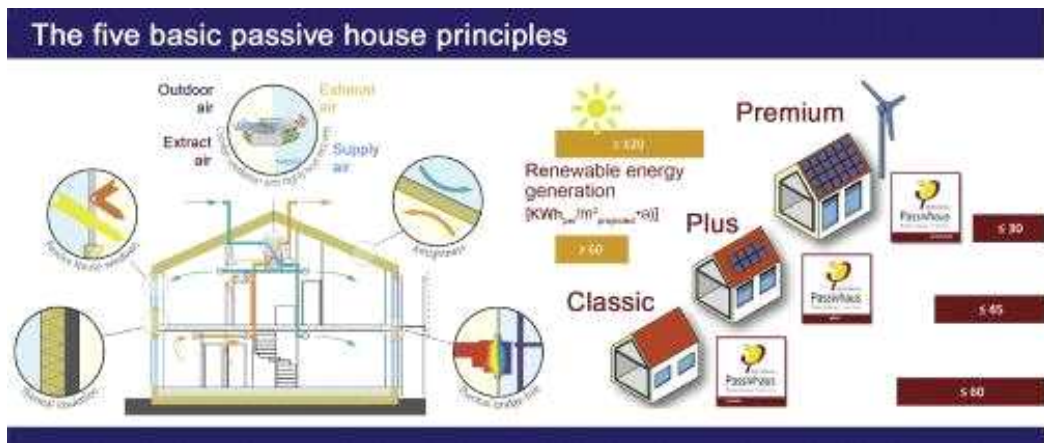


그림 2-54. 패시브하우스 기술의 요소 (S. Attia, 2018)

○ 신기후체제 대응 제로에너지 하우스 개발

- 기존 건축물을 태양광 패널, 폐열활용, 단열성능 향상 기술 등 에너지 성능향상을 위한 패시브하우스 리모델링 추진, 구조설계, 자가발전 기술 분석, 신재생에너지를 생산하는 독일 슈투트가르트시 'B10주택' 설치
- 일본 후지사와시 스마트타운 내 절정형 미래도시 실험 일환으로 제로에너지빌딩 단지 구축
- BIPV 시스템의 태양광 모듈과 관련하여 스위스의 로잔공대와 EPFL 연구소는 공동연구를 통해 박막 태양광 모듈에 다양한 색을 구현하는 SwissINSO 사의 Kromatix를 개발하였고, 미국 테슬라는 심미성과 내구성을 갖춘 지붕형 BIPV 제품으로 Solar Roof를 개발하였으며, 독일 프라운호퍼 연구소는 발전효율 손실을 최소화하는 BIPV 컬러 모듈을 개발하였음
- 미국 전기자동차 회사 테슬라는 자급자족 에너지도시 '테슬라타운'을 호주 멜버른 도심외곽에 조성하였으며, 지붕형 태양광시스템, 전기차 충전배터리 설치, 모든 가전제품의 고효율 전기에너지 가동, 단지 내 녹지공간 조성으로 에너지 저감 단지 형성



그림 2-55. 테슬라타운 (inhabitat.com)

○ 도시 단위 신재생에너지 융·복합 기술 개발

- EU에서는 STORY(Added value of STORAge in distribution sYstems) 프로젝트로 신재생에너지 활용 비율을 높이기 위한 에너지 저장 시스템 기술 실증 시행
- 유럽지역개발기금(European Regional Development Fund)과 Plymouth시는 태양에너지, 히트펌프를 결합하여 커뮤니티 단위 열에너지 네트워크 구축 SunPeople 프로젝트시행
- 에너지 공유 관련 에너지 프로슈머 사업은 네덜란드의 반데브론(Vandebrom), 영국의 피클로(Piclo), 미국의 커뮤니티 솔라(Community Solar), 독일의 소넨커뮤니티(Sonnen Community), 미국의 브루클린 마이크로그리드(Brooklyn MicroGrid), 미국의 옐로하(Yeloha) 등에서 실시

○ 도시 그린인프라 기술 (Green Infra, Nature-Based Solutions)

- EU를 중심으로 기후변화 대응과 탄소중립 실현을 위한 도시 그린인프라의 적용과 확산을 위한 다학제간 연구와 스마트시티 리빙랩을 통한 실증이 활발
- European Commission은 Horizon 2020 연구 및 혁신 프로그램을 통해 자금을 지원하고 도시, 시민, 연구기관 및 산업을 통합하여 그린인프라 기술 적용과 및 비즈니스 모델 개발
- 독일 옥상녹화시스템 개발사 'Zinco' 도시기후제어 및 지역 기후적합 옥상녹화시스템 개발



그림 2-56. 싱가포르 녹화 주거복합시설 인터레이스(Interlace), 일본 친환경건축물 ARCROS
(좌: www.visitsingapore.com, 우: www.greenroofs.com)

○ 탄소 포집·저장·활용기술 CCUS(Carbon Capture, Utilization and Storage)

- 국제에너지기구 에너지기술전망 보고서('17)에는 이산화탄소 포집·저장 기술(CCS)이 2060년까지 이산화탄소 누적 배출 감축에 14%정도 기여할 것으로 예측
- 세계 최대의 이산화탄소 포집·저장 시설 페트라 노바(Petra Nova) 프로젝트('17)는 텍사스주 휴스틴 근처 석탄화력 발전소에서 배출한 이산화탄소의 90%를 포집하고 포집된 이산화탄소를 원유회수증진(EOR)에 활용 예정
- 노르웨이 정부는 CCUS를 국가전략기술로 지정하고 몽샤드기술센터(Technology Centre Mongstad, TCM)를 설립('12), 12MW 규모의 이산화탄소 포집 설비 구축



그림 2-57. 페트라 노바(Petra Nova) CCUS시설, 몽샤드기술센터(TCM)
(좌: www.nrg.com, 우: tcmda.com)

다. 운영관리 기술

○ UAE 마스다르시티

- UAE 혁신도시 마스다르시티는 쓰레기, 자동차가 없는 탄소제로 신도시 건설 프로젝트로 계획되어 탄소저감을 위한 도시계획을 수립, 도시 에너지 수요를 100% 신재생에너지로 조달
- 저층&고밀 근린주구 개발, 바람길 확보를 통한 자연 냉난방 활용, 아랍 전통양식(좁은 골목과 밀집지역) 활용, 태양광설치, ICT를 통한 에너지 사용량 관리 기술이 적용됨
- 대중교통 활성화를 위한 교통시스템을 구축하고, 자체 청정교통수단(PRT) 개발하여 적용
- 모든 폐기물 100% 재활용, 순환 또는 에너지화 목표 (50% 재활용, 33% 소각 후 에너지화, 17% 퇴비활용)



그림 2-58. UAE 마스다르시티 적용된 에너지·환경 기술 요소

(www.arabianbusiness.com)

○ 오스트리아 아스펜

- 아스펜(Aspern)은 오스트리아 비엔나 제22구에 위치한 인구 2만명 규모의 신도시로 2030년 완공을 목표로 건설되고 있는 친환경 에너지(저탄소) 신도시임
- 에너지 저감 건축물설계 및 에너지 자급 환경 조성을 위해 건축물에서는 자연광을 활용한 조명, 냉방사용 절감 설계를 적용하고 쓰레기 소각열 이용 난방, 지열활용 냉방을 적용
- 건축물은 친환경 소재 및 공법으로 조성되고 ICT기술을 활용한 에너지 관리 및 데이터 분석
- 친환경 대중교통 인프라를 활용한 직주근접 생활 지향 도시설계로 아스펜 도시 내에서는 도보, 자전거, 대중교통(버스 및 트램)만으로 생활이 가능하도록 설계 및 운영



그림 2-59. 오스트리아 아스펜 저탄소 신도시 개발

(www.siemens.com)

○ 독일 메세슈타트 림(Messestadt Riem)

- 독일 뮌헨 동쪽에 위치한 인구 1.6만명의 소도시로 생태적 개념이 도입된 탄소중립을 위한 환경 친화적이고 지속가능한 도시개발·압축도시(Compact City)형 도시개발 지향
- 개발면적 49% 녹지계획 수립, 대규모 녹지를 이용한 비오톱 네트워크, 토지이용계획 부터 건축계획까지 생태적 개념 도입
- 바람길 우선 확보, 일조를 활용한 건축물 배치, 인동간격 확보, 친환경 건축자재 사용, 우수 저장관리, 태양에너지 이용, 포장면적 활용



그림 2-60. 메세슈타트 림 탄소중립 도시개발
(www.mitbauzentrale-muenchen.de)

○ 영국 베드제드

- 영국 베딩턴 (Beddington Zero Energy Development) 제로에너지 개발 지구로써 에너지 저감형 건축기법을 적용, 에너지 효율 향상, 계획단계부터 저탄소 개념 도입
- 채광이 양호한 남측방향 주거동 배치, 북측동 사무실동 구성, 온실기능으로 주거동 난방 사용, 외부정원 커뮤니티 공간 활용
- 모든 도로 보행자와 자전거 통행자 우선권 부여, 대중교통 이용 극대화, 카풀제(Car Pool) 도입, 전기차 에너지 충전소 제공



그림 2-61. 영국 베드제드 에너지 저감형 건축물 배치
(www.zedfactory.com)

라. 공간정보 기술

○ 미국 탄소발자국 지도 CNN(Cool Climate Network)

- CCN(Cool Climate Network)은 캘리포니아 버클리대학이 주도하는 연구 컨소시엄으로 친환경 경제전환으로 탄소배출저감을 위한 의사결정지원도구를 개발하고 정책에 활용하여 개인, 기업, 조직, 공동체가 온실가스 감축을 위한 최적 방법을 설계할 수 있도록 지원함
- 탄소배출량계산(Cool Climate Calculator) 기능으로 탄소배출량 유사 가구와 기업 간 비교, 행동변화에 따른 가정 탄소저감 방안 제시하고, 가정 탄소배출량에 대한 공간분석과 맵 가시화 결과를 통해 지역별 탄소배출 특성에 대한 정보를 제공
- 에너지 절약 생활화 등의 UC 버클리 학생, 직원, 교직원이 참여하는 탄소중립 동기부여 프로그램 'Cool Campus Challenge'와 도시별 탄소저감을 독려하기 위한 캘리포니아 주민 참여형 챌린지 프로그램(2010~2016년 시행) 'Cool California Challenge' 시행

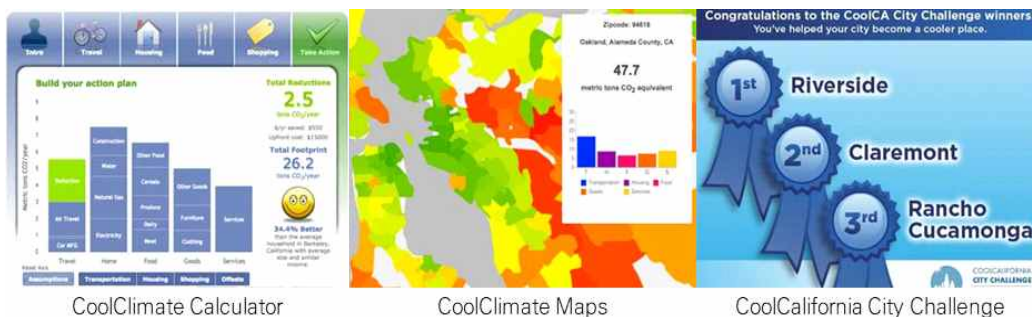


그림 2-62. Cool Climate Network 주요활동
(coolclimate.org/index)

- 가구별 탄소발자국 산정을 위해 온실가스 배출계수와 제품 소비량을 사용하여 소비기반 온실가스 인벤토리 개념(CGHGI)이 적용됨
- CGHGI(Consumption-Based Greenhouse Gas Inventory)는 가구별 탄소발자국 x 각 집계단위내 총 가구 수로 교통, 식품, 물품, 서비스, 난방연료, 주택건설, 전기, 폐기물 등에 대하여 산정하여 활용가능한 소비 및 배출 관련 통계 데이터를 통합하고 데이터 확보가 어려운 교통 및 가계소비는 설문조사를 통해 산정 모델을 개발함

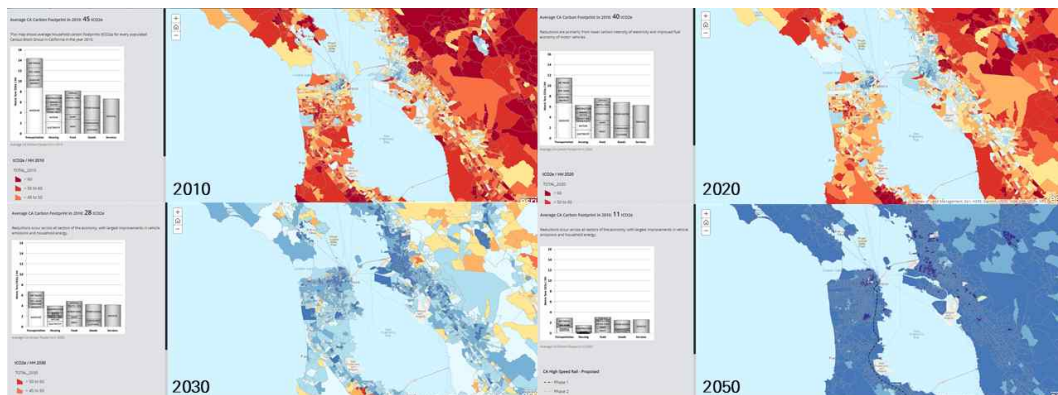


그림 2-63. SF Bay Area의 연도별 온실가스 감축 시나리오
(coolclimate.org/maps-2050)

○ 미국 벌칸프로젝트

- 미국은 NASA와 DOE(Department of Energy)의 지원과 Purdue대학교 연구팀이 주도하여 국토전역을 대상으로 탄소배출량 산정·지도화('20~)하고 지역·부문별 배출특성을 분석, 정책 활용하는 벌칸프로젝트 시행
- 미국지역 인구 기반으로 한 추정치 대신 온실가스 배출량 기반으로 산출하여 기존의 지도보다 100배 이상 자세하게 지역단위, 시간단위로 CO2 배출량이 분석되고, 주 그리드 수준에서 매일 보고

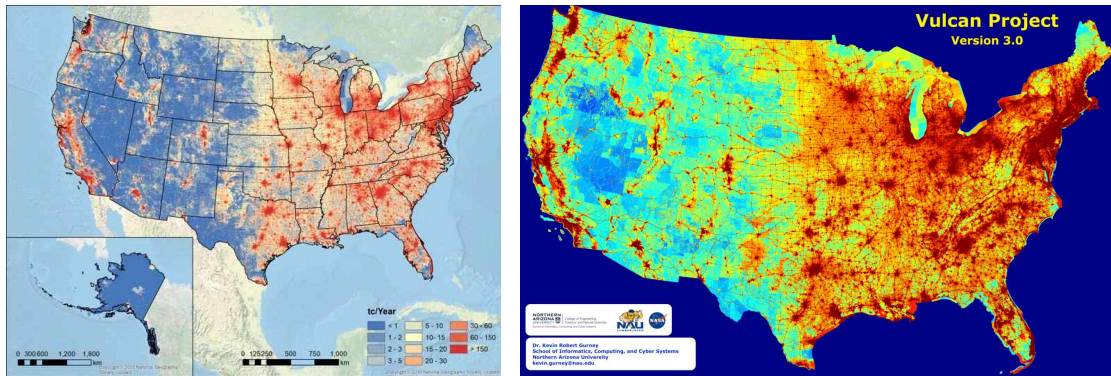


그림 2-64. 미국 벌칸프로젝트 탄소배출지도 (vulcan.rc.nau.edu)

○ AECOM의 에너지 시뮬레이션 프로그램 SSIM

- SSIM(Sustainable Systems Integration Mode)은 미래 도시개발 및 재개발 수행시 에너지 기준점과 시나리오 파라미터를 설정하여 최적의 액션 플랜을 도출
- AECOM은 SSIM 프로그램을 샌디에이고 미 해군 SSC PAC 연구개발 센터 개발 프로젝트와 광 기지 마스터플랜 수립에 적용, 연방정부에서 의무화한 에너지 및 물 사용량 저감 목표를 달성할 수 있도록 개발과정에서의 에너지 계획·전략 컨설팅을 수행한 바 있음

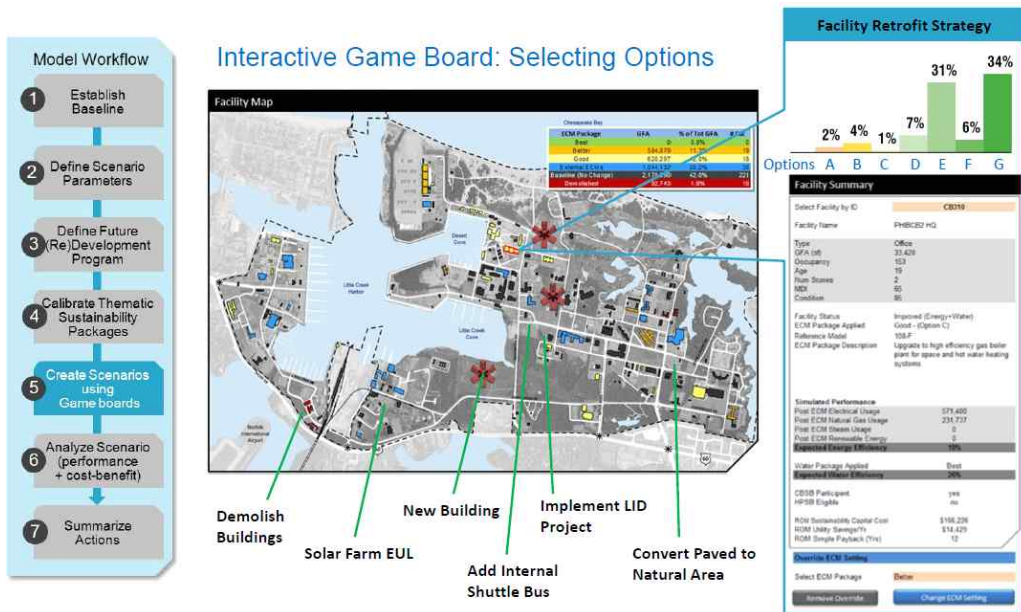


그림 2-65. AECOM社의 SSIM 시뮬레이션 예시 (AECOM, 2015)

○ 싱가포르 디지털트윈(Virtual Singapore)

- 싱가포르 정부 기술청(GovTech)은 다쏘시스템에서 개발한 '버추얼 싱가포르' 3D플랫폼에 기반하여 가상현실을 구현하고 다양한 예측 시뮬레이션으로 도시계획 및 운영 활용
- 도로, 빌딩, 아파트, 테마파크 등 주요 시설, 도로 주변 가로수, 육교, 공원 벤치 등 도시 시설물 정보까지 상세한 정보를 탑재하여 도시 내 공기 흐름, 건축물 음영분석, 일조권 분석, 태양광 발전소 적정 위치 분석, 태양광 패널 설치에 따른 에너지 생산량을 예측 등에 활용



그림 2-66. 싱가포르 디지털트윈 Virtual Singapore (DASSAUT SYSTEMS, 2021)

○ 런던 쿨스페이스(Cool Space) 시스템

- 수공간(하천, 분수 등), 가로수, 편의시설 등으로 런던 시민을 위한 시원한 공간(Cool Space)을 분류하고, 현재 위치에서 가까운 장소 제안 및 공간 시스템 표출
- 기후변화 대비 시민을 위한 폭염피난처 지도로서 공간정보로 시각화하여 관련 정보제공

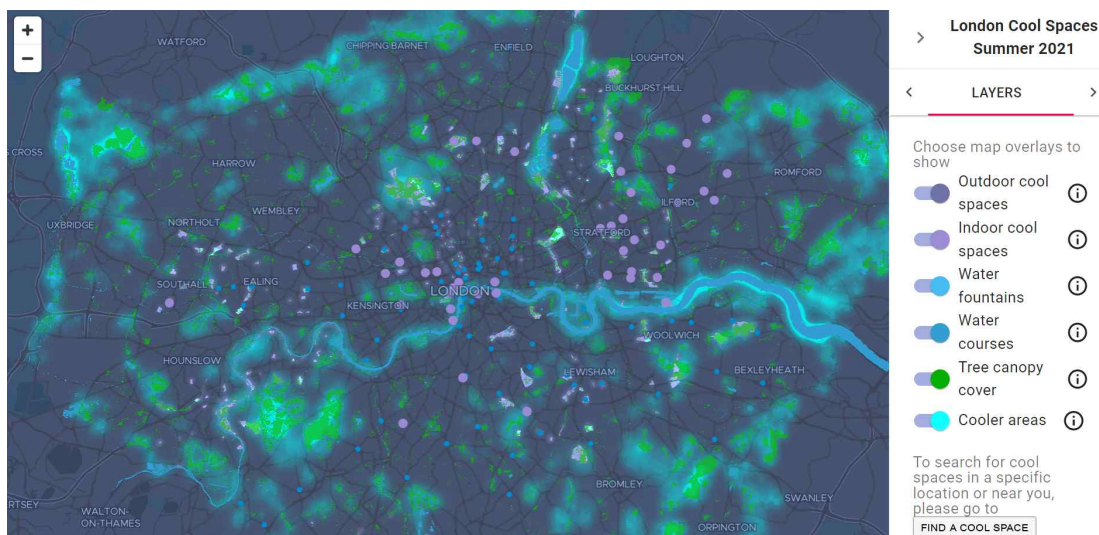


그림 2-67. 런던 쿨스페이스(Cool Space) 시스템 (apps.london.gov.uk/cool-spaces)

○ 영국 공간기반 온실가스 인벤토리

- 영국은 공급자(배출원)와 사용자(전력, 가스 등)를 통합한 공간기반 온실가스 인벤토리를 작성하여 국가 기반시설 입지배분 및 투자계획에 활용 중
- 상향식(개별 배출원 집계하는 방식), 하향식 방식(배출총량을 지역에 할당하는 방식) 적용 온실가스 배출원 및 사용자 기준 공간단위(지자체 및 격자당 단위) 인벤토리 작성
- 국가 차원에서 수소 공급망 계획 등 에너지 관련 기반시설계획에 활용되며, 지자체 차원에서는 탄소관리계획 수립과 감축사업 시행에 활용

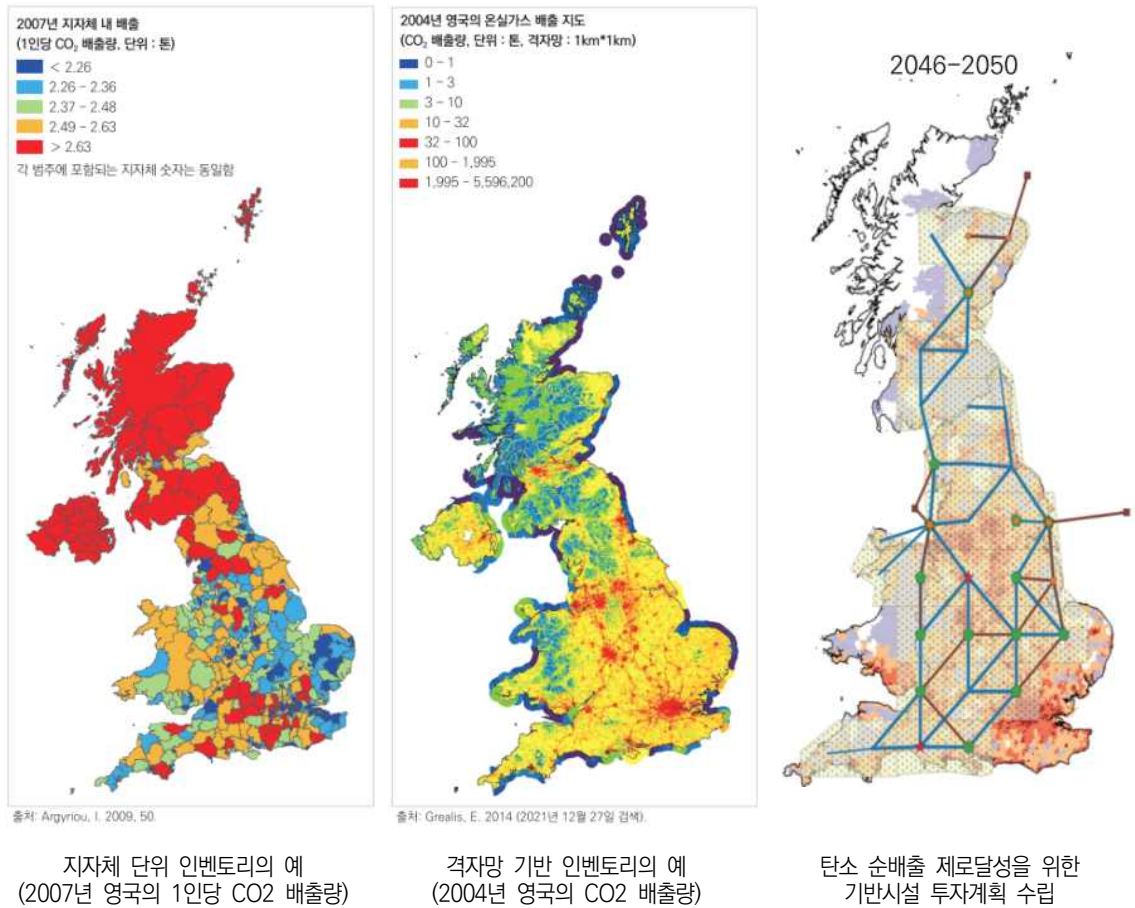


그림 2-68. 영국 공간기반 온실가스 인벤토리 (국토연구원, 2021)

○ 일본 저탄소 도시공간구조 시뮬레이션

- 일본 국립환경연구소에서는 도로교통센서스 기종점조사(OD) 자료로 차량의 탄소배출량을 추계하는 방법을 개발하고 이를 지도화하여 공개중이며, 2015년 가정/세대/시정촌별 탄소 배출량을 산정하여 추가공개
- 샌다이도시권 저탄소 도시공간구조 시뮬레이션을 통한 탄소배출량 변화 산출 및 광역도시계획 수립, 야간·주간인구 밀도, 도로·철도 교통시설 정비, 건축물 정비 등 정책요소 기반 시뮬레이션 분석, 도시 탄소중립 정책변화에 따른 탄소배출량 현재와 미래(2050) 변화 산출

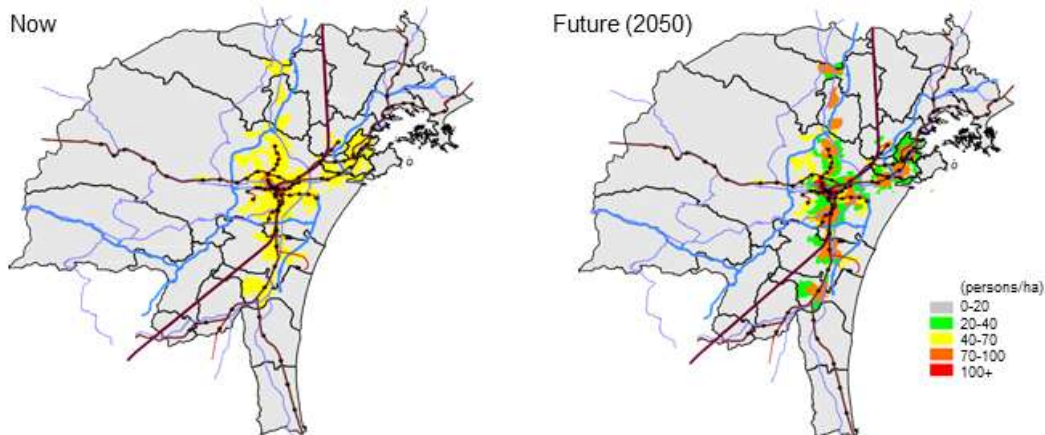


그림 2-69. 일본 센다이도시권 저탄소 도시공간구조 시뮬레이션 (JAPAN MLIT, 2011 수정)

○ 런던 디지털트윈 플랫폼(V.U.City)

- 런던 협의회, 정부협력 연구기관(Innovate UK), 도시개발회사, 3D콘텐츠 제작 전문기업 등이 만든 디지털트윈 플랫폼으로 영국의 주요 도시뿐 아니라 전 세계 주요도시의 가상의 도시모델인 디지털트윈을 구현하여 도시를 운영하고, 다양한 데이터를 기반으로 시민들에게 유용한 서비스를 제공할 수 있도록 한 프로젝트임
- 도심의 건물, 가로등, 건물 기둥, 창문 및 신호등을 2km²의 지리적 범위에 걸쳐 2.9cm 오차의 정확도로 가시화 하였으며, 교통, 날씨, 에너지, 환경정보 등 실시간 데이터를 연동하여 도시계획 의사결정에 활용 및 운영 지원



그림 2-70. 런던 디지털트윈 플랫폼 V.U.City (www.vu.city)

○ 일본 국토교통성 이산화탄소 저감 효과 시뮬레이션 툴(CREST)

- 일본 국토교통성은 도시구조·교통정책 실시에 따른 탄소감축효과를 간편하게 진단·평가하는 저탄소 공간분석 툴인 CREST를 개발·보급



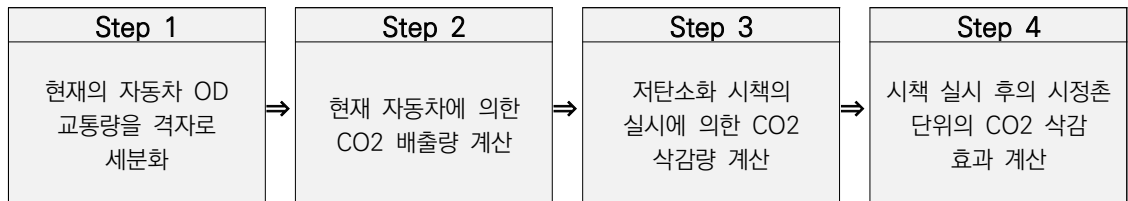
일본 국립환경연구소 자동차/가정 부문 배출량지도

일본 국토교통성 CREST

그림 2-71. 일본 탄소배출 관련 지도시스템

- 「도시의 저탄소화의 촉진에 관한 법률」의 시행(2012.12.4)에 맞추어 시정촌에 의한 「저탄소 마을 만들기 계획」의 작성과 그 시책 실시에 의한 이산화탄소 저감 효과 추계를 실무적으로 지원하기 위해 개발
- 도시 구조·교통 시책의 실시에 의한 저탄소화의 효과를 간편하게 평가하는 툴을 개발함으로써 지자체의 「저탄소 지역개발 계획」 작성을 지원
- 도로 교통 센서스 OD 조사 데이터를 이용한 산정 수법을 적용, 도시 구조·교통 분야에 있어서의 저탄소화 시책에 의한 CO2 배출량 삭감 효과를 전국의 시구정촌 단위로 추계
- 시뮬레이션에 반영되어 이산화탄소 저감 효과를 평가 가능한 지자체 시책내용으로는 집약지역 설정(주간·야간 인구 집적), LRT 정비, 철도운임 인하, 버스전용도로 정비, 노선버스 도입·증편, 친환경자동차 도입 등과 같은 교통시책 등임

표 2-14. CREST 이산화탄소 저감 효과 시뮬레이션 방법



- CREST에는 지도를 확인하면서 시책의 실시 장소를 선택해 배출량의 계산을 실시하는 「배출량 계산 기능」과, 이산화탄소 배출량을 삭감하는 시책의 영향 범위나 삭감율을 편집하는 「시책 내용의 설정 변경 기능」이 탑재됨

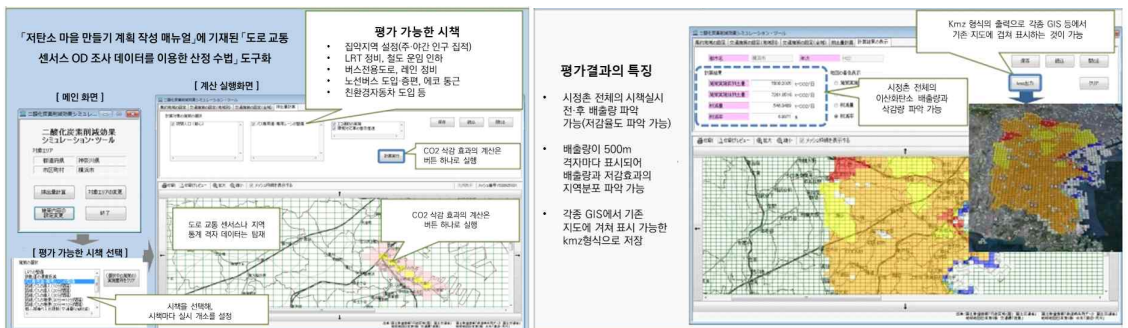


그림 2-72. CREST 사용 화면 (国土交通省, 2014)

○ 중국 도시활동 반영 탄소배출지도 구축 방법론

- 중국 텐진대 건축연구실은 탄소배출 관련된 도시활동을 모두 포괄할 수 있는 탄소배출지도 구축 방법론을 개발함
- 점(배출원), 선(도로, 이동경로), 면(지역) 도시활동에 따른 배출량을 도시 공간에 할당하는 방식을 적용하여 도시 정책 시나리오에 따른 동적 탄소배출 시뮬레이션 수행

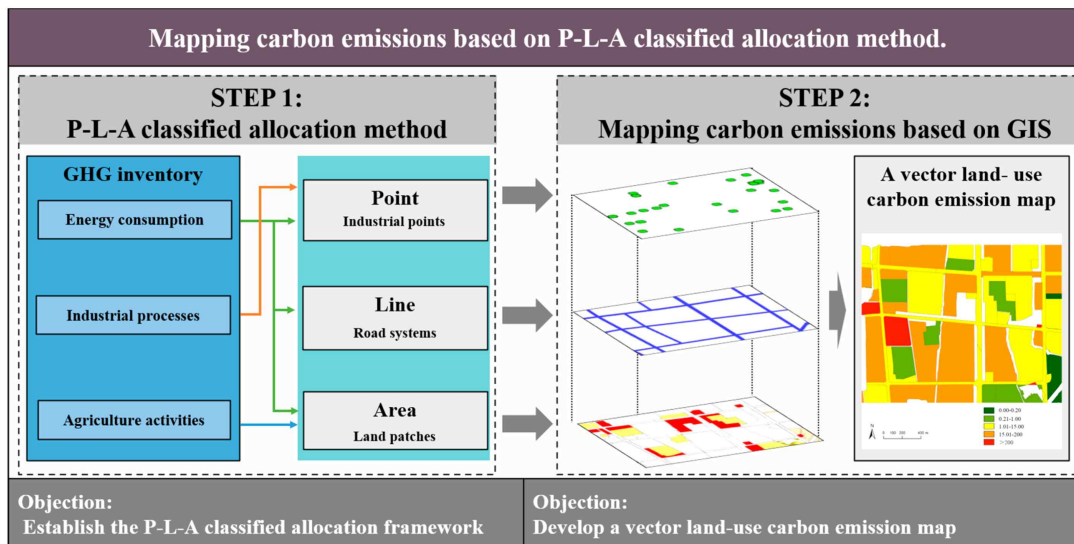


그림 2-73. 점-선-면 구분에 의한 탄소배출지도 구축 방법론 (Liu et al, 2020)

- 도시활동을 점(산업활동), 선(교통, 물류), 면(농업활동, 에너지 소비)으로 구분하고 할당모형을 개발하여, 공간상에 할당된 탄소배출량을 배분하여 탄소배출지도를 구축함
- 이는 구역당 배출량 산정이 가능하여 지구-구역단위 탄소배출 관리가 가능한 방법론임

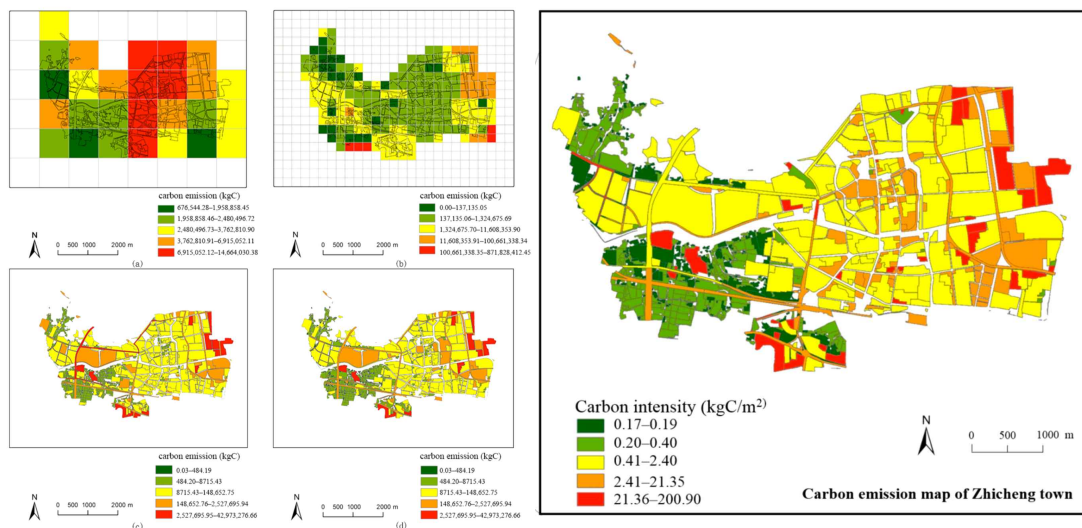


그림 2-74. 온실가스 인벤토리 기반 중국 Zhicheng 탄소배출량 매핑 사례 (Liu et al, 2020)

마. 법제도 및 확산모델 기술

○ LEED/LEED-ND

- LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)는 미국 그린빌딩위원회 (USGBC)에서 1989년 개발, 시행하고 있는 친환경 건물 인증 프로그램임
- 주요 평가항목은 지속가능한 토지(SS: Sustainable Site)사용, 수자원 효율(WE: Water Efficiency), 에너지 및 대기환경(EA: Energy and Atmosphere), 자재 및 자원(MR: Materials and Resources), 실내환경(IEQ: Indoor Environmental Quality)의 5개 대부분류와 추가항목인 창의적 디자인(ID: Innovation in Design)과 지역적 우선(RP: Regional Priority)으로 구성되며 각 분야에 대한 세부적인 평가기준이 개발되어 있음



그림 2-75. LEED 인증의 대상과 등급 (led.usgbc.org)

- 현재까지의 환경평가기술을 토대로 건물전체의 환경 성능을 평가하고 건축시장을 활성화시키기 위한 목적으로 운영되고 있으며, 단일건물의 범위를 넘어 근린이나 커뮤니티 규모의 지속가능성에 대한 강력한 환경전략을 구성하고 수립하기 위해 LEED-ND(Neighborhood Development)기준을 개발함
- LEED-ND의 적용 대상은 소규모 공원이나 가로정비 사업부터, 재개발사업, 복합개발사업, 마을단위개발사업 등으로 단지개발 사업별 규모가 다양함

○ BREEM/BREEM-Communities

- BREEM(Building Research Establishment Environment Assessment Method)은 영국 BRE(Building Research Establishment Ltd)가 개발한 건축물 환경성능 평가도구이자, BRE의 인증프로그램임
- 평가항목은 운영관리, 건강 및 웰빙, 에너지, 생태, 오염, 교통, 자재, 수자원, 토지로 구분하며 총 152점(65개 세부항목) 중 점수에 따라 5개의 등급으로 나뉨
- BREEM은 건설과 관련된 환경측면에 대한 기준제정을 통하여 환경에 관한 일반인들의 관심을 촉진시키고, 이로 인한 환경상품 시장의 활성화에 초점을 두고 있음
- BREEM을 개별 건축물 단위에서 커뮤니티 단위로 확장한 BREEM-Communities는 도시재생사업과 신규개발사업, 기타 근린단위 사업에서 개발부지의 생태학적 가치, 환경오염물질 배출 저감, 교통에너지 절감 등을 평가

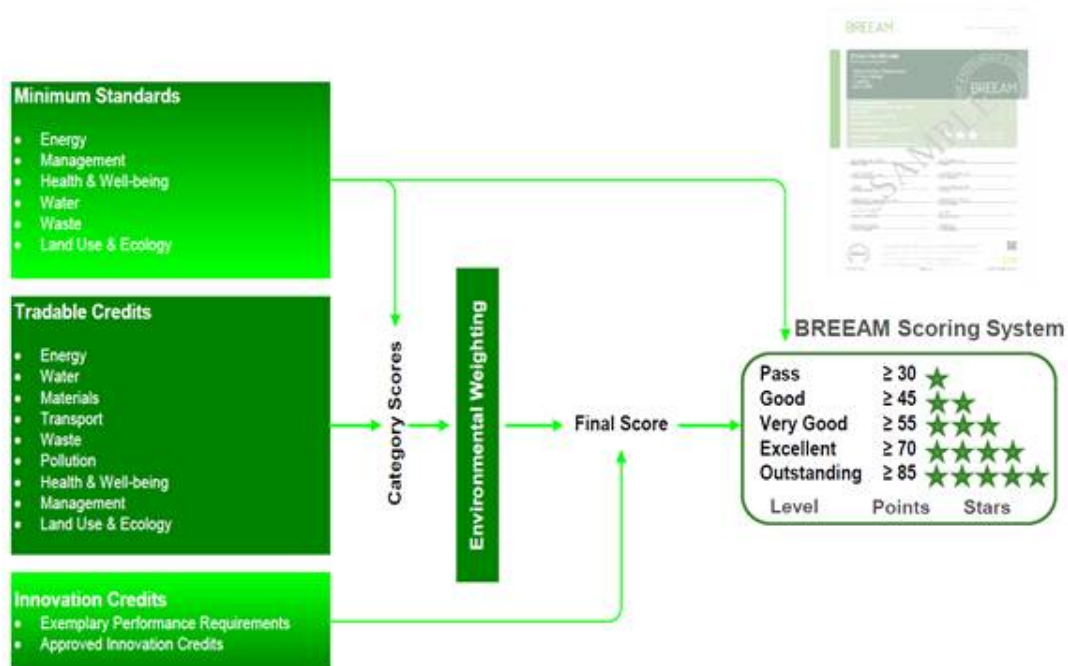


그림 2-76. BREEM 평가기준과 평가등급

○ CASBEE/CASBEE-UD

- 일본은 CASBEE(Comprehensive Assessment System for Building Environment Efficiency) 인증기준을 개발하여 우수한 환경 품질 및 성능을 가진 건축물 및 환경부하가 적은 건축물을 평가
- CASBEE를 도시단위 개발로 확장하여 '마을+건물'을 활용하여 건축 및 근린단위에 대해 평가하는 CASBEE-UD는 일정 규모 이상의 부지에 대하여 통일적인 정비의사를 바탕으로 복수의 건축물 및 기타요소로 구성되는 프로젝트를 계획할 때 활용
- CASBEE는 건축물과 건축대지에 가상의 경계를 설정하고 건축물, 뉴타운 규모, 도로 공원 등 혼재된 지역 등 다양한 지역 공간 내에서 건축물의 환경품질·성능(Q)과 건축물의 환경부하의 양(L)측면에서 평가

○ 미국 미네아폴리스 환경정책 이니셔티브, 그린존(Green Zone)

- 미국 미네아폴리스 기후행동계획에서 시작된 정책 이니셔티브로, 취약계층을 위한 사회, 정치적, 경제적 취약성과 환경오염 취약에 노출된 지역사회의 건강을 개선하고 경제를 발전시키고자 함
- 2016년 시 전체의 데이터를 기반으로 형평성, 인구이동, 대기질, 토양오염, 주택, 일자리 등 Green Zone Workgroup에서 선택한 우선순위 문제에 따라 인구 특성 및 환경 지표 지도인 Greenzone 작성

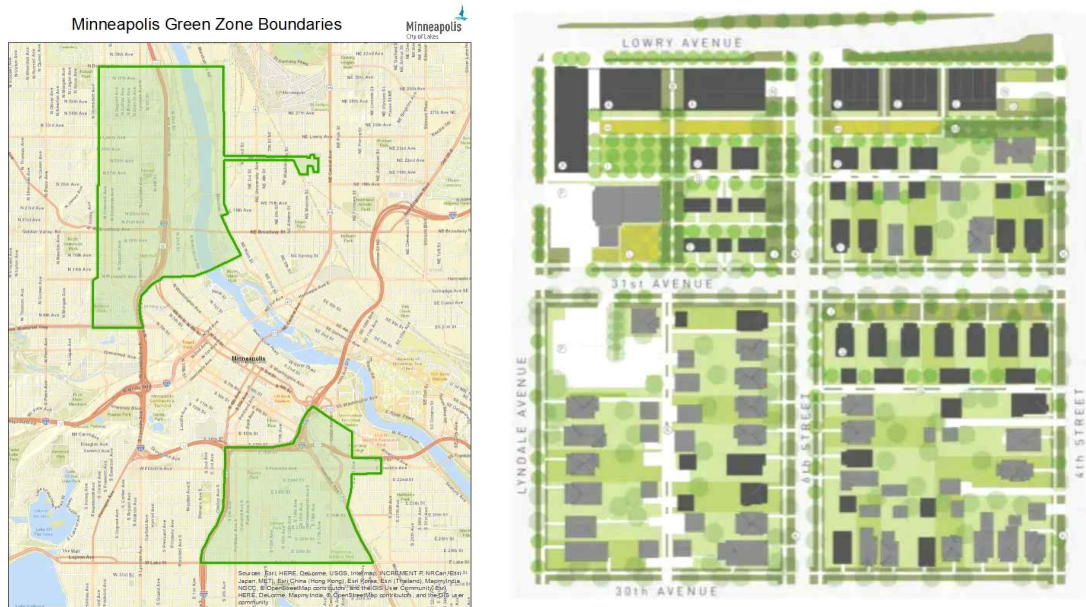


그림 2-77. Minneapolis 그린존 경계 및 시나리오 결과
(City of Minneapolis Sustainability Office, 2014)

제4절 논문 및 특허 분석

1. 논문동향

가. 분석개요

- 탄소중립 키워드를 중심으로 연구동향 흐름을 살펴보고, 관련 연구 중 도시계획 분야에서 탄소배출량·흡수량 산정기술(A), 탄소공간지도 구축기술(B), 탄소중립도시 공간계획지원 기술(C) 등과 관련된 논문 중심으로 분석하였음
- 분석DB는 Academic Search Ultimate와 KISS를 활용하였으며, 분석구간은 2001~2021년 공개 자료임

나. 탄소중립 논문동향

○ 전체 학술연구활동 현황

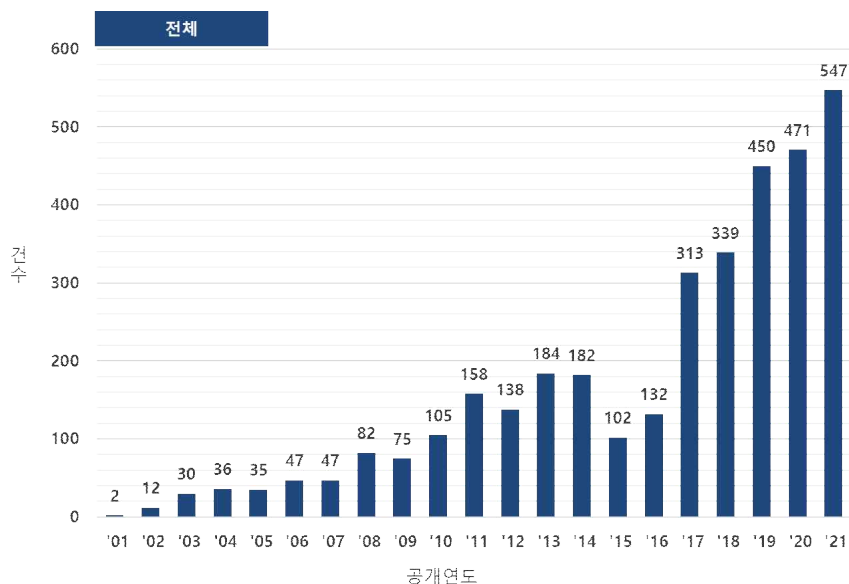


그림 2-78. 전체 연도별 논문 동향

- 2000년대 초반부터 2010년 중반까지 서서히 증가하다가 2017년 이후 가파른 증가세를 보여주고 있는 것으로 나타났으며, 이러한 증가추세를 볼 때 향후에도 관련 학술연구가 더욱 증가할 것으로 보임

○ 세부기술별 논문동향

- 각 세부기술별 점유율을 살펴보면, 탄소배출량·흡수량 산정기술(A)이 50% > 탄소중립도시 공간계획지원 기술(C)이 34% > 탄소공간지도 구축기술(B) 16% 차지
- 탄소배출량·흡수량 산정기술(A)은 2000년대 초반부터 최근까지 꾸준한 증가세를 보이다가 2021년 발표건수가 다소 감소한 것으로 나타났고, 탄소중립도시 공간계획지원 기술(C)은 2015년 이후 가파른 증가세를 보이고 있음

- 탄소공간지도 구축기술(B)은 타 기술분야에 비해서 완만한 증가세를 보이고 있음

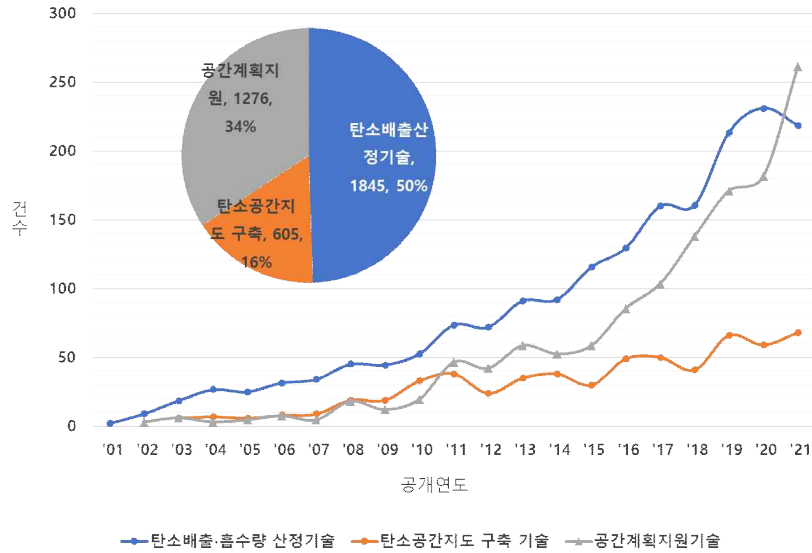


그림 2-79. 세부연구분야별 논문동향

○ 주요연구기관 랭킹

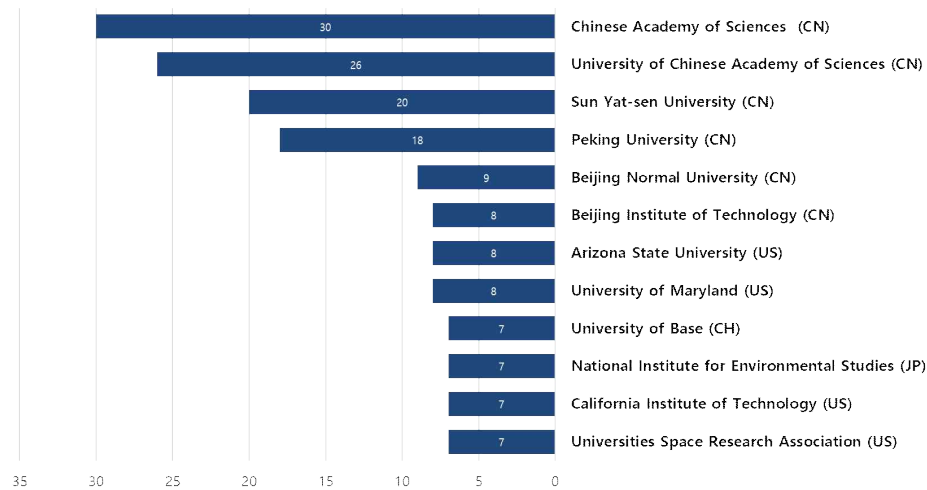


그림 2-80. 주요 국가별 연도별 출원동향

- 주요연구기관 랭킹을 살펴보면, 중국의 연구기관이 상위 1위부터 5위까지를 차지하고 있어, 중국의 대학과 공공연구 기관이 학술연구 발표를 활발히 하고 있는 것으로 나타남
- TOP12에는 미국의 Arizona state university, Maryland university, California Institute of Technology, 스위스의 University of Basel, 일본의 National Institute for Environmental Studies 등이 포함되어 있음

다. 시사점

- 도시계획분야의 탄소중립 관련 연구는 2000년대부터 최근까지 꾸준한 연구가 진행되고 있으며, 특히, 탄소중립도시 공간계획지원 기술(C)은 2015년 이후 가파른 증가세를 보이고 있어, 관련 연구가 매우 활발한 것으로 나타남
- 중국의 대학이나 연구기관이 상위에 랭크되어 있어, 타 분야와 마찬가지로 중국의 R&D 투자가 활발한 분야로 나타남

2. 특허동향

가. 분석배경 및 목적

- 본 특허동향조사는 『탄소공간지도 기반 계획지원 기술개발』 과제의 기획단계에서 해당 기술분야에 대한 사전 특허·기술 동향을 파악함으로써 R&D 기획의 타당성 및 방향성 검토를 지원하기 위한 것임
- 『탄소공간지도 기반 계획지원 기술개발』 과제기술은 도시공간의 탄소를 산정하고 진단하는 기술을 기반으로 탄소공간지도를 구축하고 이를 도시공간구조의 시뮬레이션 및 최적화를 반영한 공간계획지원 플랫폼을 개발하는 기술로서, 도시계획, 공간 모델링, 데이터 센싱, 빅데이터 분석, 클라우드 및 인공지능 등 다양한 분야의 융합기술임
- 본 특허동향조사는 『탄소공간지도 기반 계획지원 기술개발』 기술에 대하여 특허동향을 분석함으로써, 우리나라의 기술 수준, 국가의 연구개발 동향을 파악하여, 본 연구개발과제 방향성 검토를 위한 객관적인 정보를 제공하기 위한 것임

나. 분석범위

- 본 특허동향조사는 2002년 1월부터 2022년 2월까지 최근 20년 간 출원 공개 및 등록된 한국, 미국, 일본 및 유럽의 특허를 대상으로 분석됨. 본 조사는 위즈도메인 검색 DB를 주요하게 사용하여 특허검색을 실시함

1) 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위²⁴⁾

표 2-15. 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	검색구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국(KIPO)	WISDOMAIN	2002.01.01.~ 2022.02.28	공개 및 등록특허 전체문서
	미국(USPTO)	WISDOMAIN		
	일본(JPO)	WISDOMAIN		
	유럽(EPO)	WISDOMAIN		

24) 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있음. 따라서 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2020년부터 출원된 특허는 그 정량적 의미가 유효하지 않으므로 정량분석은 2020년도(2002.1.1.)~2020(2020.12.31.)년도 까지 한정함.

2) 분석대상 기술 및 검색식 도출

○ 기술분류체계 및 분류기준

- 본 특허기술동향조사 분석에서는 연구자와의 논의를 거쳐 확정된 중분류 기술 체계를 기준으로 정량분석 및 정성분석을 실시함

표 2-16. 분석대상 기술분류 및 분류기준

대분류	중분류	소분류	기술 정의 및 분류기준
탄소공간지도 기반 계획지원 기술	탄소공간 지도 구축기술 고도화	탄소배출·흡수량 산정기술	<ul style="list-style-type: none"> • 도시공간 탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델 • 도시활동에 기반하여 탄소중립을 진단·관리할 수 있는 지표 • 도시공간 용도, 밀도, 활동 등에 실질적으로 영향을 주는 탄소배출·흡수 산정
		탄소공간지도 구축 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 도시공간 탄소배출·흡수량 데이터 획득 기술 • 도시공간 탄소배출·흡수량 산정 정보에 기반한 탄소공간지도 구축 기술
	탄소중립 도시 공간계획 지원 플랫폼 기술	탄소배출 시뮬레이션 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 도시공간구조 변화기반 탄소배출 시뮬레이션 기술 • 자료에 근거한 배출원 기반 현황자료를 활용한 탄소배출 시뮬레이션 기술 • 도시구조, 밀도, 토지이용 등 국토, 도시, 지역공간의 변화에 따른 탄소배출 시뮬레이션 기술
		도시공간구조 최적화 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소배출저감 도시공간구조 최적화 기술 • 공간단위 감축수단별 최적감축지원 기술 • 도시공간의 탄소배출량을 도시활동을 반영하여 배출저감의 최적의 도시공간구조 모델
		공간계획지원 플랫폼 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소중립도시 공간계획지원을 위한 플랫폼 기술 • 사용자 입력 및 GUI

○ 핵심 키워드 및 검색식 도출

- 본 특허기술동향조사의 각 기술분류별 특허검색을 위한 핵심 키워드는 연구자와의 논의를 거쳐 도출하였으며, 도출한 키워드를 조합하여 각 중분류 기술별 검색식을 작성하였으며. 최종 검색식을 검색DB에 적용하여 얻은 로데이터(Raw Data)의 건수는 다음 표와 같음



표 2-17. 기술분류체계에 따른 Raw Data 건수

중분류	소분류	검색건수					
		한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	국제 (PCT)	합계
탄소공간 지도 구축기술 고도화	탄소배출*흡수량 산정기술	192	319	288	91	124	1014
	탄소공간지도 구축 기술	168	53	275	22	33	551
탄소중립 도시 공간계획지 원 플랫폼 기술	탄소배출 시뮬레이션 기술	56	20	15	16	9	116
	도시공간구조 최적화 기술	74	193	38	41	80	426
	공간계획지원 플랫폼 기술	150	25	65	3	18	261
합계		640	610	681	173	264	2,368

표 2-18. 기술분류체계에 따른 최종 검색식

소분류	검색식
탄소배출*흡수 량 산정기술	((탄소* near/2 배출량*) OR (탄소* near/2 흡수량*) OR (CO2 near/2 배출량*) OR (CO2 near/2 흡수량*) OR (온실가스* near/2 배출량*) OR (온실가스 near/2 흡수 량*) OR (Carbon* near/2 emission*) OR (carbon* near/2 exhaust*) or (carbon* near/2 uptake*) or ((greenhouse gas*) and (emission* or exhaust* or uptake*))) AND (산정* OR 산출* OR 추정* OR 예측* OR 모델* or 측정* or estimate* or calculate* or model* or measur*)
탄소공간지도 구축 기술	((탄소* near/2 배출*) OR (탄소* near/2 흡수*) OR (CO2 near/2 배출량*) OR (CO2 near/2 흡수량*) OR (온실가스* near/2 배출*) OR (온실가스* near/2 흡수*) OR (Carbon* near/2 emission*) OR (carbon* near/2 exhaust*) or (carbon* near/2 uptake*) or ((greenhouse gas*) and (emission* or exhaust* or uptake*))) AND (공간* OR 지리* OR 지도* OR spatial* OR geographic* OR map*) or (carbon* near/2 spatial*) or (carbon* near/2 geographic*) or (carbon* near/2 map*) or (탄소* near/1 지도*) or (온실가스* near/1 지도*) or (온실가스* near/1 지리*) or ((greenhouse gas*) and (spatial* or geographic* or map*))
탄소배출 시뮬레이션 기술	((탄소 NEAR/2 배출*) OR (탄소 NEAR/2 흡수*) OR (CO2 near/2 배출량*) OR (CO2 near/2 흡수량*) OR (온실가스 NEAR/2 배출*) OR (온실가스 NEAR/2 흡수*) OR (Carbon* NEAR/2 emission*) OR (carbon* NEAR/2 exhaust*) OR (carbon* NEAR/2 uptake*) OR ((greenhouse gas*) AND (emission* OR exhaust* OR uptake*))) AND (시뮬레이터* OR 시뮬레이션* OR 모의* OR simulat*)
도시공간구조 최적화 기술	((탄소 near/2 배출*) OR (탄소 near/2 흡수*) OR (CO2 near/2 배출량*) OR (CO2 near/2 흡수량*) OR (온실가스 near/2 배출*) OR (온실가스 near/2 흡수*) OR (탄소* near/2 중립*) or (Carbon* near/2 emission*) OR (carbon* near/2 exhaust*) or (carbon* near/2 uptake*) or (carbon* near/2 neutral*) or ((greenhouse gas*) and (emission* or exhaust* or uptake*))) and (최적화* or 최소화* OR optimiz* OR minimiz*)
공간계획지원 플랫폼 기술	(공간* or 도시* or spatial or space* or urban* or city* or town*) and (계획* or 배치* or 플랫폼* or 의사결정* or planning* or layout* or platform* or "decision support*") and (탄소* or 온실가스* or carbon* or "greenhouse gas*" or 에너지* or energy*)

3) 유효특허 선별 기준 및 결과

- 앞서 도출된 키워드 및 검색식을 적용하여 얻은 로데이터(Raw Data)에서 본 특허기술동향조사 대상이 되는 빅데이터 기반 토지이용 변화 예측 및 공간계획 기술과 무관한 내용의 특허는 분석에서 제외하고자 노이즈제거 기준을 연구자와의 논의를 거쳐 작성하였으며, 이를 기준으로 각 소분류별 국가별 유효특허를 추출함. 추출한 유효데이터를 대상으로 본 조사 정량분석을 진행함

표 2-19. 유효특허추출기준

중분류	소분류	노이즈제거 및 유효특허추출기준
탄소공간지도 구축기술 고도화	탄소배출·흡수량 산정기술	<ul style="list-style-type: none"> • 도시공간의 탄소배출·흡수량을 산정하거나 진단 및 관리할 수 있는 지표에 관한 기술 • 도시공간 용도, 밀도, 활동 등에 실질적으로 영향을 주는 탄소배출·흡수량 산정기술 • 도시공간의 배출점 등의 탄소배출·흡수량 산출 기술
	탄소공간지도 구축 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소공간지도 구축을 위한 도시공간 탄소배출·흡수량 데이터 획득 기술 • 도시공간 탄소배출·흡수량 산정 정보에 기반한 탄소공간지도 구축 기술
탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 기술	탄소배출 시뮬레이션 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 도시공간구조 변화기반 탄소배출 시뮬레이션 기술로서, 배출원 현황자료를 활용한 시뮬레이션 기술 포함 • 도시구조, 밀도, 토지이용 등 국토, 도시, 지역공간의 변화에 따른 시뮬레이션 기술
	도시공간구조 최적화 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소배출저감을 위한 도시공간구조 최적화 기술 • 도시공간의 탄소배출량을 도시활동을 반영하여 배출저감의 최적의 도시공간구조 모델링 기술 • 도시의 탄소 배출원 현황자료를 활용한 최적화 기술
	공간계획지원 플랫폼 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소중립도시 공간계획지원을 위한 플랫폼 기술로서, 사용자 서비스 기술 포함 • 공간계획지원을 위한 개인 서비스 플랫폼 기술 • 도시공간의 탄소배출·흡수량 정보를 획득하거나 정보 제공 서비스를 위한 플랫폼 기술 포함

표 2-20. 기술분류체계에 따른 유효데이터 건수

중분류	소분류	검색건수					
		한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	국제 (PCT)	합계
탄소공간 지도	탄소배출·흡수량 산정기술	103	64	84	19	23	293
구축기술 고도화	탄소공간지도 구축 기술	64	39	12	10	11	136
탄소중립 도시 공간계획지 원 플랫폼 기술	탄소배출 시뮬레이션 기술	10	8	10	2	10	40
	도시공간구조 최적화 기술	23	20	17	5	8	73
	공간계획지원 플랫폼 기술	47	20	5	1	15	88
총계		247	151	128	37	67	630

다. 분석방법

- 본 분석에서는 위와 같은 기관의 니즈에 따라 탄소공간지도 기반기술 분야에 대해 특허동향 분석(정량분석) 및 지재권 중심의 심층분석(정성분석)으로 나누어 분석을 수행함

1) 특허동향분석

- 특허동향 분석은 특허기술 Landscape와 주요 출원인 분석, 세부기술별 Landscape로 나누어 분석함
- 특허기술 Landscape에서는 조사대상국인 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO), 및 국제(PCT) 등 주요 국가별 기술개발 활동현황, 내·외국인 특허출원 동향, 구간별 출원인수와 출원건수의 증감정도의 분석을 통한 특허 기술 성장 단계를 분석함
- 주요 출원인 분석에서는 상위 다출원인을 도출하여 해당 출원인의 기술 확보력, 주력 기술 분야, 특허출원 밀집도 등을 분석함
- 세부기술별 Landscape에서는 세부기술별 국가별 특허점유율 및 증가율 등을 분석하여 각 기술별 특허출원 경향 및 기술 특성, 상대적인 유망함 정도를 파악함

2) 지재권 중심의 심층분석

- 지재권 중심의 핵심기술분석은 탄소공간지도기반기술의 주요 경쟁자들을 중심으로 보유 특허를 심층적으로 분석함
- IP History 분석은 탄소공간지도기반기술을 시계열적으로 분석하여 연구개발 흐름 및 변화 추이를 살펴봄으로써, 과거부터 현재까지의 특허데이터 흐름을 토대로 우리 기술의 향후 연구개발 방향 결정에 참고하고자 함

라. 특허기술 Landscape

1) 주요 국가별 연도별 출원동향

- 세부기술별 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 등 국가별 특허기술 출원 점 유율을 통해 각 세부기술을 선도하는 국가 파악
- 과거부터 최근까지의 세부기술별 국가별 특허기술 출원의 양적 트렌드를 비교하여 타 국가 대비 국내의 각 세부기술에서의 위치 파악

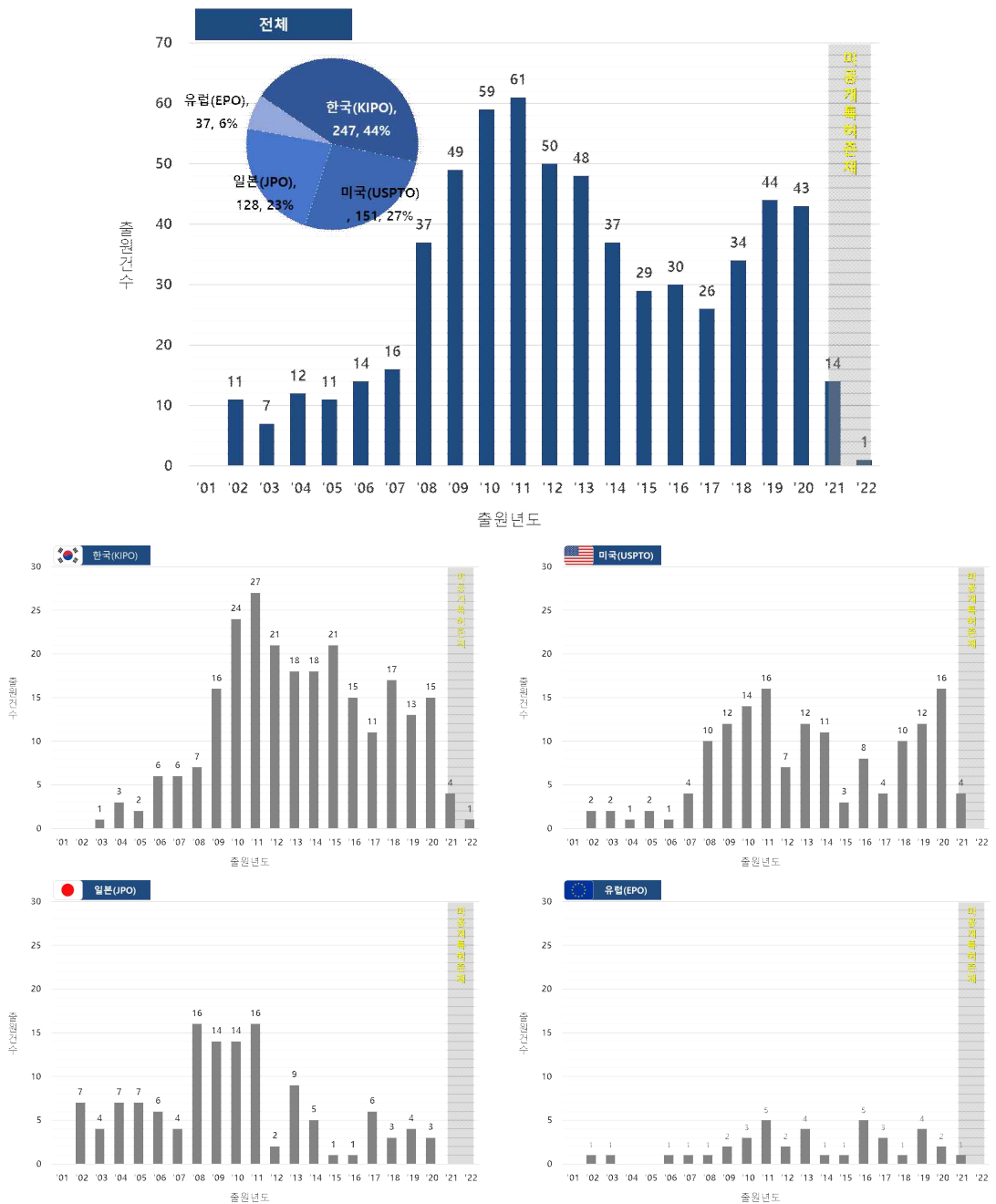


그림 2-81. 주요 국가별 연도별 출원동향

- 탄소공간지도기반기술의 전체 특허 동향을 살펴보면, 분석구간 2008년 이후 급격한 증가세를 보이다가 2011년 이후부터 감소세로 전환한 후, 2017년 이후 최근까지 다시 증가세를 보이고 있어, 관련 R&D가 2010년을 전후로 가장 활발하게 진행되었다가 최근 다시 점차 증가하고 있는 것으로 나타남
 - 본 기술과 관련된 특허 동향에서 2000년대 후반의 가파른 상승세와 2017년 이후의 점진적인 증가세는 한국과 미국의 출원 동향이 반영되어 있음
- 전체 증감 추세를 리딩하는 국가는 2000년대 후반은 한국, 2010년대 중반 이후는 미국인 것으로 분석됨
 - 분석구간 초기구간은 일본의 출원 동향이 영향을 주고 있으며, 이후 2000년대 후반부터 최근까지는 한국과 미국의 전체 특허 정량적 흐름에 영향을 주고 있음
- 국가별 특허기술 출원건수 및 점유율을 비교하면, 한국(KIPO) 247건(44%), 미국(USPTO) 151건(27%), 일본(JPO) 128건(23%), 유럽(EPO) 37건(6%)의 특허가 출원되어, 본 기술은 한국(KIPO)이 가장 많은 특허기술을 점유하고 있는 것으로 나타남
 - 한국(KIPO)은 247건의 특허가 출원된 것으로 나타나며, 2008년 이후 가파른 증가세를 보이다가 2010년 초반부터 중반은 연 20건 내외로 약간의 감소세를 보이다가, 2017년 이후 최근까지는 연 15건 내외의 출원활동을 보임
 - 미국(USPTO)은 151건의 특허가 출원된 것으로 나타나며, 2008년 이후 점진적으로 증가하다가 2011년 이후 다소 출원건수의 변동을 보이다가 2017년 이후 최근까지 뚜렷한 증가세를 보이고 있어 미국에서 최근 관련 R&D가 증가하는 것으로 나타남
 - 일본(USPTO)은 128건의 특허가 출원된 것으로 나타나며, 분석구간 초기인 2000년대 초반은 연간 7건 내외의 건수를 보이다가 2008년~2011년 구간에서는 연간 15건 내외, 그 이후에는 출원건수가 급감하여 연평균 3건 내외의 저조한 출원건수를 나타내고 있음
 - 유럽(EPO)은 37건으로 분석구간 전체에서 미미하게 출원을 지속하고 있는 것으로 나타나는데, 분석의 범위가 되는 유럽특허는 유럽 개별국가별로 직접 출원한 특허가 아닌 유럽특허청(EPO)을 통해 지정국을 정하여 출원하는 건이며, 일반적으로 타 국가 특허와 비교적 기술적 중요도, 상품연계 가능성, 패밀리의 크기가 큰 특징이 있으며, 또한 글로벌 정책으로부터의 영향이 상당히 크다고 할 수 있는데, 건수가 매우 미미한 것은 본 기술분야의 특수성 즉, 공공부문이라는 점에서 기인한다고 볼 수 있음
- 각국에서 적극적인 특허 출원활동이 이루어지지 않는다는 점은 본 기술분야가 갖는 공공성에서 기인한다고 볼 수 있으며, 타국에 비해서 한국의 출원건수가 높은 이유는 국가차원의 R&D 결과물로서 특허출원이 이루어지고 있는 현실이 일부 반영된 것으로, 특허출원건수만 갖고 한국이 타국가에 비해서 R&D가 활발히 이루어지고 있다고 단정할 수는 없음

2) 주요 국가별 내외국인 출원동향

- 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 국가별 특허기술 출원 점유율을 통해 해당 기술을 선도하는 국가 파악

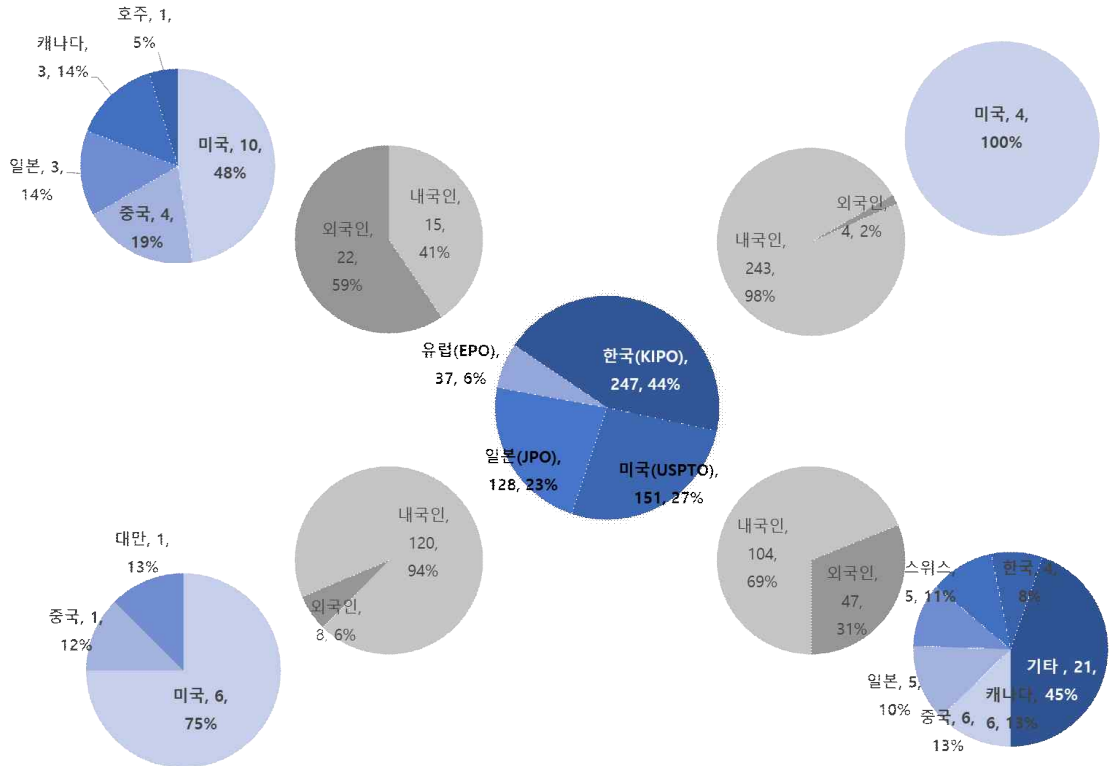


그림 2-82. 주요 국가별 내외국인 출원동향

- 과거부터 최근까지의 국가별 특허기술 출원의 양적 트렌드를 비교하여 타 국가 대비 국내의 기술적 위치 파악
- 국가별 특허기술 출원건수를 비교하면, 한국(KIPO) 247건(44%), 미국(USPTO) 151건(27%), 일본(JPO) 128건(23%), 유럽(EPO) 37건(6%)의 특허건수가 출원되었으며, 내·외국인의 특허출원 비율 및 현황은 국가별로 상이하나, 대부분의 국가에서 자국민 중심의 출원활동을 하고 있는 것으로 나타남
- 자국민 위주의 특허활동은 본 기술분야가 공공부문의 기술로서 대부분 자국기업에 의해 서비스가 이루어지기 때문인 것으로 판단되며, 미국과 유럽은 시장을 공유하는 특성을 고려하면 외국인 비율이 높지 않은 편임
 - 한국(KIPO)의 내·외국인 특허출원 비율 및 현황을 살펴보면, 내국인 98%(243건), 외국인 2%(4건)의 비율이 나타남
 - 타 기술분야에서 통상적으로 나타나는 한국의 특허출원 경향이 내국인 출원 비율 약 70~75%인 것과 비교하여, 내국인 점유율이 매우 높은 경향을 보여주고 있는데, 이는 도시 계획기술분야의 특성상 공공부문의 기술이기 때문에 국내 기업에 의한 점유율이 높고 해외 기업의 진출이 어려운 특성에 기인한 것으로 사료됨

- 미국(USPTO)의 내·외국인 특허출원 비율 및 현황을 살펴보면, 내국인 69%(104건), 외국인 31%(47건)의 비율이 나타남
- 일본(JPO)의 내·외국인 특허출원 비율 및 현황을 살펴보면, 내국인 94%(120건), 외국인 6%(8건)의 비율이 나타남
- 타 기술분야에서 통상적으로 나타나는 일본의 특허출원 경향이 내국인 출원 비율 약 80~85% 내외인 것과 비교하여, 일본 역시 자국 중심의 출원 경향이 강한 것으로 나타나며, 이는 기술 분야의 특성상 공공부문의 기술이기 때문인 것으로 판단됨
- 유럽(EPO)의 내·외국인 특허출원 비율 및 현황을 살펴보면, 내국인 41%(15건), 외국인 59%(22건)의 비율이 나타남
- 유럽특허에서의 내국인은 유럽연합(EU)가입국 국적의 출원인을 의미하고 외국인은 그 외 국적의 출원인을 의미함
- 유럽특허는 기술분야에 따라 내·외국인 비율이 일정하지 않으며, 미국국적의 출원인이 다수인 점을 고려하면 미국과 동일한 시장을 형성하고 있는 것으로 보여짐

3) 특허기술 성장단계

- 분석 대상이 되는 전체 출원 기간을 일정한 구간으로 나누어 구간별 출원건수와 출원인수의 증감 변화를 토대로 해당 기술분야의 특허기술 성장단계를 파악
 - 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 국가별 특허기술 성장단계 비교



그림 2-83. 특허기술 성장단계별 의미

- 특허기술 성장단계 분석에서 출원건수의 증가는 기술개발이 활발한 것을 의미하고 출원인수의 증가는 기술시장에의 신규 진입자가 증가하는 것을 의미하며, 종합적으로 출원건수와 출원인수의 동시 증가는 해당 기술 시장이 확대되고 있다는 것을 의미함
 - 특허기술 성장단계 중 태동기 단계는 출원인과 출원건수의 증가가 시작되는 형태로 이후 연구개발 활동이 활발해질 것으로 예상할 수 있는 단계
 - 성장기 단계는 출원인과 출원건수가 급격하게 증가하는 형태로 본격적으로 해당 기술분야의 연구개발 활동이 이루어지고 있는 단계로 해석할 수 있음

- 태동기와 성장기의 구분은 분석 데이터의 모수 대비 해당 구간의 증가 건수, 기술분야의 특성 및 출원인의 성격 등을 고려하여 판단할 수 있음
- 성숙기 단계는 출원건수의 증가가 다소 주춤하고 출원인수가 감소하는 형태로 일부 선진 출원인만이 출원을 유지하고 그 외 진입자들은 도태가 되는 단계임
- 쇠퇴기 단계는 출원건수 및 출원인수 모두 감소하는 형태로 해당 기술의 시장이 위축되는 단계로 해석할 수 있음
- 회복기 단계는 원천기술을 이용하여 최근 기술 트렌드 및 신규 아이디어 등에 부합하는 기술이 개발되어 시장이 재형성되는 단계로 판단할 수 있음

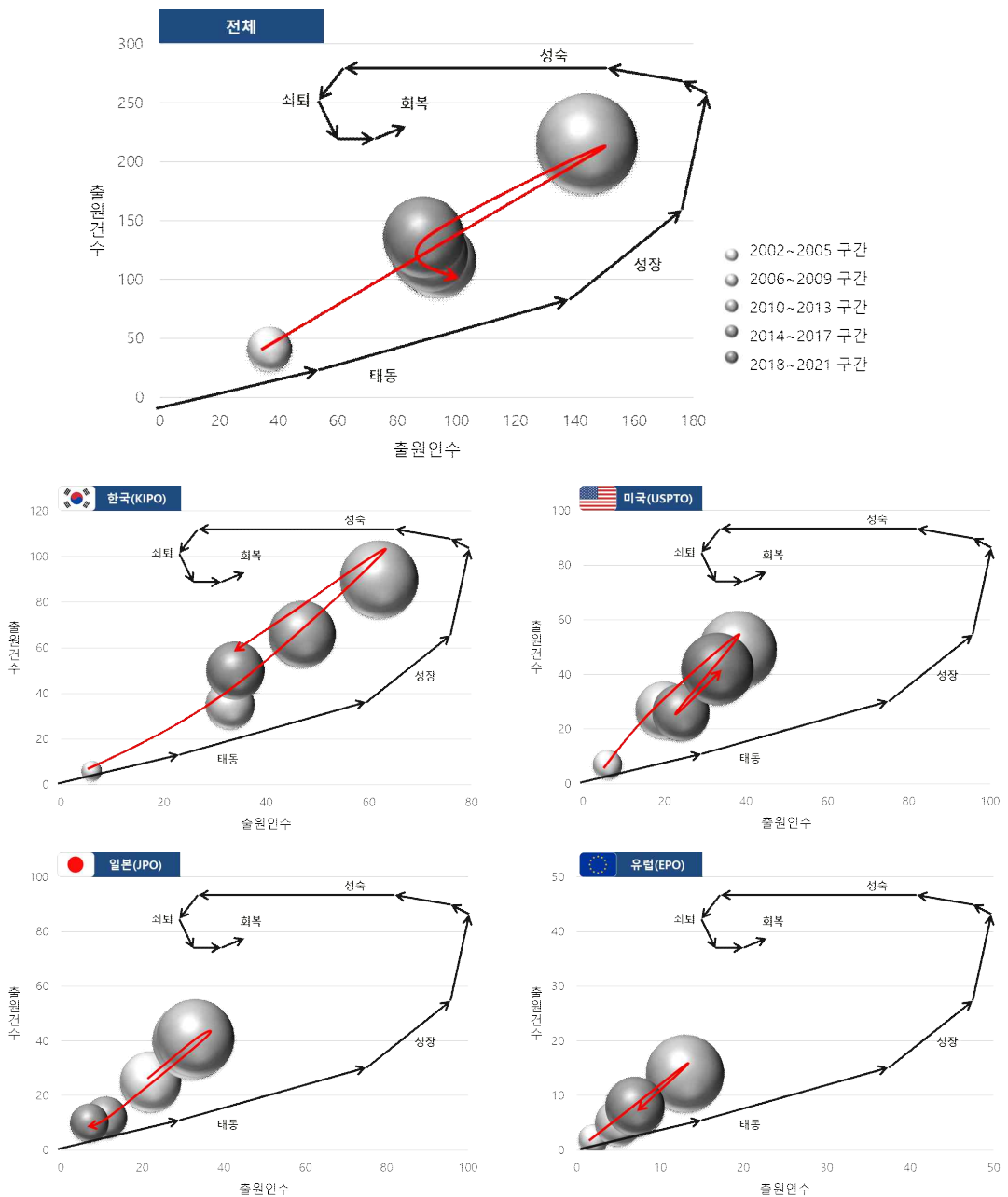


그림 2-84. 주요 국가별 기술성장단계



- 위 그림에서 전체, 미국은 회복기, 한국, 일본, 유럽은 쇠퇴기로 해석될 여지가 있으나, 유럽 및 일본은 건수가 미미하여 의미부여가 어렵고, 본 기술분야는 다출원인들의 출원건수가 적고 출원건수와 출원인수가 크게 차이가 나지 않으며, 출원건수가 증가하면서 출원인수가 감소하는 전형적인 성숙기의 특징이 전혀 드러나지 않았다는 점에서 쇠퇴기나 회복기로 단정하기는 어렵다는 점을 유의해야 함

마. 주요 출원인 분석

1) 주요 출원인 현황

- 다출원 기준 주요 출원인 현황 분석

표 2-21. 다출원 기준 주요 출원인

순위	출원인	국적	기관 성격	출원 건수	주요IP 출원국 (건수,%)					최근5년 출원 증가율	주력 기술분야
					한국	미국	일본	유럽	국제		
1	SOUTHEAST UNIVERSITY	중국	학	15	0 (0.0%)	4 (24%)	0 (0.0%)	3 (18%)	10 (57%)	200%	BA 시뮬레이션
2	HITACHI LTD	일본	산	11	0 (0.0%)	0 (0.0%)	10 (0.0%)	1 (0.0%)	0 (0.0%)	-	AA 배출량산정
3	VERISAE INC	미국	산	10	0 (0.0%)	9 (90%)	0 (0.0%)	1 (10%)	0 (0.0%)	-	AA 배출량산정
4	정도유아이티	한국	산	10	10 (100%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	-100%	BC 플랫폼
5	한양대학교산학	한국	학	9	9 (100%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	50%	BC 플랫폼
6	IBM CORP	미국	산	7	0 (0.0%)	5 (60%)	2 (40%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0%	AA 배출량산정
7	지오투정보기술	한국	산	7	7 (100%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	-	BC 플랫폼
8	PLANETARY EMISSIONS MANAGEMENT	미국	산	7	2 (28%)	2 (28%)	2 (28%)	0 (0.0%)	1 (14%)	-	AA 배출량산정
9	한국건설기술연구원	한국	연	7	7 (100%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0%	AA 배출량산정
10	NTT Communications	일본	산	6	0 (0.0%)	0 (0.0%)	6 (100%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	50%	AA 배출량산정

* 기관특성: (산) 산업계, (학) 학계, (연) 연구계

* 최근5년 출원 증가율: 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율

$$= \left(\frac{\text{최근5년 특허출원건수} - \text{과거 5년 특허출원건수}}{\text{과거 5년 특허출원건수}} \right) \times 100 (\%)$$

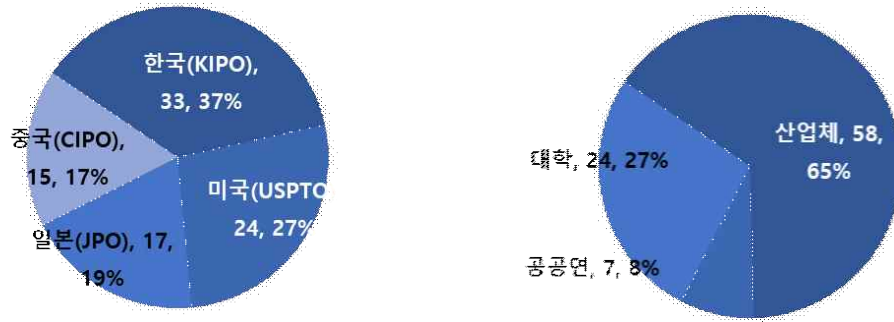


그림 2-85. 다출원 기준 주요 출원인(상위 10위) 국적 및 기관특성 비중

- 본 과제기술과 관련하여 중국 국적의 Southeast University, 한국 국적 기업인 정도유아이티, 한양대학교, 지오투정보기술, 한국건설기술연구원, 일본 국적의 HITACHI, NTT, 미국 국적의 VERISAE, IBM, Planetary emissions management 등이 최다수의 특허를 보유하고 있어, 해당 기술은 다출원 기준으로 한국과 미국이 주도하고 있는 것으로 파악됨.
- 다출원 기준 상위 10위에 해당하는 주요출원인의 국적 비중을 살펴본 결과, 한국 국적의 기관 및 기업이 37%, 미국 국적의 기업이 27%, 일본 국적의 기업이 19%, 중국 국적의 기관이 17%를 차지하였음
- 주요 출원인의 기관특성 비중을 살펴본 결과, 출원인 중 65%가 산업계, 28%가 대학, 공공연이 8%로 나타나, 대학이나 공공연의 비중이 35%로 다른 기술분야에 비해서 다소 높은 편이기는 하나, 정량적으로는 공공연과 대학의 연구개발 활동이 타 분야에 비해서 월등히 활발하다고 보기는 어려움
- 다만, 정성적인 접근에서 본 과제기술과 관련성이 높은 특허가 주로 대학이나 공공연에 의해서 출원되고 있다는 점을 고려해보면 관련 연구는 공공연과 대학이 주도하고 있다고 볼 여지는 있음

○ 국가별 주요 출원인 현황 분석

- 국가별 다출원인을 살펴보면, 미국은 VERISAE, VOLTA ENERGY, IBM, 일본은 HITACHI, NTT, SEIKO EPSON 등이 있으며, 한국은 정도유아이티, 한양대학교, 지오투정보기술, 한국건설기술연구원 등이 상위에 랭크되어 있음

표 2-22. 국가별 다출원 기준 주요 출원인

순위	KIPO		USPTO		JPO		EPO	
	출원인 (국적)	출원 건수	출원인 (국적)	출원 건수	출원인 (국적)	출원 건수	출원인 (국적)	출원 건수
1	주식회사 정도유아이티	10	VERISAE INC	9	HITACHI LTD	10	SOUTHEAST UNIVERSITY	3
2	한양대학교 산학협력단	9	VOLTA ENERGY INC	5	NTT COMMUNICATIONS CORP	6	BMC Software, Inc.	2
3	지오투정보기술	7	INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORP	5	SEIKO EPSON CORP	5	Fundacion Centro de Tecnologias	2
4	한국건설기술연구원	7	NEVER SEARCH INC	5	NEC CORP	4		



순위	KIPO		USPTO		JPO		EPO	
	출원인 (국적)	출원 건수	출원인 (국적)	출원 건수	출원인 (국적)	출원 건수	출원인 (국적)	출원 건수
5	인하대학교 산학협력단	5	VERIZON PATENT AND LICENSING	4	TOYOTA CENTRAL R&D LABS INC	4		
6	대한민국	5	SOUTHEAST UNIVERSITY	4	TOKYO GAS CO LTD	3		
7	한성개발공사	5	Skidmore Owings & Merrill LLP	3	SHIMADZU CORP	3		
8	경북대학교 산학협력단	4	BLUEBEAM INC	3	TOSHIBA CORP	3		
9	한국무역정보통신	4	CRAWFORD GROUP INC	3	MATSUSHITA ELECTRIC IND	3		
10	주식회사 엠투스프트	3	STUBHUB INC	3	DENSO CORP	3		

2) 주요 출원인 특허동향

- 대부분의 기업이 자국 중심의 출원활동을 보이고 있으며, 중국 국적의 SOUTHEAST UNIVERSITY, 미국의 PLANETARY EMISSIONS MANAGEMENT 등이 고른 해외출원을 하고 있으며, 미국 국적의 IBM과 VERISAE가 미국과 유럽을 중심으로 출원활동하고 있음
- 본 과제기술과 관련하여 주요 출원인별 주력하는 세부기술분야를 살펴보면, 랭킹 10위 내의 기업들은 대부분 탄소배출·흡수량 산정기술(AA)와 공간계획지원 플랫폼 기술(BC)에 관련한 특허를 보유하고 있음
- HITACHI, VERISAE, PLANETARY EMISSIONS MANAGEMENT, NTT 등은 소비출·흡수량 산정기술(AA)에 출원비중이 높고, 정도유아이티, 한양대학교, 지오투정보기술 등은 공간계획지원 플랫폼 기술(BC)에 출원비중이 높음
- 중국 국적의 SOUTHEAST, 미국 국적의 IBM과 한국 국적의 한국건설기술연구원 등은 비교적 각 분야에 대해 고른 특허활동을 하고 있는 것으로 나타남

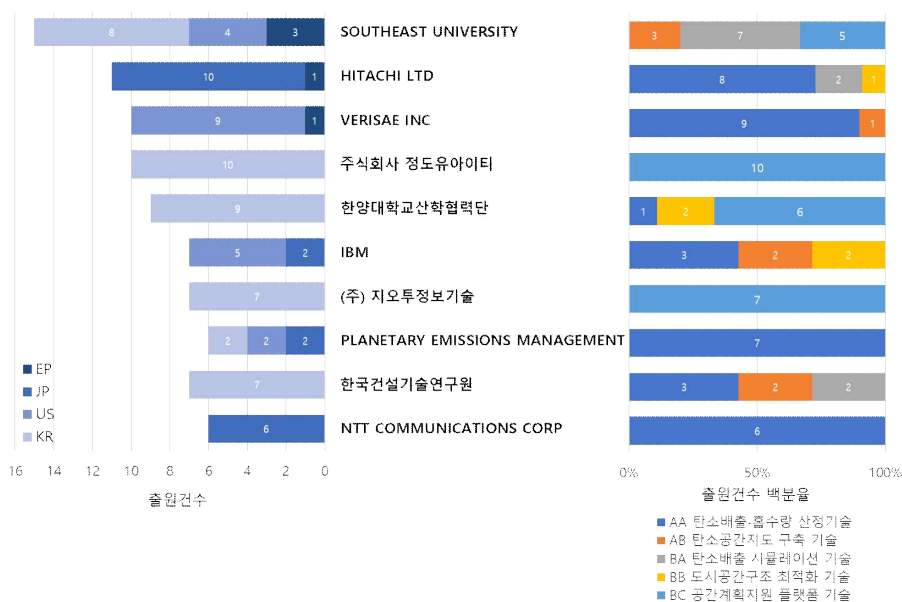


그림 2-86. 다출원 기준 주요 출원인 출원국가 및 기술분야

바. 세부기술별 Landscape

1) 세부기술별 특허동향

○ 탄소배출·흡수량 산정기술(AA)

- 탄소배출·흡수량 산정기술(AA) 분야는 2008년부터 급격히 증가하다가 2012년부터 감소하여 2016년에 저점을 찍고 최근에는 약간 증가세로 전환된 것으로 보이는데, 향후 이러한 증가세가 유지될지 여부에 대한 모니터링이 필요함
- 국가별 점유율을 살펴보면, 한국 38%, 일본 31%, 미국 24%, 유럽 7%로서 한국과 일본이 높은 점유율을 보이고 있어, 한국과 일본이 본 기술분야에 대한 R&D를 가장 활발히 진행하고 있는 것으로 나타남
- 전체 국가점유율에서는 미국이 일본보다 4% 높는데 비해, 본 기술분야에 대한 점유율은 일본이 미국을 7% 앞서는 것으로 나타남

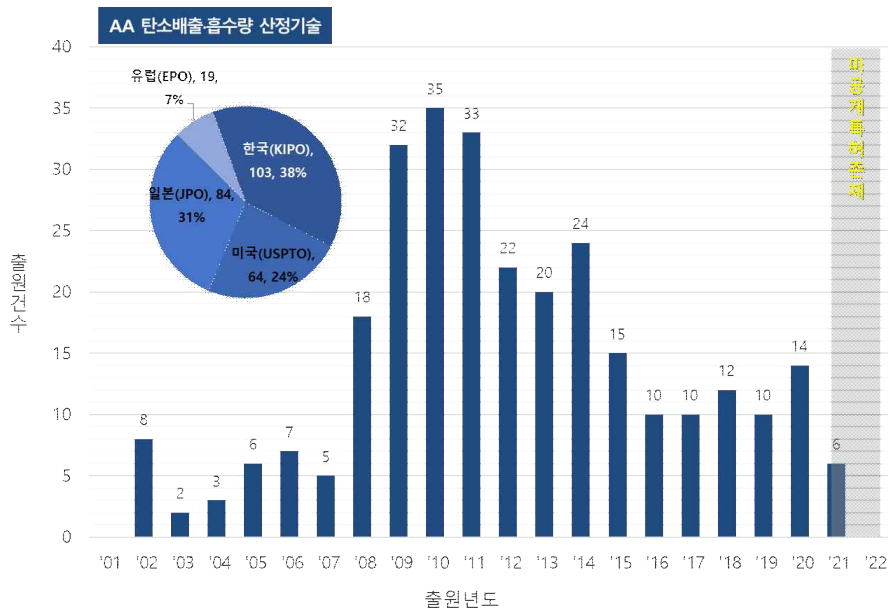


그림 2-87. 탄소배출·흡수량 산정기술(AA) 연도별 동향 및 국가별 점유율

○ 탄소공간지도 구축기술(AB)

- 탄소공간지도 구축기술(AB) 분야는 다소 출원의 증감이 있기는 하나 2000년대 초반부터 최근까지 전체적으로 증가세를 보이고 있음
- 특히, 2019년 최대건을 나타내고 있어, 탄소공간지도 구축기술에 대한 R&D가 최근에 가장 활발히 일어나고 있다고 볼 수 있음
- 국가별 점유율을 살펴보면, 한국 51%, 미국 31%, 일본 12%, 유럽 10%로서 다른 분야와 비교하여 한국의 점유율이 다소 높은 분야로 나타남

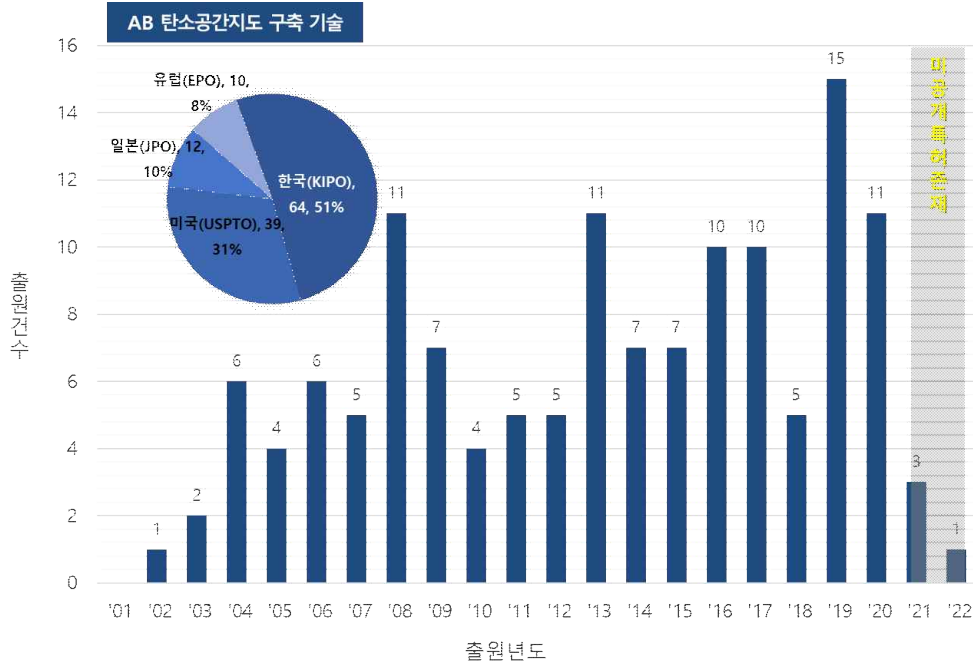


그림 2-88. 탄소공간지도 구축기술(AB) 연도별 동향 및 국가별 점유율

○ 탄소배출 시뮬레이션 기술(BA)

- 탄소배출 시뮬레이션 기술(BA)분야는 전체적으로 출원건수가 매우 미미하여 연도별 출원 추이를 파악하기가 어려움
- 국가별 점유율을 살펴보면, 한국 33%, 미국 27%, 일본 33%, 유럽 7%로서 다른 분야와 비교하여 일본의 점유율이 다소 높은 분야로 나타남

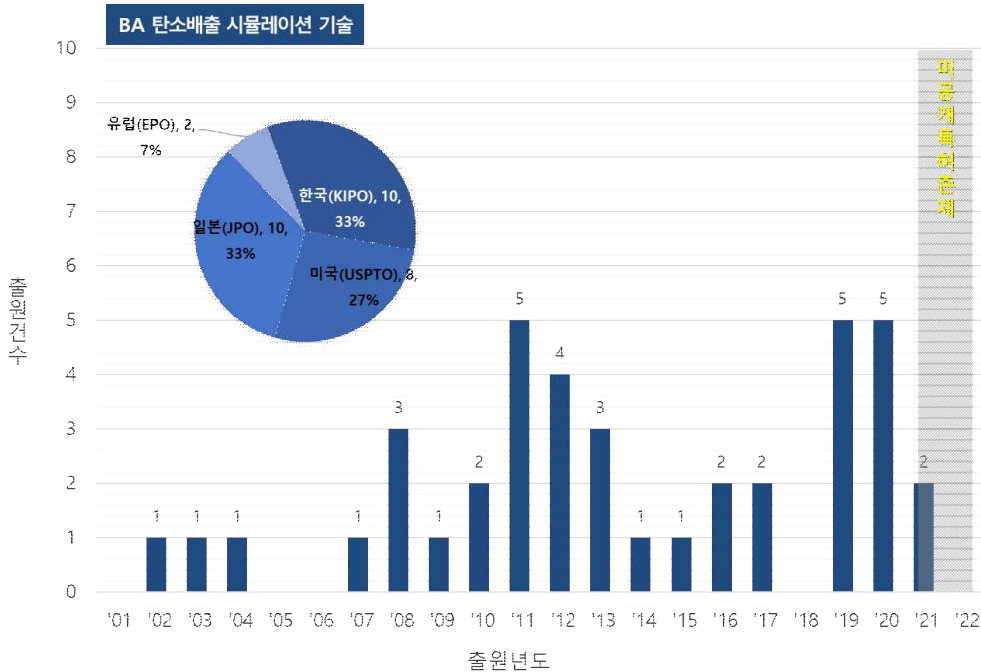


그림 2-89. 탄소배출 시뮬레이션 기술(BA) 연도별 동향 및 국가별 점유율

○ 도시공간구조 최적화 기술(BB)

- 도시공간구조 최적화 기술(BB) 분야는 2000년대 중반부터 증가하여 2011년대에 최대 건수를 보이다가, 2010년대에는 출원의 증감율이 심하게 변화하는 양상을 보임
- 국가별 점유율을 살펴보면, 한국 35%, 미국 31%, 일본 26%로서 각국의 점유율 간 큰 차이가 없는 분야로 나타남

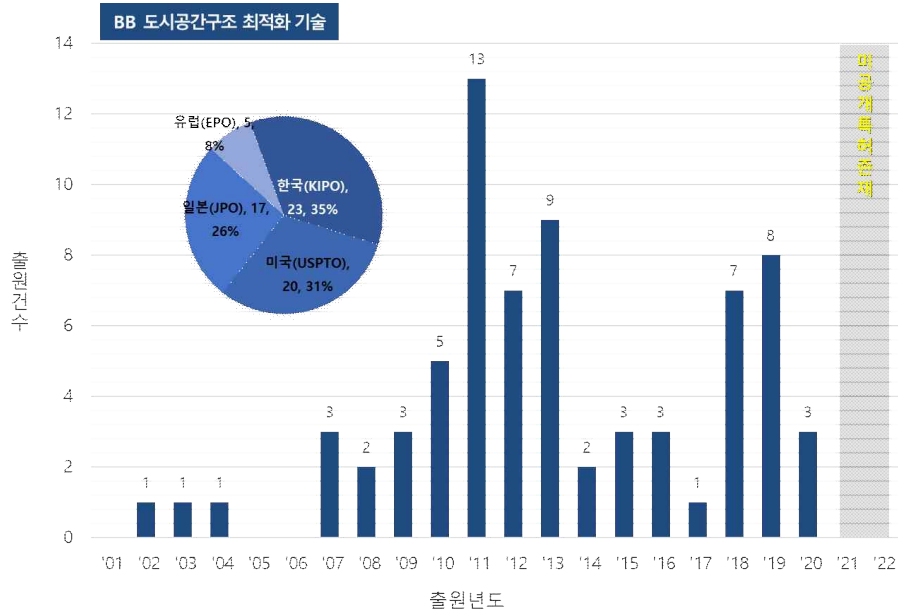


그림 2-90. 도시공간구조 최적화기술(BB) 연도별 동향 및 국가별 점유율

○ 공간계획지원 플랫폼 기술(BC)

- 공간계획지원 플랫폼 기술(BC)분야는 전체적으로 출원의 증감변화가 있기는 하나 전체적으로 연평균 6건 정도의 건수가 꾸준히 유지되고 있음
- 국가별 점유율은 한국 64%, 미국 28%, 일본 7%로서, 한국이 월등한 점유율을 보임

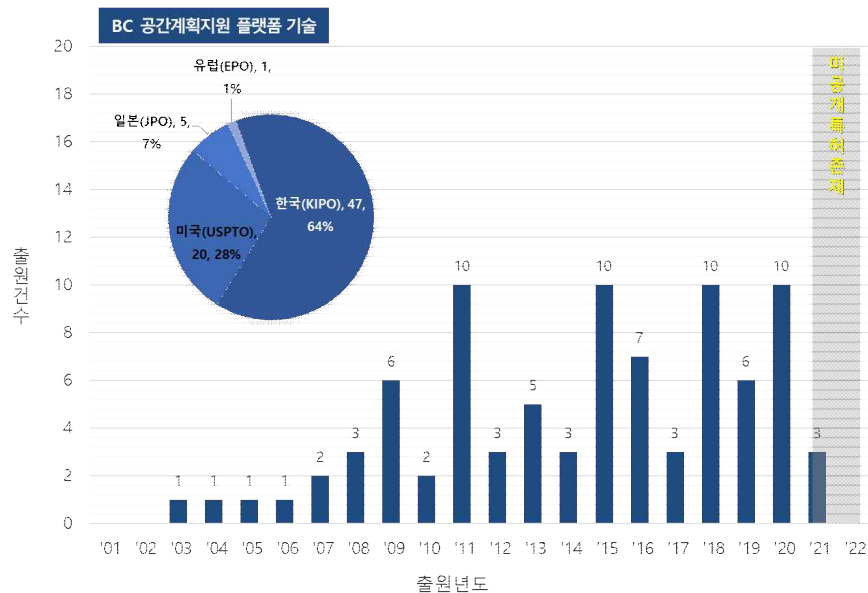


그림 2-91. 공간계획지원 플랫폼 기술(BC) 연도별 동향 및 국가별 점유율



2) 세부기술 주요출원인

- 탄소배출·흡수량산정기술(AA)은 VERISAE, HITACHI, PLANETARY EMISSIONS, NTT, DYNACERT 등이 상위에 랭크되어 있으며, 탄소공간지도 구축 기술(AB)은 NEVER SEARCH, BMC, 대한민국 등이 상위에 랭크되어 있으며, 두 분야는 탄소배출이나 지리적 공간 구축에 대한 소프트웨어 회사, 대기업, 정부 및 공공연 등이 포함되어 있음
- 탄소배출 시뮬레이션 기술(BA), 도시공간구조최적화기술(BB)은 에너지 관련 회사, 도시계획 관련 솔루션 회사, 공공연 등이 다수 포함되어 있음

표 2-23. 국가별 세부기술 점유율 분석

순위	탄소배출·흡수량산정 기술(AA)		탄소공간지도 구축 기술(AB)		탄소배출 시뮬레이션 기술(BA)		BB 도시공간구조 최적화 기술		BC 공간계획지원 플랫폼 기술	
	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수
1	VERISAE	9	NEVER SEARCH	5	SOUTHEAST UNIVERSITY	7	한국무역정보통신	5	정도유아이티	10
2	HITACHI	8	BMC Software,	4	CRAWFORD GROUP	3	Skidmore Owings & Merrill	4	지오투정보기술	7
3	PLANETARY EMISSIONS	7	HITACHI SOLUTIONS LTD	4	MATSUSHITA ELECTRIC	2	VOLTA ENERGY	4	한양대학교산학협력단	6
4	NTT COMMUNICATIONS	6	대한민국	3	MICROSOFT TECHNOLOGY	2	UNIVERSITY OF VIRGINIA ALUMNI	3	SOUTHEAST UNIVERSITY	5
5	SEIKO EPSON	5	STUBHUB INC	3	청주대학교산학협력단	2	TOYOTA CENTRAL	3	한성개발공사	4
6	인하대학교	5	송유현	3	DENSO CORP	2	Fuel Matrix	3	SIDEWALK LABS	4
7	SHIMADZU CORP	3	COMMISSARIA T A L'ENERGIE ATOMIQUE	3	HITACHI	2	MICROSOFT TECHNOLOGY	3	BLUEBEAM INC	3
8	한국전자통신연구원	3	SOUTHEAST UNIVERSITY	3	한국건설기술연구원	2	SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT	3	CITRIX SYSTEMS	2
9	DYNACERT INC	3	HEWLETT PACKARD	2			TOKYO GAS CO	3	ASSET CONSTRUCTION	2
10	IBM CORP	3	경북대학교산학협력단	2			IBM CORP	2	Fractal Planning Solutions	2

3) 세부기술 구간별 점유증가율 분석

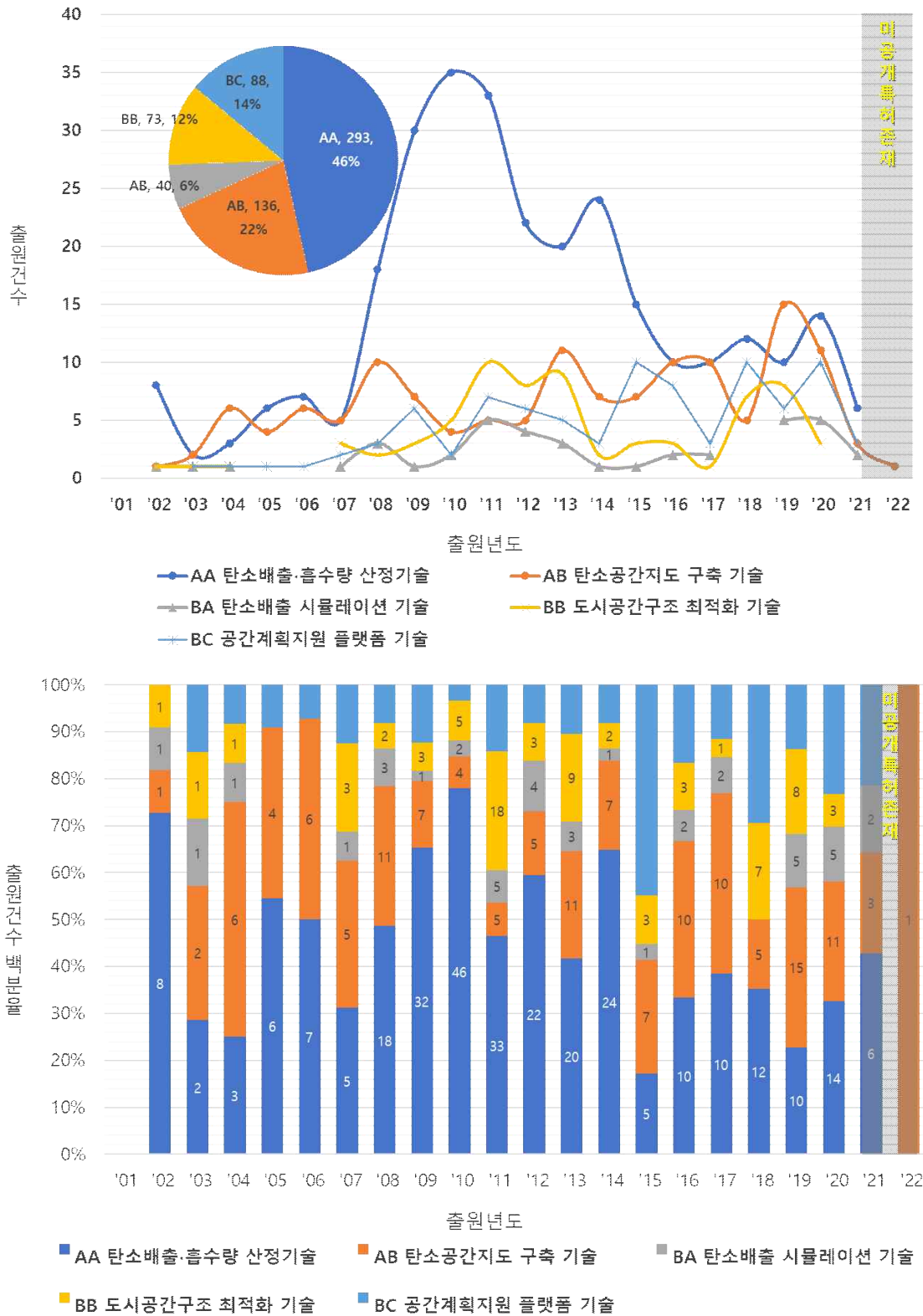


그림 2-92. 세부기술별 점유율 분석

- 본 과제기술의 전체적인 점유율을 살펴보면, 탄소배출·흡수량 산정기술(AA) > 탄소공간지도 구축기술(AB) > 공간계획지원 플랫폼 기술(BC) > 도시공간구조 최적화기술(BB) > 탄소배출 시뮬레이션 기술(BA) 순의 점유율을 나타내고 있음
- 본 과제기술의 세부기술 구간별 점유증가율을 살펴보면, 분석 초기 구간부터 2014년까지는 탄소배출·흡수량 산정기술(AA)의 점유율이 다소 높은 편이나 2014년 이후에는 공간계획지원 플랫폼 기술(BC)의 점유율이 증가한 것으로 나타남
- 탄소공간지도 구축기술은 분석 초기구간과 최근구간에서 2위 정도의 점유율을 유지하고 있는 것으로 나타나 꾸준한 R&D가 이루어지는 분야인 것으로 분석됨

4) 국가별 세부기술 점유율 분석

- 국가별 세부기술 점유율을 살펴보면, 한국은 탄소공간지도 구축기술(AB)과 공간계획지원 플랫폼 기술(BC)의 집중도가 높고, 일본은 탄소배출량·흡수량 산정기술(AA)에 대한 집중도가 높은 반면, 미국은 도시공간구조 최적화 기술(BB)에 대한 집중도가 타국가에 비해 높은 것으로 나타나 관련 R&D 활동이 높은 것으로 분석됨
- 한국은 타국에 비해, 탄소배출 시뮬레이션 기술(BA)과 도시공간구조 최적화 기술(BB)에 대한 집중도가 낮게 나타나 관련 R&D 활동이 저조한 것으로 나타남

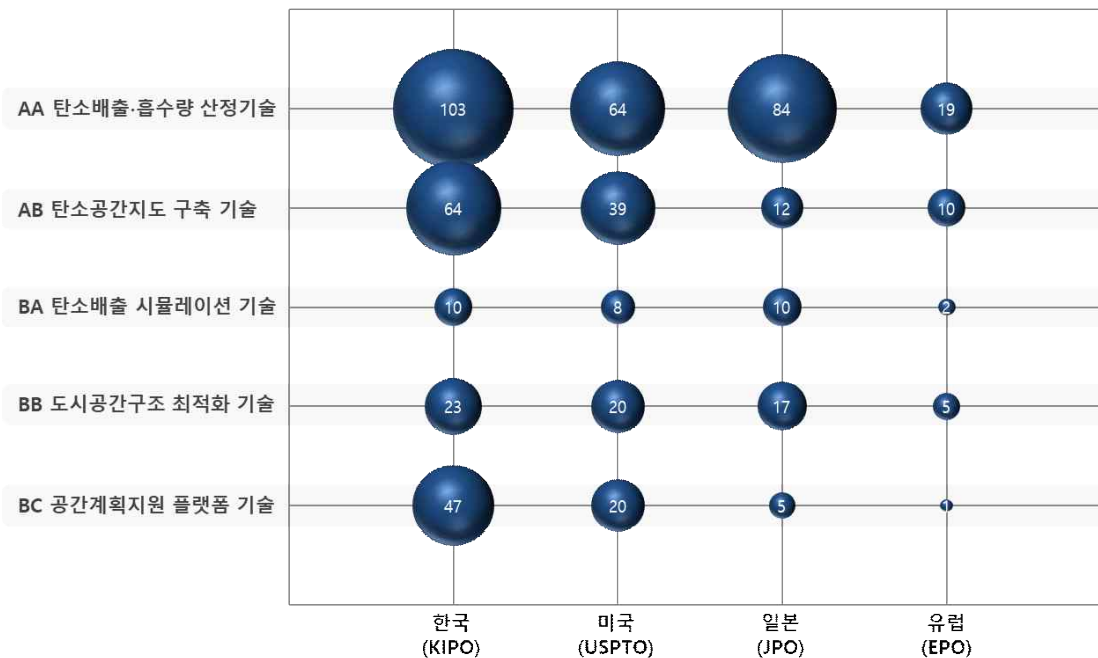


그림 2-93. 국가별 세부기술별 집중도 분석

사. 소결

항목	특허동향
유효데이터 건수 점유율	<ul style="list-style-type: none"> 유효데이터 630건 한국(KIPO) 247건(44%) > 미국(USPTO) 151건(27%) > 일본(JPO) 128건(23%) > 유럽(EPO) 37건(6%) 순임
연도별동향	<ul style="list-style-type: none"> 전체 특허 동향을 살펴보면, 분석구간 2008년 이후 급격한 증가세를 보이다가 2011년 이후부터 감소세로 전환한 후, 2017년 이후 최근까지 다시 증가세를 보이고 있어, 관련 R&D가 2010년을 전후로 가장 활발하게 진행되었다가 최근 다시 점차 증가하고 있는 것으로 나타남 한국은 2011년 최고치 이후 약간의 감소세를 보이고 있으나 최근 연평균 15건 내외를 유지하고 있고, 미국은 최근 5년 분석 기간에서 뚜렷한 증가세를 보이고 있음 일본은 최근 관련 출원건수가 매우 미미하여 관련 R&D가 활발하지 않은 것으로 보이며, 유럽은 전체 분석기간에서 건이 미미하여 동향 파악이 어려움
기술성장 단계분석	<ul style="list-style-type: none"> 전체와 미국은 회복기, 한국, 일본, 유럽은 쇠퇴기로 해석될 여지가 있으나, 유럽 및 일본은 건수가 미미하여 의미부여가 어렵고, 각국에서 전형적인 성숙기의 특징이 전혀 드러나지 않았다는 점에서 회복기나 쇠퇴기로 단정하기 어려움
내외국인 동향	<ul style="list-style-type: none"> 대부분의 국가에서 자국민 중심의 출원활동을 하고 있는 것으로 나타났으며, 이는 본 기술분야가 공공부문의 기술로서 대부분 자국기업에 의해 서비스가 이루어지기 때문인 것으로 판단됨
다출원인 /주요 연구기관	<ul style="list-style-type: none"> 중국 국적의 Southeast University, 한국 국적 기업인 정도유아이티, 한양대학교, 지오투정보기술, 한국건설기술연구원, 일본 국적의 HITACHI, NTT, 미국 국적의 VERISAE, IBM, Planetary emissions management 등이 다수의 특허를 보유하고 있어, 해당 기술은 다출원 기준으로 한국과 미국이 주도하고 있는 것으로 파악 한국은 타국가에 비해서 공공연이나 대학교의 출원비중이 높은 편이고, 타국가에서는 구조물, 건설, 기업의 제품생산, 운송 등의 각 산업활동에서 탄소배출·흡수량을 산정하거나 최적화하는 기술이 산업계에 의해 다수 출원되고 있음
세부기술 점유율 및 동향	<ul style="list-style-type: none"> 탄소배출·흡수량 산정기술(AA) > 탄소공간지도 구축기술(AB) > 공간계획지원 플랫폼 기술(BC) > 도시공간구조 최적화기술(BB) > 탄소배출 시뮬레이션 기술(BA) 순의 점유율을 나타냄
검토의견	<ul style="list-style-type: none"> 조사결과 한국의 점유율이 44%, 한국국적의 출원인이 랭킹 10위 안에 4개인 것으로 나타나 한국이 관련 기술의 특허활동이 가장 활발한 것으로 나타났으나, 이는 한국에서 R&D 결과물로서 특허출원이 이루어지고 있는 현실이 반영된 것으로 보임 본 기술분야는 공공부문의 기술로서 대부분의 국가에서 자국중심의 특허활동이 이루어지고 있음 한국은 타국에 비해 탄소배출 시뮬레이션 기술(BA), 도시공간구조 최적화기술(BB)의 특허활동이 저조한 상황으로, 이에 대한 R&D 투자가 필요함 기업에서 활용 가능한 탄소배출량 산정이나 최적화 기술 등에 대해서는 시장에서 수요가 있고 관련 출원활동이 꾸준하다는 점에서 향후에도 기업의 공장, 건물, 제품생산, 산업활동, 운송 관련 탄소 배출 및 저감 솔루션 관련 특허는 향후 계속적으로 증가할 것으로 예상됨

아. 지재권 중심의 심층분석

1) 핵심특허 분석기준

○ 핵심특허 선정기준

- 유효특허 630건 중에서 본 과제와의 관련성이 높은 특허 총 48건을 주요특허로 선별하였고, 주요특허를 기초로 심층분석을 수행함

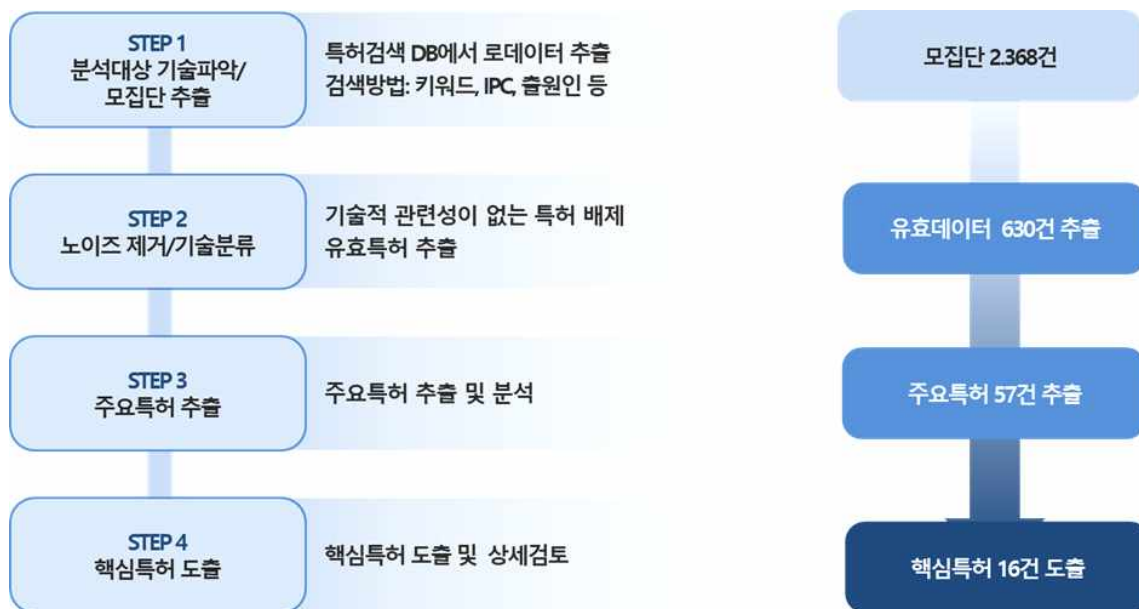


그림 2-94. 핵심특허 선정기준 및 절차

○ 심층분석 항목

- 주요특허에서 본 과제와의 관련성과 권리성을 고려하여 총 11건의 핵심특허를 추출하여 핵심특허분석을 수행하는 한편, 주요특허 57건을 기초로 기술분야별로 기술흐름을 파악하기 위해서 기술흐름도 분석을 실시함

2) 핵심특허 분석

○ 핵심특허 리스트

번호	분류	등록번호/ 공개번호	출원인	발명의 명칭
1	탄소공간지도 구축 기술	KR1733026B1	경북대학교 산학협력단	행정구역별 온실가스 분포 데이터 생성 장치 및 방법
2	도시공간구조 최적화 기술	KR1285348B1	한성개발공사	도시계획시 탄소배출량 저감을 위한 공간배치 시뮬레이션 확인 장치
3	탄소배출·흡수량 산정기술	KR1394130B1	건국대학교 산학협력단	U - C i t y 탄소배출 저감량 산정 시스템 및 그 방법
4	도시공간구조 최적화기술	KR20140140718A	주식회사 케이티	탄소배출저감을 위한 도시 설계요소 생성장치 및 도시 설계요소 생성방법
5	탄소배출 시뮬레이션 기술	KR1661664B1	한양대학교산학 협력단	도시개발 계획에 따른 환경부하 배출량 예측 시스템 및 방법
6	탄소배출 시뮬레이션 기술	US9262729	IBM CORP	Selecting solution for carbon emission prediction
7	탄소배출·흡수량 산정기술	US9524463	THE TRUSTEES OF COLUMBIA	METHODS AND SYSTEMS FOR AUTOMATING CARBON FOOTPRINTING
8	탄소배출·흡수량 산정기술	KR20110017816A	한국전자통신연 구원	온실가스 모니터링 시스템 및 방법
9	탄소공간지도 구축 기술	US20190087757A	CENTRE FOR DEVELOPME NT OF TELEMATICS	GIS Based Centralized Carbon Footprint Monitoring System and Method Thereof
10	탄소배출 시뮬레이션 기술	KR20130090629A	청주대학교 산학협력단	대화형 저탄소 시뮬레이션 시스템
11	공간계획지원 플랫폼 기술	KR1486465B1	청주대학교 산학협력단	저탄소 도시재생사업지구의 통합계획 시스템
12	탄소공간지도 구축 기술	KR1700648B1	주식회사 미래엔에스	지역계획모델에 대한 탄소 배출량 표출 시스템
13	탄소배출·흡수량 산정기술	KR1419686B1	한국건설 기술연구원	탄소 배출량 산출 장치
14	도시공간구조 최적화기술	KR1275131B1	이상현	도시계획시 탄소배출량 저감을 위한 공간배치 시뮬레이션 방법
15	도시공간구조 최적화기술	KR1486466B1	청주대학교 산학협력단	도시재생사업지구의 탄소배출저감형의 토지이용패턴과 교통정책 및 환경정책 통합모형 시뮬레이션 시스템
16	탄소배출·흡수량 산정기술	KR1460146B1	한양대학교 산학협력단	웹 2.0 스마트 카본 그리드 플랫폼

3) IP History 분석

○ 분석 목적

- 특허기술을 시계열적으로 펼쳐 출원인별 혹은 주요 기술별 개발 흐름 및 변화추이를 살펴봄으로써, 과거부터 현재까지의 특허데이터 흐름을 토대로 우리 기술의 향후 연구개발 방향 및 전략에 참고

○ 탄소배출·흡수량 산정기술(AA)

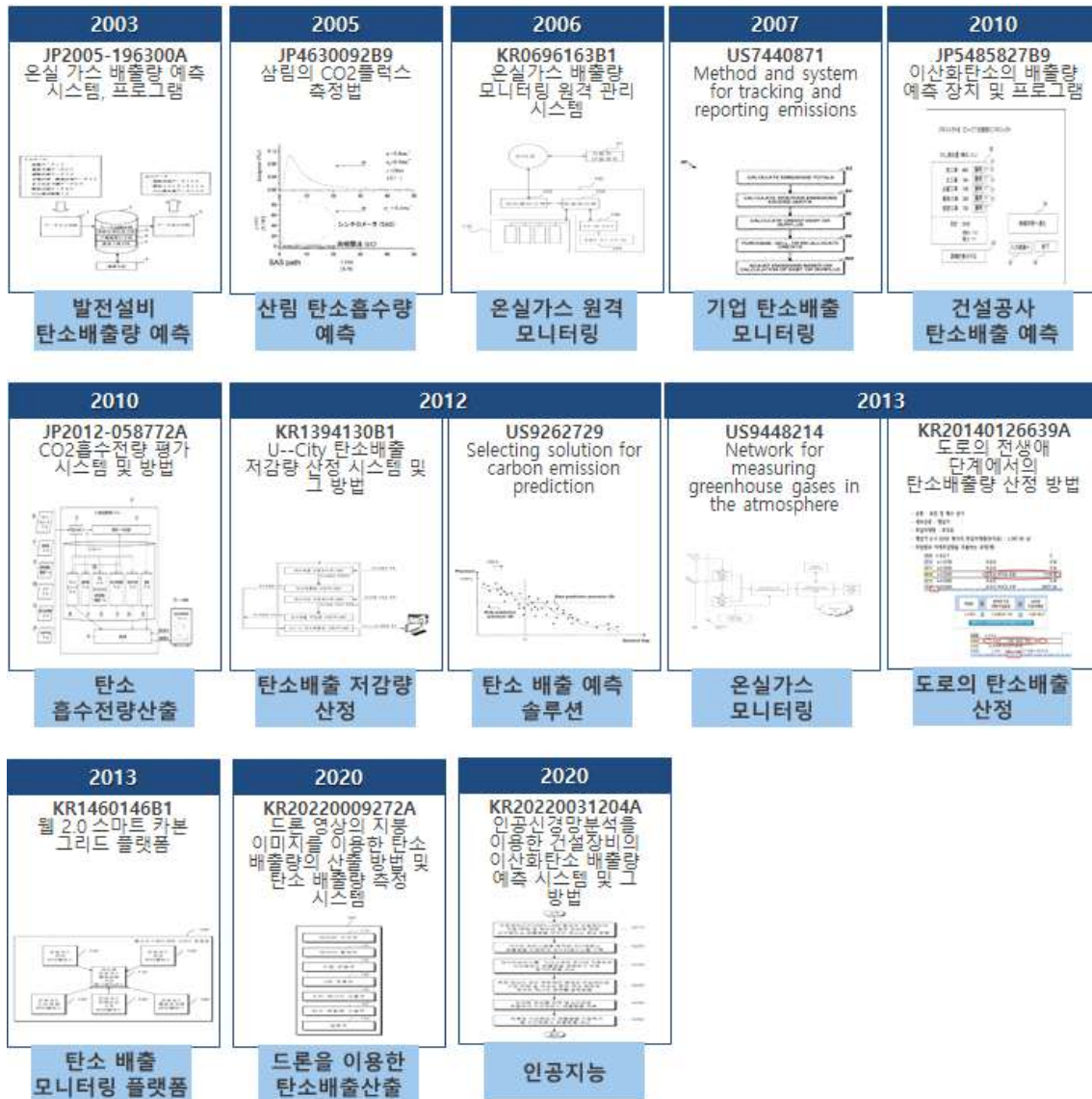


그림 2-95. 탄소배출·흡수량 산정기술(AA) 기술흐름도

- 2000년대 초반부터 2010년 초중반까지는 주로 주요 탄소배출요인인 발전설비, 기업 생산 설비, 제품생산, 건설공사, 도로에 대한 탄소배출량 산정기술 등이 출원되다가 2010년 초중반부터는 다수의 탄소배출원에 대한 네트워크 관리 및 모니터링 기술개발로 발전하는 추이를 보여줌

- 한편, 산림의 탄소흡수량 산정기술은 2000년 중반에 소수의 건이 출원되었고 대부분 수종 등에 의한 산정식 등이 한정되는 형태로 출원된 바 있음
- 최근에는 드론 기술의 활용의 하나로 탄소배출원에 대한 드론 영상을 통해서 탄소 배출량을 추정하는 기술과 인공지능을 이용한 탄소 배출량 산정기술 등이 새롭게 출원되고 있어 향후에도 탄소배출량 산정기술분야에서는 AI를 이용한 영상분석을 통한 추정이나 인공지능 등을 활용한 예측 기술이 더욱 활발히 개발될 것으로 보임

○ 탄소공간지도 구축기술(AB)

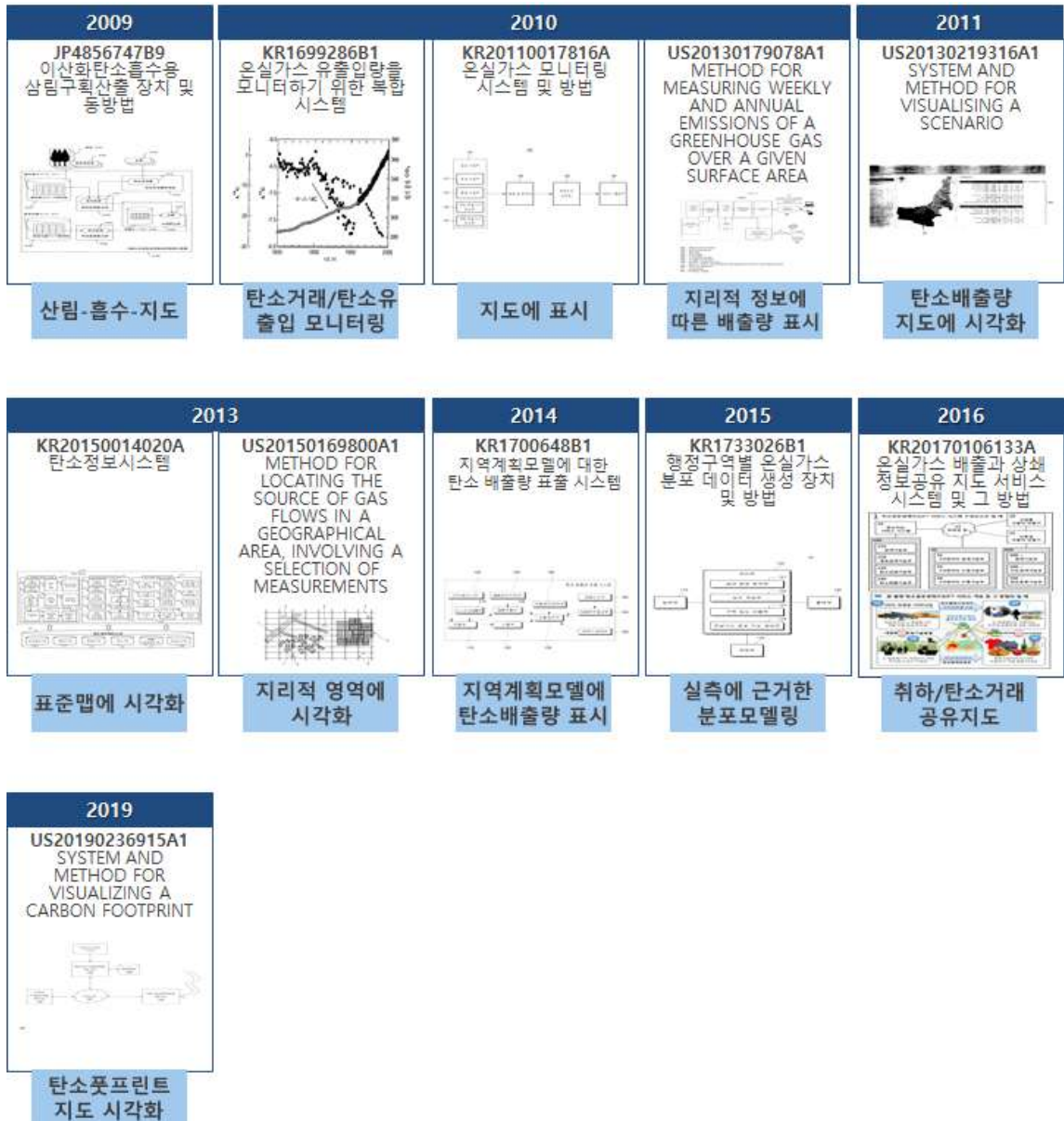


그림 2-96. 탄소공간지도 구축기술(AB) 기술흐름도

- 2000대 후반부터 탄소배출량 또는 흡수량을 지도공간상에 시각화하는 기술이 개발되었으며, 2010년 중반부터는 지역계획모델 또는 행정구역별 탄소배출량을 모델링하여 시각화하는 기술이 개발됨

- 2010년 중후반부터는 탄소공간지도 구축에 기반하여 탄소 거래를 위한 공유 서비스나 탄소 풋프린트를 공유하기 위한 지도 서비스 등이 개발되는 추이를 보여주고 있음
- 향후에도 탄소공간지도 구축을 전제로 이 정보를 활용해서 개인이나 기업에 정보 서비스하기 위한 기술들이 개발될 것으로 보임

○ 탄소배출 시뮬레이션 기술(BA)

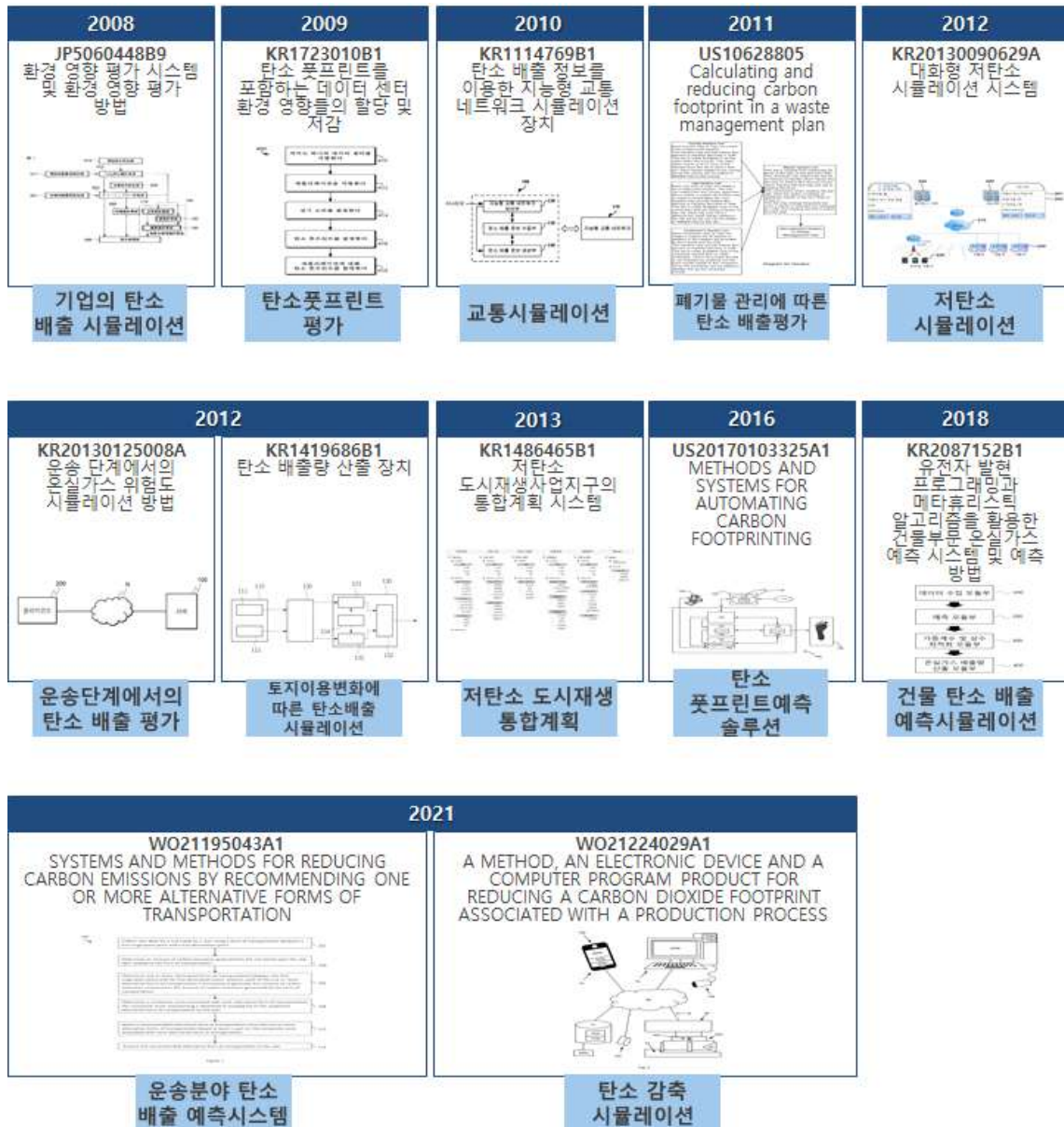


그림 2-97. 탄소배출 시뮬레이션 기술(BA) 기술흐름도

- 2000년대 후반부터 최근까지 기업 생산, 제품, 시설, 교통, 폐기물, 운송, 토지, 건물 등 각 배출원에 대한 탄소배출 시뮬레이션 기술이 꾸준히 개발되어 왔으며, 2012년 이후로는 저탄소 또는 탄소감축을 위한 시뮬레이션 기술이 개발되는 추세에 있음

- 도시계획에 따른 시뮬레이션 기술은 2010년 초중반에 국가과제의 산출물로서 소수의 건이 출원되었으나 최근에는 도시계획 관련 탄소 배출이나 감축 관련 기술이 거의 출원되고 있지 않는데, 이는 공공부문의 기술 특성상 특허출원보다는 논문이나 연구개발보고서 등으로 기술이 공개되고 있는 것으로 판단됨
- 따라서, 본 기술분야는 공공부문보다는 기업에서 수요가 있는 생산, 제품, 운송 등의 과정에서의 탄소 배출이나 저감 시뮬레이션 기술에 관한 특허출원이 꾸준히 이루어질 것으로 보임

○ 도시공간구조 최적화 기술(BB)

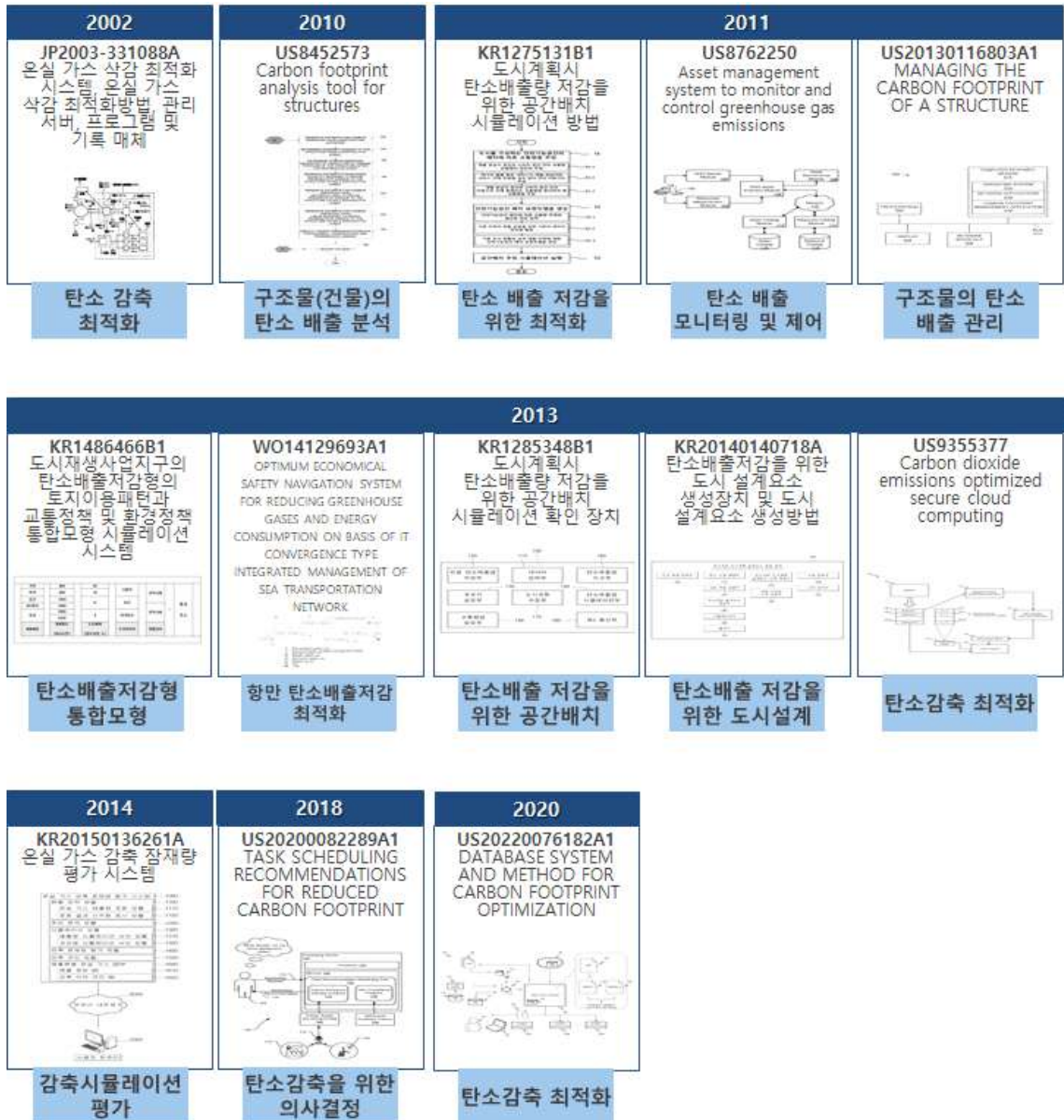


그림 2-98. 도시공간구조 최적화 기술(BB) 기술흐름도

- 2002년부터 2010년 초중반까지는 탄소의 주요 배출원인 생산시설, 구조물, 항만, 제품생산 과정에서 탄소 배출을 저감하기 위한 최적화기술이 개발되어 왔고, 도시계획분야에서는 2010년 이후부터 2010년 중반까지는 탄소배출을 저감하기 위한 공간배치의 최적화, 도시

설계요소의 생성, 저탄소를 위한 도시재생사업 설계 최적화 등 관련 기술개발이 이루어졌으며, 2010년 중반 이후에는 다수의 배출원 정보를 획득할 수 있는 클라우드 시스템이나 데이터베이스 시스템을 이용해서 전체적인 탄소감축을 위한 최적화(제품, 시설 등) 기술의 개발이 이어져 오고 있는 추세

- 본 기술분야도 탄소배출 시뮬레이션 기술(BA) 분야와 마찬가지로 공공부문의 기술 특성상, 공공부문 보다는 기업에서 수요가 있는 생산, 제품, 운송 등의 과정에서의 탄소 배출을 저감하기 위한 최적화 기술개발에 관한 특허출원이 향후에도 이루어질 것으로 보임

○ 공간계획지원 플랫폼 기술(BC)

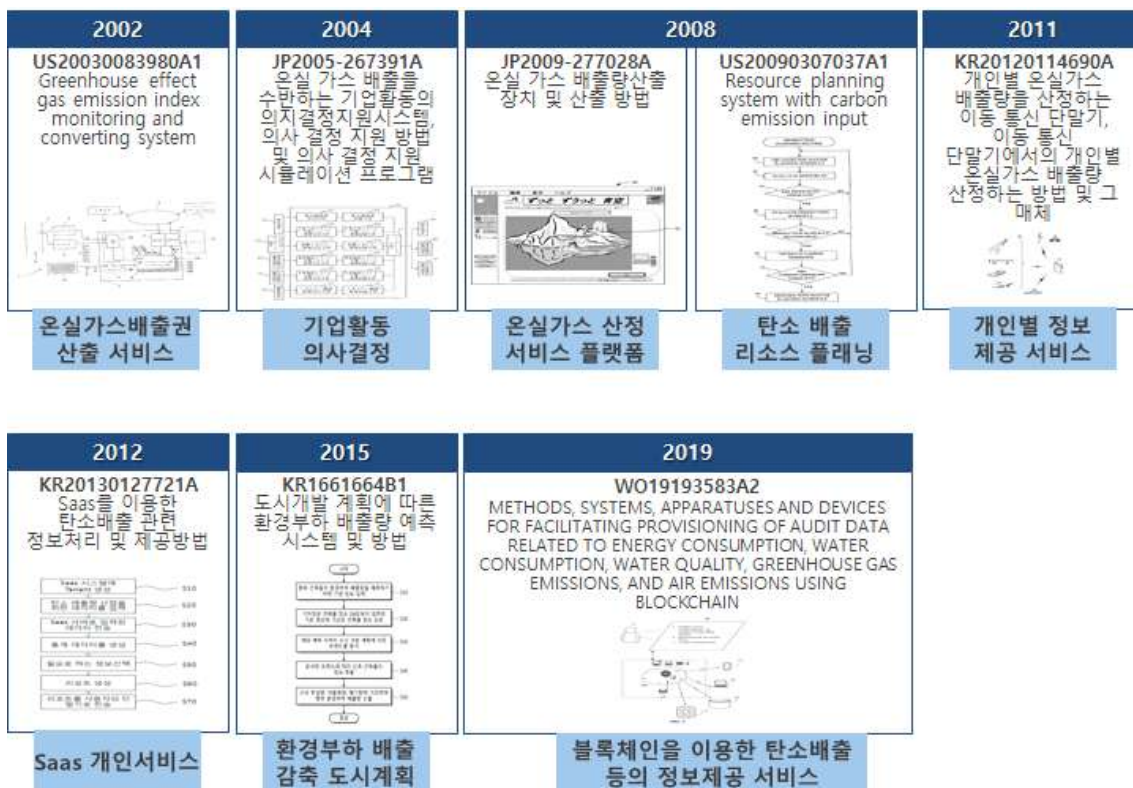


그림 2-99. 도시공간구조 최적화 기술(BB) 기술흐름도

- 2000년대 초반부터 2010년 초반까지 온실가스 배출 산출을 위한 개인, 기업, 및 정보 제공을 위한 온라인 플랫폼 서비스 관련 기술개발이 이루어졌으며, 공간계획지원을 위한 플랫폼 서비스는 2000년대 후반부터 관련 리소스 플래닝이나 환경부하 배출감축을 위한 도시계획 지원 기술이 개발되어 왔음
- 2010년 초반에는 IT 기술이 적용된 클라우드 시스템을 이용한 SaaS 개인 서비스 등이 탄소 배출 정보 제공 서비스 플랫폼 기술로 개발되었고, 최근에는 블록체인을 이용한 탄소배출 등의 정보제공 서비스 플랫폼 기술이 개발되는 추세임
- 향후에는 탄소배출 관련 정보를 온라인을 통해 개인이나 기업을 통해 수집하고, 수집한 데이터를 가공 처리하여 개인이나 기업에 탄소 배출 관련 정보나 의사결정을 위한 서비스를 제공하는 다양한 플랫폼 서비스가 개발될 것으로 예상됨

자. 종합결론

1) 특허동향분석 결론

- 본 기술분야는 공공부문의 기술의 특성상 대부분의 국가에서 자국중심의 특허활동이 이루어지고 있으며, 탄소저감이 이슈가 되던 2000년대부터 발전설비나 제품, 제조, 생산, 운송 등에서 탄소배출량을 산정하고 모니터링 및 저감을 위한 기술들이 꾸준히 출원되어 왔으며, 도시계획과 관련해서는 한국에서 관련 국가 R&D가 진행되었던 2010년 초반부터 중반에 관련 특허출원이 집중되어 있음
- 전체 연도별 특허동향은 2010년 초중반의 1차 증가세 이후 감소세에서 현재는 일정 건수가 유지되는 상황으로, 현재는 관련 R&D가 2010년 초중반에 비해서는 저조한 것으로 나타남
- 국가별 점유율을 살펴보면, 한국의 점유율이 전체에서 44%로 가장 높고, 한국(KIPO) 247건(44%) > 미국(USPTO) 151건(27%) > 일본(JPO) 128건(23%) > 유럽(EPO) 37건(6%) 순이고, 한국국적의 출원인이 랭킹 10위 안에 4개인 것으로 나타나 정량데이터로 볼 때 한국이 관련 기술을 주도하고 있는 것으로 나타남
- 한국은 국가과제 성과물로서 특허출원이 이루어지고 있으며, 2010년 초중반에 탄소배출과 관련한 도시계획 관련 R&D가 다수 진행된 점을 고려하면, 한국이 특허출원건수가 많다고 해서 타 국가에 비해서 관련 R&D가 더 활발하다고 단정하기는 어려움
- 다출원인 상위 10위는 중국 국적의 Southeast University, 한국 국적 기업인 정도유아이티, 한양대학교, 지오투정보기술, 한국건설기술연구원, 일본 국적의 HITACHI, NTT, 미국 국적의 VERISAE, IBM, Planetary emissions management 등으로, 한국과 중국은 대학과 공공연, 미국은 솔루션 회사, 일본은 대기업 중심으로 특허활동이 이루어지고 있음
- 세부기술별 점유율을 살펴보면, 탄소배출·흡수량 산정기술(AA) > 탄소공간지도 구축기술(AB) > 공간계획지원 플랫폼 기술(BC) > 도시공간구조 최적화기술(BB) > 탄소배출 시물레이션 기술(BA) 순의 점유율을 나타내고 있음

2) 지재권 중심의 심층분석 결론

- 본 과제기술과 관련성이 가장 높은 기술은 한국에서 관련 국가 R&D가 진행되었던 2010년 초반부터 중반에 과제산출물로 출원된 건에 의해 기본적인 아이디어는 모두 공개된 상태이며, 대부분 현재는 특허권이 소멸된 상태로서 특허 침해이슈 등은 없을 것으로 예상됨
- 탄소배출·흡수량 산정기술(AA)은 주요 탄소배출요인인 발전설비, 기업 생산설비, 제품생산, 건설공사, 도로에 대한 탄소배출량 산정기술로부터, 다수의 탄소배출원에 대한 네트워크 관리 및 모니터링 기술개발로 발전하는 추이를 보여주고 있음
- 탄소공간지도 구축기술(AB)은 탄소배출량 또는 흡수량을 지도공간상에 단순히 시각화하는 기술에서 지역계획모델 등에 탄소배출량을 모델링하여 시각화하는 기술로 발전하였고, 최근에는 탄소공간지도 구축에 기반하여 탄소 거래를 위한 공유 서비스나 탄소 풋프린트를 공유하기 위한 지도 서비스 등이 개발되는 추이를 보여주고 있음
- 탄소배출 시물레이션 기술(BA)은 기업 생산, 제품, 시설, 교통, 폐기물, 운송, 토지, 건물 등 각 배출원에 대한 탄소배출 시물레이션 기술로부터 저탄소 또는 탄소감축을 위한 시물레이션 기술이 개발되는 추세임
- 도시공간구조 최적화 기술(BB)은 2010년~2010중반에는 탄소배출을 저감하기 위한 공간배

치의 최적화, 도시 설계요소의 생성, 저탄소를 위한 도시재생사업 설계 최적화 등 관련 기술 개발에서 2010년 중반 이후에는 다수의 배출원 정보를 획득할 수 있는 클라우드 시스템이나 데이터베이스 시스템을 이용해서 전체적인 탄소감축을 위한 최적화(제품, 시설 등) 기술의 개발이 이어져 오고 있는 추세임

- 공간계획지원 플랫폼 기술(BC)은 리소스 플래닝이나 환경부하 배출감축을 위한 도시계획지원 기술로부터 IT 기술이 적용된 클라우드 시스템을 이용한 SaaS 개인 서비스, 블록체인 등이 탄소배출 정보 제공 서비스 플랫폼 기술로 발전하는 추세임

3) 결론종합

- 주요 탄소배출요인인 발전설비, 기업 생산설비, 제품생산, 건설공사, 도로에 대한 탄소배출량 산정기술, 시뮬레이션 기술, 저감을 위한 의사결정, 최적화 기술들이 대기업이나 솔루션 기업을 통해 꾸준히 출원되고 있으며, 도시계획에 관한 탄소배출이나 시뮬레이션 기술들은 이에 비해서는 소수의 건으로 공공연이나 대학 등에 의해 출원되고 있음
- 향후에는 AI 등을 이용한 영상분석을 통한 추정이나 인공지능 등을 활용한 예측 기술, 탄소공간지도 구축을 전제로 이 정보를 활용해서 개인이나 기업에 정보 서비스하기 위한 기술, 기업에서 수요가 있는 생산, 제품, 운송 등의 과정에서의 탄소 배출을 저감하기 위한 시뮬레이션 및 최적화 기술, 탄소배출 관련 정보를 온라인을 통해 개인이나 기업을 통해 수집하고, 수집한 데이터를 가공 처리하여 개인이나 기업에 탄소 배출 관련 정보나 의사결정을 위한 서비스를 제공하는 다양한 플랫폼 서비스에 관한 기술개발이 활발히 이루어질 것으로 보임

차. 시사점

- 한국의 특허 점유율을 가장 높기는 하나, 이는 2010년 초중반에 진행되었던 국가 R&D의 영향이 있는 것으로 보여지며, 한국이 타국에 비해 탄소배출 시뮬레이션 기술(BA), 도시공간구조 최적화기술(BB)의 특허활동이 저조하다는 점에서, 관련 분야의 R&D 투자가 더욱 필요한 것으로 보임
- 현재 주요 배출원에 대한 탄소배출량 산정이나 DB 구축, 탄소공간지도 구축, 도시계획에서의 활용 등에 대해서는 기술개발이 어느 정도 이루어졌으나, 도시계획에 따른 탄소배출량이나 저감량을 정확하게 산정하거나 예측하기 위해서는 더 많은 데이터, 다양한 예측 모델과 통합 모델이 필요하다는 점에서, 다양한 데이터와 모델의 획득방안이 우선시 되어야 할 것으로 보이며, 이러한 데이터 획득이나 모델 생성을 위한 인공지능이나 클라우드 시스템을 활용한 기술들에 대한 R&D가 필요할 것으로 판단됨

제5절 유사과제 분석 및 기존 기술(연구)와의 차별성

1. 유사과제 분석방법

- 국가과학기술종합정보서비스의 과제현황을 바탕으로 유사과제 선정 후 각 과제의 세부내용을 기술하고 사업주관기관, 연구내용 및 성과물, 차별성 및 연계방안으로 구분
- 탄소중립, 온실가스, 도시열섬, 탄소중립도시를 주요 키워드로 적용하고 도시계획 분야 과제를 선정하여 내용적 유사성과 차별성을 검토하였음
 - 분석용 키워드는 ‘탄소중립* 도시계획|(온실가스 도시계획)|(도시열섬 도시계획)|탄소중립 도시’

표 2-24. 유사과제 분석 주요 키워드 설명

주요키워드	키워드 설명	비고
탄소중립	탄소배출과 흡수량이 같아지는 것으로 온실가스 순배출량이 0이 되는 상태로, 기후변화대응을 위한 연구과제	기후변화, 도시열섬
온실가스	대기를 오염시켜 온실효과를 일으키는 가스로, 온실가스 저감을 위한 기술개발 연구과제	온실가스, 탄소 CO2
탄소중립도시	탄소중립, 탄소배출저감, 넷제로를 위한 도시전반에 걸친 계획 및 설계 관련 연구과제	검색연구를 도시계획 유관분야로 한정하기 위해 적용

- NTIS(국가과학기술지식정보서비스)시스템을 활용하여 유사·중복 검토한 결과, 유사과제 595건이 검색되었으며 이 중 과학기술표준분류가 ‘도시계획’에 해당되는 과제는 42건임
- 분석과제는 탄소중립도시 관련 유사과제 42건 중 기반구축, 인력양성, 국제협력, 정책 개발 등 과제를 제외한 26건에서 기획과제를 제외하여 16건 과제를 선정함

2. 유사과제 검토 결과

- 유사과제 검토 결과 2015년부터 2020년까지 과제 수는 1.7배, 연구비는 2.5배 증가하여 매년 지속적으로 증가하는 추세임
 - 칸쿤합의(2010), 파리협정(2015)이후 탄소중립관련 과제수 및 연구비가 증가
 - 부처별 비중은 과제 총 연구비는 국토교통부, 연구수는 교육부(연구재단)가 가장 크게 차지
 - 국토부는 탄소중립 키워드 관련 연구를 다수 수행하였고, 친환경생태도시와 관련하여 열섬, 빗물, 폐기물 등 부문별 연구개발이 수행되었으며, 그 외 부처에서 에너지, 수소 관련 과제가 구성됨
 - 2011년 이후 탄소저감 도시계획시스템이 개발되었으나, 실용화되지 못하였으며 기존 연구과제의 기술활용 및 한계점을 보완하고 기술성과물의 실증 및 리빙랩으로 실용화가 필요하다 판단됨



표 2-25. 유사과제 리스트

연도	부처명	과제명	연구기관(책임자)	연구비 (백만원)
2021	국토부	기후위기 대응 탄소중립 시대를 위한 도시 그린인프라의 탄소흡수 증대 및 물·열순환 개선 평가 기술 개발	연세대(김연주)	160
2021	국토부	토지-교통모델 연계 시스템 개발과 탄소제로 달성을 위한 대중교통 연계 퍼스널 모빌리티 동행분석 모형 개발 및 활성화 방안 수립	명지대(손영태)	160
2020	환경부	도시 생태계 탄소저장능력 향상을 위한 탄소저장량 평가 기술 및 토양	경희대(유가영)	923
2020	국토부	온실가스 저감형 국토·도시 공간계획 및 온실가스 저감기술 실증	LH(이은엽)	1,084
2020	국토부	정주지, 기타토지부문 온실가스 산정 기술개발	호서대(이건원)	2,531
2020	환경부	도시 열 스트레스 취약 공간 생태계 서비스 향상 구조/소재/공법 개발	서울대(이동근)	920
2019	국토부	저탄소 에너지효율화 기술 기반 에너지공유 커뮤니티 구축 기술 개발	KIER(윤재호)	640
2017	국토부	POST-2020 대응 건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축 잠재량 분석 기술 개발	KICT(정영선)	638
2017	산림청	신기후체제 대응을 위한 생활권 도시림의 탄소흡수원과 다원편익 증진을 위한 조성·관리·평가모델 및 기술개발	강원대(조현길)	255
2015	국토부	건물에너지 20%저감 및 도심보행자 쾌적성 30%향상을 위한 도시열섬 저감 적용기술	세종대(권철웅)	67
2015	국토부	열섬저감 도시공간 설계기술 개발	한양대(오규식)	385
2015	국토부	도시 열발생 및 저감 기여도 산정 및 모니터링 기술개발	서울대(이동근)	196
2014	국토부	건축물 유형별 상세 에너지사용량 정보 획득 및 분석기술 개발	이화여대(송승영)	400
2014	국토부	자족형 자원순환 주거단지 실증연구	LH(오정익)	1,496
2014	국토부	저에너지 건축물 보급 및 확산을 위한 건축물 에너지통합지원시스템 개발	KICT(이승언)	538
2012	국토부	도시표면온도 저감이 가능한 태양열 차단 보도블럭 개발	(주)에코청진(정봉원)	400



그림 2-100. 유관과제 과제수 및 연구비

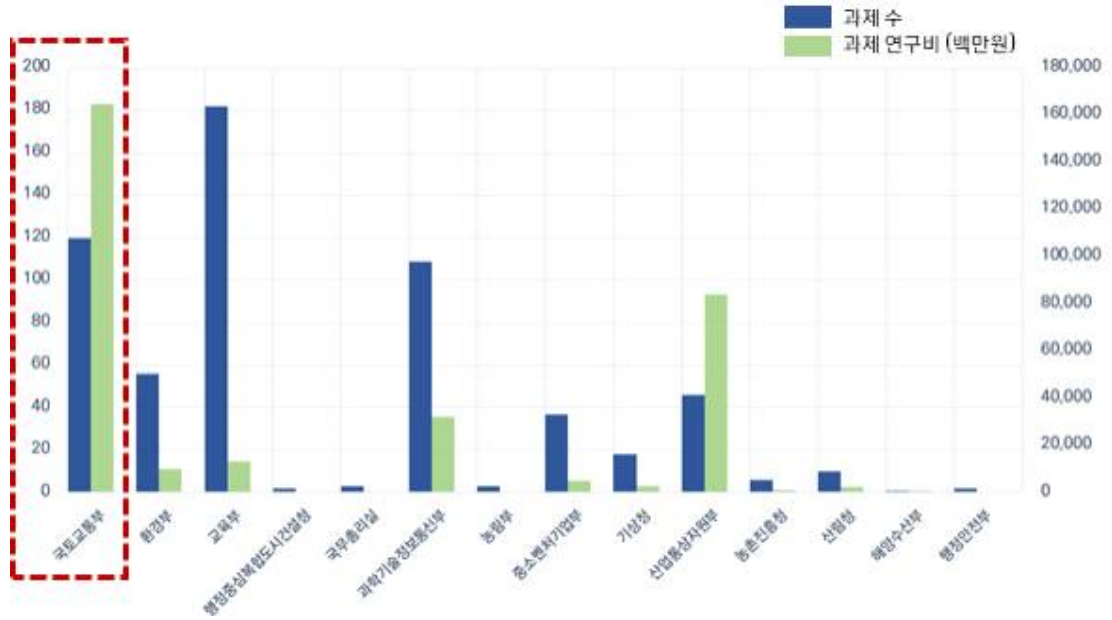


그림 2-101. 유관과제 부처별 과제수 및 연구비

3. 주요 선행과제 차별성 및 연계방안

타 연구과제명	사업주관기관 (지원기관)	주요연구내용 및 성과물	차별성 및 연계방안
빅데이터 기반 인공지능 도시계획 기술개발 ('22~'26)	국토연구원 (국토교통과학기술진흥원)	<ul style="list-style-type: none"> (주요연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 인공지능 기술로 실시간 빅데이터를 분석·학습하여 토지이용 변화수요를 예측하고 친환경적 국토·도시계획수립을 지원하고자 함 - 빅데이터 기반 도시진단기술 개발 - 시 기반 도시계획수립 지원 서비스 플랫폼 개발 - 도시계획 실증 및 계획서비스 확산보급모델 개발 (주요성과물) 빅데이터 도시진단기술, 인공지능 도시계획기술 	<ul style="list-style-type: none"> (차별성) 빅데이터·인공지능 기술을 활용하여 도시계획 (도시기본계획 및 관리계획) 수립을 지원하는 플랫폼을 개발하는 것으로 본 사업의 '탄소공간지도' 활용과 '탄소중립도시계획' 수립과 적용대상이 다름 (연계성) 연구의 성과물인 계획수립과정에서 활용되는 빅데이터 구축과 인공지능 기술은 도시공간의 탄소배출과 흡수량 산정 및 예측기법에 연계할 예정임
온실가스 저감을 위한 국토도시공간 계획 및 관리기술 개발 ('22~'24)	한국토지주택공사 (국토교통과학기술진흥원)	<ul style="list-style-type: none"> (주요연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 온실가스 저감형 국토도시공간 계획/실증 및 관리시스템 개발과 도시공간 내 기존 인프라 결합형 온실가스저감-흡수-자원화 기술 개발 - 정주지·기타토지 부문 온실가스 산정 기술개발 - 온실가스 저감형 국토·도시 공간 계획 및 온실가스 저감 기술 실증 (주요성과물) 정주지·기타토지 부문의 국가 온실가스 통계 산정 및 통합관리 플랫폼 	<ul style="list-style-type: none"> (차별성) 정주지·기타토지 LULUCF중점 건물분야의 에너지 소비량 예측모델을 개발한 것으로 국토도시공간전체를 다루는 본 사업과 공간적 범위가 차별화됨 (연계성) 도출된 온실가스 저감형 국토도시 계획기술, 관련 원자료 및 통계자료 활용 가능



타 연구과제명	사업주관기관 (지원기관)	주요연구내용 및 성과물	차별성 및 연계방안
<p>기후위기 대응 탄소중립 시대를 위한 도시 그린인프라의 탄소흡수 증대 및 물·열순환 개선 평가 기술 개발 ('21~'22)</p>	<p>연세대학교 산학협력단 (국토교통과학기술진흥원)</p>	<ul style="list-style-type: none"> (주요연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 도시 그린인프라의 탄소흡수 증대 및 물·열순환 개선 평가 기술 개발 - 물리기반 지면생태/도시기후 모델-자료기반 시기법 연계 모델 개발 및 구축 - 도시 그린인프라 시나리오 생성과 미래 기후 및 도시 그린인프라 효과의 불확실성을 고려한 시나리오 우선순위 결정 (주요성과물) 기후 및 도시 그린인프라 시나리오별 평가 및 우선순위 결정 	<ul style="list-style-type: none"> (차별성) 도시그린인프라, 탄소흡수 부문 중점 연구로 국토도시공간전체를 다루는 본 사업과 공간적 범위가 차별화됨 (연계성) 탄소흡수 부문 도시 계획 및 설계 부문 기법, 감축이행방법, 최적감축지원모델에 활용 가능
<p>도시 생태계 탄소저장능력 향상을 위한 탄소저장량 평가 기술 및 토양-식생 결합 모듈화 공법 개발 ('20~'22)</p>	<p>경희대학교 산학협력단 (국제) (한국환경산업기술원)</p>	<ul style="list-style-type: none"> (주요연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 도시 생태계 건강성 향상과 기후변화 대응을 위한 탄소 흡수량 증진 기술 개발 - 도시 생태계 탄소 저장량 산정 및 평가 기술 개발 - 도시 생태계의 준 실시간 탄소흡수량 산정 및 평가 기술 개발 - 도시 생태계의 탄소 저장 및 흡수량 표출시스템 개발 - 도시 생태계 탄소저장능력 향상 모듈 개발 및 실증 (주요성과물) 도탄소저장량 평가 기술 및 토양-식생 결합 모듈화 공법 	<ul style="list-style-type: none"> (차별성) 도시 생태계의 탄소 저장 및 흡수량 표출시스템은 도시 생태계 내 탄소 저장 능력 증진이 목표로, 국토 및 도시계획 부문 탄소중립도시계획지원을 위한 탄소공간지도 기반 기술을 개발하는 본사업과 차별화됨 (연계성) 선행연구의 탄소 흡수량 산정 및 평가 기술을 연계하여 탄소 배출 및 흡수량이 고려된 도시공간지도 구축 가능
<p>저탄소 에너지효율화 기술 기반 에너지공유 커뮤니티 구축 기술 개발 ('19~'23)</p>	<p>(재)한국에너지기술연구원 (국토교통과학기술진흥원)</p>	<ul style="list-style-type: none"> (주요연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 국가 건물부문 온실가스 감축 및 건축물 에너지 절감을 위해 기존 건축물 제로에너지화 기술 및 마이크로그리드 기술을 적용한 최적 에너지 공유형 커뮤니티 및 도시 생태계 조성 - 에너지공유 커뮤니티 계획, 설계를 위한 기반 기술 개발 - 커뮤니티 내 에너지 연계 및 공유/거래 최적화 기술 개발 - 에너지 인프라 연계 에너지공유 플랫폼 구성 기술 개발 - 실증단지 구축 및 리빙랩 실증 (주요성과물) 에너지 공유 커뮤니티, 에너지 인프라 연계 에너지공유 플랫폼 	<ul style="list-style-type: none"> (차별성) 건물부문 온실가스 감축 및 건축물 에너지 절감 부분 중심의 연구이나, 본 사업은 국토 및 도시계획 부문 탄소중립도시 계획을 지원하므로 차별성 가짐 (연계성) 탄소중립도시 진단 지표 중 중요한 부문인 에너지 분야 자료 활용, 탄소중립 최적화 도시공간구조 요소 활용

타 연구과제명	사업주관기관 (지원기관)	주요연구내용 및 성과물	차별성 및 연계방안
POST-2020 대응 건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축 잠재량 분석 기술 개발 ('17~'20)	한국건설 기술연구원 (국토교통과학 기술진흥원)	<ul style="list-style-type: none"> • (주요연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - POST-2020 신기후체제 대응 국가차원 건물부문 상향식 온실가스 배출 전망 및 감축 잠재량 분석 기술 개발(해외 대비 기술수준 90% 이상 달성) - 건물부문 온실가스 배출구조와 배출특성 조사 및 분석 - 건물부문 온실가스 배출량 전망 기술 개발 - 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 기술 개발 - POST-2020 건물부문 온실가스 감축 방안 의사결정 지원 툴 개발 • (주요성과물) 건물부문 온실가스 감축 방안 의사결정 지원 툴 	<ul style="list-style-type: none"> • (차별성) 건물부문을 중심으로 온실가스 배출 전망 및 감축 잠재량 분석 기술 개발을 수행하나, 본 사업은 대상을 확장 및 종합하여 국토도시를 중심으로 탄소중립도시 공간계획을 지원하는 플랫폼을 개발하는 차별성을 가짐 • (연계성) 선행연구에서 수집된 건물부문 온실가스 데이터를 연계하여 탄소중립도시 공간계획 플랫폼 개발에 활용 가능
기후변화 적응형 도시열환경 설계시스템 기술 개발 ('15~'20)	한양대학교 산학협력단 (국토교통과학 기술진흥원)	<ul style="list-style-type: none"> • (주요연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 기후변화 시나리오에 기반하여 도시공간 및 도시인프라의 열발생·저감 효과를 모니터링, 시뮬레이션함으로써 도시공간 유형별로 쾌적한 열환경을 계획·설계하기 위한 시스템 기술 - 도시 열발생 및 저감기여도 산정 및 모니터링 기술 개발 - 열섬저감 도시공간 설계기술 개발 - 기후변화 적응 및 열섬저감을 위한 도시조성기법 가이드라인 개발 및 제도개선(안) 제시 • (주요성과물) 기후변화 적응형 도시 열환경 설계시스템 	<ul style="list-style-type: none"> • (차별성) 도시 열환경 평가 및 분석기술을 통해 도시계획·설계 시 의사결정을 지원하는 과제이나, 본 사업은 탄소중립을 키워드로 공간지도 기반 탄소중립도시 공간계획을 지원하는 과제로 차별성을 가짐 • (연계성) 기후변화 적응(도시열환경) 및 대응(탄소중립도시) 도시계획요소 활용, 설계시스템 설계 및 운영 가이드 활용
탄소저감 도시계획 시스템 ('11~'16)	고려대학교 산학협력단 (국토교통과학 기술진흥원)	<ul style="list-style-type: none"> • (주요연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 저탄소 도시조성을 위한 탄소저감 도시계획 시스템 구축(지구단위계획, 개발사업, 건축계획 대상) - 탄소저감 도시계획·설계 및 조성기술개발 - 탄소저감 도시조성 및 사업관리 기술개발 - 탄소저감 도시공간배치 시뮬레이션 기술개발 - 탄소저감 통합 도시계획 시스템 구축 및 실증 - 탄소저감 도시계획·설계 지원 및 탄소관리 통합 시스템 구축 • (주요성과물) 탄소저감 통합 도시계획 시스템 	<ul style="list-style-type: none"> • (차별성) 도시공간의 탄소발생을 저감할 수 있는 도시계획과 설계 방안을 시스템으로 구축한 연구로 연구방향성이 유사하나, 본 사업은 탄소중립도시구축 정책지원을 위해 탄소공간지도 기반 공간계획지원시스템 개발을 목표로 함 • (연계성) 탄소저감형 도시조성기술, 도시계획 설계 요소 활용, 시뮬레이션 기법, 시스템 구축 노하우 활용



타 연구과제명	사업주관기관 (지원기관)	주요연구내용 및 성과물	차별성 및 연계방안
탄소저감을 위한 도시공간-교통연계 탄소배출량 관리시스템 개발 ('11~'16)	한국건설 기술연구원 (국토교통과학기술진흥원)	<ul style="list-style-type: none"> • (주요연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 탄소저감을 위한 도시공간-교통연계 탄소배출량 관리시스템 개발 - 도시교통 탄소저감 평가 관리 기술개발 및 실증 - 도시공간-교통연계 탄소배출량 예측기술 및 운영관리기술 개발 - GIS기반 도시통합 탄소배출 관리 시스템 개발 • (주요성과물) 도시공간-교통연계 탄소배출량 관리 시스템 구축 및 실증 	<ul style="list-style-type: none"> • (차별성) 도시교통정책 시행 관련 연구로서, 본 사업은 국토 및 도시계획의 전반적인 탄소중립도시 계획을 지원하므로 차별성 가지며, 보다 지역특성이 반영된 공간정보 플랫폼 개발을 목표로 함 • (연계성) 탄소저감정책 효과분석을 위한 다양한 평가지표, 자료, 시범도시 선정절차 등 활용
기후변화에 대응한 지속가능한 국토관리 전략 (Ⅰ~Ⅲ) ('08~'10)	국토연구원 (국무총리실)	<ul style="list-style-type: none"> • (주요연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 지역·도시차원의 기후변화 실천계획 수립 전략 - 국가 기후변화 대응 정책 분석 - 기후변화 완화 및 적응을 위한 지역 유형별 실천계획 제시 - 근거마련 실증분석, 수립방향 모색 - CCGIS를 활용한 기후변화 적응 실천계획 지역유형화 • (주요성과물) 기후변화 대응 국토관리전략 및 체계 	<ul style="list-style-type: none"> • (차별성) 실천계획수립 전략을 제시한 연구로서, 본 연구는 탄소공간지도 기반 시스템개발로 보다 도시공간 관점의 탄소중립 관리, 도시계획 지원을 목표로 함 • (연계성) 탄소저감을 위한 지역·도시차원의 실천계획 수립을 기반으로 지자체 탄소관리, 정책마련 활용

제6절 연구개발 인프라 분석

1. 연구기관 및 인력

가. 국내 탄소중립 관련 업체

- 도시계획기술, 모델링 및 모니터링 플랫폼
 - 탄소중립도시 구현을 위한 도시 및 건축 계획기술 개발 업체
 - 도시계획 시뮬레이션과 모델개발, 공간정보 빅데이터 활용 공간·환경 모니터링 플랫폼 업체
- 친환경 패시브·신재생 에너지 기술 개발
 - 단열재, 창호 등 건축물 패시브 기술
 - 태양광, 지열, 수소 등 신재생에너지 기술개발 업체

나. 국내 전문가 및 연구기관 현황

1) 전문가 현황

- 도시계획, 환경계획, 도시공간, 지리정보 등 탄소중립도시 관련 진단과 평가, 계획수립 지원, 모니터링 및 실증 분야 국내 전문가

표 2-26. 국내 전문가 현황

분야	성명	소속	직위	전문분야
진단과 평가	박중순	국토연구원	센터장	국토환경, 연안지역관리, 기후변화 폭우재해, 안전도시
	임은선	국토연구원	선임연구위원	공간 의사결정지원체계, 공간분석, 지역분석
	유선철	안양대학교	조교수	저탄소 도시계획시스템 연구
	안종욱	안양대학교	교수	공간정보, 스마트시티 공간정보 개선방안 연구
	홍재주	(주)맵인어스	연구소장	도시환경계획, 도시공간, 공간정보, GIS
	조돈철	정도UIT	이사	지리정보, GIS공간분석 시각화, 데이터기반 국토도시
	김용범	수성엔지니어링	부사장	도시군기본계획 및 관리계획 실무
계획수립 지원	오규식	한양대학교	교수	도시계획, 환경계획분야 연구, R&D 도시열섬연구단장
	최희선	한국환경연구원	선임연구위원	국토환경계획, 도시재생, 지표개발, 공간환경계획
	이은석	건축공간연구원	부연구위원	국토교통 탄소중립 로드맵 건물부문, 조경 녹색인프라
	이동근	서울대학교	교수	환경계획, 공원녹지인프라, 생태환경 이용관리기술
	박찬	서울시립대학교	교수	국토분야 온실가스 모델링 연구, 공간통계모델링
	김승남	중앙대학교	조교수	지역개발, 스마트도시계획, 구조변화 도시계획분석
	송재민	서울대학교	교수	도시환경분야 국제협력
	윤동근	연세대학교	부교수	도시계획학, 도시환경 및 방재연구실
	구름	빅밸류	연구소장	공간정보 빅데이터, 인공지능, 플랫폼 개발
	최인호	(주)선도소프트	본부장	공간빅데이터 분석, 공공SI
모니터링 및 실증	최준영	서울기술연구원	연구위원	도시 데이터사이언스, 계획의사결정
	권용석	대구경북연구원	연구위원	바람길, 열섬연구, 지속가능한 도시관리
	윤정식	뉴레이어(주)	이사	도시공간, 도시회복력 DB시스템 개발, 실증 모니터링
	조만석	국토연구원	부연구위원	탄소중립도시 계획관련 제도연구

2) 연구기관 현황

○ 탄소중립 관련 과제 수행 연구기관

- NTIS(국가과학기술지식정보서비스)를 통해 2017~2021년 관련 과제 수행 연구기관 분석
- 2017년 한국건설기술연구원 및 대학 중심으로 시작하여, 최근 민간부문 과제참여도 증가

표 2-27. 탄소중립 관련 과제수행 연구기관

순위	2017	2018	2019	2020	2021
1	한국건설기술연구원 22.7억원(11.6%)	한국표준과학연구원 37.3억원(16.6%)	(주)평화엔지니어링 23.3억원(10.0%)	한국에너지기술연구원 44.3억원(15.1%)	한국에너지기술연구원 150.1억원(15.1%)
2	(주)덕산테크피아 13.7억원(7.0%)	한국건설기술연구원 25.9억원(11.5%)	파워큐브세미(주) 20.9억원(9.0%)	한국건설기술연구원 33.1억원(11.3%)	선박해양플랜트연구소 55.9억원(16.7%)
3	광주과학기술원 13.5억원(6.9%)	(주)평화엔지니어링 16.1억원(7.1%)	한국표준과학연구원 18.5억원(8.0%)	파워큐브세미(주) 24.1억원(8.2%)	파워큐브세미(주) 20.5억원(6.1%)
4	(주)포스코 12.0억원(6.1%)	광주과학기술원 15.6억원(6.9%)	한국건설기술연구원 12.7억원(5.5%)	한국표준과학연구원 20.5억원(7.0%)	한국건설기술연구원 19.2억원(5.7%)
5	동국대학교 9.7억원(5.0%)	동국대학교 12.7억원(5.6%)	동국대학교 12.5억원(5.4%)	동국대학교 15.5억원(3.3%)	경상대학교 10.6억원(3.2%)

○ CTCN(Climate Technology Center & Network)

- CTC와 CTN이 결합된 형태의 기구로 유엔기후변화협약 기술 메커니즘 이행 역할 담당
- 한국건설기술연구원 외 탄소중립, 저에너지 연구를 하는 정부연구기관 가입

표 2-28. 탄소중립 관련 국내 연구기관 (국내 CTCN 가입기관)

전문기관	탄소중립 관련 연구영역
한국환경공단	- 환경오염방지·환경개선·자원순환촉진 및 기후변화대응을 위한 온실가스 관련 사업 추진 - 기후대기, 물환경, 자원순환, 환경보건 등 전분야에 걸쳐 환경정책의 기술 지원과 실행
한국전기연구원	- 전력기기에 대한 세계 3대 국제 공인시험인증기관이자 전기공업 전문 정부출연(연)으로 전력망, HVDC(고압직류 송전), 전기 추진, 첨단소재와 의료기기에 주력
녹색기술센터	- 국가 녹색기술 연구개발 정책 기획·수립을 지원하고 녹색기술 분야 국제 협력체계 구축 - 녹색기술 수준·동향 분석 및 통계를 관리하고 미래 녹색기술 예측 연구 수행
한국에너지공단	- 에너지효율화, 신·재생에너지 이용 확대 등을 통해 고부가가치 에너지산업 창출 - 에너지신산업 육성 및 복지강화, 부문별 에너지 수요관리, 신재생에너지 공급확대
한국에너지기술연구원	- 에너지 효율성, 신재생에너지, 첨단소재와 해양·해상 풍력에너지 에너지 기술 연구 - 6대 기후변화 감축 기술의 R&D 허브로서 산업계 수요와 R&D 연구소의 가교역할 수행
한국표준연구원	- 측정 표준과 기술을 개발하는 국가계측연구소로 대기분석, 온도, 습도 분야 표준 공역 - 온실가스 배출 인벤토리의 측정과 평가기술, 온실가스 비율 모니터링 기술 개발
한국과학기술연구원	- 삶의 질을 개선, 더 나은 미래를 위한 목적으로 설립된 한국 최초의 과학기술 연구소 - 환경과 기후변화 분야의 청정에너지와 녹색도시기술 연구
한국환경산업기술원	- 한국 환경부 산하 준정부기관으로 국가 환경 R&D 계획 수립, 첨단 녹색 기술 개발 - 녹색성장을 위한 핵심 도구 제공, 개발도상국의 녹색 기술과 적정 기술 확산
한국산업기술진흥원	- 지적재산의 거래시장 조성 및 유통환경 구축, 전통 제조산업과 벤처기술 접목 - 기술평가시장 활성화, 산업별·기술별 평가모델기법 확립, 기술거래 정보DB 구축사업
한국건설기술연구원	- 건설 분야 정부출연 국책연구기관으로 건설품질, 교량, 도로, 지반, 터널, 건설환경 연구 - 건설기술 연구개발, 정부 위탁 업무 수행, 정책개발 수립 및 지원, 건설 기술 정보 보급
한국환경정책평가연구원	- 기후변화를 포함해 환경 정책 연구와 환경 영향 평가 검토로 환경문제 해결 및 예방 - 국가기후변화적응센터(환경부) 설치
한국전력공사	- 저탄소 녹색성장을 선도하고 신성장동력 기술 사업화를 위해 녹색기술개발 추진 - 녹색성장의 핵심 인프라로 전기·정보통신 활용 전력망 지능화, 고품질 전력서비스 제공
과학기술정책연구원	- 과학기술활동 및 과학기술부문 관련 경제사회 제반문제 연구 - 과학기술 ODA 협력 선도 조직 설립, 개도국의 기술협력 수요 협력 추진

다. 세계 시장 선도 주요업체

○ 미국 AECOM

- AECOM은 에너지 시뮬레이션 프로그램인 SSIM(Sustainable Systems Integration Mode)을 기반으로 미래 도시개발 및 재개발 수행 시 에너지 기준점과 시나리오 파라미터를 설정하여 최적의 액션 플랜을 도출
- SSIM 프로그램을 샌디에이고 미 해군 SSC PAC 연구개발 센터 개발 프로젝트와 팜 기지 마스터플랜 수립에 적용, 연방정부에서 의무화한 에너지 및 물 사용량 저감 목표를 달성할 수 있도록 개발과정에서의 에너지 계획·전략 컨설팅을 수행한 바 있음

○ 미국 HDR

- 미국의 엔지니어링, 건축, 환경 및 건설 기업인 HDR은 Urban Footprint Model과 Rapid Fire Model 등의 솔루션을 도시 및 지역계획 수립 과정에 도입하고 있음
- HDR이 인수한 Calthorpe Associates의 Urban Footprint Model은 오픈소스 플랫폼으로 개발되어 토지이용계획과 시설 설계시 시나리오 기반의 온실가스 배출량, 교통부문의 연료소비 및 온실가스 배출, 지역의 재정 효과, 공공 복지 효과 등을 측정할 수 있게 해줌
- Rapid Fire Model은 도시 설계 전에 온실가스 배출량, 건물에너지 사용량, 물 사용량을 계산할 수 있는 시뮬레이션 모델로써, 웹기반으로 개발되어 도시 및 지역계획 입안자들이 활용할 수 있도록 개발되었으며, 캘리포니아, 세크라멘토, 샌디에고 도시설계 프로젝트에 적용

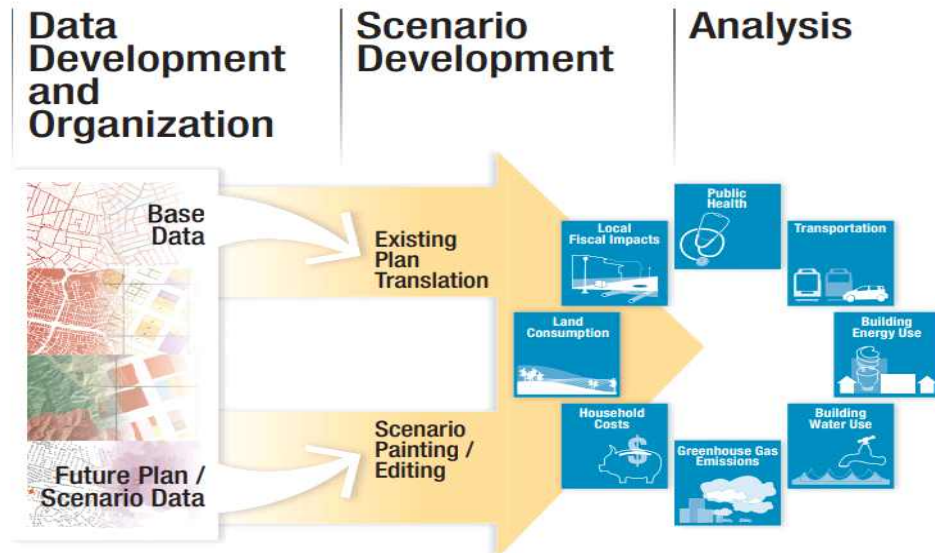


그림 2-102. Urban Footprint Model 프레임워크 (Calthorpe Associates, 2012)

○ 싱가포르 CDL(City Development Limited)

- CDL은 29개 국가 106개 지역에 지사를 두고 있는 싱가포르의 글로벌 부동산 회사로 2030년까지 탄소배출 제로의 부동산 자산만을 소유·개발하기로 공식 선언함
- 건축물 설계, 건설 및 자산 운영에 있어 100% 재생 에너지를 채택하거나 탄소 흡수를 통한 상쇄 방안을 모색

○ 영국 Landsec

- Landsec은 2016년부터 SBT(Science Based Target) 이니셔티브의 승인을 받은 세계 최초의 상업용 부동산 회사로 영국 최초의 Carbon Net Zero 건축물인 Forge를 개발
- 건축물 건설 과정에 제조업의 부품 조립의 개념을 적용하여 모듈식 건설 프로젝트를 추진하는 P-DfMA(Platform for Design, Manufacture and Assembly) 기법을 통해 건축 재료 손실을 25% 절감하고 공사 기간을 단축함으로써 탄소 저감 목표 달성
- 2030년까지 상업용 부동산 개발 과정에서 탄소 배출량을 2014년 대비 70%까지 감축하고자 하고 있음

라. 탄소중립 관련 주요 연구기관

○ 미국 로렌스버클리 연구소

- 로렌스버클리내셔널연구소는 미국 DOE(Department of Energy) 산하 연구소 17개중의 하나로 빅팀(Big Team) 사이언스의 시초를 이루었으며 순수과학 및 융합연구에 강점을 지님
- 특히 교통 분야와 건물에너지 분야에서 최신의 데이터 기반 연구를 수행하고 있으며, 기후 변화 부문에서 IPCC 노벨평화상을 배출함
- 기술, 산업에 베이스를 두고 데이터를 토대로 정책반영 연구를 수행하며, 개발도상국에서 미국의 에너지 정책을 도입하는 것을 기술적으로 제안
- 건축물 에너지 시뮬레이션 툴 EnergyPlus, 개방형 플랫폼 CityBES 개발하여 미국도시 적용
- CityBES는 도시 건축물 에너지 시뮬레이션을 위한 개방형 웹기반 데이터 및 컴퓨팅 플랫폼으로, 지구단위 또는 도시 규모의 에너지 모델링 및 분석을 수행하며, 에너지 성능평가를 위한 최첨단 시뮬레이션 툴인 EnergyPlus를 사용하여 건물 에너지 사용과 건물 리모델링으로 인한 에너지 절감을 시뮬레이션 가능
- 최근에는 Grid Interactive Energy Initiative 리서치, 건물환경 (빛환경, 음환경 등 건축물 환경 연구)에 관한 연구를 수행하고 있음



**BUILDING TECHNOLOGY &
URBAN SYSTEMS DIVISION**
Energy Technologies Area

그림 2-103. 미국 로렌스버클리 연구소 에너지 기술 분야

○ 영국 BRE

- 영국 건축연구소 BRE는 건설 및 건축환경 분야의 연구와 자문·실험을 주관하는 연구기관으로 BIM, 에너지, 혁신, 리질리언스, 보안, 지속가능성, 화재, 보건·안전 분야 연구에 특화
- 특히 친환경 건축물 인증제도인 BREEAM과 기반시설 관련 인증제도인 CEEQUAL 등 전문적인 인증제도를 운영하고 있으며 이에 대한 인증기준 수립에 기여하고 있음
- BRE의 인증기준은 영국 및 국제기준 수립에 영향을 주며 전세계적으로 적용 가능한 기준개발을 통해 건축물, 에너지, 화재 분야의 제품 등의 표준을 제시함

- 기후변화가 건물에 미치는 영향에 대한 연구를 심도있게 수행하며 건물에너지 분석, 에너지 관리 서비스, 에너지 정책 지원, 친환경 건축 자재, 공조 시스템, 신재생 에너지 및 저탄소 에너지 기술 적용 등 기술개발과 적용에 있어 선도적인 역할을 수행
- 실증 연구를 위해 실증단지인 Innovation Park를 조성하여 건축 디자인, 자재 및 기술개발 성과물을 산업계·학계 등 다양한 파트너들과 실증하고 있음



그림 2-104. BRE 인증 프로그램 (www.breeam.com)

○ Fraunhofer

- Fraunhofer는 유럽 내 응용연구 분야의 선도기관으로 독일 전역에 75개의 연구소를 두고 있으며 전세계 학계·민간 기업 파트너들과 협업하고 있음
- 에너지 기술과 기후변화 대응에 관한 연구 그룹에는 Fraunhofer IEG(Geothermal System), ISE(Institute of Solar Energy System), IEE(Energy Economics and Energy System Technology), ISE(System and Innovation Research) 등이 중점적으로 포함되어 연구를 수행
- 기술 및 솔루션의 도시 적용과 평가, 도시 산업 혁신과 관련된 연구는 Fraunhofer IAO를 중심으로 수행하고 있음
- Fraunhofer IAO는 탄소중립도시 구현을 위한 도시간 네트워크 강화, 구조화된 정보 시스템 구축, 투자 재원 제공, 교육 등의 분야에서 탄소저감 스마트시티 솔루션을 확산하기 위한 연구 및 사업을 수행하고 있음
- 특히 EU Horizon 2020 기금의 지원을 받아 수행되는 라이트하우스 프로젝트에서 자연기반솔루션의 유럽 확산을 목표로 하는 이니셔티브인 UNaLab에 참여함으로써 기후변화 대응과 탄소저감을 위한 NBS를 실제 도시에 적용하고 있음

2. 연계시설 및 장비

○ 국가공간정보포털 플랫폼

- 국가·공공·민간에서 생산한 공간정보를 활용할 수 있도록 구축된 국가공간정보포털에서 다양한 유형의 공간정보를 수집·연계·활용할 수 있는 기반이 마련되어 있음
- 국가공간정보통합체계, 공간빅데이터, 한국토지정보시스템, 지적재조사시스템, 온나라부동산포털 등이 하나의 허브로 연계되어 활용 가능

○ 데이터 분석·처리를 위한 관련 하드웨어 및 소프트웨어

- 공공 데이터 포털 등과 연계해 다양한 분야의 데이터를 수집·제공
- 원격 접속 시스템 및 클라우드 기반의 데이터 분석 및 처리

3. 실증대상 도시 유형화

가. 도시유형 검토

1) 개요

- 도시의 기능은 거시적·미시적 측면에서 정리할 수 있음
 - 거시적으로는 '사회 속에서 도시가 부여받은 과제 또는 역할'을 의미하며, 미시적으로는 '시민들의 일상생활 속에서 일어나는 주요 활동'을 의미
 - 도시생활에서 나타나는 시민의 활동은 크게 '주거(또는 생활)', '생산(또는 노동)', '위락(또는 여가)' 등의 3가지 유형으로 단순화됨
 - 도시의 기능체계는 도시의 발달과 성장에 따라 점차 다양화·전문화되면서, 오늘날에는 이들 기능뿐만 아니라, 중심기능, 교육기능, 공급·처리기능 등으로 세분화되는 경향이 일반적
- 도시는 구성요소와 기능, 구조에 따라 다양한 모습을 보이게 됨
 - 도시를 분석하고 올바르게 이해하기 위해서는 각기 다양한 모습을 보이는 도시를 일정 기준에 따라 분류하는 작업이 필요
- 인구규모에 따른 분류
 - 일반적으로 도시는 인구규모에 따라 거대도시, 대도시, 중소도시, 소도시 등으로 구분
- 도시기능에 따른 분류
 - 도시가 보유한 다양한 기능 가운데 특정 기능이 다른 것에 비해 상대적으로 특화된 경우, 도시의 성격을 규정짓는 분류방식
 - 전통적으로 행정도시, 교육도시, 교통도시, 관광휴양도시 등 다양한 분류방식이 있으나, 점차 도시가 광역화되고 그 기능이 복합화되는 양상을 보이면서 특정 기준에 따른 분류가 예전에 비해 쉽지 않은 상황
- 도시구조형태에 따른 분류
 - 도시 내에서 발생하는 다양한 활동은 크게 도시 중추기능과 같이 집중적 성격과 주거·위락기능과 같이 분산적 성격으로 구분할 수 있음
 - 도시활동이 도시공간 내에서 다양한 입지패턴을 보이면서 도시의 공간구조는 도심의 유무, 또는 시가지의 골격과 형태 등에 따라 구분됨
- 도시성격에 따른 분류
 - 도시의 입지조건에 따라 항구(임해)도시, 내륙도시, 산악도시 등으로 분류되며, 도시의 성장추세에 따라 성장도시, 안정도시, 침체도시 등으로 분류되기도 함
 - 타 도시와의 관계 또는 역사적인 조건 등에 따라 다양하게 분류되기도 함

2) 도시규모 측면의 접근

- 수소도시는 도시와 교통 등을 동시에 고려하여야 하므로, 규모에 따른 도시의 특성 또는 유형을 고려할 수 있도록 구분하여야 함
- 「지방자치법」제2조제1항의 규정에 의한 특별시, 광역시, 도, 특별자치도, 시군구의 지방자치단체를 도시의 특성과 교통의 유형 등을 고려하여 규모측면에서 대도시, 중도시, 소도시 등으로 구분하면 다음과 같음

표 2-29. 도시규모 측면

구분	개념 및 특징
대도시	<ul style="list-style-type: none"> • 「지방자치법」제2조제1항제1호의 규정에 의한 특별시, 광역시가 포함 • 지하철, 전철 등의 도시철도와 간선 및 지선버스, 2 이상의 사도에 걸쳐 주변도시와 직결하는 광역버스 등과 같은 대중교통시설이 설치됨
중도시	<ul style="list-style-type: none"> • 「지방자치법」제2조제1항제2호의 규정에 의한 시, 군, 구와 같은 교통생활권에 도시철도망으로 연결되거나, 간선 및 지선버스, 시외버스 등과 같은 대중교통시설을 갖춘 지역
소도시	<ul style="list-style-type: none"> • 「지방자치법」제2조제1항제2호의 규정에 의한 시, 군과 같은 교통생활권이 있는 지역 중 간선 및 지선버스, 시외버스 등과 같은 대중교통시설을 갖춘 지역
도심	<ul style="list-style-type: none"> • 대도시 및 중도시에서 각종 도시활동의 가장 중심이 되는 곳으로, 도시 전역을 서비스하는 최고차 경제활동이 입지한 곳
부도심	<ul style="list-style-type: none"> • 대도시 및 중도시에서 도심의 기능을 광역적으로 보완하는 중심지 • 도시 전역을 소수의 광역생활권으로 나누어 서비스하는 주요 경제활동이 입지한 곳
주변지역	<ul style="list-style-type: none"> • 중심도시에서 근접한 지역으로 중도시 생활권내의 농촌적 특성과 도시적 특성이 혼재하는 도시주변
광역도시권	<ul style="list-style-type: none"> • 인접한 둘 이상의 특별시·광역시·시 또는 군의 관할구역 전부 또는 일부 • 고속-간선철도, 광역철도, 도시철도, 간선도로망, 환승시설, 중앙버스전용차로, 간지선버스, 광역급행버스, 광역전철, 도시고속도로 등이 설치된 지역
대도시권	<ul style="list-style-type: none"> • 「지방자치법」제2조제1항제1호의 규정에 의한 특별시, 광역시 및 그 도시와 같은 교통생활권에 있는 지역 중 도시철도망, 간선 및 지선기능의 버스, 2 이상의 사도에 걸쳐 주변도시와 직결하는 광역버스 등과 같은 대중교통시설을 갖춘 지역

3) 도시시설 측면의 접근

- 수소도시를 형성하는데 있어 필수적으로 필요한 시설을 고려하여야 함
- 「국토의계획및이용에관한법률」제2조제6호, 제7호, 제13호 및 동법 시행령 제2조, 제4조에 의하면 도로·공원·학교 등을 기반시설로 규정하고 도시관리계획으로 결정한 후에 설치하도록 규정
 - 구체적인 결정 및 설치기준은 「도시계획 시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」에 규정



표 2-30. 도시시설 측면

구분	개념 및 특징
교통시설(11)	<ul style="list-style-type: none"> 도로, 철도, 항만, 공항, 주차장, 자동차정류장, 궤도, 삭도, 운하, 자동차 및 건설기계검사시설, 자동차 및 건설기계운전학원
공간시설(5)	<ul style="list-style-type: none"> 광장, 공원, 녹지, 유원지, 공공공지
유통·공급시설(9)	<ul style="list-style-type: none"> 유통업무설비, 수도공급설비, 전기공급설비, 가스공급설비, 열공급설비, 공동구, 시장, 유통저장 및 송유설비, 방송통신시설
공공문화체육시설(10)	<ul style="list-style-type: none"> 학교, 운동장, 공공청사, 문화시설, 체육시설, 도서관, 연구시설, 사회복지시설, 공공직업훈련시설, 청소년수련시설
방재시설(8)	<ul style="list-style-type: none"> 하천, 우수지, 저수지, 방풍설비, 방수설비, 방화설비, 사방설비, 방조설비
보건위생시설(6)	<ul style="list-style-type: none"> 화장장, 공동묘지, 납골시설, 도축장, 장례식장, 종합의료시설
환경기초시설(4)	<ul style="list-style-type: none"> 하수도, 폐기물처리시설, 수질오염방지시설, 폐차장

4) 계획 및 사업측면의 접근

- 우리나라 국토도시계획체제는 「국토기본법」에 의한 국토종합계획, 도종합계획 등과 「국토의계획및이용에관한법률」제2조에 의한 광역도시계획, 도시기본계획, 도시관리계획 등으로 구성
- 우리나라 도시개발사업은 「국토의계획및이용에관한법률」 제2조 제2호에 의한 도시계획사업인 도시계획시설사업, 도시개발사업(도시개발법), 정비사업(도시 및 주거환경정비법)으로, 동법 제2조제11호에 의한 택지개발사업(택지개발촉진법)으로 정의하고 있음
 - 「산업입지및개발에관한법률」에 의해 산업단지조성사업도 정의할 수 있음

표 2-31. 계획 및 사업측면

구분	계획	사업
유형	<ul style="list-style-type: none"> 국토종합계획 도종합계획 시군종합계획(도시기본계획, 도시관리계획) 지역계획(수도권정비계획 등) 	<ul style="list-style-type: none"> 도시개발사업 택지개발사업 주거환경정비사업, 주택재개발사업, 주택재건축사업, 도시환경정비사업 산업단지조성사업 관광단지조성사업
특징	<ul style="list-style-type: none"> 지자체 한 개 또는 두 개 이상을 대상 	<ul style="list-style-type: none"> 도시 내 개별사업 공간단위를 대상
근거법	<ul style="list-style-type: none"> 국토기본법 국토의계획및이용에관한법률 	<ul style="list-style-type: none"> 도시개발법 택지개발촉진법 도시 및 주거환경정비법 산업입지 및 개발에 관한 법률 관광진흥법

나. 도시개발사업 측면의 유형

1) 신도시 및 기존도시 측면의 접근

- (신도시) 신도시 측면에서는 도시개발사업(도시개발법), 택지개발사업(택촉법), 공공주택사업(공특법) 등 3가지 유형 가능
- (기존도시) 기존도시는 도시재생 특별법에서 제시된 도시재생사업과 도시재생 뉴딜사업의 5가지 유형으로 가능

표 2-32. 도시재생 뉴딜사업

도시재생사업(도시재생특별법)	도시재생 뉴딜사업
<ul style="list-style-type: none"> • 주거환경정비사업, 재개발사업, 재건축사업 • 재정비촉진사업 • 도시개발사업 • 산업단지개발사업 및 산업단지 재생사업 • 항만재개발사업 • 상권활성화사업 및 시장정비사업 • 도시·군계획시설사업 및 시범도시(시범지구 및 시범단지를 포함한다) 지정에 따른 사업 • 경관사업 • 빈집정비사업 및 소규모주택정비사업 • 공공주택사업 • 공공지원민간임대주택 공급에 관한 사업 • 상업기반시설 현대화사업 • 복합환승센터 개발사업 • 관광지 및 관광단지 조성사업 • 도시첨단물류단지개발사업 	<ul style="list-style-type: none"> • 우리동네살리기 • 주거지원형 • 일반근린형 • 중심시가지형 • 경제기반형

표 2-33. 도시재생 뉴딜사업 내용

사업유형	사업의 내용
우리동네살리기(1) (소규모 주거)	<ul style="list-style-type: none"> • 생활권 내에 도로 등 기초 기반시설은 갖추고 있으나 인구유출, 주거지 노후화로 활력을 상실한 지역에 대해 소규모 주택 정비사업 및 생활편의시설 공급 등으로 마을공동체 회복
주거지원형(2) (주거)	<ul style="list-style-type: none"> • 원활한 주택개량을 위해 골목길 정비 등 소규모 주택정비의 기반을 마련하고, 소규모주택 정비사업 및 생활편의시설 공급 등으로 주거지 전반의 여건 개선
일반근린형 (준주거)	<ul style="list-style-type: none"> • 주거지와 골목상권이 혼재된 지역을 대상으로 주민공동체 활성화와 골목상권 활력 증진을 목표로 주민 공동체 거점 조성, 마을가게 운영, 보행환경 개선 등을 지원하는 사업
중심시가지형 (상업)	<ul style="list-style-type: none"> • 원도심의 공공서비스 저하와 상권의 쇠퇴가 심각한 지역을 대상으로 공공기능 회복과 역사·문화·관광과의 연계를 통한 상권의 활력 증진 등을 지원하는 사업
경제기반형 (산업)	<ul style="list-style-type: none"> • 국가·도시 차원의 경제적 쇠퇴가 심각한 지역을 대상으로 복합앵커시설 구축 등 신경제거점을 형성하고 일자리를 창출하는 사업

2) 탄소중립 관련 사업모델 측면

- (스마트 그린도시 사업) ICLEI의 "지속가능한 도시로의 전환을 위한 비전"을 토대로 도시환경 개선을 위한 중점 분야를 도출하여 사업유형을 발굴



그림 2-105. 스마트 그린도시의 사업모델

- (탄소중립 그린도시 사업) 환경기술·인프라를 기반으로 에너지 전환, 흡수원 확충, 순환경제 촉진 등을 통해 탄소중립을 달성하기 위한 정책을 계획·구현하는 도시
 - 탄소중립 기반구축을 위해 사업 유형을 에너지 전환, 흡수원 확대, 자원순환 촉진, 기후변화 적응 4대 사업을 모두 포함하여 적용

표 2-34. 탄소중립 그린도시사업

구분	사업의 내용
에너지 전환	• 화석연료에서 친환경 에너지로 전환하기 위한 인프라·기술 확충 (수열·하수열·바이오가스, BIPV, 전기·수소차 기반 확대 등)
흡수원 확대	• 생태자원을 활용한 탄소흡수원 확대(녹지·습지 등 흡수원 확대, 도심 훼손지 생태복원, 그린인프라 확충 등)
자원순환 촉진	• 물·폐기물 등 자원의 순환성 확대 및 재이용 강화를 위한 인프라·기술 확충(스마트 폐기물 수거·선별모니터링 시스템, 물재이용 시설 등)
기후변화 적응	• 기후변화 적응 및 기상재해 대응을 위한 시스템 구축(자연형 다기능 그늘막, 옥상벽면 녹화, 스마트 재해관리 등)

다. 탄소중립 관련 유사 연구 및 사례 검토

1) 지자체 온실가스 배출 통계(환경부, 한국환경공단)

- 전국 243개 광역 및 기초지자체를 대상으로 온실가스 배출 통계를 구축, 이를 기반으로 배출 특성에 따른 배출 유형 제시
- 지자체 온실가스 인벤토리 특성 반영 및 국가 온실가스 분류체계를 참고하여 9가지 부문(산업, 건물, 수송, 폐기물, 공공기타, 농축산, 탈루, 전환, 산림흡수원)으로 세분화한 후 유사한 특성을 가지는 6개 유형으로 목록화



그림 2-106. 지자체 온실가스 배출 통계상 제시된 배출 유형

2) 저탄소 녹색도시계획 표준모델 정립방안 연구(국토부)

- 인구규모, 도시 성장/쇠퇴, 온실가스 배출구조에 따라 지역 유형을 구분

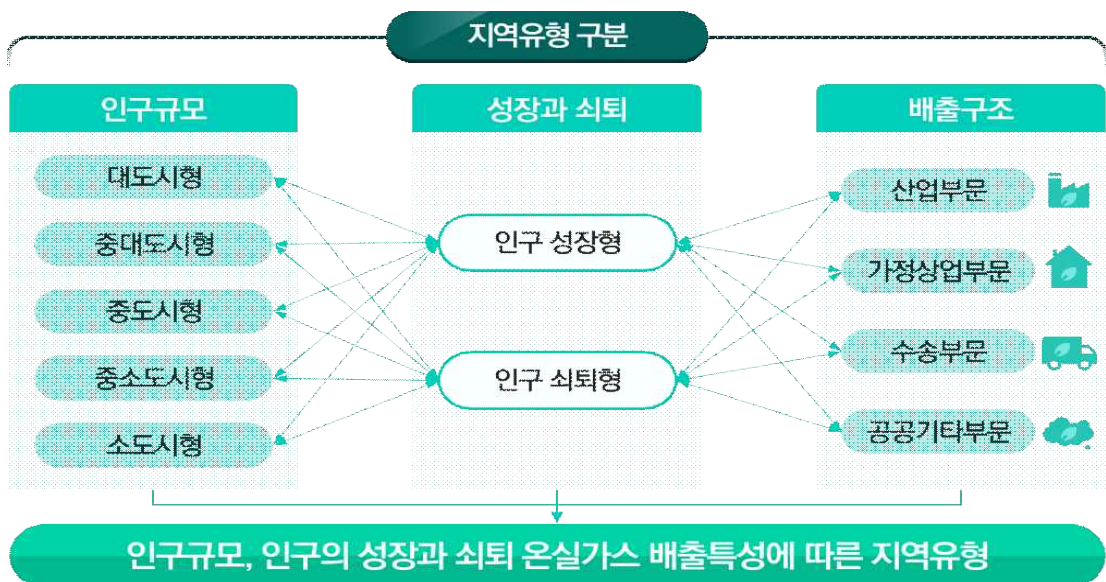


그림 2-107. 인구규모, 도시성장/쇠퇴, 온실가스 배출에 따른 지역유형

라. 유형화 방안

1) 인구규모 및 배출특성을 통한 유형화

- 기존의 연구와 환경부 지자체 온실가스 배출 통계를 혼합하여 지자체 차원에서 실효성 있는 정책 수립을 위하여 이를 단순화하여 유형을 구분
 - 인구규모 : 대도시(광역시), 중소도시(시·군·구)
 - 배출특성 : 농림형, 산업형, 물류형, 자원순환형, 에너지소비형, 흡수형(별도 고려)

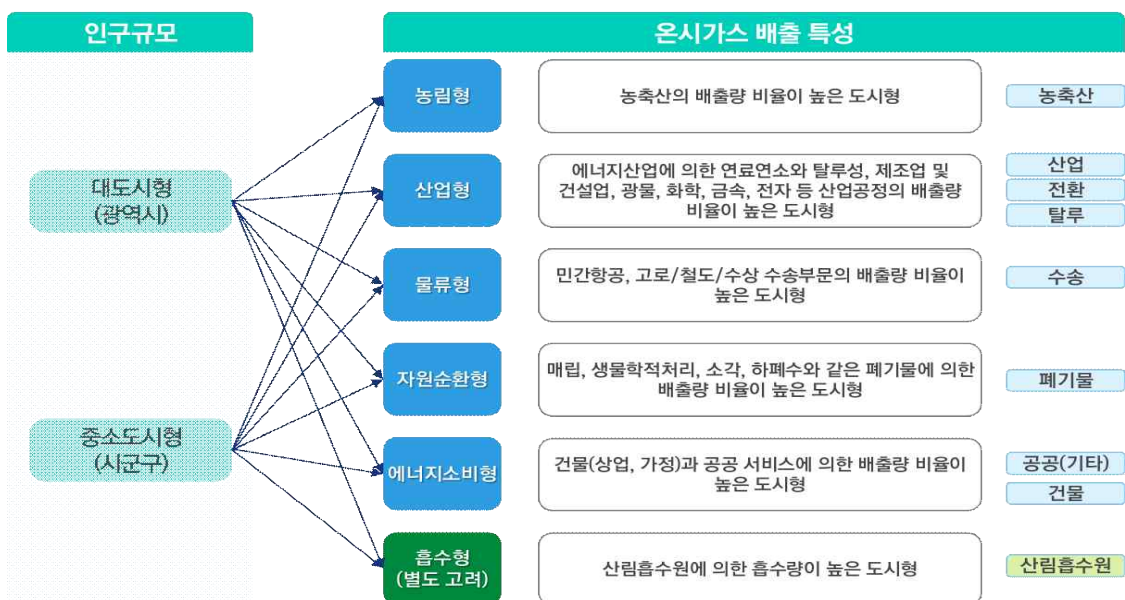


그림 2-108. 인구규모 및 배출특성을 통한 유형화 방안

2) 사업측면을 고려한 유형화

- 사업측면에서 신도시와 기존도시로 구분하고, 탄소중립도시 관련 사업모델 등의 혼합을 통하여 개발사업별 다양한 유형으로 추진 가능하도록 제시

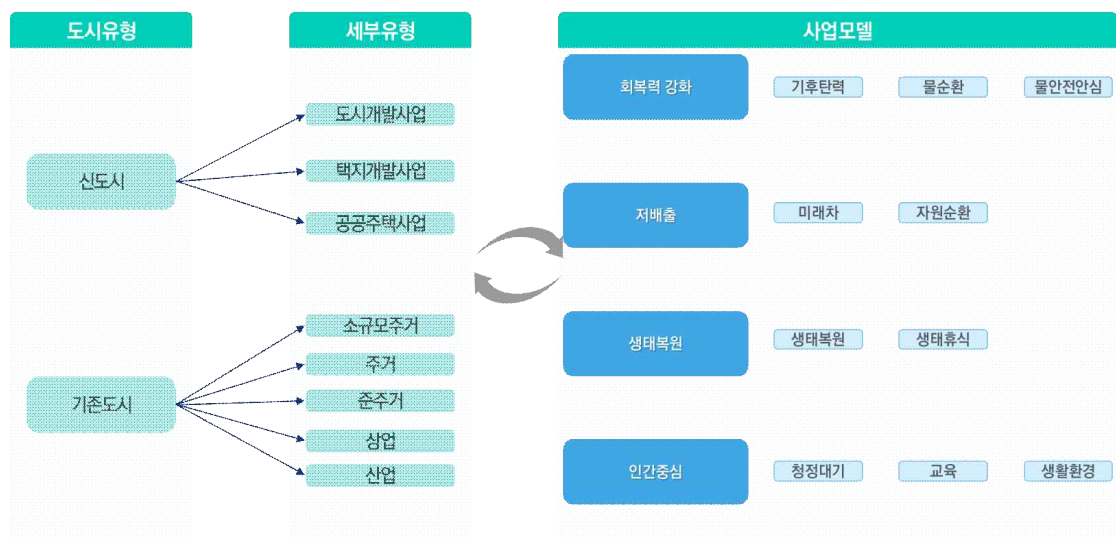


그림 2-109. 사업측면을 고려한 유형화 방안

제7절 종합 분석

1. SWOT분석

- 정책동향, 시장현황과 전망, 기술동향, 연구동향 결과를 바탕으로 SWOT분석 실시
- 외부환경 분석에서 파악된 기회/위협요인과 내부역량 분석에서 파악된 강점/약점 요인을 연관시켜 본 과제의 기술개발 방향을 설정함

가. SO 전략

- 정부지원을 바탕으로 정보통신 및 국토지리정보 등 우수한 정보기술 인프라를 활용하여 탄소 배출·흡수 정보와 융합된 관리체계를 최우선 구축
- 정부 시범사업 등을 통해 친환경 건축, 신재생에너지 설비, 친환경 교통수단, 첨단교통시스템 등 탄소중립도시, 구성요소와 연계해 신속히 실증
- Track Record를 기반으로 탄소중립도시 계획 서비스 및 SW 시장 진출 추진

나. ST 전략

- 탄소중립도시 관리를 위한 정보체계 구축 시, 시스템 구축 및 운영비용 부담을 완화하기 위해 민간 협력 확대

다. WO 전략

- 탄소중립도시 계획 서비스 및 SW 시장 성장에 대비해 실증 데이터를 기반으로 공간기반 탄소배출·흡수 관리체계를 의사결정, 시뮬레이션 등이 가능한 체계로 단계적 고도화 추진
- 민관 공동기술개발을 확대하여 민간부문 역량을 제고하고 기술개발과 동시에 법·규제 개선을 추진하여 성과 확산 및 관련 시장 성장 장애요인을 사전에 해소
- 최적 의사결정 지원을 통해 신재생에너지원의 제약, 성장/탄소배출의 탈동조화 지연 등 한계를 극복

라. WT 전략

- 배출원별 탄소관리 데이터 연계 및 통합해 실증을 통해 데이터를 축적하고 국내외 실증 데이터 공유
- 탄소중립도시 관련 기준, 표준 등 제정에 있어 선진국과 협조 강화



<ul style="list-style-type: none"> • 친환경 건축, 신재생에너지 설비, 친환경교통수단 첨단교통시스템, 녹지조성기술 등의 글로벌 경쟁력 <ul style="list-style-type: none"> - 탄소중립도시의 구성요소별 R&D를 통해 핵심기술 확보, 다양한 적용사례 등을 통해 노하우 확보 • 스마트도시 네트워크 및 서비스, 3차원 공간정보 인프라 등 도시 운영에 필요한 기반 기술 충분 <ul style="list-style-type: none"> - 사용자 중심 스마트도시 서비스 모델 개발 사례 - 우수한 정보기술을 기반으로 3차원 공간정보 인프라 구축 추진 	S 강점	W 약점	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소중립도시 계획 수립 및 관리를 위한 정보 및 제도적 기반 미비 <ul style="list-style-type: none"> - 부처별/배출원별로 분절적 투자가 지속되어왔으며 탄소관련 데이터도 배출원별로 관리 - 관련 정책 의사결정에 필수적인 공간기반 탄소관리에 대한 고려 부족 - 탄소중립도시를 평가/관리하기 위한 제도/기준 부재 • 에너지원의 제약으로 신재생에너지의 충분한 공급이 어렵고 제조업 중심 산업구조로 성장/탄소의 탈동 조화를 위한 부가적 노력 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 풍력, 태양광, 수소(LNG) 등 신재생에너지 '원'이 부족하고 지역별로 심각한 편차 - 제조업 중심의 산업구조로 부가적 R&D 투자, 복합적 탄소배출 수단 적용 등 부가적 노력 필요
<ul style="list-style-type: none"> • 탄소중립 추진을 위한 이행 노력 지속 강화 <ul style="list-style-type: none"> - 탄소중립법에 근거한 온실가스 감축목표 상향 조정, 부분별 세부추진방안 수립·발표, 광역·기초지자체의 이행계획 수립 및 점검 의무화 - 국토·도시 구역별 배출·흡수량을 시각화한 탄소배출 공간지도를 구축하는 등 지역중심 관리기반 구축 추진 • 탄소중립 달성에 있어 국토·도시 등 공간단위의 통합 접근 추진 착수 <ul style="list-style-type: none"> * 국토교통 2050 탄소중립 로드맵 • 탄소중립도시 조성을 위한 계획 및 SW시장 확대 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 탄소중립도시 조성계획 수립 및 이행 의무화, 국외 탄소중립도시 조성 확산 등으로 관련 계획 및 SW시장 확대 전망 	O 기회	T 위협	<ul style="list-style-type: none"> • 공간기반 관리 기반이 구축된 미국, 영국 등 주요국의 탄소중립도시 조성 선도 <ul style="list-style-type: none"> - (영국) 공간기반 온실가스 인벤토리 구축 - (미국) 별컨 프로젝트를 통한 지역별 CO2배출량 모니터링, 구글 어스를 통해 서비스

그림 2-110. SWOT 분석

2. PEST 분석

- PEST분석은 거시적 환경을 분석하는 방법론으로 사업환경에 가장 큰 영향을 미치는 정책적(Political), 경제적(Economic), 사회문화적(Social-cultural), 기술적(Technological)의 네가지 요소를 기준으로 사업에 영향을 미치는 요인을 파악하는 방법론임
- 동 기획에서는 사전에 문헌을 기초로 조사된 국내외 동향조사 자료를 중심으로 핵심내용을 선별 네 가지 관점에 따라 배열해 기술이슈를 도출하는 데 활용

가. 정책적 시사점

- 정부/지자체 차원의 탄소중립도시 계획 발표 확산
- 온실가스 배출원별 관리 체계로 인해 도시계획/관리 시, 탄소중립 요소 파악 및 반영에 한계
- 탄소중립도시 계획이 수립되어 도시가 조성되더라도 도시의 탄소중립수준을 평가 또는 인증하기 위한 기준·제도 부재
- 국내 국토정보 인프라의 고도화 및 관련 산업 육성을 위해 정부는 도시 정책 수립 및 관리에

있어 공간정보 융합데이터의 활용을 적극적으로 촉진

나. 경제적 시사점

- 탄소중립 이행에 있어 도시의 역할 강화로 탄소중립도시 조성을 위한 투자(재정, R&D)가 지속적으로 확대될 예상
- 신도시 및 도시재생 사업의 확대로 국내외 도시계획 Eng. 시장의 성장이 전망되며 최근탄소중립도시 조성의 확대는 도시계획, 엔지니어링, 소프트웨어 관련 시장이 개화하는 동인이 될 전망
- 탄소중립도시 관리를 위한 수단, 정보표준은 변화될 가능성이 많으므로 국가별 정보표준에 따라 국가간 교류 제한 및 성장 지연 우려되며 국가·지자체간 R&D실증, 도시관리 데이터 공유 및 공동 표준 제정 노력이 요구됨
- Zero 에너지 빌딩, 신재생에너지 시스템, 고효율 외피, C-ITS 등 탄소중립도시를 구성하는 요소기술 시장의 꾸준한 성장

다. 사회문화적 시사점

- 탄소중립 이행을 촉진하는 플랫폼으로써 도시의 역할 부상
- 고령화/인구격차/산업특성 등에 따라 지역별 발전 모델 및 주거/교통 등 탄소배출 여건 다양화에 따라 도시 유형 따라 유연하게 적용가능한 도시계획 기법이 요구됨
- 건설산업과 빅데이터, AI, IoT 기술의 융합은 향후에도 전방위로 확산될 전망

라. 기술적 시사점

- 민관의 노력으로 빠르게 개선되었으나 선진국에 비해 낮은 도시계획/설계 기술 수준('19년 70%, 국토교통 전체 80%, 건축 80%)
- 관련 기술의 발전에 따라 다양한 탄소배출 저감 수단, 탄소흡수 수단이 다양화 되고 적용이 확대 될 전망
- 국내는 공간 중심 탄소관리시스템에 대한 R&D투자가 미비, 관련 정보표준, 법제도 등에 대한 사전 연구 부족, 국외 선도 기술의 발전 속도를 고려해 조속한 확산을 위한 실증, 법제도 개정 등이 요구됨

마. 기술개발 니즈

- 문헌분석 및 연구팀 논의, 기술수요조사 결과를 토대로 PEST분석의 주요 현황 및 이슈해결에 필요한 7개 기술니즈를 도출, 도출된 기술니즈는 세부과제 및 구성기술 선정 등에 활용

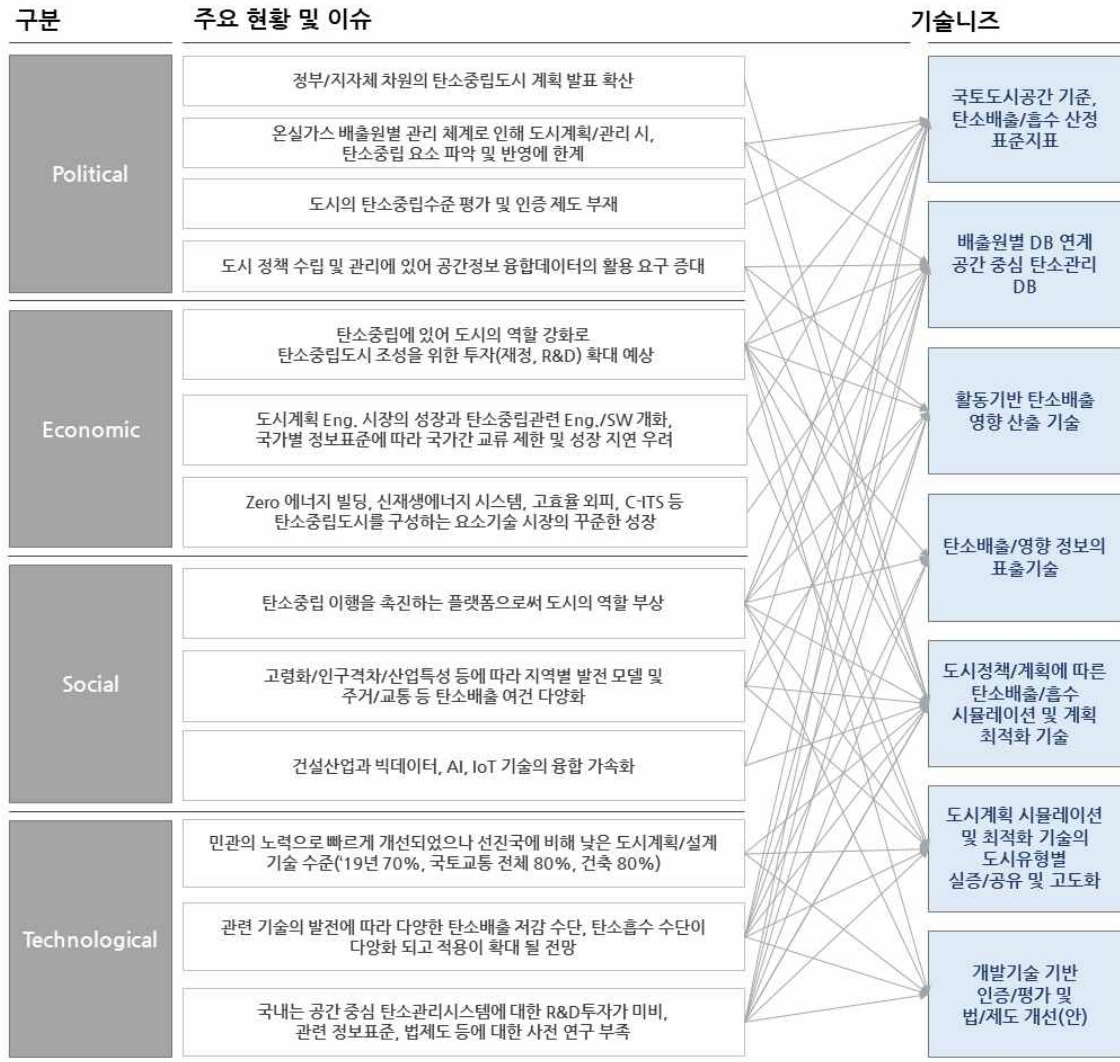


그림 2-111. PEST 분석 및 기술개발니즈

3. 기술개발전략

- 배출원 중심의 탄소중립 정책에서 공간기반의 탄소중립 정책으로의 전환을 지원하기 위한 기술 개발 추진
 - 신재생에너지원의 제약, 제조업 중심의 산업구조로 인한 산업 성장과 탄소배출량과의 탈동화가 어려운 여건 극복을 위해 탄소 배출·흡수 수단간 한계 보완하거나 시너지 창출이 필요
 - 이를 위해 친환경 건축, 신재생에너지 설비, 친환경 교통수단, 첨단교통시스템 등 탄소중립도시 등 구성요소와 연계하는 통합적 관점의 공간기반 탄소 관리 기술개발 추진
 - 기술개발을 통해 공간 중심으로 전환되는 정부 정책 추진을 지원
- 공간기반 탄소관리 기술개발 시, 표준화된 탄소배출량 산출방식, 탄소배출 영향 도출 알고리즘, 탄소중립 수준 평가기법 등 기술을 최우선 개발

- 국토도시공간 기준, 탄소배출/흡수 산정 표준지표, 배출원별 DB 연계 공간 중심 탄소관리 DB, 활동기반 탄소배출 영향 산출 기술, 탄소배출/영향 정보의 표출기술 등
- 탄소중립도시 계획 서비스 및 SW 시장 성장을 고려해 공간기반 탄소관리 뿐만 아니라 도시계획 의사결정지원 시스템으로 단계적 고도화 개발 추진
 - 민간 도시계획 서비스, SW 시장 진출을 고려해 도시 정책 및 계획의 효과 검증 및 시뮬레이션, 인공지능·빅데이터 기반 탄소중립도시 최적화 계획 지원 등 의사결정지원 체계로 고도화
- 탄소중립 목표 달성 시점까지의 짧은 기간, 낮은 국내 기술수준을 고려해 단기간에 기술역량을 제고할 수 있도록 도시유형별 실증을 연계한 기술개발 추진
 - 정부·지자체와의 사전 협의를 통해 시범사업을 추진하고 개발된 기술을 실증하여 기술수준 및 성숙도를 빠르게 제고
 - 도시유형별 실증을 통해 다량의 실증 데이터와 Track Record를 단기간에 확보하고 공간기반 탄소관리 기술 및 의사결정 지원 기술을 고도화하는 한편 탄소중립도시 계획 서비스 및 SW 시장 진출 추진
- 기술개발과 더불어 법/제도, 평가, 인증 기술개발을 동시에 추진하여 시장성장을 촉진
- 산학연 공동연구개발 확대를 통해 취약한 민간 기술역량을 제고하고 시스템 구축 및 운영비용 부담을 완화
- 실증데이터의 공유를 기반으로 탄소중립도시 기준·표준관련 글로벌 협력을 강화



(공 백)

제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제1절 비전 및 목표

1. 연구의 비전

- 연구개발과제는 2050 탄소중립을 실현하기 위해 주요 탄소배출원인 도시단위에서의 탄소배출을 저감하고 흡수능력을 향상시키기 위한 종합 계획플랫폼으로 역할을 수행할 수 있는 연구성과물 도출을 비전으로 설정함

2. 연구목표 설정

가. 전체 연구목표 설정

- 본 연구의 목표는 도시공간단위에서 적용 가능한 탄소중립 계획수립기술의 개발과 실증임
 - (탄소공간지도 구축기술 고도화) 도시공간의 탄소를 산정하고 진단하는 기술을 기반으로 자료구축, 데이터 모델, 지표 선정 등 탄소공간지도 구축 요소 기술 개발
 - (탄소중립도시 계획수립 지원기술 개발) 탄소중립도시 정책지원을 위해 탄소배출저감 도시공간구조 최적화를 반영한 공간계획지원 플랫폼 개발
 - (탄소중립 모니터링 및 기술 실증) 탄소공간지도 기반 공간계획지원 플랫폼 시범모델 적용 및 운영을 통해 관련 정책 제안, 활성화 방안마련, 사업화 모델 제시

나. 달성 목표 수준

- 탄소공간지도 시스템
 - 탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델, 탄소배출량 관리 진단기술, 탄소공간지도 고도화 혁신기술
 - 기존 탄소배출·흡수량 통계구축단위(시군구)를 공간해상도 최소 10m(격자)수준으로 향상
- 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼
 - 공간구조 변화기반 탄소배출 시뮬레이션 기술, 탄소배출 저감 도시공간구조 최적화모델, 최적감축지원모듈 기술
 - 탄소중립도시계획 수립 시 기초조사 기간 단축(기준: 기초조사 시행(3개월 이상)→탄소공간지도 활용 시 즉시 참조)
- 계획운영 모델
 - 실증계획수립, 공간계획지원플랫폼 확산모델, 법제도화 방안, 운영관리 사업화모델
 - 탄소중립계획수립 대상 실증 5곳 이상 적용을 통해 탄소중립계획수립 확산



그림 3-1. 탄소공간지도 기반 계획지원 기술 개발 As Is - To Be

다. 예상 세부목표 설정

- 연구의 예상 목표는 탄소공간지도의 고도화를 기반으로 한 탄소중립 계획지원 기술의 개발과 보급이며 세부 연구목표별 주요 성과물과 형태는 다음과 같음

표 3-1. 연구목표

구성기술	연구목표	주요 성과물	성과물
(구성기술1) 탄소공간지도 구축기술 고도화	탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도에 적용되는 공간단위별 탄소배출량과 흡수량 산정 모델 탄소공간지도 기반 토지이용별 인벤토리 구축 방법론 탄소공간지도 고도화에 필요한 데이터 확보·관리 지침 	매뉴얼 SW
	탄소공간지도 기반 탄소중립 진단지표 개발	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도 기반 탄소중립 수준 진단지표 설명서 	매뉴얼
	탄소공간지도 운용 및 서비스모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도를 활용한 서비스 모델 	SW 시스템

구성기술	연구목표	주요 성과물	성과물
(구성기술2) 탄소중립도시 계획수립 지원기술	공간구조변화 기반 탄소배출 시뮬레이션 기술 개발	• 도시공간구조 변화 기반 탄소배출 시뮬레이션 모델	알고리즘 SW
	탄소배출저감을 위한 계획지원 기술 개발	• 탄소중립 도시계획 수립 지원 모듈 • 개발사업에 따른 탄소배출 시뮬레이션 모듈 • 지자체 탄소중립목표 감축이행 모니터링 모듈	알고리즘 SW
	탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축 기술 개발	• 탄소중립도시계획 수립지원 플랫폼	SW 시스템
(구성기술3) 탄소중립도시 계획수립 기술 확산모델	탄소중립도시 계획수립 지원기술 실증	• 지자체 실증적용 보고서	보고서
	탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 확산 모델 수립	• 공간계획지원 플랫폼 운영 방안 보고서 • 공간계획지원 플랫폼 확산보급 방안 보고서	보고서
	플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(안) 개발	• 탄소공간지도 및 공간계획수립지원 플랫폼 활용과 확산을 위한 법제도/정책(안)	법제도

3. 성공가능성 검토

가. 정책반영 가능성

- 정부의 2050 탄소중립 추진의지와 연계하여 국토교통 탄소중립 로드맵 실현을 위한 계획분야 기술개발의 국고 지원 타당

나. 요소기술개발 가능성

- 국토·도시단위 정부 및 지자체 온실가스 감축 목표 수립 및 이행 상황 점검 등을 위해 탄소공간지도를 보급하고, 현장에 적용하여 활용하기 위한 탄소공간지도 구축 및 지원 기술 고도화 R&D 투자 필요
- 선행연구가 수행되어 이를 통합하고 개선하기 용이하며, 빅데이터, 인공지능 등의 4차산업혁명 기술의 보편적인 사용으로 이전과는 연구개발 여건(기술고도화)이 향상

다. 실증 및 실용화 가능성

- 탄소중립계획 수립은 지자체 단위에서도시계획은 공공분야의 협력이 필수적인 기술로 연구개발 시점부터 지자체 및 관련 부처의 협력 및 참여 필요하고, 이를 활용하기 위한 제도적 협의도 지속 필요함
- 이와 관련하여 실증대상인 지자체와 협약을 통해 기술을 적용하여 보급할 경우 실제 이용결과를 바탕으로 실용화 가능성여부를 판단할 수 있음

제2절 핵심기술요소(CTE) 선정

1. 핵심기술요소(CTE) 검토

가. 핵심기술요소 후보선정 기준

- 핵심기술요소 CTE는 기술개발 최종 목표의 성공여부를 결정짓는 소재나 부품, 시스템으로 그 자체로 시연이 가능하여 시험평가 항목에 대한 측정이 가능해야 함
- CTE는 세부과제당 1개 이상 도출될 수 있음
- 국내외 동향분석과 기술수요조사 결과를 토대로 핵심기술요소 후보를 도출하고 각 기술요소 후보에 대한 SWOT 분석, 현재 기술수준 평가, 시장성 분석을 바탕으로 핵심기술요소 선정 체크리스트를 활용하여 통해 최종 후보과제를 선정함
- 최종 추진과제는 기획연구진 및 자문위원진의 검토를 거쳐 최종 추진과제를 확정함

표 3-2. 핵심기술요소 선정 체크리스트

항목번호	체크리스트	비고
1	이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	반드시 충족
2	해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한(실패)위험이 예상되는가?	하나 이상 충족
3	해당기술이 새롭거나 독창적인가?	
4	기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발 시 변경된 기술인가?	
5	해당기술이 유사환경에서 실현되도록 개발 또는 재개발되는가?	
6	이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘을 것으로 기대되는가?	

나. 핵심기술요소 후보 목록

- 핵심기술요소 후보과제목록은 기술수요조사를 바탕으로 작성하였으며, 전문가 자문과 평가를 바탕으로 핵심기술요소 선정 체크리스트를 적용하여 핵심기술요소를 선정하게 됨
- 각 기술은 TRL(Technology Readiness Level)과 연계한 분석을 위해 R&D유형을 특허조사결과를 바탕으로 구분하였음
 - 기술유형은 진단과 평가, 계획수립 지원, 실증으로 구분

표 3-3. 기술 유형 분류

기술 유형	기술 정의	기술범위 (사례)	키워드
① 진단과 평가	탄소공간지도 구축을 통해 탄소 배출량과 흡수량을 산정하여 현재 탄소중립 현황을 분석 및 평가하는 기술	<ul style="list-style-type: none"> 탄소배출·흡수량 산정을 위한 표준 모델 개발 (격자단위, 행정구역 단위, 점·선·면 등) 탄소배출량 관리를 위한 진단지표 개발 	탄소공간지도, 탄소중립, 탄소배출, 탄소흡수, 진단, 평가, 아카이빙, 예측, 지표선정, 계획지표, 데이터, 데이터수집, 알고리즘, 영향요소
② 계획수립 지원	탄소중립도시 시범모델을 구축하고, 도시를 구현하기 위한 국토·도시 차원의 도시계획·설계기술, 공간계획지원 시스템 등의 기술	<ul style="list-style-type: none"> 공간구조 변화에 따른 탄소배출 시뮬레이션 기술 개발 토지이용-교통 연계 탄소배출저감 도시공간구조 최적화 모델 개발 도시공간구조에 따른 도시활동(이동)을 예측하여 배출량 변화 분석을 위한 모델 	시뮬레이션, 최적화, 용도지역, 도시계획시설, 시설계획, 토지이용, 배출량예측, 도시공간구조, 탄소감축수단, 탄소관리, 공간계획지원플랫폼, 계획수립지원
③ 모니터링 및 실증	2050 탄소중립을 추진하기 위해 지자체의 탄소중립기본계획 기반 감축 이행 모니터링 및 실증 방법론, 탄소중립도시 선정, 인증체계 정책제안	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립도시 시범모델 선정, 기술 적용 실증 방안마련 시군구 탄소중립기본계획 감축이행 모니터링 방법론 개발 	의사결정지원, 모니터링, 실증, 사업화모델, 운영관리, 평가인증, 법제도, 가이드라인

2. 기술수요조사 시행

가. 기술수요조사 시행 개요

- 국토·도시 차원의 탄소중립화 추진 및 관리를 위한 탄소 공간지도 개발 및 이에 기반한 도시 계획 지원을 위한 기술개발아이템 발굴
 - (기간) '22년 1월 20일 ~ '22년 2월 18일(1개월)
 - (대상자) 산·학·연 및 기타기관 소속 도시기술전문가 약 40인
 - (방법) 이메일을 통한 설문
 - (수요조사 대상 기술 분야) '탄소 공간지도 기반 계획지원 기술'로써 ①진단과 평가, ②계획 수립 지원, ③모니터링 및 실증으로 구분

표 3-4 기술수요조사 대상 기술 분야

기술분류		상세 기술
탄소공간지도 기반 계획지원 기술개발	1. 진단과 평가	1-1 탄소배출·흡수량 산정 기술
		1-2 탄소배출량 관리·진단 방법론
		1-3 탄소공간지도 구축 기술
	2. 계획수립 지원	2-1 공간구조 변화 반영 탄소배출 시뮬레이션
		2-2 탄소배출 저감 도시계획·설계
		2-3 계획지원 플랫폼 개발
	3. 모니터링 및 실증	3-1 탄소중립도시 시범모델 선정 및 실증 기술
		3-2 지자체 모니터링 방법론
		3-3 탄소중립도시 법제도/정책 제안
		3-4 탄소공간지도 플랫폼 운영·관리 모델

나. 기술수요조사 결과분석

- 전문가 제안 기술은 총 33건이며 산업계에서 가장 많은 수의 기술을 제안
 - 기술제안자의 소속기관 유형별로는 산업계 전문가가 10건, 학계 전문가가 13건, 연구계 전문가가 6건, 기타 전문가가 3건 제안

구분	건수(건)	비율(%)
산	10	31.25%
학	13	40.63%
연	6	18.75%
기타	3	9.38%
합계	32	100%

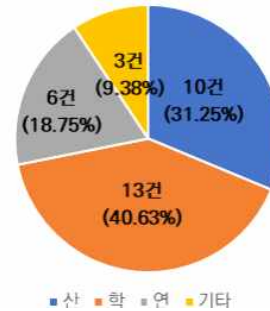


그림 3-2 소속기관 유형별 응답비율 및 제안 건수(건,%)

- 제안된 기술을 기술개발단계별로 구분할 경우, 응용·개발단계 기술이 가장 큰 비중을 차지
 - 제안기술을 기술개발 단계별로 구분할 경우 기초원천단계가 6건, 응용단계가 8건, 개발단계가 12건, 실증단계가 6건으로 개발단계가 가장 큰 비중을 차지

구분	건수(건)	비율(%)
기초	6	18.75%
응용	8	25%
개발	12	37.5%
실증	6	18.75%
합계	32	100%

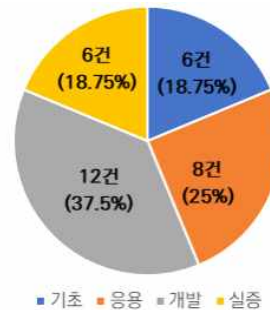


그림 3-3 기술개발단계별 응답비율 및 제안 건수(건,%)

- 제안기술을 기술분야에 따라 구분할 경우, 계획수립지원, 진단과 평가기술이 대부분
 - 제안된 기술수요를 기술분류별로 구분할 경우 진단과 평가 13건, 계획수립지원 14건, 모니터링 및 실증이 5건으로 진단과 평가, 계획수립지원분야가 84.4%

구분	건수(건)	비율(%)
진단과 평가	13	40.6%
계획수립지원	14	43.8%
모니터링 및 실증	5	15.6%
합계	32	100%

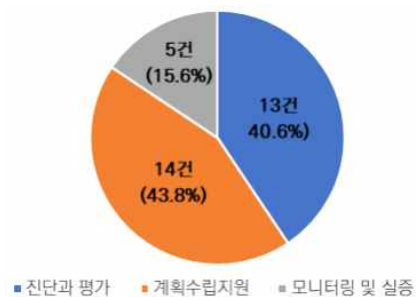


그림 3-4 기술분류별 응답비율 및 제안 건수(건,%)

다. 제안기술 목록

표 3-5 제안기술 목록

번호	기술분류	제안 기술명
1	진단과 평가	도시 탄소배출량·흡수량 산정기술 개발
2		수요자 기반 도시 탄소량 관리 인벤토리 개발
3		탄소 배출흡수량 복합연계분석 모델
4		재건축, 재개발 탄소배출 저감 실태 분석 및 탄소 배출 저감 활성화 방안에 관한 연구
5		공간구조와 탄소배출 변화를 반영한 그리드 기반의 탄소배출 시뮬레이션 구축
6		공간정보 융합모델을 적용한 탄소공간지도 구축 기술 개발
7		탄소감축을 위한 도시 탄소관리 평가 기술
8		도시공간의 탄소배출·흡수 현황지도 및 모니터링 시스템 기술
9		GIS를 이용한 격자 기반 탄소공간지도 제작 시스템 개발
10		국가 공간정보와 위성영상을 활용한 도심지 정밀 탄소공간지도 구축 기술 개발
11		쇠퇴도시의 탄소배출 및 저감 진단 평가 기술
12		지구단위계획 연동형 탄소배출 및 저감 진단 평가 기술
13		공간단위별 흡수현황 및 NBS 사업 효과평가기술 개발
14	계획수립 지원	토지이용-교통 통합모형을 통한 온실가스 배출량 산정기술
15		워터인프라 연계 탄소중립 기술 고도화 및 실증
16		공간정보에 대응되는 온실가스 인벤토리 구축을 위한 표준 모델 개발
17		국토의 토지이용-도시(지역)-건물단위 탄소배출 모니터링 및 도시계획 지원
18		기후변화 대응을 위한 도시계획 지원기술
19		미래도시 공간구조 변화에 따른 탄소배출 시뮬레이션평가기술
20		탄소중립도시 계획·설계지원 플랫폼 기술
21		탄소중립도시 관리 지원 시스템 구축 기술 개발
22		3차원 국토 디지털 트윈 기술 개발
23		순환도시 체계기반의 탄소중립도시 지원시스템 개발
24		재해 회복형 도시설계기술 개발
25		미기후 및 신재생에너지원 기반의 다변수 고려, 최적 개발밀도 산정 알고리즘
26		도시관리계획 입안시 탄소중립성 평가 표준 프로그램 개발
27		기후·사회·경제 요인의 통합 토지이용 전망기술 개발
28	모니터링 및 실증	디지털 트윈 기반의 탄소중립도시 공간정보 융합 플랫폼 모니터링 및 운영기술
29		에너지자립형 스마트 버스정류장 구현 및 실증
30		지속 가능한 기상변화 대응 탄소배출량 관리기술 개발
31		기후상황과 에너지(사용, 생산) 지도 시스템 구축
32		탄소 흡수원 산림데이터와 산불예방 시스템 연계

3. 산학연 전문가위원회 구성

가. 산학연 전문가위원회 운영 개요

- (목적) 탄소공간지도관련 기술개발 방향 및 기술수요조사 결과에 기반한 세부과제 구성 검토
- (구성) 산·학·연 도시기술전문가 11인

나. 전문가위원회 논의 결과

- (사업 추진 방향) 도시계획에 초점을 맞춘 기술개발이 적절, 개발된 기술의 적용 주체가 되는 부처, 지자체 등의 추진 사업과 연계를 고려하며 개발되는 성과의 범위를 명확하게 설정하되 확장성을 고려한 기술개발 필요
 - 주요 부처 및 지자체 추진계획과 연계성을 고려하여 수립
 - 국토부(수송, 건물), 환경부(탄소 관련 시스템 구축), 행안부(탄소지도) 관련 R&D 추진 계획 검토 및 타 기관들의 연구성과 상호 호환 고려 필요
 - 탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델에 대한 명확한 범위설정이 요구되나 상이한 사용주체별 여건을 고려해 학습모델에 지자체 현황을 반영할 수 있는 형태로 개발
- (세부과제 구성방향) 플랫폼 개발 뿐만 아니라 응용 및 고도화, 정책의 평가 등을 위한 과제를 포함하고 탄소공간지도를 구성하기 위한 데이터 범위는 교통, 신재생에너지 등 확장성을 고려해 설정
 - 탄소중립을 위해 감축 수단·정책 도입에 따른 효과분석 시뮬레이션 모듈 개발, '흡수' 용어 보다 '감축'의 단어를 추가하고 하위개념으로 에너지 전환, 그린 인프라 등 추가
 - 플랫폼 개발에서 다양한 응용 및 고도화가 가능한 세부과제를 포함
 - 교통, 모빌리티 등 도시구성요소를 포괄한 플랫폼 개발이 중요
 - 도시공간의 용도, 밀도, 활동 강도 등 차원에서 탄소중립 도시계획의 의지를 실천할 수 있도록 거시적 차원(관점)에서 추진하는 것이 필요함. 밀도 등 3차원의 정보를 2차원 지도로 잘 설명될 수 있도록 표현하는 등 범용성 확대
 - 태양광·열 인센티브 정책 도입에 따른 비용 편익분석, 도시계획시설 활용 재생에너지 적용효과 분석, 탄소중립을 위한 최적 사업공간범위 도출 모듈 (배출 vs 상쇄가능 범위)
 - 도시공간의 정적데이터(Static: 필지, 건물, 거주인구, 토지이용, 밀도 등) · 동적데이터(Dynamic: 인구 이동량, 교통 등) 체계화하여 법제도 차원에서 실행 가능하도록 포괄
 - 지자체의 실질적인 활용방안, 시민참여(ex.클라우드 소싱, 커뮤니티 매핑)방안 등 고려 필요

4. 핵심기술요소 검토 결과

가. 핵심기술유형 도출

- 기술수요조사 제안기술명을 후보로 선정하고 기술위원회 및 내부검토를 통해 핵심기술요소 결과 도출
- 후보기술의 목적 부합성, 시급성, 차별성을 검토하여 핵심기술요소 선정

표 3-6 핵심기술요소 검토결과

번호	CTE 후보명	목적 부합성	시급성	차별성	선정 결과
진단과 평가	1 도시 탄소배출량·흡수량 산정기술 개발	✓	✓	✓	✓
	2 수요자 기반 도시 탄소량 관리 인벤토리 개발	✓	✓	✓	✓
	3 탄소 배출흡수량 복합연계분석 모델	✓	✓		
	4 재건축, 재개발 탄소배출 저감 실태 분석 및 탄소 배출 저감 활성화 방안에 관한 연구	✓	✓	✓	✓
	5 공간구조와 탄소배출 변화를 반영한 그리드 기반의 탄소배출 시뮬레이션 구축	✓	✓	✓	✓
	6 공간정보 융합모형을 적용한 탄소공간지도 구축 기술 개발	✓	✓	✓	✓
	7 탄소감축을 위한 도시 탄소관리 평가 기술	✓	✓	✓	✓
	8 도시공간의 탄소배출·흡수 현황지도 및 모니터링 시스템 기술	✓	✓	✓	✓
	9 GIS를 이용한 격자 기반 탄소공간지도 제작 시스템 개발	✓	✓	✓	✓
	10 국가 공간정보와 위성영상을 활용한 도심지 정밀 탄소공간지도 구축 기술 개발	✓		✓	
	11 클라우드 소싱 및 마이데이터 기반 도시 탄소 현안 관리기술개발	✓	✓	✓	✓
	12 쇠퇴도시의 탄소배출 및 저감 진단 평가 기술 기초	✓			
	13 지구단위계획 연동형 탄소배출 및 저감 진단 평가 기술	✓	✓	✓	✓
	14 공간단위별 흡수현황 및 NBS 사업 효과평가기술 개발	✓		✓	✓
계획수 립 지원	15 토지이용-교통 통합모형을 통한 온실가스 배출량 산정기술	✓	✓	✓	✓
	16 워터인프라 연계 탄소중립 기술 고도화 및 실증	✓		✓	
	17 공간정보에 대응되는 온실가스 인벤토리 구축을 위한 표준 모델 개발	✓	✓		
	18 국토의 토지이용-도시(지역)-건물단위 탄소배출 모니터링 및 도시계획 지원	✓	✓	✓	✓
	19 기후변화 대응을 위한 도시계획 지원기술	✓	✓	✓	✓
	20 미래도시 공간구조 변화에 따른 탄소배출 시뮬레이션평가기술	✓	✓	✓	✓
	21 탄소중립도시 계획·설계지원 플랫폼 기술	✓	✓	✓	✓
	22 탄소중립도시 관리 지원 시스템 구축 기술 개발	✓	✓	✓	✓
	23 3차원 국토 디지털 트윈 기술 개발	✓	✓		
	24 순환도시 체계기반의 탄소중립도시 지원시스템 개발	✓			
	25 재해 회복형 도시설계기술 개발	✓		✓	
	26 미기후 및 신재생에너지원 기반의 다변수 고려, 최적 개발밀도 산정 알고리즘	✓		✓	
	27 도시관리계획 입안시 탄소중립성 평가 표준 프로그램 개발	✓	✓	✓	✓
	28 기후·사회·경제 요인의 통합 토지이용 전망기술 개발	✓		✓	
모니터 링 및 실증	29 디지털 트윈 기반의 탄소중립도시 공간정보 융합 플랫폼 모니터링 및 운영기술	✓	✓	✓	✓
	30 에너지자립형 스마트 버스정류장 구현 및 실증	✓	✓		
	31 지속 가능한 기상변화 대응 탄소배출량 관리기술 개발	✓	✓	✓	✓
	32 기후상황과 에너지(사용, 생산) 지도 시스템 구축	✓	✓		
	33 탄소 흡수원 산림데이터와 산불예방 시스템 연계	✓			

나. 핵심기술유형별 핵심기술요소 도출

- 제안된 핵심기술요소 33건 중 목적 부합성, 시급성, 차별성을 검토하여 19건의 핵심기술 선정

표 3-7 핵심기술요소 선정결과

번호	CTE 후보명	목적 부합성	시급성	차별성	선정 결과
진단과 평가	1 도시 탄소배출량·흡수량 산정기술 개발	√	√	√	√
	2 수요자 기반 도시 탄소량 관리 인벤토리 개발	√	√	√	√
	3 재건축, 재개발 탄소배출 저감 실태 분석 및 탄소 배출 저감 활성화 방안에 관한 연구	√	√	√	√
	4 공간구조와 탄소배출 변화를 반영한 그리드 기반의 탄소배출 시뮬레이션 구축	√	√	√	√
	5 공간정보 융합모델을 적용한 탄소공간지도 구축 기술 개발	√	√	√	√
	6 탄소감축을 위한 도시 탄소관리 평가 기술	√	√	√	√
	7 도시공간의 탄소배출·흡수 현황지도 및 모니터링 시스템 기술	√	√	√	√
	8 GIS를 이용한 격자 기반 탄소공간지도 제작 시스템 개발	√	√	√	√
	9 클라우드 소싱 및 마이데이터 기반 도시 탄소 현안 관리기술개발	√	√	√	√
	10 지구단위계획 연동형 탄소배출 및 저감 진단 평가 기술	√	√	√	√
계획수립 지원	11 토지이용-교통 통합모형을 통한 온실가스 배출량 산정기술	√	√	√	√
	12 국토의 토지이용-도시(지역)-건물단위 탄소배출 모니터링 및 도시계획 지원	√	√	√	√
	13 기후변화 대응을 위한 도시계획 지원기술	√	√	√	√
	14 미래도시 공간구조 변화에 따른 탄소배출 시뮬레이션평가기술	√	√	√	√
	15 탄소중립도시 계획·설계지원 플랫폼 기술	√	√	√	√
	16 탄소중립도시 관리 지원 시스템 구축 기술 개발	√	√	√	√
	17 도시관리계획 입안시 탄소중립성 평가 표준 프로그램 개발	√	√	√	√
모니터링 및 실증	18 디지털 트윈 기반의 탄소중립도시 공간정보 융합 플랫폼 모니터링 및 운영기술	√	√	√	√
	19 지속 가능한 기상변화 대응 탄소배출량 관리기술 개발	√	√	√	√

5. 핵심기술요소 선정

가. 핵심기술요소 선정 결과

- 선정된 19건의 핵심기술을 기준으로, 내·외부 검토를 통해 통합 및 세분화 과정을 거쳐 최종 14건의 핵심기술유형을 도출
- 총괄자문위원회를 통해 탄소중립도시 관련 환경변화와 시급성에 따라 '탄소공간지도' 및 '탄소중립도시계획'으로 연구주제 구체화

표 3-8 핵심기술요소 선정결과

번호	핵심기술유형	핵심기술요소 CTE
1	진단과 평가	탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델 개발
2		탄소배출량 관리를 위한 진단지표(탄소중립도 등) 개발
3		탄소공간지도 구축기술 고도화 및 서비스모델 개발
4		클라우드 소싱 및 마이데이터 기반 탄소공간지도 혁신기술 개발
5	계획수립 지원	공간구조 변화에 따른 탄소배출 시뮬레이션 기술 개발
6		토지이용-교통연계 탄소배출저감 도시공간구조 최적화 모델 개발
7		공간단위 감축수단별 최적감축지원모듈 개발
8		도시계획 등 정책활용 가능한 '탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼' 개발
9	모니터링 및 실증	탄소중립도시 계획지원 TB선정 및 실증 계획수립
10		지자체 탄소중립도시 실행계획 감축이행 모니터링 방법론 개발
11		탄소중립도시계획지원기술 실증
12		탄소중립도시 공간계획지원플랫폼 확산모델 수립
13		탄소공간지도 및 공간계획지원플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(안) 제안
14		계획지원 플랫폼 운영·관리 사업화 모델 제시

- 핵심기술요소 도출결과를 중심으로 내·외부 검토를 통해 아래의 내용을 도출



그림 3-5 핵심기술요소 선정과정 및 결과

제3절 연구개발 과제 구성

1. 과제도출 과정

- 연구개발과제는 동향조사(정책, 기술, 시장)와 논문 및 특허분석(공백 기술 및 연구) 결과, 기술수요조사로부터 구득한 데이터로부터 기술후보군 구성
- 기술니즈와 기술중복성 검토를 통해 핵심기술을 유형화하고 각 핵심유형별 기술요소를 도출한 후 세부과제를 구성



그림 3-6. 과제도출 과정

- 수급된 기술수요조사 분석결과 진단과 평가, 계획수립 지원, 모니터링 및 실증 등의 3가지 관점으로 전체 세부과제를 다음과 같이 구성하였음

가. 진단과 평가관점 기술수요조사 결과

- 진단과 평가관점의 기술수요조사는 14개의 제안기술 내용으로 도출되었으며 그에 따른 기술개발의 목표 및 요소기술 중심의 연구내용이 도출됨
- 주요내용은 도시의 탄소 관리에 대한 분석과 평가, 이를 가시화하기 위한 내용이 작성됨
- 과제도출을 위해 연구진과 협의하여 관련 내용을 종합하고 시사하는 부분은 반영하여 '탄소공간지도 구축 기술 개발'로 구성요소1 과제로 정의함

표 3-9. 진단과 평가 관점 기술수요조사 결과

번호	제안 기술명	기술개발 목표	연구내용
1	도시 탄소배출량·흡수량 산정기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 도시부문의 탄소배출량·흡수량산정을 위한 데이터 및 산정모델 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 도시부문 탄소배출·흡수량산정모델 개발 데이터 구축 및 시각화 기술 개발
2	수요자 기반 도시 탄소량관리 인벤토리 개발	<ul style="list-style-type: none"> 수요자 중심 도시 탄소관리 요소 인벤토리체계 정립 및 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 국가단위 목표와 수요자 행동패턴 및 패턴유도 요소를 정의하여 수요기반 탄소관리 인벤토리 체계 개발
3	탄소 배출흡수량 복합연계분석 모델	<ul style="list-style-type: none"> 탄소 배출 및 흡수에 관한 복합연계 시스템 구현 	<ul style="list-style-type: none"> 현행 탄소회계 문제점 진단 및 개선방향 탄소 배출, 흡수원 연결관계 분석 탄소 배출, 흡수원 복합연계 시스템 구축 및 실증 탄소 배출 흡수원 복합연계 시스템 활용방안
4	재건축, 재개발 탄소배출 저감 실태 분석 및 탄소 배출 저감 활성화 방안에 관한 연구	<ul style="list-style-type: none"> 국·내외 재개발, 재건축 탄소저감 기술 적용사례 분석 사례를 기반으로 탄소배출 저감을 위한 방안 및 정책적 시사점을 도출 	<ul style="list-style-type: none"> 재개발, 재건축 사업을 통한 탄소저감 효과 도출 제로에너지 건축물 인증, 녹색건축 인증 등 적용 가능한 탄소저감 방안 검토 재개발, 재건축 사업시 제로에너지 기술 적용 국·내외 사례 조사 융적률 인센티브 대비 탄소저감 시설 설치비용의 대한 타당성 검토 재개발, 재건축 탄소 저감 활성화를 위한 방안 모색 및 정책적 제안
5	공간구조와 탄소배출 변화를 반영한 그리드 기반의 탄소배출 시뮬레이션 구축	<ul style="list-style-type: none"> 공간구조와 탄소배출 변화를 반영한 그리드 기반의 탄소배출 시뮬레이션 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 공간구조와 탄소배출 및 흡수원 인벤토리 융합기술 개발 및 설계 공간구조와 탄소배출 변화를 반영한 그리드 기반의 탄소배출 시뮬레이션 구축 운영
6	공간정보 융합모델을 적용한 탄소공간지도 구축 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 점(point)-선(network)-면(zone)의 입체적 구축 및 활용이 가능한 인벤토리 표준단위도입 탄소배출 및 흡수원의 원천자료를 공간정보로 융합하고 이를 정책 및 계획에 필요한 공간단위로 표준화하고 이를 지도로 제작할 수 있는 방법론을 정립 및 지도 구축 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 탄소지도의 기능적 정의, 데이터모델 설계, 적용 기술 등을 정립 상향식과 하향식을 병행한 공간단위 인벤토리(탄소공간지도) 구축 방법론 개발 향후 탄소지도의 데이터 거버넌스 및 플랫폼화 기술 개발
7	탄소감축을 위한 도시 탄소관리 평가 기술	<ul style="list-style-type: none"> 탄소배출지역 유형별 도시 탄소관리 평가기법 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 지역별 탄소배출 증가요인을 분석하고 증가되는 배출원별 자료를 파악 기본계획상 탄소관리 반영정도를 판단하고 평가할 수 있는 기준 발굴 기본계획 시 탄소배출 관리를 위한 가이드라인 작성



번호	제안 기술명	기술개발 목표	연구내용
8	도시공간의 탄소배출·흡수 현황지도 및 모니터링 시스템 기술	<ul style="list-style-type: none"> 탄소배출·흡수구역(Carbon Emission and Absorption Zones, CEAZ) 설정 및 진단기술 개발 및 검증 	<ul style="list-style-type: none"> 도시공간 용도 및 밀도, 활동 기반 탄소배출·흡수량산정지표 수립 도시공간 탄소배출·흡수량산정기술 개발 탄소배출·흡수구역(CEAZ) 유형화 분석기술 개발 탄소배출·흡수구역(CEAZ) 도시공간 진단·관리기술 개발 도시공간 탄소배출·흡수 현황 지도 및 모니터링 시스템 구축
9	GIS를 이용한 격자 기반 탄소공간지도 제작 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> GIS를 이용한 격자 기반 탄소공간지도 제작 알고리즘 및 시스템 개발 지자체 대상 탄소공간지도 제작 실증을 통한 활용성 및 타당성 검증 	<ul style="list-style-type: none"> 격자 기반 탄소공간지도 제작 알고리즘 설계 및 개발 GIS기반 탄소공간지도 제작/관리 시스템 설계 및 개발 탄소공간지도 제작/관리 지침 및 시스템 매뉴얼 개발 지자체 적용 실증
10	국가 공간정보와 위성영상을 활용한 도심지 정밀 탄소공간지도 구축 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 도심지 복합공간 탄소배출량 및 흡수량산정을 위한 탄소공간지도 구축 기술 개발 및 지침 작성 국가공간정보와 위성영상을 접목한 3차원 격자기반 10미터 단위 정밀 도심지 탄소공간 지도 구축 기법 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 도심지 건물 공간 탄소공간 지도 구축기술 개발 도심지 도로공간 탄소공간지도 구축 기술 도심지 녹지공간 탄소공간지도 구축 기술 도심지 Hybrid 탄소공간지도 구축 기술
11	클라우드 소싱 및 마이데이터 기반 도시 탄소 현안 관리기술개발	<ul style="list-style-type: none"> 클라우드 소싱 및 마이데이터를 활용한 도시탄소 현안 이슈 도출 및 관리기법/ 기술개발 	<ul style="list-style-type: none"> 클라우드 소싱 및 마이데이터를 통한 도시의 관심 키워드 분석 탄소중립 중심의 클라우드 소싱 및 마이데이터 플랫폼 구축
12	쇠퇴도시의 탄소배출 및 저감 진단 평가 기술 기초	<ul style="list-style-type: none"> 쇠퇴도시의 토지이용, 기반시설, 건물 등의 공동화 및 저이용 특성을 고려한 탄소배출 진단 평가 기술 개발 대도시, 중소도시, 군 또는 중심도시, 낙후도시, 농어업도시 등 다양한 도시 규모 및 유형별 진단 평가 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 쇠퇴도시의 저이용 토지 및 건물에 대한 탄소배출 진단 평가 쇠퇴도시 기반시설에 대한 탄소배출 및 저감 진단 평가 쇠퇴도시 규모 및 유형별 탄소배출 및 저감 진단 평가
13	지구단위계획 연동형 탄소배출 및 저감 진단 평가 기술	<ul style="list-style-type: none"> 지구단위계획의 공간적 범위에 적용할 수 있는 탄소배출 및 저감 진단 평가 기술 개발 지구단위계획 수립 지원을 위한 진단 평가 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 지구단위계획의 공간적 범위 기반 진단 평가 기술 개발 지구단위계획 수립 과정 지원 방안 마련
14	공간단위별 흡수현황 및 NBS 사업 효과평가기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 공간단위별 흡수현황 산출 및 NBS 사업추진에 따른 변화잠재량 도출 알고리즘 개발 및 사업의 효과평가 기준 설정 	<ul style="list-style-type: none"> 공간단위별 흡수현황 및 NBS 사업추진에 따른 연차별 흡수잠재량 산출 NBS 사업효과 평가를 위한 모니터링 체계 개발

나. 계획수립지원 관점 기술수요조사 결과

- 계획수립지원 관점의 기술수요조사는 14개의 제안기술 내용으로 도출되었으며 그에 따른 기술개발의 목표 및 요소기술 중심의 연구내용이 도출됨
- 주요내용은 탄소 배출의 시뮬레이션 기법, 지표간의 상관성 분석, 공간단위별 계획 지원 기능을 종합할 수 있는 내용으로 작성됨
- 과제도출을 위해 연구진과 협의하여 관련 내용을 종합하고 시사하는 부분은 반영하여 '탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 개발'로 구성요소2 과제로 정의함

표 3-10. 계획수립지원 관점 기술수요조사 결과

번호	제안 기술명	기술개발 목표	연구내용
1	토지이용-교통 통합모형을 통한 온실가스 배출량 산정기술	<ul style="list-style-type: none"> • 토지이용-교통 통합모형 개발을 통한 온실가스 배출량 산정 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 국·내외 Urban Operation Model 검토 • 토지이용-교통 통합모형 개발 • 계획수립 지원기능 개발
2	워터인프라 연계 탄소중립 기술 고도화 및 실증	<ul style="list-style-type: none"> • 하폐수시설 등 워터인프라 하이브리드 탄소중립기술 개발 • 워터인프라 하이브리드 탄소중립 기술의 고도화 및 실증 • 워터인프라 하이브리드 탄소중립 기술의 온실가스 저감효과 평가기법 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 워터인프라 하이브리드 탄소중립기술의 고도화 및 실증 워터인프라 • 하이브리드 탄소중립기술의 고도화 및 실증 • 워터인프라 하이브리드 탄소중립기술의 온실가스 저감효과 평가기법 개발
3	공간정보에 대응되는 온실가스 인벤토리 구축을 위한 표준 모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 공간정보 인자별 적용 가능한 온실가스 배출 원단위 및 가중치 도출 • 기 개발된 공간정보 활용기술을 바탕으로 온실가스 관리 시스템 개발 • 국토정책 및 도시계획 수립시 온실가스 관리 시스템 활용으로 탄소중립 실현 	<ul style="list-style-type: none"> • 국토공간 내 물리적 인자별 온실가스 배출 원단위 산정을 위한 모델구상 • 산정 또는 추정된 인자별 배출량 · 흡수량과 도시계획 지표간 상관성 분석(시계열 분석)으로 가중치 도출 • 기 개발된 공간정보 활용기술을 활용해 공간정보에 온실가스 원단위 적용 및 분석 모델 구축
4	국토의 토지이용-도시(지역)-건물단위 단위 탄소배출 모니터링 및 도시계획 지원	<ul style="list-style-type: none"> • 지자체 토지이용 - 도시(지역) - 건물단위 단위 탄소배출 모니터링 및 도시계획 수립 지원 • 지자체 토지이용 - 도시(지역) - 건물단위 단위 탄소배출 모니터링 시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 국가 공간정보를 활용한 국토의 토지이용 단위 탄소배출 분석 및 통합 활용 기반구축 • 도시(지역) - 건물단위 에너지 사용량 및 탄소배출 정보 구축(건물 · 지역별 에너지 사용량 세부정보 모니터링)
5	기후변화 대응을 위한 도시계획 지원기술	<ul style="list-style-type: none"> • 기후변화 대응을 위한 도시계획 지원시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 기후변화 완화 및 적응의 관점에서 최적의 토지이용계획, 최적의 건물의 배치 및 층수 계획 등을 돕는 지원시스템 개발 • 결정된 공간구조에 적용 가능한 최적의 감축기술의 조합을 도출할 수 있도록 돕는 지원 시스템 개발
6	미래도시 공간구조 변화에 따른 탄소배출 시뮬레이션 평가 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 미래 도시 공간구조 변화에 따른 탄소수지 시뮬레이션 평가 기술 개발 및 검증 	<ul style="list-style-type: none"> • 법·제도 내 도시공간 허용용도 및 밀도 최대 달성에 따른 탄소수지 악화도 시뮬레이션 기술 개발 • 도시공간변화 관련 빅데이터 기반 탄소수지 악화도 시뮬레이션 기술 개발 • 탄소중립화 관점에서 도시계획법·제도·정책의 기후변화 대응 평가기술 개발



번호	제안 기술명	기술개발 목표	연구내용
7	탄소중립도시 계획·설계지원 플랫폼 기술	<ul style="list-style-type: none"> 도시공간 탄소중립화를 위한 도시계획·설계 의사결정 기술 개발 및 검증 	<ul style="list-style-type: none"> 도시공간 내 탄소 배출원(건물, 교통 등)·흡수원(도시숲, 공원·녹지, 개별 수목, 토양 등)의 용도, 규모, 밀도, 형태, 배치 조절에 따른 탄소수지 변화 시뮬레이션 기술 개발 탄소중립 도시계획 및 설계전략, 가이드라인 수립 탄소중립 도시계획·설계지원 플랫폼 개발
8	탄소중립도시 관리 지원 시스템 구축 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 빅데이터 및 인공지능을 활용한 탄소 배출/흡수량에 대한 진단체계 개발 탄소중립도시 관리 지원 시스템 설계 구축 및 다양한 모듈 개발 민간부문(기업, 시민) 참여 지원 도구 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 빅데이터 및 인공지능을 활용한 탄소 배출/흡수량에 대한 진단체계 개발 탄소중립도시 관리지원 시스템 설계구축 및 분석모듈 개발 민간부문(기업, 시민) 참여 지원 도구 개발
9	3차원 국토 디지털 트윈 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 도시계획, 설계 및 공간 예측 시뮬레이션 결과 가시화를 위한 디지털 트윈 기술 설계 및 개발 공간 분석 결과 가시화를 위한 기술 설계 및 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 디지털 트윈 기술 설계 및 개발 공간정보 분석결과 가시화 기술 설계 및 개발
10	순환도시 체계기반의 탄소중립도시 지원 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> 물질순환의 온실가스 배출 산정에 대한 시스템 구축탄소중립도시를 위한 순환도시(물질순환) 인프라 기준 마련 	<ul style="list-style-type: none"> 물질순환 기반 온실가스 배출 산정 모형 개발 물질순환효율성확보를통한탄소중립도시인프라및기술적용방안
11	재해 회복형 도시설계기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 도시 재해 회복력을 진단을 위한 도시회복력 진단시스템 개발 재해 회복형 도시설계를 위한 도시계획요소 발굴 재해 회복형 도시설계기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 도시회복력 진단시스템 개발 재해 회복형 도시설계 기술개발
12	미기후 및 신재생에너지원 기반의 다변수 고려, 최적 개발밀도 산정 알고리즘	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립을 위한 토지이용 유형별 인벤토리 및 검증체계 구축 탄소중립을 위한 토지이용 유형별 미기후 및 에너지원 기반의 최적 용적률 산정 알고리즘 	<ul style="list-style-type: none"> 지속가능한 토지이용 개발밀도 산정을 위해 필요한 학습모델 개발을 위한 토지이용 유형별 인벤토리 구축 및 검증체계 개발 현행 도시계획에서 정하고 있는 토지이용 유형별로 신재생에너지원에 기반한 환경(미기후), 사회·경제 관련 다변수를 고려한 최적 개발밀도 산정 알고리즘
13	도시관리계획 입안시 탄소중립성 평가 표준 프로그램 개발	<ul style="list-style-type: none"> 입안구역내외 주변지역에 대해 정밀하게 분석, 결과 수준 평가 도시계획 사업으로 인한 탄소중립에의 악영향을 미연에 방지 또는 저감 대안수립 제공 	<ul style="list-style-type: none"> 도시관리계획 입안을 위한 탄소중립평가 표준프로그램 설계 및 개발 도시관리계획 입안을 위한 탄소중립평가 표준프로그램 실증
14	기후·사회·경제 요인의 통합 토지이용 전망기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 지역 단위 의사결정에서 활용할 수 있는 고해상도(1km 이상)의 미래 토지이용변화 전망 방법론 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 다분야 정책, 이행 계획과 토지이용간 관계 분석 상세화된미래 토지이용변화 예측 및 도출

다. 모니터링 및 실증 관점 기술수요조사 결과

- 모니터링 및 실증관점의 기술수요조사는 3개의 제안기술 내용으로 도출되었으며 그에 따른 기술개발의 목표 및 8개의 요소기술 중심의 연구내용이 도출됨
- 주요내용은 탄소 중립 도시 통합운영관리에 대한 실증과 검증, 이를 제도화할 수 있는 기반 마련을 위한 내용이 작성됨
- 과제도출을 위해 연구진과 협의하여 관련 내용을 종합하고 시사하는 부분은 반영하여 '탄소중립 모니터링 및 계획기술 실증'으로 구성요소3 과제로 정의함

표 3-11. 모니터링 및 실증 관점 기술수요조사 결과

번호	제안 기술명	기술개발 목표	연구내용
1	디지털 트윈 기반의 탄소중립도시 공간정보 융합 플랫폼 모니터링 및 운영 기술	<ul style="list-style-type: none"> 연구과제에서 도출되는 지표, 공간정보, 분석 결과 통합 및 관리기술 설계 및 개발 계획지원 플랫폼 운영관리 기술 설계 및 개발 실증을 위한 리빙랩 설계 및 구현 	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립 도시 통합운영관리 기술 설계 및 개발 실증을 위한 리빙랩 설계 및 구현
2	에너지자립형 스마트버스정류장 구현 및 실증	<ul style="list-style-type: none"> 내재탄소를 최소화한 스마트 버스 정류장의 구조물 개발 이산화탄소 배출을 최소화, 고에너지효율의 정류장 공간 운용 시스템 개발 탄소중립형 에너지 자립구조를 갖는 전력 공급 장치의 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 내재탄소를 최소화한 버스정류장의 구조물 개발 이산화탄소 배출을 최소화, 고에너지효율의 정류장 공간 운용 시스템 개발 탄소중립 에너지 자립구조를 갖는 전력 공급 장치의 개발
3	지속 가능한 기상변화 대응 탄소배출량 관리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 기상변화와 탄소배출량 주요 연관 관계 도출 연관 관계를 활용한 탄소배출량 예측 알고리즘 모듈 개발 탄소배출량 예측 및 관리 방안 실증 	<ul style="list-style-type: none"> 탄소배출량 예측 알고리즘 모듈 개발 탄소배출량 예측 및 관리 플랫폼 구축 탄소저감 시범도시 구축을 위한 제도마련
4	기후상황과 에너지 (사용, 생산) 지도 시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> 각 지자체 단위 기후(기상 포함) 자료 확보 각종 에너지 사용실태 분석과 온실가스 환산 신재생에너지, 화석연료등 에너지를 생산하는 양을 통합적으로 구축 총괄적인 탄소중립을 향한 세밀한 실행방안과 피드백관리 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지관리기관별 원시자료 수합, 공간별 자료 연계 공간별(필지, 동, 자치구, 생활권) 에너지 사용량, 시설단위(아파트) 에너지사용량 도시계획관련 에너지 사용량 공간별 에너지 생산량(신재생, 화석연료) 공간별 에너지 생산 가능성 분석(풍력, 태양광, 지열, 수열등)
5	탄소 흡수원 산림데이터와 산불예방 시스템 연계	<ul style="list-style-type: none"> 탄소 흡수원에 대한 실질적 데이터 구축 산림, 녹지, 공원, 도시내 녹지관리 분석 데이터화 산불의 예방을 위한 수종별 대응방향 모색 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 산림의 GIS(지리정보시스템) 구축, 생태현황도의 기존 자료와 연계, 수종별 연도별 데이터 세부 입력 토지이용, 토양피복, 현존식생 업데이트 구축 DB에 지속적 관리(훼손, 신규식생 등) 기존 바이오툰 자료 업데이트 및 수종별 연도별 탄소흡수량 증감 분석

2. 요소기술 유형화

- 동향조사 및 기술수요조사 결과를 통해 도출된 기술들을 유사한 항목으로 그룹화함
- 필요하다고 판단되는 신규 요소기술은 세부연구목표에 따라 연구진 및 자문위원의 회의를 통해 추가적인 후보과제를 보완
- 탄소중립기술위원회 유형화 회의개최 개요
 - 개최일시 : 2022.03.04.(금)
 - 개최장소 : 노보텔엠버서더 서울용산 백제회의실



그림 3-7. 탄소중립기술위원회

표 3-12. 후보과제 유형화

번호	핵심기술유형	핵심기술요소 CTE	연구내용	요소기술
1	(진단과 평가) 탄소공간지도 구축기술	(1-1) 탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소공간지도 DB구축 고도화 기술 개발 • 도시공간 탄소배출·흡수량 산정 모델 개발 • 탄소배출·흡수량 산정 데이터 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 공간지도구축 • 공간 및 속성 연계구축
		(1-2) 탄소공간지도 기반 탄소중립 진단지표 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소공간지도 기반 탄소중립 수준 진단 지표 개발 • 탄소중립 진단지표 활용 계획지원 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 현황조사분석 • 알고리즘 • 인벤토리 • 평가모델 기술
		(1-3) 탄소공간지도 운영기술 및 서비스모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소공간지도 플랫폼 고도화 기술 개발 • 탄소중립 데이터 모델 및 진단 지표 탑재 • 탄소공간지도 활용 서비스모델 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 공간지도구축 • 격자데이터활용 • 서비스 • 아키텍처 구성 전략
		(1-4) 클라우드 소싱 및 마이데이터 기반 탄소공간지도 혁신기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 클라우드 소싱 및 마이데이터 활용 DB체계 개발 • 마이데이터 기반 탄소배출 및 흡수 정보 수집 기술 개발 • 클라우드 소싱 기반 탄소공간지도 구축 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 클라우드소싱 • 데이터 수집 • 개인화데이터 • 텍스트마이닝 • 데이터셋 구축

번호	핵심기술유형	핵심기술요소 CTE	연구내용	요소기술
2	(계획수립 지원) 탄소중립도시 계획수립 지원기술	(2-1) 공간구조변화 기반 탄소배출 시뮬레이션 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 도시공간구조 기반 탄소중립 시뮬레이션 기술개발 탄소중립 시뮬레이션 기반 도시공간구조 최적화 기술개발 	<ul style="list-style-type: none"> 인벤토리 공간통계 시뮬레이션 시나리오
		(2-2) 탄소배출저감 수단별 최적감축 정책지원 모듈 개발	<ul style="list-style-type: none"> 건물부문 감축 정책에 따른 탄소중립 수준 시뮬레이션 기술개발 수송부문 정책에 따른 탄소중립 수준 시뮬레이션 기술개발 그린인프라(흡수원) 확대 정책에 따른 탄소중립 수준 시뮬레이션 기술개발 	<ul style="list-style-type: none"> 상관관계분석 공간분석 계획수립(안) 전략
		(2-3) 탄소중립도시계획 이행 검증을 위한 모니터링 모듈 개발	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도 기반 감축이행 모니터링 모듈 개발 공간 단위 탄소중립 기여도 산출 및 모니터링 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 모듈개발 공간분석 도시계획 모니터링 디지털트윈 아카이빙
		(2-4) 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도 기반 공간계획지원 플랫폼 설계 및 구축 탄소중립도시 계획수립지원 모듈 통합 탄소중립도시 계획수립지원 실증 및 고도화 	<ul style="list-style-type: none"> 도시계획 다차원공간분석
3	(실증 및 확산) 탄소중립 도시계획 수립기술 확산모델	(3-1) 탄소중립도시계획 수립지원기술 실증	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립도시계획 실증 TB선정(공모방식), 실증적용 일정, 성과 검증방법론 수립 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 실증 및 성과고도화 방안 연구 	<ul style="list-style-type: none"> 도시계획 테스트베드 도시계획 실증계획
		(3-2) 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 사업화 모델 수립	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도 서비스모델 확산 및 연계방안 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 운영관리 방안 개발 국내외 수요처 조사 및 시장 확산 전략 	<ul style="list-style-type: none"> 로드맵 전략 공간분석 도시계획 현황조사분석 사업화 모델
		(3-3) 플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(안) 개발	<ul style="list-style-type: none"> 성과활용 및 확산을 위한 법제도 개정안 탄소공간지도 및 공간계획지원 플랫폼 도시계획 활용 지침 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 도시계획 계획수립지침

3. 과제구성(안)

- 위에서 도출된 핵심기술유형별 핵심기술요소(CTE) 및 요소기술 유형화 결과를 바탕으로 구성 기술을 정의하였음
- 구성기술1은 탄소공간지도를 구축하는 기술을 개발하되, 공간단위 계획지원에 활용하기 위한 진단지표와 탄소공간지도를 고도화하기 위한 혁신기술을 개발
- 구성기술2는 탄소중립도시의 공간계획수립을 지원하기 위한 세부모듈로 공간구조변화시뮬레이션 및 최적화 기술, 감축정책수단 시뮬레이션 기술, 감축이행 모니터링 기술을 개발하고 이를 모듈화하여 플랫폼(SW)을 구축하는 기술을 개발
- 구성기술3은 개발된 기술을 실증도시에 적용하여 기술의 활용성을 검증하고, 기술개발성과를 확산하기 위한 법제도와 정책, 사업화 모델을 제안하는 것으로 구성



표 3-13. 과제구성(안)

구성기술	세부구성기술	연구내용
(구성기술1) 탄소공간지도 구축기술 고도화	(1-1) 탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> 건물, 수송 토지이용(흡수원), 토지용도별 탄소배출량과 흡수량 산정 모델(수식) 개발 탄소공간지도 고도화에 필요한 데이터 확보방안 수립 클라우드소싱 및 마이데이터 기반 탄소공간지도 혁신기술 개발
	(1-2) 탄소공간지도 기반 탄소중립 진단지표 개발	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도 정보를 활용하여 탄소중립 수준을 판단할 수 있는 진단지표 개발
	(1-3) 탄소공간지도 운용 및 서비스모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도를 활용한 서비스 모델 개발 및 구현
(구성기술2) 탄소중립도시 계획수립 지원기술	(2-1) 공간구조변화 기반 탄소배출 시뮬레이션 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 도시공간구조에 따른 탄소배출량 변화 시뮬레이션 기술 개발
	(2-2) 탄소배출저감을 위한 계획지원 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립 도시계획 수립을 지원하기 위한 탄소중립 계획요소별 지원 기술 개발 도시내 개발사업에 대한 탄소배출 및 저감 효과 산정 기술 개발 지자체 탄소중립목표 감축이행에서 공간단위 계획의 기여도를 평가하고 진단할 수 있는 모니터링 기술 개발
	(2-3) 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도 연계, 도시공간구조 시뮬레이션 기술, 계획지원 기술을 포함하는 탄소중립도시계획 수립을 지원하는 플랫폼(SW) 개발
(구성기술3) 탄소중립도시 계획수립 기술 확산모델	(3-1) 탄소중립도시 계획수립 지원기술 실증	<ul style="list-style-type: none"> 실증도시 선정, 실증적용 일정, 성과 검증방법론 수립 실증 지자체 대상 연구성과물 적용 및 검증
	(3-2) 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 확산 모델 수립	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도와 공간계획지원 플랫폼 활용을 전국 지자체로 확산보급하기 위한 모델 개발 기술개발 종료 후 구체적인 활용방안 수립 국의 수요처 조사 및 해외진출을 비롯한 시장 확산 전략 제시
	(3-3) 플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(안) 개발	<ul style="list-style-type: none"> 기술개발 및 실증결과를 바탕으로 기존 도시계획수립지침을 비롯한 탄소중립도시계획 관련 법제도/정책 개정안을 마련하여 제도화 지원 탄소중립도시 실현을 위한 특화제도 시행 방안 제시



그림 3-8. 과제구성(안)

제4절 구성기술별 주요내용 및 추진전략

1. 구성기술별 주요내용

가. 구성기술1. 탄소공간지도 구축기술 고도화

- 탄소공간지도 구축기술 고도화는 공간단위에서의 효과적인 탄소관리체계 마련을 위해 탄소배출과 흡수량의 지도화와 진단지표를 포함한 시스템 개발이 목표임

기술정의	도시공간내 발생하는 탄소배출과 흡수현황을 공간단위로 파악하기 위한 탄소공간지도 구축과 이를 기반으로 진단과 평가가 가능한 지표 및 평가방법론	
연구목표 (세부목표)	<ul style="list-style-type: none"> • (1-1) 탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델 개발 • (1-2) 탄소공간지도 기반 탄소중립 진단지표 개발 • (1-3) 탄소공간지도 운용 및 서비스모델 개발 	
연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"> • 도시공간의 탄소저감 정책을 지원하기 위한 수요자 중심의 탄소배출·흡수량 산정 관리기술 필요 • 도시 관점의 탄소배출량 관리를 위한 진단지표 구축이 필요하며, 도시공간 요소(건물, 에너지, 수송, 토지이용 등)의 탄소배출량을 평가 할 수 있는 기술 필요 • 도시 공간구성에 탄소중립 계획을 포함하기 위한 탄소 관련 데이터 수집구축 및 운영 방안을 마련하기 위한 연구 필요 • 개인 단위 탄소배출량 정보 확보 및 저감대책 지원을 위한 클라우드 소싱과 마이데이터를 활용한 시민-개인이 참여하는 탄소중립의 새로운 관계정립 연구 필요 	
기술유형/ 성과유형	<ul style="list-style-type: none"> • 현황분석기술, 예측기술, 공간계획기술 / 공법·기법, 소프트웨어(S/W), 시스템 	
주요 구성기술	(1-1) 탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 기술정의 : 점(P)-선(L)-면(A)의 다양한 공간형태를 반영한 탄소공간지도 데이터 모델 기반의 도시공간의 탄소배출·흡수량 산정 기술 개발 • 성과물 : 공간단위별 탄소배출량과 흡수량 산정 모델, 토지이용별 인벤토리 구축 방법론, 데이터 확보와 관리 지침 	
	(1-2) 탄소공간지도 기반 탄소중립 진단지표 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 기술정의 : 도시공간의 탄소배출과 흡수수준을 진단하기 위한 계량적 지표와 평가방법론 개발 • 성과물 : 탄소공간지도 기반 탄소중립 수준 진단지표 설명서 	
	(1-3) 탄소공간지도 운용 및 서비스모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 기술정의 : 탄소공간지도를 기반으로 대시민, 공공분야 대상 서비스 개발 • 성과물 : 탄소공간지도를 활용한 서비스 모델(SW) 	
기술수준	현재	과제종료시
	<ul style="list-style-type: none"> • 공급자 중심의 탄소배출량관리 기준으로 도시간 연계 및 현황진단 판단이 어려움 • 도시공간구조의 활동과 운영을 고려한 탄소중립계획이 도시계획수립과 이원화 되어 관리됨 • 수요자의 실사용 탄소정보수집에 대한 체계화 미흡 	<ul style="list-style-type: none"> • 전국단위 탄소배출·흡수원 자료수집 및 입력방법 구축 • 공간단위(격자크기) 구성 및 행정구역 연계를 통한 탄소공간지도 표출 • 클라우드 소싱 및 마이데이터를 활용한 탄소공간지도 연계분석 DB 구축
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> • 국토·도시·지역 등 공간단위 중심의 탄소배출량·흡수량 산정에 따른 과학적 근거기반 탄소 관리 가능 • 도시공간의 수요관점의 탄소배출·흡수량 관리에 실질적으로 영향을 주는 데이터를 규명함으로써 향후 후속 구에 대한 방향서 제시 • 도시공간의 탄소배출 현황 분석 기술을 포함하여 도시분야 주요 현안 대응 	

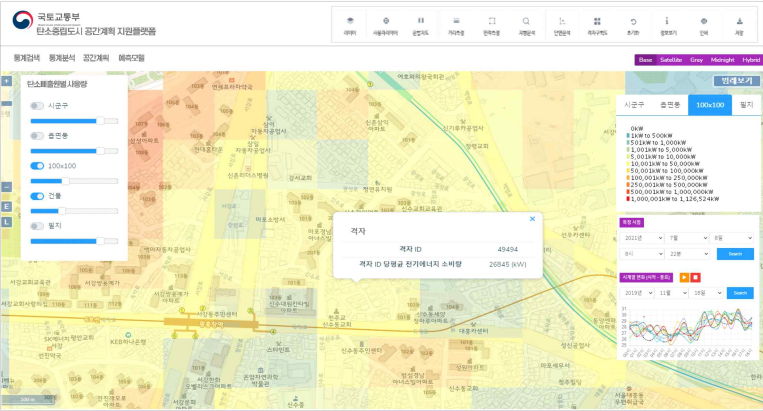
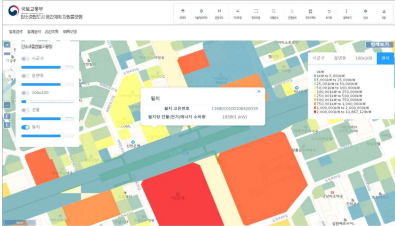
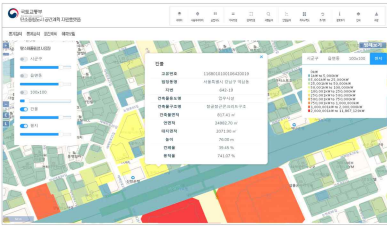
표 3-14. 구성기술1-1 과제카드

기술명	<ul style="list-style-type: none"> 탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델 개발
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도를 고도화하기 위한 데이터 구축 및 확보방안 개발
추진배경	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통부에서 구축하는 탄소공간지도는 건물 에너지 사용량, 수송부문 도로 교통량, 임상도를 이용하여 탄소배출과 흡수량을 산정 이를 고도화하여 보다 정밀하고 신뢰도 높은 탄소공간지도 정보 구축을 위한 방법을 개발하여 기존 시스템에 대한 고도화 필요 또한 개발된 데이터 모델은 탄소중립도시 계획지원 기술에서 활용 필요
기술유형/성과유형	<ul style="list-style-type: none"> 현황분석기술 / 공법·기법 <ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도에 적용되는 공간단위별 탄소배출량과 흡수량 산정모델(지침) 탄소공간지도 기반 토지이용별 인벤토리 구축 방법론(지침, SW) 탄소공간지도 고도화에 필요한 데이터 확보 및 관리 지침
요소기술	<ul style="list-style-type: none"> 탄소 배출 및 흡수량 산정에 필요한 데이터 정의 도시공간의 탄소배출·흡수 현황 데이터 지도화 기술 토지이용별 탄소배출과 흡수 인벤토리 구축 기술 수요자 기반 탄소배출량 산정을 위한 혁신기술
주요내용	<ul style="list-style-type: none"> 기존 배출원별 온실가스 인벤토리를 공간단위로 구축하기 위해 필요한 데이터에 대한 정의 - 탄소공간지도에서는 건물, 수송, 토지이용(흡수원)으로 구분하여 각 부문별 탄소배출을 산정하기 위해 필요한 데이터를 정의하고 있으며, 탄소배출량과 흡수량 산정 방법을 고도화하는데 필요한 신규 데이터에 대한 정의 또는 기존 데이터의 고도화 방안을 제시 배출원별 인벤토리를 공간단위 인벤토리로 전환하여 지도화하기 위한 기술 개발 - 지도화를 통한 용도지역, 행정구역, 격자 단위 등으로 탄소배출과 흡수량 통계치를 제시하고 지도화함으로써 탄소중립도시계획 수립에 활용 가능
관련 이미지	<div style="text-align: center;"> <p>STEP 1: P-L-A classified allocation method</p> <p>STEP 2: Mapping carbon emissions based on GIS</p> <p>Objectives: - Establish the P-L-A classified allocation framework - Develop a vector land-use carbon emission map</p> </div> <p style="text-align: center;">〈점-선-면 구분에 의한 탄소배출지도 구축 방법론〉 (Liu et al., 2020)</p>
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> 전국단위 탄소 배출량·흡수량 산정 데이터를 활용하여 수요자 중심의 체감도 높은 국토·도시계획 수립에 활용 탄소중립도시계획에 실질적으로 영향을 주는 요인 데이터 규명을 통하여 도시공간의 탄소배출 현황 분석 기술을 목록화 하고 그에 대한 정보를 관리할 수 있는 표준화된 메타데이터 구축으로 표준기술 정립체계 완료

표 3-15. 구성기술1-2 과제카드

기술명	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도 기반 탄소중립 진단지표 개발
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> 도시공간의 탄소배출 인벤토리 구축을 통해 탄소배출량 변화에 영향을 미치는 진단 지표(탄소중립도 등) 개발
추진배경	<ul style="list-style-type: none"> 도시공간구조와 도시활동 변화에 따른 탄소배출량 산정 기법 개발 필요 도시 생활 수요자관점의 탄소배출량 관리를 위한 진단지표 개발 필요 도시분야는 탄소저감 기술의 적용이 미흡한 분야로 탄소배출량 예측 및 탄소중립도 평가기준 마련 필요
기술유형/성과유형	<ul style="list-style-type: none"> 현황분석기술 / 공법·기법
요소기술	<ul style="list-style-type: none"> 도시활동에 따른 탄소배출 요인 실태 분석 도시 부문별 탄소배출량 진단 알고리즘 및 지표 기술 개발 수요자 기반 도시 탄소량 관리 인벤토리 정의 탄소중립도 종합 평가지원 기술 개발
주요내용	<ul style="list-style-type: none"> 탄소배출 인벤토리 활용으로 신속하고 정확한 현장조사와 지표설정 지원이 필요하며, 도시공간(건물, 에너지, 수송, 토지이용 등)의 탄소배출량을 진단할 수 있는 기술 탄소배출량 인벤토리 구축을 위한 진단 지표 탄소저감 도시계획 기준 및 기술개발 등 방안 마련을 위해 탄소배출의 현황 분석
관련 이미지	 <p style="text-align: center;"><탄소공간지도 시스템을 이용한 진단 예시></p>
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> 탄소배출량에 영향을 미치는 진단지표 도출에 따른 체계적 관리 항목 운영 도시공간의 탄소배출량을 산출하여 진단 가능, 단기·장기적 진단을 통해 도시변화에 따른 신속한 문제점 예상 및 도출 가능 건축물, 토지이용, 교통, 인구 등 도시 변화에 따른 데이터를 기반으로 현실 반영 결과 도출

표 3-16. 구성기술1-3 과제카드

기술명	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도 운용 및 서비스모델 개발
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> 다각적인 데이터 분석 방안을 적용하여 탄소공간지도 시스템 고도화와 서비스 모델의 개발
추진배경	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도의 활용도 제고를 위한 다양한 서비스 개발 필요 탄소공간지도 고도화 기술을 종합하여 탄소공간지도 시스템으로 구축
기술유형/성과유형	<ul style="list-style-type: none"> 현황분석기술 / 공법·기법
요소기술	<ul style="list-style-type: none"> 국가 공간정보와 위성영상을 활용한 도심지 정밀 탄소공간지도 구축 기술 개발 공간정보 융합모형을 적용한 격자 기반 탄소공간지도 제작 시스템 기술 개발
주요내용	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도를 이용한 대시민 서비스 발굴과 구현 공공부문과 민간부문 정보 공개 수준 검토와 활용방안 연구 탄소공간지도를 시스템으로 종합하여 구축하고 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼으로 연계 확대하는 방안 연구
관련 이미지	<div style="text-align: center;">  <p>〈탄소중립도시 공간계획 지원플랫폼-격자별분석〉</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>〈탄소중립도시 공간계획 지원플랫폼-필지별분석〉</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>〈탄소중립도시 공간계획 지원플랫폼-건물별분석〉</p> </div> </div>
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도의 활용도 제고 대시민 서비스 제공시 탄소중립에 대한 일반인에 대상 홍보 효과 발생 탄소공간지도에 포함되는 데이터 모델, 진단기술, 서비스 모델을 모두 통합하여 체계적으로 운용 가능

나. 구성기술2. 탄소중립도시 계획수립 지원기술

- 탄소중립도시 계획수립 지원기술 개발은 도시공간단위별로 과학적 근거에 기반한 효과적인 탄소저감 방안을 확보하기 위한 계획수립지원 플랫폼 구축이 목적임

기술정의	탄소중립 도시계획수립에 필요한 기능을 모듈화하여 플랫폼으로 구축하는 기술	
연구목표 (세부목표)	<ul style="list-style-type: none"> • (2-1) 공간구조변화 기반 탄소배출 시뮬레이션 기술 개발 • (2-2) 탄소배출저감을 위한 계획지원 기술 개발 • (2-3) 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축 기술 개발 	
연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"> • 국가·지자체 온실가스 감축 목표 및 탄소중립도시 계획 수립을 위한 기술개발 필요 • 도시공간구조에 기반한 탄소배출 시뮬레이션 기술개발 필요 • 도시계획수립과정에서 탄소중립 계획요소를 도입하기 위해서는 계획지원 플랫폼(시스템) 필요 	
기술유형/ 성과유형	<ul style="list-style-type: none"> • 예측기술, 공간계획기술 / 공법·기법, 소프트웨어(S/W), 시스템 	
주요 구성기술	(2-1) 공간구조변화 기반 탄소배출 시뮬레이션 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 기술정의 : 다핵-단핵, 압축-확산도시, 도시밀도, 용도배분 등에 따른 탄소배출 시뮬레이션 • 성과물 : 공간구조별 탄소배출 DB 구축, 탄소배출 시뮬레이션 기술 	
	(2-2) 탄소배출저감을 위한 계획지원 기술 <ul style="list-style-type: none"> • 기술정의 : 도시계획수립과정에서 탄소중립 계획요소를 도입하여 계획수립을 지원하는 시뮬레이션 모듈 • 성과물 : 탄소중립 도시계획 수립 지원 모듈, 개발사업에 따른 탄소배출 시뮬레이션 모듈, 지자체 탄소중립목표 감축이행 모니터링 모듈 	
	(2-3) 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 기술정의 : 탄소공간지도와 계획수립지원기술을 기반으로 공간계획수립을 지원하는 종합 플랫폼을 개발 • 성과물 : 탄소중립도시계획 수립지원 플랫폼 	
기술수준	현재	과제종료시
	<ul style="list-style-type: none"> • 환경영향평가 등을 시행하고 있으나 도시공간구조의 종합적 관리를 위한 검토체계 미흡 • 탄소중립 도시계획 실현성에 대한 평가체계 없음 • 도시공간단위 탄소배출관리 대안 평가에 대한 지원시스템 미흡 	<ul style="list-style-type: none"> • 계획수립 기간 단축 및 플랫폼을 통한 대안도출 및 비교안 제시 • 계획내용의 실현성 향상 • 대안 평가를 통한 최적인 도출
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> • 분석·예측기술을 활용한 탄소중립도시 공간계획지원 서비스 플랫폼의 정확성 향상 • 공공기관 및 민간부문에 인공지능 도시계획서비스를 제공하기 위한 서비스플랫폼 운영기술 개발로 도시계획 용이성 확고 • 이전 계획에 대한 평가(피드백)과 계획수립 시 미래모습 예측을 통한 대안결정을 지원체계 구축 	

표 3-18. 구성기술2-2 과제카드

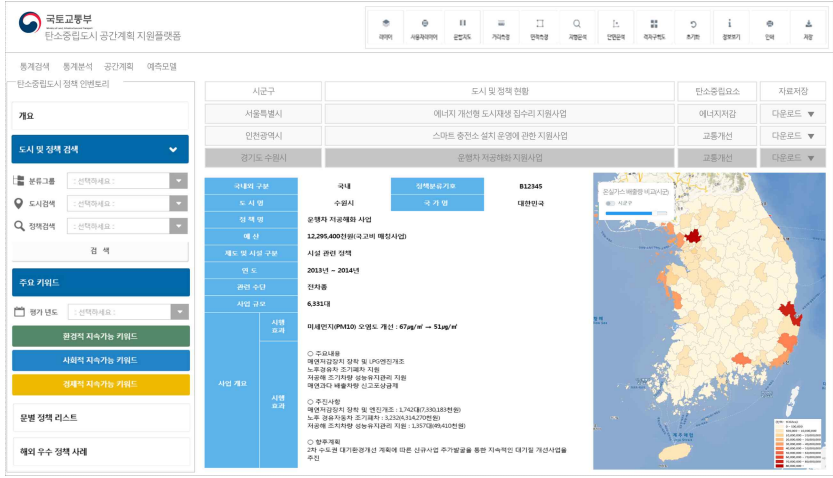
<p>기술명</p>	<ul style="list-style-type: none"> 탄소배출저감을 위한 계획지원 기술 개발
<p>연구목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> 도시계획수립과정에서 탄소중립 계획요소를 반영할 수 있는 시스템 모듈 개발
<p>추진배경</p>	<ul style="list-style-type: none"> 실제 도시활동, 이용자 특성 등이 반영된 도시계획 수립지원 서비스 및 계획지표 개발 시, 실효성 있는 토지이용 계획, 시설배치, 교통계획 수립을 위한 기술 확보 필요 개발사업 시행에 따른 탄소배출과 흡수능을 사전에 시뮬레이션 할 수 있으면 개발에 따른 부정적 영향에 사전대응 가능 지자체의 온실가스 감축 목표 모니터링 필요
<p>기술유형/성과유형</p>	<ul style="list-style-type: none"> 시뮬레이션 기술 / 공법·기법
<p>요소기술</p>	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립 도시계획 수립 지원 모듈 개발사업에 따른 탄소배출 시뮬레이션 모듈 지자체 탄소중립목표 감축이행 모니터링 모듈
<p>주요내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> 도시계획수립과정에서 탄소중립 계획요소를 반영한 의사결정지원 기술 개발 개발사업 적용시 예상되는 탄소배출과 흡수능 시뮬레이션 기술 개발 지자체의 탄소중립 감축목표의 모니터링과 기여도 분석 기술 개발
<p>관련 이미지</p>	 <p>〈탄소중립도시 공간계획 지원플랫폼-탄소배출 저감 시군단위 규모 계획지표 변화 시뮬레이션 예시〉</p>
<p>기대효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> 도시계획수립시 과학적 근거에 기반하여 탄소중립 계획요소 도입 가능 향후 실효성 있는 토지이용 및 교통시설 계획을 통한 공공예산 효율집행, 지역경제 활성화

표 3-19. 구성기술2-3 과제카드

기술명	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축 기술 개발
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립도시 공간계획지원 서비스 플랫폼 구축 기술 개발
추진배경	<ul style="list-style-type: none"> 도시계획·설계 과정에서 도시공간의 탄소중립도시 구현을 위한 계획·설계지원 플랫폼 개발 필요 탄소중립도시 관리·통합을 위한 통합 플랫폼 아키텍처 설계 필요 공간계획지원 서비스 플랫폼 가이드라인 제시 필요
기술유형/성과유형	<ul style="list-style-type: none"> 공간계획지원 플랫폼 / 공법·기법
요소기술	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립도시 계획·설계지원 플랫폼 기술 및 관리 지원 시스템 개발 순환도시 체계기반의 탄소중립도시 지원 시스템 개발 3차원 정밀공간분석 기법 기반의 탄소저감 플랫폼 기술 개발
주요내용	<ul style="list-style-type: none"> 공간단위(국토·도시·지역) 기반 정책운영 라이프사이클(현황분석-진단평가-계획/시물레이션-모니터링)기반의 계획지원플랫폼 개발 빅데이터 기반 인공지능도시계획 수립지원시스템과 연계 국토부 구축 탄소공간지도 시스템 기반(배출·흡수정보 활용) 고도화와 연계한 계획지원시스템 구축
관련 이미지	<p style="text-align: center;">〈탄소중립도시 공간계획 지원 플랫폼 예시〉</p>
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼에 적용될 데이터 표준화를 통해 탄소배출량·흡수량을 종합적으로 관리를 위한 통합 플랫폼 아키텍처 설계 및 가이드라인 제시 도시공간 유형 특성에 맞는 탄소중립도시 계획으로 정책 수립을 위한 과학적·객관적 자료 제공이 가능 탄소중립도시 조성 지원을 위한 도시계획·설계지원 도구 개발 및 보금에 따라 온실가스 및 기후변화 대응 도시계획·설계 가능

다. 구성기술3. 탄소중립 도시계획 수립기술 확산모델

- 탄소중립 모니터링 및 계획기술 실증 연구는 탄소중립도시 계획수립지원 기술을 실제 지자체를 대상으로 적용하고 국내외 확산을 위한 법제도/정책(안) 수립을 목표로 함

기술정의	탄소중립도시 계획수립지원을 위한 탄소공간지도와 계획지원플랫폼 기술을 실증하고 성과확산을 위한 법제도(안)와 확산 모델 개발	
연구목표 (세부목표)	<ul style="list-style-type: none"> • (3-1) 탄소중립도시계획 수립지원기술 실증 • (3-2) 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 확산 모델 수립 • (3-3) 플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(안) 개발 	
연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"> • 계획수립, 재정비, 수정보완 등의 도시기본계획과 도시관리계획 수립 이력관리를 통한 도시계획수립안에 탄소중립 모니터링 체계 개발 필요 • 실제 도시의 도시기본계획 수립 절차에 탄소중립을 위한 진단지표 기술을 활용하여 현황조사 및 부문별 계획수립을 통한 효과 분석 필요 • 탄소중립 기반 계획수립체계 구축, 국토·도시·지역 체계 개편의 안정적 정착을 위한 기술 필요 	
기술유형/ 성과유형	<ul style="list-style-type: none"> • 공간계획기술, 실증 / 공법·기법, 소프트웨어(S/W), 시스템 	
주요 구성기술	(3-1) 탄소중립도시계획 수립지원기술 실증 <ul style="list-style-type: none"> • 기술정의 : 탄소중립 모니터링 기술 개발 및 시범모델 적용을 위한 TB 선정, 성과검증 계획 수립 및 검증 • 성과물 : 지자체 실증적용 보고서 	
	(3-2) 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 운영 모델 수립 <ul style="list-style-type: none"> • 기술정의 : 분실증을 통해 탄소중립도시계획 서비스 플랫폼 성과 검증, 스마트시티 데이터허브, 국토공간정보포털 연계방안을 고려한 확산모델 수립, 해외수출 탄소중립도시 비즈니스모델 개발, 운영관리센터 구축방안 등 확산 모델 제시 • 성과물 : 공간계획지원 플랫폼 운영 방안 보고서, 공간계획지원 플랫폼 확산보급 방안 보고서 	
	(3-3) 플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(안) 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 기술정의 : 탄소중립도시 인증체계, 탄소배출 관리지구 유형화 지침 등 법제도/정책(안) 개정안 수립 • 성과물 : 법제도 개정안 	
기술수준	현재	과제종료시
	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소관리관점의 도시계획 업무수행 경험 미흡 • 도시계획분야에 탄소중립 신기술의 실증 어려움으로 확산에 한계 • 도시계획에 탄소중립도시계획 활용기준 및 환경이 마련되지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소공간지도 및 공간계획지원 플랫폼 활용을 통해 도시계획수립 업무 추진의 효율성 확보 • 지자체 협약을 통한 탄소중립 기반 도시계획의 실증성과 확보로 전국적 확산 • 탄소중립 기반 도시계획 도입을 위한 표준체계 정립 및 도시계획 체계 전면 개편에 대응
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소중립 기반 개발된 기술 및 서비스플랫폼을 국토 도시에 적용하기 위한 보급 및 확산 로드맵 구축 • 지자체와 협약을 통한 실증계획으로 도시계획과 개발사업에 탄소중립기반 도시계획 적용 • 국토도시계획체계 전면개편에 대응한 탄소중립 기반 도시계획의 제도화를 위한 법제도 개정 및 정책(안) 가이드 라인 마련 	

표 3-20. 구성기술3-1 과제카드

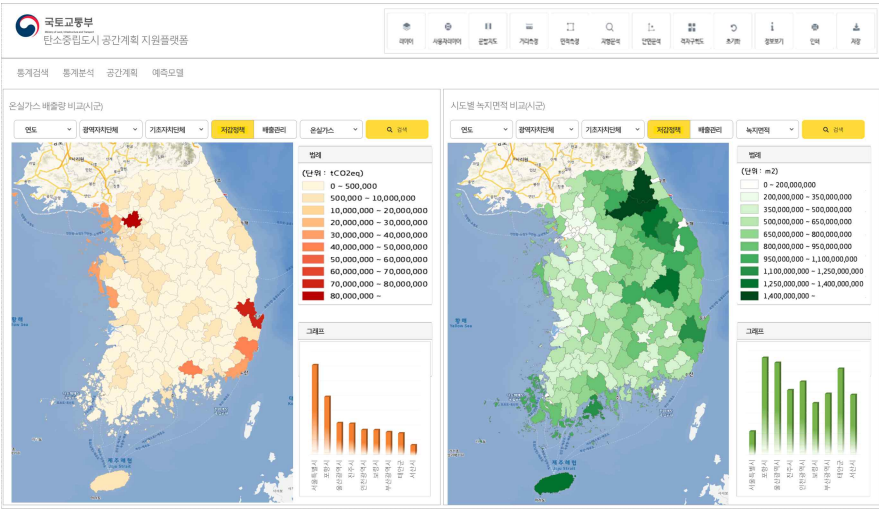
기술명	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립도시계획 수립지원기술 실증
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립도시 계획수립지원기술 개발 성과물의 성능을 평가하고 검증
추진배경	<ul style="list-style-type: none"> 연구개발을 통해 개발한 성과물을 실제 지자체에 적용하여 활용 가능성과 성능을 평가하여 개발기술을 보완 완성하는 단계를 거쳐야 함
기술유형/성과유형	<ul style="list-style-type: none"> 실증 / 공법·기법
요소기술	<ul style="list-style-type: none"> 실증도시 선정, 실증적용 일정, 성과 검증 방법론 수립 실증 지자체 대상 연구성과물 적용 및 검증
주요내용	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립 모니터링 기술 개발 및 시범모델 적용을 위한 TB 선정 및 모의 실증 시행 지자체 등 관계 부서와의 협의 등을 통해 분야별 모니터링 시스템의 지속적인 개선 방향 제시 연구성과물 적용과정에서 나타나는 보완 사항을 모니터링하여 개선 방안 제시
관련 이미지	 <p style="text-align: center;">〈탄소중립도시 공간계획 지원플랫폼-시군별 진단/평가등급 예시〉</p>
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립 모니터링 기술 개발의 모의 실증으로 본 실증의 기술 계획 수립의 정합성 증대 개발된 기술 및 플랫폼으로 국토·도시계획 체계 개편 로드맵 제시 탄소중립 기반 도시계획의 수립 가능성 검증으로 지자체 도시계획업무로 확산 향후 주민 참여와 민간개발행위 지원을 통한 상향식 도시관리 패러다임 제시

표 3-21. 구성기술3-2 과제카드

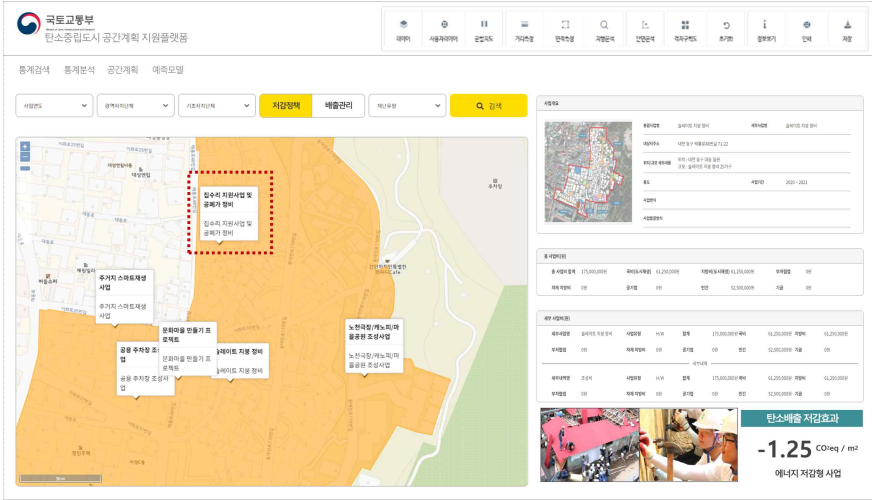
<p>기술명</p>	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 확산 모델 수립
<p>연구목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도와 공간계획지원 플랫폼을 전국 지자체를 비롯한 국내외로 확산
<p>추진배경</p>	<ul style="list-style-type: none"> 개발된 성과물의 활용성 제고를 위해 국내 지자체에서 적극 활용하기 위한 방안 마련 필요 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼의 유지보수와 운영 체계를 수립 필요
<p>기술유형/성과유형</p>	<ul style="list-style-type: none"> 실증 / 공법·기법
<p>요소기술</p>	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립화 기술 확산보급 로드맵 수립 탄소중립 플랫폼 국내외 사업화 및 확산 모델 탄소중립도시 계획지원 플랫폼 운영 관리 방안
<p>주요내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> 스마트도시 데이터허브, 국토이용정보체계 등과의 연계방안 검토 기술개발 종료 후 구체적인 활용방안(운영기관 조건, 유지보수 방식, 시스템 고도화 로드맵 등) 수립 국외 수요처 조사 및 해외진출을 비롯한 시장 확산 전략 제시
<p>관련 이미지</p>	 <p style="text-align: center;">〈탄소중립도시계획 서비스 플랫폼 예시〉</p>
<p>기대효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> 개발된 연구성과를 일선지자체에서 안정적으로 활용할 수 있는 기반 구축 한국형 탄소중립도시 계획수립 모델의 해외 전파

표 3-22. 구성기술3-3 과제카드

기술명	<ul style="list-style-type: none"> 플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(안) 개발
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> 기술개발 및 실증결과를 바탕으로 인공지능 빅데이터 기반 지침을 수립하고 법제도/정책(안) 개정안을 마련하여 제도화 추진
추진배경	<ul style="list-style-type: none"> 국토·도시계획 연동 탄소중립도시 공간계획지원플랫폼 현장 활용성 및 시장성 확보를 위해 맞춤형 적용 방안을 마련하여 실효성 증대가 필요 국토·도시·지구 계획 등에서 탄소중립도시 공간계획지원플랫폼 활용이 가능할 것으로 예상되며, 공공(공공기관, 지자체 등), 민간(시민, 엔지니어링, 건축회사) 등에서 활용 가능할 것임 이에, 공간계획지원플랫폼을 기반으로 법제도/정책(안)을 제도적 차원에서 활용 가능 분야와 해당 업무를 제시하고 제도화하여 시장성 확보가 필요
기술유형/성과유형	<ul style="list-style-type: none"> 도시계획체계 개편 방안, 도시계획 수립 지침, 법제도 개정안 / 공법·기법
요소기술	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립도시 계획 전면 개편 방안 마련 탄소중립 데이터 모델 기반 탄소중립도시 계획 수립지침 개발
주요내용	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립도시 인증체계, 탄소배출 관리지구 유형화 지침 등 법제도/정책(안) 개정안 수립 탄소중립 기반 계획수립체계 구축을 통한 국토·도시계획 체계 개편의 안정성 정착을 위한 기술 필요 지자체별 공간특성에 따른 법/제도화 마련
관련 이미지	
기대효과	<p style="text-align: center;">〈탄소공간지도 및 공간계획지원플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(안)〉</p> <ul style="list-style-type: none"> 국토 도시계획수립체계에 대응한 실질적 방안 마련으로 탄소중립에 기반한 도시계획의 가이드를 제시하고 이에 대한 기술 정착할 수 있도록 지원 탄소도시계획 제도화로부터 법제화 체계 정립 및 가이드라인 마련을 통한 제도적 지원 강화 지역 특성을 고려한 탄소배출량 예측을 통하여 지역 적재적소의 관리체계 기반 마련 지원

2. 추진전략

가. 연구추진 체계

- 기획대상 과제는 탄소중립도시의 계획수립지원을 목표로 3개의 하위 구성기술로 구성됨
 - 구성기술1은 탄소중립도시를 구성하는데 있어 탄소관리의 진단과 평가 분야를 담당하고 주요 연구는 체계적인 탄소배출 관리를 효율적으로 분석 및 검토하기 위한 데이터구축 체계 개발 및 탄소공간지도를 구축하며 이를 서비스 모델로 개발함
 - 구성기술2는 기존 도시계획체계를 활용한 지속가능한 탄소중립도시계획 수립을 지원하기 위한 공간구조변화 시뮬레이션 기술개발과 공간계획지원 플랫폼을 개발함
 - 구성기술3은 탄소중립도시의 탄소감축기술의 효용성 검증을 위해 테스트베드 실증연구 수행과 관련 법제도/정책(안)을 제시함
- 아래와 같은 사업관리 체계를 따름
 - (국토교통부) 사업을 총괄하는 주관부처로서 예산 편성 및 상위계획과의 연계성을 검토
 - (국토교통과학기술진흥원) 사업의 성공적인 수행을 위한 총괄책임 및 권한을 가지며, 사업 및 성과를 관리
 - (주관연구기관-연구단장) 주관연구기관의 연구책임자 중 1인을 선정하여 연구단의 비전과 목표 달성을 위해 일정 및 진도관리를 수행하고, 과제간 연계·협력을 유도
 - (공동연구기관-구성기술단위 과제 책임자) 구성기술단위 참여기관의 책임자 중 1인을 선정하여 과제 간 시너지를 유도하며, 구성기술단위 연구를 관리함
 - (공동연구기관-세부구성기술단위) 세부구성기술단위를 맡아 직접적인 연구개발을 수행함
 - (기술자문위원회) 각 구성기술 개발과정에서 연구성과의 검증, 평가, 자문을 수행하는 위원회를 구성, 진단/평가, 기술분과, 제도/표준/실증사업분과로 구분하여 각 구성기술에 매칭



그림 3-9. 연구추진 체계

나. 세부과제별 추진전략

1) 구성기술1. 탄소공간지도 구축기술 고도화

- 다각적인 도시 탄소배출 정보 연계분석 기반의 탄소공간지도 구축
- 탄소배출량 관리를 위한 진단지표 개발을 통한 환경정책 활용도 제고
- 클라우드 소싱 및 마이데이터 활용을 통한 탄소배출저감 연계구조 인사이트 도출
- 탄소공간지도 구축기술 고도화 및 서비스 모델 개발을 통한 실증적용 기반 마련

2) 구성기술2. 탄소중립도시 계획수립 지원기술

- 탄소중립도시 공간구조 변화에 따른 시뮬레이션 기술 개발을 통하여 계획근거 마련
- 구성기술1 성과인 탄소중립 진단 및 평가 기법을 연계한 시뮬레이션 기술 개발
- 도시공간구조 및 객체요소 단위별 탄소저감 기술(패시브, 액티브) 보급 정책 지원
- 탄소공간지도 기반의 계획지원시스템 기반의 인공지능도시계획 수립지원시스템 연계방안 마련

3) 구성기술3. 탄소중립도시 계획수립 기술 확산모델

- 지자체 탄소중립 기반 도시계획 수립 기술을 적용한 지자체의 관련계획 실증화를 통하여 탄소중립도시 공간계획지원플랫폼 적용 및 확산모델 방안 마련
- 탄소공간지도 및 공간계획지원플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(안)을 제안함으로써 기술적용의 실효성을 확보
- 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 개발의 참여 및 탄소중립 시장을 확대하기 위한 사업화모델을 제시하여 다각적인 플랫폼 기능 접근 유도
- 국토교통부, 지자체 및 산업체, 학계 등 도시계획 및 시설 계획 수립지원 기술개발과 관련된 전문연구진과의 협의 및 협력 지원관계 형성과 유지

제5절 구성기술 간 연계관계

1. 구성기술별 역할 설정

가. 구성기술1. 탄소공간지도 구축기술 고도화

- 도시의 다양한 객체요소는 탄소를 발생하고 또는 저감하는 독립적인 변인으로 이를 이해하고 해석하기 위한 분석방법이 강구되어야 하며, 도시공간을 계획하는데 있어 이를 지원할 수 있는 기술이 필요함
- 탄소중립도시의 다양한 데이터에 기반하여 기초적인 탄소관리의 진단과 평가를 수행 할 수 있는 공간지도 구축기술을 개발하고 이를 공간계획지원 플랫폼에 탑재하기 위한 데이터 모델을 연구함
- 진단과 평가대상을 체계적으로 정립하기 위하여 탄소배출 및 흡수량을 산정하는 데이터를 정의하고 진단지표를 개발하여 구성기술2에서 개발되는 플랫폼과 연동 및 활용하게 됨

나. 구성기술2. 탄소중립도시 계획수립 지원기술

- 구성기술1에서 개발된 탄소공간지도 및 진단지표를 기반으로 탄소배출 시뮬레이션을 마련하여 탄소중립도시 공간을 배치 구성하는 도구를 구축하는 연구과제
- 구성기술2는 탄소중립도시계획 분야와의 협업이 중요시되며, 개발된 플랫폼을 통하여 구성기술3의 실증화 단계의 적용과 검증하는 과정이 필요함
- 플랫폼에 적용되는 기술은 탄소중립저감 요소와 산출되는 지표를 중심으로 개발하나, 공간단위 감축수단별 감축을 지원할 수 있는 시뮬레이션을 포함함
- 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼을 통하여 도시계획 등의 정책활용과 빅데이터 기반의 인공 지능 도시계획 수립지원시스템과 연계를 구성함

다. 구성기술3. 탄소중립도시 계획수립 기술 확산모델

- 구성기술3은 각 세부에서 개발되는 기술을 실증하는 역할로 개발기술의 활용성과 유효성을 검증하게 됨
- 또한 구성기술1의 진단평가 기법과 구성기술2의 시뮬레이션을 기반으로 전국 지자체에서 수립되는 탄소정책 중심의 도시계획에 대한 평가체계를 검토하고 확산모델을 수립함
- 최종적인 성과물은 탄소중립 공간계획지원 플랫폼 기술을 적용한 도시계획 의사결정지원체계를 마련하고 이를 확립하고 운영할 수 있는 법제도화 방안을 개발함

2. 구성기술 내 연계 체계

- 각 구성기술들은 탄소공간지도의 구축, 탄소공간지도 기반 진단평가, 평가결과를 활용한 계획 수립지원, 연구개발 성과물의 실증과 검증, 확산보급으로 연계

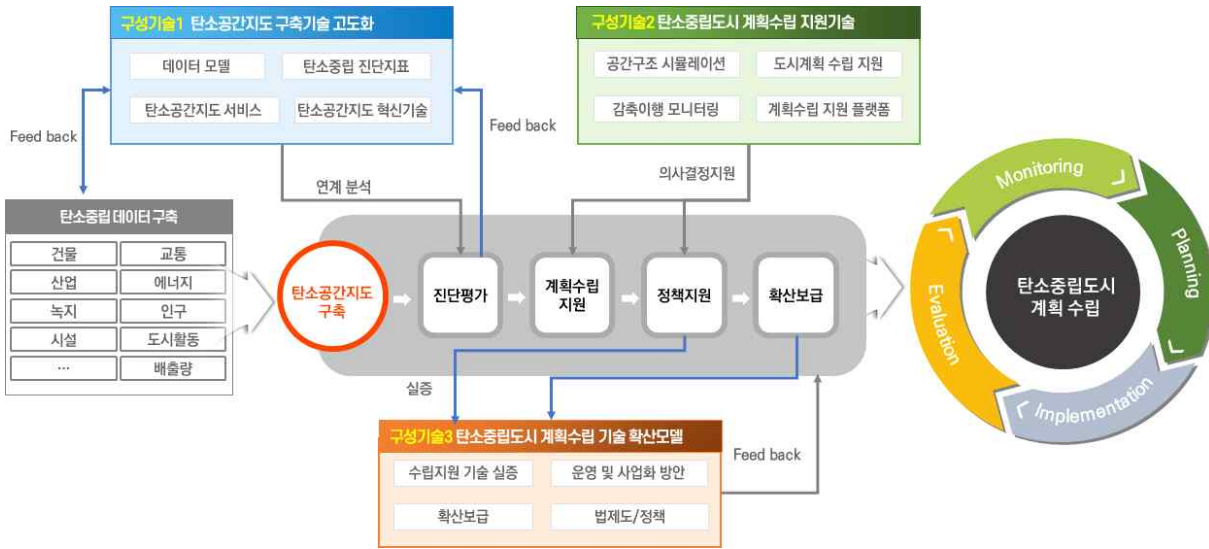


그림 3-10. 구성기술간 연계체계

가. 구성기술1 - 탄소공간지도 구축기술 고도화

- 탄소공간지도는 기존 격자데이터에서 점-선-면의 공간자료를 활용하여 고도화하는 방안에 대해서 연구하며, 지도를 기반으로 탄소중립에 대한 진단평가 가능하도록 구현

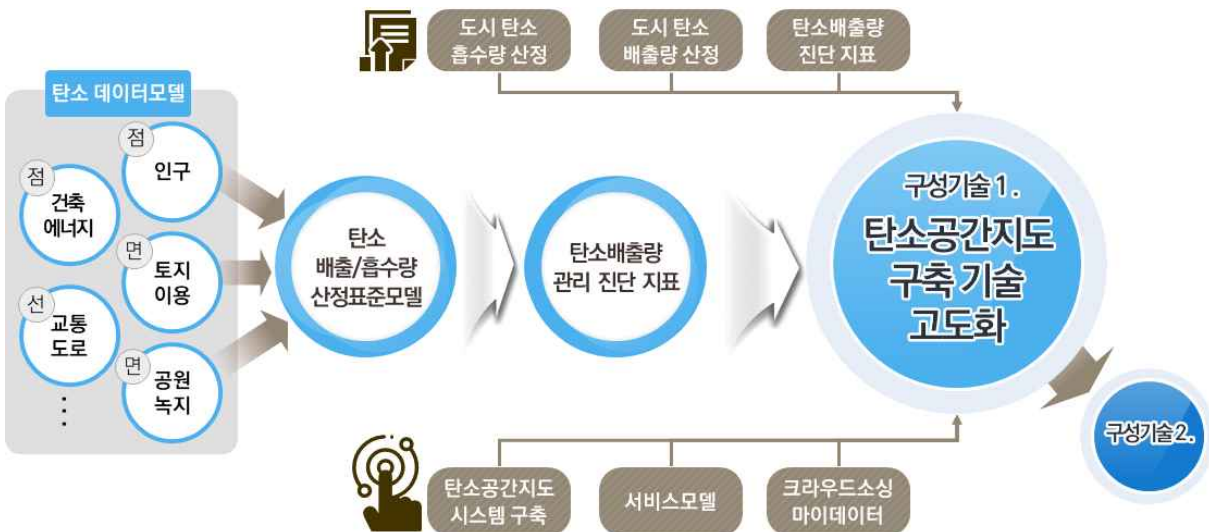


그림 3-11. 구성기술1 연계구조

나. 구성기술2 과제 - 탄소중립도시 계획수립 지원기술

- 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼은 도시공간구조, 부문별 감축정책, 감축이행 모니터링이 가능한 계획수립 지원 플랫폼을 구축하는 것으로 구성기술3에서 추진되는 실증연구 반영



그림 3-12. 구성기술2 연계구조

다. 구성기술3 과제 - 탄소중립 도시계획 수립기술 확산모델

- 구성기술1의 탄소 진단 및 평가기술과 구성기술2의 계획수립 지원기술의 성과물을 실증하고 거증된 성과물을 확산보급하기 위한 사업화모델, 법제도/정책(안)이 제안됨

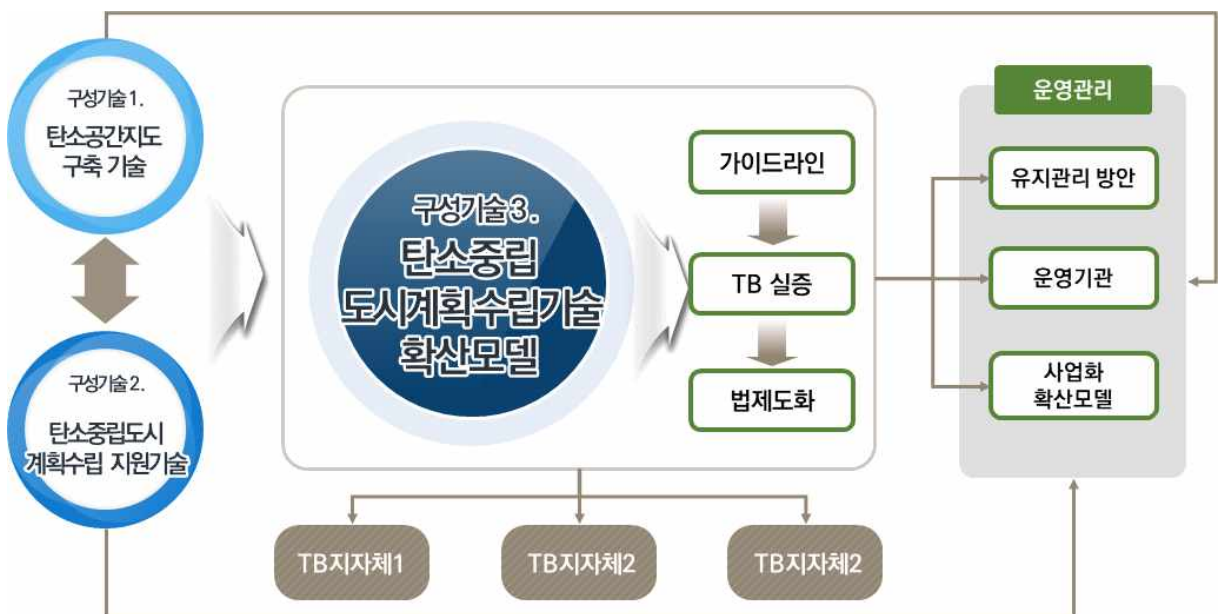


그림 3-13. 구성기술3 연계구조

제6절 과제별, 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

1. 연차별 기술로드맵

- 연차별 기술로드맵은 기본설계(2023년), 상세설계(2024년), 시스템 구축(2025년), 실증 및 고도화 단계(2026~2027년)으로 구분

가. 기본설계(2023년)

- 탄소공간지도 구축을 위한 데이터 모델을 수립, 계획수립지원을 위한 플랫폼을 설계, 실증도 시선정을 위한 기준을 마련 등 연구개발과제의 기반 구축 단계
- 탄소공간지도 고도화를 위한 기존 시스템에 대한 검토와 고도화 목표 설정
- 실증도시 선정을 위한 기준 마련 및 지자체 검토 시행
 - 최종 성과물에 대한 종합실증은 2026년부터인 2단계에 시행하지만, 개발 성과물에 대한 검증을 위해서는 사전에 실증도시에 대한 분석과 알고리즘 등에 대한 검토가 필요
 - 특히 플랫폼에 탑재되는 각 기술 또는 모듈들은 사전 검증 완료가 필요하기 때문에 조기에 실증도시 선정
- 최종 성과물에 대한 구성과 기능 정의
 - 최종 성과물인 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼의 핵심 기능인 시물레이션 기술, 계획수립 지원 기술에 대한 기능 정의 수행
 - 정의된 기능에 맞춰 기술 개발 수행 필요, 실증 과정을 통해 기능 개선 및 고도화 진행

나. 상세설계(2024년)

- 탄소공간지도 고도화 기술을 바탕으로 하고 서비스모델을 설정하여 도시공간구조 최적화 및 탄소 감축지원모듈 기능을 포함한 플랫폼 설계 단계, 기본설계를 바탕으로 실증계획 수립 완료 및 일부 모의실증 착수
- 상세설계는 단순 계획만이 아닌 일부 기능 구현을 포함
 - 탄소공간지도는 기 구축된 시스템으로 2차년도에서는 일부 기능 개선이 완료되어야 함
 - 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼은 시물레이션과 계획수립지원 기능의 각 알고리즘에 대한 검증 수행

다. 시스템 구축(2025년)

- 탄소공간지도 고도화와 계획수립 지원플랫폼 구축단계로 추가 실증대상지에 모의실증
- 3차년도 기간 내 실증을 위한 성과물 도출
 - 4차년도부터 본격 실증에 돌입하기 위해서 3차년도에 실증을 위한 핵심 성과물 개발이 모두 완료되어야 함

- 탄소공간지도는 고도화를 완료하고 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼에 탑재되어 하나의 시스템으로 운영가능해야 함
- 시뮬레이션, 계획수립 지원, 모니터링 기능이 모두 작동되고 실증대상지 적용을 준비가 완료되어야 함
- 플랫폼 운영과 활용 확산을 고려하여 성과물이 개발된 만큼 3차년도에서는 ‘탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼’의 운영계획 수립이 필요
- 개발된 플랫폼의 유지보수, 운영기관, 향후 기능개선(고도화)을 위한 로드맵 등에 대한 초안이 마련되고, 향후 실증을 통해 개선 보완 필요

라. 실증 및 고도화 단계(2026~2027년)

- 탄소공간지도와 탄소중립도시 계획수립 지원플랫폼을 이용하여 성과검정을 위한 실증을 수행하고, 그 결과를 바탕으로 성과물을 고도화하는 단계
- 실증도시를 대상으로 성과물(탄소공간지도, 공간계획지원 플랫폼)을 활용하여 탄소중립도시계획 또는 도시군기본계획 등의 수립을 지원하고 활용과정에서의 문제점을 파악
- 실증을 통해 파악된 문제점을 해결하고 기능개선 과정을 통해 성과물의 완성도 향상

구성기술	연구내용	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년
		기본설계	상세설계	시스템 구축	실증 및 고도화	
[구성기술1] 탄소공간지도 구축기술 고도화	1-1. 탄소배출 흡수량 산정 데이터 모델개발					
	1-2. 탄소공간지도 기반 탄소중립 진단지표 개발					
	1-3. 탄소공간지도 운용 및 서비스모델 개발					
[구성기술2] 탄소중립도시 계획수립 지원기술	2-1. 공간구조 변화 기반 탄소배출 시뮬레이션 기술 개발					
	2-2. 탄소배출저감을 위한 계획지원 기술 개발					
	2-3. 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축 기술 개발					
[구성기술3] 탄소중립도시 계획수립 기술 확산모델	3-1. 탄소중립도시 계획수립 지원기술 실증					
	3-2. 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 확산 모델 수립					
	3-3. 플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(안)					
연차별 주요성과		DB 설계서	상세설계안	시스템	실증 및 검증 보고서	법/정책(안)

그림 3-14. 연차별 기술로드맵



2. 과제 기술로드맵

가. 전체 기술로드맵

- 연구진과 전문가 기술수요를 통해 도출된 과제의 연구내용을 정의하여 추진연구기간 수행범위와 연계를 정의함

		1차년도('23) 2차년도('24) 3차년도('25) 4차년도('26) 5차년도('27)				
구성기술	세부 구성기술	기본설계	상세설계	시스템 구축	실증 및 고도화	주요 성과
구성기술 1. 탄소 공간지도 구축기술 고도화	1-1. 탄소배출 흡수량 산정 데이터 모델개발	탄소 배출-흡수 데이터 연계, 운영체계 설계 탄소 배출-흡수량 산정 데이터 구축방법론	도시공간의 탄소배출 흡수 현황 데이터 지도화 및 모델 기반 개발	공간단위 탄소배출 흡수량 산정 가이드라인 작성		데이터 모델 (DB/기법)
	1-2. 탄소공간지도 기반 탄소중립 진단지표 개발	도시활동에 따른 탄소배출 요인 분석 탄소배출량 진단지표 개발	공간단위 인벤토리 구축체계 설계	탄소중립도 종합 평가지원 기술 개발	탄소중립진단 방법론 개발 및 시스템 적용	진단지표 (기법)
	1-3. 탄소공간지도 운용 및 서비스모델 개발	탄소공간지도 기반 도시계획활용 운용기술 기초개발	탄소공간지도, 정보경선, 데이터 관리체계 종합 운용모델 개발 탄소공간지도 활용 서비스 모델 개발 및 구현		탄소공간지도 서비스모델 모델 개발	서비스 운용 및 보완 공간지도 데이터 및 서비스 항목 (DB/서비스모델)
구성기술 2. 탄소중립 도시 계획수립 지원기술	2-1. 도시공간구조 변화 기반 탄소배출 시뮬레이션 기술 개발	공간구조변화 탄소배출량 연동 토지이용-교통 기본 모델 설계	공간구조와 탄소배출 변화를 반영한 그리드 기반의 공간통계기법 기술개발	미래도시 공간구조 변화에 따른 탄소배출 시뮬레이션 평가 기술 도시공간구조 변화기반 탄소배출 시뮬레이션 최적대안 도출 및 모듈화	탄소배출예측 시뮬레이션 최적대안 고도화	시뮬레이션 기술 (SW/기법)
	2-2. 탄소배출저감을 위한 계획지원 기술 개발	탄소중립 계획요소별 지원 기술 설계 개발사업단위 적용 탄소감축 시뮬레이션 모델 설계	탄소배출저감 계획지원 기술 구현	공간계획수립지원 플랫폼 탑재 및 실증	실증결과 반영 플랫폼 고도화	계획수립 지원 모듈 (기법/SW)
	2-4. 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축 기술 개발	정책이행 모니터링 방법론 분석 계획지원플랫폼 아키텍처 개발	탄소공간지도 연계 기술 개발 탄소중립도시 공간계획지원플랫폼 구축	도시공간 시뮬레이션 모듈 연계	탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축 및 기술 고도화	탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 (기법/SW)
구성기술 3. 탄소중립 도시 계획수립 기술 확산모델	3-1. 탄소중립도시 계획수립 지원기술 실증	실증도시 선정 기준 마련 실증계획 수립	실증도시 선정 및 사전 조사 시행	탄소공간지도 서비스 모델 적용 공간계획지원 플랫폼 시뮬레이션 모듈 적용 지자체 탄소감축이행 모니터링 기술 적용	탄소중립 도시계획수립 지원 기술 고도화 및 검증	실증 보고서
	3-2. 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 확산 모델 수립	플랫폼 확산보급 표준모델, 환경구축 설계서 개발 탄소공간지도, 탄소중립도시 계획지원 기술 확산 로드맵 수립	탄소중립 플랫폼 운영관리 사업모델 개발	사업화 모델 조사 및 실용화, 상용화 계획마련	탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 확산 모델 개발	확산방안 보고서
	3-3. 플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(인)제안	탄소중립도시 계획 전면 개편 방안 마련 탄소중립, 도시계획, 환경분야 플랫폼 활용 관련 법적근거 분석	탄소중립도시계획 제도개선안 작성	탄소중립 특화 계획제도 시행방안 제시	도시계획수립지침 개정 플랫폼 활용 정책 제언	법제도/정책(인) (정책지원)
연차별 주요성과		DB 설계서	상세설계안	시스템	실증 및 검증 보고서	법/정책(인)

그림 3-15. 전체 기술로드맵

3. 도시유형별 계획수립 실증계획

가. 실증사업 개요

- 탄소공간지도 구축 고도화 기술과 탄소중립도시계획 수립지원기술의 성능을 검증하고 확산 모델 개발을 위해 지자체와 연계한 탄소중립도시계획 수립 실증을 시행(지자체 선정)
 - 도시유형별(도시규모, 산업특성, 지리/기후, 배출규모, 공간구조 등)로 적합한 지자체를 선정하고 탄소공간지도를 활용한 연구개발한 플랫폼을 활용한 도시군기본계획 또는 탄소중립도시 실행계획수립에 대한 본 기술을 적용한 계획수립 실증을 시행
 - 기존(현행) 기술과 비교 및 개발 기술의 성능 검증을 위해 도시군기본계획 또는 탄소중립도시(탄소중립기본법 제29조에 근거) 실행계획 수립 예정인 지자체 우선 검토
- 국토교통부와 연구개발진 및 외부전문가로 기술자문위원회를 구성하여 실증 과정을 모니터링하고 기술의 성능을 검증



그림 3-16. 실증사업 추진체계

나. 실증대상 및 범위

- 핵심구성기술의 운용성과 성과 검증을 위해 기술분야별로 구분하여 실증 지자체 5개소를 공모하여 순차적으로 기술실증
 - 도시군기본계획: 5년마다 수립 또는 재정비하는 도시기본계획을 수립할 시기가 도래한 지자체를 우선 검토 대상으로 하며, 탄소중립도시 부문 계획을 본 연구개발에서 개발한 기술을 적용하여 계획 수립 지원
 - 탄소중립도시계획: 탄소중립기본법 29조에 따른 탄소중립도시 지정을 목적으로 인구나 산업체 및 토지이용의 변화가 많은 지자체를 대상으로 탄소중립도시 계획 수립 실증을 시행

- 실증대상 지자체 선정 기준(예시)
 - 계획수립지원 플랫폼: 도시군기본계획이 수립된 인구규모 10만 이상이며 전국 지자체 대비 탄소배출량 규모가 상위 20% 이내인 수도권 지자체 1개소와 토지이용 변경 건수가 하위 20% 이내인 비수도권 지자체 1개소
 - 탄소공간지도: 광역지자체 단위로 선정하되, 광역시의 경우 1개 지자체 선정, 도의 경우 도내 도시 2곳 선정
- 탄소공간지도(구축 및 운영 기술), 탄소중립진단지표, 탄소공간지도 활용 서비스 모델, 탄소중립도시계획 수립지원 플랫폼 등 구성기술별 성과물에 대해 기술 실증실시

표 3-23 실증 대상기술 유형 및 검증방법

실증핵심 성과물	구성기술 성과물	장비/기기	DB	SW	지침/매뉴얼	제도/기준	검증방법
(1) 탄소공간지도 구축기술 고도화	(1-1) 탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델 개발				○	○	실증
	(1-2) 탄소공간지도 기반 탄소중립 진단지표 개발			○	○	○	실증
	(1-3) 탄소공간지도 운용 및 서비스모델 개발		○	○	○		실증
(2) 탄소중립도시 계획수립 지원기술	(2-1) 공간구조변화 기반 탄소배출 시뮬레이션 기술 개발		○	○			실증
	(2-2) 탄소배출저감을 위한 계획지원 기술 개발		○	○	○	○	실증
	(2-3) 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축 기술 개발		○	○	○		
(3) 탄소중립도시 계획수립 기술 확산모델	(3-1) 탄소중립도시계획 수립지원기술 실증				○	○	실증
	(3-2) 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 확산 모델 수립				○	○	실증
	(3-3) 플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(안) 개발				○	○	실증

다. 실증추진방안 및 참여기관

- 실증사업을 통한 기술검증, 기술운영모델, 기술생태계 조성 및 관련 제도(안)의 개발을 위해 정부, 지자체, 학계 및 민간이 함께 참여하는 실증체계 구성
- 실증참여기관별 역할 및 수행내용
 - 실증사업을 통한 기술검증, 기술운영모델, 기술생태계 조성 및 관련 제도(안)의 개발을 위해 정부, 지자체, 학계 및 민간이 참여하는 실증체계 구성

표 3-24 실증 참여 기관별 수행내용

실증참여기관	역할	수행내용
국토부	시스템 총괄운영	<ul style="list-style-type: none"> 실증결과 반영 제도화 추진
지자체	계획수립	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립도시계획 수립 탄소공간지도 및 계획수립 지원 서비스 플랫폼 시범 운영
기업 (엔지니어링 업체)	자문 기술 실증	<ul style="list-style-type: none"> 지자체 탄소중립도시계획(안) 수립 자문 계획수립 지원 기술 실증 자문 기술 적용 효과 및 신뢰도 비교 분석 등 실증 참여
연구계 / 학계	자문, 이론 / 법제도화 기술 실증	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립도 진단평가, 계획수립관련 이론적 자문 계획수립 지원 기술 실증 참여 법제도화 지원

- 국토교통부, 지자체 및 산업체(엔지니어링), 연구기관, 학계 등 탄소중립도시계획 수립지원 기술 개발과 관련된 기관과 공동 추진
 - 국토교통부와 연구개발진 및 외부평가위원으로 총괄위원회를 구성하여 선정방법과 절차 등을 설정하고 실증 결과 검증 및 모니터링을 시행
 - 기술성과물 별 모니터링 항목 및 방법 수립하고, 실증 모니터링 실시
 - 실증을 통한 기술운영모델 도출하여 사업완료 후 원활한 기술의 활용·확산을 추진
- 정부부처, 전문가 협의회, 총괄위원회로 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 유지관리 방향을 위한 거버넌스 구성 및 방향 설정

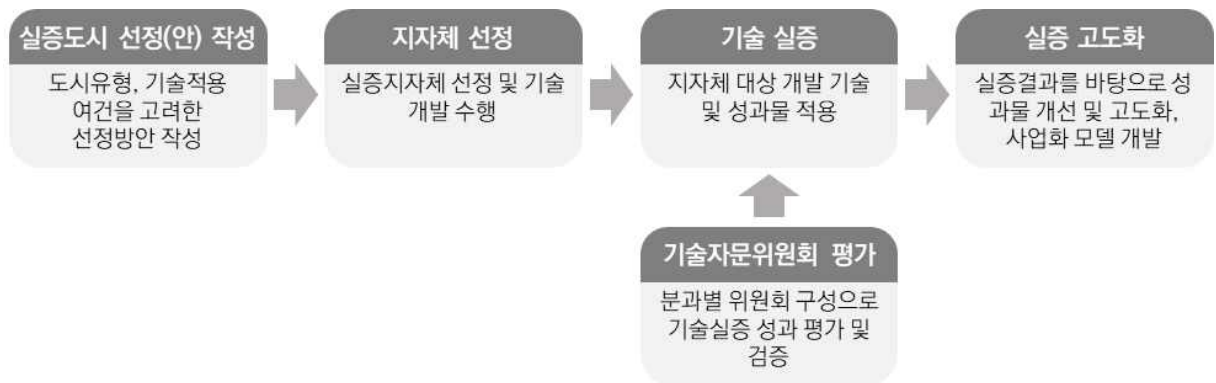


그림 3-17. 실증사업 추진 절차

4. 최종 연구구성

- 성과로드맵의 주요 성과유형은 DB, 기법, 시스템, SW, 정책지원 등으로 구분할 수 있음

표 3-25. 핵심기술요소의 성과유형

번호	핵심기술 유형	핵심기술요소 CTE	연구내용	성과 유형
1	(구성기술1) 탄소공간지도 구축기술 고도화	탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> 건물, 수송 토지이용(흡수원), 토지용도별 탄소배출량과 흡수량 산정 모델(수식) 개발 탄소공간지도 고도화에 필요한 데이터 확보방안 수립 클라우드소싱 및 마이데이터 기반 탄소공간지도 혁신기술 개발 	DB 기법
		탄소공간지도 기반 탄소중립 진단지표 개발	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도 정보를 활용하여 탄소중립 수준을 판단할 수 있는 진단지표 개발 	기법
		탄소공간지도 운용 및 서비스모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도를 활용한 서비스 모델 개발 및 구현 	SW 시스템
2	(구성기술2) 탄소중립도시 계획수립 지원기술	공간구조변화 기반 탄소배출 시뮬레이션 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 도시공간구조에 따른 탄소배출량 변화 시뮬레이션 기술 개발 	DB 시스템
		탄소배출저감을 위한 계획지원 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립 도시계획 수립을 지원하기 위한 탄소중립 계획요소별 지원 기술 개발 도시내 개발사업에 대한 탄소배출 및 저감 효과 산정 기술 개발 지자체 탄소중립목표 감축이행에서 공간단위 계획의 기여도를 평가하고 진단할 수 있는 모니터링 기술 개발 	시스템
		탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도 연계, 도시공간구조 시뮬레이션 기술, 계획지원 기술을 포함하는 탄소중립도시계획 수립을 지원하는 플랫폼(SW) 개발 	기법 시스템
3	(구성기술3) 탄소중립도시 계획수립 기술 확산모델	탄소중립도시 계획수립 지원기술 실증	<ul style="list-style-type: none"> 실증도시 선정, 실증적용 일정, 성과 검증방법론 수립 실증 지자체 대상 연구성과물 적용 및 검증 	기법 매뉴얼
		탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 확산 모델 수립	<ul style="list-style-type: none"> 탄소공간지도와 공간계획지원 플랫폼 활용을 전국 지자체로 확산보급하기 위한 모델 개발 기술개발 종료 후 구체적인 활용방안 수립 국외 수요처 조사 및 해외진출을 비롯한 시장 확산 전략 제시 	기법 매뉴얼
		플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(안) 개발	<ul style="list-style-type: none"> 기술개발 및 실증결과를 바탕으로 기존 도시계획수립지침을 비롯한 탄소중립도시계획 관련 법제도/정책 개정안을 마련하여 제도화 지원 탄소중립도시 실현을 위한 특화제도 시행 방안 제시 	법제도

제7절 연구과정상 위험요인 분석 및 대응방안 마련

1. 연구목표 및 추진관점 검토

- 연구과정은 탄소공간지도 구축 기술개발(진단과 평가), 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 개발(계획수립지원), 탄소중립 모니터링 및 계획기술 실증(모니터링과 실증)과 법제도/정책(안) 마련으로 구분할 수 있음
- 기존 탄소를 저감하는 기술개발 연구과제에서 진행되는 물리적 기술개발 외에 “데이터분석→진단→평가→시뮬레이션→계획”을 포함하는 전과정(Life Cycle)에 대한 서비스 지원체계를 구축하고, 이를 테스트베드에 적용하고 효과를 검증하는 실증화 연구가 제시되는 연구의 큰 주안점이며 실현성을 제고하기 위한 법제도/정책(안) 수립을 포함하고 있음
 - “진단과 평가” 기술 개발에서는 도시생활 및 수요자 중심의 도시차원의 탄소관리체계가 미흡하여 도시계획분야 적용 가능한 도시탄소배출량 진단 기술을 개발하고, 지속가능한 도시 계획에 대한 새로운 지표연구에 초석을 제공하기 위한 구축 및 모델개발방안을 제시함
 - “계획수립지원” 탄소중립도시 공간계획지원 서비스 플랫폼 개발은 실질적인 계획수립 지원 역할을 수행할 수 있도록 도시공간구조에 따른 탄소배출량 변화 시뮬레이션을 제공함으로써 다차원적인 동적 의사결정지원체계를 구축하고 탄소중립도시 실현에 정책적, 과학적 근거를 마련하는데 있음
 - “모니터링과 실증” 실증연구는 구조적, 비구조적인 기술의 탄소저감 효과에 대한 실증과 제도화 방안을 포함하는 실질적인 검증연구로 기술 수요자와 공급자, 도시계획 운용자를 위한 가이드라인을 제공함
- 별도로 본 제안하는 연구는 데이터 기반 연구내용으로 예상되는 수행기간 내 데이터의 취득 및 변화에 따라 연구내용에 지속적인 영향이 있을 것으로 예상됨



그림 3-18. 연구목표와 전략

2. 단계별 위험요소 도출 및 대응방안

- 연구단계를 착수 단계, 데이터구축 단계, 기술개발 단계, 실증 단계, 사업화/확산 단계로 구분하고 각 단계별 위험요소를 도출하여 다음과 같이 대응방안을 마련함

표 3-26. 단계별 위험요소 도출 및 대응방안

연구단계	위험요소	대응방안
착수	<ul style="list-style-type: none"> 도시기본계획 및 도시관리계획 수립 실증 대상도시 선정과 실증범위에 대한 협의과정 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> 국가 연구개발 사업으로 기술개발 추진사항을 지자체 홍보와 연계 추진 탄소중립도시 성장모델 제시로 선정 홍보 적용기술 및 제품을 사후평가(모니터링) 조건으로 무상제공 필요
데이터구축	<ul style="list-style-type: none"> 개인정보법 및 신용정보법에 의한 개인정보 침해 요소가 존재하여 원천 데이터 활용이 어려워질 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 개인정보 부문의 처리를 통해 데이터 활용성 증대 인구통계 등 필요 부문에 대해서는 40세대 단위의 집계구를 활용한 비식별 조치 혹은 통계 데이터 활용을 통해 법 규정을 준수하며 지속 가능한 데이터 체계 수립
	<ul style="list-style-type: none"> 원천 데이터 공급 주체인 공공 및 민간에서 데이터 공개 범위와 주기 등을 변경하여 기존 진단 도구 활용이 어려워질 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 데이터 공급 범위와 주기가 국가에서 최대한 보증하는 중점 개방 데이터를 최우선 순위로 활용 민간데이터 활용시에는 대체 공급 기업이 존재하는 데이터를 중심으로 사용
기술개발	<ul style="list-style-type: none"> 기존 연구개발 및 타분야간 기술 차별성 제기 국외기술 성능 추격 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 연구개발을 통해 개발중이거나 개발된 우수한 기술이 있을 경우 이를 본 연구개발과 연계하여 부분별 기술을 통합하여 “기술 패키지화” 적용 탄소측정 및 저감분야에서 우수한 국외 기술이 존재할 경우 국내 여건에 맞는 기술로 개발하고 일부 기술들의 경우에는 국내도입을 적극 검토하여 기술수준 확산 해외 지역을 대상으로 추진되는 신도시개발 수출과 연계하여 해외시장 진출 추진
	<ul style="list-style-type: none"> 공간계획 기술 구현을 위한 소프트웨어 저작권(구매) 문제 	<ul style="list-style-type: none"> QGIS등 오픈소스 기반의 기술 활용 python, geopandas, Open Street Map 등 공간분석 기술의 오픈소스 기술력의 도약으로 인공지능 기술과의 결합력 증대
실증	<ul style="list-style-type: none"> 실증 대상지역 지자체의 데이터 제공 비협조(개인정보 등) 및 성과범위 협의 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> 법률로 허용하는 범위 내에서 개인정보 유출 가능성을 차단한 개인데이터 활용에 대해 교육, 설명회 개최 등 주민친화 전략 시행
사업화/확산	<ul style="list-style-type: none"> 법률 제도의 개정이 선행되어야 하며 도시계획의 한정적인 업무 특성상 단기간 시장 규모 확대 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> 초기에는 공공이 수행하는 업무에 우선 기술 적용하도록 하고 향후 민간부문까지 확대 도시계획관련 엔지니어링 업무에 탄소중립도 평가를 도입하여 업무영역 확대

3. 부처 간 역할 및 지자체 협력 방안 마련

가. 실증지역에 대한 협력

- 탄소중립도시 시범모델 구축 기술의 성능을 검증하고 확산 모델 개발을 위해 지자체와 연계한 도시계획 수립 실증을 시행
 - 기술분야별(도시기본계획, 도시관리계획, 탄소중립도시계획 수립지원 기술)로 5개 지자체를 공모하고 대상기술에 대한 실증을 시행
 - 성장도시와 축소도시 각각에 대하여 실증하며, 기존(현행) 기술과 비교 및 개발 기술의 성능 검증을 위해 지자체는 산업체(엔지니어링)와 공동 참여
- 실증대상 지자체 선정 기준(예시)
 - 탄소중립도시계획: 인구규모 100만 이상이며 인구, 산업체의 증가율과 토지이용 변화 건수가 상위 20%인 지자체 1개소
 - 도시기본계획: 인구규모 10만 이상이며 전국 지자체 대비 연평균 토지이용 변경 건수가 상위 20% 이내인 수도권 지자체 1개소와 토지이용 변경 건수가 하위 20% 이내인 비수도권 지자체 1개소
 - 도시관리계획: 인구규모 10만 이상이며 인구와 산업체의 증가율이 상위 20%인 수도권 지자체 1개소와 하위 20%인 비수도권 지자체 1개소
- 테스트베드 적용 및 실증사업에 대한 부처(국토교통부) 및 지자체의 협력과정이 필요하며 실증사업을 통하여 기술검증, 기술운영모델, 기술생태계 조성 및 관련 제도(안)의 개발을 위해 정부, 지자체, 학계 및 민간이 함께 참여하는 실증추진체계 구성(안) 필요

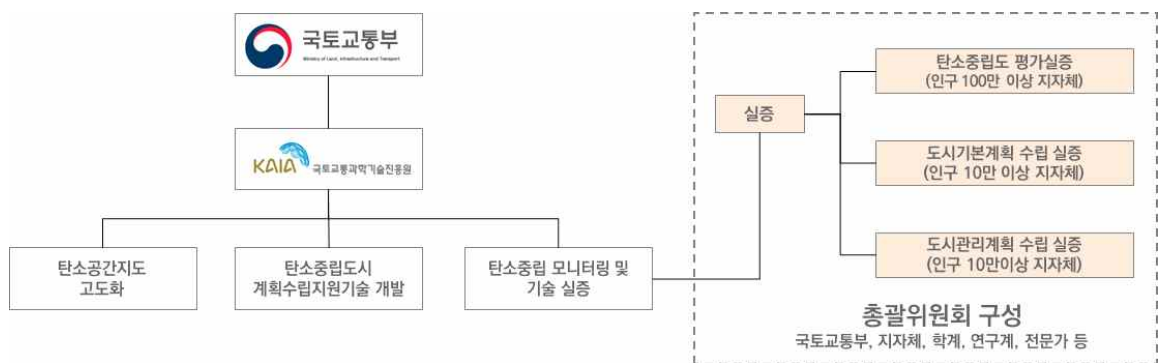


그림 3-19. 실증추진체계

나. 조직(거버넌스) 운영관리체계

- 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 관련 이해관계자의 상이한 니즈와, 충돌로 특정 이해관계자만을 정의해서 유지관리 역할을 부여하는 것은 바람직하지 않기 때문에 국가 차원(정부부처 간의 협의 및 협조 등)에서 접근하는 것이 중요함. 즉 범정부 탄소중립도시 유지관리 방향 설정이 선행되어 수립되어야 함
- 또한 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 유지관리를 위해 거버넌스의 구성과 역할을 설정함



그림 3-20. 탄소중립도시 유지관리 방향(안)

- 정부의 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼과 도시분야별 HUB 차원의 플랫폼중심으로 도시별 플랫폼이 연계되는 구조로 중앙정부 중 책임부처(국토교통부)는 탄소중립 정책기획, 탄소중립 정책 시행, 성과를 피드백 함으로써 탄소 중립도시기술의 확산과 정착을 위해 운영관리함
- 전담기관은 정책기획지원, 플랫폼 정책 시행, 공통 표준관리 및 운영관리, 네트워크 지원, 객체 및 도시공간데이터 전담관리함으로 플랫폼의 지속가능성을 유지하고 활성화하도록 함

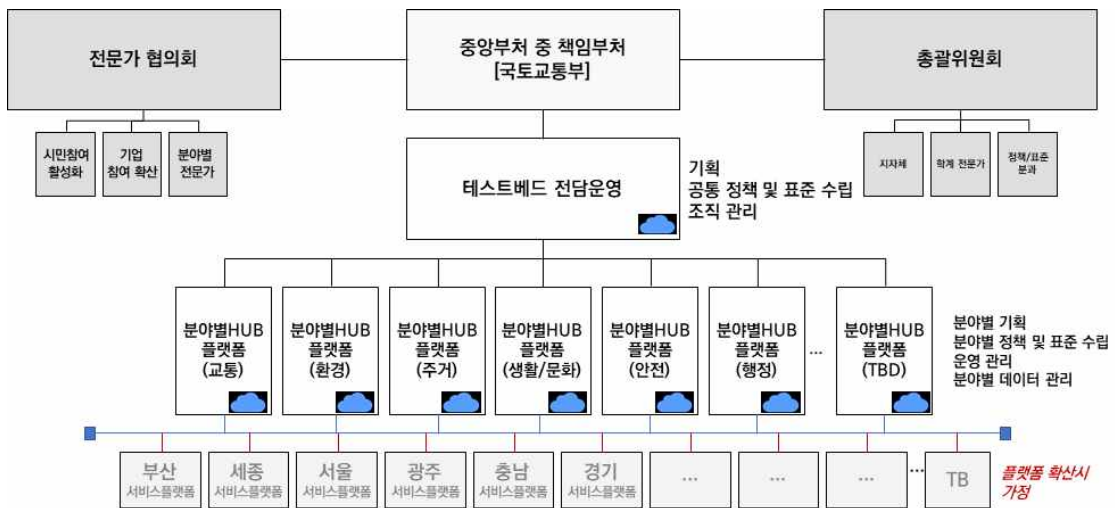


그림 3-21. 거버넌스 구성체계(안)

제8절 성과활용 및 사업화 전략

가. 산출성과 개요

- 기술개발을 통해 산출되는 성과는 탄소공간지도 기반 도시계획시스템, 시스템 실증 데이터에 기반한 고도화 계획, 탄소중립도시 평가·인증시스템, 사업화 추진계획, 법·제도 개정안 등임

표 3-27. 기술개발 성과

구성기술	세부구성기술	성과	성과유형
(구성기술1) 탄소공간지도 구축기술 고도화	탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 건물, 수송 토지이용(흡수원), 토지용도별 탄소배출량과 흡수량 산정 모델(수식) 개발 • 탄소공간지도 고도화에 필요한 데이터 확보방안 수립 • 클라우드소싱 및 마이데이터 기반 탄소공간지도 혁신기술 개발 	DB 기법
	탄소공간지도 기반 탄소중립 진단지표 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소공간지도 정보를 활용하여 탄소중립 수준을 판단할 수 있는 진단지표 개발 	기법
	탄소공간지도 운용 및 서비스모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소공간지도를 활용한 서비스 모델 개발 및 구현 	SW 시스템
(구성기술2) 탄소중립도시 계획수립 지원기술	공간구조변화 기반 탄소배출 시뮬레이션 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 도시공간구조에 따른 탄소배출량 변화 시뮬레이션 기술 개발 	DB 시스템
	탄소배출저감을 위한 계획지원 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소중립 도시계획 수립을 지원하기 위한 탄소중립 계획요소별 지원 기술 개발 • 도시내 개발사업에 대한 탄소배출 및 저감 효과 산정 기술 개발 • 지자체 탄소중립목표 감축이행에서 공간단위 계획의 기여도를 평가하고 진단할 수 있는 모니터링 기술 개발 	시스템
	탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소공간지도 연계, 도시공간구조 시뮬레이션 기술, 계획지원 기술을 포함하는 탄소중립도시계획 수립을 지원하는 플랫폼(SW) 개발 	기법 시스템
(구성기술3) 탄소중립도시 계획수립 기술 확산모델	탄소중립도시 계획수립 지원기술 실증	<ul style="list-style-type: none"> • 실증도시 선정, 실증적용 일정, 성과 검증방법론 수립 • 실증 지자체 대상 연구성과물 적용 및 검증 	기법 매뉴얼
	탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 확산 모델 수립	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소공간지도와 공간계획지원 플랫폼 활용을 전국 지자체로 확산보급하기 위한 모델 개발 • 기술개발 종료 후 구체적인 활용방안 수립 • 국외 수요처 조사 및 해외진출을 비롯한 시장 확산 전략 제시 	기법 매뉴얼
	플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(안) 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 기술개발 및 실증결과를 바탕으로 기존 도시계획수립지침을 비롯한 탄소중립도시계획 관련 법제도/정책 개정안을 마련하여 제도화 지원 • 탄소중립도시 실현을 위한 특화제도 시행 방안 제시 	법제도

나. 성과활용 및 사업화 전략

- 탄소공간지도는 중앙정부 및 지자체의 탄소중립 국토·도시 정책 목표 수립을 지원하는 도구로 활용
 - 탄소공간지도는 부문별 탄소감축 수단을 공간에 기반한 계획·정책·사업 등을 통합 구현하기 위한 탄소 배출 및 흡수 현황을 공간적으로 맵핑한 체계
 - 공간적인 탄소 현황 파악이 가능할 때, 국토·도시 부문에서 잠재적으로 감축할 수 있는 탄소량을 파악하고 합리적인 범위내에서 정책 목표를 수립하는 것이 가능
 - 공간단위 탄소 데이터를 기반으로 한 탄소 측정·보고·평가 체계를 구축하여 국토·도시 차원의 탄소감축 수단의 효과를 정량화하고, 국토·도시 정책의 기초자료로 활용
 - * 가이드라인, 법제도 개선안은 행정구역보다 상세한 공간단위 탄소정보가 수집될 수 있도록 표준화된 지침과 타부처·기관의 데이터 협조를 위한 근거 제공
- 탄소공간지도 기반 도시계획시스템은 중앙정부 및 지자체가 탄소중립 도시계획 수립, 탄소중립 수단 선정에 대한 의사결정을 지원하는데 활용
 - 탄소공간지도 기반 도시계획시스템은 탄소감축 수단의 최적입지를 결정하기 위해서 필요한 국토·도시 부문의 탄소중립 시나리오를 작성하고 도시계획 의사결정 효과를 시뮬레이션할 수 있는 의사결정시스템
 - * 중앙정부 및 지자체, 도시계획 엔지니어링사, 프롭테크 기업 등이 활용
- 실증을 통해 축적된 활용 데이터를 기반으로 검증된 부문을 우선 도입하고, 추가 검증이 필요한 부문은 지속적으로 R&D투자를 통해 보완함으로써 성과 활용을 제고
 - 탄소중립도시 관리 지표와 관련된 국내 표준 제정을 병행하고, 국제 표준 변화에 선도적으로 대응하여 탄소공간지도의 데이터 관리 체계를 신속하게 보완
 - 실제 탄소 배출·흡수 데이터와 도시활동 변화에 따른 예측 데이터와 오차를 보완하기 위한 연구를 지속 추진

제4장 사전타당성 검토 및 소요예산 산정

제1절 논리모형(Logic Model, As is/To be Model)

1. 이슈/문제

- 국내외 주요국은 2050 탄소중립을 본격 추진, 우리나라도 국제 기조에 대응하고자 탄소중립을 선언하고 국가 온실가스 감축목표 상향 조정, 부문별·지자체별 추진계획 구체화 등 일관성 있게 관련 정책을 강화
 - (국외) 스웨덴의 2045 탄소중립 선언 및 법제화('17)를 시작으로 영국('19.06), EU('19.12), 중국('20.09), 일본과 한국('20.10), 미국('21.01) 등 주요 선진국의 2050 탄소중립 공식 선언
 - (국내) 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(탄소중립기본법) 제정, 한국판 뉴딜 발표, 정부합동 “2050 탄소중립 추진전략 발표” 부처별 추진계획 마련 등
- 부문별 탄소감축에서 공간 중심의 탄소감축으로의 전환을 통해 탄소중립 목표 달성 촉진 가능
 - 국토·도시 공간상 건물, 에너지, 수송시설, 도시녹지는 지역 특성에 따라 배치되어 상호영향을 받는 구조로 통합적 접근을 통해 상호간의 한계를 보완하거나 시너지 창출 가능
 - * 규모의 경제 달성을 통한 경제성 제고, 탄소중립 수단의 연계 배치 또는 도시 열섬관리 또는 용도혼합 유도를 통한 수송/건물의 에너지 수요 절감, 직주근접 실현을 통한 탄소배출 원인의 근원적 해소 등
 - 해외의 경우 국토·도시 차원의 접근 중요성을 인식 범분야 부문으로 대응범위 설정, 국내는 탄소배출원 중심 정책 추진
 - * IPCC는 “인간 정주지·기반시설·공간계획”을 에너지 공급, 에너지 최종 이용(수송·건물·산업), 농업·임업·토지 이용과 함께 별도 부문으로 구분, EU는 기후중립에 대해 부문별 접근 한계를 지적, ‘도시’ 중심 정책 중요성 강조
- 국토·도시 단위의 통합된 탄소 흡·배출 현황과 도시정책·계획의 효과를 정량화하기 위한 지원수단 부재로 배출원 중심의 정책에서 국토·도시 등 공간 중심의 정책으로 전환 하는데 한계
 - 국내는 그간 에너지, 수송, 건축물 등 탄소배출원별 관리에 집중, 관련 정보 인프라가 구축되어 지속적으로 고도화
 - 그러나 배출원별 데이터의 통합 및 연계는 진행된 적이 없어 공간단위의 탄소 흡·배출 현황을 파악이 어려워 국토·도시단위 탄소중립 정책수립 지원은 어려운 실정
 - * KAIA는 ‘온실가스 저감을 위한 국토도시공간 계획 및 관리기술 개발(22-’24)를 통해 국토도시공간 계획실증 및 관리시스템 개발을 추진 중이나, LULUCF 중점 건물분야의 에너지 소비량 예측모델 개발로 범위가 한정
- 21년 국토교통부가 수립·발표한 ‘국토교통 2050 탄소중립 로드맵’에서는 국토·도시를 기반으로 한 탄소중립 공간 조성 계획을 밝힘
 - 로드맵에서는 우선적으로 국토·도시 탄소 데이터 기반 마련, 다음으로 국토·도시 계획에 탄소중립 요소를 강화하는 것을 거쳐 최종적으로 탄소중립 공간조성을 목표로 제시
 - 즉, 탄소중립을 위한 국토·도시계획을 위해서 전 단계로서 탄소중립도시 특성 도출이 요구되며, 탄소중립기술요소 적용을 위해서는 도시 유형별의 사회·경제·환경적 특성을 탄소중립 관점에서 분류하고 데이터화 하는 것이 필요
- 로드맵을 통해 요구된 국토·도시 분야의 탄소 배출 및 흡수량 데이터 기반 마련은 탄소중립·녹색성장 기본법 시행령(‘22.3)에 의해 탄소공간지도 구축·활용방안 논의로 구체화
 - 시행령에 의해 지역·공간 단위의 온실가스 배출량·흡수량 등의 정보를 반영한 지도를 작성할 수 있는 근거가 마련됨
 - 기존의 온실가스 인벤토리 정보로는 도시 차원의 탄소배출량을 측정, 관리·개선하기가 어려움이 지적되었으며, 이에 국토와 지역, 도시 차원의 공간단위 탄소배출·흡수량을 정확히 나타낼 수 있는 탄소공간지도 구축 필요성이 명확해짐



- 국토·도시 등 공간 중심 탄소중립 정책 전환 및 국가 탄소중립 목표 달성 지원을 위해 탄소배출 및 흡수 현황을 공간적으로 Mapping한 도시계획 의사결정지원 기술 개발 필요
 - 공간적인 탄소 현황 파악이 가능할 때, 국토·도시 부문에서 잠재적으로 감축할 수 있는 탄소량을 파악하고 합리적인 범위내에서 정책 목표를 수립하는 것이 가능
 - 공간단위 탄소데이터에 기반한 탄소 측정·보고·평가 체계를 구축하여 탄소감축수단의 효과를 정량화하고 의사결정의 효과를 시뮬레이션할 수 있는 의사결정지원시스템 필요
- * '공간기반 온실가스 인벤토리(영국)', '지역별 CO2배출량 모니터링(미국)' 등 공간 중심 탄소관리체계 확산



2. 목표 “도시공간단위에서 적용 가능한 탄소중립 계획수립기술 개발 및 실증” <ul style="list-style-type: none"> • 탄소공간지도 개발, 탄소공간지도 기반 도시계획 기술 개발, 실증 및 법/제도 개선방안 마련 	3. 수혜자 <ul style="list-style-type: none"> • 일반 시민, 지자체, 정부 • 도시계획 엔지니어링 • 프롭테크 기업 등
--	---



4. 투입 <ul style="list-style-type: none"> • 연구인력 <ul style="list-style-type: none"> - 543명 • 기술개발, 실증사업 등 연구비 <ul style="list-style-type: none"> - 사업비 210억원 (정부출연금 기준) 	5. 활동 <ul style="list-style-type: none"> • 탄소공간지도 기반 도시계획기술개발 및 실증 <ul style="list-style-type: none"> - 기술개발 - 법제도 - 인증 및 표준 - 실증 	6. 산출 <ul style="list-style-type: none"> • 탄소공간지도 • 탄소공간 지도 기반 도시계획 의사결정지원 시스템 • 도시계획 의사결정 지원 시스템 가이드 라인 • 탄소중립 평가/인증 체계 • 법/제도 개정안 • 시스템 고도화 및 사업화 추진 계획 	7. 성과/영향 <ul style="list-style-type: none"> • 공간단위 탄소배출·흡수량 산정방안 표준화 • 공간단위 탄소데이터에 기반한 탄소 측정·보고·평가 체계를 구축 • 탄소공간지도 및 탄소공간지도 기반 도시계획 기술의 도시 정책 및 계획 활용 • 탄소중립 수단간 연계·시너지를 통해 탄소중립 목표 달성 촉진 • 국내외 탄소중립 도시계획 및 SW시장에서 국내 업체 점유율 제고
---	--	--	---



- 8. 가정**
- 국내외 탄소중립 정책의 지속적 추진
 - 탄소중립 이행에 있어 공간단위 탄소배출·흡수량 관리 필요성 지속

제2절 정책적 타당성

1. 정책의 일관성 및 추진체제

가. 상위계획과의 부합성

1) 윤석열 정부 정책 공약

- 윤석열 정부는 문재인 정부의 탄소중립 정책 이어 연속성 있게 지원하며 지역 특화 성장모델 구현하는 데 지원을 강화할 계획
 - 윤석열 新정부는 정책공약집을 통해 ‘디지털’을 중심으로 ‘기후에너지·환경’, ‘재난안전’, ‘친환경·미래형 교통’ 등에 대한 지원을 꾸준히 확대·강화하되 구체적 이행 수단은 점진·재구성할 계획임을 발표
 - ‘디지털’ 및 ‘지속가능 에너지’로의 전환을 지속 지원하고 민간 협력을 통해 미래 유망분야에 대한 과감한 투자를 추진해 혁신성장 동력을 확충
 - 탄소중립 목표 달성을 위한 이행 수단을 현실성 있게 변경해 R&D투자를 확대하고 미세먼지 등 허용기준을 상향 조정
 - 또한 신정부는 지역 특성을 반영한 발전모델(도시·주거·산업·교통 등)을 구현해 나가는 데 적극 지원할 계획
- 동 사업은 탄소중립 목표 달성의 촉진, 지역 특성을 고려한 탄소중립도시 모델 구현을 지원, 윤석열 정부 정책 공약에 부합

표 4-1. 윤석열 정부 정책공약 요약

정책 명	전략	주요과제	핵심키워드
맑고 깨끗한 환경, 탄소중립을 도약의 계기로	탄소중립 실현	<ul style="list-style-type: none"> • 온실가스 배출권 유상 할당 확대 등 • 원자력을 기반발전 으로 한 적합한 재생 에너지 확충, 청정 에너지 안정적 공급 확대 • 산업계·학계·정부의 ‘기후위기 대책기구’ 구성 • 탈탄소 산업구조로의 전환 • 에너지 절약시설 등 기후위기 대응 투자에 조세지원 확대 	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소중립 적극 추진 • 필수에너지 복지 확대 • 탄소저감 R&D· 투자 확대 • 기후위기 대응 지원 강화
	기후환경 위기 대응	<ul style="list-style-type: none"> • 석탄 등 화력연료 발전 비중 60%→40% 감축 • 내연기관 자동차 신규등록 '35년 금지 • 탄소중립을 위한 지속 가능한 산림자원 육성 • 빅데이터 기반 선제적 산림재난관리시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 미세먼지 30%이상 감축 • 산림자원 적극 육성·보호
	원자력 발전	<ul style="list-style-type: none"> • 탈원전정책 폐기 및 신한울3·4호기 건설 즉시 재개 • 안전성 평가를 토대로 '30년 이전 NDC 40%달성 기여 • 원전 활용을 통해 신재생에너지와 함께 탄소중립 추진 	<ul style="list-style-type: none"> • 탈원전 정책 폐기 • 신재생에너지·원자력 조화
균형발전, 골고루 잘사는 대한민국	지역경제 활성화	<ul style="list-style-type: none"> • 강소도시 집중육성 후, 5대 초광역 메가시티 등과 연계시켜 통합형 스마트 지역발전 전략 추진 • 과학기술과 문화를 접목한 스마트 국토 관리로 지역발전 도모 • 지역에 따라 특성에 맞는 과학기술 정책 추진 	<ul style="list-style-type: none"> • 메가시티와 스마트 강소 도시 연계 육성 • 권역별 글로벌 혁신 특구 조성
	교통혁신	<ul style="list-style-type: none"> • 교통소외지역 ZERO 목표 	<ul style="list-style-type: none"> • 교통 플랫폼 혁신

출처: 공정과 상식으로 만들어가는 새로운 대한민국(국민의힘 홈페이지, www.peoplepowerparty.kr/intro.jsp)

2) 제5차 국토 종합계획('20년~'40년)

- 동 사업은 탄소공간지도 및 의사결정지원시스템 개발을 통해 탄소중립도시 조성에 기여하는 것을 기술개발내용으로 포함 「제5차 국토 종합계획」의 주요 발전 전략에 부합
 - 동 사업의 궁극적 목적은 국가 탄소배출 목표 달성 촉진으로 '전략 4. 품격있고 환경친화적 공간 창출' 의 정책과제 중, '기후변화 대응과 미세먼지 저감 노력' 과제에 부합
 - 동 사업의 기술개발내용 중, 공간기반 탄소배출·흡수 산정이 가능한 정보시스템인 '탄소공간 지도'가 포함되어 있어 '전략 5. 인프라의 효율적 운영과 국토 지능화'의 정책과제 중, '지능형 국토공간 조성 및 국토관리 혁신'에 부합

표 4-2. 제5차 국토종합계획의 발전전략 및 전략별 정책 과제

발전 전략		정책과제	
전략1	개성있는 지역발전과 연대·협력 촉진	1-1	연대와 협력을 통한 지역발전기반 조성
		1-2	지역특성을 살린 상생형 국가균형발전
		1-3	농어촌의 경쟁력 강화와 새로운 위기지역에 대응
		1-4	중앙-지방간 새로운 협업체계 운영 확대
전략2	지역산업 혁신과 문화관광 활성화	2-1	4차 산업혁명 시대의 신산업 공간 육성
		2-2	산업생태계 전환을 통한 지역산업 회복력 제고
		2-3	매력적인 문화공간 조성과 협력적 관광 활성화
		2-4	문화적 일상의 보편화와 글로벌 문화 경쟁력 향상
전략3	세대와 계층을 아우르는 안심생활공간 조성	3-1	인구감소에 대응한 유연한 도시개발 관리
		3-2	인구구조 변화에 대응한 도시생활주거 공간 조성
		3-3	포용적 주거복지의 정착
		3-4	안전하고 회복력 높은 안심국토 조성
전략4	품격있고 환경친화적 공간 창출	4-1	깨끗하고 환경 친화적 국토 조성
		4-2	기후변화 대응과 미세먼지 저감 노력
		4-3	국토자원의 미래가치 창출과 활용도 제고
		4-4	품격있고 아름다운 국토경관 창출
전략5	인프라의 효율적 운영과 국토 지능화	5-1	기간교통망의 효율화와 대도시권 혼잡 해소
		5-2	인프라의 전략적 운영과 포용적 교통정책 추진
		5-3	미래형 혁신 교통체계 구축
		5-4	물류산업의 글로벌 경쟁력 강화
		5-5	지능형 국토공간 조성 및 국토관리 혁신
전략6	대륙과 해양을 잇는 평화국토 조성	6-1	한반도 평화 번영의 기반 조성
		6-2	대륙과 해양을 잇는 관문국가로 위상 강화
		6-3	글로벌 대한민국의 네트워크 역량 강화

제5차 국토종합계획(2020~2040)

3) 「제6차 국가공간정보정책 기본계획('18년~'22년)」

- 동 사업은 공간(점·선·격자) 기반의 탄소관리 정보시스템과 탄소중립 도시계획 의사결정지원시스템을 개발하여 「제6차 국가공간정보정책 기본계획」의 목표 및 추진전략에 부합
 - 「제6차 국가공간정보정책 기본계획」은 '공간정보 융합생태계 조성'을 목표 중, 하나로 설정하고 있으며 '공간정보의 적극적 활용을 통한 공공정책 혁신 견인'을 정책과제로 포함²⁵⁾
 - 동 사업의 성과물 중, '탄소공간지도'는 공간정보와 탄소배출·흡수 데이터의 융합을 통해 개발되는 것으로서 '공간정보 융합생태계 조성' 목표에 부합하며, 함께 개발되는 '도시계획 의사결정 시스템'은 '공간정보'의 정책활용 사례에 해당

25) 「제6차 국가공간정보정책 기본계획」(국토교통부, 2018.5)

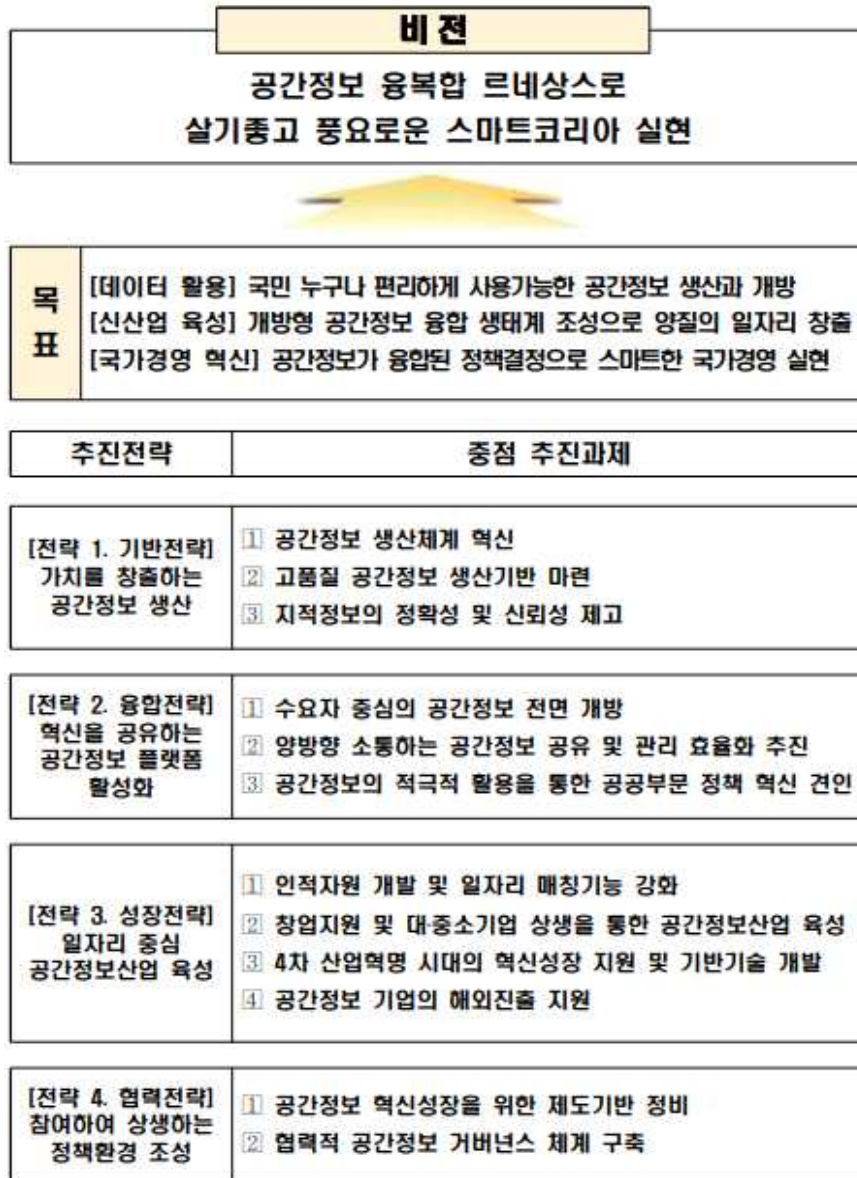


그림 4-1. 제6차 국가공간정보정책 기본계획 전략 체계도 (국토교통부, 2018)

4) 「한국판 뉴딜 2.0(’21년)」

- 동 사업은 목적과 활용으로 인한 정책지원 등 관점에서 「한국판 뉴딜 2.0」종합계획의 내용과 밀접하게 관련
 - 「한국판 뉴딜 2.0」은 코로나19 사태로 인한 저성장·양극화 심화에 대응하기 위해 경제 패러다임 전환을 목적으로 디지털뉴딜, 그린뉴딜, 안전망 강화에 초점을 맞추어 추진²⁶⁾
 - 그린뉴딜의 분야는 “탄소중립 추진기반 구축”의 온실가스 측정·평가 시스템 정비, 탄소흡수원 관리체계 구축 / “도시·공간·생활 인프라 녹색전환”의 국민생활과 밀접한 공공시설 제로에너지화, 국토·해양·도시의 녹색 생태계 회복 / “저탄소·분산형 에너지 확산”의 에너지관리 효율화 지능형 스마트 그리드 구축, 신재생에너지 확산기반 구축 및 공정한 전환 지원, 전기

26) 「한국판 뉴딜 2.0」(관계부처합동, 2021.7.14.)

- 차·수소차 등 그린 모빌리티 보급 확대를 세부과제로 포함
- 동 사업의 산출물인 탄소공간지도·탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼·탄소중립 모니터링 및 기술 실증은 “탄소중립 추진기반 구축”, “도시·공간·생활 인프라 녹색전환”, “저탄소·분산형 에너지 확산” 등에 활용가능하여 “한국판 뉴딜 2.0”에 기여 가능



그림 4-2. 한국판 뉴딜 2.0의 구조
(한국판 뉴딜 2.0, 관계부처합동, 2021)

5) 「제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획」

- 동 사업은 탄소중립목표 달성을 지원하는데 궁극적인 목적을 두고 있어 온실가스 및 미세먼지 제로 인프라 개발을 추구하는 「제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획」에 부합
- 추진전략 '3. 사람 중심의 국토교통 기술'의 두 번째 실천과제인 '친환경 생활공간 조성기술 개발'은 에너지자립형 건축·온실가스 및 미세먼지 제로 인프라 개발 등과 관련된 부분으로 본 과제와의 내용과 부합



그림 4-3. 제1차 국토교통과학기술연구개발 기본계획 (국토교통부, 2018)

6) 지자체 정책

- 동 사업은 지자체의 탄소중립도시 조성 및 공간단위 탄소중립 정책 추진에 기여하는 수단으로서 지자체 발전계획 및 뉴딜 계획, 탄소중립도시 조성계획 등에 부합

표 4-3. 지자체 추진 도시관련 정책

구분	계획 명	탄소중립도시 관련 사항
서울	그린뉴딜 추진을 통한 2050 온실가스 감축 추진 계획	<ul style="list-style-type: none"> 친환경차량 이용자를 위한 인프라구축, 퍼스널모빌리티를 위한 도로공간 재편, 시민과 함께 3천만 그루 나무심기 등 탄소배출량 감축·흡수를 위한 정책 추진
부산	부산형 뉴딜 시행 계획	<ul style="list-style-type: none"> 친환경 생태도시 조성을 위한 친환경 자동차 보급 확대, 생활교통 구현을 위한 공유 전기 자전거 도입 및 자전거 도로망 구축, 도시재생 및 균형발전을 위한 스마트도시계획 추진
인천	제3차 인천광역시 기후변화 대응 종합계획	<ul style="list-style-type: none"> 탈석탄 실현 및 청정한 재생에너지 확충, 인천형 그린뉴딜을 통한 기후위기 대응 체계 강화, 기후변화 시민 모니터링 프로젝트, 온실가스 모니터링 전담기관 운영, 시민참여를 기반으로 한 도로교통 개선, 친환경 저탄소 자동차 보급 및 충전소 설치, 녹지공간 확충, 녹지활용 서비스 정책추진
대구	2030 대구광역시 기후변화대응 종합계획	<ul style="list-style-type: none"> 건물·공공기타·수송·농축산·폐기물 관련 탄소배출량 감축·흡수 및 에너지 자립도시·청정에너지 단지조성, 테크노폴리스 에너지 자족도시 건설 추진
대전	대전형 뉴딜 기본계획	<ul style="list-style-type: none"> 트램중심 친환경 교통체계 구축, 도심생태·녹지축 연결사업, 스마트그린 혁신도시 조성, 충청권 실리콘밸리 조성, 시민중심·생태 복지·에너지 전환을 핵심가치로 둔 노후 공공임대주택 그린리모델링사업, 대전형 마스(MaaS) 구축계획



구분	계획 명	탄소중립도시 관련 사항
광주	'2045 탄소중립 에너지자립도시' 실현을 위한 2022 광주 행동계획	• 2045에너지 자립도시 실현을 위한 에너지 전환 마을 거점센터 조성, 자원순환 경제 및 생태·녹지축 확대, 자전거 중심 친환경 교통인프라 구축, 녹색 주거환경 개선 추진
울산	울산시 기후변화 대응계획	• 탈탄소 체계로의 도시운영 전환 : 수소산업 육성 및 부유식 해상풍력단지 조성을 통한 친환경 저탄소 에너지 체계 전환, 수소전기트램 실증사업 및 도시바람길 숲 조성사업 추진
세종	행복도시 2040 탄소중립 추진전략	• 시민참여를 중심으로 친환경 에너지 자립마을 조성, 친환경 스마트도시 건설, 친환경 복합발전소 준공 등 관련 정책기반 마련
경기	도민과 함께하는 경기도 그린뉴딜 정책	• 생태안전망 구축, 저탄소 도시 인프라 구축, 도민참여 저탄소 에너지 전환을 위한 수소시범도시 안산, 스마트에너지 아파트 조성, 에너지 자립마을 조성 관련 정책추진
강원	강원도 2040 탄소중립 추진전략 기본계획	• 그린·액화 수소 에너지 대전환, 주요 배출산업 저탄소화 및 자원화, 산림 흡수원 관리와 자원화, 디지털 탄소중립 및 기후 안심 인프라 확대
충북	충청북도 2050 탄소중립 실현 추진 계획	• 고탄소 제조업 생산공정 개선, 스마트공장 보급 확산, 태양광·연료전지발전 등 신재생에너지 발전 보급확대 관련 산단입주기업 태양광설치 및 그린수소산업 규제자유특구 업무협약 추진
충남	충남형 2050 탄소중립 비전 및 전략 계획	• 태양광·해상풍력 등 재생에너지 집적화 단지 조성 및 탈석탄·탄소중립 금고 전국 확산 추진
전북	새만금 스마트그린산단 계획	• 새만금권(군산·김제·부안)을 중심으로 스마트 수변도시, 그린산단 조성, 새만금 BRT 전용도로 구축, 백두대간 친환경 전기열차 건설 추진
전남	새만금 스마트그린산단 계획	• 화석에너지(석탄등)를 신재생에너지(태양광, 풍력)로 전환, 그레이수소를 블루·그린 수소로 전환, 대규모 해상풍력단지 조성·기반구축, 친환경 그린항만 조성 추진
경북	경상북도 2050 온실가스 순배출량 제로 계획	• 환경기초시설 탄소중립프로그램, 친환경 자동차 보급사업, 스마트 그린도시 사업, 기후변화 취약계층 지원사업 등 추진
경남	경남형 그린 뉴딜 추진 계획	• 저탄소 신재생에너지확산, 스마트 그린산업 기반조성, 친환경 도시·공간·생활 인프라 구축을 통한 경남형 그린뉴딜 관련 정책추진
제주	제3차 제주국제자유도시 종합계획	• 제2공항 연계 스마트 혁신도시 조성, 청정 제주트램 구축, 곶자왈 생태공원 조성, 신재생에너지를 활용한 서프파크(가칭) 조성을 위한 정책추진

출처: 각 지자체별 홈페이지 및 보고서의 내용을 정리

2. 추진 시급성 및 정부지원 필요성, 사업 추진 의지

가. 사업의 시급성

- (탄소중립 국제적 대응 시급) 유엔기후변화협약에 따른 국가온실가스 감축분 이행을 위한 도시 부문 기술 개발 시급
 - EU, 美 등 선진국보다 늦은 배출정점시기*와 전체 탄소배출중 국토교통 부문 비중(전체 1/3) 등을 고려, 매우 시급한 상황
 - 배출정점 : EU('19년), 美('25년), 우리나라('30년)으로 정점 이후 2050까지 목표 달성
- (정부 감축목표량 달성기한 촉박) 온실가스 배출비중이 높은 도시공간의 감축목표달성 방안 마련이 시급
 - '30 NDC 이행을 위해서는 도시공간 감축지원을 위한 탄소공간지도의 구축과 고도화, 탄소중립도시 계획수립지원기술의 조기 개발완료 필요

- (법/제도 개편 대응) ‘탄소중립기본법’ 및 후속 시행령 제정(‘22.上)에 대응하여 탄소중립기본계획과 공간단위 기반의 도시계획과 정합성 확보 필요
 - 국토·도시분야 계획수립과 실행기간이 장기간(10년 이상, 5년 단위 재검토)임을 고려, 법률 시행에 맞추어 탄소중립도시 계획수립 지원기술 개발 시급
 - 탄소배출과 흡수수준을 진단(탄소공간지도 구축), 탄소중립도시 지정과 종합지원방안(인증체계 등) 등을 시행하기 위해 신속한 연구개발 착수 필요

나. 정부지원의 필요성

- 탄소중립실현을 위한 정부의 종합적 대책과 연계하여 기술개발 필요
 - 국토교통 2050 탄소중립 로드맵 실현을 위한 계획분야 기술개발의 국고지원 타당
 - 국토부 주관 건물·수송을 포함하는 도시부문은 국내 온실가스 배출량의 1/3 이상 차지
- 탄소중립 정책방안에 부합, 지침 개정사항을 반영한 R&D 과제 지원 필요
 - 도시군기본계획수립지침, 도시군관리계획수립지침 개정(조사, 지표, 핵심 계획요소 명시)
- 탄소중립 사회로의 전환, 2050 탄소중립 이행을 위해 도시 전반에 실증가능하고, 기술활용도 높은 탄소중립도시 확산모델 구축 필요

다. 정부의 사업추진 의지

- 정부의 연속성 있는 탄소중립 정책 추진, R&D 예산 확대 노력을 고려할 때, 정부의 사업추진 의지가 높은 것으로 판단
 - 우리 정부는 ‘20년 초, 범정부 논의 착수 이후, 한국판 뉴딜, 탄소중립 추진전략, 2050 탄소중립 시나리오, NDC 목표 상향 등을 통해 일관성 있게 탄소중립관련 정책을 강화해왔으며, 최근 국토교통 2050 탄소중립 로드맵을 통해 공간기반 탄소관리를 강화할 것임을 발표

표 4-4. 국내 탄소중립 정책 추진

일 자	발표 내용
2020. 02 ~	15개 범정부 협의체 : 사회적 논의, 전략 마련
2020. 06. 05	기초지방정부(225개) 기후위기 비상선언
2020. 07. 07	17개 광역지자체 탄소중립 선언
2020. 07. 14	한국판 뉴딜(그린 뉴딜) 발표
2020. 09. 24	국회 기후위기 비상대응 촉구 결의안 의결
2020. 10. 28	2050 탄소중립 목표 선언(국회 2021년 예산안 시정연설)
2020. 12. 07	정부 합동 “2050 탄소중립 추진전략” 발표
2020. 12. 30	유엔기후변화협약에 LEDS 제출
2021. 05. 29	대통령 소속 2050 탄소중립위원회 출범
2021. 08. 05	2050 탄소중립위원회, 2050 탄소중립 시나리오 초안 발표



일 자	발표 내용
2021. 08. 31	탄소중립녹색성장기본법 제정
2021. 10. 18	2050 탄소중립 시나리오 및 2030 NDC 목표 상향 발표
2021. 11. 07	문재인 대통령 2030 NDC 상향 목표 UN 발표
2021. 12. 26	국토교통 2050 탄소중립 로드맵 발표 * 탄소공간지도 등 국토·도시 탄소데이터 기반 마련, 국토·도시계획에 탄소중립 요소 강화 등

- 우리 정부는 탄소중립 R&D 예산을 지속적으로 확대하여 사회·경제 구조의 탄소중립 전환을 가속화할 계획
- 정부는 사회·경제구조의 탄소중립 전환을 통해 탄소중립 등 글로벌 경쟁에서 선도적 지위를 공고히 할 목적으로 탄소중립 R&D 예산을 '21년 '21년 1조 5,995억원에서 '22년으로 1조 9,274억 원으로 확대할 계획(전년 대비 21% 증액)
- 관계부처(환경부, 산업통상자원부, 해양수산부, 과학기술정보통신부, 교육부) 합동, 2022년 '한국판 뉴딜·탄소중립 업무계획 발표
- 국토부는 '22년 R&D사업 설명회에서 '22년 부처소관연구개발사업에 총 6,331억 원을 투자하고 '탄소중립'을 2대 특별과제로 추가하여 총 예산의 24%인 1,529억 원을 투자할 계획임을 발표

제3절 기술적 타당성

1. 문제/이슈 도출의 적절성

가. 사업기획 배경의 적절성

- 동 사업은 탄소중립 관련 국제사회 협약의 이행 지원을 위해 ‘도시’의 역할이 부상함에 따라 국토·도시 관점의 탄소중립 정책을 지원하는 핵심기술을 발굴할 목적으로 기획
- 탄소중립 관련 국제사회 협약의 이행 요구 및 국내 탄소중립 정책 강화
 - ‘파리기후협약’ 이후, ‘글래스고 기후합의’를 통해 NDC 강화에 대한 논의가 이루어지고 EU가 탄소국경세 부과를 발표하는 등 ‘탄소중립’이 시대적 과제이자 국제 규범으로 부상
 - 국내에서도 온실가스 감축을 위한 연차별 이행방안 마련하고, 「2050 탄소중립 추진전략」에서 도시·국토 저탄소화를 10대 과제 중 하나로 중점적으로 추진
 - 정부는 2050 탄소중립 선언(‘20.10), 2050 탄소중립 시나리오, 2030 NDC 확정(‘21.10, 탄중위 의결) 후, 부문별 로드맵 수립 중

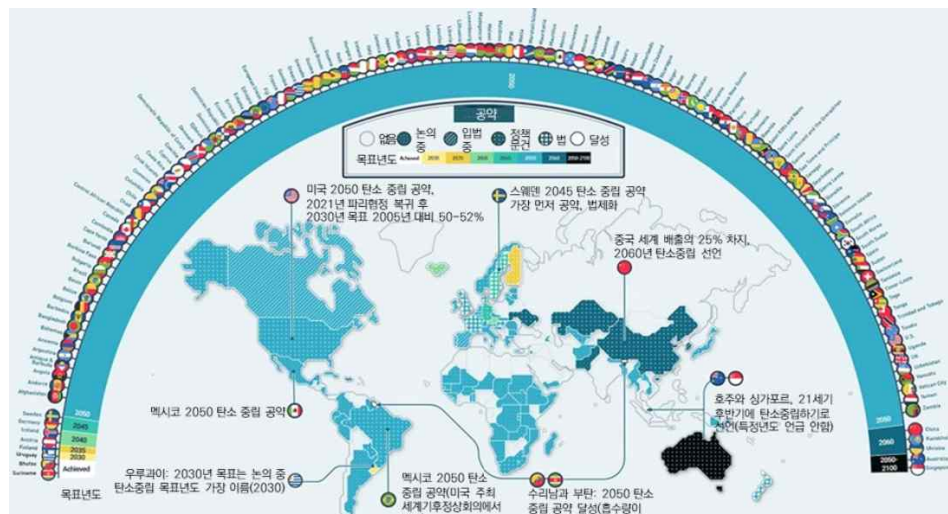


그림 4-4. 탄소중립 국가 선언(UN)

- 탄소중립 목표달성을 위한 주요 플랫폼으로 인간 생활의 중심이 되는 도시의 역할이 부상
 - 국토·도시는 다양한 부문으로 구성된 하나의 시스템으로서 탄소중립 실현을 위한 효과적인 플랫폼으로 인식되고 있으며 이러한 동인으로 주요국에서 탄소중립도시 조성계획이 잇따라 발표되고 있으며 탄소중립 달성 도시도 출현
 - 유럽연합(European Union: EU)은 시민에 의한, 시민을 위한 ‘기후중립도시 100’ 추진
 - 세계 유수의 도시들이 2050년까지 온실가스의 배출을 80% 이상 줄이기 위해 노력하는 협력체인 탄소중립도시연합(CNCA)을 결성하고, 탄소정보공개프로젝트(CDP)를 통해 전 세계 88개 도시에 대한 탄소배출 성적을 공개
 - 국토·도시 공간상 건물, 에너지, 수송시설, 도시녹지는 지역 특성에 따라 배치되어 상호영향을 받는 구조로 통합적 접근을 통해 상호간의 한계를 보완하거나 시너지 창출 가능

- 탄소중립까지 기간 촉박, 제조업 비중 및 화력발전 비중이 높은 우리나라의 여건상 강력한 대응이 필요하며, 종합적 도시공간 탄소배출 관리 차원 방안 마련 필요
 - 국내의 경우, 국토·도시 단위의 통합된 탄소 흡·배출 현황과 도시정책·계획의 효과를 정량화하기 위한 수단의 부족으로 배출원 중심의 정책에서 국토·도시 등 공간 중심의 정책으로 전환 하는데 한계
 - 국토교통부는 국토·도시 차원의 탄소중립 정책 기반 마련을 위해 탄소 데이터 기반을 마련하고 도시계획에 탄소중립요소를 강화할 계획임을 발표²⁷⁾
 - 국토부의 정책 지원을 위해 공간 단위 탄소데이터, 표준화된 탄소배출량 산출방식 및 정책 효과 검증 방법론이 필수적이나 국내에는 지역단위로 통합된 탄소배출 DB가 부재하고 이를 구현하기 위한 R&D투자도 미진
 - 탄소중립까지 기간이 촉박하고 제조업 비중 및 화력발전 비중이 높은 우리나라의 여건상 강력한 대응이 필요하며, 종합적 도시공간 탄소배출 관리 차원 방안 마련

나. 사업기획 경위의 적절성

- 동 사업의 추진계획은 연구진의 관련 동향분석을 기초로 내외부 의견 수렴, 전문가 설문조사, 국토교통부 및 전문기관(국토교통과학기술진흥원) 검토 등의 과정을 거쳐 수립
 - 과업 착수 이후, 5회 이상의 국토부 및 전문기관 보고 및 협의를 진행하여 주관부처 및 전문기관의 기술개발 수요를 반영
 - 국내 탄소중립도시 관련 기술전문가 대상 기술수요조사를 실시하여 전문가 제안기술을 중심으로 세부과제를 발굴했으며 제안기술별 중요도 및 시급성, 중복성 검토를 수행
 - 전문가위원회를 개최하여 동 사업의 기획 내용에 대한 의견을 수렴하고 중점분야 및 세부과제 기술개발내용을 구성하는 데 반영



그림 4-5. 사업 기획 절차

27) 국토교통 탄소중립 로드맵, 국토교통부, 2021. 12

다. 과학기술기반 문제·이슈 식별 과정 및 정의의 적절성

- 국내외 동향조사, 전문가 자문위원회 개최, 내부 연구진 검토를 통해 탄소중립도시 시범모델 구축과 관련된 13개 현황 및 이슈를 도출, 문헌검토, 전문가기술수요조사 등을 토대로 이슈해결을 위한 기술니즈를 선정, 기술니즈를 유형화하여 세부과제를 구성

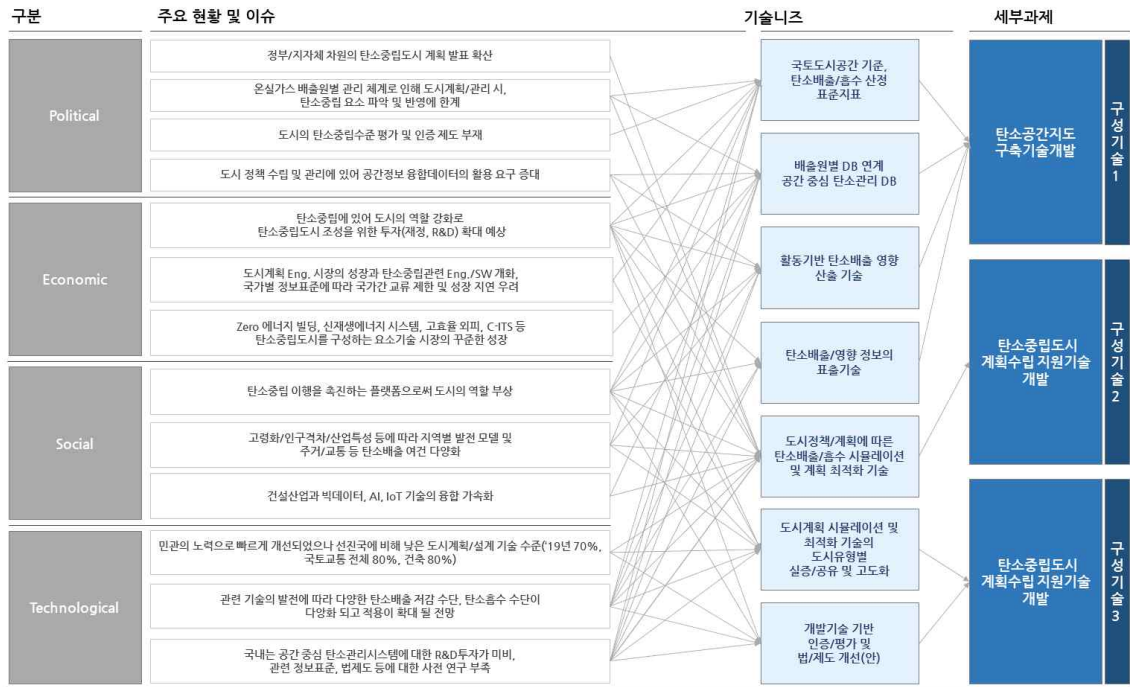


그림 4-6. 탄소중립도시 시범모델 구축관련 주요 이슈(PEST), 기술니즈, 세부과제 연계도

2. 사업목표의 적절성

- 동 사업의 목표는 “도시공간단위에서 적용 가능한 탄소중립 계획수립기술개발 및 실증”으로 현황 및 이슈에서 도출된 기술니즈, 기술니즈에서 도출한 세부과제와 직접적으로 연계

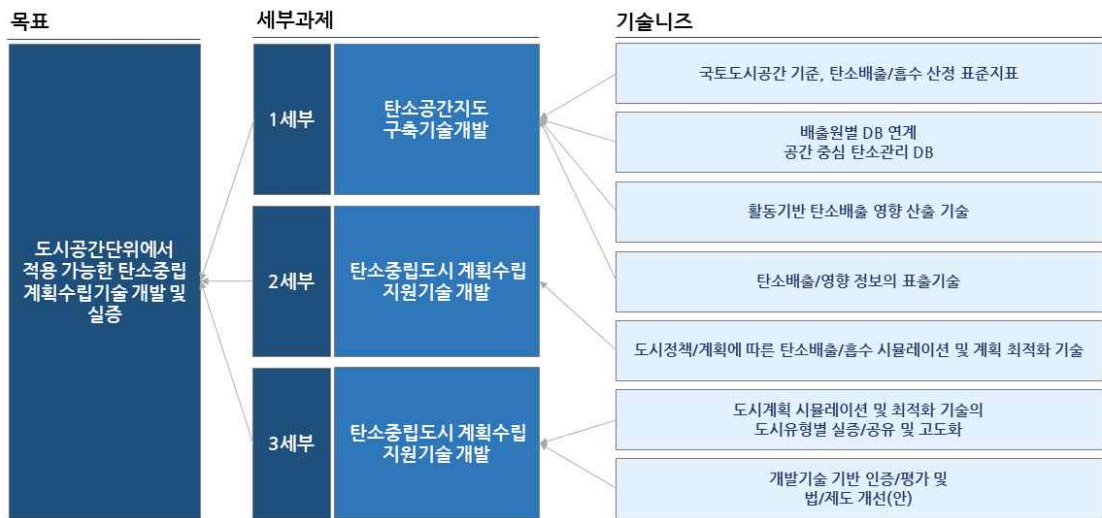


그림 4-7. 사업목표-세부과제-기술니즈 연계도

3. 세부활동 구성의 적절성

- 세부과제 및 구성기술은 기술니즈와 직접적으로 연계되어 있으며 구성기술의 산출물은 순차·병행 개발 등을 통해 연계되어 최종 산출물 연계

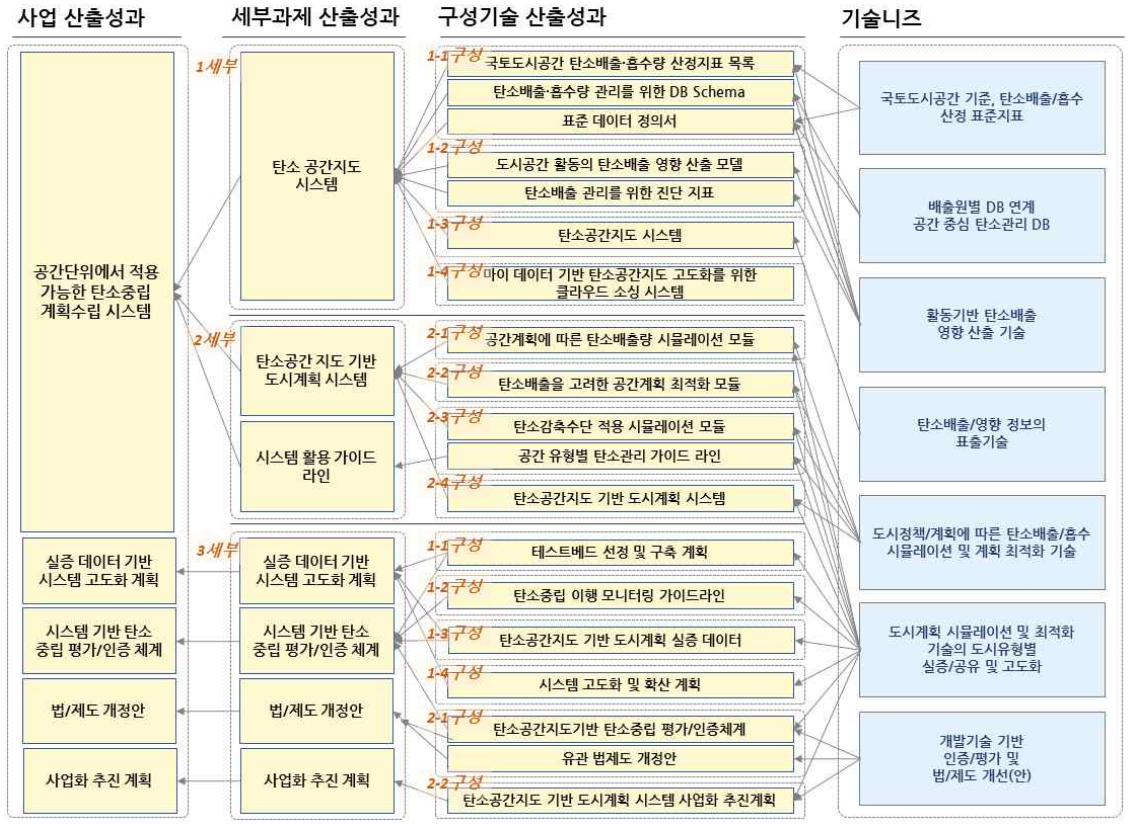


그림 4-8. 세부과제/구성기술 산출성과와 기술니즈간 연계도

제4절 경제적 타당성

1. 소요예산 분석

- 전체사업 소요예산은 5년간 ('23년~'27년)까지 총 210.0억 원으로 연평균 연구비는 42.0억 원임

표 4-5. 연차별 사업 소요예산

구분	1차년도 ('23년)	2차년도 ('24년)	3차년도 ('25년)	4차년도 ('26년)	5차년도 ('27년)	계	연평균 연구비
연구비(억 원)	34.0	47.0	66.0	41.0	22.0	210.0	42.0

- 동 사업의 소요예산 적절성 검토를 위해 NTIS DB에서 '10년 이후, '도시계획 지원시스템' 을 주제로 수행된 과제내용과 연구비를 파악한 결과는 다음과 같음

표 4-6. '10년 이후, '도시계획 지원시스템' 과제 목록

부처	사업 명	과제 명	연구내용	기간
국토부	도시건축연구	탄소저감 도시계획시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> 탄소저감 도시 계획체계 및 조성기술개발 탄소저감 도시조성 및 사업관리 기술개발 탄소저감 도시 공간배치 시뮬레이션 기술개발 탄소저감 통합 도시계획 시스템 구축 및 실증 탄소저감 도시계획 설계지원 및 탄소관리 통합시스템 개발 	'11-'15 (5년간)
국토부	도시건축연구	자원순환체계 구축을 위한 도시계획 지원시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> 자원순환형 도시구축 모델 및 관련 핵심기술 개발 자원순환형 그린 커뮤니티 구축 및 운영계획 및 설계지침 개발 자원순환형 도시계획 의사결정지원시스템 개발 자원순환형 도시모델 테스트베드 적용 실증연구 추진 	'11-'15 (5년간)
과기부	중견연구자 지원	산단빅데이터 구축을 위한 소셜 빅데이터 기반 인공지능형 건축/도시계획 최적화 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> 건축/도시 성능검증 지표개발 및 빅데이터 구축방안 마련 건축/도시 빅데이터 구축 및 HIGH-AUTOMATED 모델링 시스템 개발 소셜 빅데이터 구축 및 HIGH-CONNECTED 도시계획 플랫폼 개발 HIGH-CONNECTED 도시계획 최적화 플랫폼 실증 	'19-'22 (5년간)
국토부	온실가스 저감을 위한 국토도시공간 계획 및 관리기술개발	온실가스 저감을 위한 국토도시공간 계획 및 관리기술개발	<ul style="list-style-type: none"> 정주자기타토지 부문 온실가스 산정 기술개발 - 정주자기타토지 부문 활동자료 구축 및 온실가스 산정 - 온실가스 통계의 관리 검증을 위한 플랫폼 개발 온실가스 저감형 국토-도시 공간 계획 및 온실가스 저감기술 실증 - 온실가스 저감형 국토-도시 공간계획 및 관리기술 개발 - 도시 공간 내 기존 인프라 결합형 온실가스 저감-흡수-자원화 기술개발 - 온실가스 저감형 국토-도시 공간 계획 및 저감 기술 실증 	'20-'24 (5년간)
국토부	빅데이터 기반 인공지능 도시계획 기술개발	빅데이터 기반 인공지능 도시계획 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> 도시공간 빅데이터 수집 및 연계-공유-통합-활용체계 설계 및 개발 빅데이터 기반 도시 진단 전망지수 개발 및 활용방안 수립 도시 진단 전망 서비스 시스템 설계를 위한 빅데이터 수집 및 DB화 도시계획/공간구조/생활권 계획 수립 지원 모델 설계 도시 빅데이터 시스템 구축 및 도시변화 모니터링 서비스시스템 구현 시민참여형 인터랙티브 소통채널 활용 빅데이터 선정/사용자 경험모델 개발 지자체 적용가능성 검토 및 시범 지자체 공모 선정 지원 (가칭)도시계획평가센터 기본구상/개념설계 요소기술의 지자체 적용가능성 검토 	'22-'26 (5년간)

표 4-7. '10년 이후, '도시계획 지원시스템' 소요 예산

과제 명	연차별 연구비(억 원)					기투자 합계 (억 원)	연평균 연구비 (억 원)	기술개발범위				비고
	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도			데이터 표준화	DB 구축	플랫폼 개발	실증/시 범 사업	
탄소저감 도시계획시스템 개발 (국토부, '11-'15, 5년간)	4.4	22.2	29.1	16.1	3.1	75.0	15.0	△	●	●	●	제한적 데이터 표준화/통합
자원순환체계 구축을 위한 도시계획 지원시스템 개발 (국토부, '11-'15, 5년간)	2.2	8.2	6.3	8.6	4.7	30.0	6.0	-	●	●	●	데이터 표준화/통합 배제
신스마트시티 구현을 위한 소셜 빅데이터 기반 인공지능형 건축/도시계획 최적화 기술개발 (과기부, '19-'22, 5년간)	1.4	1.8	2.2	2.2	2.4	10.0	2.0	-	●	●	-	기초 연구 데이터 모델링 기법 개발 중심
온실가스 저감을 위한 국토도시공간 계획 및 관리기술개발 (국토부, '20-'24, 5년간)	10.8	30.1	84.4	-	-	125.4	41.8	●	●	●	●	데이터 표준 에서 시범 사업까지 통합개발
빅데이터 기반 인공지능 도시계획 기술개발 (국토부, '22-'26, 5년간)	27.2	-	-	-	-	27.2	27.2	●	●	●	●	데이터 표준 에서 시범 사업까지 통합개발

- 동 사업은 데이터 표준 및 통합, 도시계획 플랫폼 개발, 시범사업 및 실증을 포함하고 있는 사업으로 동일한 범위에서 기술개발을 수행한 '온실가스 저감을 위한 국토도시공간계획 및 관리 기술개발' 과제와 연구비 규모가 유사
 - '빅데이터 기반 인공지능 도시계획 기술개발'은 동일한 범위에서 기술개발을 수행할 계획이나, 1차년도 연구비만 파악할 수 있어 적절성 검토를 위한 비교대상에서 배제
- 동 사업의 연평균 연구비는 '탄소저감 도시계획시스템개발', '자원순환체계 구축을 위한 도시 계획 지원시스템 개발' 과제에 비해 크나, 이러한 연구비의 차이는 '데이터 표준화 및 통합' 연구가 동 사업에 포함되어 있는 것에 기인

(단위: 억 원)

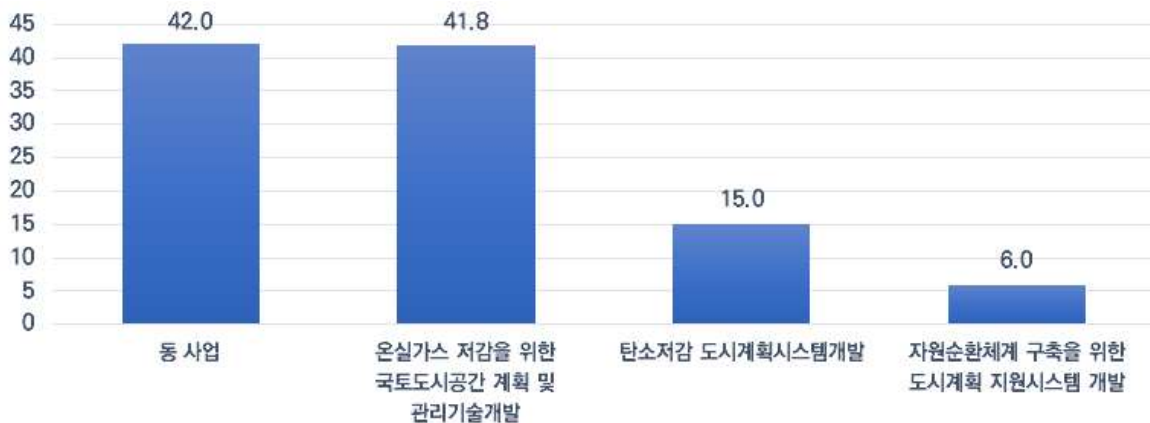


그림 4-9. 동 사업과 유사 과제간 연평균 연구비 비교

2. 편익 분석

가. 편익산출 방법론

- 동 사업의 편익은 B/C ratio를 통해 수익성을 평가하기 위해 직접 편익으로 한정, 편익은 수익접근법을 통해 산출
 - 「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(20.1)」은 R&D사업의 경제성을 평가함에 있어 B/C ratio를 적용할 경우, 직접적 편익만 반영할 수 있도록 제한
 - 편익산정에 적용한 수익접근법은 대상기술의 경제적 수명기간 동안 기술사업화를 통해 발생할 미래 경제적 이익을 적정 할인율을 적용하여 현재가치로 환산하는 방법(「기술평가기준 운영지침」 제38조)으로 R&D를 통한 편익만을 산출하기 위해 다수의 가정을 적용
 - 수익접근법을 적용하기 위해서는 현금흐름 추정기간, 예상 매출액, 예상 영업이익, 할인율, 기술기여도, 사업기여도를 감안하여 창출되는 현금흐름에서 순이익을 산출하는 것이 필요

$$V_T = \left(\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \right) \times \text{기술기여도}$$

- n: 대상기술의 경제적 수명을 고려한 현금흐름 추정기간
- t: t년도
- CF_t: t년도 현금흐름
- r: 할인율
- 기술기여도: 사업가치 중 대상기술이 기여하는 비율
산업기술 요소 × 기술의 비중 × 개별기술강도
- 기술의 비중: 대상기술 제품(서비스)을 구성하는 전체 기술 중에서 대상기술이 차지하는 비중

그림 4-10. 수익접근법 중, 현금흐름 할인법(DCF:Discount Cash Fow) 산식

나. 편익항목의 정의 및 산출식

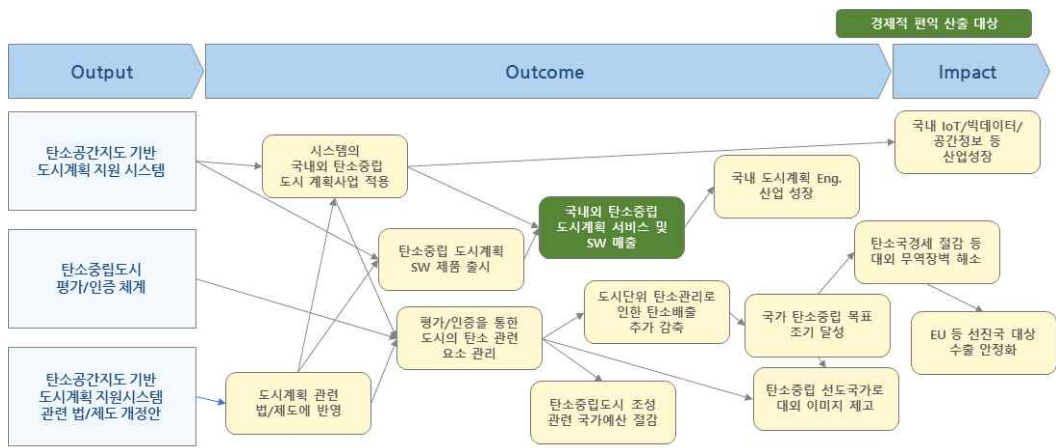


그림 4-11. 기대효과 발생 경로

- 기술개발로 인한 효과 연계도를 작성하여 경제적 편익 산출이 가능한 항목을 검토

- 기술개발로 인한 1차 편익 여부, 경제적 편익 산출에 필요한 기초데이터 확보 가능성을 고려해 편익을 산출하는 항목을 국내외 도시계획 서비스 및 SW 매출로 설정
- 편익 항목별 정의 및 산출식은 아래 표와 같음

표 4-8. 편익항목별 정의 및 산출식

편익 항목	정의 및 산출식
국내외 탄소중립 도시계획 서비스 및 SW 매출 편익	<ul style="list-style-type: none"> 기술을 이전받은 국내 도시계획 Eng. 업체가 이전 받은 성과를 기반으로 국내외 탄소중립도시 계획 사업 수주 또는 도시계획 SW 판매를 통해 창출되는 매출 편익 $\Sigma [\text{연도별 편익}] = \text{세계 탄소중립 도시 계획 서비스 및 SW 시장} \times \text{연도별 국내 업체의 시장 점유율} \times \text{부가가치율} \times \text{기술기여율} \times \text{사업기여율} \times \text{사업화성공률}$
* 매출 중, 비용을 제외한 이익만을 산출하기 위한 부가가치율은 61.8%를 적용(엔지니어링 협회, '18)	
* 기술기여율은 창출된 이익 중, 마케팅, 제조 등 매출 발생에 영향을 미치는 기술이외 요소의 기여분을 제하기 위한 비율로 35.4%를 적용 (국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(20.1))	
* 사업기여율은 창출된 이익 중, 기투자된 R&D투자로 인한 노하우, 기법 등으로 인한 기여분을 제하기 위한 비율로 55.6%를 적용 동 사업 연구비/(온실가스 감축 도시계획 R&D 과제 3건의 연구비 + 동사업 연구비) = 210.0억 원/(210.0억 원+199.5억 원)	
* 사업화 성공율은 이익 중, 동 사업이 기술개발 및 사업화에 성공할 기대값을 산출하기 위한 비율로 46%를 적용 (국토교통과학기술진흥원 국회 제출자료, '18)	

다. 편익 산출 결과

- 국내외 탄소중립도시 계획 서비스 및 SW 매출 편익은 '35년까지 401억 원이며 현재가치로 248억 원임
 - 세계 도시계획 서비스 및 SW 시장이 연평균 4.2%로 성장한다고 가정할 경우, 시장규모는 '35년까지 2,566억 달러 규모를 형성
 - 탄소중립 도시계획 서비스 및 SW시장의 비율은 '20년 0%에서 '50년 26.4%까지 같은 비율로 확대된다고 가정할 때, 탄소중립 도시계획 서비스 및 SW 시장의 규모는 '28년, 30.5조 원에서 '35년 76.2조원 규모로 증가
 - 탄소중립 도시계획 서비스 및 SW의 비율은 탄소중립선언이 본격화되는 '17년부터 '50년까지 선형으로 증가한다고 가정하되, 보수적으로 '50년 비중을 전 세계 국가(208개 국) 대비 '21년 말 기준, 탄소중립 선언 국가(55개국) 비율인 26.4%로 설정
 - 국내 기업의 시장점유율이 동 사업 종료 후, 차년도인 '28년에서 '50년까지 1.3%로 성장한다고 가정할 경우, 국내 기업 매출액은 '28년 113억 원에서 '35년 1,981억 원까지 증가
 - 국내 기업의 시장점유율은 기술개발 종료 후, '10년~'19년간 국내 건설 엔지니어링 업체 해외시장 점유율 평균인 1.3%로 같은 비율로 성장한다고 가정²⁸⁾
 - 일반적으로 R&D 성과는 투자 이후, 편익 발생까지 사업화 등으로 일정기간의 지연이 발생한 후, 편익 발생, 동 사업은 R&D 및 실증과제(TRL7)에 해당하므로 시장에 적용되는 시점은 「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(20.1), 회임기간 0년」에 따라 기술개발 종료 후, 차년도인 '28년인 것으로 가정
 - 국내 기업의 탄소중립 도시계획 서비스 및 SW 매출액에 부가가치율, 기술기여율, 사업기여율, 사업화 성공율을 곱하여 매출 중, 동 사업이 기여하는 편익만을 산출했을 경우, '35년

28) 국내 엔지니어링업체의 해외시장 점유율은 '08년 0.8%에서 '15년 2.4%로 증가한 후, 감소세로 전환하여 '19년 0.8%로 감소, 연도별 시장점유율 평균은 1.31%(관계부처 합동, 건설 엔지니어링 발전 방안, 2020. 9)

까지 편익 총액은 401억 원, 사회적 할인율 4.5%를 적용한 현재가치는 248억 원²⁹⁾

표 4-9. 탄소중립 도시계획 서비스 및 SW 매출 편익(단위: 억 달러, 억 원, %)

구분	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	합계
도시 계획 서비스 및 SW 시장규모(억 달러)	1,924	2,005	2,089	2,177	2,268	2,363	2,463	2,566	
탄소중립 도시계획 서비스 및 SW시장 비중(%)	8.8%	9.6%	10.4%	11.2%	12.0%	12.8%	13.6%	14.4%	
탄소중립 도시계획 서비스 및 SW시장 규모(억 달러)	170	193	218	244	273	303	335	370	
탄소중립 도시계획 서비스 및 SW시장 규모(억 원)	190,534	216,585	244,488	274,353	306,296	340,438	376,907	415,839	
시장점유율(%)	0.06%	0.12%	0.18%	0.24%	0.30%	0.36%	0.42%	0.48%	
매출액(억 원)	113	258	437	653	912	1,216	1,571	1,981	
매출편익(억 원)	6	14	25	37	51	68	88	111	401
매출편익(억 원, 현재가치)	5	11	17	25	33	42	52	63	248

라. 비용/편익 분석

- 전체 소요예산을 현재가치로 변환하면 185.4억 원임³⁰⁾

표 4-10. 사업 소요예산의 현재가치

구분	1차년도 ('23년)	2차년도 ('24년)	3차년도 ('25년)	4차년도 ('26년)	5차년도 ('27년)	계
연구비(억 원)	34.0	47.0	66.0	41.0	22.0	210.0
연구비(억 원, 현재가치)	32.5	43.0	57.8	34.4	17.7	185.4

- 동 사업을 통해 창출되는 예상 편익은 총 247.5억 원이므로 비용편익분석 결과는 1.33임
- 비용편익 분석 결과(1.33)가 1보다 크므로 투자의 경제적 가치가 있는 것으로 판단

표 4-11. 비용/편익 분석

구분	B/C
편익(억 원, 현재가치)	247.5
비용(억 원, 현재가치)	185.4
	1.33

29) 현금흐름의 추정기간(적용기간)은 「기술평가 실무가이드(산업부, '21)」(G06Q) 관리용, 상업용, 금융용, 경영용, 감독용 또는 예측용으로 특히 적합한 데이터 처리 시스템 또는 방법; 그 밖에 분류되지 않는 관리용, 상업용, 금융용, 경영용, 감독용 또는 예측용으로 특히 적합한 시스템 또는 방법의 '경제적 수명'으로 제시된 8.47년을 반올림한 8.0년을 적용

30) 현재가치 변환을 위한 사회적 할인율은 「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(20.1)」에 따라 4.5%를 적용

제5절 온실가스 감축효과

1. 사업에 따른 온실가스 감축 기여 분야

- ‘탄소공간지도 기반 계획지원 기술 개발’ 사업은 도시 내 탄소배출량과 흡수량정보를 공간단위로 구축한 탄소공간지도를 기반으로 탄소배출을 줄이고 흡수량을 늘리는 탄소중립도시 계획 수립을 지원함으로써 온실가스 배출량 감축에 기여함
- 탄소중립도시계획 수립을 통해 기존 도시구조의 탄소중립형 전환, 탄소중립기반시설의 확충 등으로 감축되는 온실가스 감축량 중 R&D의 기여도를 적용하여 산정하였으며 온실가스 감축에 기여할 수 있는 분야는 다음과 같이 예상됨
 - 도시구조변화에 따른 생활패턴변화와 이에 연계된 에너지수요(전기수요, 교통 수요 등)감소로 인한 온실가스 배출량 감소 기여
 - 공간단위별 건물에너지감축기술 보급, 친환경 교통(수송) 수단 보급, 탄소흡수성능이 높은 그린인프라 확대에 의한 온실가스 배출량 감소 기여

2. 정량적 감축효과

- R&D 성과물 적용으로 인한 온실가스감축량 산정 과정은 다음과 같음
 - 활동자료는 인구 1만명당 배출량(t)으로, 감축효과 측정방법은 R&D 성과물의 기술 도입에 따른 배출·흡수량, 기여도에 따른 감축잠재량을 계산하였음(건물, 흡수원, 수송)
 - 확인자료로는 온실가스종합관리센터의 시도단위 온실가스 배출량 통계를 사용함
 - 도로수송의 경우 배출계수를 2,731.5 tCO₂eq/TJ로 계산하여 활용함

표 4-12. 온실가스 감축효과 산출에 사용한 활동자료 및 계수

활동자료	자료명(단위)	추계인구(명)		
	측정방법	기술도입에 따른 배출, 흡수량 기여도에 따른 감축잠재량 계산(건물, 흡수원, 수송)		
	확인자료	통계청 추계인구자료		
계수	만명당 배출량 (ton)	18,214.63	단위	tCO ₂ eq/1만명
	출처	계산에 의해 도출		

- 도로수송 분야에서 도시인구 1만명당 탄소배출량 5년 평균은 '15~'19년 기간의 경우 94,239,550 tCO₂eq로 나타남
 - 여기서, 도시공간구조, 토지이용-교통 연계에 의한 탄소배출 저감은 도로수송 분야 탄소배출량에 해당하므로 인구 1만명당 배출량 평균을 환산하면 다음과 같음

표 4-13. 도로수송 분야 인구 1만명당 배출량 평균 환산결과

구분(만명당)	2015	2016	2017	2018	2019	평균
도로수송	17.49	18.30	18.21	18.27	18.80	18.21

(단위 : GtCO₂eq)

- R&D 성과를 적용할 경우 토지이용-교통 부문의 효율화 및 도시공간구조(단핵, 다핵, 압축도시) 전환에 의한 잠재감축량에 기여할 수 있음
 - 도시형태별 교통에너지 소비량*은 다핵-단핵 및 압축-분산 공간구조에 따라 15-20% 수준의 온실가스 저감이 가능*하며 보수적으로 15% 기여도를 적용함
 - * 김승남 등, 2009, 압축도시 공간구조 특성이 교통에너지 소비와 대기오염 농도에 미치는 영향, 국토계획
 - * 이우민 등, 2016, 교통부문 탄소배출 저감을 위한 토지이용계획 기법 개발 및 탄소저감 효과검증, 한국산학기술학회지
 - 따라서, R&D를 통해 저감할 수 있는 인구 1만명당 도로수송 분야 온실가스 감축량은 다음과 같이 계산할 수 있음

표 4-14. R&D 성과 적용에 따른 도로수송 분야 인구 1만명당 온실가스 감축효과(5년 평균)

구분	평균 배출량 (1만명, 년)	감축량	R&D성과 기여도
도로수송	18,214.63	2,732.19	공간구조 전환(압축형도시) (15%)

(단위 : tCO₂eq)

- 공간구조의 전환에 소요되는 시간을 고려(도시기본계획수립 기간, 20년)하여 20년 단위 장기 감축량 산정 (매년 감축량 1.5%씩 증가 가정, '30년 1.5%, '40년 7.5%, '50년 15%)
- 본 R&D는 23년부터 착수 예정으로, 본격적인 연구결과에 의한 효과 도출은 연구결과가 본 사업으로 적용되는 30년부터 가능할 것으로 판단('28년 본 계획 수립, '29년 계획안 적용)
 - R&D기여율 35.4%와 사업화 성공률 48% 적용
- 연구성과 종료 후 30년부터 통계청 추계인구 적용하여 계산
 - ('30년) 추계인구 51,199,019인/10,000인 X 18,214.63 tCO₂eq X 0.75% X 35.4% X 48% = 118,846.78 tCO₂eq
 - ('40년) 추계인구 50,193,281인/10,000인 X 18,214.63 tCO₂eq X 7.5% X 35.4% X 48%= 1,165,122.8 tCO₂eq
 - ('50년) 추계인구 47,358,532인/10,000인 X 18,214.63 tCO₂eq X 15% X 35.4% X 48% = 2,198,641.11 tCO₂eq

표 4-15. R&D 성과 적용에 따른 도로수송 분야 온실가스 저감효과

향후 예산효과	2028	2029	2030	2040	2050
연도별 감축량(tCO ₂ eq)	-	-	118,847	1,165,123	2,198,641
연도별 활동자료(인구/만명)	-	-	5,120	5,119	4,736

3. 정성적 감축효과

- R&D를 통해 탄소중립형 도시계획 수립지원도구의 지자체 보급을 통해 국토·도시차원의 탄소중립 도시계획 수립 역량을 제고하고 탄소감축 이행에 대한 저변을 조성할 수 있음
 - 지자체 탄소중립도시계획수립 지원기능 제공을 통해 감축이행 목표 달성 능력 향상의 정성적 감축효과를 기대할 수 있으며 성과지표 및 목표를 다음과 같이 설정할 수 있음
 - (성과지표) 탄소중립도시계획수립지원 기술 기반 지자체 컨설팅에 따른 감축이행 목표 달성 지자체 수
 - (성과목표) 감축이행 목표 달성을 위한 연간 지자체 지원수(누적)
 - 연구결과에 의한 감축효과 도출은 연구결과가 적용되는 '28년부터 가능할 것으로 예상됨
 - 실증을 통한 적용은 ('24)년부터 시작(2곳)하여 매년 1곳씩 증가하는 것으로 목표 설정

표 4-16. R&D 성과 적용에 따른 감축이행 목표달성 지자체 수

연도	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	'40	'50
목표	-	-	(2)	(3)	(4)	(5)	5	9	87	160	160

(단위 : tCO_{2eq})

- 감축이행 목표는 연단위로 산정하고, 전국 지자체 중 달성 지자체수를 파악하기 위해 목표치는 누적식으로 작성함
 - ('28) R&D 실증도시 5곳(실증목표 도시) 대상 감축이행 목표 달성
 - ('29) 광역지자체 도시(서울, 인천, 대전, 대구, 부산, 울산, 광주, 세종, 제주) 중 48%* 달성 추가 (4개)
 - ('30) 광역지자체 도시 추가달성(5개), 탄소중립도시계획 수립대상** 지자체(광역제외) 152개의 48%** 달성(73개) 추가
 - ('40) 탄소중립도시계획 수립대상 전국 지자체 160개 모두 감축이행 목표 달성***
 - ('50) 탄소감축목표 이행 지속
- * 최근 5년('14~'18) 사업화 성공률(%): 기술료 징수대상 중 총 사업화 성공 과제수 / 기술료 징수대상 과제수 X 100 (KAIA)
- ** 탄소중립기본법 및 국토의계획및이용에관한법률에 의한 탄소중립도시계획 및 도시기본계획 수립대상 지자체 (광역도시 8, 시군단위 기초지자체 152)
- *** NDC 조기달성 시점('40년) 반영온실가스 누출량

■ 도시·군기본계획의 수립범위(도시·군기본계획수립지침 中 발췌)

- 계획수립 대상
 - 특별시, 광역시, 특별자치시, 특별자치도, 시·군(광역시 안에 있는 군은 제외, 이하 시·군)
 - 도시·군기본계획수립 예외사항
 - 수도권정비계획법 제2조제1호에 따른 수도권에 속하지 아니하고 광역시와 경계를 같이하지 아니한 시·군으로서, 계획수립 기준년도 현재 인구 10만명 이하인 시·군
 - 관할구역 전부에 대하여 광역도시계획이 수립되어 있는 시·군으로서 당해 광역도시계획에 도시·군기본계획에 포함되어야 할 사항이 모두 포함되어 있는 시·군
- ※ 정성적 감축효과 산정에서는 도시·군기본계획수립 예외사항에 해당하는 시·군의 경우에도 감축목표는 이행해야 하므로 지표 목표수치에 포함

제6절 유사과제 분석 및 연계방안

- 국토교통과학기술진흥원 및 NTIS(국가과학기술지식정보서비스) 시스템을 활용하여 유사·중복을 검토함
- 온실가스 산정기술, 탄소배출 개선 평가, 에너지 진단 기법, 모니터링 기술 개발 등 탄소중립 기술개발 관련 연구는 다수 선행되었으나, 국토도시 공간단위 연구 부족
- 기존 개발된 도시계획·설계 의사결정도구 시스템의 실증연구 부족으로 실제 지자체 도시계획수립 업무 활용 및 상용화 한계
- 수집자료원, 공공데이터 부족으로 과거 자료 구득의 한계가 있었으나, 공공데이터 구축과 개방 등으로 자료구축이 용이하여 분석 범위 확대

표 4-17. 유사과제 분석 및 연계방안

부처명	사업명 (과제명)	연구내용	연구기간	차별성 및 연계방안
국토부	빅데이터 기반 인공지능 도시계획 기술개발	국토·도시계획 수립을 지원을 목적으로 인공지능 기술로 실시간 빅데이터를 분석·학습하여 토지이용 변화수요 예측	'22-26년	(차별성) 빅데이터·인공지능 기술을 활용하여 도시계획 수립을 지원하는 플랫폼을 개발하는 것으로 본 사업의 '탄소공간지도' 활용과 '탄소중립도시계획' 수립과 적용대상이 다름
				(연계방안) 도시공간의 탄소배출과 흡수량 산정 및 예측기법 개발 시 본 사업의 성과물인 계획수립과정에서 활용되는 빅데이터 구축과 인공지능 기술과 연계할 예정
국토부	온실가스저감을 위한 국토도시공간계획 및 관리기술 개발(R&D)	도시공간 내 기존 인프라 결합형 온실가스저감-흡수-자원화 기술 개발	'20-24년	(차별성) 정주지·기타토지 LULUCF의 온실가스 배출과 흡수계수를 산정하고 저감기술을 개발하는 연구로 도시계획 수립지원 기술을 개발하는 본연구와 차별화됨
				(연계방안) 도출된 LULUCF분야 온실가스 배출 및 흡수 인벤토리를 탄소공간지도 고도화에 연계
국토부	첨단도시개발사업 (탄소저감 도시계획 시스템개발)	탄소저감형 도시계획/설계 기술 개발 및 도시공간 배치에 따른 탄소관리 통합시스템 구축	'11-15년	(차별성) 개발사업을 대상으로 탄소흡수배출량을 산정하여 계획단계에 적용하는 시스템을 개발하는 내용으로, 탄소공간지도를 기반으로 도시공간구조와 토지이용, 교통을 연계하여 분석하는 본 연구와 차별화됨
				(연계방안) 연구성과물인 탄소저감형 도시계획시스템을 탄소공간지도 기반기술로 고도화 및 실무 활용성 향상을 위한 기술 추가 개발
환경부	도시생태계건강성증진기술개발 사업(R&D)	도시 생태계 탄소저장능력 향상을 위한 탄소저장량 평가 기술 및 토양-식생 결합 모듈화 공법 개발	'20-22년	(차별성) 도시 생태계의 탄소 저장 및 흡수량 표출시스템은 도시 생태계 내 탄소 저장 능력 증진이 목표로, 국토 및 도시계획 부문 탄소중립도시계획지원을 위한 탄소공간지도 기반 기술을 개발하는 본사업과 차별화됨
				(연계방안) 선행연구의 탄소 흡수량 산정 및 평가 기술을 연계하여 탄소 배출 및 흡수량이 고려된 도시공간지도 구축 가능

부처명	사업명 (과제명)	연구내용	연구기간	차별성 및 연계방안
환경부	차세대에코이노베이션기술개발	도시생태계 적응·관리 기법 및 지원시스템 개발	'11-16년	(차별성) 도시생태계 복원을 위한 관리기법으로 탄소흡수원 관리를 목표로 함 (연계방안) 탄소저감 방안 마련 활용

- 「빅데이터 기반 인공지능 도시계획 기술개발」 사업(이후 빅데이터 사업)은 인공지능과 빅데이터 기술을 활용하여 도시계획 수립 과정을 디지털화하는 것이 목적임
- 「탄소공간지도기반 계획지원 기술개발」 사업(이후 본 사업)은 탄소공간지도를 고도화하고, 이를 기반으로 탄소중립에 최적화된 도시구조 분석, 도시계획 수립 등을 지원하는 기술개발을 목적으로 함
 - 본 사업을 통해 구축한 탄소공간지도와 탄소중립형 계획지원 기술들도 확장형 모듈 기술을 통해 빅데이터 사업의 성과물과 연동 가능
 - 빅데이터 사업은 도시계획수립 지침상의 각 항목 수립(지표 최적화, 공간구조 설정, 토지이용계획, 도시계획시설 등)을 지원하는 모듈을 개발하여 실제 도시계획 수립시 활용
 - 본사업의 성과물은 탄소중립계획 수립과 관련된 탄소중립진단, 탄소배출최적 도시구조 분석 및 계획 등에 활용 가능하도록 개발

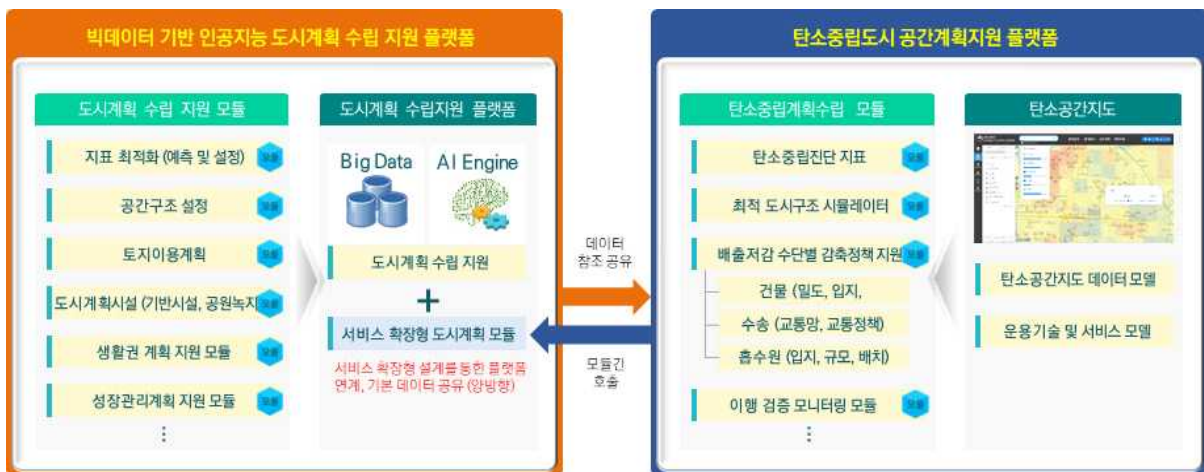


그림 4-12. 데이터 참조 공유와 모듈간 호출을 통한 연계방안 검토

제5장 소요예산 산정

제1절 연구일정에 따른 인력투입 계획

1. 전체 과제 인력 투입 계획

- 소요인력 규모는 세부과제별 연구내용을 근거로 과제 수행에 필요한 연구 인력을 기술분야별, 과제내용별 등의 기준에 따라 추정하여 산정하고 소요인력을 취합·분석함
 - 연구기간은 구성기술별 기술로드맵을 기준으로 5년으로 설정함
 - 각 구성기술의 기술개발 완료 목표시점까지의 총 소요인력 규모를 산정하고, 각 구성기술별로 사업초기-중기-후반기의 단계별, 1년 단위의 연차별로 소요인력을 산정하여 안정적인 연구인력 계획을 수립함
 - 참여율은 최소 참여기준 20%, 평균 참여율 50%로 설정하였으며, 참여기간은 5년으로 총 57개월(23.04~27.12)을 기준으로 인력을 추정함
- 연구기간 5년은 3단계로 구분할 수 있음
 - 1단계: 1차년도로 연구기획, 실증준비 및 기획단계에 해당
 - 2단계: 실제 연구성과물을 도출하는 단계로 2차년도와 3차년도에 해당하며, 3차년도 종료시점에는 구체적인 연구성과가 도출되어야 함
 - 3단계: 4차년도에 해당하며 도출된 성과물을 고도화시키고 사업화를 추진함
 - 4단계: 5차년도로 성과확산 및 활용방안 마련임
 - 단계구분은 여건변화 및 연구추진상황을 반영하여 변경될 수 있음
- 세부과제 인력투입(안)을 보면 위 기준에 의거하여 투입인력을 추정한 결과 5년 동안 Man-Month방식으로 총 1646.89 Man-month(투입인원수×참여기간(월)×참여율) 투입
 - 예상되는 소요예산안을 기반으로 1차 년도는 총 417 man-month를 투입인력 규모로 추정하였으며, 연구개발 활동이 집중되는 2~3차 년도에 투입되는 인력이 증가하고, 연구를 마무리하는 4~5차 년도에는 감소하도록 계획
 - 각 세부구성기술별 연구책임자 1인과 연구진 3~5인이 참여하는 것으로 구성하여 인력을 배정함

표 5-1. 연차별 인력투입 계획 (단위: Man-Month)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
구성기술1	50.4	97.2	168	54	46.8	416.4
구성기술2	187.2	200.4	234	104.4	69	795
구성기술3	103.5	104.4	123.6	66	37.2	434.7
합계	341.1	402	525.6	224.4	153	1,646.1

2. 구성기술별 상세 인력 투입 계획

가. 구성기술1. 탄소공간지도 구축기술 고도화

- 도시공간의 탄소를 산정하고 진단하는 기술을 기반으로 자료구축, 데이터 모델, 지표 선정 등 탄소공간지도 구축 요소 기술 개발
- 관련 데이터를 구축하고 산정하며, 시스템 개발의 기초가 되는 알고리즘 개발하는 과정으로 대부분 인력투입증심으로 연구가 수행될 것으로 예상

표 5-2. 구성기술1 연차별 인력투입 계획 (단위: 인)

과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
1-1. 탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델 개발	7	7	10	7	6	37
1-2. 탄소공간지도 기반 탄소중립 진단지표 개발	5	7	10	3	3	28
1-3. 탄소공간지도 운용 및 서비스모델 개발	7	8	8	5	4	32
합계	19	22	28	15	13	97

표 5-3. 구성기술1 연차별 인력투입 계획 (단위: 평균참여율/인)

과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	평균
1-1. 탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델 개발	0.25	0.35	0.5	0.3	0.3	0.34
1-2. 탄소공간지도 기반 탄소중립 진단지표 개발	0.35	0.35	0.5	0.3	0.3	0.36
1-3. 탄소공간지도 운용 및 서비스모델 개발	0.3	0.4	0.5	0.3	0.3	0.36
평균	0.30	0.37	0.50	0.30	0.30	0.35

표 5-4. 구성기술1 연차별 인력투입 계획 (단위: Man-Month)

과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
1-1. 탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델 개발	15.75	29.4	60	25.2	21.6	151.95
1-2. 탄소공간지도 기반 탄소중립 진단지표 개발	15.75	29.4	60	10.8	10.8	126.75
1-3. 탄소공간지도 운용 및 서비스모델 개발	18.9	38.4	48	18	14.4	137.7
합계	50.4	97.2	168	54	46.8	416.4

나. 구성기술2. 탄소중립도시 계획수립 지원기술

- 탄소중립도시 정책지원을 위해 탄소배출저감 도시공간구조 최적화를 반영한 공간계획지원 플랫폼 개발
- 구성기술(2-1)과 (2-2)는 플랫폼에 구축될 계획수립 지원기술을 개발하는 내용임
- 구성기술 (2-3)과 (2-4)는 플랫폼 구축을 위한 장비구축의 비중이 타 구성기술에 비해 높을 것이며, 관련 시스템 구축 전문인력이 요구됨

표 5-5. 구성기술2 연차별 인력투입 계획 (단위: 인)

과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
2-1. 도시공간구조 변화 기반 탄소배출 시뮬레이션 기술 개발	11	11	12	5	5	44
2-2. 탄소배출저감을 위한 계획지원 기술 개발	16	16	17	12	7	68
2-3. 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축 기술 개발	20	24	25	12	12	93
합계	47	51	54	29	24	205

표 5-6. 구성기술2 연차별 인력투입 계획 (단위: 평균참여율/인)

과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	평균
2-1. 도시공간구조 변화 기반 탄소배출 시뮬레이션 기술 개발	0.4	0.5	0.5	0.3	0.25	0.39
2-2. 탄소배출저감을 위한 계획지원 기술 개발	0.35	0.4	0.5	0.35	0.3	0.38
2-3. 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축 기술 개발	0.5	0.4	0.5	0.5	0.3	0.44
평균	0.42	0.43	0.50	0.38	0.28	0.40

표 5-7. 구성기술2 연차별 인력투입 계획 (단위: Man-Month)

과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
2-1. 도시공간구조 변화 기반 탄소배출 시뮬레이션 기술 개발	39.6	66	72	18	15	210.6
2-2. 탄소배출저감을 위한 계획지원 기술 개발	57.6	76.8	102	57.6	25.2	319.2
2-3. 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축 기술 개발	90	57.6	60	28.8	28.8	265.2
합계	187.2	200.4	234	104.4	69	795

다. 구성기술3. 탄소중립도시 계획수립 기술 확산모델

- 탄소공간지도 기반 공간계획지원 플랫폼 시범모델 적용 및 운영을 통해 관련 정책 제안, 활성화 방안마련, 사업화 모델 제시
- 구성기술3의 인건비는 주로 실증수립, 운영관리 부문 비중이 높을 것으로 예상됨

표 5-8. 구성기술3 연차별 인력투입 계획 (단위: 인)

과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
3-1. 탄소중립도시계획 수립지원기술 실증	13	15	13	11	7	59
3-2. 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 확산 모델 수립	7	2	4	2	2	17
3-3. 플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(안) 제안	3	2	4	2	2	13
합계	23	19	21	15	11	89

표 5-9. 구성기술3 연차별 인력투입 계획 (단위: 평균참여율/인)

과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	평균
3-1. 탄소중립도시계획 수립지원기술 실증	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3	0.44
3-2. 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 확산 모델 수립	0.5	0.3	0.5	0.3	0.25	0.37
3-3. 플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(안) 제안	0.5	0.3	0.45	0.25	0.25	0.35
평균	0.500	0.367	0.483	0.317	0.267	0.387

표 5-10. 구성기술3 연차별 인력투입 계획 (단위: Man-Month)

과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
3-1. 탄소중립도시계획 수립지원기술 실증	58.5	90	78	52.8	25.2	304.5
3-2. 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 확산 모델 수립	31.5	7.2	24	7.2	6	75.9
3-3. 플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(안) 제안	13.5	7.2	21.6	6	6	54.3
합계	103.5	104.4	123.6	66	37.2	434.7

제2절 소요예산 산정

- 구성기술별 최소 연구단위인 세부구성기술 과제를 수행하는데 소요되는 필요비용을 산정함. 이를 토대로 구성기술과 총괄과제의 연구비를 산정하여 총 사업 예산 규모를 산출함
 - 인건비 작성: 세부기술의 연구활동별/연차별 투입인원수, 참여기간, 참여율 등 인건비를 산정하며, 인건비 단가는 기획재정부 예정가격작성기준의 '2021년 학술연구용역인건비 기준 단가'의 책임연구원, 연구원, 연구보조원의 평균금액인 의 책임연구원급을 참고하여 월 3,500천원으로 산정
 - 연구시설/장비비: 해당연구에 사용할 수 있는 기기·장비로 본 과제에서는 인공지능 알고리즘 분석과 빅데이터 자료 구축과 관련된 하드웨어 소요 비용을 바탕으로 작성
 - 연구재료비: 연구분석에 소요되는 재료구입비로 본 과제에서는 데이터 구입비용이 해당
 - 연구활동비: 출장비, 회의비 등으로 인건비 총액의 50% 이내로 산정
 - 기타경비 및 간접비는 연구수당과 간접비로 인건비, 연구시설/장비비, 연구재료비, 연구활동비 합계 20%로 계상
- 과제별 예산은 정부출연금과 민간의 기업부담금을 합하여 연구성과 달성을 위해 필요한 소요 예산을 작성함
 - 정부출연금 외 연구비는 기업이 출자하는 금액, 지자체 등 공공기관이 출자하는 금액, 국외 공동연구시 매칭되는 연구비를 모두 합하여 반영됨
- 인건비와 직접비는 각 세부구성기술과제 단위별 연구내용, 연구 성과물을 기초로 예산을 산출하고, 과제별 최종성과물 도출과 기술개발로드맵을 고려하여 예산을 배분함

1. 전체사업 소요예산

- 전체사업 소요예산은 총 연구비 기준으로 21,000백만원으로 산정됨
- 구성기술1은 4,894백만원, 구성기술2는 9,890백만원, 구성기술3은 6,216백만원

표 5-11. 전체 비목별 소요예산 (단위: 백만원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
인건비	1,193	1,406	1,839	785	534	5,757
연구시설/장비비	900	1,450	2,350	2,000	900	7,600
연구재료비	50	250	275	175	100	850
연구활동비	698	809	1,044	451	303	3,305
기타경비 및 간접비	559	785	1,092	689	363	3,488
합계	3,400	4,700	6,600	4,100	2,200	21,000

2. 구성기술별 소요예산

가. 구성기술1. 탄소공간지도 구축기술

- 데이터 구축, 알고리즘 개발, 기술 고도화를 위한 인건비 중심의 예산으로 구성하였으며, 연구 분석을 위한 일부 재료비(데이터 구입비), 연구시설 장비비로 기본적인 분석하드웨어 계상

표 5-12. 구성기술1 비목별 소요예산 (단위: 백만원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
인건비	176	340	588	189	163	1,456
연구시설/장비비	200	400	400	300	200	1,500
연구재료비	50	200	150	0	0	400
연구활동비	88	170	294	94	81	727
기타경비 및 간접비	99	223	283	117	89	811
합계	613	1,333	1,715	700	533	4,894

나. 구성기술2. 탄소중립도시 계획수립 지원기술

- 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼을 개발하기 위한 인력구성, 연구시설/장비비, 데이터 구입비가 많이 투입됨

표 5-13. 구성기술2 비목별 소요예산 (단위: 백만원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
인건비	655	701	819	365	241	2,781
연구시설/장비비	450	550	1200	1200	200	3,600
연구재료비	0	0	50	100	50	200
연구활동비	391	420	491	219	144	1,667
기타경비 및 간접비	291	335	509	382	125	1,642
합계	1,789	2,006	3,069	2,266	760	9,890

다. 구성기술3. 탄소중립 도시계획 수립기술 확산모델

- 실증 및 운영을 수행하는 기술로, 지자체의 실증모니터링을 위한 용역비, 데이터 구입비로 관련 연구비, 연구시설/장비비, 연구활동비(경비)에 반영

표 5-14. 구성기술3 비목별 소요예산 (단위: 백만원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
인건비	362	365	432	231	130	1,520
연구시설/장비비	250	500	750	500	500	2,500
연구재료비	0	50	75	75	50	250
연구활동비	217	219	259	138	78	911
기타경비 및 간접비	169	227	300	190	149	1,035
합계	998	1,361	1,816	1,134	907	6,216

제3절 예산적정성 검토

1. 연구기간의 적정성

- 5년으로 설정된 연구기간은 본 연구가 실증사업이 포함된 점, 도시계획수립이라는 실증연구의 특수성을 고려하여 예산을 작성하였음
- 일반적으로 연구단급 과제의 연구기간은 5년으로 설정하여 연구기획 및 설계단계(1년), 연구시행 및 실증 등 성과도출 시작(2년), 성과물 완성 및 고도화(1년), 성과확산 및 활용방안 연구(1년)로 구분되며 이를 고려하였음

2. 인력투입의 적정성

- 각 구성기술의 세부구성기술(공동연구)은 서비스 플랫폼을 구축하는 과제(최대 15인)를 제외하고 최소 평균 5~7인으로 구성되었음
- 또한 참여율을 50%를 최대로 가정하였기에 실제 투입되는 전담 인력은 2~3인으로 산정할 수 있음
- 전체 인력은 구성기술1보다 구성기술2와 구성기술3이 높게 설계되었는데, 그 이유는 구성기술2의 경우 전체 연구단의 연구성과를 종합하여 성과물을 도출하는 부분이며, 구성기술3은 실증을 통해 성과를 확산시키는 연구목적에 달성하기 위해 다수의 연구진을 투입하는 것으로 산정하였음

3. 예산구성의 적정성

- 인건비는 투입된 인력에 근거하여 산정된 것(참여율 50%, 연구책임자, 참여연구진 2~5인 규모)로 적정한 수준이며, 각 세부별 시설/장비비, 재료비 등이 근거에 맞게 구축되었음(예산계상 기준 참고)
- 실증 사업을 담당하는 구성기술3의 연구시설/장비비와 재료비가 연평균 7억 이상을 계상한 것은 실증사업을 용역발주의 방식으로 검증하기 위한 것으로 일반적인 도시기본계획 용역사업의 계약금액, 20~30억의 30%이하 수준임
- 예산 구성에서는 신규 연구장비 구입을 위한 예산투입보다는 기존 연구시설의 활용을 우선적으로 고려하도록 하고, 신규 구축예산을 최소화하는 방향으로 작성하였음



(공 백)

제6장 과제공모 방안

제1절 과제제안 요구서(RFP)

연구과제명	탄소공간지도기반 계획지원 기술 개발
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탄소공간지도 기반 공간계획지원 플랫폼 개발을 통한 국토 및 도시분야 탄소중립 지원 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> - (탄소공간지도 구축기술 고도화) 도시공간의 탄소배출과 흡수량을 지도화하기 위한 데이터 모델, 진단지표 등 탄소공간지도 요소 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> ※ 탄소공간지도의 공간해상도는 최소 10m(격자)수준으로 향상 (재정사업 격자수준: 1km) - (계획수립 지원기술) 탄소배출이 저감 되는 도시공간구조 설정, 탄소중립 도시계획 수립 지원, 감축이행 모니터링 지원이 가능한 공간계획지원 플랫폼 개발 <ul style="list-style-type: none"> ※ 플랫폼 활용을 통해 탄소중립 도시계획 수립을 위한 기초조사 기간 단축(탄소중립 부문 기초조사정보 즉시참조로 소요기간 25% 단축) 및 시뮬레이션 설명력 80% 이상 확보 - (실증 및 확산모델) 탄소공간지도 기반 공간계획지원 플랫폼 실증 적용과 운영을 통한 법제도 개선안 및 활성화 방안 제시 <ul style="list-style-type: none"> ※ 실증도시에 성과물 적용을 통해 기술 검증
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	<p data-bbox="244 1339 422 1429">□ 연구개발 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 「2050 탄소중립 시나리오('21.10)」 발표 및 지지체 탄소중립 의무* 강화, 지방분권 추세 등에 따라 지역주도의 탄소중립** 추진 필요 <ul style="list-style-type: none"> * 탄소중립기본법('22.3 시행) : 광역·기초지자체의 탄소중립기본계획 수립·시행 의무 등 ** (해외사례) ① 프랑스: 장기저탄소전략에 도시계획·개발 가이드라인 제공('20) ② 영국 Cambridge : 지역단위 온실가스 배출통계 산정 및 감축목표 제시('21) ○ 그러나, 기존 온실가스 통계*는 배출원** 중심으로 작성되어 개별지역의 공간단위 감축계획 수립시 활용 어려움 <ul style="list-style-type: none"> * 현재 온실가스 인벤토리는 광역지자체 단위로 제공, 수집~공표 시점간 2년 시차 발생 ** 에너지(건물 및 수송 등), 산업, 농업, 폐기물 등(국제기준에 따라 매년 산출) ○ 배출원별 기술개발에는 중점적으로 투자하고 있으나 공간단위(지역·도시) 및 지자체 단위의 대응 미흡* <ul style="list-style-type: none"> * 건물·수송·농축수산·폐기물 등 배출원 중심 기존 자료로는 도시형태, 토지이용, 도로망과 같은 공간 특성이 반영된 배출저감 효과분석 어려움

- 도시군기본계획 수립 지침 개정('21.12)으로 지자체는 도시군기본계획 수립 시 온실가스 감축목표 설정 및 감축계획 수립 등 탄소중립도시 조성계획 마련 필요
 - 現 온실가스 통계 기반 공간정책 및 계획수립에는 한계가 있으므로 공간 정책 수립을 지원하기 위한 별도의 시스템 구축과 활용 기반 마련 필요
 - 국토교통부에서 구축한 '탄소공간지도 시스템'*의 고도화와 도시계획 활용 기반 구축 필요
- * 2023년 상반기 구축 완료되는 시스템으로 본 연구의 고도화 대상임

□ 기술동향

- (탄소중립 계획지원 기술) 탄소중립도시계획과 정책수립을 지원하기 위한 지원도구 개발과 활용
 - (미국) 다양한 공간기반 계획지원시스템(INDEX, I-PLACE3S, Envision Tommorrow, AECOM SSIM 등)을 개발하여 탄소저감 도시계획에 활용
 - (영국) 케임브리지市에서는 온실가스 인벤토리를 구축하여 탄소관리 계획('21-26) 수립
 - (일본) 도시구조·교통정책 실시에 따른 탄소 감축 효과를 간편하게 진단·평가하는 저탄소 공간분석 툴인 CREST*를 개발·보급

* CO₂ Reduction Effect Simulation Tool로 탄소공간지도 기반 도시계획수립지원
- (국외 탄소공간지도 기술) 미국, 영국, 일본 등은 2000년대 초반부터 탄소공간지도를 제작하고 공간계획수립에 적극 활용
 - (미국) 국토 전역을 대상으로 탄소배출량 산정·지도화('20~, NASA, DOE 지원)하고 지역·부문별 배출특성을 분석, 정책 활용하는 벌칸프로젝트 시행
 - (영국) 공급자(배출원)와 사용자(전력, 가스 등)를 통합한 공간기반 온실가스 인벤토리를 작성하여 국가 기반시설 입지배분 및 투자계획에 활용
 - (일본) 도로교통센서스 기종점조사(OD) 자료로 차량의 탄소배출량을 추계하는 방법을 개발하고 이를 지도화하여 공개

* '15년 가정/세대/시정촌별 탄소배출량을 산정하여 추가공개
- (국내 탄소공간지도 기술) 일부 국내 지자체*에서 건물에너지 사용량 통계 기반의 공간단위 탄소배출 시각화 및 모니터링
 - 온실가스 배출량을 관리하고 있으나, 건물분야에 국한되고 있으며 수송 및 흡수원 고려에 한계

* 서울시 온실가스 모니터링 시스템, 광주시 우리동네 온실가스 정보센터

- 에너지, 산업, 수송, 건물 등 부문별 탄소 배출원(공급자) 중심의 산정, 국토·도시단위에서 활용 가능한 공간단위 탄소배출과 흡수정보 부족*
- * IPCC 제5차평가보고서 WG3(2014)에서 탄소배출 데이터와 과학적 이해 부족 지적

3. 연구개발내용

□ (구성기술 1) 탄소공간지도 구축기술* 고도화

* 2023년 상반기 구축 완료되는 시스템으로 본 연구의 고도화 대상임

○ 탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델 개발

- 건물, 수송, 토지이용(흡수원), 토지용도별 탄소배출량과 흡수량 산정 모델(수식) 개발
 - * 건물 에너지 사용량, 수송부문 도로 교통량, 산림의 임상도를 이용한 탄소배출과 흡수량 산정방법론 보다 고도화된 데이터 모델 제시 (예: 건물 단위 식별이 가능한 수준의 데이터 구축 방안, 수송부문 도로 교통량 추정 모델 고도화 등)
 - ** 기존 목록식 온실가스 인벤토리와 차별화되는 공간단위(주거·상업·공업·녹지지역, 관리지역, 농림지역 자연보전지역 등) 인벤토리 구축 방안 개발

- 탄소공간지도 고도화에 필요한 데이터* 확보방안 수립

- * 데이터는 향후 공공에서의 활용성을 고려하여 공공데이터를 중심으로 확보하고 민간데이터는 검증용을 위한 용도로 사용
 - ※ 탄소공간지도 구축범위는 전국단위이며, 최소 10m 수준의 격자단위, 행정구역과 용도지역을 기준으로 지도표출, 시계열 정보 조회 가능

- 클라우드소싱 및 마이데이터* 기반 탄소공간지도 혁신기술 개발

- * 개인정보보호법을 준수하여 공개동의된 개인 활동정보(에너지 사용, 이동 등)를 빅데이터로 구축하여 활용

구분		기존시스템	본사업
해상도	격자	최소 100m 격자	최소 10m 격자
	건물	격자로 표현	격자, 건물형태 표현
	수송	격자로 표현	격자, 도로선형 표현
	흡수원	격자로 표현	격자, 흡수원 경계 표현
활용 정보	건물	건물에너지 사용량정보 이용	지구단위 특성정보 추가 반영, 시뮬레이션 활용을 위한 변수 추가
	수송	주요도로망 단위 교통량(차종/유종/속도) 정보 이용, 배출환산계수 적용	상세도로망까지 교통량 정밀산정 + 신교통수단 변수 추가, 민간데이터 활용 검증
	흡수원	임상도(산림청)와 배출계수를 이용하여 산림지 흡수량 산정	도심 정주지(공원녹지) 부문 포함하여 산정
인벤토리	행정구역, 용도지역별 배출량 정보 확인 가능	주·상·공·녹 등 용도지역을 반영한 공간 단위 인벤토리 작성 가능	

○ 탄소공간지도 기반 탄소중립 진단지표 개발

- 탄소공간지도 정보를 활용하여 탄소중립 수준을 판단할 수 있는 진단 지표* 개발

* 개발된 지표(예: 탄소중립도, 탄소배출강도 등)는 탄소중립도시계획 수립에 활용

○ 탄소공간지도 운용 및 서비스모델 개발

- 탄소공간지도를 활용한 서비스 모델* 개발 및 구현

* 대시민 정보 제공, 전국단위 탄소배출·흡수량 모니터링 대취보드 기능 등

※ 탄소공간지도는 '탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼'내 하위 요소로 구성하여 분석기능이 연동하여 작동될 수 있도록 설계

□ (구성기술 2) 탄소중립도시 계획수립 지원기술

○ 공간구조변화 기반 탄소배출 시뮬레이션 기술 개발

- 도시공간구조*에 따른 탄소배출량 변화 시뮬레이션 기술 개발

* 다핵-단핵, 압축-확산도시, 토지이용배분 등

○ 탄소배출저감을 위한 계획지원 기술 개발

- 탄소중립 도시계획 수립을 지원하기 위한 탄소중립 계획요소별* 지원 기술 개발

* 도시군기본계획수립지침 및 도시개발업무지침 상 탄소중립 계획요소(공간구조 및 생활권 설정, 도시계획시설 배치, 교통계획 등)를 반영한 적정 토지수요(흡수원 포함) 예측, 입지 배치 및 평가기술

※ 도로망계획, 공원녹지 조성, 신재생에너지 도입 수준(입지, 규모) 등 탄소배출과 흡수효과를 예측하여 도시계획수립과정에서의 의사결정을 지원할 수 있는 기술을 개발하고 이를 시스템으로 구현

- 도시 내 개발사업에 대한 탄소배출 및 저감 효과 산정 기술 개발

* 개발사업의 탄소배출 및 흡수, 탄소배출 유발효과 등을 종합적으로 고려하여 사업 전후의 영향을 비교할 수 있는 시뮬레이션 모델 개발

- 지자체 탄소중립목표 감축이행에서 공간단위 계획의 기여도를 평가하고 진단할 수 있는 모니터링* 기술 개발

* 지자체 온실가스 감축 목표 설정 지원 및 감축량 모니터링 및 분석 기술 포함

○ 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축 기술 개발

- 탄소공간지도 연계, 도시공간구조 시뮬레이션 기술, 계획지원 기술을 포함하는 탄소중립도시계획 수립을 지원하는 플랫폼(SW) 개발

※ 국토교통R&D '빅데이터기반 인공지능 도시계획기술 개발(R&D)' 및 '온실가스 저감을 위한 국토도시공간계획 및 관리기술 개발' 사업의 성과물과 연계 가능한 플랫폼으로 구축

□ (구성기술 3) 탄소중립도시 계획수립 기술 확산모델

- 탄소중립도시 계획수립 지원기술 실증
 - 실증도시 선정*, 실증적용 일정, 성과 검증방법론 수립
 - 실증 지자체 대상 연구성과물 적용 및 검증
 - * 실증도시의 선정은 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원과 협의하여 진행
- 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 확산 모델 수립
 - 탄소공간지도와 공간계획지원 플랫폼 활용을 전국 지자체로 확산하기 위한 모델 개발
 - * 스마트도시 데이터허브, 국토이용정보체계 등과의 연계방안 검토
 - 기술개발 종료 후 구체적인 활용방안* 수립
 - * 운영기관 조건, 유지보수 방식, 시스템 고도화 로드맵 등
 - 국외 수요처 조사 및 해외진출을 비롯한 시장 확산 전략 제시
- 플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(안) 개발
 - 기술개발 및 실증결과를 바탕으로 기존 도시계획수립지침을 비롯한 탄소중립도시계획 관련 법제도/정책 개정안을 마련하여 제도화 지원
 - 탄소중립도시 실현을 위한 특화제도* 시행 방안 제시
 - * 예: 탄소배출관리집중구역 및 탄소중립도시 지정요건 마련 등
 - * 기술개발성과를 바탕으로 관련 지침 개정안 마련

4. 연구개발 추진방법

- 추진전략
 - 핵심 연구개발성과의 연차별 목표 및 성능 수준 등 제시
 - 핵심 연구개발성과 제시 및 그에 따른 연차별 목표를 수립하고, 그에 적합한 연차별 세부 추진전략 및 일정계획, 핵심성과 로드맵을 제시할 것
 - * 기술개발 대상과 범위, 탄소중립도시계획 수립절차 범위/수준, 탄소공간지도의 정확도와 정밀도 향상, 탄소중립도시계획 의사결정지원 수준, 계획수립 생산성 향상 범위/수준을 제시하고, 이를 달성하기 위한 목표, 성과로드맵 등을 제시
 - 단계별, 연차별 달성목표(마일스톤)를 구체적으로 제시하고 성과평가 방법을 명시할 것
 - * 참고 2의 성과물 구성도(예시)를 참조하여 성과물을 제시하고, 달성목표, 성과 연계방안, 성과평가방법 등을 제시
 - 연구개발목표는 정량적으로 제시
 - * 예) 기존 대비 00% 비용절감, 00% 수준의 성능 향상, 00까지 00% 보급 등
 - 연구개발내용, 개발기술, 성과물 간 연계가 표출되도록 기술개발·성

과로드맵 및 연차별 성과 평가지표(안) 제시

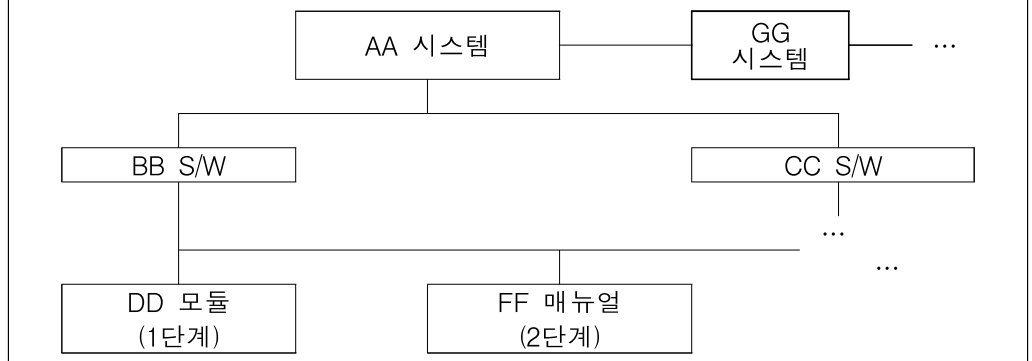
- ※ 단계별/연차별 성과 평가 지표(안)는 향후 단계 평가 시 참고 예정
- ※ 참고 1의 성과물 구성도를 참조하여 1차년도부터 5차년도까지 구성기술들의 연구개발내용, 연구개발기술, 성과물 간 연계 등에 통합적이고 세부적인 연구개발 추진 계획을 수립하여 제시
- 기존에 수행되었거나 국내외에서 현재 수행 중인 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구개발계획에 포함시켜 추진
 - 타 부처 영역과 중복 우려가 있는 연구개발내용에 대해서는 부처 간의 협력방안 또는 연계, 공동 활용방안 등을 제시
- 정부 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축
 - 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보
 - 관련 정부부처 및 전문기관과 협의 수행
 - 관련 업계 전문가로 구성된 포럼 등을 구성하여 요구조건 파악
- 기술의 객관성 및 실효성 확보를 위하여 검증시험 등을 수행. 평가단을 구성하여, 공정하고 신뢰성이 있는 결과 도출
- 연구개발성과물을 연구개발계획서에 구체적으로 제시
 - 연구개발내용 및 성과물은 1단계, 2단계로 구분하여 제시
 - 수요자 중심으로 연구성과물 활용방안 제시
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 객관적 방안 제시
 - 연구개발성과의 보급으로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급효과 및 산출근거 제시
- ※ 제시한 성과지표가 부족하다고 판단될 경우, 협약시 조정(추가) 될 수 있음
- 연구개발성과 도출의 기간, 예산, 적정성을 고려하여 주어진 조건 내에서 구체적인 실증 계획(실증 추진체계, 대상지 선정, 실증규모, 소요예산 및 일정 등) 및 방안을 연구개발계획서에 제시
 - 효과적인 실증을 위해 과제 추진 시 탄소중립도시계획 수립 수요가 있는 지자체를 선정하여 개발기술을 적용하는 것으로 계획
- ※ 시범적용 도시는 연구과제 원수 이후 선정 예정이며, 개발기술 실증은 국토교통부, 전문기관과 협의에 따라 향후 변동 될 수 있음
- 실증사업을 통한 기술검증, 기술운영모델, 기술생태계 조성 및 관련 제도(안)의 개발을 위해 정부, 지자체, 학계 및 민간이 참여하는 실증

체계 구성

- 탄소공간지도와 공간계획지원플랫폼을 활용할 수 있도록 성과검증체계 등 제시

- 과제제안 요구서 중 ‘참고’ 사항은 과제제안에 참고하는 내용이며, 필요시 기술개발의 목표와 내용에 부합하는 기술개념을 수정하여 제시할 수 있음

[참고 1] 성과물 구성도 예시



- 추진체계
 - 주관연구개발기관은 과제 시작시점부터 종료까지 동일기관이 연구를 수행하여야 함
 - 컨소시엄 구성 시 과도한 기관 수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양할 것
 - ※ 연구기관 구성 시 합리적으로 구성하여야 하며 연구내용 및 역할이 중복된다고 판단되면 선정평가 및 협약체결 시 조정될 수 있음
 - 관련 기술 및 기준 등에 대한 전문가 자문단을 구성·활용하여 연구개발의 기술·정책적 보완사항 확인 및 반영
 - 관계부처 및 업계 간 유기적 협의체계 구축을 통한 의견수렴 및 교류 활성화
 - 연구진의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고 필요
 - 산·학·연 간의 긴밀한 협력, 기술공급자와 수요자 간의 긴밀한 협력을 통한 수요 지향적 기술개발 및 수행체계 구축 필요(지속적인 기술 동향 조사 및 수요 조사 등)
 - 본 연구개발과제는 주관연구개발기관, 공동연구개발기관으로 편성된 컨소시엄 공모로 진행
 - 주관연구개발기관이 전체 사업을 총괄할 컨소시엄을 구성하여 전체 사업을 책임지고 진행하며, 주관연구개발기관 연구책임자는 총괄연구개발



- 과제 책임자로 공동연구개발기관과의 구체적인 연계전략 제시 필요
- 공동연구개발기관은 주관연구개발기관과 협의하여 연구계획 수립
- 플랫폼 구축을 전담 수행하는 전문 기업(SI: 시스템 통합)을 지정하여 효율적인 성과물 구축체계를 마련

5. 최종 연구개발성과물

□ (구성기술 1) 탄소공간지도 구축기술 고도화

- 탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델
 - 탄소공간지도에 적용되는 공간단위별 탄소배출량과 흡수량 산정 모델(지침)
 - 탄소공간지도 기반 토지이용별 인벤토리 구축 방법론(지침, S/W)
 - 탄소공간지도 고도화에 필요한 데이터 확보·관리 지침
- 탄소공간지도 기반 탄소중립 진단지표
 - 탄소공간지도 기반 탄소중립 수준 진단지표 설명서
 - ※ 도시계획수립 과정에서의 실증결과를 바탕으로 활용사례를 포함
 - ※ 법·제도내 진단지표 반영 2건 이상
- 탄소공간지도 운용기술 및 서비스모델
 - 탄소공간지도를 활용한 서비스 모델(S/W)
 - ※ 서비스모델은 탄소공간지도 시스템 내에 기능으로 구현

□ (구성기술 2) 탄소중립도시 계획수립 지원기술

- 공간구조변화 기반 탄소배출 시뮬레이션 기술
 - 도시공간구조 변화 기반 탄소배출 시뮬레이션 모델(알고리즘, SW)
 - ※ 시뮬레이션 설명력 80% 이상 확보
- 탄소배출저감을 위한 계획지원 기술
 - 탄소중립 도시계획 수립 지원 모듈(알고리즘, SW)
 - 개발사업에 따른 탄소배출 시뮬레이션 모듈(알고리즘, SW)
 - 지자체 탄소중립목표 감축이행 모니터링 모듈(S/W)
- 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축 기술
 - 탄소중립도시계획 수립지원 플랫폼(S/W)
 - ※ 구축되는 플랫폼(시스템)은 공인기관에서 발급되는 검증확인서 및 수요처 대상으로 활용 적합도와 만족도 조사 결과 제출

□ (구성기술 3) 탄소중립 도시계획 수립기술 확산모델

- 탄소중립도시계획 수립지원기술 실증
 - 지자체 실증적용 보고서
 - 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 운영 모델
 - 공간계획지원 플랫폼 운영 방안(보고서)
 - 공간계획지원 플랫폼 확산보급 방안(보고서)
 - 플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(안)
 - 탄소공간지도 및 공간계획수립지원 플랫폼 활용과 확산을 위한 법제도/정책(안)
- ※ 도시군기본계획수립지침 등 국토도시계획분야 관련 지침 개정안 마련, 법제도화 2건 이상을 성과지표로 반영

[참고 : 성과물 개념]

- ※ 동 사업 성과물 유형 정의
- DB : 목표 시스템 및 정보 서비스 구현을 위해 공유 또는 공동 활용, 그리고 정보 생애주기(생성->수정->관리->폐기)에 따른 관리가 필요한 각종 정보들의 모음(또는 데이터 셋의 모음)
 - 알고리즘 : 단일 목적 함수(문제)를 해결하기 위해 개발된 수학적·전산학적 방법을 구성하고 이를 전산 프로그램으로 구현하기 위한 일련의 체계화된 절차나 프로그램
 - 모형/모델 : 알고리즘에 비해 상대적으로 복잡한 문제를 해결하기 위해 기존에 알려진 다수의 전산학적 방법이나 알고리즘을 효과적으로 재구성한 소프트웨어
 - 모듈 : 전체 목표 시스템에 포함되어 연동되거나, 독립적인 하나의 단위 기능을 수행할 수 있는 구성 요소
(예시 : 2D/3D 가시화 모듈, 외부 시스템연계 API 모듈, 사용자 관리 모듈, DB 관리 모듈 혹은 상위 시스템(또는 소프트웨어)에 종속되어 운영되는 Plug-in, Add-on, Code 형태로 개발된 기능구현 요소(프로그램))
 - 시스템 : 대상 업무 프로세스(체계, 조직, 제도 등)를 전산적으로 구현하기 위해 필요한 DB, 알고리즘, 모듈 등을 정해진 정보구조와 규칙 하에서 작동(상호작용, 상호연계)할 수 있도록 구성한 전산학적 체계
 - 플랫폼 : 신규 시스템, 모듈 등을 통합하여 구축할 수 있는 전산학적 체계와 인적자원, 자원 등을 통합한 운영체계

6. 활용방안 및 파급효과

- 활용방안
 - (탄소중립도시계획수립) 탄소중립도시 실현을 위한 탄소중립도시계획 수립 수요가 있는 지자체에서 기술 활용
 - 지자체 탄소중립도시계획수립 일정, 개발사업지구 추진일정, 도시계획 관련 기존 시스템과 연계 필요
 - (활용처) 국토교통부, 지자체 탄소중립 도시계획 담당, 도시계획 및 탄소중립계획 수립 엔지니어링사 등에서 활용
 - (실용화 조건) 개발기술을 지자체의 탄소중립도시계획 수립에 시범 적용 및 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 관련 제도 개선(안) 마련



기대효과

기술적 효과

- 세계 최초 탄소공간지도 기반 국토·도시 공간계획체계 구축
- 스마트시티 데이터허브, 국토이용정보체계 등 선행 기술개발을 통해 구축된 데이터의 활용성 및 연계성 확보
- 탄소중립도시계획수립을 위한 도시 진단과 평가에 소요되는 시간 단축
- 탄소중립도시계획의 품질 상향 및 기술 평준화
- 공간단위 계획수립지원에 따른 탄소배출량 예측기술로 탄소중립 달성

경제적 효과

- 공간단위 시뮬레이션을 통한 탄소중립 공간정책의 매몰 비용 최소화
- 탄소중립도시 계획 및 정책지원 모듈을 통한 의사결정 지원
- 지역(공간)별 특성 및 여건에 최적화된 탄소중립도시 공간계획을 통한 2050 중장기 탄소중립 이행 기반 구축

정책적 효과

- 국토·도시계획 분야 탄소중립추진 로드맵 기여
- 중앙정부와 지자체의 협업에 의한 탄소중립정책효과 극대화

7. 연구개발기간 및 연구개발비

총 연구개발기간 : 2023.04 ~ 2027.12 (4년 9개월)

1단계

- 1차년도 연구개발기간 : 2023.04.~2023.12. (9개월)
- 2차년도 연구개발기간 : 2024.01.~2024.12. (12개월)
- 3차년도 연구개발기간 : 2025.01.~2025.12. (12개월)

2단계

- 4차년도 연구개발기간 : 2026.01.~2026.12. (12개월)
- 5차년도 연구개발기간 : 2027.01.~2027.12. (12개월)

총 정부지원연구개발비 : 21,000백만원 이내

1년차 정부지원연구개발비 : 3,400백만원 이내

- ※ 정부지원연구개발비는 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
- ※ 영리기관 참여시 기관부담연구개발비는 연차별로 「국가연구개발혁신법 시행령」 [별표 1]을 따르되, 의무 사항은 아님

8. 기 타

본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임

- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 연구개발목표 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 연구개발내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
- 필요시 공모된 연구개발과제명 외에 연구개발목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구개발과제명으로 수정하여 제안할 수 있음
- 기 수행하였거나 현재 수행 중인 유사 연구개발과제와 연구개발내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
 - ※ www.kaia.re.kr, <http://www.ntis.go.kr>의 유사과제목록 참조
 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행 중인 연구개발과제의 결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구개발계획에 포함
 - 제안된 연구개발내용이 타 유사 연구개발과제와 연구개발방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
 - ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
- 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 과제별 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시
- 연구개발계획서에 구성기술 간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
 - ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 연구개발일정과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적인 방안을 제시해야 함
 - ※ 연구개발과제선정 후 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 연구개발과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구개발기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관연구개발기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 추진할 과제의 기술성숙도(TRL) 범위를 설정 및 제안하고 전문기관 및 연구개발과제 컨소시엄과 협의하여 확정
- 국토교통과학기술 연구개발사업의 성과로 구축된 12개 대형 실험시설 적극 활용

제2절 연구단계별 평가기준(안)

1. 평가항목

- 본 과제의 선정평가를 위한 항목은 크게 ①연구개발 계획의 적정성, ②추진 전략의 우수성, ③연구성과의 실증, ④연구단의 평가로 구분
 - 세부 평가 항목은 연구개발의 목표, 연구개발의 내용, 연구수행체계의 적정성 및 전문성 활용 계획의 적절성 개발기술의 실용성 및 실증방안 연구단 및 연구책임자의 전문성 연구과제 관리 및 운영 능력으로 구성
 - 총점은, 100점임. 단, 총점의 60% 미만인 제안기관은 탈락 처리함

표 6-2. 평가항목 및 배점

구분	평가 항목	세부 평가 항목	배점
연구개발 계획 적정성 (30)	연구개발 목표 (10점)	최종목표 및 연차별 달성목표의 명확성·구체성	5
		성과지표 설정의 명확성 및 적정성 - 연차별 성과목표의 적절성 - 연차별 예상성과의 구체성 및 타당성	5
	연구개발내용 (20점)	RFP와의 적합성	5
		과제목표달성을 위한 세부과제 구성 및 내용의 구체성	5
		연구개발내용의 완성도 및 실현가능성	5
		연차별 연구내용의 차별성 및 창의성	5
추진전략 우수성 (35)	연구수행체계 적정성 및 전문성 (20점)	연구수행체계 적정성 및 연구진 전문성	5
		연구추진 전략의 구체성 및 타당성	5
		연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성	5
		연구기간 및 연구개발비 집행계획의 적절성	5
	활용 계획의 적정성 (15점)	연구성과 활용계획 - 연구성과 활용방안의 적절성 및 구체성 - 연구성과의 사회 경제적 파급효과	10
		개발기술의 실용성 및 사업성	5
연구성과 실증 (25)	개발기술의 실용성 및 실증방안 (25점)	연구내용 및 연구성과의 실현 가능성	20
		연구성과의 적용 및 활용계획	5
연구단 평가 (10)	연구책임자의 전문성 및 관리능력 (10점)	연구전문성 및 해당분야 실적	5
		연구과제 관리 및 운영 능력	5
소 계			100

- 평가항목과 함께 과제제안요구서(RFP)에 대한 부합성, 중복성, 보안등급 분류의 적정성 평가를 통해 과제 수행 제안기관에 대한 평가를 수행

표 6-3. 부합성, 중복성, 보안등급 분류 적정성 평가

부합성 평가	평가위원 과반수이상이 연구개발계획서가 과제제안요구서(RFP)와 부합되지 않는다고 판정 시 탈락 조치
중복성 평가	평가위원 과반수이상이 기 수행되었거나, 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정 시 탈락 조치
보안등급 분류 적정성 평가	보안등급 분류의 적정성을 검토하고, 그 결과를 반영하여 보안등급 결정 (*관련 공동규정 제24조 제5항 제2호, 제23조 제2항 제4호)

※ 기준항목 세부평가항목 포함 및 배점 기준이 달라질 수 있음

- 평가점수의 산정 방법은 아래와 같이 진행할 수 있음
 - 평가위원회별 평가위원의 평가점수 중 최고점수와 최저점수를 부여한 각 평가위원 1인의 점수를 제외한 나머지 평가점수의 합을 산술평균하여 평가점수를 산정하는 것을 원칙으로 함
 - 가점 및 감점은 평가위원회 평가점수에 부여하여, 종합평가점수로 산정함. 단, 평가위원회 평가점수가 60점 미만인 경우, 가점 및 감점 부여 없이 '탈락' 처리함
 - 종합평가점수가 가장 높은 기관을 과제수행기관으로 산정함. 종합평가점수가 동점일 경우, ①평가위원회 평가점수가 높은 순, ②총 연구개발비에 대한 신청기관의 기업부담금 현금 부담비율이 높은 순으로 선정함

2. 평가점수의 가점 및 감점 기준

- 「국토교통 연구개발사업 관리지침」제 17조(가점 및 감점기준)에 따라 과제 선정평가 시 평가점수의 $\pm 5\%$ 를 넘지 않는 범위 내에서 가점 및 감점을 부여함
- 가점 및 감점은 평가위원회 개최 전까지 제출된 자료를 근거로 평가위원회의 종합평가점수에 합산하되, 60점 미만인 기관에 대하여는 부여하지 않음

3. 평가단계별 검토 필수사항

가. 단계(중간)평가

- 단계(중간)평가 시에는 최종성과물의 완성도를 높이기 위하여 연구단계별 성과물의 유기적 연계와 연구기관들 간의 생산적 협업체계 유지 여부를 중점적으로 평가
 - 매 년차와 단계에서 도출되는 성과물의 질적인 성과와 활동도, 성공가능성을 평가
 - 각 세부별로 정의된 성과유형에 맞추어 세부 항목을 검토함
 - 특히 구성기술 3의 경우 실증연구를 수행해야 하기 때문에 실증 성과에 대한 평가를 시행함

표 6-4. 단계(중간)평가 검토항목 (실적부문)

평가기준	평가항목	평가지표	배점
충실성 (10점)	연구개발 수행과정	• 성과도출을 위한 과제관리 및 예산집행의 적정성	10
효과성 (90점)	연구개발 성과	• 당해연도 핵심연구성과의 질적 달성 정도 * “당해연도 성과점검기준표” 활용 계획 대비 달성 정도 판단	40
		• 당해연도 핵심연구성과의 양적 달성 정도 * “당해연도 성과점검기준표” 활용 계획 대비 달성 정도 판단	15
		• 기존 기술과의 차별성 및 우수성 확보 여부 * 실증연구를 통한 우수성 검증 및 기존 기술과의 차별성 확보 수준	5
		• 핵심연구성과 설정의 타당성 및 명확성 * 세부과제별 착안사항 및 성과유형에 따른 착안사항 참고	5
		• 연구성과물의 기술적/경제적 우수성 * 세부과제별 착안사항 및 성과유형에 따른 착안사항 참고	5
		• 최종 성과목표 달성을 연구기관들간의 생산적 협업체계 * 성과물간 연계, 기관간 협력내용	10
	• 산업현장 적용, 사업화/실용화, 제도개선 및 정책지원 등 연구성과물의 활용가능성 및 구체성	10	
계			100

- 다음단계 계획에 대한 검토는 당초 수립된 연구개발목표가 관련 환경변화를 고려하여 적정한가 여부(수정 변경될 필요성에 대한 검토여부 포함) 필수
- 계획에 대한 내용은 점수화가 아닌 평가위원별 의견을 제시하고, 해당 의견에 대해서 연구진이 보완하는 방식으로 진행

표 6-5. 단계(중간)평가 검토항목 (계획부문)

항목	검토사항
계획의 적정성 (위원별 의견)	• 최종목표 대비 차년도 추진계획의 적합성
	• 연구개발성과 활용방안(실용화·사업화 등)의 적정성
	• 목표달성을 위한 성과목표/지표의 적정성(성과점검기준표) - 질적성과 목표치/지표/측정방법 - 양적성과 목표치
	• 관련 환경 변화의 반영 여부
	• 연구내용 대비 연구기간, 기관구성, 인력투입 계획 등의 적합성
	• 차년도 신청연구비 및 비목별·기관별 예산 배분의 적정성 - 인건비 - 연구장비/재료비(시작품 제작비), 연구활동비 및 연구과제 추진비 - 위탁연구개발비
	• 실적 평가 결과에 따른 차년도 계획의 수정·보완 의견/대책 등
	• 차년도 주요 변경사항(연구내용, 연구개발비 계상 등)의 적정성

표 6-6. 성과유형별 평가 착안사항

성과유형	착안사항	성과예시
공법/기법	• 기존 공법·기법과의 차별성 및 우수성	시공방법, 설계기법 등
	• 공법·기법의 유형분석 및 해석 방법의 우수성	
	• 중간성과를 바탕으로 한 최종성과물의 활용가능성 (현장적용에 의한 비용절감, 사업화, 실용화, 제도개선, 정책반영 등 성과특성을 고려한 활용가능성)	
재료/자재	• 개발되는 재료·자재의 성능적 우수성	콘크리트 등
	• 환경, 경제성 등 경쟁력 측면에서 개발되는 재료·자재의 대체재로서의 적합성	
	• 중간성과를 바탕으로 한 최종 성과물의 성능평가를 위한 신뢰성 확보 방법의 타당성	
소프트웨어	• 동일 목적을 가진 기존 S/W 대비 모의정확도, 신뢰도, 사용용이성, 현장 적용 용이성, 신속성 등 해당 S/W의 우수성	설계 프로그램, DB 등
	• 연구목표 달성 및 성과 활용을 위하여 필요한 최적 성능 설정 및 성능 구현 여부	
장비/장치	• 장비·장치의 요소기술 및 구조체의 해석/설계 방법의 우수성	기계, 로봇, 부품 등
	• 장비·장치 시제품(프로토타입)의 경제성 및 시공의 용이성	
	• 기존의 장비/장치, 설비, 도구 등을 대체하거나 발전시킬 수 있는 새로운 구조, 작동원리, 알고리즘 등을 적용한 대체물을 제시	
시스템	• 중간성과를 바탕으로 한 최종성과물의 활용가능성 (현장적용에 의한 비용절감, 사업화, 실용화, 제도개선, 정책반영 등 성과특성을 고려한 활용가능성)	공조, 제어 등 시스템
	• 다양한 장치와 소프트웨어 등을 결합하여 일체로 활용하기 위한 통합적 시스템 개념의 명확성, 구체성	
	• 시스템 활용처(현장) 수요의 반영 여부	
정책/제도	• 다양한 요소기술의 집합체로서의 통일된 운영체계의 우수성 및 기능 표출의 구체성, 사용 용이성	법령, 지침, 시공기준 등
	• 기술의 정책 반영, 정책의 기술 반영 등 요구사항 정의의 명확성	
	• 정책/제도 개선(안)의 명확성, 구체성	
	• 중간성과를 바탕으로 한 최종성과물인 정책/제도 개선안의 정책 반영을 위한 추진전략의 구체성 (기관협조, 의견수렴, 공청회 등)	

나. 최종평가

- 최종성과물의 활용성을 극대화하기 위하여 최종성과물 활용처별 필요사항 의견 수렴 여부와 지속적인 유지관리를 위한 전략적 방향 수립이 체계적으로 마련되었는지 중점평가

표 6-7. 최종평가 검토항목

평가기준	평가항목	평가지표	배점
총실성 (20점)	연구개발 수행관리	• 성과도출을 위한 과제관리 및 예산집행의 적정성	10
	연구개발 수행과정	• RFP 및 연구개발계획서 대비 연구수행 여부	10
효과성 (80점)	연구개발 성과	• 핵심연구성과의 질적 달성 정도 * 전체 연구기간을 대상으로 계획 대비 달성 정도 판단	30
		• 핵심연구성과의 양적 달성 정도 * 전체 연구기간을 대상으로 계획 대비 달성 정도 판단	15
		• 연구종료 이후 연구개발성과의 활용 및 유지관리계획 * 실증대상지 운영 및 서비스 플랫폼의 중장기적 운영관리계획	10
		• 연구성과물의 기술적/경제적 우수성 * 세부과제별 착안사항 및 성과유형에 따른 착안사항 참고	5
		• 산업현장 적용, 사업화/실용화, 제도개선 및 정책지원 등 연구성과물의 활용가능성 및 구체성	20
계			100

제3절 전략계획서

본 전략계획서는 본 사업 추진시 향후 중간평가의 기준이 될 사업의 중간평가시기, 성과목표, 성과지표를 수립한 내용으로 국가연구개발사업 전략계획서 양식으로 작성되었음

1. 사업개요

가. 사업명

사업명	단위사업	탄소공간지도 기반 계획지원 기술 개발
	세부사업	탄소공간지도 기반 계획지원 기술 개발
	내역사업	-

나. 사업목적

사업목적	탄소공간지도 구축기술을 고도화하여 탄소중립도시계획 수립을 지원할 수 있는 기술개발 및 실증
------	--

다. 사업추진경위

추진 근거	법적 근거	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국토교통과학기술 육성법 <ul style="list-style-type: none"> - 제8조(연구개발사업의 추진) ① 국토교통부장관은 종합계획을 효율적으로 추진하기 위하여 국토교통과학기술 연구개발사업(이하 “연구개발사업” 이라 한다)을 할 수 있다. ○ 건설기술 진흥법 <ul style="list-style-type: none"> - 제7조(건설기술 연구·개발 사업) ① 국토교통부장관은 건설기술을 향상시키고 기본계획을 효율적으로 추진하기 위하여 대통령령으로 정하는 기관 또는 단체와 협약을 체결하여 건설기술 발전에 필요한 건설기술 연구·개발 사업을 할 수 있다. ○ 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(약칭: 탄소중립기본법) <ul style="list-style-type: none"> - 제29조(탄소중립 도시의 지정 등) ① 국가와 지방자치단체는 탄소중립 관련 계획 및 기술을 적극 활용하여 탄소중립을 공간적으로 구현하는 도시(이하 “탄소중립도시”라 한다)를 조성하기 위한 정책을 수립·시행하여야 한다.
	상위계획	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제4차 과학기술기본계획 <ul style="list-style-type: none"> - 중점추진과제: 4차산업혁명 대응기반 강화, 과학기술 기반 일자리 창출 강화 등 - 기후변화 및 신기후체제 대응으로 지속가능성 확보 (탄소중립도시의 구현) ○ 제1차 국토교통과학기술연구개발 종합계획 <ul style="list-style-type: none"> - 4차 산업혁명 대응 혁신성장동력 육성 관련 실천과제 ‘디지털 기반 국토정보 기술 고도화’, ‘융합기술을 통한 건설 지능화 실현’을 위해 지능형 도시계획 수립기술 개발

라. 사업 현황

사업구분	계속사업 <input type="checkbox"/> 기한사업 <input checked="" type="checkbox"/>		
사업추진방식	상향식 <input type="checkbox"/> 혼합식 <input type="checkbox"/> 하향식 <input checked="" type="checkbox"/>		
사업유형	중장기산업기술개발		
다부처 여부	다부처 <input type="checkbox"/>	참여부처 (다부처사업)	국토교통부
사업기간	'23년~'27년	총사업비	210억원
사업규모	연구단	지원대상	정부출연연구원, 공공기관, 기업, 대학 등
지원형태	직접수행	지원조건	기업부담금 매칭
사업시행주체	국토교통부(국토교통과학기술진흥원)		
예비타당성 통과여부	예타통과(사업타당성 평가 포함) <input type="checkbox"/>		

마. 사업추진체계 및 전략

사업수행주체	○ 추진주체 간 역할분담	
	수행주체	역할 세부내용
	국토교통부	○ 사업추진성과 지자체 확산 및 법제도화
	국토교통과학기술진흥원	○ 연구개발사업 운영 및 성과관리
	연구기관	○ 연구개발업무 수행
사업추진전략	추진전략	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ R&D사업기획을 통한 연구수행 내용 구체화 ○ 연구단급 수행체계 구성을 통한 기술개발, 현장실증, 사업화를 위한 종합연구지원체계 구축 ○ 실증을 통한 연구개발성과의 확산기반 구축 	
R&D 전주기 사업관리 계획		
	<ul style="list-style-type: none"> ○ (기획) WBS기반의 연구기획을 통한 연구개발 수행 내용 구체화 ○ (선정) 산-학-연 체계, 목적달성 최적 연구단 구성 및 선정 ○ (수행) 연구개발-모의실증-실증-사업화추진 단계의 연구개발 수행 ○ (평가) 과제 수행후 3년차 중간평가지행, 공공부분 적용성을 중심으로 성과 평가 	
위험요인 및 극복방안	위험요인	극복방안
	실증대상도시와의 실증범위 협의과정	법정도시계획 일부를 연구개발과정을 통해 수립하여 제공
	데이터 구축 및 활용시 개인정보 침해 우려	데이터 비식별조치를 통해 법규정을 준수하는 범위에서 연구개발 수행
	도시계획의 업무특성상 단기간의 시장 규모 확대 어려움	법정 도시계획수립의 필수 업무로 반영하여 엔지니어링 업역 확대
수혜자	정부부처(국토교통부 도시정책과 등), 각급 지자체 도시계획수립 부서, 도시계획 수립 엔지니어링 업체	

바. 사업기대효과

과학기술적 기대효과	탄소공간지도를 통한 국토·도시단위 정부 및 지자체 온실가스 감축 목표 및 이행 상황 점검을 위한 지원 기술 확보
사회경제적 기대효과	지역(공간)별 특성 및 여건에 최적화된 탄소중립도시 공간계획을 통한 2050 중장기 탄소중립 이행 기반 구축

사. 사업 내용

예산 규모	〈2023년도 신규사업〉						(백만원)
	구분		2023년도 예산	2024년도 예산	2025년도 예산	2026년도 예산	2027년도 예산
	탄소공간지도 기반 계획지원 기술 개발	총 예산 21,000	3,400	4,700	6,600	4,100	2,200
세부내용	○ 내역사업별로 세부 연구개발·활동 내용 작성						
	내역사업	주요 내용					
	탄소공간지도 기반 계획지원 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탄소공간지도 구축기술 고도화 <ul style="list-style-type: none"> - 탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델 개발 - 탄소공간지도 기반 탄소중립 진단지표 개발 - 탄소공간지도 운용기술 및 서비스모델 개발 ○ 탄소중립도시 계획수립 지원기술 <ul style="list-style-type: none"> - 공간구조변화 기반 탄소배출 시뮬레이션 기술 개발 - 탄소배출저감을 위한 계획수립지원 기술 개발 - 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축 기술 개발 ○ 탄소중립 도시계획 수립기술 확산모델 <ul style="list-style-type: none"> - 탄소중립도시계획 수립지원기술 실증 - 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 확산 모델 수립 - 플랫폼 활용을 위한 법 제도/정책(안) 개발 					
연차별 추진내용(로드맵)							
	연도	연차목표	핵심목표 및 내용				
	2023년도	탄소공간지도 기반 도시계획 기술 개발 기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> - 탄소배출·흡수량 산정 데이터 모델 개발 - 도시공간구조 변화 탄소배출량 연계 기본모델 설계 - 탄소중립도시 계획지원 실증도시 선정 기준 마련 				
	2024년도	탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> - 탄소공간지도 기반 탄소중립 진단지표 개발 - 도시공간구조 변화 및 탄소배출저감 수단별 시뮬레이션 기술 개발 - 탄소중립도시 실증 도시 선정 				
	2025년도	탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 고도화	<ul style="list-style-type: none"> - 탄소공간지도 시스템 종합 운용기술 개발 - 탄소중립 도시계획 수립지원 및 모니터링 기술 개발 - 탄소공간지도 서비스 모델 적용 및 서비스 확산 대상 조사 				
	2026년도	탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 실증	<ul style="list-style-type: none"> - 탄소중립 진단기술 시스템화 및 탄소공간지도 활용 서비스 모듈 개발 - 탄소중립 도시정책 시뮬레이션 및 모니터링 기술 모듈화 - 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 사업화 계획 수립 				
	2027년도	탄소중립 도시계획 수립기술 확산모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 클라우드 소싱 및 마이데이터 기반 탄소공간지도 혁신기술 개발 - 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축 및 기술 고도화 - 플랫폼 활용을 위한 법제도/정책(안) 제안 				



2. 단계별 성과목표 및 지표

가. 전략목표

전략목표	탄소공간지도 기반 공간계획지원 플랫폼 개발을 통한 국토 및 도시 분야 탄소중립 정책 지원
------	---

나. 1단계 성과목표 및 지표

1) 단계별 성과목표

단계(평가주기)	1단계	기간	2023 ~ 2025년			
단계별 성과목표						관련 내역사업명
성과목표-1	탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축기술 개발	가중치	1.0	설정 근거	2단계 목표 달성을 위한 성과물 도출 수준 평가 필요	
성과목표-2		가중치		설정 근거		

2) 성과지표

단계별 성과목표명	가중치	성과지표명	단위	구분	실적 및 목표치			지표 유형	질적 지표	성과지표 설정 사유
				연도	2023	2024	2025			
성과 목표-1 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축기술 개발	1.0	(논문) 표준화된 영향력 지수	-	목표	30	50	60	결과	√	탄소공간지도 및 도시계획 시뮬레이션 기술 관련 알고리즘 개발 수준에 대한 검증 필요
			건	실적						
		탄소공간지도 활용 및 운용 기술 확보(중)	건	목표	-	3	3	결과	√	실증 수행을 위한 연구성과 기반의 탄소공간지도 서비스 운영 및 활용 기술(소프트웨어)과 관련한 모듈 개발 역량 확보 필요
			건	실적						
		탄소중립 도시계획 수립 기술 확보(중)	건	목표	-	1	1	결과	√	실증 수행을 위한 연구성과 기반의 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼(소프트웨어)과 관련한 모듈 개발 역량 확보 필요
			건	실적						
계										

3) 성과지표의 목표치 및 측정방법

성과지표명	목표치 설정방법 및 근거	측정산식 및 방법, 시기	자료 출처
(논문) 표준화된 영향력 지수	<ul style="list-style-type: none"> ○ 학술지 게재 논문을 단순히 양적으로 평가하는 것이 아니라 SCI(E)논문의 순위보정 영향력지수값을 근거로 논문의 질적 우수성을 평가하는 지표임 ○ 도전적인 목표치 설정을 위해 도시계획분야 연구사업 평균치의 110% 값으로 설정함 	<p>[측정산식]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ $\sum (\text{SCI(E)논문 순위보정영향력 지수}) / \text{SCI(E)논문 건수}$ <p>[측정시기 및 방법]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 측정 방법 : NTIS에서 검증된 SCI(E)논문을 대상으로 순위보정영향력지수값 확인 후 측정 ○ 측정 시기 <ul style="list-style-type: none"> - NTIS 검증 완료시점 	·국가과학기술지식정보서비스 (NTIS)
탄소공간지도 활용 및 운용 기술 확보(중)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 서비스 구축 및 작동여부를 확인할 수 있는 지표를 설정 ○ 연구사업의 주요 개발 성과물을 확인할 수 있는 SW개발 건수를 정량적으로 평가할 수 있는 기술적 성과지표임 ○ 외부 공인기관에 등록된 SW 결과물로 한정 ○ 사업추진계획을 반영하여 연구성과를 실증하기 위해서는 1단계에서 최소 3건(기초조사, 서비스 지원 플랫폼, 아카이빙 및 모니터링 시스템)의 소프트웨어 등록이 필요함 	<p>[측정산식]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ $\text{SW등록건수} = \sum(\text{소프트웨어 등록건수})$ <p>[측정시기 및 방법]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (측정대상 기간) 협약 당해연도 1월1일부터 12월31일 까지 저작권위원회 등록 완료 및 국토교통 R&D 사업관리 시스템에 업로드한 실적 ○ 측정 시기: 당해연도 말 국토교통 R&D 사업관리 시스템에서 검증 완료된 연구성과를 기준으로 성과 산출 ○ 측정 방법: 9대 성과물 관리·유통 전담기관(SW : 한국저작권위원회) 및 국토교통 R&D 사업관리 시스템에서 SW 등록 실적 확인한 후 측정 ○ 인정기준 : 9대 성과물 관리·유통 전담기관 (SW : 국저작권위원회의 증빙(등록증 등)) 	·국가과학기술지식정보서비스 (NTIS) ·국토교통R&D사업관리시스템 ·한국저작권위원회 등록 결과물
탄소중립도시계획 수립 기술 확보(중)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 서비스 구축 및 작동여부를 확인할 수 있는 지표를 설정 ○ 연구사업의 주요 개발 성과물을 확인할 수 있는 SW개발 건수를 정량적으로 평가할 수 있는 기술적 성과지표임 ○ 탄소중립과 관련된 모듈에 대해서 확인하는 것으로 1단계에서는 2차년도부터 1개 이상의 SW등록이 필요 	<p>[측정산식]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ $\text{SW등록건수} = \sum(\text{소프트웨어 등록건수})$ <p>[측정시기 및 방법]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (측정대상 기간) 협약 당해연도 1월1일부터 12월31일 까지 저작권위원회 등록 완료 및 국토교통 R&D 사업관리 시스템에 업로드한 실적 ○ 측정 시기: 당해연도 말 국토교통 R&D 사업관리 시스템에서 검증 완료된 연구성과를 기준으로 성과 산출 ○ 측정 방법: 9대 성과물 관리·유통 전담기관(SW : 한국저작권위원회) 및 국토교통 R&D 사업관리 시스템에서 SW 등록 실적 확인한 후 측정 ○ 인정기준 : 9대 성과물 관리·유통 전담기관 (SW : 국저작권위원회의 증빙(등록증 등)) 	·국가과학기술지식정보서비스 (NTIS) ·국토교통R&D사업관리시스템 ·한국저작권위원회 등록 결과물



다. 2단계 성과 목표 및 지표

1) 단계별 성과목표

단계(평가주기)	2단계		기간	2025 ~ 2026		
단계별 성과목표						관련 내역사업명
성과목표-1	탄소중립형 도시계획 수립을 위한 최적 인프라(법제도, 시스템 등) 구축	가중치	1.0	설정 근거	공공의 탄소중립형 도시계획수립기술 확산가능성 평가 필요	
성과목표-2		가중치		설정 근거		

2) 성과지표

단계별 성과목표명	가중치	성과지표명	단위	구분	실적 및 목표치			지표 유형	질적 지표	성과지표 설정 사유		
				연도	2026	2027						
성과 목표-1 탄소중립형 도시계획 수립을 위한 최적 인프라(법제도, 시스템 등) 구축	1.0	(논문) 표준화된 영향력 지수	-	목표	60	70		결과	√	탄소중립도시계획 지표 설정, 배출저감 수단별 모델링 및 도시계획 지원 기술의 적정성 평가 방법론 등에 대한 검증 필요		
				실적								
		계획지표 확대 (지표수)	-	목표	3	7		결과	√		탄소중립도시계획 수립기술 적용과 보급을 위해 신규 지표를 개발하고 중앙, 지자체, 관련기관 등에 지침 등의 형태로 정책제안 및 채택을 통해 성과 확산 필요	
				실적								
		계획수립기간 단축(%)	-	목표	25	50		결과	√			기존 도시기본계획 수립방식 대비 소요 기간을 측정하여 계획수립의 효율성과 성능을 측정
				실적								
계												

3) 성과지표의 목표치 및 측정방법

성과지표명	목표치 설정방법 및 근거	측정산식 및 방법, 시기	자료 출처
(논문) 표준화된 영향력 지수	<ul style="list-style-type: none"> ○ 학술지 게재 논문을 단순히 양적으로 평가하는 것이 아니라 SCI(E)논문의 순위보정영향력지수 값을 근거로 논문의 질적 우수성을 평가하는 지표임 ○ 도전적인 목표치 설정을 위해 1단계 성과보다 매년 10씩 증가하는 것으로 설정함 	<p>[측정산식]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ $\sum (\text{SCI(E)논문 순위보정영향력 지수}) / \text{SCI(E)논문 건수}$ <p>[측정시기 및 방법]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 측정 방법 : NTIS에서 검증된 SCI(E)논문을 대상으로 순위보정영향력지수값 확인 후 측정 ○ 측정 시기 <ul style="list-style-type: none"> - NTIS 검증 완료시점 	·국가과학기술지식정보서비스(NTIS)
계획지표 확대 (지표수)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구성과로 제안한 계획지표가 실제로 법률, 법령, 고시, 훈령, 조례, 제도, 정책제안 및 가이드라인 등에 반영되어 실제로 활용되는지 여부를 평가하는 지표임 ○ 도전적인 목표치 설정을 위해 최종 지표 반영수를 10개로 설정하고 연구종료 직전 해에 3개 최종 연도에 7개를 달성하는 것으로 설정 	<p>[측정산식]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 법률, 법령, 고시, 훈령, 조례, 지침 등에 포함된 지표 수 <p>[측정시기 및 방법]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 측정방법 : 법률, 법령, 고시, 훈령, 조례, 지침 등에 반영된 지표수를 확인하여 측정 * 인정기준 : 중앙정부 법률 및 법령 제·개정, 국가계획 및 정책발표 자료, 지방정부의 조례 제·개정, 지자체 도시기본계획 및 도시관리계획, 기술표준원에서 고시한 KS규격(안), 분야별 설계·시공 지침 등을 고시하는 주관기관에서 발표한 자료 ○ 측정시기 <ul style="list-style-type: none"> -국토교통R&D사업관리시스템 검증 완료시점 -(측정대상기간) 협약 당해연도 말일까지 국토교통R&D사업관리 시스템 업로드한 실적 	·국토교통R&D사업관리시스템
계획수립기간 단축(%)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연도별 실증을 통해 기간단축 성과를 증명 ○ 단계별 실증과정을 고려하여 4차년도 25% 5차년도 50%의 기간 단축효과를 설정 	<p>[측정산식]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 실증을 통해 수립한 도시기본계획 수립기간 / 최근 3년 내 발주된 도시기본계획 용역 수립기간 평균 <p>[측정시기 및 방법]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 측정방법: <ul style="list-style-type: none"> - 도시기본계획수립 시작과 종료를 확인할 수 있는 객관적인 증빙자료를 구비하여 기간을 측정 - 관련 전문가 자문을 통해 검증 시행 - 증빙문서를 작성하여 국토교통R&D사업관리 시스템 업로드 ○ 측정시기: 실증사업 시작과 종료기간 전체에 걸쳐 측정 <ul style="list-style-type: none"> -국토교통R&D사업관리시스템 검증 완료시점 -(측정대상기간) 협약 당해연도 말일까지 국토교통R&D사업관리 시스템 업로드한 실적 	·국토교통R&D사업관리시스템



[참고] 성과목표 및 지표 총괄표

구 분	내용			
전략목표	탄소공간지도 기반 공간계획지원 플랫폼 개발을 통한 국토 및 도시 분야 탄소중립 정책 지원			
(최종) 성과목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탄소공간지도 구축기술을 고도화하여 탄소중립도시계획 수립을 지원할 수 있는 기술개발 및 실증 - 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축기술 개발 - 탄소중립형 도시계획 수립을 위한 최적 인프라(법제도, 시스템 등) 구축 			
단계별 성과목표 및 지표	1단계(22년도~24년도)			
	단계별 성과목표	가중치	성과지표	
			지표명	지표 구분
	탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축기술 개발	1.0	(논문) 표준화된 영향력 지수	질
			탄소공간지도 활용 및 운용 기술 확보(중)	질
			탄소중립 도시계획 수립 기술 확보(중)	질
	2단계(25년도~26년도)			
	단계별 성과목표	가중치	성과지표	
			지표명	지표 구분
	탄소중립형 도시계획 수립을 위한 최적 인프라(법제도, 시스템 등) 구축	1.0	(논문) 표준화된 영향력 지수	질
계획지표 확대 (지표수)			질	
계획수립기간 단축(%)			질	

3. 사업평가 계획

평가연도	평가대상 기간/ 해당 단계	평가대상 성과목표	평가 시기 설정 사유
2025	2023~2025 (총 3년)/1단계	○ 탄소중립도시 공간계획지원 플랫폼 구축기술 개발	실증사업 수행을 위한 성과를 완성단계로 실증사업 추진 전 중간평가와 점검이 필요
2027	2026~2027 (총 2년)/2단계	○ 탄소중립형 도시계획 수립을 위한 최적 인프라 (법제도, 시스템 등) 구축	연구사업 종료 단계로 연구개발 성과 전반에 대한 평가 필요

참고문헌

보고서

- 과학기술정보통신부, 2018. 「제4차 과학기술기본계획」
- 강현수, 박종순, 임은선, 안예현, 조만석, 윤은주, 이영주, 박종화, 홍나은, 2021, 국토이슈리포트 지자체 및 공간 단위 온실가스 감축 전략, 국토연구원
- 고려대학교 산학협력단, 2016, 탄소저감 도시계획시스템 개발, 국토교통과학기술진흥원
- 고려대학교, 2016, 탄소저감 도시계획 시스템 개발, 국토교통과학기술진흥원
- 과학기술정보통신부, 2018. 「제4차 과학기술기본계획」
- 관계부처 합동, 2020. 「2050 탄소중립추진전략」
- 국토교통과학기술진흥원, 2015, 2015 국토교통R&D 동향조사 총괄보고서
- 국토교통부, 2018. 「제6차 국가공간정보정책기본계획」
- 국토부, 국토교통과학기술진흥원, 2019, 2019년 국토교통 동향조사 도로교통분야
- 국토연구원, 2008, 기후변화에 대응한 지속가능한 국토관리전략(I), 국토교통과학기술진흥원
- 국토연구원, 2010, 기후변화에 대응한 지속가능한 국토관리전략(III), 국토교통과학기술진흥원
- 국토연구원, 2014, 과학적 국토계획 수립을 위한 공간지식플랫폼 구축 및 활용방안(Ⅰ), 국토연구원
- 기획재정부, 2020. 「한국판 뉴딜 종합계획 전체본」
- 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법 (약칭: 탄소중립기본법) (법률 제18469호, 2021. 9. 24. 제정)
- 김한해, 배준희, 정지연, 2018, 기술동향브리프6호 이산화탄소 포집·저장·활용 기술, KISTEP
- 녹색기술센터, 2021, 주요국 탄소중립 기술정책동향(II): 기후정상회의 이후 G7 국가 기술정책동향 분석 및 국내 정책 방향성 제언
- 대구경북연구원, 2021, 2050 대구 탄소중립 전략구상, 에너지 분야를 중심으로
- 박종순, 안예현, 윤은주, 홍나은, 2021, 탄소중립도시 실현을 위한 국토구상, 국토연구원
- 산업통상자원부, 한국에너지어링협회, 2022, 2022년 엔지니어링 통계편람
- 안예현, 윤은주, 2021, 국토이슈리포트 국토·도시차원의 탄소중립 정책 방향과 과제, 국토연구원
- 연구개발특구진흥재단, 2018, HVAC 제어 시장
- 연구개발특구진흥재단, 2018, 조명 제어 시스템 시장
- 연구개발특구진흥재단, 2018, 지능형 검침인프라 시장
- 연구개발특구진흥재단, 2021, 지능형 교통시스템 시장동향 보고서
- 전라남도 동부지역본부, 2021, 2050 전라남도탄소중립 비전 수립
- 전라북도, 2021, 제4차 전라북도 종합계획안(2021~2040)
- 충청북도, 2021, 2050 탄소중립 선언
- 탄소중립위원회, 2021. 「2050 탄소중립 시나리오」, 2050 탄소중립위원회



- 한국과학기술기획평가원, 국가연구개발사업 예비타당성조사수행 세부지침, 2020, 과학기술정보통신부
- 한국과학기술평가원, 2018, 2018년도 과학기술& ICT 정책·기술 동향 분석
- 한국산업기술진흥원, 기술평가 실무가이드, 2021, 산업통상자원부
- 한양대학교 산학협력단, 2021, 기후변화 적응형 도시열환경 설계시스템 기술 개발, 국토교통과학기술진흥원
- 화학경제연구원, 2017, 건축자재시장분석 및 전망
- (재)국제기후환경센터, 2020, 2020년 광주광역시 온실가스 배출통계 및 배출특성 연구보고서, 광주광역시
- Calthorpe Associates, 2012, Urban Footprint Technical Summary
- Carbon Capture Journal, 2017, Petra Nova project construction complete
- DASSAULT SYSTEMES, 2021, The critical role of virtual twins in accelerating sustainability
- DASSAULT SYSTEMS, 2021, Dassault Systèmes Delivers Strong 2021 Results, With Fourth Quarter Well Aligned With Guidance
- Grand View Research Inc., 2021, Urban Planning Software And Services Market Size, Share & Trends Analysis Report By Component (Software And Service), By Deployment, By End User, By Region, And Segment Forecasts, 2021 - 2028
- IEA, 2021, Net Zero By 2050 : A Roadmap for the Global Energy
- International Energy Agency, 2017, Energy Technology Perspective 2017
- Markets&Markets, 2020, Intelligent Transportation System Market
- Navigant Research, 2021, Zero-energy Buildings Market by Product, Application, and Geography -Forecast and Analysis 2021-2025, technavio
- Rhee.J., Veloso. P., 2021, "GENERATIVE DESIGN OF URBAN FABRICS USING DEEP LEARNING", CAAD RIA
- World Green Building Council, 2021, Advancing Net Zero Status Report 2021
- 国土交通省, 2014, 二酸化炭素削減効果シミュレーション・ツールについて
- 国土交通省, 2019, 二酸化炭素削減効果シミュレーション・ツールマニュアル

논문

- 박찬호, 김범석, 2013, "탄소저감 도시계획 시스템의 통합화 방안 도출 연구", 한국공간정보학회지, 21(2), 99-106
- 이희연, 2005, 도시·지역계획 수립 시에 계획지원 시스템의 활용 가능성 탐색, 환경논총, 43, 217-251
- 허재혁, 2019, "진천 친환경에너지타운 신재생융복합 기술", 한국건축친환경설비학회, 13(4), 6-12
- Liu.H., Yan.F., Tian.H., 2020, "A Vector Map of Carbon Emission Based on Point-Line-Area Carbon Emission Classified Allocation Method", Sustainability, 12(23), 1-21
- Nilsson M., Staal Westerlund D., Wahlberg O., Eriksson L.O., 2012, "Forest planning in a Swedish company - a knowledge management analysis of forest information", Silva Fennica, 46(5), 717-731

기타자료

A&A, www.aanda.co.jp

ACROS, www.greenroofs.com/projects/acros-fukuoka-prefectural-international-hall

BERKELEY LAB, buildings.lbl.gov/urban-science/tools

City energy analyst, cityenergyanalyst.com/low-carbon-scenarios

Cool Climate Network, coolclimate.org/index

DASSAULT SYSTEMES, www.3ds.com/ko/sustainability/insights/designing-disruption

Dubai, www.arabianbusiness.com

ENERGY CITIES, EU CityCalc, energy-cities.eu/project/eucitycalc

EUCALC, cityenergyanalyst.com

EUCALC, tool.european-calculator.eu/app/emissions/ghg-emissions

Grand View Research, www.grandviewresearch.com

GREENROOFS, www.greenroofs.com

Green Zone, www2.minneapolismn.gov/government/departments/coordinator/sustainability/

I-Tree, www.itreetools.or

London Cool Space Summer 2021, apps.london.gov.uk/cool-spaces

London Cool Spaces Summer 2021, apps.london.gov.uk/cool-spaces

Mitbauzentrale-muenchen, www.mitbauzentrale-muenchen.de

Motive power, www.motive-power.com

NRG, petra nova, www.nrg.com/case-studies/petra-nova.html

Nrg, www.nrg.com

SIEMENS, www.siemens.com

Statista, www.statista.com

TCM(몽샤드기술센터), tcmda.com

Technology Centre Mongstad, tcmda.com

The Interlace, www.visitsingapore.com/see-do-singapore/architecture/modern/the-interlace

The Vulcan Project, vulcan.rc.nau.edu

Urban Structure Synthesizer, jinmorhee.net/jinmorhee_3-multimedia/uss.html

Visit singapore, www.visitsingapore.com

VUCITY, www.vu.city

국토교통부, www.molit.go.kr

서울시 분야별 정보, news.seoul.go.kr



서울시 에너지정보 플랫폼, energyinfo.seoul.go.kr

서울특별시 스마트서울맵, map.seoul.go.kr

에너지정보 소통센터, www.etrans.or.kr/policy/09.php

우리동네 온실가스정보센터, woodong.or.kr

충청남도, www.chungnam.go.kr

토지이용규제정보서비스, www.luris.go.kr

한국수출입은행, www.koreaexim.go.kr

한국에너지공단, www.energy.or.kr

한국에너지공단 건물에너지서비스통합 플랫폼, best.energy.or.kr

한국환경공단, www.gihoo.or.kr

기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법 (약칭: 탄소중립기본법)(법률 제18469호, 2021. 9. 24. 제정)

이희연, 2005, 「GIS 지리정보학」, 법문사