

탄소중립도시 조성요소의 규제 샌드박스 도입 현황 및 과제

Current Status and Challenges of Regulatory Sandboxes for
Spatial Elements in Building Carbon-Neutral Cities

이은석 Lee, Eunseok
박종훈 Park, Jonghoon
지석환 Ji, Seokhwan

(a u r

일반연구보고서 2024-6

탄소중립도시 조성요소의 규제 샌드박스 도입 현황 및 과제

Current Status and Challenges of Regulatory Sandboxes for
Spatial Elements in Building Carbon-Neutral Cities

지은이	이은석, 박종훈, 지석환
펴낸곳	건축공간연구원
출판등록	제2015-41호 (등록일 '08. 2. 18.)
인쇄	2024년 12월 26일, 발행: 2024년 12월 31일
주소	세종특별자치시 가림로 143, 8층
전화	044-417-9600
팩스	044-417-9608

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

가격: 10,000원, ISBN: 979-11-5659-494-9

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

| 연구책임

이은석 연구위원

| 연구진

박종훈 부연구위원

지석환 연구원

| 연구심의위원

염철호 선임연구위원

이상민 선임연구위원

조영진 선임연구위원

김이탁 전문위원

김형규 홍익대학교 교수

최준성 충남대학교 교수

| 자문위원

길승호 강원대학교 교수

김유민 한국건설기술연구원 연구위원

김정곤 어반바이오공간연구소 소장

김태현 한국환경연구원 연구위원

문현석 서울연구원 연구위원

민현준 잘그린건축연구소 소장

박종화 국토연구원 부연구위원

박창석 한국환경연구원 선임연구위원

변나향 충북대학교 교수

손동욱 연세대학교 교수

손동화 충북대학교 교수

안예현 국토연구원 연구위원

염인섭 대전세종연구원 책임연구위원

오병철 광주기후에너지진흥원 실장

윤은주 국토연구원 부연구위원

이건원 고려대학교 교수

이순명 상명대학교 교수

이윤희 대전세종연구원 책임연구위원

이 준 한국교통연구원 연구위원

정승현 한국건설기술연구원 연구위원

조한나 한국환경연구원 연구위원

최정석 중부대학교 교수

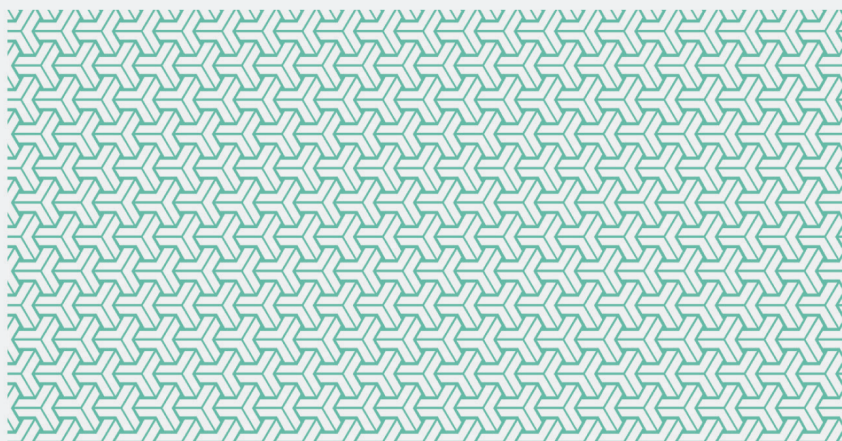
최해옥 과학기술정책연구원 연구위원

최희선 한국환경연구원 선임연구위원

한우석 국토연구원 선임연구위원

연구요약

Summary



제1장 서론

본 연구는 탄소중립 도시 조성을 위한 기술적·제도적 기반을 마련하기 위해 수행되었다. 탄소중립기본법(2021년 시행) 이후, 기존 도시에서 탄소중립 도시로의 전환을 위한 명확한 개념 및 제도적 기준이 부재한 상황에서, 이를 해결하기 위한 규제완화 및 정책적 방향성을 제시하고자 한다.

연구의 주요 목적은 다음과 같다. 첫째, 탄소중립 도시 조성에 필요한 핵심 기술을 목록화하고, 둘째, 목록화한 탄소중립도시 조성기술에 대하여 도입현황을 분석하며, 셋째, 규제 샌드박스 활용을 통해 탄소중립 도시 구현을 위한 방향성을 도출하는 것이다.

연구 범위는 크게 세 가지로 나뉜다. 시간적 범위는 2021년 탄소중립 시나리오 발표 이후부터 2050년 목표까지, 공간적 범위는 국가 및 지자체의 탄소중립 도시 관련 기술과 적용 범위, 제도적 범위는 탄소중립기본법, 녹색건축법, 지역특구법 등을 포함한 주요 관련 법령과 규제완화 제도이다.

연구 방법으로는 △탄소중립 도시 관련 기술 및 조성요소 목록화, △도시계획시설 기반 탄소중립 조성요소 분석, △지자체 사례 분석을 통한 도입현황 진단, △규제 샌드박스 활용방향 및 과제 도출이 포함된다. 이를 통해 탄소중립 도시 조성을 위한 기술 수준과 규제 여건을 분석하고, 향후 필요한 법·제도 개선 방안을 제안한다.

제2장 탄소중립 혁신기술과 탄소중립도시 조성요소 개념

본 장에서는 탄소중립 기술들을 목록화하고, 이를 기반으로 탄소중립 도시 공간 조성 및 연관된 도시계획시설을 검토하여 탄소중립도시 조성요소를 도출하였다.

탄소중립 기술 목록화를 위해서 한국형 녹색분류체계, 탄소중립 100대 요소 기술 등을 기반으로 탄소중립 기술을 조사하였으며, 탄소중립도시 정책사업과의 연관성을 분석하였다. 다음으로 「탄소중립기본법」 상의 탄소중립도시 조성정책에 근거한 「도시계획시설규칙」 상의 도시계획시설을 도출하고, 이를 탄소중립도시 조성요소 분석의 틀로 활용하였다. 탄소중립도시 조성요소로 분석된, 즉 탄소중립 기술이자 도시계획시설로도 판단된 탄소중립 기술 항목들로는 수소 공급·저장시설, 전기차 충전시설, 녹색건축물, 폐기물 재활용시설, 그린인프라 등이 포함되었다. 다만, CCUS 기술과 같은 일부 기술은 도시계획시설에서 아직 다루

지 않고 있었으며, 대부분의 도시계획시설 세부시설에 탄소중립 기술들은 해당되지 않았다. 이로써, 2장에서는 다음과 같은 시사점을 얻었다.

탄소중립도시 조성요소로서 수소저장·운송시설, 녹색건축, 폐기물 재활용시설, 탄소흡수원, 그린인프라 등의 탄소중립 기술은 이미 도시계획시설이거나 도시계획시설로서 활용될 가능성이 높았다. 그러나, 대부분의 탄소중립 기술들이 도시계획시설 세부시설에는 포함되고 있지 않아 기술 도입을 통한 공간화시 규제 특례와 같은 법적 지원이 필요할 것으로 보인다. 이런 법제도의 활용은 탄소중립 도시 조성시 지자체의 관련 사업 추진을 적극적으로 지원하는 수단이 될 것이다.

제3장 탄소중립도시 사업계획과 조성요소간 관계

본 장에서는 지자체에서 도입되고 있는 탄소중립도시 조성요소를 파악하고자 하였다. 우선 지자체 탄소중립도시 조성을 위한 사업들을 에너지, 탄소흡수 등의 온실가스 감축과 기후적응 분류로 나누어 정리하였다. 지자체 탄소중립 도시 조성을 위한 기술들은 에너지 부문이 50% 이상을 차지할 정도로 그 수가 많았으며, 탄소흡수, 폐기물, 건물·인프라 등이 그 뒤를 이어서 빈도가 높았다.

목록화된 결과를 2장의 탄소중립 도시계획시설의 틀로 분석하여 탄소중립도시 조성요소로 판단되는 지자체 탄소중립도시 조성사업들을 정리하였다. 분석한 결과, 지자체 사업들의 탄소중립도시 조성요소로서의 도입현황을 분석했을 때, 2장과는 다르게 다수의 사업들이 도시계획시설에 포함되고 있었으며, 도시계획시설의 분류 중 세부시설에도 범주가 포함될 정도로 실현가능성이 높은 것으로 나타났다. 이 결과들로 3장에서는 다음과 같은 시사점을 얻었다.

지자체 사업에서는 신기술(수소 에너지, 암모니아 기반 기술 등)의 도입이 제한적이었는데, 이는 사업의 현실성, 즉, 사업성과 안전성에 대한 불확실성 때문일 것이다. 따라서, 국가 차원의 실증 사업 및 규제특례를 통한 검증을 통해서 지자체가 활용할 수 있는 기반 마련이 필요할 것이다.

분석에서 두드러졌던 것은 지자체 사업들이 에너지 부문에 집중하고 있다는 것이었다. 이를 통해서 에너지 효율화 및 재생에너지 확대가 지자체 탄소중립 기술 도입의 핵심임을 알 수 있었다. 또한, 태양광, 풍력, 수소 등 재생에너지 활용 확대에 대한 사업들도 다수 있어 탄소중립에 있어서 에너지 부문이 가장 핵심적인 역할을 가짐을 재확인할 수 있었다.

2장에서 보았었던 탄소중립 기술의 대부분은 채택되지 않은 채, 기존 사업화된 기술 위주로 사업목록이 제시되고 있었다. 일부 신기술 도입은 규제나 안전성 우려로 제한적이었다. 그럼에도, 이들 기존 기술들은 탄소중립도시 조성요소로서 바로 현실화될 수 있다는 장점도 가지고 있었다. 그러면, 혁신기술에 대한 지자체의 기술 이해도 부족이 지적될 수 있다. 이는 향후 정보 공유 및 교육 프로그램 강화, 전문가 연계를 통한 사업고도화 등의 지원들이 지속적으로 필요하게 될 것임을 의미한다. 또 하나의 방법으로는 기존 사업과의 연계 강화를 통해서 신기술의 실증과 시범사업을 통해 사업성과 안전성 검증이 필요할 것이다. 이를 위해서 주요한 혁신기술은 국가 차원에서 실증 연구와 파일럿 프로젝트를 통해 신기술의 사업성과와 안전성을 보장해야 한다.

제4장 탄소중립도시 조성을 위한 규제 샌드박스 활용 방안 및 과제

본 장에서는 규제 샌드박스 프로그램에 포함되고 탄소중립도시 조성요소들에 대한 규제형태들을 분석함으로써 향후 규제 샌드박스를 어떻게 활용할 수 있는지에 대한 방향을 모색하였다.

규제 샌드박스에 포함된 탄소중립도시 조성요소들 중 규제가 있는 경우, 즉 구체적으로 법적 규제의 문제, 규제는 있으나 기술기준이 부재, 기술 상용화 추진 등이 주된 규제 샌드박스 활용목적이었으며, 해당 기술의 대부분이 수소와 관련되었다. 규제 샌드박스를 활용 중인 탄소중립 조성요소 중에는 해당 규제가 없는 경우, 즉, 명확한 기준 부재로 시장 진입 어려운 경우가 많았다. 여기에는 앞장에서도 도시계획시설로 아직 활용하고 있지 못하던 기술들이 다수 포함되어 있었다. 구체적으로는 전기차 배터리 재사용이나 매각, ESS 구축 및 전력 거래, CO₂ 재활용 기술 등이었다.

한편, 규제 샌드박스 이외에도 규제특례법으로 완화된 탄소중립 기술 관련 내용도 찾을 수 있었다. 구체적으로는 건축물 및 인프라 규제 완화를 위한 허가 절차 간소화, 수소 에너지 배관망 구축 및 품질검사 규제 완화를 통해 친환경 에너지 확산 지원, 교통 및 물류 시스템 개선, 자율주행차와 관련하여 임시 운행 허가 및 개인정보 규제 완화를 통해 도입 및 발전 촉진, 스마트 교통체계 및 친환경 물류 인프라를 위한 허가절차 간소화 등이 있었다.

위의 결과들에서 얻은 시사점을 탄소중립도시 조성을 위한 규제 샌드박스 활용 방향으로 아래와 같이 3단계로 정리하였다.

현재 단계는 탄소중립도시 조성을 위한 기술 개발 및 적용 과정으로서 R&D → 실증 → 상용화를 거치게 된다. 여기서 규제 샌드박스를 통해서 규제 완화 및 기준을 마련하고, 기술의 사업성 및 안전성 검토가 이루어지며, 행정 절차 간소화로 혁신기술 도입이 촉진될 수 있다.

다음 단계는 탄소중립 도시 조성사업이다. 부문별로 이루어지게 되는데, 에너지 부문에서는 재생에너지와 에너지 효율성을 중심으로 하고, 탄소흡수 부문에서는 도시 녹지 확충 및 기술적 탄소 흡수기술이 적용되며, 폐기물 부문에서는 폐기물 처리와 자원화 기술을 통해 배출을 감소시키며, 건물 및 인프라 부문에서는 지속 가능한 건축 자재와 효율적 설계, 수송 부문에서는 저탄소 교통수단 도입 및 친환경 인프라 적용, 기후적응에서는 기후 변화 대응 설계 및 그린인프라의 확대가 필요하다.

다음 단계는 탄소중립도시가 해당 효과를 충분히 발휘하는 단계이며, 도시 성격에 따라 네 가지 특화방향을 가지게 된다. 온실가스 감축 특화도시는 에너지 효율화와 산업·교통 부문 탄소 배출 감축에 중점을 두고, 탄소흡수원 확충 특화도시는 녹지와 기술적 탄소흡수원 확대가 중요하며, 기후변화 적응력 강화 도시에서는 녹색인프라로 기후변화에 대응하게 되며, 탄소순환 경제 도시에서는 자원 순환 극대화 및 탄소 순환 경제 체계를 구축 및 운영하게 된다.

규제 샌드박스를 탄소중립도시 조성에 활용하기 위해 다음과 같은 정책과제를 제안한다.

스마트도시 규제 샌드박스는 스마트 에너지 관리 시스템, 자율주행 전기차, 제로 에너지 빌딩 등 탄소중립 기술의 실증에 활용되며, 산업융합 규제 샌드박스는 탄소 포집 및 활용(CCUS), 재생에너지, 순환경제 모델 등 기술 상용화와 산업 효율화에 기여한다. 규제자유특구는 지역 특성에 맞는 맞춤형 탄소중립 기술 실증을 가능하게 하며, 주민 참여와 지역 협력을 촉진한다.

기존 제도의 한계를 보완하기 위해 탄소중립 목표에 특화된 독립적 규제 샌드박스가 필요하다. 이 제도는 재생에너지, 스마트 그리드, ESS, CCUS 등 도입 효과가 큰 기술을 우선 실증하고, 법적 특례를 통해 규제 장벽을 완화하며, 실증 데이터를 바탕으로 새로운 규제 개선안을 마련한다.

효과적인 제도 운영을 위해 부처 간 협력을 강화하고, 대중 참여와 공감대 형성을 통해 기술 수용성을 높여야 한다. 또한, 실증 사례와 성과를 전국적으로 확산해 탄소중립 목표 달성을 위한 기반을 강화할 필요가 있다.

제5장 결론

본 연구는 탄소중립도시 조성을 위한 기술이 지자체에 바로 적용되기 어려운 기술적·법제도적 현안들을 확인하고, 규제 샌드박스의 효용성과 가능성을 분석하기 위해 수행되었다. 연구 방법으로는 국가 및 지자체 차원의 탄소중립 기술을 목록화하고, 규제 샌드박스 도입 기술의 특성을 분석하며, 현재의 역할을 조명하고 방향성을 제시하였다.

국가 차원의 기술 분석에서는 요소기술과 인프라기술로 구분하여 수소, 태양광, 전기차, 그린리모델링 등 주요 기술들을 다루었으며, 탄소중립 도시는 아직 초기 단계로 규제 현황 분석과 제도적 지원이 필요하다는 시사점을 도출하였다. 지자체 차원의 기술 분석에서는 에너지 효율화와 재생에너지 기술이 중심이었으며, 국가 기술 중 일부는 지자체에 도입되지 않은 기술 격차가 확인되었다. 이를 해결하기 위해 지자체의 기술 이해도와 교육 강화, 국가 차원의 지원 및 규제특례가 요구되었다.

규제 샌드박스 분석에서는 기술 기준 부재, 법적 제약, 상용화 촉진이라는 도입 배경이 확인되었고, CCU 기술, 바이오가스화 등은 도입이 필요한 기술로 나타났다. 태양광과 신재생에너지 등 이미 성숙된 기술은 추가적인 규제 완화가 불필요한 것으로 나타났다. 규제 샌드박스를 통해 미비한 규제에 대한 기준을 마련하고 혁신 기술의 실증과 상용화를 지원하며, 요소기술과 인프라기술을 중심으로 온실가스 감축과 탄소흡수원 확충, 기후 적응력을 강화한 지속 가능한 도시 모델을 제시할 수 있다.

이 연구는 국가와 지자체의 탄소중립 기술 도입 현황과 차이를 체계적으로 분석하고 규제 샌드박스 활용 방안을 제시하며 탄소중립 도시 조성의 기술적·제도적 로드맵을 제공했다는 점에서 의의를 가진다. 다만 검토가 일부 지자체에 국한되고 지속적으로 변화하는 규제 샌드박스 기술 현황을 모두 반영하지 못한 한계가 있다.

본 연구는 탄소중립 도시를 위한 기술적 방향성을 제시하며, 특히 에너지와 탄소 흡수 부문에서 기술 도입의 촉진과 규제적 장벽 완화를 통한 신기술의 실증과 안전성 검증에 기여한다. 연구 결과는 국가와 지자체의 정책 수립 과정에서 실질적인 참고자료로 활용될 수 있으며, 탄소중립 목표 달성을 위한 기술적·제도적 기반을 마련하는 데 중요한 기여를 할 것으로 기대된다. 향후 연구는 탄소중립 도시 조성을 지원할 거버넌스 구축, 기술 안전성 및 사회적 수용성 강화, 지역별 맞춤형 기술 적용 전략 개발, 정책적 지원과 규제 완화, 지속 가능한 미래 도시 모델 개발에 초점을 맞추어야 할 것이다.

주제어

규제자유특구, 도시계획시설, 탄소중립도시 조성요소, 탄소중립기술

차례 CONTENTS

제1장 서론	1
1. 연구의 배경 및 필요성	2
2. 연구의 목적	3
3. 연구의 범위 및 방법	3
4. 연구흐름도	6
5. 선행연구와의 차별성	7
제2장 탄소중립 혁신기술과 탄소중립도시 조성요소 개념	11
1. 개요	12
2. 탄소중립도시 조성 관련 혁신기술 목록화	13
3. 도시계획시설에 따른 탄소중립도시 조성요소 도출	24
4. 소결	42
제3장 탄소중립도시 사업계획과 조성요소간 관계	45
1. 분석의 개요	46
2. 지자체 탄소중립도시 조성계획 사업현황	51
3. 탄소중립도시 사업계획 내 조성요소 도출	73
4. 소결	82
제4장 탄소중립도시 조성을 위한 규제 샌드박스 활용 방안 및 과제	85
1. 개요	86
2. 탄소중립도시 관련 현행 규제 샌드박스 운영현황	88
3. 탄소중립도시 조성을 위한 규제 샌드박스 활용범위	95
4. 탄소중립도시 조성을 위한 규제 샌드박스 활용 및 과제	103

차례 CONTENTS

제5장 결론	119
1. 연구 요약	120
2. 향후 과제	123
참고문헌	125
Summary	129
부록	129
부록1. 탄소중립도시 조성요소 분석을 위한 도시기반시설 목록	135
부록2. 탄소중립도시 요소기술	145
부록 3. 탄소중립도시 조성 연관 인프라기술	153
부록 4. 지자체 탄소중립도시 조성 기술 사업 목록	157
부록 5. 탄소중립도시 기술관련 규제현황과 규제샌드박스	175

표차례 LIST OF TABLES

[표 1-1] 연구 범위	4
[표 1-2] 주요 선행연구 및 본 연구의 차별성	8
[표 2-1] 한국형 녹색분류체계에서 제시하는 탄소중립도시 조성과 관련된 활동	13
[표 2-2] 온실가스 배출과정 개선으로 온실가스를 감축하는 설비 목록	14
[표 2-3] 한국형 탄소중립 100대 요소기술 선정(안)	15
[표 2-4] 국토교통 부문 탄소중립 개발수요 과제	18
[표 2-5] 탄소중립 선도도시 대상사업 목록	20
[표 2-6] 탄소중립 도시 계획 요소와 조성유형	22
[표 2-7] 「탄소중립기본법」상의 탄소중립도시 조성과 관련 시설을 다루고 있는 시책	27
[표 2-8] 「도시계획시설규칙」에 따른 도시계획시설 유형과 「탄소중립기본법」 상 도시 조성 연관성	33
[표 2-9] 탄소중립 혁신기술과 연계한 기반시설 중심의 탄소중립도시 조성요소	39
[표 3-1] 탄소중립 선도도시 사업에 지원한 지자체별 탄소중립도시 부문별 조성사업(1/2)	47
[표 3-2] 탄소중립 선도도시 사업에 지원한 지자체별 탄소중립도시 부문별 조성사업(2/2)	49
[표 3-3] 에너지 부문 에너지 절약 및 효율화 기술 주요 사업	52
[표 3-4] 에너지 부문 에너지 관리 관련 기술 주요 사업	53
[표 3-5] 에너지 부문 태양광 발전시설 관련 인프라기술 주요 사업	54
[표 3-6] 에너지 부문 수소 인프라기술 관련 주요 사업	55
[표 3-7] 에너지 부문 재생에너지 인프라기술 관련 주요 사업	56
[표 3-8] 에너지 부문 스마트 도시인프라 구축 관련 기술 주요 사업	57
[표 3-9] 탄소흡수 부문 재생에너지 관련 주요 사업	58
[표 3-10] 탄소흡수 부문 탄소중립도시 인프라기술 주요 사업	59
[표 3-11] 폐기물 부문 탄소중립 도시 요소기술 주요 사업	61
[표 3-12] 폐기물 부문 탄소중립 도시 인프라 기술 사업	62
[표 3-13] 건물·인프라 부문 탄소중립 도시 요소기술 사업	63
[표 3-14] 건물/인프라 부문 탄소중립 도시 인프라기술 사업	65
[표 3-15] 수송부문 탄소중립 도시 요소기술 사업	66
[표 3-16] 수송부문 탄소중립 도시 인프라 기술 사업	67

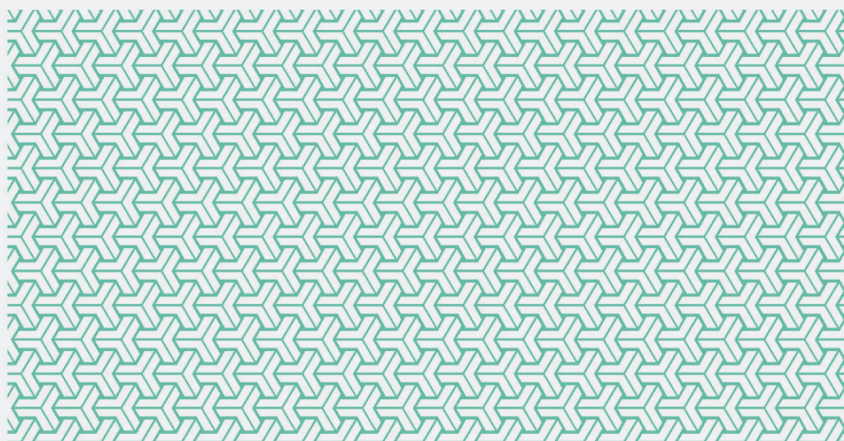
[표 3-17] 기후적응 재난안전 부문 탄소중립도시 사업	68
[표 3-18] 기후적응 기후탄력 부문 탄소중립 도시 인프라기술 사업	69
[표 3-19] 기타 부문 탄소중립 도시 요소기술 사업	70
[표 3-20] 기타 부문 탄소중립 도시 인프라기술 사업	71
[표 3-21] 기타 부문 탄소중립 도시 정책 및 제도화 주요 사업	72
[표 3-22] 지자체 탄소중립도시 사업의 탄소중립도시 조성요소 관계성 분석	76
[표 4-1] 에너지 부문 규제 샌드박스 상의 탄소중립도시 관련 기술 및 도시계획시설 여부	89
[표 4-2] 수송 부문 규제샌드박스 상의 탄소중립도시 관련 기술 및 도시계획시설 여부	91
[표 4-3] 폐기물 부문 규제 샌드박스 상의 탄소중립도시 관련 기술 및 조성요소 여부	93
[표 4-4] 기후적응 부문 규제샌드박스 상의 탄소중립도시 관련 기술 및 조성요소 여부	94
[표 4-5] 탄소중립도시와 직접적으로 연관되는 된 탄소중립도시 조성요소 현황	97
[표 4-6] 규제특례법상 탄소중립도시 관련 규제 완화 현황	99
[표 4-7] 규제샌드박스에 적용된 탄소중립도시 관련 혁신기술	102
[표 4-8] 규제 샌드박스에 포함되지 않은 탄소중립도시 연관 기술 및 조성요소	108
[부록 표 1-1] 탄소중립도시 조성요소 분석을 위한 도시기반시설 목록	136
[부록 표 2-1] 탄소중립도시 조성 연관 요소기술(264개)	146
[부록 표 3-1] 탄소중립도시 조성 연관 인프라기술(66개)	154
[부록 표 4-1] 지자체 탄소중립도시 조성 사업	158
[부록 표 5-1] 탄소중립도시 기술관련 규제현황과 규제샌드박스(2024.6.24.)	176
[부록 표 5-2] 탄소중립도시 계획관련 규제사항과 규제특례법에 따른 특례내용	188

그림차례

LIST OF FIGURES

[그림 1-1] 본 연구의 흐름도	6
[그림 2-1] 탄소중립도시 조성요소 도출을 위한 분석의 틀	12
[그림 3-1] 지자체 탄소중립도시 조성요소 도입사례 분석의 틀	46
[그림 3-2] 지자체 탄소중립 조성 사업계획 부문별 빈도	51
[그림 4-1] 규제 샌드박스 운영체계	86
[그림 4-2] 분석의 틀	87
[그림 4-3] 탄소중립도시 조성을 위한 규제 샌드박스 제도의 활용	112

제1장 서론



1. 연구의 배경 및 필요성
2. 연구의 목적
3. 연구의 범위 및 방법
4. 연구흐름도
5. 선행연구와의 차별성

1. 연구의 배경 및 필요성

□ 탄소중립 실현을 위한 융·복합적 도시공간 정책의 체계적 대응 요구 확대

「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(이하 탄소중립기본법)」 시행(’21.9.) 이후 그간 개별법에 의해 정의되던 기후변화 관련 다수 정책이 기본법으로 포괄됨에 따라 2030 NDC 달성을 위한 다 부처 도시공간 정책연구 수요와 대응 필요성 증대되었다. 그러나 기존 도시에서 탄소중립 도시로의 전환을 위한 구체적인 개념 및 기준상 제도적 공백이 존재한다. 탄소중립과 관련한 신기술 적용이 필요한 탄소중립도시 조성과정에서 어떠한 체계에 따라 유관 제도를 활용해야 할지에 대한 방향성을 뚜렷하게 잡기 어려운 실정이다.

□ 기존 도시의 규제 특례를 위한 「지역특구법 시행령」 개정안(’23.12.)에 따라 사후규제 방식 전환

「규제자유특구 및 지역특화발전 특구에 관한 규제특례법(이하 지역특구법) 시행령」 개정을 통해 현 시점에서 기술이나 방안의 혁신성이 합법적인 선을 일부 넘는 경우에 한해 실증을 위한 특례사항을 주기 위한 목적으로 다른 법령에서 형벌 등으로 금지하거나 제한하는 사항을 규제 목록으로 작성했다. 여기에 포함되지 않은 신기술은 기존 도시공간 내 규제자유특구 실증 특례의 최소 허용 규제(포지티브) 방식에서 사후규제(네거티브) 방식으로, 규제 특례를 위한 절차를 「지역특구법 시행령」에서 절차를 마련한 사항이다. 이에 해외 혁신 협력지구(클러스터)와의 협력 및 국제 공동기술개발(R&D) 등을 추진하기 위한 근거가 마련되었다.

□ 탄소중립도시 조성에 필요한 신기술 활용을 규제 없이 실증할 수 있는 지원이 필요한 시점

탄소중립도시는 기존 도시의 인프라와 건축물에 탄소중립의 효과성을 높이기 위한 신기술이 적용되는 대상이다. 탄소중립과 관련해 상당한 연구 성과들이 도출되고 있고 범용성을 갖추기 위한 실증이 필요한 시점이다. 따라서 탄소중립도시 사업을 추진하는 도시에는 규제자유특구에서 임시 허가 및 실증특례로 종료되는 탄소중립 실증사업들에 대해 성과 단절이 되지 않도록 안착화가 요구된다. 이에 탄소중립 실증을 통해 안전성이 입증된 사업들이 시장출시가 될 수 있도록 규제 법령 개선을 통해 제도화가 필요하다. 즉, 탄소중립 도시 조성에 특화된 신기술 및 혁신사업을 대상으로 한 규제완화 측면의 현행 법·제도 개선 필요성과 요구가 점차 증가할 것으로 예상된다.

2. 연구의 목적

연구의 목적은 탄소중립 도시 조성을 위해 개발된 핵심 기술과 인프라 기술을 국가 및 지자체가 제안하고 있는 탄소중립도시 계획 상 기술 현황과 비교하여 현황과 기술 수준간 격차를 파악해 규제완화 필요성 여부를 판단하는 것이다. 또한, 규제 샌드박스 제도를 통해 기술 도입에 있어 규제적 장애물을 완화하고, 탄소중립 도시 구현을 위한 정책적·제도적 방향을 고찰하는 데 있다.

이에 본 연구에서는 탄소중립 도시조성을 위해 요구되는 기술 수준을 살펴보고 향후 탄소중립도시를 조성하는데 활용될 기술의 규제여건 현황을 파악하는데 방향성을 두었다.

연구목적은 다음과 같다.

- 탄소중립도시 조성에 필요한 기술들을 목록화 한다.
- 목록화한 탄소중립도시 조성 기술들에 대하여 규제 샌드박스 도입현황을 분석한다.
- 탄소중립도시 조성을 규제 샌드박스 활용을 위한 방향 및 정책과제를 제시한다.

3. 연구의 범위 및 방법

1) 연구 범위

□ 탄소중립도시와 연관된 기술범위

2021년 탄소중립 시나리오 이후 발표된 정책문서 중 탄소중립과 관련하여 한국 녹색분류체계 및 탄소중립 100대 혁신기술, 국토교통 탄소중립 로드맵에서 제시하는 기술에서 탄소중립도시와 연관되는 기술들을 분류하고자 한다.

또한, 탄소중립도시와 관련하여 탄소중립 선도도시 등의 국가사업에서 제시하는 기술, 지자체 탄소중립도시 추진사례를 통해서 도출된 기술들을 분석의 범위로 하였다.

□ 「탄소중립기본법」, 「녹색건축법」 「지역특구법」 등 탄소중립도시 관련 법률 「탄소중립기본법」 제29조 탄소중립도시 지정 법제화에 따라 탄소중립도시 조성에 대한 법적 기반(건물, 수송, 기반시설 조성 등) 내 기존 탄소배출기반 도시 정책의 규제사항을 포함하고 있다. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률(이하, 국토계획법)」 탄소중립 건축 및 도시 조성과 관련하여 지자체에서 제정할 수 있는 자치조례 사항과 「지역특구법」에서 다루고 있는 주요 탄소중립도시 관련 내용도 검토하고자 한다.

□ 현행 규제특례와 규제 샌드박스 제도

탄소중립도시 조성을 위한 기술 도입 현황분석을 위해서 규제자유특구 내 규제 특례, 규제 신속 확인 특례, 실증을 위한 특례 및 임시허가 특례 등의 규제 샌드박스 제도 사항을 검토하고자 한다.

[표 1-1] 연구 범위

구분	주요내용
시간적 범위	• 2021년~탄소중립시나리오 발표 이후 • 2050년 탄소중립 목표년도
공간적 범위	• 국가 차원의 탄소중립 도시 조성에 필요한 기술과 적용범위 • 14개 지자체가 계획한 탄소중립도시 사업 상의 기술과 적용범위
제도적 범위	• 탄소중립기본법, 녹색건축법, 지역특구법의 탄소중립도시 지정 이하 온실가스 감축 관련 조항과 연계된 하위 법률 • 탄소중립도시의 계획, 관련기술의 적용과 연관된 건축법, 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 등 공간조성 관련 유관 법령 • 규제 완화를 위한 규제자유특구 및 규제 샌드박스 제도

출처 : 연구진 작성

2) 연구 방법

□ 탄소중립도시 관련 혁신기술 목록화

탄소중립도시 조성을 위하여 요구되는 탄소중립 기술들을 조사하고 목록화 하며, 온실가스 감축에 해당하는 에너지, 수송, 건물, 폐기물 등의 부문으로 분류 하고, 기후적응에 해당하는 탄소흡수, 재난안전 등의 부문으로 한다.

□ 탄소중립도시 조성요소 개념 정의와 도시계획시설의 활용

탄소중립도시의 조성 방향과 방식의 범위를 설정하기 위해 탄소중립도시 조성요소의 개념을 정의하고, 이를 탄소중립도시 조성을 위한 도입현황 분석의 틀로 활용하고자 한다. 탄소중립도시 조성요소는 「탄소중립기본법」을 근거로 하고, 탄소중립도시 조성에 적용될 기반시설을 「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」에 따른 도시계획시설의 구체적인 세부내용을 활용하고자 한다.

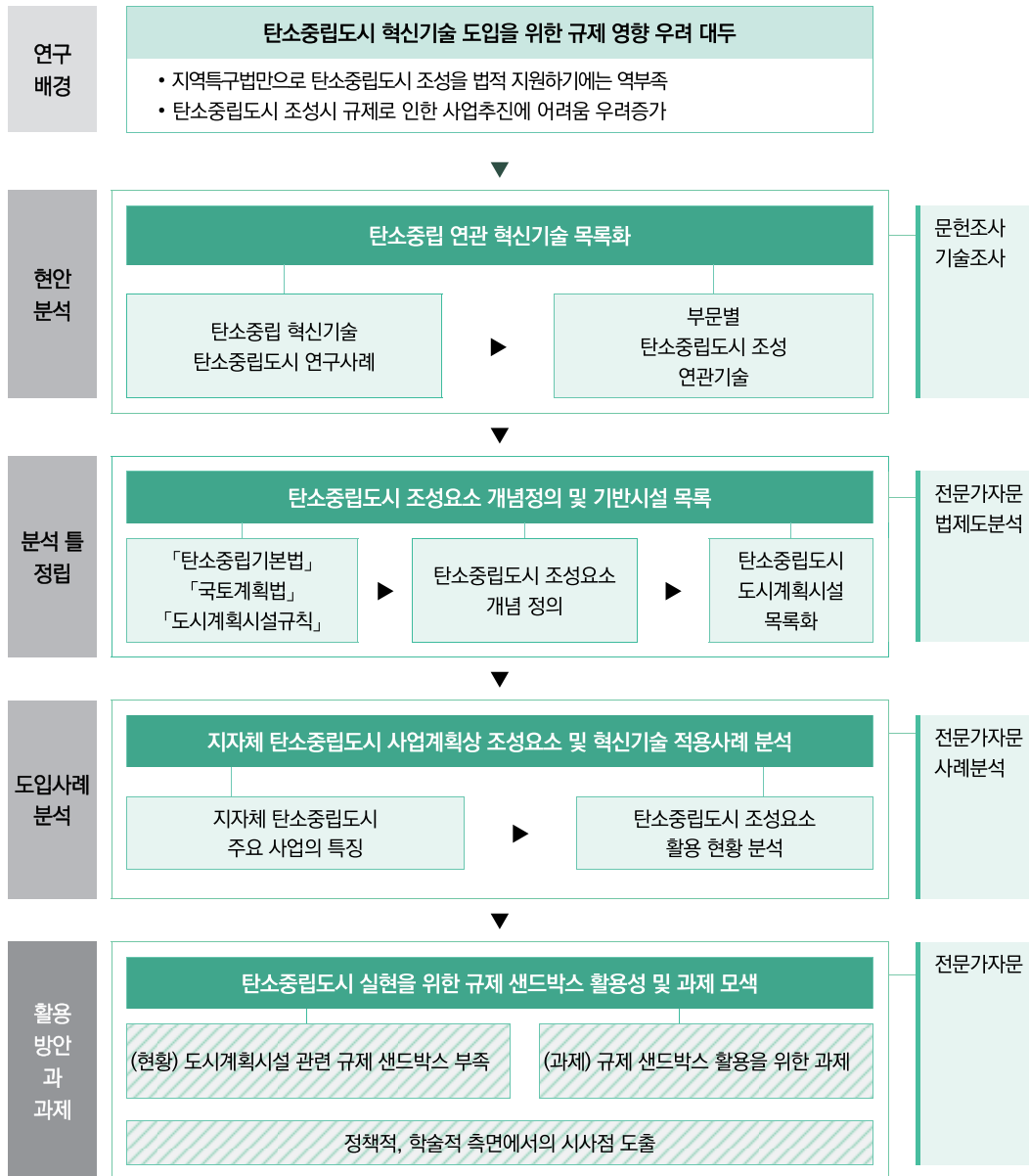
□ 탄소중립도시 사업계획에 활용되고 있는 탄소중립도시 조성요소 도입사례 분석

현재까지 환경부가 진행해 온 탄소중립도시 관련 시범사업에 제출된 지자체의 계획안을 바탕으로 각 사업계획들이 제안한 탄소중립도시 조성요소들을 분석함으로써 도입 현황을 진단하고 향후 탄소중립도시의 지향점을 확인하고자 한다.

□ 탄소중립도시 실현을 위한 규제 샌드박스 활용성 파악과 과제 모색

규제 샌드박스 및 규제특례 제도에서 활용되고 있는 탄소중립 관련 혁신기술들을 탄소중립도시 조성요소의 틀에서 분석하여 현재 규제 샌드박스의 활용현황을 파악하고, 향후 관련 제도들을 활용함에 있어서 요구되는 방향과 과제들을 모색하고자 한다.

4. 연구흐름도



[그림 1-1] 본 연구의 흐름도

출처: 연구진 작성

5. 선행연구와의 차별성

1) 선행연구 검토결과

- 혁신기술 실증이 단일법이 아닌 주요 유관부처별로 산재된 개별법에 따라 현행 법제도 측면에서 접근한 연구가 다수

신재생 에너지 기술, 저탄소 신기술 등의 혁신기술 실증사업이 「행정규제기본법」을 필두로 하여 「산업융합촉진법」, 「정보통신융합법」, 「금융혁신법」, 「스마트도시법」, 「연구개발특구법」 등에 규제 샌드박스를 포함하고 있는 개별 법령에 따라 연구가 진행되었다. 기존 개정된 제도에 의한 규제 적용으로 새로운 목적과 대상에 대한 정합성에 대해 지적하고 있었다. 선행 연구들에서는 확립화된 규제 구분으로 신기술 및 신사업 시장의 성장을 저해하는 등 근본적인 한계점이 존재하였다.

- 탄소중립도시 관련 기술들에 초점을 맞추어 탄소중립도시 조성시 기술도입이 가능한지에 대한 연구는 부재

규제 샌드박스 제도를 도입하고, 고도화하기 위한 방안들에 관련된 연구들에서 일부 규제자유특구와 같이 도시개념을 끌어들이어 규제개선 방안을 제시하고 있다. 그러나, 탄소중립도시 조성과 같이 도시 공간단위에서 건축물, 도로, 산업단지 등의 구성요소가 통합된 형태로 연구된 사례는 없었다.

2) 본 연구의 차별성

- 탄소중립도시 조성요소를 도시계획시설의 틀로 제시하고, 규제 샌드박스 등의 제도를 통한 실현성 제고 방향을 제시

- 탄소중립도시 조성에 필요한 공간점유 기술들을 중심으로 관련 탄소중립 기술들을 분석하여 목록화한다.
- 「지역특구법」을 기반으로 한 규제특례와 규제 샌드박스 제도의 실증특례 등을 탄소중립도시 조성요소의 규제개선을 위한 도구로 활용하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

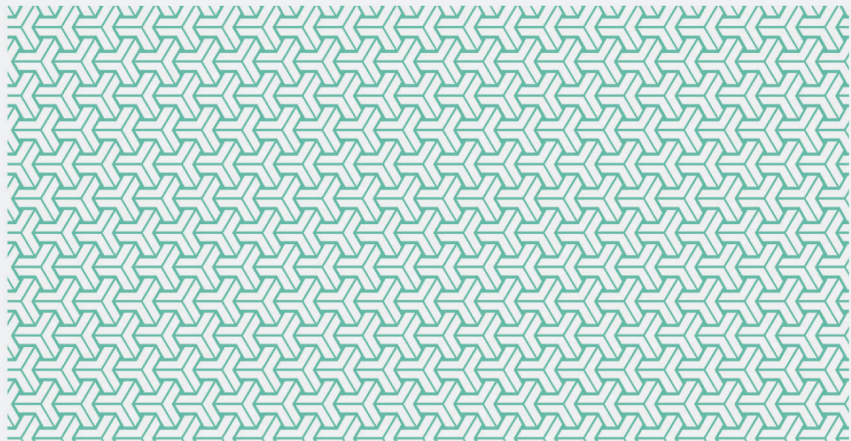
[표 1-2] 주요 선행연구 및 본 연구의 차별성

구분	선행연구와의 차별성		
	구분 선행연구	연구방법	세부내용
주요 선행 연구	규제샌드박스 제도관련 연구 동향	1	- 과제명 : 규제 샌드박스 체계 발전방향 - 연구자(년도) 원소연 외 (2021), 한국행정연구원 - 연구목적 : 규제 샌드박스 운영체계 일원화 여부를 포함한 개선방안과 운영기관간 협업 체계 개선 등 현행 규제 샌드박스의 효과적 및 효율적 운영을 위한 발전방안을 마련
		2	- 과제명 : 지역혁신형 규제 샌드박스 제도의 실효성 제고 방안 - 연구자(년도) : 최해옥, 이광호 (2022), 과학기술정책연구원 - 연구목적 : 지역혁신형 규제 샌드박스는 제한된 공간적 범위 내에서 기존에 막혔던 규제를 유예하여 실증을 실시하고, 사후 지역혁신과 연계한 전략을 추진하는데 목적
		3	- 과제명 : 규제혁신제도로써 규제 샌드박스의 성과 평가 및 발전방안 - 연구자(년도) : 이민호 외 (2022), 한국행정연구원 - 연구목적 : 규제 샌드박스 제도의 종합적인 정책 성과평가를 목적
			- 문헌조사 - 사례조사 - 규제 샌드박스 관련 전문 기업대상의 설문조사 - 규제 샌드박스 주관부처 및 지원기관 심층인터뷰를 수행 - 규제 샌드박스 운영에 대한 각국의 도입 배경 및 적용분야, 운영체계 및 주관부처 현황 등을 비교·분석 - 현행 6개 분야 5개 주관부처에 의해 운영되고 있는 규제 샌드박스의 제도운영 절차 분석 - 규제 샌드박스의 운영에 직접적으로 참여하는 각 중앙행정기관과 지원기관의 담당자에 대한 심층인터뷰를 통해, 우리나라 실정에 맞는 개선방안 제안 - 우리나라의 규제 샌드박스 운영체계의 현황을 객관적으로 진단하고 제도의 효과성 및 효율성 제고를 위한 발전방안 제안 - 전주기적 관점에서 관리 및 운영체계의 실행절차별 쟁점을 파악하고 향후 세부적인 정책적 대안 제시 - 국토교통부(스마트시티 규제 샌드박스), 중소벤처기업부(규제자유특구)를 중심으로 분석 - 포커스그룹 인터뷰를 진행하여 쟁점파악과 문제원인 분석을 통해 향후 정책과제와 발전방안을 도출 - 지역혁신형 규제 샌드박스 제도의 관리적 측면에 초점을 두고 단계별 주요 쟁점을 파악하여 향후 제도의 실효성 제고 및 정책적 보완을 위한 방안 제시 - 규제 샌드박스 제도 운영의 최종 산출물로서 기존규제의 개선 및 신기술·신사업 활성화를 통한 한국형 규제 샌드박스의 새로운 제도발전방향 정립 - 규제 샌드박스 운영성과의 내용 및 수준, 단계적 진단을 통해 한국형 규제 샌드박스의 전략적 활용방향 모색 - 규제 샌드박스 제도 발전방안을 위

구분	선행연구와의 차별성		
	구분 선행연구	연구방법	세부내용
도시조성 관련 규제샌드 박스 연구 동향		발전 방향 및 개선과제를 도출	한 구체적인 실천과 제의 발굴 및 추진전략 구상과 함께, 관련 법제 도 개선방안 제언
	4	- 과제명 : 규제자유특구의 경쟁력 강화 전략과 과제	- 글로벌 경제환경의 대전환 요소들 을 분석
		- 연구자(년도) : 김선배 외 (2023), 산업연구원	- 글로벌 경제환경 변화에 따른 해외 신산업 클러스터들의 육성사례 조사
		- 연구목적 : 새로운 비즈 니스 모델과 혁신생태계	- 4차 산업혁명 및 기후 변화 위기에 대응한 에너지 전환 이슈를 주요 환 경 변화 여건으로 판단하여 분석 수행
		를 연계한 규제자유특구 의 경쟁력 강화 방안 마 련, 글로벌화 전략 과제 발굴	- 혁신성장 플랫폼 기반을 통한 혁신 생태계 강화 측면에서 규제자유특 구의 활성화 전략과 과제를 도출
		- 문헌조사 - 규제자유특구의 경쟁력 강 화 방향 설정 - 규제자유특구를 분석하고 특구별 현황 진단 - 심층 사례분석을 실시하여 규제자유 특구의 경쟁력과 글로벌 수준을 진단 - 규제자유특구의 해외사례 검토 - 글로벌화 전략과 과제 제언	
	5	- 과제명 : 규제자유특구 분석을 통한 제도·법제 개선 연구	- 규제 샌드박스 시행의 근거가 되는 규제혁신 5법을 바탕으로 한국형 규제 샌드박스인 규제자유특구를 분석
		- 연구자(년도) 이재훈 (2020), 한국과학기술기 획평가원	- 동 제도가 활성화되기 위한 정책· 입법·제도적 방안을 제시
		- 연구목적 : 국내 규제 샌 드박스 및 규제자유특구 의 정착을 위한 다양한 개선안 제언	- 규제자유특구에 관한 법적 쟁점들 을 집대성 하고 법리적·정책적 검 토를 통해 쟁점 및 대응방안 고찰 - 규제자유특구법 상의 '메뉴판식 규제특례'의 이론적 적용의 현실적 어려움의 문제의식을 세밀하게 파 악하고, 현행법의 개선방안과 긴밀 하게 연계
		- 문헌조사 - 사례조사 - 규제 샌드박스 법률 전문 가들과의 세미나 진행 - 현행법제의 비판과 개선 방안을 모색 - 규제 등에 관한 판례분석 을 위한 관련 판례를 수집 - 타당한 법적 해석을 이끌어 내어 적용 가능한 법적 근 거 선별	
본 연구	- (제목) 탄소중립도시 조성요소 의 규제 샌드박스 도입현황 및 과제	- 문헌조사 - 지자체 탄소중립도시 사업 관련 사례조사 - 탄소중립기본법 등 연계법 령 분석 - 도시계획시설을 분석의 틀 로 활용 - 규제 샌드박스의 활용성 분석	- 2030 NDC 목표 달성에 필요한 탄 소중립도시 조성 종합계획안 분석 - 탄소중립도시 조성요소를 탄소중 립 기술이나 사업의 기반이 되는 도 시계획시설로 정의하고, 현재 탄소 중립 기술과 관련 지자체 사업이 활 용하는 탄소중립도시 조성요소 특 성을 분석 - 규제 샌드박스, 규제특례제도에서 탄소중립도시 조성요소 활용현황 을 분석하여 탄소중립도시 조성에 필요한 규제활용방향 제시
	- (연구목적) 탄소중립도시 실현 을 위한 탄소중립도시 조성요소 도입현황과 규제 샌드박스 활용 현황 분석		

출처 : 해당 연구 내용을 바탕으로 연구진 재작성

제2장 탄소중립 혁신기술과 탄소중립도시 조성요소 개념



1. 개요
2. 탄소중립도시 조성 관련 혁신기술 목록화
3. 도시계획시설에 따른 탄소중립도시 조성요소 도출
4. 소결

1. 개요

본 장에서는 탄소중립도시 조성과 관련된 다양한 기술 중 공간시설에 해당하는 기술들을 도출하여 탄소중립도시 공간조성에 직접적으로 연관되는 기술, 즉 탄소중립도시 조성요소를 찾고자 하였다.

이를 위해서 우선 탄소중립 연관기술을 도출하여 탄소중립 혁신기술을 목록화 하였다. 탄소중립 연관기술 도출을 위해서, 한국형 녹색분류체계, 한국형 탄소중립 100대 요소기술, 국토교통 탄소중립 개발수요 과제 등의 탄소중립도시와 관련된 기술들을 탐색하였다. 또한, 탄소중립도시 관련 사례도 탐색하였는데, 지자체 탄소중립도시 연구나 탄소중립도시 관련 기술의 실증특례 사례를 분석하였다. 기술들은 온실가스 감축과 기후적응으로 구분하여 목록화하였다. 온실가스 감축은 에너지 부문, 수송 부문, 산업 부문, 건물 부문, 흡수원 부문, 폐기물 부문, 기후적응은 재난안전 부문, 청정환경 부문, 기후탄력 부문으로 분류하였다.

다음으로는 탄소중립도시 조성요소를 도출하였다. 탄소중립도시 조성요소의 개념정의를 위해서 「탄소중립기본법」 상의 탄소중립도시 및 관련 시책들을 분석하고, 이 법이 「국토계획법」의 상위법으로서 도시·군관리계획시설(도시계획시설)로 연관되는지를 검토하였다. 이를 통해서 도시계획시설이 탄소중립도시 조성을 위한 물리적 공간시설인지를 가늠하고, 도시계획시설을 목록화하고, 탄소중립도시 주요 시책들과 연관시켰다.

탄소중립도시 조성요소의 도출은 탄소중립 기술목록 중 도시계획시설에 해당하는 목록들을 찾아내고, 이를 부문별로 정리하는 것으로 이루어졌다.



[그림 2-1] 탄소중립도시 조성요소 도출을 위한 분석의 틀

출처 : 연구진 작성

2. 탄소중립도시 조성 관련 혁신기술 목록화

1) 탄소중립 관련 목록 중 탄소중립도시 관련 항목 검토

□ 한국형 녹색분류체계(K-taxonomy) 상의 탄소중립도시 관련 항목 검토

한국형 녹색분류체계는 지속가능한 경제성장과 녹색경제 전환을 위해 개발되었으며, 탄소중립 및 환경개선에 기여하는 ‘녹색부문’과 전환을 위한 ‘전환부문’으로 나뉜다. 본 연구에서는 67개의 녹색경제활동과 7개의 전환경제활동 중 탄소중립 도시와 관련된 활동을 검토했다.¹⁾ 그 결과, 도시·건물, 이산화탄소 포집, 기후변화 적응, 생물다양성 분야에서 탄소중립도시 조성요소와 연관된 목록을 확보했다.

도시·건물 분야에서는 제로에너지 특화도시 개발, 기존 도시의 그린리모델링, 제로에너지 건축물 신축 등이 포함되었다. 이산화탄소 포집 분야에서는 기존 CCUS 외에 바이오차 설비가 추가되었다. 기후변화 적응 분야에서는 재난방지, 기후예측, 해수담수화 등의 요소기술 제조활동이 포함되었으며, 생물다양성 분야에서는 도시 내 탄소흡수원 조성과 관련된 활동이 있었다.

[표 2-1] 한국형 녹색분류체계에서 제시하는 탄소중립도시 조성과 관련된 활동

분야	경제활동	설명
도시·건물	제로에너지 특화 도시 개발·운영	(1) 신규 제로에너지 특화 도시를 개발 (2) 기존 도시의 제로에너지 특화 도시전환을 위한 도시개발·운영
	제로에너지건축물 또는 녹색건축물 신규 건설·리모델링 및 취득	(1) 건물 신축 (2) 기존 건물 그린리모델링 (3) 건물 취득
	건축물 관련 온실가스 감축 설비·인프라 구축·운영	주거용, 상업용 등의 건축물을 대상 (1) 건축물 자체 온실가스 감축 (2) 건축물 활용을 통한 온실가스 감축 인프라를 구축·운영
이산화탄소 포집	바이오차(Biochar) 제조 및 토양 살포	바이오차 ²⁾ 생산 및 토양 살포를 위한 설비를 구축·운영
기후변화 적응	기후변화 적응 요소기술 활용을 위한 소재·부품·장비 제조	아래 기후변화 적응 요소기술에 대하여 필요한 소재·부품·장비를 생산하기 위한 설비를 구축·운영하는 활동 (1) 재난 방지시설·시스템, (2) 기후 예측시설·시스템, (3) 물공급, (4) 해수담수화, (5) 하·폐수 재이용
생물다양성	도시 내 탄소흡수원 조성	탄소 감축을 위한 도시 내 탄소흡수원 조성 활동

출처 : 환경부(2022, pp.20-27)를 참고하여 연구진 재구성

- 1) 한국형 녹색분류체계는 아직 개발되지 않은 기술들을 포함한 경제활동들이 추가 되고 있으나 기존의 기술 중 녹색경제활동과 연관되고 있다고 판단되는 것들도 포함된다.
- 2) 바이오차(Biochar): 산소가 부족하거나 거의 없는 조건에서 300~350℃ 이상의 온도

한국형 녹색분류체계에서는 온실가스 감축설비 지원사업 목록을 제시하며, 특히 폐기물 처리와 관련된 온실가스 감축설비들이 포함된다. 이 시설들은 탄소중립 선도도시의 산업분야에서 온실가스 목표관리업체의 감축설비 지원사업과 연관되며, 탄소중립 도시 조성 시 폐기물 처리시설과 밀접하게 관련된 요소로 고려해야 할 부분이다.

[표 2-2] 온실가스 배출공정 개선으로 온실가스를 감축하는 설비 목록

설비유형	감축설비 내용	설비 예
탄소 무배출설비	탄소무배출로 탄소중립에 기여할 수 있는 설비 - 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 제2조에 따른 재생에너지를 생산하는 설비	재생에너지 설비 등
폐에너지 회수·이용 설비	공정에서 발생하는 폐열(또는 폐압)을 회수·이용하여 열 또는 전기에너지를 생산하는 설비	폐열회수 보일러, 폐압 터빈발전 등
폐기물 열분해시설	폐플라스틱 등의 폐기물을 열분해하여 연료화(가스, 유류)하기 위한 설비	-
탄소포집설비	온실가스를 배출하지 않도록 포집하는 설비	-
연료 전환	온실가스 저감을 위해 새로운 연료로 대체하는 설비	보일러, 건조설비, 버너, 로 등
전처리장치	원료 등의 전처리로 후단 공정의 에너지소비량을 절감하여 온실가스 감축이 가능한 설비	파쇄기, 선별기 등
인버터 및 인버터 제어형전동기	모터 회전수를 제어하여 동력을 절감하는 장치 또는 인버터 제어형 전동기로 전력을 절감하는 설비	인버터 제어형 공기 압축기 등
고효율 기기	기존설비의 개선을 통해 효율이 향상되거나 기존 설비를 고효율 설비로 교체하여 온실가스를 감축하는 설비	LED조명, 모터, 펌프, 팬, 교반기, 변압기, 고효율 버너 등
불소가스 저감설비	전자산업 등에서 열, 플라스마 등을 활용하여 FC가스 배출을 저감하는 설비	-
공정개선	온실가스 배출공정의 개선을 통해 온실가스를 감축하는 설비로서 위 설비에 해당하지 않는 설비	-
에너지관리시스템	온실가스 배출량에 대한 측정 및 관리를 위한 계측기, 제어장비, 모니터링 장비 등 시스템 구축 장치	-

출처 : 환경부(2022, p.126)를 참고하여 연구진 재구성

□ 한국형 탄소중립 100대 요소기술 목록 검토

과학기술정보통신부는 탄소중립 기술특별위원회를 통해 한국형 탄소중립 100대 요소기술을 확정³⁾했다. 이는 ‘탄소중립 녹색성장 기술혁신전략’과 ‘탄소중립

로 바이오매스를 열분해하여 만든 숯 형태의 유기물임. 이 물질을 토양에 살포 시 토양 내 탄소저장 효과를 발생시킴(환경부(2022, p.24))

- 3) 과학기술정보통신부는 ‘탄소중립 기술특별위원회’ 제7회 회의(‘23.5월) 결과로서 탄소중립 분야 기술개발 정책방향을 발표하였고, 정책 중 하나로서 한국형 100대 요소기술을 확정하였다. 이는 ‘탄소중립 녹색성장 기술혁신전략(‘22.10월)’, 발표된 ‘탄소중립 녹색성장 기본계획(‘23.4월)’을 거쳐서 완성된 조치이다.

확정된 주요 정책들로는 한국형 탄소중립 100대 요소기술 선정(안), 탄소중립 기술혁

녹색성장 기본계획'을 기반으로 마련된 정책이다. 주요 내용으로는 100대 요소 기술 선정, 석유화학·철강·시멘트 분야의 기술혁신 전략, 탄소발자국 모니터링 기술 육성 전략, 탄소흡수원 증진 종합계획 등이 포함된다.

100대 기술은 에너지 전환, 산업, 수송·교통, 건물·환경 4가지 부문으로 나뉘며, 태양광, 풍력, 수소, 무탄소 전력, 전력저장, 에너지통합 시스템 등 혁신기술이 포함된다. 기술 수준에 따라 초격차, 신격차, 감격차로 구분되며, 태양광은 선도 적이나 풍력, 에너지통합, CCUS 등은 선도국보다 뒤쳐져 있는 것으로 평가된다.

한국형 탄소중립 100대 요소기술 정책은 2030년을 목표로 기술격차를 줄이기 위한 로드맵을 제시하고 있다. 단기(2030년까지)에는 에너지 저장 시스템, 수소 활용, 이차전지, 태양광, 전력저장, CCUS, 건축 외피 기술 등 37개 기술이 포함되며, 중장기에는 63개 기술이 고도화되어 석유화학, 에너지 통합, 환경 분야의 기술들이 개발된다. 중장기 기술들은 기술 선도국을 따라잡기 위해 추가적인 개발과 시간이 필요할 것으로 예상되고 있다.

탄소중립도시 조성요소를 검토하기 위해 100대 요소기술 중 탄소중립도시와 직접적으로 관련된 34개의 기술을 추출했다. 이 기술들은 도시공간을 점유하거나 인프라로 기능하는 요소로, 에너지, 수송, 폐기물, 탄소흡수 부문과 관련되었다. 구체적으로는 신재생에너지 공급(태양광, 풍력, 수소), 에너지 전환·저장·그리드·수송, 에너지통합시스템, 고효율 건축설비, 무탄소 전력 발전, 친환경차용 수소저장·충전소, CCUS 설비 등이 포함되었다.

[표 2-3] 한국형 탄소중립 100대 요소기술 선정(안)

분야	기술	기술 추진 격차 시기	탄중도시 조성관련	분야	기술	기술 추진 격차 시기	탄중도시 조성관련
태양광	초고효율 태양전지	신 단기	에너지	시멘트	혼합재 함량 증대	감 단기	
	사용처 다변형 태양광시스템	신 단기	에너지		비탄산염 원료 대체	감 중장기	
	페태양광 재활용 재사용	신 단기	폐기물		신규 혼합재 제조	감 중장기	
풍력	해상풍력 부유체 시스템	감 단기			순환자원 연료 대체	감 중장기	
	해상풍력 설치·시공	감 단기			저탄소 신열원 활용	감 중장기	
	수직축 부유식 풍력발전	신 중장기	에너지	철강	고로 연·원료 대체	신 단기	
	초대형 풍력 터빈	감 중장기			전로 연·원료 대체	신 단기	
	해상풍력발전 운영·관리	감 중장기			철강산업 하공정 무탄소 연료 전소	신 단기	

신 전략로드맵-석유화학·철강·시멘트 분야(안), 디지털 기반 탄소발자국 점검(모니터링) 기술 육성 전략(안), 제3차 탄소흡수원 증진 종합계획(안) 등이 포함되었다(과학기술정보통신부(2023, 5월18일 보도자료)).

분야	기술	기술 격차	추진 시기	탄중도시 조성관련	분야	기술	기술 격차	추진 시기	탄중도시 조성관련
에너지통합	산업용 고온·초저온 히트펌프	감	중장기	에너지		수소환원제철	초	중장기	
	복합에너지시스템	감	중장기	에너지		탄소 저감형 전기로	감	중장기	
	열에너지 저장시스템	감	중장기	에너지		철강 부산물 재활용화	감	중장기	
수소	기체수소 저장·운송	초	단기	수송	산업일반	친환경 냉매	초	중장기	
	해외 암모니아·수소 대용량 저장·운송	신	단기	수송		공정가스 대체	신	중장기	
	알칼라인 수전해	감	단기			공정가스 처리	신	중장기	
	PEM 수전해	감	단기			산업공정용 수소·암모니아 활용	감	중장기	
	차세대 수전해	신	중장기			전동기·전력변환기 효율화	감	중장기	
	액체수소 운송선	신	중장기	수송		그린데이터센터	감	중장기	
	액체수소 저장·운송	감	중장기	수송		탄소배출 저감 효과 모니터링	감	중장기	에너지
	수소 전용 배관망	감	중장기	수송	건축	고성능·다기능 외피	감	단기	건물
	차세대 해외수소 저장·운송	감	중장기	수송		건물에너지 관리·제어·데이터 활용	신	중장기	건물
무탄소전력	액체수소 인수기지	감	중장기	에너지		건물·설비 전기화·고효율화	감	중장기	건물
	고효율 연료전지 열병합	신	단기	에너지		건물 신재생 에너지 및 에너지융합시스템	감	중장기	건물
	수소혼소 가스터빈	감	단기		친환경차	이차전지 셀 고도화	초	단기	
	수소전소 가스터빈	감	중장기			이차전지 시스템 고도화	초	단기	
	석탄 보일러 암모니아 혼소	감	중장기			연료전지 시스템 고도화	초	단기	
전력망	초고효율 연료전지 복합발전	감	중장기	에너지		전기구동시스템 성능 향상	신	단기	
	분산자원 및 유연자원 통합 운영	신	단기	에너지		전력변환장치 고도화	신	단기	
	지능형 송배전 시스템	감	중장기	에너지		유선충전 고속화	신	단기	
	실시간 전력거래 플랫폼	감	중장기			수소차용 수소저장시스템	감	단기	에너지
전력저장	단주기 에너지 저장시스템	초	단기	에너지	선박	수소충전소	감	단기	에너지
	사용 후 배터리 ESS 시스템	신	단기	폐기물		무선충전 대용량화	감	중장기	
	장주기 에너지 저장 시스템	신	중장기			탄소중립 내연기관	감	단기	
원자력	소형모듈원자로(SMR)	초	단기	에너지		선박용 연료전지·배터리 시스템	감	단기	
	선진 원자력 시스템	감	중장기	에너지	환경	연료 후처리 및 에너지 효율향상	신	중장기	
	원자력 폐기물 관리	감	중장기	폐기물		선박 전기추진 시스템	감	중장기	
석유화학	바이오 PEF	신	단기			바이오 생분해성 플라스틱	신	단기	
	바이오폴리올	신	단기			리뉴어블 플라스틱	신	중장기	

분야	기술	기술 격차	추진 시기	탄중도시 조성관련	분야	기술	기술 격차	추진 시기	탄중도시 조성관련
	페플라스틱 자동 선별	신	단기			금속자원 회수	신	중장기	
	연료유부산물 기초화학 원료 전환	초	중장기			국토공간 유형별 탄소 흡수 증진·관리	신	중장기	탄소흡수
	부생가스 고부가 전환	신	중장기		CCUS	분리막 포집	감	단기	
	바이오나프타·올레핀	신	중장기			화학적 전환	감	단기	
	페플라스틱 용매 추출	신	중장기			광물 탄산화	감	단기	
	페플라스틱 해중합	신	중장기			습식 포집	신	중장기	
	페플라스틱 가스화	신	중장기			건식 포집	신	중장기	
	페플라스틱 열분해	신	중장기			차세대 포집	신	중장기	
	저에너지 반응 공정	신	중장기			저장소 탐사·평가·선정	감	중장기	
	저에너지 분리·소재 공정	신	중장기			저장 시설·설비 설계·구축	감	중장기	탄소흡수
	전기 가열로 NCC 시스템	감	중장기			저장소 CO ₂ 주입·운영	감	중장기	탄소흡수
	무탄소 연료 NCC 공정	감	중장기			CO ₂ 저장 모니터링	감	중장기	탄소흡수
	스마트 플랜트 전환	감	중장기			생물학적 전환	감	중장기	

출처 : 과학기술정보통신부(2023, 5월 18일 보도자료, p.13)

※ 기술격차는 초격차(초), 신격차(신), 감격차(감)로 분류함. 초격차 기술은 우리나라가 세계 최고 수준 기술력 보유함에 따라 선두유지 및 격차 확대 필요 기술, 신격차 기술은 세계적으로 기술 개발 초기 단계로, 신시장 창출·선점 가능 기술, 감격차 기술은 선도국과 다소 기술 수준 격차가 있어, 격차를 해소해 나가야 할 기술을 의미(과학기술정보통신부(2023, 5월 18일 보도자료, p.13))

□ 국토교통 2050 탄소중립 추진전략 상 연구개발 수요과제 검토

국토교통 2050 탄소중립 추진전략 중 R&D 편에서는 탄소중립을 위해서 국토교통 부문에서 개발이 요구되는 요소기술들을 제시하고 있다. 총 46개로서 건물분야 25개, 수송분야 21개로 구성된다. 이들 모두는 탄소중립도시 조성에 있어 핵심분야인 건물분야와 수송분야와 직접 연관되므로 이들 모두를 탄소중립 조성 요소로서 검토하는 것으로 판단하였다.

건물분야에서는 건축물의 탄소중립에 요구되는 과제 및 기술로는 저탄소 건축소재 개발, 그린리모델링 고도화와 실증을 위한 연구개발, 탄소중립화를 위한 건축물 에너지 성능 평가·모니터링·유지관리 관련 시스템과 기술, 탄소중립 건축물을 위한 기준, AI와 클라우드를 활용한 데이터 관리 및 건축물 에너지, 유지관리 활용, 신재생에너지 활용기술 개발 등이 제시되고 있었다.

수송분야에서는 탄소중립을 위한 교통기술로서 탄소배출량 모니터링, 실시간 수요대응 교통계획기술, 지능형·도심형·저탄소형 교통시스템 개발, 전기·수소 등의 무공해 자동차 및 이차전지 등의 개발과 충전 인프라 등의 미래기술 개발에 대한 과제들이 제시되고 있었다.

[표 2-4] 국토교통 부문 탄소중립 개발수요 과제

부문	분야	개발수요 과제와 기술
건물	제로에너지건축물	랜드마크형 제로에너지건축물(ZEB) 복합센터 건립 제로에너지빌딩 요소기술 실증을 위한 홍보관 설립 도시형 제로에너지건물(ZEB) 재생에너지 지역거점 사업자 생산권 판매 제도 도입 보급 촉진 방안
	그린리모델링	그린리모델링 우선 대상 선정 시스템 개발 및 운영체계 구축 공공건물 그린리모델링에 따른 에너지 절감 효과 실증 연구
탄소중립소재	저탄소 고성능 외피 및 건축자재 개발	
	탄소중립 초고성능 콘크리트 기술 개발	
신재생에너지	건물 신재생에너지 적용을 위한 히트펌프 기반 에너지 저장 시스템 개발	
	토지이용규제를 고려한 신재생에너지 설비 도입 의무화 기준 개발	
	복합 신재생에너지 시스템 개발 및 구성	
에너지효율화	공동주택 중앙 냉난방 시스템 실증 연구	
	탈탄소형 고효율 공조 기기 및 설비 개발	
	스마트 그리드와 연계된 건물 냉난방 시스템의 최적 운영전략 개발	
	분산 사업장 간 클라우드기반 모듈형 BEMS 구축	
	기계학습 기반 냉난방 시스템의 자동 이상 현상 진단 및 분석 기술	
	공기역화 기반 에너지 저장 및 활용 시스템 기술개발	
	건축산업 중 서비스 분야 강화를 통한 소규모 건축업 활성화 및 민간분야 에너지성능 효율 향상	
	데이터	건축물 그린리모델링을 위한 BIM 기반 디지털트윈 건축물 에너지 디지털 진단 및 설계 국가건물에너지통합DB기반 에너지성능 평가시스템 주거용 건물의 데이터 기반 에너지 모델 활용을 위한 모델 개발 및 업데이트 자동화 프로세스 개발 클라우드 기반의 통합적인 전주기 건물 에너지/온실가스 관리를 위한 application PaaS 개발 기계설비 유지관리 및 성능점검 데이터 기반 건축물 탄소절감 관리 모니터링 데이터를 활용한 인공지능 기반 예측 및 제어 지역별 탄소중립 이행 지원을 위한 건물 생애주기별 관리 자원시스템 도입
수송	교통수단	고용량 고속 충전이 가능한 이차전지와 전기차 효율 기술 개발 전기 수소차 안전성 평가기술 개발 한국형 Green NCAP 평가기술 개발 S-BRT, 트램-트레인, 자율주행 셔틀버스 기술 개발 경량형 고용량 자율주행 대중교통수단 개발(교통기술)
	인프라	해외 수소기반 대중교통 인프라 기술개발 무공해차 충전 인프라 보급 및 재생에너지 분야 기술 개발 광역 모빌리티 서비스 실용화 및 광역 복합 환승센터 구축 미래형 철도 관련 기술 개발 및 인프라 구축 탄소중립형 교통계획 기술(교통계획 부문)
	데이터	AI 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상 기술 개발 마이크로 빅데이터 융복합 탄소배출량 모니터링 기술 개발(교통기술) 교통 분야 탄소배출량 산정 기술 개발 및 VER 거래 기술 개발

부문	분야	개발수요 과제와 기술
시스템		지능형 도로 시스템 구축
		교통 데이터기반 교통관리 기술개발 및 실증사업
		하드웨어 인프라 최소 구축형 동적 혼잡통행료 징수 시스템 개발(교통운영)
		실시간 수요대응 기술을 이용한 모빌리티 서비스 수준의 혁신적 향상기술(교통계획)
		기후변화 대응을 위한 수송 부문 탄소중립 분석 통합모델 개발 및 시스템 구축(교통)
탄소중립소재		탄소중립 연료(e-fuel) 적용
		도심형교통(UAM) 관련 전기 추진항공기 수소연료전기 기술 개발

출처 : 국토교통부(2021)를 참고하여 연구진 재구성

2) 탄소중립도시 관련 사업상의 탄소중립 기술요소 도출

□ 탄소중립 선도도시 계획을 위한 가이드라인 상의 탄소중립 대상 사업 검토

2021년도에 추진되었던 탄소중립 그린도시 공모 가이드라인에 제시되었던 항목들은 2024년도에 추진되고 있는 탄소중립 선도도시 공모 가이드라인의 항목과 대동소이하여 탄소중립 선도도시 공모 가이드라인⁴⁾ 상의 사업들을 조성요소로 검토하였다.

탄소중립 선도도시 공모 가이드라인은 지자체가 참고할 수 있도록 정부 지원 연계 탄소중립도시 대상사업 목록과 시행주체를 제공한다. 이 자료는 도시공간에서 탄소중립 기술을 활용한 정책사업을 제시하며, 정책사업은 기후변화 완화와 적응으로 나뉜다. 기후변화 완화는 에너지, 산업, 수송, 건물, 폐기물, 기후테크 육성 등 6개 분야로, 기후변화 적응은 재난안전, 기후탄력, 청정환경 등 3개 분야로 구성되어 있었다.

탄소중립 선도도시 대상사업에서 기후변화 완화 부문은 에너지 분야 및 에너지 관련분야, 산업분야, 수송, 폐기물, 기후테크 육성 등으로 구분되었다.

에너지 분야는 수요와 공급, 수송 등을 위한 협업이 필요해 다른 분야와 겹치는 경우가 많았다. 수소도시 지원사업과 스마트시티 확산사업은 에너지, 수송, 건물, 인프라가 공통적으로 적용되고 있었다.

주요 에너지 분야 대상사업은 수열에너지 공급, 수소 생산시설, 친환경에너지타운 조성, 바이오가스화 시설 등이 있었다. 산업 분야는 민간보조 중심으로 스마트생태공장, 녹색정책금융, 탄소중립설비 지원 등이 포함된다.

4) 환경부·국토교통부(2024)

수송 분야는 전기차·수소차 보급 및 충전 인프라 설치가 주된 사업이다. 폐기물 분야는 공동집하장, 생활자원화회수센터, 가축분뇨 처리시설 등이 있으며, 공공 열분해시설, 폐기물 매립가스 자원화 시설 등은 에너지와 공통사업이다. 기후테크 육성은 민간이 주체로 중소환경기업 지원사업을 운영 중이다.

기후변화 적응부문 중 기후탄력분야는 기후변화 취약계층 지원, 도시생태축 복원으로 정책사업들이 이루어지고 있었으며, 재난안전 분야에서는 홍수예보 플랫폼 구축, 청정환경 분야에서는 노후경유차 조기폐차 지원 사업이 포함되어 있었다.

[표 2-5] 탄소중립 선도도시 대상사업 목록

구분	분야	탄소중립 선도도시 대상사업	시행주체
기후변화 완화	에너지	수열에너지 공급지원	지자체(보조)
		수자원기반 청정수소 생산시설 설치	지자체(보조)
	에너지·폐기물	공공열분해시설 설치	지자체(보조)
		친환경에너지타운 조성	지자체(보조)
		폐기물처리시설 매립가스 자원화	지자체(보조)
		유기성 폐자원 통합바이오가스화 시설 설치	지자체(보조)
		바이오가스 기반 청정수소 생산시설 설치	지자체(보조)
	에너지·수송	탄소중립포인트 운영	지자체(보조)
	에너지·수송·건물	수소도시 지원사업	지자체(보조)
		스마트시티 확산사업	지자체(보조)
	산업	스마트생태공장	민간(보조)
		미래환경산업 육성 융자(이자보전)	민간(보조)
		녹색정책금융 활성화	민간(보조)
		할당대상업체 탄소중립설비 지원사업	민간(보조)
		온실가스 목표관리업체 온실가스 감축설비 지원	민간(보조)
	수송	전기자동차 보급	지자체(보조)
		전기자동차 충전인프라 구축지원	지자체(보조)
		수소자동차 보급	지자체(보조)
		수소충전소 설치	지자체(보조)
		수소대중교통체계 구축	지자체(보조)
		알뜰교통카드 마일리지 플러스	지자체(보조)
	폐기물	다화용기 보급사업	지자체(보조)
		영농폐기물 공동집하장 확충	지자체(보조)
		생활자원화수센터 확충	지자체(보조)
		가축분뇨 공공처리시설 설치	지자체(보조)

구분	분야	탄소중립 선도도시 대상사업	시행주체
기후변화 적응	기후테크 육성	중소환경기업 사업화지원	민간(보조)
		중소환경기업 상생협력 실증 프로그램	민간(보조)
	재난안전	AI 홍수예보 플랫폼 구축	정부(직접)
	기후탄력	기후변화 취약계층지역 지원사업	지자체(보조)
		도시생태축 복원사업	지자체(보조)
	청정환경	노후 경유차 조기폐차 지원	지자체(보조)

출처 : 환경부·국토교통부(2024, p.9)를 참고하여 연구진 재구성

□ 지자체 탄소중립 도시 조성 관련 연구⁵⁾를 통한 항목들을 검토

충청남도(충청남도, 2023)는 도내 8개 중소도시의 에너지, 흡수원, 자원순환, 그린인프라 현황을 분석하고, SSP 기후변화 시나리오를 적용해 재해 취약성을 평가했다. 이를 바탕으로 해당 도시들을 탄소중립도시로 조성하기 위한 전략을 제시하고, 도시 계획 요소별 기술 인벤토리를 작성했다. 에너지 전환, 기후변화 적응, 자원순환, 탄소저감 등 온실가스 배출원별로 기술을 분류했으며, 탄소중립 선도도시 가이드라인(환경부·국토부, 2024)에 따라 기술 인벤토리를 수정했다. 기술과 정책을 구분하여 조성 유형을 분류했다.

탄소중립 도시 계획 요소별 기술 또는 정책을 분류해 보면, 크게는 온실가스 감축, 기후적응으로 분류할 수 있었다. 온실가스 감축 분야를 보면 에너지, 에너지·건물, 에너지 전환, 에너지·폐기물 분야와 같이 에너지 분야는 다른 분야와 함께 분류되고 있었으며, 수송, 건물, 폐기물, 탄소흡수가 포함되고 있었다. 기후적응 분야는 재난안전, 기후탄력, 청정환경으로 분류되어 있었다. [표 2-2]의 탄소중립 선도도시 대상사업 목록과 비교해 볼 때, [표2-6]의 건물분야 기술 목록이 구체적이면서도 기술종류도 다양했고, 또한 탄소흡수 분야는 새롭게 포함되었다.

건물분야는 공공건축물을 대상으로 하는 탄소중립 요소기술과 정책, 건축물의 탄소중립을 견인할 수 있는 정책들, 건축물 탄소중립 소재기술 개발, 건축물 에너지 효율화를 위한 공조, 히트펌프, 관리시스템 기술들을 포함하고 있었다.

탄소흡수 분야는 CCUS 등의 탄소흡수 기술도 포함되었지만 대부분의 탄소흡수는 녹원과 녹지 등 그린인프라를 활용해서 탄소흡수 기능의 극대화를 목적하는 정책사업들을 제시하고 있었다. 특히, 수소발전 복합공원은 수소발전 시설과 녹지를 함께 공원에 배치시켜, 탄소배출과 흡수가 함께 이루어진다. 탄소중립도시 계획시 고려가 필요하다.

5) 본 내용은 충청남도(2023)의 내용을 참고하여 작성되었음

[표 2-6] 탄소중립 도시 계획 요소와 조성유형

분야	탄소중립 도시 계획 요소별 기술 또는 정책	요소 유형
온실가스감축		
에너지	태양광 PV 및 BIPV	기술
	수열에너지 융복합 클러스터 조성	정책
	수열에너지 전환보급	정책
	지붕 단열재 및 공기열원히트 펌프 설치	정책
	공기열원히트펌프, 지열원히트펌프 공급	정책
	소각폐열자원순환 에너지발전	기술
	분산 및 재생에너지 옵션을 통해 전력 공급의 탈탄소화	기술
	주민센터 신재생에너지 계획	정책
	재생에너지 유래 수소활용 추진사업	정책
	기후 탄력형 수소연료 전지 활성화	기술
에너지·건물	냉난방 공조설비(HVAC) 업그레이드 등 시설 확충	기술
에너지 전환	화석연료를 지역 냉난방으로 전환	기술
에너지·폐기물	폐가스활용 바이오가스 생산	기술
	폐수열활용 설비, 폐자원 에너지화	기술
수송	해외 수소기반 대중교통 인프라 기술개발	기술
	고용량 고속 충전이 가능한 이차전지와 전기차 효율 기술 개발	기술
	무공해차 충전 인프라 보급 및 재생에너지 분야 기술 개발	기술
	도심형교통(UAM) 관련 전기 추진항공기 수소연료전기 기술 개발	기술
	초고속 전기차 충전소 및 스마트모빌리티 시범사업	정책
	공공수소충전소 / RE100 수소충전소	기술
	공공부문 업무용 차량 전기차로 교체	정책
	무탄소수소 자동차	기술
건물	공공건물 에너지관리시스템	기술
	공공건축물 ZEB화	정책
	공공건축물 그린리모델링 사업	정책
	공공건축물 신재생에너지 생산시설 설치	기술
	건축물 등 탈탄소화-탄력성 강화촉진사업	정책
	공동주택의 CO ₂ 저감사업	정책
	저탄소고성능 외피 및 건축자재 개발	기술
	탄소중립 초고성능 콘크리트 기술 개발	기술
	기존 건축물의 덩 리노베이션	기술
	건축 시 건축자재 사용 절감	기술
	탈탄소형 고효율 공조 기기 및 설비 개발 / 냉난방 공조설비 (HVAC) 업그레이드	기술
	공기열원히트펌프(ASHP), 지열원히트펌프(GSHP), 관리시스템(BEMS) 구축	기술

분야	탄소중립 도시 계획 요소별 기술 또는 정책	요소 유형
폐기물	바이오차활용	정책
	폐기물 분리 재활용 및 재사용	기술
	고형 폐기물 관리 개선	기술
	음식물 폐기물 및 식량 손실 감축	기술
	AI 자원순환 회수 플랫폼 구축	기술
	스마트 순환자원 수거시스템	기술
	과학기술기반 순환자원 무인회수시스템 구축	기술
	폐기물 종량제 시범사업	정책
	시민참여형 자원순환 거점센터 구축	정책
	업사이클 서클러 구축	기술
	그린 스테이션 조성(재활용 분리배출)	기술
탄소흡수	CCUS 조기사회 구현을 위한 환경조화 확보 및 탈탄소순환형 사회모델 구축	정책
	소각장 이산화탄소 포집	기술
	탄소저장 및 운송 라인 녹색 기반시설 활용	기술
	탄소중립가든, 탄소상쇄숲	기술
	잠재자연식생 숲 조성	정책
	탄소발자국 저감형 녹지 네트워크 확충사업	정책
	소규모 탄소상쇄공원 조성	정책
	작은 그린인프라 소공원 조성사업	정책
	탄소흡수원 그린커튼조성	기술
	수소발전 복합공원 조성	기술
	하이브리드 또는 녹색 기반시설, 도시숲, 공원, 녹색회랑 등 자연기반 솔루션	기술
	도심지 대규모 탄소흡수원 대로 조성	기술
기후적응		
재난안전	모든 규모의 재난에 대비 가능한 최첨단 긴급대응 기술 개발	기술
	하이브리드-녹색 기반시설, 지속가능 도시 배수(SuDs) 조성	기술
	모든 규모의 재난에 대비 가능한 최첨단 긴급대응 기술 개발	기술
기후탄력	도심 속 자연공원 조성을 위한 수목 식재 및 그린인프라 확대	정책
	낙엽교목 보행벨트	기술
	우수 저류형 띠 숲 조성	기술
	빗물 저금통, 빗물 이용 침투시설, 노면빗물 분사장치 설치	기술
청정환경	미세먼지 흡착포설치 시범사업	정책

출처 : 충청남도(2023, p.91-92)를 참고하여 연구진 재작성

3. 도시계획시설에 따른 탄소중립도시 조성요소 도출

1) 탄소중립도시 조성요소 도출의 개요

본 절에서는 앞 절에서 도출된 탄소중립 혁신기술들이 펼쳐지게 될 도시공간의 유형들, 즉 탄소중립도시 조성요소를 도출하고자 한다. 도출을 위해서 「탄소중립기본법」에 기반하여 탄소중립 도시 및 관련 시설에 관한 시책들을 검토하였다.

보다 구체적으로 도시계획시설을 목록화하기 위해서 「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙(이하 도시계획시설규칙)」을 통해서 도시계획시설을 목록화하고, 탄소중립도시 시책과의 연관성을 검토하였다.

앞 절에서 목록화 된 탄소중립 혁신기술들을 본 절에서 도출한 도시계획시설에 적용하여 해당시설들을 탄소중립도시 조성요소로 명명하여 목록화 하였다.

2) 「탄소중립기본법」 상에서 공간을 다루고 있는 시책

① 「탄소중립기본법」에서 탄소중립도시 조성을 규정하는 내용

「탄소중립기본법」 제29조제1항에 따르면, 탄소중립도시는 국가와 지방자치단체가 탄소중립 관련 계획 및 기술 등을 적극 활용하여 탄소중립을 공간적으로 구현하는 도시로 정의된다. 이러한 탄소중립 도시 조성을 위해 사업들이 제시되고 있으며, 「탄소중립기본법」 제29조제2항에 의한다.

탄소중립도시 사업들은 공간을 조성하는 사업들과 공간조성 이외의 사업으로 구분된다. 주요 탄소중립도시 지정과 관련된 사업들은 도시를 공간 대상으로 하며, 온실가스 감축 및 에너지 자립률 향상, 탄소흡수원 조성·확충·개선, 생태축 보전 및 생태계 복원, 자원순환경제 활성화 등이다.

「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 [법률 제20514호, 2024. 10. 22., 일부개정]

제29조(탄소중립 도시의 지정 등)

① 국가와 지방자치단체는 탄소중립 관련 계획 및 기술 등을 적극 활용하여 탄소중립을 공간적으로 구현하는 도시(이하 “탄소중립도시”라 한다)를 조성하기 위한 정책을 수립·시행하여야 한다.

② 정부는 다음 각 호의 사업을 시행하고자 하는 도시를 직접 또는 지방자치단체의 장의 요청을 받아 탄소중립도시로 지정할 수 있다.

1. 도시의 온실가스 감축 및 에너지 자립률 향상을 위한 사업
2. 도시에서 제33조제1항에 따른 탄소흡수원등을 조성·확충 및 개선하는 사업
3. 도시 내 생태축 보전 및 생태계 복원
4. 기후위기 대응을 위한 자원순환형 도시 조성
5. 그 밖에 도시의 기후위기 대응 및 탄소중립 사회로의 이행, 환경의 질 개선을 위하여 필요한 사업

- ③ 제2항에 따라 지정된 탄소중립도시를 관할하는 지방자치단체의 장은 탄소중립도시 조성 사업 계획을 수립·시행하여야 한다.
- ④ 정부는 탄소중립도시 조성사업의 시행을 위하여 필요한 비용의 전부 또는 일부를 보조할 수 있다.
- ⑤ 정부는 제3항에 따른 사업 계획의 수립·시행 및 이행점검, 조사·연구 등을 수행하기 위하여 공공기관 중 대통령령으로 정하는 기관을 지원기구로 지정할 수 있다.
- ⑥ 정부는 제2항에 따라 지정된 탄소중립도시가 대통령령으로 정하는 지정기준에 맞지 아니하게 된 경우에는 그 지정을 취소할 수 있다.
- ⑦ 제2항부터 제6항까지의 규정에 따른 탄소중립도시의 지정 및 지정취소, 탄소중립도시 조성 사업 계획의 수립·시행, 지원기구의 지정 및 지정취소 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

② 탄소중립도시 조성 연관 시책과 시설 관련 내용

탄소중립 도시조성과 연관되고 있는 시책들은 사업전반, 온실가스 감축, 기후적응의 세 가지 주제로 분류할 수 있었다.

우선 탄소중립도시 조성사업 전반에 대하여 시책을 제시하는 「탄소중립기본법」 제29조가 있었다. 해당 조항에서는 에너지 관련, 탄소흡수원, 생태복원, 자원순환(폐기물 재활용), 기후위기 대응을 사업의 명칭으로 제시하고 있다. 성격상으로 볼 때, 구체적인 시설을 의미하는 사업보다 사업의 유형을 제시하고 있었다.

온실가스 감축을 주제로 하는 「탄소중립기본법」 조문들로는 제30조~제34조, 제44조, 제45조, 제61조, 제64조가 포함되었다. 또한, 기후적응을 주제로 하는 「탄소중립기본법」 조문들로는 제38조, 제40조, 제41조, 제43조로 분류되었다.

□ 온실가스 감축을 주제로 하는 시책과 시설 관련 내용

온실가스 감축을 주제로 하는 시책들은 에너지 전환 및 자립, 건축 및 도시계획의 녹색 전환, 교통의 친환경화, 생태계 보전 및 탄소흡수력 강화, 탄소포집 및 자원순환 체계 구축 등의 주제로 묶을 수 있었다.

• 에너지 전환 및 자립

에너지 전환 및 자립에 속하는 시책으로는 지역 에너지 전환 지원(「탄소중립기본법」 제30조)으로 지방자치단체의 에너지 전환 정책을 지원하는 사업, 농림수산물 전환 촉진(「탄소중립기본법」 제45조)을 통해서 농림수산물 부문에서의 온실가스 감축, 재생에너지 보급 및 에너지 자립체계를 구축하는 사업, 녹색기술·산업단지 조성(제61조)을 통해서 에너지 효율 개선, 신재생에너지 활용을 위한 산업기반 확충 및 기술 개발을 추진하는 사업들이 포함되고 있었다.

연관될 것으로 판단되는 시설로는 지역 에너지 전환을 위한 신재생에너지 발전소, 에너지 저장 시설, 지역 에너지 자립센터, 농림수산 전환 촉진을 위한 스마트 농업 단지, 태양광 온실, 바이오매스 에너지 시설 등, 녹색기술·산업단지 조성을 위한 시설로는 산업단지 내 에너지 효율화 설비, 재생에너지 발전소 및 에너지 관리 시스템 설치 등이 필요할 것이다.

- 건축 및 도시계획의 녹색 전환

녹색건축물 확대(「탄소중립기본법」 제31조)를 통해서 기존 건축물의 녹색건축 전환, 신도시 및 재개발 지역의 녹색건축물 보급을 촉진, 녹색국토 관리(「탄소중립기본법」 제44조)를 통해서 친환경 건설과 기존 인프라의 전환, 도시와 농촌의 온실가스 배출 감축 및 생태계 보전 등의 시책을 제시하고 있었다. 이 부문은 탄소중립 도시를 위한 시설과 관련이 높을 것으로 판단된다.

- 교통의 친환경화

녹색교통 활성화(「탄소중립기본법」 제32조)를 통해서 내연기관차 축소, 친환경차 및 대중교통 보급 확대, 교통망 확충 및 교통수요 관리 등의 시책이 제시되고 있다. 관련 시설으로는 전기차 및 수소차 충전소, 친환경 대중교통 전용차로 설치, 자전거 도로망 설치 등의 시설들이 포함될 수 있다.

- 생태계 보전 및 탄소흡수력 강화

탄소흡수원 확충(「탄소중립기본법」 제33조)을 통한 탄소흡수원 조성 및 생태계 보전 및 생물다양성 보호, 녹색국토 관리(「탄소중립기본법」 제44조)를 통한 광역 생태축 보전 및 산림, 녹지 확충을 통한 생태계 복원이 주요 시책이다. 관련된 시설로는 도심 숲, 생태공원, 공원녹지, 옥상녹화 등이 도시녹지 등이 포함된다.

- 탄소포집 및 자원 순환 체계 구축

탄소포집·이용·저장 기술 육성(「탄소중립기본법」 제34조)을 통해서 탄소포집 기술 개발과 발전을 위한 지원이 이루어지며, 이를 위한 도시계획시설로는 탄소포집 플랜트, 이산화탄소 저장 시설, 탄소 활용 연구소 등이 포함된다. 순환경제 활성화(제64조)를 통해서 자원 순환성 강화, 폐기물 재활용, 바이오매스 활용을 통한 자원 순환체계 구축 등이 시책으로 제시되고 있다. 이를 위한 시설로는 폐기물 재활용 센터, 바이오매스 에너지화 시설, 자원 재활용 공장 설치와 바이오매스를 활용한 에너지 자원화 설비 등이 고려될 수 있다.

□ 기후적응을 주제로 하는 시책과 도시계획시설 관련 내용

기후적응을 주제로 하는 시책들은 국가단위 또는 지자체 단위 기후위기 적응대책, 공공기관의 기후위기 대응, 기후위기 대응 물 관리의 주제로 구분되었다.

• 기후위기 적응대책 상의 시책과 시설

국가 기후위기 적응대책(「탄소중립기본법」 제38조)에서는 기후위기 감시와 예측 능력을 높이기 위해 기후 데이터 관측소, 예보 센터, 재해 예방 시설을 구축하며, 부문별·지역별로 취약성 평가 시스템을 갖추어 재해 대비 인프라를 강화하는 시책과 관련 시설들이 고려될 수 있다.

지방 기후위기 적응대책(「탄소중립기본법」 제40조)에서는 시·도 단위에서 5년마다 지역 특성에 맞춘 기후위기 적응대책을 수립·시행하며, 이를 위해 지방 기후적응 센터, 재난대응 거점시설, 기후위기 대응 훈련소 등을 설치하는 등의 고려가 필요할 수 있다.

공공기관 기후위기 적응대책(「탄소중립기본법」 제41조)을 통해서 기후 취약 공공기관에서 5년마다 기후 적응대책을 수립·시행하고 매년 이행 실적을 작성하는 시책이 포함되어 있었다. 여기서는 에너지 절약형 공공건물 리모델링, 공공기관 재해 대비 센터, 에너지 관리 시스템 설치 등을 고려할 수 있다.

• 기후위기 대응을 위한 물 관리

물 관리 대책(「탄소중립기본법」 제43조)에서는 기후위기로 인한 가뭄 대비와 안정적인 물 공급을 위해 대형 저수지, 지하수 저장소, 수자원 공급 네트워크를 구축하는 시책이 제시되고 있다. 주요 고려될 수 있는 시설로는 도심 하천 복원 구역, 생태습지, 물순환 공원 등이며, 빗물 및 하수 재이용 시스템 설치, 친환경 물 재생 센터와 홍수 방지용 저류지 등이 있다.

[표 2-7] 「탄소중립기본법」상의 탄소중립도시 조성 관련 시설을 다루고 있는 시책

탄소중립도시 연관 주제	주요 시책
제29조 탄소중립도시 조성사업	• 도시의 온실가스 감축 및 에너지 자립률 향상을 위한 사업 • 도시에서 탄소흡수원등의 조성·확충·개선 사업 • 도시 내 생태축 보전 및 생태계 복원 • 기후위기 대응을 위한 자원순환형 도시 조성 • 도시의 기후위기 대응 및 탄소중립 사회로의 이행, 환경의 질 개선을 위하여 필요한 사업
기후 완화	제30조 지역 에너지 전환 지원
	• 지방자치단체의 에너지 전환을 지원하는 정책

탄소중립도시 연관 주제	주요 시책
제31조 녹색건축물의 확대 방안	• 기존 건축물의 녹색건축물 전환 : 에너지 진단, 에너지 절약 사업, 그린리모델링 사업 등을 시행하여 온실가스 배출 감소화 • 중앙행정기관, 지방자치단체, 대통령령 지정 공공기관 및 교육기관의 건축물에 대해 녹색건축물 전환 이행계획 수립 • 일정 규모 이상의 신도시 개발 및 도시 재개발 시 녹색건축물의 보급을 적극 추진
제32조 녹색교통의 활성화	• 내연기관차 축소 : 온실가스 감축 목표 설정과 내연기관차의 판매·운행 축소 • 에너지효율 및 배출 기준 설정 : 자동차의 에너지소비효율과 온실가스 배출 기준 정립 • 친환경차와 선박 보급 촉진 : 전기차, 수소차 등 친환경 차량·선박 보급 목표 설정 및 이행 점검 • 재정·세제 지원 강화 : 친환경차 보급 촉진을 위한 지원 및 제도 확대 • 대중교통 투자 확대 : 철도와 대중교통 수송 분담률 목표 설정 및 교통망 확충 • 교통수요 관리 : 혼잡통행료 개선, 저공해차 전용차로 확대, 자전거·해운 활성화 등으로 교통체증 완화
제33조 탄소흡수원 등의 확충	• 탄소흡수원등의 조성·확충 및 온실가스 흡수 능력의 개선을 위한 목표와 기본방향 • 탄소흡수원등의 조성·확충 현황 및 온실가스 흡수 능력의 개선 현황에 대한 이행평가·점검 방안 • 탄소흡수원등의 조성·확충 및 온실가스 흡수 능력의 개선 관련 사업 수행 시 생물다양성 등 생태계 건강성 보호·보전을 위한 방안 • 온실가스 흡수 관련 정보 및 통계 구축에 관한 사항 • 그 밖에 연구개발, 전문인력 양성, 자원조달, 교육·홍보 등 탄소흡수원등의 조성·확충과 온실가스 흡수 능력 개선을 위하여 필요한 사항
제34조 탄소포집·이용·저장기술 육성	• 탄소포집·이용·저장기술 개발과 발전 지원시책 마련 • 탄소포집·이용·저장기술의 실증을 위한 규제특례 등에 관하여는 따로 법률⁶⁾로 정함
제44조 녹색국토의 관리	• 도시 및 농어촌의 온실가스 배출량 감축, 마을·도시 단위의 에너지 자립률 및 자원 순환성 제고 • 산림·녹지의 확충, 광역 생태축 보전 및 생태계 복원 • 개발대상지 및 도시지역 생태계서비스 유지·증진 • 농지 및 해양의 친환경적 개발·이용·보존 • 도로·철도·공항·항만 등 인프라 시설의 친환경적 건설 및 기존 시설의 친환경적 전환 • 친환경 교통체계의 확충 • 기후재난 등 자연재해로 인한 국토의 피해 최소화 및 회복력 제고
제45조 농림수산의 전환 촉진 등	• 정밀농업, 유기농업 등 농림수산구조의 전환에 관한 사항 • 농림수산 분야 온실가스 감축 기술·기자재·시설의 개발 및 보급에 관한 사항 • 농림수산 분야의 화석연료 사용량 감축, 신·재생에너지 보급과 에너지 순환 및 자립체계 구축에 관한 사항 • 기후위기로 인한 농림수산업 여건 변화 예측과 신품종 개량 등을 통한 식량자급률 제고에 관한 사항
제61조 녹색기술·녹색산업 집적지 및 단지 조성 등	• 집적지·단지별 산업집적 현황에 관한 사항 • 기업·대학·연구소 등의 연구개발 역량강화 및 상호연계에 관한 사항 • 산업집적기반시설의 확충 및 우수한 녹색기술·녹색산업 인력의 유치에 관한 사항 • 녹색기술·녹색산업의 사업추진체계 및 자원조달 방안 • 효율적 에너지 사용체계 구축 및 집적지·단지의 필요 에너지를 신·재생에너지로 조달할 수 있는 방안 마련에 관한 사항

탄소중립도시 연관 주제		주요 시책
기후 적응	제64조 순환경제의 활성화	• 제조 공정에서 사용되는 원료·연료 등의 순환성 강화에 관한 사항 • 지속가능한 제품 사용기반 구축 및 이용 확대에 관한 사항 • 폐기물의 선별·재활용 체계 및 재제조 산업의 활성화에 관한 사항 • 에너지자원으로 이용되는 목재, 식물, 농산물 등 바이오매스의 수집·활용에 관한 사항 • 국가 자원 통계 관리체계의 구축 등 자원 모니터링 강화에 관한 사항
	제38조 국가 기후위기 적응대책 수립·시행	• 기후위기에 대한 감시·예측·제공·활용 능력 향상에 관한 사항 • 부문별·지역별 기후위기의 영향과 취약성 평가에 관한 사항 • 부문별·지역별 기후위기 적응대책에 관한 사항 • 기후위기에 따른 취약계층·지역 등의 재해 예방에 관한 사항 • 기후위기 적응을 위한 국제협약 등에 관한 사항 • 그 밖에 기후위기 적응을 위하여 필요한 사항으로서 대통령령으로 정하는 사항
	제40조 지방 기후위기 적응대책 수립·시행	• 시·도지사, 시장·군수·구청장은 기후위기적응대책과 지역적 특성 등을 고려하여 관할 구역의 지방기후위기적응대책을 5년마다 수립·시행
	제41조 공공기관의 기후위기 적응대책	• 기후 취약기관은 공공기관기후위기적응대책을 5년마다 수립·시행하고 매년 이행실적을 작성
	제43조 기후위기 대응을 위한 물 관리	• 깨끗하고 안전한 먹는 물 공급과 가뭄 등에 대비한 안정적인 수자원의 확보 • 수생태계의 보전·관리와 수질 개선 • 물 절약 등 수요관리, 적극적인 빗물관리 및 하수 재이용 등 물 순환 체계의 정비 및 수해의 예방 • 자연친화적인 하천의 보전·복원 • 수질오염 예방·관리를 위한 기술 개발 및 관련 서비스 제공 등

출처: 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법, 법률 제20514호를 참고하여 연구진 작성

6) 해당 법률은 아직 제정 전임

3) 탄소중립도시 시책과 연관되는 도시계획시설

「탄소중립기본법」상의 시책들을 정리하고, 각 시책마다 고려해 볼 수 있는 시설들을 함께 제시하였다. 그러나, 구체적이면서도 법적인 근거를 가진 시설이 탄소중립 도시 조성을 위한 시설로서 적합할 것이다. 탄소중립도시 조성은 지방자치단체가 관리하는 지역에서 이루어지게 되며, 이는 「탄소중립기본법」 제44조에 의거한 「국토계획법」에 따른 도시·군기본계획에 따르게 된다.

「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 [법률 제20514호, 2024. 10. 22., 일부개정]

제44조(녹색국토의 관리) ① 정부는 기후위기로부터 안전하며 지속가능한 국토(이하 “녹색국토”라 한다)를 보전·관리하기 위하여 다음 각 호의 계획을 수립·시행할 때 기후위기 대응에 관한 사항을 반영하여야 한다.

1. 「국토기본법」에 따른 국토종합계획(이하 이 조에서 “국토종합계획”이라 한다)
 2. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 따른 도시·군기본계획
 3. 그 밖에 지속가능한 국토의 보전·관리를 위하여 대통령령으로 정하는 계획
- ② 정부는 녹색국토를 조성하기 위하여 다음 각 호의 사항을 포함하는 시책을 마련하여야 한다.
1. 도시 및 농어촌의 온실가스 배출량 감축, 마을·도시 단위의 에너지 자립률 및 자원 순환성 제고
 2. 산림·녹지의 확충, 광역 생태축 보전 및 생태계 복원
 3. 개발대상지 및 도시지역 생태계서비스 유지·증진
 4. 농지 및 해양의 친환경적 개발·이용·보존
 5. 도로·철도·공항·항만 등 인프라 시설의 친환경적 건설 및 기존 시설의 친환경적 전환
 6. 친환경 교통체계의 확충
 7. 기후재난 등 자연재해로 인한 국토의 피해 최소화 및 회복력 제고
- ③ 정부는 국토종합계획, 「지방자치분권 및 지역균형발전에 관한 특별법」에 따른 지방시대 종합계획 등 대통령령으로 정하는 계획을 수립할 때에는 미리 위원회의 의견을 들어야 한다.

「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 [법률 제20234호, 2024. 2. 6., 일부개정]

제43조(도시·군계획시설의 설치·관리) ① 지상·수상·공중·수중 또는 지하에 기반시설을 설치하려는 그 시설의 종류·명칭·위치·규모 등을 미리 도시·군관리계획으로 결정하여야 한다. 다만, 용도지역·기반시설의 특성 등을 고려하여 대통령령으로 정하는 경우에는 그러하지 아니하다.

- ② 효율적인 토지이용을 위하여 둘 이상의 도시·군계획시설을 같은 토지에 함께 결정하거나 도시·군계획시설이 위치하는 공간의 일부를 구획하여 도시·군계획시설을 결정할 수 있다.
- ③ 도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치의 기준 등에 필요한 사항은 국토교통부령으로 정하고, 그 세부사항은 국토교통부령으로 정하는 범위에서 시·도의 조례로 정할 수 있다. 다만, 이 법 또는 다른 법률에 특별한 규정이 있는 경우에는 그에 따른다.
- ④ 제1항에 따라 설치한 도시·군계획시설의 관리에 관하여 이 법 또는 다른 법률에 특별한 규정이 있는 경우 외에는 국가가 관리하는 경우에는 대통령령으로, 지방자치단체가 관리하는 경우에는 그 지방자치단체의 조례로 도시·군계획시설의 관리에 관한 사항을 정한다.

「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」 [국토교통부령 제1288호, 2023. 12. 22., 일부개정]

제1조(목적) 이 규칙은 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제43조제2항의 규정에 의한 도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치의 기준과 동법시행령 제2조제3항의 규정에 의한 기반시설의 세분 및 범위에 관한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

「도시계획시설규칙」에서는 도시계획시설에 요구되는 모든 종류의 시설들이 제시되고 있다. 동 규칙의 장에 해당하는 대분류는 교통시설, 공간시설, 공공문화체육시설, 방재시설, 보건위생시설, 환경기초시설 등으로 구성된다. 또한, 각 대분류를 이루고 있는 도시계획시설들은 중분류, 세부시설로 구분되어 있어서 탄소중립 도시조성을 위한 시설들을 목록화하기 위한 구체적인 근거가 된다.

탄소중립도시 조성을 위한 시설 목록화는 이러한 도시계획시설규칙 상의 도시계획시설들을 바탕으로 만들어졌다.

우선, 법적으로 규정되는 도시계획시설의 목록을 구축하였다. 그 다음으로 이 목록에 탄소중립도시 조성의 성격을 부여하기 위해 앞부분에서 정리된 탄소중립도시 연관 시책 주제들을 도시계획시설의 분류에 맞게 위치시켰다. 그 주요한 결과는 아래와 같다.

- 교통시설과 녹색교통이 주로 연관

교통시설은 탄소중립도시 조성관련 주제 중(표2-8) 주로 녹색교통과 연관(「탄소중립기본법」 제32조)되고 있었다. 교통시설의 중분류로서 도로, 철도, 항만, 공항, 주차장, 자동차 정류장 등이 있었다. 도시계획 세부시설들을 탄소중립도시 시책들 시설들의 관점에서 보면, 모든 세부시설들이 연관되어 있다. 그 이유는 탄소중립도시 시책들은 자동차, 기관차 등의 운송수단을 탄소중립화 하는 것이며, 그 기반으로서의 시설들이 교통시설이 되기 때문이다. 다만, 기반시설들이 직접적인 탄소배출 완화보다는 간접적으로 운송수단의 탄소배출 완화에 기여한다고 보는 것이 타당할 것이다.

- 공간시설은 기후적응, 탄소흡수, 녹색국토, 물관리 등과 연관

공간시설을 이루고 있는 도시계획시설로 광장, 공원, 녹지, 유원지 등이 있었다. 광장은 재해발생시 피난시설, 구호시설 등의 다양한 용도로 활용될 수 있어 기후적응 시책들과 연관된다. 공원과 녹지는 수목과 토양을 통한 탄소흡수(「탄소중립기본법」 제33조), 열해나 홍수 등에 대한 기후적응(「탄소중립기본법」 제38조, 제40조), 녹색국토를 위한 생태계 복원(「탄소중립기본법」 제44조) 등의 탄소중립도시 시책과 연관된다. 유원지는 수생태계 보전을 통해서 수자원을 안정적인 확보 등 기후위기 대응 물관리 시책(「탄소중립기본법」 제43조)과 연관된다.

- 유통 및 공급시설은 녹색교통, 녹색건축물, 지역에너지 전환과 연관

유통 및 공급시설은 크게 건축물과 에너지 공급설비로 구분할 수 있다. 유통업무설비와 시장은 주로 건축물이며, 녹색교통(「탄소중립기본법」 제32조)과 녹색건

축물 시책(「탄소중립기본법」 제31조)과 직접적으로 연관된다. 에너지 공급설비들은 수도, 전기, 가스, 열, 공동구, 유류저장 및 송유 관련설비로 구성된다. 이들 시설들은 지역에너지 전환 시책(「탄소중립기본법」 제30조)과 주로 연관되며 수도공급설비의 경우에는 기후위기 적응 및 기후위기 대응 물관리 시책(「탄소중립기본법」 제43조)과 연관된다.

- 공공문화체육시설은 녹색건축물과 주로 연관

이 분류에 속하는 도시계획시설들로는 학교, 공공청사, 문화시설, 체육시설, 연구시설, 사회복지시설, 공공직업훈련시설, 청소년수련시설이다. 모든 시설들이 건축물이므로 녹색건축물 시책(「탄소중립기본법」 제31조)과 직접적으로 연관된다.

- 방재시설은 기후위기 적응대책, 물관리 등과 연관

방재시설들은 기후적응시책과 직접적으로 연관되는 도시계획시설로 구성되어 있으며, 크게는 물 관련 시설, 식생을 이용한 시설, 구조물로 이루어진 시설로 구분할 수 있다. 하천, 유수지, 저수지 등은 기후위기 대응 물관리 시책(「탄소중립기본법」 제43조)과 연관된다. 방화설비, 방수설비, 방조설비 등은 구조물이나 기계설비로서 기후위기 적응대책과 연관된다. 방풍설비와 사방설비 역시 기후위기 적응대책(「탄소중립기본법」 제38조, 제40조)과 직접 연관되며, 방풍림이나 식생사방시설 등의 식생시설 및 인공구조물을 포함한다.

- 보건위생시설은 녹색건축물과 주로 연관

보건위생시설에 포함되고 있는 도시계획시설로는 장사시설, 도축장, 종합의료시설이다. 장사시설 중 화장시설, 봉안시설, 장례식장과 도축장, 종합의료시설은 건축물에 해당하며, 녹색건축물 시책(「탄소중립기본법」 제31조)과 직접 연관되고 있다. 일부 장사시설 중 공동묘지, 자연장지는 수목이 주된 시설이 되므로 탄소흡수원 확충(「탄소중립기본법」 제33조)과도 연관된다.

- 환경기초시설은 순환경제와 주로 연관

환경기초시설은 하수처리 시설, 폐기물 처리시설로 구분할 수 있으며, 모든 도시계획시설들이 순환경제의 활성화 시책(「탄소중립기본법」 제64조)과 연관된다.

[표 2-8] 「도시계획시설규칙」에 따른 도시계획시설 유형과 「탄소중립기본법」 상 도시 조성 연관성

「도시계획시설규칙」 상 도시계획시설			「탄소중립기본법」 상 탄소중립도시 시책 주제
대분류	중분류	세부시설	
교통시설	도로	일반도로, 자동차전용도로, 보행자전용도로, 보행자우선도로, 자전거전용도로, 고가도로, 지하도로	• 녹색교통
	철도	철도, 도시철도, 철도사업시설	• 녹색교통
	항만	항만시설, 여항시설, 마리나항만시설	• 녹색교통
	공항	공항, 공항시설	• 녹색교통
	주차장	노외주차장	• 녹색교통
	자동차정류장	여객자동차터미널, 물류터미널, 공영차고지, 공동차고지, 화물자동차 휴게소, 복합환승센터, 환승센터	• 녹색교통
	궤도	궤도시설	• 녹색교통
	차량 검사 및 면허시설	자동차검사시설, 검사소, 운전면허시험장	• 녹색교통
공간시설	광장	교통광장(교차점광장, 역전광장, 주요시설광장), 일반광장(중심대확장, 근린광장), 경관광장, 지하광장, 건축물부설광장	• 기후위기 적응대책
	공원	국가도시공원, 생활권공원(소공원, 이린이공원, 근린공원), 주제공원(역사공원, 문화공원, 수변공원, 묘지공원, 도시농업공원, 방재공원, 그밖의 조례로 정하는 공원)	• 탄소흡수원 • 기후위기 적응대책 • 녹색국토
	녹지	완충녹지, 경관녹지, 연결녹지	• 탄소흡수원 • 기후위기 적응대책 • 녹색국토
	유원지	유흥시설, 운동시설, 휴양시설, 특수시설, 위락시설, 편익시설, 관리시설	• 기후위기 대응 물관리
	공공공지	공공이용시설, 빗물관리시설, 식재	• 기후위기 적응대책
유통 및 공급 시설	유통업무설비	일반물류단지, 대규모점포, 임시시장, 전문상가단지, 공동집배송센터, 농수산물도매시장, 농수산물공판장, 농수산물종합유통센터, 자동차경매장, 공영차고지, 철도역, 화물의 운송하역보관시설, 하역시설, 창고, 야적장, 저장소, 화물적하시설, 화물적치용건조물, 출산물보관장, 자동차 출고장	• 녹색교통 • 녹색건축물
	수도공급설비	취수시설, 저수시설, 정수시설, 배수시설, 도수시설, 송수시설	• 기후위기 적응 • 기후위기 대응 물관리
	전기공급설비	발전시설, 변전시설, 송전선로, 배전사업소	• 지역에너지 전환
	가스공급설비	고압가스 저장소, 고정식 압축 천연가스 이동용 충전차량 충전시설, 액화석유가스 용기충전시설, 자동차 액화석유가스 탱크충전시설, 가스공급시설	• 지역에너지 전환
	열공급설비	집단에너지사업법에 의한 열원시설, 열수송시설	• 지역에너지 전환
	방송통신시설	사업용 전기통신설비, 유성방송국설비	• 녹색건축물
	공동구	지하매설물(전기, 가스, 수도 등의 공급설비, 통신시설, 하수도시설 등)	• 지역에너지 전환
	시장	대규모점포, 임시시장, 농수산물도매시장, 농수산물공판장, 농수산물종합유통센터, 가축시장	• 녹색건축물
	유류저장 및 송유설비	석유비축저장시설, 송유시설, 송유관, 석유저장소	• 지역에너지 전환

「도시계획시설규칙」상 도시계획시설			「탄소중립기본법」상 탄소중립도시 시책 주제
대분류	중분류	세부시설	
공공문화 체육시설	학교	유치원, 초등학교, 중학교, 고등학교, 대학교, 외국교육기관	• 녹색건축물
	공공청사	국가 또는 지자체 청사, 외교공관, 교정시설	• 녹색건축물
	문화시설	공연장, 박물관, 미술관, 문화원시설, 문화산업진흥시설, 문화산업단지, 과학관, 전시시설, 국제회의시설, 전문도서관	• 녹색건축물
	체육시설	국가 또는 지자체 체육시설, 올림픽 관련 체육시설, 월드컵 경기장시설, 아시아경기장시설, 국제대회 경기장시설, 올림픽 관련 경기장시설, 종합운동장	• 녹색건축물
	연구시설	과학, 기술, 학술, 문화, 예술, 산업경제 등에 관한 조사, 연구, 시험 등을 위한 시설	• 녹색건축물
	사회복지시설	사회복지사업을 목적으로 설치된 복지시설, 보호시설, 요양시설, 재활시설, 지원센터 등	• 녹색건축물
	공공직업훈련시설	공공직업훈련시설 및 관련 부대시설	• 녹색건축물
	청소년수련시설	청소년수련시설 및 관련 부대시설	• 녹색건축물
방재시설	하천	국가하천, 지방하천, 소하천, 운하	• 기후위기 대응 물관리
	유수지	유수시설, 저류시설	• 기후위기 대응 물관리
	저수지	발전용수, 생활용수, 농업용수, 농업용수, 하천유지용수의 공급이나 홍수조절을 위한 시설, 공작물, 공유수면	• 기후위기 대응 물관리
	방화설비	소화용수설비	• 기후위기 대응 물관리
	방풍설비	방풍림시설, 방풍담장시설, 방풍망시설	• 기후위기 적응대책
	방수설비	저지대 침수예방을 위한 배수시설 및 방수시설	• 기후위기 적응대책
	사방설비	사방사업법에 의한 사방시설(사방사업에 따라 설치된 인공 구조물과 파종·식재된 식물)	• 기후위기 적응대책
	방조설비	항만시설 중 방조제, 어항시설 중 방조제, 방조제	• 기후위기 적응대책
보건위생 시설	장사시설	화장시설, 공동묘지, 봉안시설, 자연장지, 장례식장	• 녹색건축물
	도축장	도축장 및 관련 부대시설	• 녹색건축물 • 기후위기 적응대책
	종합의료시설	병원, 한방병원, 요양병원, 종합병원	• 녹색건축물 • 기후위기 적응대책
환경기초 시설	하수도	하수관로, 공공하수처리시설	• 순환경제 • 기후위기 적응대책
	폐기물처리 및 재활용시설	폐기물 재활용시설, 광역폐기물시설, 자원재활용시설, 건설폐기물 재활용시설	• 순환경제
	빗물저장 및 이용시설	빗물이용시설	• 기후위기 적응대책
	수질오염방지시설	공공폐수처리시설, 폐수처리시설, 가축분뇨처리시설, 폐광의 폐수처리시설	• 순환경제
	폐차장	자동차폐차업을 위해 설치한 사업장	• 순환경제

출처 : 도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙, 국토교통부령 제1288호, 부록 1을 참고하여 연구진 재작성

4) 탄소중립 기술의 탄소중립도시 조성요소의 도출

탄소중립 기술 중 도시공간을 조성하는데 적용되는 기술을 탄소중립도시 조성요소로 정의한 것에 기반하여, 앞서 검토된 표 2-1~7의 탄소중립 관련 기술들을 통합하고, 중복기술들을 정리한 목록을 만들었다. 이 목록에서 「도시계획시설규칙」 도시계획시설(표 2-9)에 해당하는 탄소중립 기술을 판별하여 탄소중립도시 조성요소를 목록화하되, 온실가스 감축과 기후적응으로 크게 구분하여 정리하였다(표 2-10).

주요 결과를 요약해보면, 첫째로, 탄소중립 기술 중 많은 수가 아직은 공간화되었을 때 법적으로 어디에 속할지 불분명하다는 것이다. 둘째로, 도시계획시설이 주로 포함되고 있는 탄소중립 기술의 부문은 에너지, 수송, 건물, 폐기물, 재난안전, 탄소흡수원, 그린인프라 등이었다. 탄소중립기술과 연관되는 표 2-9에 따른 도시계획시설들은 대분류로 봤을 때 유통 및 공급시설, 교통시설, 환경기초시설, 공간시설 등이었고, 중분류로는 가스·열·전기 등의 에너지 공급설비, 주차장, 폐기물처리 및 재활용시설, 공원녹지 등이 해당하였다. 세부시설들과 연관되는 탄소중립기술은 없어 미반영으로 표시하였다(표 2-10).

① 온실가스 감축

□ 에너지 부문 탄소중립기술 중 탄소중립도시 조성요소

에너지 부문 탄소중립기술 중 탄소중립도시 조성요소가 되는 도시계획시설로는 수소충전소, 액화수소 플랜트, 액화수소 공급 및 저장시스템, 액화수소 검사지원센터, 수자원기반 청정수소 생산시설 등으로 나타났다. 이들이 속하는 도시계획시설적인 분류는 가스공급설비가 주를 이루었다.

에너지 부문은 수소, 태양광, 원자력, 무탄소 전력, 신재생에너지, 에너지 저장 및 관리 등 다양한 기술분야로 구성되어 있으며, 주요 에너지원을 생산, 저장하기 위한 시설, 시스템과 함께 에너지 공급과 공급을 위한 서비스로서의 플랫폼에 대한 기술들이 주를 이루고 있었다.

에너지 부문에서는 수소연료전지, 액화수소, 신재생에너지, 수소충전, 수소생산 등의 기술들이 도시계획시설규칙에서 제시하는 도시계획시설과의 연관성이 높은 것으로 파악되었다. 그러나 탄소중립 관련기술이 도시계획시설의 세부시설로 매칭되는 사례는 폐기물 관련 분야에서 일부 반영될 것으로 예상되는 몇 건을 제외하면 거의 없었다. 이는 아직 도시·군계획에서 다루는 도시계획시설에 아직

탄소중립 기술들의 공간시설들에 대한 명목화가 이루어지고 있지 않다는 점을 알려준다.

연관성이 없다고 여겨지는 탄소중립 기술의 분야로는 수소공급, 신재생에너지 중 전력거래나 가로등, 전력망, 중소기업지원 등이었다. 이들은 도시계획시설로 기술이 구현될 것으로 예상되지 않았다.

- 수소연료전지 활용, 액화수소, 수소충전, 수소생산 분야는 가스공급설비시설에 해당

수소연료전지를 활용하는 지게차나 굴착기가 전용으로 쓰게 될 수소충전소는 도시계획시설 중 유통 및 공급시설과 교통시설에 속하였다. 그 이유는 유통 및 공급시설은 보통 에너지를 대상으로 하고 있으며, 수소연료전지는 에너지에 해당하기 때문이다. 또한 수소충전소가 주차장에 속하는 이유는 현재 보통의 전기충전소는 주차장⁷⁾으로 분류되기 때문이다. 도시계획시설 중분류로는 가스공급설비와 주차장이 이 기술에 해당하였다. 도시계획 세부시설과는 연관되는 기술이 없었다.

액화수소분야는 관련 도시계획시설로는 유통 및 공급시설 중 가스공급설비에 해당하였다. 세부기술로는 액화수소 플랜트, 공급 및 저장시스템 등이었다. 도시계획 세부시설과 연관되는 기술들은 없다고 판단되어 미반영으로 표시하였다.

수소충전과 수소생산 분야도 가스공급설비와 연관되며, 수소 충전소, 액화수소 검사지원센터, 청정수소 생산시설 등의 건축물과 연관되고 있었다.

- 신재생에너지 탄소중립기술과 관련된 도시계획시설은 부재

신재생에너지 분야의 탄소중립기술들은 ESS, 스마트 가로등, 태양전지로서 기술개발이 완료되면 도시계획시설에 적용될 것으로 보인다. 하지만 현재로서는 기술자체로만 봤을 때, 아직 도시계획시설로 적용되지 않는 것으로 보아 연관성이 매우 낮은 것으로 판단하였다.

□ 수송 부문 탄소중립기술 중 탄소중립도시 조성요소

수송 부문은 자율주행, 전기차, 교통인프라, 전기충전 인프라 등의 기술분야로 구성된다. 탄소중립도시 조성요소인 탄소중립기술들은 주로 전기차 충전소 등의 전기차 충전인프라, 광역복합 환승센터 등이 해당하였다.

7) 도시계획시설규칙에서는 노의 주차장을 제시하고 있다. 전기충전소가 건물 내에 있는 경우는 상정하지 않았다.

자율주행과 전기차의 경우 기술이 중심이 되며, 이들 중 탄소중립도시 조성요소는 V2G 전기차 충전기 운영서비스, 자가발전 신재생에너지 기반 전기차 충전소 구축이 해당된다. 이런 시설들은 도시계획시설 중 전기공급설비에 해당하였다.

교통인프라와 전기충전인프라의 경우는 모두 교통시설로서 자동차정류장이나 주차장에 속하였으며, 광역복합 환승센터, 전기충전 인프라, 초고속 전기차 충전소 등이 탄소중립도시 조성요소에 해당하였다.

□ 건물 부문 탄소중립기술 중 탄소중립도시 조성요소

건물 부문은 에너지 효율화, 그린리모델링, 데이터 관리, 신재생 에너지, 제로에너지건축물 등의 탄소중립 요소기술 분야를 포함하고 있다. 이 중에서 도시계획시설과 직접 연관되고 있는 탄소중립도시 조성요소는 에너지 효율화, 그린리모델링, 제로에너지건축물 등 건축물과 연관된 기술들이 주를 이루고 있다.

해당기술들로는 건물의 전기화 및 고효율화, 그린리모델링을 통한 공공건축물 에너지 효율향상과 냉난방 업그레이드, 공공건축물의 제로에너지화 등이 포함되고 있었다. 이런 기술들이 해당하는 도시계획시설들은 공공문화체육시설이며, 여기에 속하는 다양한 중분류의 시설들 즉, 학교, 공공청사, 문화시설, 체육시설, 연구시설, 사회복지시설, 공공직업훈련시설, 청소년수련시설 등이 해당한다.

□ 산업 부문 탄소중립기술 중 탄소중립도시 조성요소는 부재

이 부문에서 탄소중립 조성요소는 찾기 어려웠다. 그 이유는 요소기술이나 인프라를 다루는 기술이 아니라 금융지원에 해당하는 내용으로 이루어져 있기 때문이었다.

□ 폐기물 부문 탄소중립기술 중 탄소중립도시 조성요소

폐기물 부문의 탄소중립기술은 ESS 폐기물, 폐자원 재활용 분야로 이루어져 있다. 이 중에서 탄소중립도시 조성요소는 폐기물처리시설 매립가스자원화, 스마트 순환자원 수거시스템, 생활자원회수센터 확충, 영농폐기물 공동집하장 확충 등의 탄소중립도시 조성사업이 해당하였다. 이들은 도시계획시설 중 폐기물처리 및 재활용시설에 해당하였다.

□ 탄소흡수 부문 탄소중립기술 중 탄소중립도시 조성요소

탄소흡수 부문은 CCUS와 흡수원으로 구분되어 있다. 현행의 도시계획시설이 되는 탄소중립도시 조성요소는 흡수원에 집중되어 있었다.

- CCUS 저장시설은 해당하는 도시계획시설에 대한 지정이 필요

탄소흡수 부문에서 CCUS 저장시설이나 설비 등은 조성될 경우 탄소중립도시 조성을 위한 필수적인 시설이 될 것으로 보인다. 그러나, 아직 법적인 도시계획시설에서는 이를 반영할 시설이 없었다. 관련시설을 정의하고, 관리하는 법적 시설이 필요한 실정⁸⁾이다.

- 탄소흡수원은 각종 공원과 녹지가 탄소중립도시 조성요소에 해당
탄소흡수원에 속하고 있는 대부분의 산림, 공원, 도시숲 등의 자연기반 탄소중립 기술들은 모두 공원 및 녹지 등 도시계획시설에 속하고 있어 이들 기술들이 탄소중립도시 조성요소에 해당하였다. 다만, 이들의 구체적인 명칭이 시설의 명칭에도 해당하고 있으나 도시계획 세부시설에는 반영되어 있지 않았다.

② 기후적응

□ 재난안전 부문 탄소중립기술 중 탄소중립도시 조성요소

재난안전 부문은 인프라와 교통안전 분야로 구분되었다. 이 중에서 탄소중립도시 조성요소로 판단되는 기술들은 방재시설로서 하이브리드-녹색 기반시설, 지속가능 도시 배수(SuDs) 조성, 교통시설로서 횡단보도 보행안전 통합시스템 이었다.

□ 기후탄력 부문 탄소중립기술 중 탄소중립도시 조성요소

기후탄력 부문은 대응기술, 취약계층지원, 그린인프라로 이루어져 있었다. 취약계층 지원을 빼고, 기후탄력 부문은 그린인프라 시설로 탄소중립도시 조성요소가 구성되어 있는 것으로 나타났다. 구체적인 기술로는 도심 속 자연공원 조성(식재 및 그린인프라), 빗물 저금통, 빗물이용 침투시설, 노면빗물 분사장치 등이었다. 이들이 속하고 있는 도시계획시설들로는 공원, 녹지, 공공공지, 빗물저장 및 이용시설이었다.

8) 2025년 시행예정인 「이산화탄소 포집·수송·저장 및 활용에 관한 법률」 제7조(이산화탄소 포집시설 설치계획의 신고), 제28조(저장소의 운영), 제29조(이산화탄소 포집·저장·활용 집적화단지의 지정) 등에서 CCUS 저장 및 활용에 대하여 규정하고 있으므로 향후 도시계획시설 개정도 후속으로 이루어질 것으로 기대한다(출처 : 이산화탄소 포집·수송·저장 및 활용에 관한 법률, 법률 제20203호)

□ 청정환경 부문 탄소중립기술 중 탄소중립도시 조성요소는 부재

미세먼지 흡착포 설치시범사업이 주요 탄소중립 기술사업으로 포함되어 있으며, 현재에는 해당하는 도시계획시설이 없었다.

[표 2-9] 탄소중립 혁신기술과 연계한 기반시설 중심의 탄소중립도시 조성요소

탄소중립기술			탄소중립도시 조성요소(법적 도시계획시설)		
대분류	중분류	세부기술	대분류	중분류	세부시설
온실가스 감축					
에너지	수소공급	고효율 수소 공급 시스템 확충	-	-	-
		수소연료전지 지게차 전용 수소충전소 구축·운영	유통 및 공급시설	가스공급설비 주차장	미반영
		수소연료전지 굴착기의 수소충전 및 운용시험	유통 및 공급시설	가스공급설비 주차장	미반영
		수소전기트램 상용화를 위한 주행 시험	-	-	-
	액화수소	액화수소 플랜트 및 공급시스템 구축·운영	유통 및 공급시설	가스공급설비	미반영
		차세대 수소차 저장시스템 제작 및 충전시험	유통 및 공급시설	가스공급설비	미반영
		철도차량용 액화수소 엔진개발을 위한 조합 시험	-	-	-
	원자력	소형모듈원자로(SMR)	유통 및 공급시설	열공급설비	미반영
	신재생 에너지	그린에너지 ESS발전 전력거래	-	-	-
		나선형 소형풍력발전시스템을 적용한 스마트 가로등	-	-	-
		초고효율 태양전지	-	-	-
	수소 충전	도심지역 수소 충전소 설치	유통 및 공급시설	가스공급설비	미반영
		액화수소 검사지원 센터 구축	유통 및 공급시설	가스공급설비	미반영
	수소생산	수자원기반 청정수소 생산시설 설치	유통 및 공급시설	가스공급설비	미반영
수송	전력망	분산자원 및 유연자원 통합운영	-	-	-
	자율주행	자율주행 셔틀버스 운행서비스	-	-	-
		자율주행 모빌리티서비스 시범사업	-	-	-
	전기차	전기차 고출력 무선충전 실증	-	-	-
		전기차 사용후 배터리를 재사용한 파워뱅크	-	-	-
		V2G 양방향 전기차 충전기 운영 서비스	유통 및 공급시설	전기공급설비	미반영

탄소중립기술			탄소중립도시 조성요소(법적 도시계획시설)		
대분류	중분류	세부기술	대분류	중분류	세부시설
		스마트 전기자동차 충전콘센트	-	-	-
		자가발전 신재생에너지 기반 전기차 충전소 구축	유통 및 공급시설 교통시설	전기공급설비 주차장	미반영
		공공부문 업무용 차량 전기차로 교체	-	-	-
	교통 인프라	광역 모빌리티 서비스 실용화 및 광역 복합 환승센터 구축	교통시설	자동차정류장	미반영
	전기충전 인프라	전기자동차 충전인프라 구축지원	교통시설	주차장	미반영
		초고속 전기차 충전소 및 스마트 모빌리티시범사업	교통시설	주차장	미반영
건물	에너지 효율화	건물·설비 전기화·고효율화	공공문화체육시설	전체 시설	-
	그린 리모델링	공공건축물 에너지 효율 향상	공공문화체육시설	공공청사	-
		냉난방 공조설비(HVAC) 업그레이드 등 시설 확충	공공문화체육시설	전체 시설	-
	데이터 관리	건물 에너지 관리, 제어 및 성능 평가를 위한 데이터 활용 기술	-	-	-
	신재생 에너지	신재생에너지 시스템 적용, 히트펌프 적용기술 개발	-	-	-
	제로에너지 건축물	공공건축물 ZEB화	공공문화체육시설	공공청사	미반영
산업	에너지 효율화	온실가스 목표관리업체 온실가스 감축설비 지원	-	-	-
		할당대상업체 탄소중립설비 지원 사업	-	-	-
	재정	녹색정책금융 활성화	-	-	-
폐기물	ESS	사용후 배터리 재사용 ESS 연계 V2G 전기차 충전시스템	-	-	-
		사용후 배터리 재활용 ESS컨테이너	-	-	-
	폐기물	폐기물처리시설 매립가스 자원화	환경기초시설	폐기물처리 및 재활용시설	일부반영
	폐자원 재활용	스마트 순환자원 수거시스템	환경기초시설	폐기물처리 및 재활용시설	일부반영
		생활자원회수센터 확충	환경기초시설	폐기물처리 및 재활용시설	미반영
		영농폐기물 공동집하장 확충	환경기초시설	폐기물처리 및 재활용시설	미반영

탄소중립기술			탄소중립도시 조성요소(법적 도시계획시설)		
대분류	중분류	세부기술	대분류	중분류	세부시설
탄소 흡수	CCUS	CO ₂ 저장 모니터링	-	-	-
		저장 시설·설비 설계·구축	-	-	-
	흡수원	산림 등 탄소흡수원 확보	공간시설	공원, 녹지	일부반영
		소규모 탄소상쇄공원, 탄소중립가든, 탄소상쇄숲 조성	공간시설	공원, 녹지	미반영
		도시숲, 공원, 녹색회랑등 자연기반 솔루션	공간시설	공원, 녹지	미반영
	국토환경	국토공간 유형별 탄소 흡수 증진·관리	-	-	-
기후적응					
재난 안전	인프라	AI 드론 활용 도심 열배관·도로노면 점검 서비스	-	-	-
		하이브리드-녹색 기반시설, 지속가능 도시 배수(SuDs) 조성	방재시설	방수설비	일부반영
	교통안전	보행자 자동인식 기술을 적용한 횡단보도 보행안전 통합시스템	교통시설	도로	일부반영
기후 탄력	대응기술	물순환, 그린인프라 활용기술	-	-	-
	취약계층	기후변화 취약계층지역 지원사업	-	-	-
	그린인프라	도심 속 자연공원 조성을 위한 수목 식재 및 그린인프라확대	공간시설	공원, 녹지	미반영
		빗물 저금통, 빗물 이용 침투시설, 노면빗물 분사장치 설치	공간시설 환경기초시설	공공공지 빗물저장 및 이용시설	미반영
청정 환경	미세먼지	미세먼지 흡착포 설치 시범사업	-	-	-

출처 : 연구진 작성

* 탄소중립관련기술은 표 2~1~표 2~7을 통합 정리한 것이며(부록2), 법적 도시계획시설은 표 2~9에 따른 대분류, 중분류, 세부시설 분류를 따르고 있음.

4. 소결

1) 요약

본 장에서는 탄소중립 혁신기술들을 목록화하고, 탄소중립 도시 공간조성과 연관되는 도시계획시설들과 비교·검토하여 탄소중립도시 조성요소를 도출했다.

□ 탄소중립 혁신기술 목록화

목록화된 탄소중립 기술들은 탄소중립에 직접적으로 연관되는 기술들로서 한국형 녹색분류체계, 탄소중립 100대 요소기술, 규제특례를 받고 있는 탄소중립 기술과 탄소중립도시 정책 사업을 탐색대상으로 하였다.

□ 「탄소중립기본법」 상의 탄소중립도시 조성시책에 근거한 도시계획시설 도출
탄소중립 혁신기술들이 탄소중립 도시를 위한 공간조성에 모두 적용되지는 않을 수 있다. 이에 탄소중립 도시 공간조성에 해당하는 탄소중립 기술을 탄소중립 도시 조성요소라고 정의하여 해당 기술들을 도출하였다. 기준이 되는 틀은 도시 공간조성을 직접적으로 관리하는 제도인 「도시계획시설규칙」 상의 도시계획시설들이었다. 주요 탄소중립도시 조성시책과 연관되는 주제와 연관되는 시설과 탄소중립 혁신기술을 연계해 본 결과 기존 도시계획 시설과 탄소중립혁신기술 간 연계 가능성을 부분적으로 확인할 수 있었고, 현행 법제상 도시계획시설이 탄소중립도시 공간을 다루는 시설로서 적합함을 확인했다.

□ 탄소중립도시 조성요소의 도출

모든 탄소중립 혁신기술이 도시계획시설에 적용하기 어려운 단계에 있는 경우가 많아 탄소중립도시 조성요소에 즉시 반영은 어려운 상황이었다. 구체적으로 탄소중립 기술들 중 많은 수가 아직 요소기술에 해당하며, 어떤 시설로 적용될지 알 수 없거나, 도시계획시설과는 직접적으로 관계없는 서비스였기 때문이다. 그럼에도, 도시계획시설을 대분류, 중분류, 세부시설로 구분하였을 때는 대분류와 중분류에 속하는 탄소중립 조성요소들에 일부 포함할 수 있었다. 구체적으로는 온실가스 감축에서는 수소 공급·저장시설, 전기차 충전시설, 녹색건축물, 폐기물 재활용시설, 기후적응에서는 그린인프라로 대표되는 탄소중립도시 조성요소의 것으로 나타났다. 다만, CCUS 기술이 경우 공간시설에 대한 기술항목이 존재하고 있으나 도시계획시설에 없는 경우도 있었다.

2) 시사점

□ 탄소중립 조성요소로서 주로 수소저장·운송시설, 녹색건축적용, 폐기물재활용시설, 탄소흡수원, 그린인프라 시설이 활용

탄소중립 기술 중에서 도시계획시설에 포함되고 있는 탄소중립도시 조성요소를 목록화해보니, 온실가스 감축 중에서는 수소에너지 부문, 건물부문, 폐기물 부문, 탄소흡수 부문이, 기후적응부문에서는 그린인프라가 재난안전이나 기후탄력에도 도시계획시설로 포함되고 있었다.

이러한 시설들이 탄소중립도시 조성 시 우선 도시계획시설로 검토될 가능성이 높을 것으로 판단된다. 여타 탄소중립도시 조성요소에 포함되지 않은 기술들에 대해서는 해당기술 관련 도시계획시설들이 설치 시 규제특례와 같은 법적 지원이 필요하게 될 것이다.

□ 도시계획시설에 적용되는 탄소중립도시 조성요소는 아직 미비

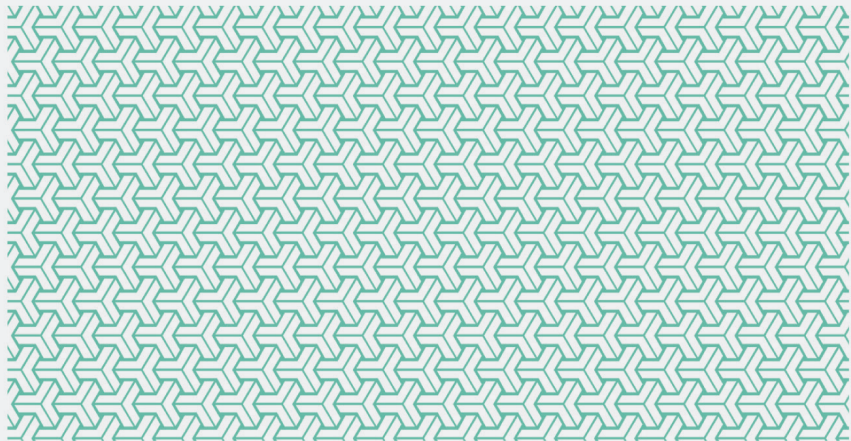
그런데, 「도시계획시설규칙」상 제시되고 있는 시설들 중 탄소중립도시 조성요소에 해당하는 세부시설들은 명시되고 있지 않은 실정이다. 이는 향후 탄소중립도시 조성요소에 해당하는 시설들을 설치할 때, 규제 등으로 인해 추진에 문제가 생기지 않을지 고려가 필요하다. 해당 시설의 설치가 지자체 조례나 도시·군 관리계획에서 관리하게 될지가 불명확하기 때문이다. 다만 「탄소중립기본법」이 「국토계획법」상 도시·군기본계획의 상위법으로 작용하고 있다는 점은 분명하므로 계획 체계상 탄소중립도시를 계획할 경우 상위계획을 통한 영향은 직접적일 것으로 사료된다.

□ 탄소중립도시 조성요소의 지자체 적용시 예상되는 문제들 고려 필요

탄소중립도시가 지자체를 중심으로 조성될 것임을 분명하다. 탄소중립 조성요소가 지자체에서 어떻게 적용될지를 가늠하는 것은 그래서, 꼭 확인이 필요하며, 이를 통해서 법제도적으로 문제가 될 사항들을 미리 파악함으로써 대응을 위한 준비가 필요할 것이다.

이에 3장에서는 지자체에서 마련한 탄소중립도시 조성사업 관련 계획들에 대한 검토를 통해서 고려되고 있는 탄소중립도시 조성요소들을 유형을 살펴보고, 법적으로 예상되는 문제들을 살펴보고자 한다.

제3장 탄소중립도시 사업계획과 구성요소간 관계



1. 분석의 개요
2. 지자체 탄소중립도시 조성계획 사업 현황
3. 탄소중립도시 사업계획 내 구성요소 도출
4. 소결

1. 분석의 개요

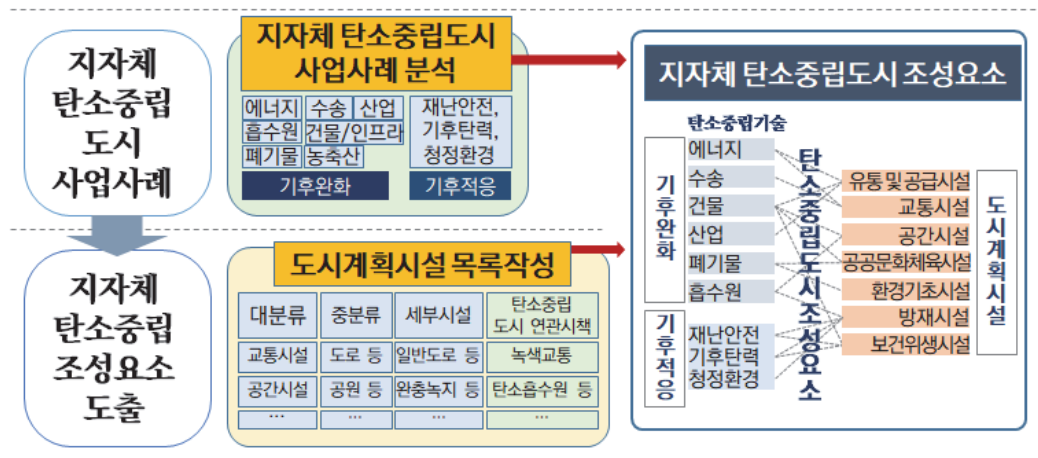
□ 분석 목적 및 대상

2장에서 도출된 탄소중립 조성요소로서의 도시계획시설이 지자체 탄소중립 도시 관련 사업에서 어떻게 도입되고 있는지를 파악하는 것이 3장의 주된 목적이다. 분석의 대상은 2024년 탄소중립 선도도시 공모사업에 지원한 11개 시도의 사업계획안 자료와 2024년 현재 탄소중립 그린도시 공모사업의 지자체로 선정되어 실행계획을 수립한 수원시 자료로 하였다(표 3-1).

□ 분석 방법

본 분석에서는 지자체 탄소중립도시 관련 사업들의 부문을 에너지, 탄소흡수, 폐기물, 건물/인프라, 수송, 기후적응, 기타 부문(농축산, 산업, 법제도)으로 분류하였다. 이 분류는 2장에서 탄소중립 기술과 탄소중립도시 조성요소를 유형화한 부문이기도 했다. 그러나, 완전히 부문이 동일하지 않은 것은 지자체 사업의 특성과 관련이 높았으며, 특히 농축산 부문에 대한 사업들이 포함되었다.

부문으로 정리된 사업들에 대하여 2장에서 도출된 탄소중립 도시계획시설들을 적용하여 지자체 탄소중립도시 사업 중 공간이 주된 대상이 되는 기술들, 즉 지자체 사례를 통해 본 탄소중립도시 조성요소를 도출하고자 하였다. 파악된 기술사업들에 대하여 주요 특징들을 요약하고, 주요한 사업들을 제시하였다.



[그림 3-1] 지자체 탄소중립도시 조성요소 도입사례 분석의 틀

출처 : 연구진 작성

[표 3-1] 탄소중립 선도도시 사업에 지원한 지자체별 탄소중립도시 부문별 조성사업(1/2)

조성사업 지자체명	조성사업 감축			
	에너지	수송	건물	산업
경기도 과천시	- 방음벽 태양광 설치 및 보급 - 공공부지 주차장 태양광 발전 및 전기차 충전소 설치 - 송강기 자기발전장치 설치 지원 - 탄소 ZERO 환경놀이터 설치 - 경기 RE100 과천할당 태양광 사업	-	공공건축물 에너지관리시스템(BEMS) 도입	-
경기도 광명시	- GIS 기반 광명형 Net Zero City Station & 탄소중립 관제 센터 인프라 구축 - 시민·공공 참여형 광명 DR 서비스 - 도심형 스마트 탄소크레딧 플랫폼 구축 및 운영	-	- 저 액서지 지열, 수열 에너지 집단 방난방 시스템 구축 및 운영을 통한 탄소중립 - 탄소중립 통합 혁신센터 구축 및 인증제 개발	· 시 기반 도심형 탄소 데이터 허브 구축 사업
경기도 수원시	- 공공시설물 태양광 발전시설 확대 - 태양광가로등 설치 - LED 가로등 교체 - 탄소중립 통합관리플랫폼 구축 - 탄소중립학교	▪ 친환경 교통 인프라 확대	· 에너지 관리시스템(BEMS) 구축 · 그린리모델링 · 제로에너지 건물 조성	-
경상북도 구미시	- 수소도시 조성사업 - 스마트시티 조성사업 - 에너지 자급 자족 고도화사업	-	· 탄소모니터링을 통한 온실가스 감축 솔루션 제공	· 정밀 공정 시뮬레이션을 통한 공정개선 사업
경상북도 상주시	- 낙동강 수열에너지단지 바이오가스화시설 설치 - 스마트그린도시 - 친환경 에너지타운 - 비전오염저감사업 - 유기질비료 지원사업	-	-	-
경상북도 청원시	- 분산형 연료전지 발전사업 - 신재생에너지 융복합 지원 사업 - 친환경에너지타운 조성 - 중소기업 맞춤형 에너지 컨설팅·개선 사업 - 산단 수출기업 탄소규제 대응지원 플랫폼 구축 - 액화수소충전소	· 수소 대중교통체계 구축 · 친환경자동차 보급 확대	-	-
전라남도 순천시	신재생에너지 융복합지원 사업	· 생태수도 도심 교통 해소를 위한 자전거 투어 확산 사업	-	-
전라남도 신안군	- 그린수소 생산 - 친환경 차량 보급확대 - 친환경 어선 전환 - 에너지지리섬 (Net-Zero Island) - 재생에너지 거래 플랫폼 - 탄소배출량 성과관리 및 예측시스템	-	-	-

조성사업		온실가스 감축				
지자체명	에너지	수송	건물	산업		
서울특별시 노원구	EV특화거리조성&전기차 인프라 확대	자전거 10분 도시를 위한 도시형 자전거 인프라 전환	- 건물 온실가스 배출 총량제 적용 선도사업 - 건물분야 탄소중립 총괄 지원 친환경 건축센터 운영 - 노원 에너지 감축 연계 탄소배출 크레딧 거래 플랫폼 - 도심형 태양광 '하늘발전소'를 통한 이익공유 사업 - 에너지다소비 건물 스마트그리드 구축사업 - 노후주택 주거환경 개선 및 재개발지구 에너지 효율화 사업 - 소규모 공공건축 그린리모델링 사업 - 신축 건축물 ZEB조기추진	-		
	충청남도 당진시	- 염해지 태양광 조성사업 - 친환경버스 교체사업 - 친환경에너지타운 조성사업 - 양진형 탄소중립 통합물량물(스마트도시 솔루션 확산사업) - 영동태양광 조성사업 - 영동태양광 조성사업 - 영동주자장 태양광 조성사업 - 석문 풍력발전단지 조성사업 - 석문 연료전지 발전사업	자전거 대중교통화 사업	에너지 다소비 공공시설 탄소중립을 확보사업	-	
충청남도 보령시	- 보령호·홍성호 태양광 집적화단지 - 에너지슈퍼 스테이션 구축 - 수전해 그린수소 생산시설 - 수소도시 조성 - 수소충전소 구축 - 수소연료전지차 보급 - 보산에너지 특구지정 - 수소연료 보급을 위한 수소배관 인프라 구축 - 조거울 수소보일러 구축 사업 - RE100 수소시범단지조성 - LNG냉열활용 물류단지 조성 - 탄소중립관리 통합 플랫폼 구축 - 탄소중립기금 조성사업 - 보산에너지 통합발전소(VPP)	주민참여형 태양광발전 자전거 도로 조성	-	-		
제주특별 자치도	- 신재생에너지, 자원의 활용 - 제주시 도심 구간 수소트램 구축 - 에너지분야 인재 양성 및 기술 교류 - 친환경 대형차량 보급 - 민간의 에너지 절약 - 보산에너지 기반 마련 - 인여전력 활용 - 신재생에너지 생산기지 구축	- 전기 모빌리티 보급 및 확대 - 친환경 대형차량 보급 - 공공·민간의 노후차량 교체 - 대중교통 편의성 및 기로등 관리	그린리모델링 및 설비 교체	-		

출처 : 환경부(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진 재작성

[표 3-2] 탄소중립 선도도시 사업에 지원한 지자체별 탄소중립도시 부문별 조성사업(2/2)

조성사업 지자체 명	온실가스 감축			기후적응		
	폐기물	탄소흡수	농축산	재난안전	기후탄력	청정환경
경기도 과천시	• 소각시설 CO₂포집 및 활용 • 바이오가스화시설 CO₂포집 및 활용	• 1인 1나무 가꾸기 "내나무 내친구"	-	• 디지털 기반 기후변화 예측 및 피해 최소화 기술 개발 • 방음터널 태양광 설치 사업 • 시흥수예보 플랫폼 구축	• 폭염 극복을 위한 차열페인트 도입	-
경기도 광명시	• 도심형 통합 스마트 자원 순환 인프라 • 지자체 탄소 회계 플랫폼 구축	-	-	-	-	• 건축물의 에너지 효율감을 위한 시 환경기초시설 자동제어 솔루션
경기도 수원시	• 폐기물 스마트 수거시스템 구축 • 빗물 이용장치 설치	• 소규모 흡수원 조성	-	• 에너지 자립형 스마트 재난안전센터 조성 • 기상재해대응시설 설치	• 불투수면적 전환 • 기후컴터(스마트 정류장) 설치 • 도시열섬저감(그늘막 설치)	-
경상북도 구미시	-	-	-	-	-	-
경상북도 상주시	• 광역 통합 바이오가스화 시설 민간투자사업 • 가연성 폐기물 가스화 시설 설치사업 • 하수처리시설 상부 태양광 설치사업 • 차열페인트를 활용한 에너지 절약 사업 • 바이오가스화시설화 시설 CCU 도입 • AI 기술 적용을 통한 송풍기 에너지 절감 • 매립시설 호기성 전환에 따른 CH₄ 제거 • 폐배터리 순환을 통한 전기화물차 보급사업	• 탄소상쇄숲 조성 • 숲가꾸기	• 소비단계 저탄소 농축산물 경쟁력 강화 • 스마트 농산 소비 에너지 전환 • ICT 스마트 축산환경 조성 • NBS 기반 비점오염저감사업 • 영농태양광 설치사업 • 상주시 도시계획 조례 개정 • 농업용저수지 수상태양광 • 스마트팜 혁신밸리 조성 • 생산단계 저배탄 생산기술 적용 • 상주 농특산물 온라인 쇼핑몰 마케팅 • 스마트팜 온실신축 지원사업 • 조림사업	-	-	-

조성사업 지자체 명	온실가스 감축			기후적응		
	폐기물	탄소흡수	농축산	재난안전	기후탄력	청정환경
경상북도 창원시	-	-	-	-	-	-
전라남도 순천시	• 통합바이오가스 생산 및 공급사업 • 차세대 자원화시설 소각장 스팀공급사업	• 순천만 갯벌 블루카본 강화사업 • 도진 카본 흡수를 위한 New Space 조성사업	-	-	• 외룡 산지 습지보호지역 관리보전 사업 • 하늘 그림자 조성을 위한 나무식재 사업	-
전라남도 신안군	-	• 블루카본 복원	-	-	• 기후대응 도시 숲 조성사업 • 복합 산림경관 숲 조성	-
서울특별시 노원구	• 도시형 자원순환 적용 다용도 사회적 기업 운영	• 도시형 시민참여 탄소흡수원 조성	-	-	-	-
충청남도 당진시	• 순환자원 바이오차 전환 사업	-	-	-	• 산업단지 기후대응 도시 숲 조성사업	-
충청남도 보령시	• 유기성 폐자원 통합바이오가스화	• 생활폐기물 소각시설 CCU시범사업 • CCU메가프로젝트(e-fuel생산)	-	▪ 기후위기대응형 스마트도시 조성	• 도시바람길숲 조성사업 • 대천천 영생식물단지 조성사업 • 무창포 달벼슬섬 갯벌생태계복원사업 • 원산도 진달래갯벌복원사업 • 대천천 영생식물 시범단지 조성 • 보령호 생태공원 조성 • 중앙공원 조성	-
제주특별 자치도	• 친환경 폐기물 처리 시설 조성	• 육·해상 흡수원 조성 • 생태축 복원 및 관리 • 목재 이용 친환경도시 조성	• 친환경 저탄소 농축수산 환경 조성 • 가축분뇨의 자원화 및 처리 • 가축분뇨 관리 대진환	-	• 자연환경 보전·보호	-

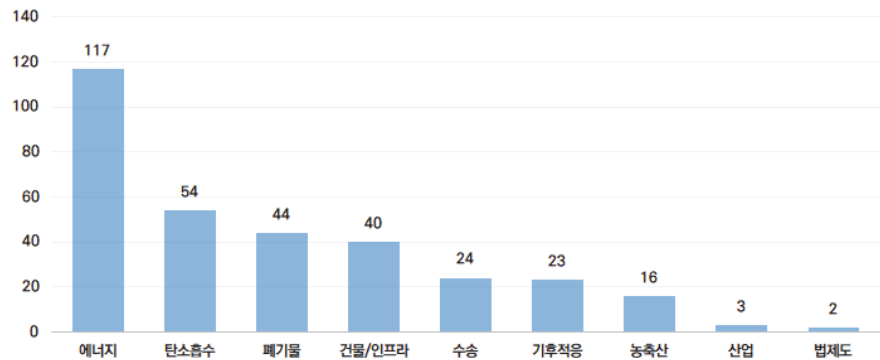
출처 : 환경부(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진이 재작성

2. 지자체 탄소중립도시 조성계획 사업현황

1) 탄소중립도시 사업부문별 분석대상 사업 개요

□ 탄소중립도시 계획 상 조성사업의 부문별 빈도

지자체가 작성한 탄소중립 도시 계획안 상 사업은 총 10개 부문 323개 사업으로 나타났다. 각 부문별 사업숫자의 빈도를 파악해 보니 에너지 부문(117개)이 전체 36.2%를 차지할 정도로 많았다. 탄소흡수 부문(54개)은 16.7%로 높았고, 폐기물(44개), 건물/인프라(40개) 부문은 거의 비슷한 빈도로 높았다. 수송, 기후적응 부문은 7% 정도, 농축산 부문은 4.9% 정도 혹은 이하의 낮은 빈도를 보였으며, 산업과 법제도는 가장 낮은 빈도를 보였다.



[그림 3-6] 지자체 탄소중립 조성 사업계획 부문별 빈도

출처 : 연구진 작성

이 결과를 바탕으로 에너지 부문의 사업들을 보다 자세하게 분류하고, 분류된 유형들의 특성들을 분석할 수 있었다. 탄소흡수, 폐기물, 건물/인프라, 수송, 기후적응 부문의 경우도 사업을 분류하고, 주요 사업들을 정리하였다.

2) 에너지 부문 탄소중립도시 사업에 활용된 기술

에너지는 탄소중립 도시 조성에서 가장 중요한 요소로, 재생 가능 에너지 확충과 에너지 효율화가 주요 방향으로 지자체 사업에서 고려되고 있었다. 사업의 주요 내용은 태양광, 풍력, 수소 경제 도입 등의 사업이 중심을 이루고 있었다.

탄소중립 도시 조성을 위한 에너지 부문 요소기술 사업들은 주로 에너지 절약, 에너지 관리, 에너지 확산, 스마트 도시 인프라 구축 등으로 유형화되고 있었다.

탄소중립 도시 조성을 위한 에너지 부문 인프라기술 사업들은 주로 태양광 발전 시설 설치, 수소 에너지 관련 인프라 구축, 신재생 에너지 인프라 구축 등으로 유형화되고 있었다.

□ 에너지 절약 및 효율화를 위한 사업

에너지 절약을 통한 에너지 효율화 기술을 구현하기 위한 사업들은 자가소비형, 가로등, 승강기, 냉난방 등 일상생활에 근접해서 사용하기 위한 기술들로 구성되어 있다. 주요 사업들로는 가로등이나 보행로와 관련된 고효율 LED 가로등 신설 및 교체, 스마트 가로등 및 무빙데크 등이 있으며, 건축물 내부의 요소기술로는 승강기 자가 발전 장치 설치, 지붕 차열 페인트 적용을 통한 에너지 절약, 에너지 자립형 태양광 발전 지원, 자가 소비형 태양광 구축, 저 엑서지 지열, 수열 에너지 집단 냉난방 시스템 등이 있었다.

[표 3-3] 에너지 부문 에너지 절약 및 효율화 기술 주요 사업

사업분류	사업내용
고효율 LED 가로등 신설 및 교체	• 기존의 전통적인 가로등을 고효율 LED 가로등으로 교체 • 도시 내 에너지 소비를 크게 줄이고 유지비를 절감
스마트 가로등 및 무빙 데크	• 스마트 도시 인프라로서 신재생 에너지를 활용하여 도심 내 전력 소모를 줄임
승강기 자가 발전 장치 설치	• 승강기 사용 시 발생하는 에너지를 자가 발전으로 저장하여 에너지 사용량을 절감
지붕 차열 페인트 적용	• 건물의 옥상에 차열 페인트를 적용하여 여름철 건물 내부의 냉방 에너지 사용량 감소 도모
에너지자립형 태양광 발전 지원	• 가정 및 건물에 태양광 발전을 도입하여 자체적으로 에너지를 생산하고 소비 • 중앙 전력망에 대한 의존도를 줄임
자가 소비형 태양광 구축	• 대학과 같은 공공 시설에 자가 소비형 태양광 시스템 구축 • 전력 피크 때 자체적으로 전기를 공급가능
지열, 수열 에너지 집단 냉난방 시스템	• 지열과 수열을 활용한 냉난방 시스템 적용 • 건물 에너지 사용을 줄이고, 온실가스 배출을 감소

출처 : 환경부(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진 재구성

□ 에너지 관리를 위한 플랫폼 및 모니터링 기술

여기에 속한 기술 및 플랫폼들은 모두 에너지 효율성과 지속 가능성을 높이기 위한 혁신적인 사업들로서, 에너지 절감, 탄소 배출 관리 등을 위한 플랫폼 중심으로 이루어져 있다. 각각의 요소는 에너지 사용이나 탄소배출의 효율적인 관리를 위한 정보기술이 중심이 되고 있다.

사업들의 주요 목적을 통해 특징을 요약해 보면, 정보기술 기반 에너지 관리, 탄소 배출 관리 및 감축, 분산형 에너지 시스템 도입, 통합적 에너지 관리 등으로 구분할 수 있다.

- 정보기술 기반 에너지 관리

이 부문에 속하는 기술은 실시간 모니터링 및 데이터 분석을 통해 에너지 사용을 최적화하고 탄소 배출량을 관리한다. 이는 효율적인 에너지 관리를 가능하게 하며, 투명한 데이터를 기반으로 도시 및 기업 차원의 결정이 이루어진다.

[표 3-4] 에너지 부문 에너지 관리 관련 기술 주요 사업

사업분류	사업내용
에너지 감축 연계 탄소 크레딧 플랫폼	• 에너지 절약을 통해 절감된 탄소 배출량을 경제적으로 보상하는 시스템 • 탄소 배출을 줄이는 사업체나 개인에게 인센티브를 제공
탄소 회계 플랫폼 개발	• 국제 표준(ISO, GHG Protocol)에 맞춘 탄소 배출 데이터를 관리하는 도시(기업)차원의 탄소 배출량 보고 시스템 • 도시 차원의 탄소 배출 데이터를 기록하고 관리하여 탄소 배출량을 실시간으로 모니터링하고 감축 도모
분산 에너지 관리 플랫폼	• 에너지를 소규모로 분산 생산하고 관리하는 시스템 • 기존의 중앙 집중형 에너지 관리 방식에서 탈피하여 지역 단위로 에너지 흐름을 효율적으로 조정
공동 주택·건물 에너지 통합 관리 시스템	• 주거지나 상업용 건물의 에너지 사용을 통합적으로 관리하여 에너지를 효율적으로 사용하는 시스템 • 개별 건물뿐 아니라 도시 전체의 에너지 효율성 제고
건물별 온실가스 배출 관리	• 개별 건물에서 발생하는 온실가스 배출량을 모니터링하고 관리하는 기술 • 건물 에너지 사용 최적화하고 탄소 배출 감소 도모
공공 건물 에너지 사용 모니터링 시스템	• 공공 건물의 에너지 사용을 실시간으로 모니터링하여, 에너지 낭비를 방지하고 효율적인 사용 패턴을 적용

출처 : 환경부(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진 재구성

□ 태양광 발전시설 설치

에너지 부문 지자체 탄소중립 시설에 해당하는 사업들은 신재생에너지를 적극 도입하고 있는데, 이 중 태양광 발전시설이 중점적으로 고려되고 있었다. 태양광 발전시설은 탄소중립 기술 중 가장 잘 알려진 기술로서, 여러 부처별 정책에서 에너지 관련 사업으로 채택해 왔기 때문에 지자체에서 탄소중립 도시 조성사업으로 적극적으로 고려했다고 볼 수 있다.

[표 3-5] 에너지 부문 태양광 발전시설 관련 인프라기술 주요 사업

사업분류	사업내용
태양광 및 태양열 설비를 여러 건 축물에 구축	• 상업용 및 공공건물에 태양광과 태양열 설비를 도입하여, 재생 에너지 사용 비중을 높이고 탄소 배출을 줄임
상주시 APC 태양광 발전 시설 설치	• 상주시 지역에 태양광 발전 설비를 설치하여, 농촌 지역에서 신재생 에너지를 적극 도입하는 사례로 활용
포스코 포항제철소 옥상 및 주차장 태양광 발전 시설 설치	• 대규모 기업단지에 태양광 발전 설비를 설치하여 공장 운영에 필요한 전력을 자급하는 시스템을 구축
공공 주차장 태양광 설치	• 공공 주차장에 태양광 패널을 설치하여 유휴 공간을 활용한 에너지 생산을 증대시키고, 주차 공간과 에너지 생산을 동시에 해결
구미 산단 내 RE100 태양광 시스템 구축	• 산업 단지 내 태양광 설비를 통해 산업 전반의 재생 에너지 사용 비율을 높이는 시설을 구축
덕동 마을 태양광 발전 시설 설치	• 농촌 지역 마을 단위로 태양광 발전을 도입하여 마을 단위 에너지 자립도를 높이고, 농업과 에너지 생산의 융합 도모
노원 시민 태양광 설치	• 도심지에 거주하는 시민들이 직접 태양광 패널을 설치하고 생산된 전기를 자가 소비하는 방식 • 도시 내 재생 에너지 사용을 촉진
창동 차량 기지 내 연료 전지 및 태양광 설치	• 차량 기지에서 연료 전지와 태양광을 활용하여 교통 인프라의 전력 공급을 신재생 에너지로 전환
보령호, 홍성호 일대 태양광 발전 단지 조성	• 대규모 태양광 발전 단지를 설치하여 농촌 지역의 유휴지와 재생 에너지 생산을 결합
섬 지역 전력 공급 및 ESS 구축	• 전력망이 연결되지 않은 섬 지역에 태양광 및 ESS(에너지 저장 장치)를 설치하여, 자립형 전력 공급 시스템을 도입

출처 : 환경부(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진 재구성

□ 수소 에너지 생산과 활용을 위한 인프라 구축

지자체에서 에너지를 획기적으로 줄이기 위해 수소 에너지를 도입하고, 활용하기 위한 시설들을 도입하는 사업들이 많았다. 주로 고려되고 있는 사업들은 수소차를 위한 수소 충전소 설치, 그린 수소 생산시설 구축, 기존 도시가스 배관을 활용하는 등의 인프라 구축이었다.

• 수소 에너지의 전방위적 활용

수소차, 수소 충전소, 그린 수소 생산, 수소 배관 등의 기술은 수소 에너지를 생산, 유통, 소비하는 모든 단계에서 수소의 효율적이고 안전한 사용을 목표로 한다. 이러한 인프라는 도시 전반에서 수소를 주요 에너지원으로 사용할 수 있는 기반을 제공하며, 도시의 탄소중립을 촉진한다.

• 친환경 모빌리티의 확장

수소차와 수소 충전소의 보급은 기존의 내연기관 자동차를 대체하는 친환경 모빌리티 생태계를 확대하는 핵심 사업이다. 이를 통해 도시 내 교통 부문에서의 탄

소 배출을 크게 줄일 수 있는 기회를 제공한다. 수소차는 전기차와 함께 미래 모빌리티의 중요한 한 축으로 자리잡고 있다.

- 수소 인프라의 중요성

수소 배관 구축 및 수소 도시 인프라 확장은 수소의 안전한 저장 및 운송을 가능하게 하여 수소 에너지를 도시 전역에 공급할 수 있도록 한다. 이러한 인프라는 수소 에너지의 상업적, 산업적 활용을 위한 필수적인 요소이며, 대규모 수소 경제를 실현하는 데 중요한 역할을 한다.

- 지속 가능한 에너지 전환의 일환

지자체에서 추진하는 수소 에너지 관련 사업들은 장기적인 에너지 전환 전략의 일환으로, 기존의 화석 연료 기반 에너지를 신재생 에너지와 수소 에너지로 대체함으로써, 탄소중립 목표를 달성하고 지속 가능한 도시를 구현하려는 목표를 가지고 있다. 특히, 그린 수소는 풍력 발전 등 신재생 에너지에서 발생한 잉여 전력을 이용하여 수소를 생산한다. 이를 통해 재생 에너지의 변동성 문제를 해결하면서도, 청정한 수소 연료를 확보할 수 있다. 즉, 수소 에너지는 재생 에너지를 보완하고, 효율적으로 활용하는 중요한 기술이 된다.

[표 3-6] 에너지 부문 수소 인프라기술 관련 주요 사업

사업분류	사업내용
수소차 및 수소 충전소 도입	• 수소차 보급 확대와 수소 충전소 구축은 도시 내 친환경 모빌리티 생태계를 구축 • 탄소 배출을 줄이고, 친환경 교통수단을 활성화
그린 수소 생산 기지 구축	• 풍력 발전 출력 제한 전력을 활용한 그린 수소 생산은 신재생 에너지로 수소를 생산하여, 탄소 배출을 최소화한 연료원을 확보
수소 배관 구축 및 수소 도시 인프라 확장	• 수소를 안전하고 효율적으로 운송하기 위한 배관을 구축 • 도시 인프라에 수소 사용을 확대

출처 : 환경부(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진 재구성

□ 풍력, 폐기물, 폐열 등을 활용한 신재생 에너지 인프라 구축

태양광이나 수소 이외의 신재생 에너지 생산을 위해 기존 폐기물 처리시설, 폐열 활용 시설들을 활용하고, 신재생과 안전기능이 접목된 시설들도 사업으로 제시되고 있다.

- 자원 재활용 및 순환형 에너지 생산

여러 기술들이 폐기물, 폐열, 바이오가스 등을 재활용하여 에너지를 생산함으로써

써, 자원을 효율적으로 활용하고 에너지 낭비를 최소화하는 것을 목표로 한다. 이는 자원 순환형 도시 구현을 위한 중요한 요소다.

- 신재생 에너지 활용 확대

풍력 발전 단지, 태양광 패널 설치, 바이오가스 청정 연료 생산 등 다양한 신재생 에너지 기술을 도입하여, 도시 전력 공급을 화석 연료에서 신재생 에너지원으로 전환하려는 노력이 공통적으로 나타난다.

- 에너지 자립 및 효율성 향상

스마트 팜의 지열 히트 펌프 도입이나 스팀 열 공급 시설 구축과 같은 기술들은 에너지 자립도를 높이고, 에너지 사용 효율성을 개선하여 도시 및 농업 부문에서 에너지 비용 절감과 환경 보호를 동시에 실현하고자 한다.

- 스마트 기술 적용

농업 분야의 스마트 팜, 지역 특화 임대형 스마트 팜 조성 등 스마트 기술을 적극적으로 활용하여 에너지 효율성과 생산성을 극대화하고, 첨단 기술을 접목한 에너지 관리가 이뤄지고 있다.

- 공공 부문 및 사회적 인프라 개선

공공기관과 환경 기초 시설, 도로 인프라에 신재생 에너지 설비를 확충하여 공공 부문에서도 탄소 배출을 줄이기 위한 노력이 포함된다. 이는 도시 전반에 걸친 에너지 효율화와 탄소중립 달성에 중요한 기여를 한다.

[표 3-7] 에너지 부문 재생에너지 인프라기술 관련 주요 사업

사업분류	사업내용
유류 사용 스마트 팜 지열 히트 펌프 보급	• 농업 현장에서 지열 히트 펌프를 도입 • 에너지 비용 절감 및 환경 부담을 줄이는 스마트 농업 기술
지역 특화 임대형 스마트 팜	• 지역에 특화된 스마트 농업 시스템을 구축 • 에너지 효율성을 높이고 농업 생산성을 극대화
풍력 발전 단지 조성	• 풍력 에너지를 활용한 대규모 발전 단지를 조성 • 도시의 전력 공급을 신재생 에너지원으로 전환
유기성 폐기물 처리와 하수 처리장 기반 신재생 에너지 생산	• 폐기물을 에너지원으로 전환하는 시설 설치 • 도시 내 폐기물 문제 해결, 에너지를 생산
하수 처리장에서 바이오가스 이용 청정 연료(LNG) 생산	• 하수 처리 시 발생하는 바이오가스 활용, 청정 연료를 생산 • 청정연료를 에너지원으로 활용하는 시설을 구축
공공기관, 환경 기초 시설 내 신재생 에너지 설비 확충	• 공공기관과 환경시설에 신재생 에너지 설비를 설치하여 공공 부문에서의 재생 에너지 비중 제고

출처 : 환경부(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진 재구성

□ 스마트 도시 인프라 구축 기술

도시 인프라가 탄소중립에 기여하기 위해서는 탄소배출을 줄이고, 신재생 에너지를 공급해야 하고, 또는 에너지 자급자족의 실험적 접근이 요구된다. 탄소중립 도시 조성 사업들에서는 이를 위해 도시 인프라 구축에 있어 재생 에너지 활용, 에너지 자립도 향상, 에너지 거래 플랫폼 마련, 재생 에너지 변동성 관리를 특징으로 하고 있었다.

[표 3-8] 에너지 부문 스마트 도시인프라 구축 관련 기술 주요 사업

사업분류	사업내용
마이크로그리드 시스템 도입	- 지역 단위 독립적인 전력생산 및 관리 시스템 - 재생 에너지를 활용해 지역사회의 에너지 자립도를 높이고, 전력망에 대한 의존도 낮춤
계통 유연 자원 서비스화 기술 개발	- 재생 에너지의 변동성을 수용하기 위한 기술 - 재생 에너지원의 변동적인 공급을 안정적으로 관리하고, 전력망의 균형을 유지하는 데 기여

출처 : 환경부(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진 재구성

3) 탄소흡수 부문 탄소중립도시 사업에 활용된 기술

탄소흡수 부문의 요소기술 사업은 CCU 기술을 다양화하여 바이오가스 회수기술, 제품전환 기술이 접목되고 있었다. 또한, 탄소중립 도시 인프라기술 사업들을 분석한 결과, 탄소흡수원인 숲, 공원, 정원 등의 그린인프라 조성사업들이 대부분을 차지하고 있었다. 조성위치는 도시, 산림, 갯벌 등으로 지자체 지리적 여건에 따라 다양하였다.

□ CO₂ 포집 및 활용기술 사업

이산화탄소를 포집하여 산업적으로 활용하기 위한 기술로서 지자체 탄소중립 사업의 탄소흡수 방안으로 채택되어 있었다. 직접적인 대기 중 온실가스 농도를 낮추는데 기여한다. 또한, 그린올(GreenAll)과 같은 기술을 통해 이산화탄소는 연료, 화학 원료, 건설 자재 등의 제품으로 개발되도록 사업이 고려되고 있다. 이는 탄소중립이 경제적 가치 창출로도 연결될 수 있다는 점에서 지자체가 탄소중립 기술로 적용하기에 유용할 것으로 판단된다.

□ 흡수원 확보를 위한 나무 은행 사업

지자체 탄소중립을 위한 흡수원 확보 사업으로서 도시 개발 등에 의해 베어져 폐기해 온 나무들을 폐기하지 않고 나무은행에 보존하는 기술들이 고려되고 있었다. 성목이 된 나무를 보존함으로써 탄소흡수 효과를 매우 높일 수 있을 것으로 판단된다.

□ 소각 시설 및 바이오가스화 시설과 CCU의 결합 기술

이 지자체 탄소중립 도시 사업은 바이오가스 회수 및 소각 시설에서 발생하는 온실가스를 CCU 기술을 통해 포집하여 처리하는 기술이다. 포집된 CO₂는 다른 산업분야에서 재활용되어 연료로 쓰이거나 산업용 자재로 활용하게 된다. 또한, 안전하게 저장하게 된다. 이러한 기술들은 탄소배출원으로 작용하던 소각시설 등의 혐오시설이 탄소중립에 기여하는 도시 시설로 전환되는 이점도 있을 것으로 판단된다.

[표 3-9] 탄소흡수 부문 재생에너지 관련 주요 사업

사업분류	사업내용
CCU 기술 활용	• CO₂ 포집 및 활용, 설비 구축 • CO₂ 전환 및 최종 제품화(그린올) 기술 R&D
소각시설 및 바이오가스화 시설	• 바이오가스 생산과정에서 발생하는 CO₂를 포집처리 • 소각 시설에서 발생하는 온실가스를 CCU 기술을 이용하여 포집 처리
나무은행을 통한 흡수원 유지	• 도시 개발로 폐기될 나무를 나무 은행에 보존하여 성목 확보로 흡수원 효율 향상

출처 : 환경부(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진 재구성

□ 생물학적 탄소흡수 인프라

생물학적 흡수는 주로 수목 및 녹지를 통해 대기 중 탄소를 흡수하는 방식으로 지자체에서는 이런 사업을 주로 채택하고 있었다. 도시나 근교, 농어촌 등에 탄소숲 등의 그린인프라를 확장하는 다양한 사업이 포함되고 있다.

주요사업으로는 포스코 역사관 주변 및 수변 공원 내 수목 식재, 50:50 시민 및 기업 참여 방식의 100만 그루 탄소 숲 조성, 생활 밀착형 수목 정원 조성, 강정습지 및 성산을 시흥 공원 생태축 복원 등이 있었다.

□ 도시 녹지 및 생태 복원 인프라

도시 녹지의 확대는 탄소 저감뿐만 아니라 지역 내 생물다양성을 유지하고 열섬 현상을 완화하는 중요한 방법이다. 이런 점을 지자체에서도 인지하고, 탄소흡수원 역할도 겸하도록 녹지확보를 사업으로 제시하는 것으로 판단된다.

주요사업은 도심의 포켓 정원, 녹지 벨트, 공공 공원 조성, 폐선 부지 및 공영 주차장 생태 주차장화 등이 포함되고 있었다.

□ 해양 생태계 기반 흡수 인프라

블루카본과 같이 해양과 연안 생태계에서 흡수되고 저장되는 탄소를 의미한다. 블루카본 기반 탄소 흡수는 해양 생태계를 복원하고 유지하는 기술로, 주로 바다 숲과 갯벌을 조성하여 탄소를 흡수하는 방식이다. 해안을 끼고 있는 지자체에서 탄소흡수원 확보를 위한 인프라기술로 채택하고 있었다.

주요 사업으로는 철강 생산 부산물인 슬래그를 활용한 인공 어초(트리톤) 설치를 통해 해양 생태계를 복원하고 장기적인 탄소흡수원 마련, 갈피와 해초림 등 수생 식물 복원사업 등이 포함되고 있었다.

[표 3-10] 탄소흡수 부문 탄소중립도시 인프라기술 주요 사업

사업분류	사업내용
수목 및 녹지 조성	포스코 역사관 및 수변 공원 등지에서 수목을 식재하여 탄소 흡수원을 제공하고 공공 편의 시설을 조성.
도시 녹지 인프라	- 도시 내 포켓 정원, 녹지대, 도로변 나무 식재 - 온실가스 감축 및 열섬 효과 방지를 겸한 흡수원을 조성.
숲과 습지 복원	- 자연림 복원 및 습지 조성, 대안들 숲 조성 - 생물다양성을 증진하고 탄소를 흡수 50:50 참여 방식으로 100만 그루 탄소 숲 조성
공공 및 생태 공원	산책로를 포함한 공공 생태 공원 조성, 지역 사회와의 협력을 통해 탄소 흡수와 공공 휴식 공간을 제공.
인공 해양 생태계	- 철강 부산물 슬래그를 활용한 인공 어초(트리톤) 활용 - 해양 생태계를 복원하고 블루카본을 흡수

출처 : 환경부(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진 재구성

4) 폐기물 부문 탄소중립도시 사업에 활용된 기술

지자체 탄소중립 도시 요소기술 사업 중 폐기물 부문에서는 폐기물을 재활용하고 자원화하는 기술, 폐기물을 에너지원으로 전환하는 기술, 폐기물 처리의 저탄소화 기술 등으로 정리할 수 있었다. 재활용되는 폐기물의 재료가 제품 또는 에너지원에 따라 필요한 기술이 달라지고, 이런 생산기술과 함께 설비기술도 지자체 사업을 통해서 제안되고 있었다.

폐기물과 관련된 인프라 기술 사업에서는 요소기술에서 언급되었던 폐기물 재활용 기술들이 시설사업으로 펼쳐진 내용들을 확인할 수 있었다. 주요 내용은 소각 시설, 바이오가스화 시설, 자원순환 시설 조성사업 등으로 구성된다. 구체적인 내용들을 아래와 같다.

□ 폐기물 재활용을 통한 자원화 기술

지자체 탄소중립 도시 사업의 폐기물 부문에서는 폐기물 재활용 및 자원 순환 기술에 대해 자주 언급하고 있었다. 주된 내용은 폐기물을 바이오차나 바이오디젤 등으로 전환하는 기술, 스티로폼과 같은 폐기물을 재생 원료화 하는 기술, 생분해성 플라스틱 및 쓰레기 봉투의 원재료 생산기술 등 이었다.

□ 폐기물 재활용을 통한 에너지화 기술

지자체에서는 탄소중립 도시 조성을 위해서 폐기물 재활용을 통한 에너지화 기술도 사업으로 적극 반영하고 있었다. 주요 사업으로 가축분뇨, 폐유 등의 폐기물을 바이오차, 바이오디젤, 바이오가스 등의 에너지원으로 전환하는 기술들이 포함되고 있다.

□ 폐기물 처리를 위한 자동화 기술

지자체에서 폐기물 부문 요소기술로 채택하는 것들은 재활용시설의 처리용량 확대, 비점오염 저감, 하수처리 자동화와 관련된 기술이었다. 구체적으로는 하수 및 폐기물 관리시 에너지 효율성의 향상을 위한 AI와 자동화 기술 도입, 비점 오염 저감 사업을 통해 환경 오염을 방지, 폐기물 처리 인프라와 음식물 쓰레기 처리 시설을 확충 기술 등이 포함되고 있다.

[표 3-11] 폐기물 부문 탄소중립도시 요소기술 주요 사업

사업분류	사업내용
폐기물 재활용 바이오차, 바이오디젤 생산 기술	• 폐기물을 활용해 바이오차를 생산 • 가축 분뇨를 재활용하여 바이오차 생산 실증 • 폐유를 재활용하여 바이오디젤을 생산
폐기물 재활용 제품화, 자원화 기술	• 폐기성 비닐을 생분해성 플라스틱으로 전환 • 폐기된 스티로폼을 재생해 석유화학 원료로 사용, 폐기물 자원화 • 음식물 쓰레기와 생활 쓰레기 봉투를 생분해성 소재로 전환 • 생산 과정에서 발생하는 CO₂ 포집 및 재활용 기술활용
폐기물 재활용 에너지 기술	• 유기성 폐기물을 바이오가스로 전환하고, 에너지원으로 활용 • 바이오가스와 도시가스 배관망 연결로 재생 에너지 활용도 제고
재활용 시설 처리 용량 확충	• 재활용 시설의 용량을 확충하여 더 많은 폐기물을 재활용 • 자원 정화 센터 노후 시설 개선 및 용량 확충 • 음식물류 처리 시설 처리 용량 확충
비점 오염 저감 기술	• 비점 오염원을 줄여 탄소 배출과 환경 오염을 방지. • 폐기물 관리 사업으로 비점 오염 저감 및 탄소 배출을 최소화
하수처리 자동화 기술	• 하수관로 수위 및 하수량 모니터링을 통한 실시간 운영상황 분석 • 수집된 정보를 활용해 시가 설정한 운영 체계를 통하여 분석된 유입량 및 농도에 맞게 하수처리시설 송풍기 운전 제어 • 24시간 데이터 모니터링으로 시가 판단하여 유입농도에 맞춰 송풍기 운전량 제어 • 시를 활용한 하수처리 자동화로 에너지 소모와 탄소 배출 최적화

출처 : 환경부(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진 재구성

□ 폐기물 소각시설 설치를 통한 폐열 재활용 사업

폐기물 소각시설은 소각 과정에서 발생하는 열과 스팀을 공공시설에 공급하여 에너지를 재활용하는 방식으로 자원 순환과 에너지 효율을 높이는 인프라 기술⁹⁾이다. 이러한 기술 사업들은 지자체 탄소중립 도시 조성을 위한 인프라 시설로서 폐열 재활용이 적극 검토되고 있는 것으로 판단할 수 있다.

□ 폐기물 바이오가스화 시설 설치 사업

폐기물 바이오가스화 시설은 유기성 폐기물을 바이오가스로 전환해 에너지원으로 재활용하는 시설로서, 폐기물 바이오가스화 기술을 제안하고 있는 지자체에서 함께 채택하고 있는 기술사업이다. 도시 내 공공 하수 처리 및 도시 인프라와 연계하여 바이오가스를 활용한 에너지 시스템을 구축하며, 자원 순환을 촉진하는 것을 주요 사업 내용으로 하고 있다.

9) 대표적인 예로 세종시에서 운영하는 세종천연가스발전소(열병합 발전소)를 들 수 있다

□ 자원순환 시설 조성 사업

지자체 탄소중립 인프라 기술로서 자원 순환 관련 시설들은 폐기물 재활용과 재사용을 통해 자원의 순환을 촉진하는 것이 주된 목적이다. 구체적으로는, 제주 자원 순환 클러스터와 스마트 인프라, 폐플라스틱 및 해양 폐기물 재활용 시스템 등이 있다. 자원순환 시설사업을 보면, 제주도에서 제시한 사업들이 발견된다. 제주도는 섬이라는 갇힌 구조를 가져 폐기물 처리용량에 한계를 가지고 있다. 이를 해결하기 위해서 적극적인 폐기물 자원순환 고려가 필요한 것으로 판단된다.

[표 3-12] 폐기물 부문 탄소중립 도시 인프라 기술 사업

사업분류	사업내용
소각열 활용 확대	• 폐기물 소각 과정에서 발생하는 열을 공공시설에 공급하여 에너지 자원으로 활용
광역 폐기물 소각 시설 조성 (안덕)	• 대규모 폐기물 소각 시설을 설치해 폐기물 처리 용량을 증대시키고, 소각열을 활용
환경 에코센터 소각장 건립	• 환경 친화적인 폐기물 소각장을 건설하여 환경 오염을 줄이고 자원 활용을 최적화
바이오가스화 시설 설치	• 유기성 폐기물(음식물, 가축 분뇨 등)을 활용하여 바이오가스를 생산하는 시설
통합 바이오가스화 시설 설치	• 여러 종류의 유기성 폐자원을 통합하여 바이오가스를 생산하는 시설로, 폐열 회수 시스템도 포함
바이오가스와 공공 인프라 연결	• 바이오가스 상부 시설을 주민 편의 시설 및 공원으로 활용하여 도시 생활 인프라와 연결
순천시 공공 하수 처리 시설 내 바이오가스화 시설 설치	• 공공 하수 처리와 연계된 바이오가스화 시설을 통해 에너지 자원 활용 극대화
매립장 유기물 분석 및 호기성 공법 적용 시설 설치	• 매립지의 유기물 및 가스를 효율적으로 관리하여 환경에 미치는 영향을 줄이는 시설
가축 분뇨 공공 처리 시설 운영	• 가축 분뇨를 처리하여 바이오가스화하거나 다른 자원으로 활용하는 공공 인프라
제주 자원 순환 클러스터 조성	• 자원 순환과 폐기물 처리를 통합적으로 운영하는 거점 시설 구축
해양 폐기물 재활용 및 놀이시설 조성	• 해양에서 수거된 폐어망 및 플라스틱을 재활용해 놀이 시설을 조성
스마트 자원 순환 인프라 구축	• 자원 순환을 위한 스마트 기술 도입으로 효율성을 높인 인프라
폐플라스틱 2중 결합 소재 분리 및 자원 순환 공급망 구축	• 폐플라스틱을 분리하고 재활용하는 시스템으로 자원 순환을 촉진
제주 환경 자원 순환 센터 침출수 처리 시설 운영	• 침출수와 폐수의 효율적인 관리시설
친환경 재생 처리 설비 도입	• 폐기물의 재생과 처리를 위한 친환경 설비를 도입

출처 : 환경부(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진 재구성

5) 건물·인프라 부문 탄소중립도시 조성요소

건물·인프라 부문의 사업들은 건물·인프라에 설비를 부착하거나 시설을 대수선 또는 보수함으로써 얻어지는 탄소중립 효과를 목적하는 것으로 판단된다. 사업 분류는 서로 독립적이나, 서로 연관되어 있기도 하다. 예를 들어서, 그린리모델링은 기존 건축물에 신재생 에너지 설비를 설치하게 되는데, 태양광 설비, 수소 보일러 설비 등이 이에 해당한다.

□ 제로에너지 빌딩기술 향상을 위한 ZEB 인증등급 상향 추진

지자체의 건물부문 탄소중립 요소기술 사업 중에서는 신축의 제로에너지 빌딩화를 중요하게 채택하고 있었다. 제로에너지 인증등급 상향조정을 통해서 제로에너지 빌딩에 소요되는 요소기술의 향상을 도모하고 있었다.

□ 건축물 에너지 관리시스템 기술의 보급

가정용, 건물용, 공장용 에너지 관리 시스템(HEMS, BEMS, FEMS)는 건축물 에너지 효율화를 위한 중요한 수단임에도 관련 기술확보가 충분치 않아 보급화 되지 못하는 실정이다. 이에 지자체 탄소중립 도시 조성에 요구되는 기술로서 적극적으로 채택되고 있는 것으로 판단된다.

□ 건물단위 탄소중립을 위한 탄소배출 등 데이터 분석 기술

지자체 탄소중립 도시 조성사업을 분석한 결과, 건물단위 탄소배출 모니터링, 분석, 통합관리에 관한 건물·인프라 부문 요소기술들이 분류되었다. 구체적으로, 건물에너지 관리 효율성을 제고하고, 최적화된 탄소저감 방안 솔루션을 제공하며, 도시차원의 탄소중립 공간분석 기술 등이 포함되었다.

[표 3-13] 건물·인프라 부문 탄소중립 도시 요소기술 사업

사업분류	사업내용
ZEB (제로에너지빌딩)	• 공공건물 신축 리모델링 ZEB 4등급 조기 추진 • 민간 ZEB 5등급 조기 도입
건물단위 탄소중립 데이터 허브	• AI 기반 탄소 데이터 허브 설계 및 개발 • 탄소 데이터 AI 분석 서비스 모델 개발 • GIS 기반 Net Zero City Station 구축
건축물 에너지 관리시스템 기술	• HEMS, BEMS, FEMS 보급

출처 : 환경부(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진 재구성

□ BIPV (건물일체형 태양광) 설치

공공시설과 학교, 주차장 등의 유휴 공간을 활용해 건물 일체형 태양광 발전(BIPV) 기술을 도입하여, 도시 내 신재생에너지 생산을 확대한다. 이를 통해 도심 내 건물들이 자체적으로 전력을 생산하고, 탄소 배출을 줄여 탄소중립 목표를 달성하는 데 기여한다.

□ DR(수요반응) 시스템 설치로 건축물 에너지 전력부하 관리

본 사업의 목적은 공공건물에 수요반응(DR) 시스템을 적용하여, 에너지 사용 급증 시 전력 부하를 효과적으로 관리하는 것이다. 지자체 탄소중립 사업에 채택된 이유는 DR을 통해 에너지 효율성을 높이고, 탄소배출 감소를 도모하기 때문인 것으로 판단된다.

□ 환기시스템 설치를 통한 공기질 개선

지자체 사업으로 공공시설 및 취약계층 시설에 공기질 개선 센서와 AI 기반 환기 시스템을 설치를 채택하고 있었다. 이는 환기가 요구되는 시설들에 에너지 효율화 기술을 적용하여 건강개선과 에너지 비용 절약을 목적하는 것으로 판단된다.

□ 그린리모델링 적용

노후화된 공공건축물 및 임대주택을 에너지 효율이 높은 건물로 전환하기 위해서 그린리모델링 기술이 적용된다. 그린리모델링은 공공사업과 민간사업으로 물리적인 시설을 적용하는 대표적인 탄소중립 건물부문 사업이다. 지자체 탄소중립 도시 사업에서도 흔하게 발견할 수 있는 사업이었다.

□ 수소 에너지를 건물에서 활용

도시 내 주거 및 산업 인프라에 수소 에너지를 적용해 에너지원을 다각화하고, 탄소 배출이 없는 수소 보일러 및 수소 기반 단지를 조성하는 등의 사업들이 지자체 탄소중립 도시 사업에 포함되고 있었다.

□ 태양광 및 태양열 활용

노후 공동주택 및 주거지역에 태양광 및 태양열 발전 설비를 설치해 도시 내 신재생에너지 보급을 확대하고, 에너지 자급자족 인프라를 구축하기 위한 사업들이

지자체 사업으로 채택되고 있었다. 새롭기 보다는 안전하면서도 지속적으로 해 온 탄소중립 관련 인프라 시설로 고려되고 있는 것으로 판단된다.

[표 3-14] 건물/인프라 부문 탄소중립 도시 인프라기술 사업

사업분류	사업내용
BIPV (건물일체형 태양광)	- 유치원 및 학교 등 공공시설 BIPV 설치 - 공공시설 주차장 옥상(지붕) BIPV 설치
DR (수요반응 기술)	공공건물 비상 발전기를 활용한 광명 중소형 DR
공기질 개선	- 어린이집 등 공공시설 공기질 개선 센서 설치 - 공공 시설 및 취약계층 시설 AI 환기 장치 설치
그린 리모델링	- 노후 공공건축물 그린리모델링 - 노후 공공임대주택 그린리모델링 - 노후 민간 건축물의 그린리모델링을 유도
수소 에너지	- 주거용 수소 보일러 설비 구축 - 수소 시범단지 조성
태양광 및 태양열 활용	25개 노후 공동주택 태양광 발전 설치 50개소 주택에 태양열 활용시설 구축 - 농촌 마을 화관, 유흥 부지 활용 태양광 발전 시설 설치

출처 : 환경부(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진 재구성

6) 수송부문 탄소중립도시 사업에 활용된 기술

수송부문의 요소기술은 친환경 교통수단 보급을 위해 기존 화석연료 기반 공공 용도 특수차량, 노후화된 차량의 전환기술이 주를 이루고 있었다. 이런 전환기술 들에는 전기차 폐배터리 재활용 기술도 고려되고 있다.

□ 친환경 교통수단 보급 및 전환을 위한 기술 사업

- 친환경 교통수단 기술

전기 이륜차와 소형 선박의 보급을 통해 전통적인 내연기관 교통수단을 대체하 며, 도시와 해양 지역에서 친환경적 교통수단의 확산을 사업의 주요 내용으로 하 고 있다.

- 친환경 교통수단으로의 전환기술

기존의 내연기관 기반 차량이나 선박을 전기 또는 하이브리드 차량으로 전환하 는 기술이다. 공영 버스와 화물차를 전기차로 전환하거나, 어선을 하이브리드 방 식으로 전환하는 기술사업이 포함되고 있었다.

- 기존의 노후차량을 친환경 차량으로 교체
- 노후차량 중 특히 노후 청소 차량(디젤) 등 도시 내에서 자주 운행되는 특수 차량의 배출가스를 줄이고 환경적 영향을 최소화하기 위한 기술이

□ 재활용 기술로 친환경 차량으로의 전환

- 폐배터리 재활용을 통한 전기차 보급 확대
- 전기차에서 발생하는 폐배터리를 재활용하여 다시 전기차에 활용하는 기술사업들도 지자체에서 탄소중립 사업으로 적용하고 있었다. 폐배터리를 재활용하는 기술과 화물차에 적용하기 위한 기술 등이 요구된다. 이를 통해서 친환경 교통수단 범위를 확대하고, 폐배터리 활용다각화를 이룰 수 있을 것으로 판단된다.
- 다. 노후차량을 개조하여 전기차로 전환하기 위한 기술을 포함하고 있었다.

[표 3-15] 수송부문 탄소중립 도시 요소기술 사업

사업분류	사업내용
친환경 교통수단 보급	• 전기 이륜차 보급 • 친환경 소형 선박 보급
친환경 교통수단으로 전환	• 공영 버스 친환경 차량으로의 전환 • 노후 화물차(4,5등급) 차량을 폐차 지원금을 활용하여 전기 화물차로 개조 • 하이브리드(전기+내연기관) 어선 전환 지원 • 노후 청소 차량 교체
폐배터리 재활용	• 구미 특화 사업인 폐배터리 재활용 업체를 통해 개조된 차량에 장착하여 전기(화물차) 보급 확대를 도모

출처 : 환경부(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진 재구성

□ 교통 인프라 확충을 위한 기술 사업

지자체 탄소중립 인프라기술로 제시되고 있는 버스 전용차로 확충이나 트램 도입은 더 많은 사람들이 빠르고 효율적으로 이동할 수 있도록 도우면서도 탄소저감에 효율적이다. 교통 인프라 개선을 통해 교통 혼잡을 줄이고, 대중교통 및 친환경 교통수단의 사용을 촉진함으로써 전체 교통 흐름의 효율성을 높일 수 있을 것을 지자체에서 인지하고 있는 것으로 판단된다.

□ 자전거 인프라 확충을 위한 기술 사업

자전거 인프라는 자전거 이용자들이 편리하고 안전하게 이동할 수 있는 환경을 조성하는 기술이다. 지자체 탄소중립 인프라 기술로서 자전거 전용 도로와 고속

도로를 구축하고, 보관소와 충전소를 설치 사업을 채택하고 있었다. 이는 자전거 이용의 편리성과 안전성을 높이기 위한 조치인 것으로 판단된다. 아울러, 대기오염을 줄이고, 탄소배출도 감소시키는 주요 탄소중립 수단으로 활용될 것이다.

□ 전기차 인프라 구축을 위한 위한 기술 사업

지자체 탄소중립 수송부문 인프라 기술로서 또한 다수가 전기차 인프라를 채택하고 있었다. 전기차 인프라 구축은 전기차 사용자의 충전 편의를 제공하고, 도시 내 전기차 보급을 지원하는 기술이다. 전기차 충전 스테이션은 대표적으로 전기차 이용의 접근성 확보를 위한 중요한 인프라 기술인 것으로 판단된다. 도심 지역과 캠퍼스에 EV 특화 거리를 조성하거나, 전기차 전용 구역의 제공 등도 전기차 이용을 위한 인프라 기술로서 지자체에서 활용 중이었다.

[표 3-16] 수송부문 탄소중립 도시 인프라 기술 사업

사업분류	사업내용
교통 인프라 확충	• 중앙 버스 전용차로 확충 및 기능 개선 • 제주시 도심 구간 트램 구축 • 동북권 신성장 혁신 거점 내 친환경 모빌리티 교통 인프라 구축
자전거 인프라	• 자전거길 조성 • 자전거 보관소 및 충전소 구축 • 중계동 학원가 스마트 안심 자전거 도로 구축 • 중랑천 자전거 고속도로 연결 이면 도로 노원 Quiet-way 구축
전기차 인프라	• (대학교) 전기차 충전 스테이션 2개소 구축을 통한 계통 연계 유연성 자원화(DR) • 도심형 EV 특화 거리 조성 • 서울 EV 캠퍼스 조성 • 전기차 충전 인프라 보급

출처 : 환경부(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진 재구성

7) 기후적응 탄소중립도시 사업에 활용된 기술

기후적응 부문에서 탄소중립 도시조성 기술들을 분석할 때, 지자체 사업 중 기후탄력성, 재난안전, 청정환경에 속하는 세부내용들이 포함되었다.

□ 탄소 배출 모니터링 및 관리 시스템

지자체는 탄소중립도시 조성을 위해 탄소배출 모니터링 및 관리가 필수적임을 인지하여 사업에 적용하고 있었다. 구체적으로는 LCA(Life Cycle Assessment) 기반의 통합 플랫폼을 구축, 온실가스 배출량을 투명하게 관리할 수 있는 MRV

체계 등의 시스템 구축기술이 도입되고 있다. 주요사업으로는 산업 공정 LCA 기반 통합 탄소 배출 공유 플랫폼 구축, 온실가스 배출량 MRV 체계 구축 등이 포함되어 있다.

□ 디지털 기반 재해 예측 및 대응 기술

지자체 탄소중립도시 조성사업에서는 기후변화로 인한 도시 재난의 안전 강화를 위해 디지털 기술을 활용한 예측 시스템 구축을 채택하고 있었다. 구체적으로 메타버스와 디지털 트윈을 기반으로 한 시뮬레이션 기술, 침수 위험 등의 재난 지역에 대한 예측기술이 활용되고 있었다. 주요 사업으로는 메타버스 프로그램 개발, 디지털 트윈 기반 국지성 폭우에 따른 예상 침수 범람 지역 시각화, 국토 정보 플랫폼 기반 방재 대책 의사결정 지원 주제도 구축 등이 포함되고 있었다.

□ 기상 데이터 활용 재난 대응 기술

지자체에서는 도시 내 재난 발생을 사전에 예측하고 대응하기 위해 실시간 기상 데이터 및 AI 기술을 활용한 시스템 구축기술을 필요로 하고 있었다. 주요 사업으로 기상청 실시간 및 예상 강우량 데이터를 활용한 강우 양상 분석, AI를 활용한 침수 위험 지역 예측 시스템 개발 등이 있었다.

[표 3-17] 기후적응 재난안전 부문 탄소중립도시 사업

사업분류	사업내용
탄소 배출 및 환경 모니터링	• 탄소 배출 데이터 통합 및 검증 (LCA, MRV)
디지털 플랫폼 및 시뮬레이션	• 가상 현실 및 디지털 트윈 기반 시뮬레이션 (메타버스, 디지털 트윈) • 시민 맞춤형 탄소 크레딧 플랫폼 구축
재해 및 기상 데이터 분석	• 실시간 기상 데이터 및 AI 예측 분석 (침수 위험 예측, 강우 양상 분석)
도시 방재 및 의사 결정 지원	• 방재 및 재난 대책 지원을 위한 데이터 수집 및 주제도 구축

출처 : 환경부(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진 재구성

□ 스마트 재난 안전 및 편의 시설 조성

기후적응 부문에서는 도시 내 시민의 안전과 편의를 강화하기 위해 스마트 재난 안전 쉼터와 스마트 그늘막, 이동형 벤치와 같은 시설 조성을 채택하고 있었다. 주요 사업으로는 넷제로 스마트 재난 안전 쉼터 조성, 기후쉼터로서의 스마트 정류장 설치, 스마트 그늘막 조성 등이 있었다.

□ 실시간 환경 모니터링 시설 및 기상재해 대응시설 설치

지자체 사업으로서 온실가스 및 대기오염 물질 실시간 정보제공이 목적인 도시 환경 모니터링 시스템을 도시 시설물에 설치한 것을 채택하고 있었다. 주요 사업으로 시티트리¹⁰⁾ 내 모니터링 측정 시스템 설치로 실시간 온실가스 및 대기 오염 물질 정보 제공, 기상재해 대응시설 설치 등이 포함된다.

[표 3-18] 기후적응 기후탄력 부문 탄소중립 도시 인프라기술 사업

사업분류	사업내용
넷제로 스마트 재난 안전 쉼터 조성	• 스마트 기술을 이용해 재난 안전 쉼터를 구축하여 시민들의 안전 도모
스마트 그늘막 조성	• 도시 열섬 현상을 완화하기 위한 그늘막을 설치
기상재해대응시설 설치	• 기상재해에 대비하기 위한 시설들을 도시 곳곳에 설치
시티트리 내 모니터링 측정 시스템 설치	• 온실가스 및 대기 오염 물질을 실시간으로 측정하는 시스템을 시티트리에 설치
이동형 벤치 설치	• 이동형 벤치로 휴식 공간을 제공
기후쉼터(스마트 정류장) 설치	• 에너지 절약과 기후 쉼터 역할을 함께 제공

출처 : 환경부(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진 재구성

8) 기타 부문 탄소중립도시 사업에 활용된 기술

기타부문에서는 농축산업, 산업 부문이 포함되며, 법제도나 인증 등 기술과 연관은 없으나 지자체에서 탄소중립 도시 사업으로 제시하고 있는 정책도 일부 포함되어 있었다.

① 기타 부문 지자체 탄소중립도시 요소기술 사업

□ 농축산업 부문

- 저메탄 생산기술 확보

농축산업 부문에서의 탄소중립 도시 요소기술 사업을 메탄 배출을 줄이기 위한 기술 개발과 유기질 비료 지원사업 등이 도입되고 있다. 저메탄 생산을 위한 주요 사업으로는 논물 얇게 걸러대기, 저메탄 사료 보급 등이 있다.

- 축산과 ICT기술 연계

축산과 ICT 기술을 융복합하여 생산성과 효율성을 높이기 위한 사업들도 지자체에서 고려되고 있었다. 구체적으로는 스마트 축사 시스템 도입으로 데이터 기반

10) 이동형 도시숲으로서 탄소흡수와 함께 환경 모니터링 정보를 실시간으로 제공

의 축산업 운영을 지원하고, 탄소 중립 실현을 위한 모니터링 시스템 구축을 추진하고 있다. 주요 사업으로는 축산 분야 ICT 융복합 확산 사업, ICT 축사 탄소 중립 유관 데이터 모니터링 등이 있다.

□ 산업부문

- 공정효율화 기술

산업부문에서는 공정관리를 주요한 사업으로 지자체에서는 고려하고 있었다. 산업 공정의 설계와 운영 효율화를 통해 에너지 소비와 온실가스 배출감소가 주된 목적인 것으로 판단된다. 주요사업으로는 생산 공정 설계 및 효율화 사업, 공정 변화의 시뮬레이션을 통한 온실가스 배출 예측 및 지속가능한 경영 모델 구축 등이 있다.

- 탄소배출관리를 위한 플랫폼

온실가스 배출 관리와 탄소 회계를 체계적으로 지원하는 플랫폼을 개발하여, 지자체 지역 내 기업이 탄소 배출을 효과적으로 관리할 수 있도록 돕는 방안이 제시되고 있었다. 주요사업으로는 온실가스 관리 탄소 회계 프로그램 개발 및 지원 등이 있었다.

[표 3-19] 기타 부문 탄소중립 도시 요소기술 사업

부문	사업분류	사업내용
농축산	농업정책	• 유기질 비료 지원 사업
	저메탄 생산기술	• 농축산 탄소 중립 프로그램(논물 알게 걸러대기) • 농축산 탄소 중립 프로그램(저메탄 사료 보급)
	ICT 활용	• 축산 분야 ICT 융복합 확산 사업 • ICT 축사 탄소 중립 유관 데이터 모니터링
산업	탄소완화	• 생산 공정 설계 및 효율화 사업
	플랫폼	• 온실가스 관리 탄소 회계 프로그램 개발 및 지원 • 공정 변화 시뮬레이션 및 온실가스 배출 사전예측 시스템 개발

출처 : 환경부(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진 재구성

② 기타 부문 지자체 탄소중립도시 인프라기술 사업

□ 농축산업 부문

- 농촌특화지구와 스마트팜

지자체 사업을 보면, 지역경제 활성화를 위한 농촌 특화 지구를 지정, 맞춤형 농업 및 농촌 개발 사업이 추진되고 있다. 또한 스마트팜 기술도입이나 스마트팜 혁신 밸리 구축을 통해서 지속 가능한 농업 모델 구축을 추진하고자 하는 것으로 판단된다.

- 농업에 신재생 에너지 활용

농업과 연계된 재생 가능 에너지를 도입하여 농업의 에너지 효율을 높이는 사업들이 포함되고 있다. 주요 사업으로는 농업용 저수지 수상 태양광 설치, 농지에 태양광 시설을 설치하여 농작물 경작과 태양광 발전 병행, 가축 분뇨 공공 처리 시설 설치 후 잔여 부지를 활용한 폐자원 에너지(액비, 폐열 등) 활용 주민 참여 시설 조성 등이 있다.

[표 3-20] 기타 부문 탄소중립 도시 인프라기술 사업

부문	사업분류	사업내용
농축산	농촌특화지구	• 농촌 특화 지구 지정
	에너지	• 농업용 저수지 수상 태양광 설치 • 폐자원 에너지(액비, 폐열 등) 활용 주민 참여 시설 조성
	스마트팜	• 스마트팜 혁신 밸리 조성 • 스마트팜 온실 신축 지원 사업 • 농지에 태양광 설치로 농작물 경작과 태양광 발전 병행

출처 : 환경부(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진 재구성

③ 기타 부문 지자체 탄소중립 도시 정책 및 제도화 사업

□ 농축산업 부문

- 탄소중립 농산물 브랜드화

지자체에서는 친환경 농산물 지원정책을 저탄소와 결합하는 사업들을 제시하고 있었다. 주요 사업으로는 친환경 농산물 인증 활성화(무농약 농산물, 유기농 농산물), 저탄소 농산물 인증 활성화, 탄소 중립 농산물 브랜드화 등이 포함되었다.

- 저탄소 농업정책

지자체 사업으로서 농업활동의 친환경 및 저탄소 전환을 촉진하는 정책들도 제시되고 있었다. 주요 사업으로는 위해 화학 비료 사용을 감축하고, 저탄소 농업 시스템을 도입하여 지속 가능한 농업 생태계를 구축하는 것이 포함되었다.

□ 법제도 부문

• 지자체 조례 신설

농업과 연계된 재생 에너지 발전을 촉진 위해 조례를 신설하려는 지자체 사업도 제시되고 있었다. 구체적으로 영농 태양광 설치를 허용하는 법적 기반을 마련하여 활성화하기 위한 사업이었다. 이 사업은 향후 사업진행에 있어 실효성을 높이기 위한 조치로 판단된다.

• 지자체 조례 개정

탄소중립 도시 조성을 위해서는 지자체 조례가 확보되어야 사업실행이 가능해지는 경우가 많다. 이에 일부 지자체에서는 탄소 중립 도시 조성을 위한 기본 조례를 개정하는 사업들도 제시되고 있었다. 이는 탄소중립 도시 사업추진시 행정적·재정적 지원의 실효성을 높이기 위한 조치로 판단된다.

[표 3-21] 기타 부문 탄소중립 도시 정책 및 제도화 주요 사업

부문	유형화	사업내용
농축산	농산물 브랜드화	• 친환경 농산물 인증 활성화(무농약·유기농 농산물) • 저탄소 농산물 인증 활성화 • 탄소 중립 농산물 브랜드화
	농업정책	• 기후 위기에 대응하는 친환경 저탄소 농업 육성 • 화학 비료 사용 감축
법제도	조례 신설	• 영농 태양광 설치 허용을 위한 조례 신설(상주시)
	조례 개정	• 보령시 탄소 중립·녹색 성장 기본 조례 개정

출처: 환경부 내부자료(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진 재구성

3. 탄소중립도시 사업계획 내 조성요소 도출

이 절에서는 지자체 탄소중립도시 조성사업에서 제시되고 있는 사업 혹은 기술들의 탄소중립도시 조성요소 가능성을 분석하였다.

앞절의 부문별 사업별로 도시계획시설 분류 중 어디에 해당하는지를 작성하고, 해당하지 않는다면 도시계획시설로서의 활용이 필요한지 아니면 도시계획시설로 지정을 검토할 필요가 없는지를 제시하였다(표 3-22).

정리된 지자체 탄소중립도시 사업의 탄소중립도시 조성요소 도입여부는 2장의 탄소중립 기술을 대상으로 한 분석결과(표 2-10)보다는 관계된 도시계획시설이 훨씬 많았다. 도시계획시설의 유형도 중분류에서 보다 다양화 되었으며, 도시계획시설 중 세부시설에 관계된 사업들의 수도 2장에서 거의 없는 수준에 비교하면 매우 많은 것으로 나타났다.

분석대상 중에는 시설에 해당하나 현재는 도시계획시설로 분류되어 있지 않거나 시설이 아니므로 도시계획시설과 관련이 없는 것들이 있었다. 그러나, 향후 탄소중립도시 조성에 있어서 필요하다고 판단되는 경우 도시계획시설 대상으로 필요함을 제시하였다. 데이터 구축과 분석과 관련된 기술이나 사업들도 다수 발견되었는데, 이들은 도시계획시설로 볼 수는 없으나 탄소중립도시 조성에 있어 필수적이다. 이에 탄소중립도시 플랫폼 기술로 제시하였다(표 3-22).

지자체에서 탄소중립도시 조성을 위해 제시한 사업들은 도시계획시설 범주에 포함되지 않는 기술을 제외한다면, 대체적으로 기존 법규상의 도시계획시설의 범주에 포함되고 있는 것으로 파악되었다. 이것은 2장의 탄소중립 기술이 도시계획시설과 직접 연관되는 경우가 많지 않았다는 점과 차별화되는 결과이다. 그러한 이유로는 지자체가 신규 공간시설을 조성하기 위한 규제사항들에 대하여 잘 이해하고 있어 조성가능한 시설들을 사업으로 도입했기 때문인 것으로 판단된다.

1) 온실가스 감축관련 탄소중립도시 조성요소

□ 에너지 부문

에너지 부문의 탄소중립도시 사업들은 사업의 종류가 많고도 다양한 만큼 사업이 대상으로 하는 시설의 유형도 다양하였다. 주된 도시계획시설로는 교통시설, 공공문화체육시설, 보건위생시설, 유통 및 공급시설, 환경기초시설로 나타났다.

교통시설에는 가로등이나 무빙데크, 주차장, 차량기지 등에 스마트 기술을 적용하거나 태양광 등의 신재생 기술이 접목되는 경우가 많았다. 이들은 주로 보행자 전용도로, 자전거전용도로 등의 세부시설에 해당하였다.

공공문화체육시설과 보건위생시설에는 대부분의 건축물과 관련된 사업들이 포함되고 있었다. 태양광, 지열, 수열 등의 신재생에너지를 건축물에 적용하는 사업들이 여기에 해당하였다.

유통 및 공급시설 중 가스공급설비에는 대부분의 수소충전소, 수소배관 등 수소 에너지와 관련된 사업들이 속하였다.

일부 사업들은 환경기초시설에 해당하는 경우가 있었는데, 폐기물(유기성)을 재 활용하여 에너지로 활용하는 시설들이 포함되었기 때문이었다. 이러한 시설들의 경우 특별한 도시계획시설을 추가 지정할 필요 없이 기존 도시계획시설 세부 시설로도 가능할 것으로 판단되었다.

□ 탄소흡수 부문

탄소흡수 부문에 속하는 사업들이 속하는 도시계획시설로는 주로 공간시설이 해당하였다. 탄소흡수원으로서의 녹지 등의 그린인프라는 공간시설로서 공원 및 녹지에 해당하였다. 이들 시설들은 기존의 그린인프라 확충사업과 대상은 같으므로 도시계획시설 기존 분류체계로 도입이 수월했을 것이다.

CCU 기술의 경우는 향후 이산화탄소 포집과 저장을 위한 기술이 구현되는 시설들이 새롭게 정의되고 도시계획시설로서 정비되어야 할 필요가 있었다.

□ 폐기물 부문

폐기물 부문에 속하는 사업들은 대부분 환경기초시설 중 폐기물 처리 및 재활용 시설, 수질오염방지시설에 해당하였다.

주요한 사업들은 바이오차 등의 폐자원, 유기성 폐기물의 바이오가스화 등의 폐기물 재활용과 관련된 사업들, 폐기물 처리시설들의 통합화 등이 있었다. 여기서 기존의 폐기물 처리 및 재활용시설들이 수질오염방지시설과 통합되는 경우도 발견되고 있어서 통합되고 있는 사업들이 현실화되기 위해서 현재 규제사항들이 검토될 필요가 있다고 판단된다.

□ 건물 및 인프라 부문

건물 및 인프라 부문에 해당하는 지자체 사업들은 기존 및 신축 건축물의 에너지 효율화 사업들과, 신재생에너지를 건물과 연계하는 사업들, 교통인프라와 관련된 사업들로 구분할 수 있었다.

건물 연관 사업들은 대부분이 도시계획시설 중 공공문화체육시설에 해당하였다. 탄소중립도시 사업들 중에 주택용도 건축물들도 있었는데, 도시계획시설에서는 누락되었다. 이는 도시계획시설이 공공의 이익과 직접 관련되는 시설이기 때문이다.

교통인프라를 포함하고 있는 탄소중립도시 사업들은 대부분 교통시설 중 도로에 해당하고 있으며, 전기차 충전소 등의 인프라는 유통 및 공급시설 중 전기공급 설비에 해당하였다.

□ 농축산 및 산업 부문

농축산 및 산업 부문에서 속하는 사업들 중에서 도시계획시설에 직접적으로 연관되는 시설대상 사업들은 없었다. 그러나 농촌 특화 지구나 스마트팜 혁신밸리 같은 경우는 탄소중립도시 조성요소가 다양한 유형의 도시계획시설로 적용될 것이라 예상된다.

2) 기후적응 관련 탄소중립도시 조성요소

□ 재난안전 부문

재난안전 부문에서 제시되는 사업들은 기상데이터 구축과 분석을 통한 재해대응 시스템, 공간지도 구축과 연관되고 있어 이를 플랫폼 기술로 제시하였다. 그러나 이런 사업들이 도시계획시설과 직접적으로 관계되지는 않았다.

□ 기후탄력 부문

기후탄력 부문의 대부분 사업들이 공간시설 중 광장, 공원, 녹지, 공공공지 등에 포함되는 그린인프라를 활용하고 있었다. 이들 사업들은 이미 도시계획 세부시설로도 신규설치에 문제가 없을 것으로 예상된다.

[표 3-22]지자체 탄소중립도시 사업의 탄소중립도시 조성요소 관계성 분석

지자체 탄소중립도시 부문별 사업		도시계획시설 분류			탄소중립도시 조성요소 필요성
부문	사업분류	대분류	중분류	세부시설	
온실가스 감축					
에너지	고효율 LED 가로등 신설 및 교체	• 교통시설	• 도로	• 보행자전용도로, 보행자우선도로, 자전거전용도로 등	-
	스마트 가로등 및 무빙 데크	• 교통시설	• 도로	• 보행자전용도로, 보행자우선도로, 자전거전용도로 등	-
	승강기 자가발전 장치 설치	-	-	-	-
	지붕 차열 페인트 적용	-	-	-	• 건축물 적용
	에너지 자립형 태양광 발 전 지원	• 공공 문화 체육시설 • 보건 위생 시설	• 학교, 공공청사 등 • 종합의료시설 등	• 건축물 전체	-
	자가 소비형 태양광 구축	• 공공 문화 체육시설	• 학교, 공공청사 등	• 학교 및 공공청사 건축물 전체	-
	지열, 수열 에너지 집단 냉난방 시스템	• 공공 문화 체육시설 • 보건 위생 시설	• 학교, 공공청사 등 • 종합의료시설 등	• 건축물 전체	-
	에너지 감축 연계 탄소 크 레딧 플랫폼	-	-	-	• 탄소중립도시 플랫폼 기술
	탄소 회계 플랫폼 개발	-	-	-	• 탄소중립도시 플랫폼 기술
	분산 에너지 관리 플랫폼	-	-	-	• 탄소중립도시 플랫폼 기술
	공동 주택·건물 에너지 통 합 관리 시스템	• 공공 문화 체육시설 • 유통 및 공 급시설	• 학교, 공공청사 등 • 유통업무설비, 시장 등	• 건축물 전체	-
	건물별 온실가스 배출 관리	-	-	-	• 탄소중립도시 플랫폼 기술
	공공 건물 에너지 사용 모 니터링 시스템	• 공공 문화 체육시설	• 학교, 공공청사 등	• 건축물 전체	-
	태양광 및 태양열 설비를 여러 건축물에 구축	• 공공 문화 체육시설 • 유통 및 공 급시설	• 학교, 공공청사 등 • 유통업무설비, 시장	• 건축물 전체	-
	상주시 APC 태양광 발전 시설 설치	-	-	-	• 도시계획시설 지정 필요
	포스코 포항제철소 옥상 및 주차장 태양광 발전 시 설 설치	-	-	-	• 도시계획시설 지정 필요

지자체 탄소중립도시 부문별 사업		도시계획시설 분류			탄소중립도시 조성요소 필요성
부문	사업분류	대분류	중분류	세부시설	
온실가스 감축					
	공공 주차장 태양광 설치	• 교통시설	• 주차장	• 노외주차장	-
	구미 산단 내 RE100 태양광 시스템 구축	-	-	-	• 도시계획시설 지정 필요
	덕동 마을 태양광 발전 시설 설치	-	-	-	• 도시계획시설 지정 필요
	노원 시민 태양광 설치	-	-	-	• 도시계획시설 지정 필요
	창동 차량 기지 내 연료 전지 및 태양광 설치	• 교통시설	• 자동차정류장	• 공영차고지, 공동차고지 등	-
	보령호, 홍성호 일대 태양광 발전 단지 조성	-	-	-	• 도시계획시설 지정 필요
	섬 지역 전력 공급 및 ESS 구축	-	-	-	• 도시계획시설 지정필요
	수소차 및 수소 충전소 도입	• 유통 및 공급시설	• 가스공급설비	-	• 세부시설 지정 필요
	그린 수소 생산 기지 구축	• 유통 및 공급시설	• 가스공급설비	-	• 세부시설 지정 필요
	수소 배관 구축 및 수소 도시 인프라 확장	• 유통 및 공급시설	• 가스공급설비	-	• 세부시설 지정 필요
	유류 사용 스마트 팜 지열 히트 펌프 보급	-	-	-	• 도시계획시설 지정필요
	지역 특화임대형 스마트 팜	-	-	-	• 도시계획시설 지정필요
	풍력 발전 단지 조성	-	-	-	• 도시계획시설 지정필요
	유기성 폐기물 처리와 하수 처리장 기반 신재생 에너지 생산	• 환경 기초 시설	• 폐기물처리 및 재활용시설	• 폐기물 재활용시설	-
	하수 처리장에서 바이오 가스 이용 청정 연료 (LNG) 생산	• 환경 기초 시설	• 폐기물처리 및 재활용시설	• 폐기물 재활용시설	• 도시계획시설 지정필요
	공공기관, 환경 기초 시설 내 신재생 에너지 설비 확충	-	-	-	• 도시계획시설 지정필요
	마이크로그리드 시스템 도입	-	-	-	• 도시계획시설 지정필요
	계통 유연 자원 서비스화 기술 개발	-	-	-	• 도시계획시설 지정필요

지자체 탄소중립도시 부문별 사업		도시계획시설 분류			탄소중립도시 조성요소 필요성
부문	사업분류	대분류	중분류	세부시설	
온실가스 감축					
탄소 흡수	CCU 기술 활용	-	-	-	• 도시계획시설 지정필요
	소각시설 및 바이오가스화 시설	• 환경기초시설	• 폐기물처리 및 재활용시설	-	• 도시계획시설 지정필요
	나무은행을 통한 흡수원 유지	-	-	-	• 도시계획시설 지정필요
	수목 및 녹지 조성	• 공간시설	• 공원 녹지	• 공원 및 녹지 세부 시설 전체	-
	도시 녹지 인프라	• 공간시설	• 공원 녹지	• 공원 및 녹지 세부 시설 전체	-
	숲과 습지 복원	-	-	-	• 숲이나 자연림을 도시계획시설 대상인지 고려
	공공 및 생태 공원	• 공간시설	• 공원 녹지	• 공원 및 녹지 세부 시설 전체	-
	인공 해양 생태계	-	-	-	• 도시계획시설 지정필요
폐기물	폐기물 재활용 바이오차, 바이오디젤 생산 기술	• 환경기초시설	• 폐기물 처리 및 재활용시설 • 수질오염방지 시설	-	• 도시계획시설 지정필요
	폐기물 재활용 제품화, 자원화 기술	• 환경기초시설	• 폐기물 처리 및 재활용시설 • 수질오염방지 시설	-	• 도시계획시설 지정필요
	폐기물 재활용 에너지 기술	• 환경기초시설	• 폐기물 처리 및 재활용시설 • 수질오염방지 시설	-	• 도시계획시설 지정필요
	재활용 시설 처리 용량 확충	-	-	-	• 도시계획시설 대상 아님
	비점 오염 저감 기술	-	-	-	• 도시계획시설 대상 아님
	하수처리 자동화 기술	-	-	-	• 도시계획시설 대상 아님
	소각열 활용 확대	-	-	-	• 도시계획시설 대상 아님
	광역 폐기물 소각시설 조성 (안덕)	• 환경기초시설	• 폐기물 처리 및 재활용시설	-	• 도시계획시설 지정필요
	환경 에코센터 소각장 건립	• 환경기초시설	• 폐기물 처리 및 재활용시설	-	• 도시계획시설 지정필요
	바이오가스화 시설 설치	• 환경기초시설	• 폐기물 처리 및 재활용시설 • 수질오염방지 시설	-	• 도시계획시설 지정필요

지자체 탄소중립도시 부문별 사업		도시계획시설 분류			탄소중립도시 조성요소 필요성
부문	사업분류	대분류	중분류	세부시설	
온실가스 감축					
	통합 바이오가스화 시설 설치	• 환경 기초 시설	• 폐기물 처리 및 재활용시설 • 수질오염방지 시설	-	• 도시계획시설 지정필요
	바이오가스와 공공 인프라 연결	• 유통 및 공급시설	• 가스공급설비	-	• 도시계획시설 지정필요
	순천시 공공 하수 처리 시설 내 바이오가스화 시설 설치	• 환경 기초 시설	• 폐기물 처리 및 재활용시설 • 수질오염방지 시설	-	• 도시계획시설 지정필요
	매립장 유기물 분석 및 호기성 공법 적용 시설 설치	• 환경 기초 시설	• 폐기물 처리 및 재활용시설 • 수질오염방지 시설	-	• 도시계획시설 지정 필요
	가축 분뇨 공공 처리 시설 운영	• 환경 기초 시설	• 폐기물 처리 및 재활용시설 • 수질오염방지 시설	-	• 도시계획시설 지정 필요
	제주 자원 순환 클러스터 조성	• 환경 기초 시설	• 폐기물 처리 및 재활용시설 • 수질오염방지 시설	• 폐기물 재활용시설	-
	해양 폐기물 재활용 및 놀이 시설 조성	• 환경 기초 시설	• 폐기물 처리 및 재활용시설 • 수질오염방지 시설	• 폐기물 재활용시설	-
	스마트 자원 순환 인프라 구축	• 환경 기초 시설	• 폐기물 처리 및 재활용시설 • 수질오염방지 시설	-	• 도시계획시설 지정 필요
	페플라스틱 2종 결합 소재 분리 및 자원순환 공급망 구축	• 환경 기초 시설	• 폐기물 처리 및 재활용시설 • 수질오염방지 시설	• 폐기물 재활용시설	• 도시계획시설 지정 필요
	제주 환경 자원 순환 센터 침출수 처리 시설 운영	• 환경 기초 시설	• 폐기물 처리 및 재활용시설 • 수질오염방지 시설	• 폐기물 재활용시설, 폐수처리시설	-
	친환경 재생 처리 설비 도입	• 환경 기초 시설	• 폐기물 처리 및 재활용시설 • 수질오염방지 시설	• 폐기물 재활용시설, 폐수처리시설	-

지자체 탄소중립도시 부문별 사업		도시계획시설 분류			탄소중립도시 조성요소 필요성
부문	사업분류	대분류	중분류	세부시설	
온실가스 감축					
건물 인프라	ZEB (제로에너지빌딩)	• 공공 문화 체육시설	• 공공청사 등	• 공공용 건물 전체	-
	건물단위 탄소중립 데이 터 허브	-	-	-	• 건축물 적용
	건축물 에너지 관리시스 템 기술	-	-	-	• 건축물 적용
	BIPV (건물일체형 태양광)	• 공공 문화 체육시설	• 학교, 공공청사 등	• 공공용 건물 전체	• 건축물 적용
	DR (수요반응 기술)	• 공공 문화 체육시설	• 공공청사 등	• 공공용 건물 전체	• 건축물 적용
	공기질 개선	• 공공 문화 체육시설	• 공공청사 등	• 공공용 건물 전체	• 건축물 적용
	그린리모델링	• 공공 문화 체육시설	• 공공청사 등	• 공공용 건물 전체	• 건축물 적용
	수소 에너지	-	-	-	• 건축물 적용
	태양광 및 태양열 활용	-	-	-	• 건축물 적용
	친환경 교통수단 보급	-	-	-	• 기술에만 해당
	친환경 교통수단으로 전환	-	-	-	• 기술에만 해당
	폐배터리 재활용	-	-	-	• 기술에만 해당
	교통 인프라 확충	• 교통시설	• 도로	• 일반도로, 자동차 전용도로 등	-
	자전거 인프라	• 교통시설	• 도로	• 자전거전용도로 등	-
	전기차 인프라	• 유통 및 공 급시설	• 전기공급설비	-	• 도시계획시설 지정 필요
농축산	농업정책	-	-	-	• 도시계획시설 지정 필요
	저메탄 생산기술	-	-	-	• 도시계획시설 지정 필요
	ICT 활용	-	-	-	• 플랫폼 기술
	농촌특화지구	-	-	-	• 도시계획시설 지정 필요
	스마트팜 온실 신축	-	-	-	• 도시계획시설 지정 필요
산업	플랫폼	-	-	-	• 기술에만 해당

지자체 탄소중립도시 부문별 사업		도시계획시설 분류			탄소중립도시 조성요소 필요성
부문	사업분류	대분류	중분류	세부시설	
온실가스 감축					
기후적응					
재난 안전	재해 및 기상 데이터 분석	-	-	-	• 탄소중립도시 플랫폼 기술
	도시방재 및 의사 결정 지원	-	-	-	• 탄소중립도시 플랫폼 기술
	탄소 배출 및 환경 모니터링	-	-	-	• 탄소중립도시 플랫폼 기술
	디지털 플랫폼 및 시뮬레이션	-	-	-	• 탄소중립도시 플랫폼 기술
기후 탄력	넷제로 스마트 재난 안전 센터 조성	• 공간시설	• 광장 • 공원, 녹지 • 공공공지	• 일반광장, 공원 • 공공이용시설 등	-
	스마트 그늘막 조성	• 공간시설	• 광장 • 공원, 녹지 • 공공공지	• 일반광장, 공원 • 공공이용시설 등	-
	기상재해대응시설 설치	• 공간시설	• 광장 • 공원, 녹지 • 공공공지	• 일반광장, 공원 • 공공이용시설 등	-
	시티트리 내 모니터링 측정 시스템 설치	-	-	-	• 탄소중립도시 플랫폼 기술
	이동형 벤치 설치	• 공간시설	• 광장 • 공원, 녹지 • 공공공지	• 일반광장, 공원 • 공공이용시설 등	-
	기후쉼터(스마트 정류장) 설치	• 교통시설 • 공간시설	• 도로 • 공공공지 등	-	• 도시계획시설 지정 필요

출처: 연구진 작성

4. 소결

□ 결과요약

본 장에서는 지자체에서 도입되고 있는 탄소중립도시 조성요소를 파악하고자 하였다. 우선 지자체 탄소중립도시 조성을 위한 사업계획을 에너지, 탄소흡수 등의 온실가스 감축과 기후적응 분류로 나누어 정리하였다. 지자체 탄소중립 도시 조성을 위한 기술들은 에너지 부문이 50% 이상을 차지할 정도로 그 수가 많았으며, 탄소흡수, 폐기물, 건물·인프라 등이 그 뒤를 이어서 빈도가 높았다.

탄소중립과 연계가능한 도시계획 시설군을 기준으로 탄소중립도시 조성요소로 판단되는 지자체 탄소중립도시 조성사업들을 정리하였다. 분석한 결과, 지자체 사업들의 탄소중립도시 조성요소로서의 도입현황을 분석했을 때, 2장과는 다르게 다수의 사업들이 도시계획시설에 포함되고 있었으며, 도시계획시설의 분류 중 세부시설에도 범주가 포함될 정도로 실현가능성이 높은 것으로 나타났다.

□ 시사점

• 지자체 탄소중립 기술 도입의 격차

지자체는 주로 기존 사업과 연계된 탄소중립 기술을 우선 도입하고, 수소 에너지나 암모니아 기반 수소 생산 등 신기술에 대한 도입은 상대적으로 꺼려지는 경향이 있었다. 이러한 신기술들은 사업성과 안전성에 대한 검증이 충분하지 않다는 인식 때문일 것으로 판단되며, 국가 차원에서 규제특례 등의 실증 사업을 통한 검증이 필요할 것이다.

• 에너지 부문에 집중된 탄소중립 기술 도입

에너지 부문이 탄소중립 도시 조성사업의 핵심 영역으로 집중된 이유는 탄소배출을 줄이기 위한 기술들이 대부분 에너지 효율화 및 재생에너지 확대에 맞춰져 있기 때문이다. 이는 지자체들이 에너지 관련 혁신기술을 지속적으로 도입할 여지가 크다는 것을 시사하며, 향후 태양광, 풍력, 수소 등 재생에너지원의 적용을 통해 에너지 부문의 탄소중립 기여가 더욱 높아질 것으로 예상된다.

• 기존 기술 활용에 더 치우친 탄소중립도시 조성사업

지자체 사업의 탄소중립도시 조성요소 관계성을 검토해 보니, 도시계획시설들과 비교적 매칭되는 사업들이 다수를 차지하고 있었다. 이는 지자체에서 이미 탄소중립도시 조성시 필요한 도시계획시설에 대하여 규제여부 등이 검토되었음을

의미한다. 그만큼 일부 수소나 CCU와 같은 도입 중인 기술을 제외하면 새로운 기술들 보다는 기존의 사업화된 기술들이 탄소중립도시 조성에도 도입되고 있음을 또한 의미한다.

- 지자체의 기술 이해도와 교육 필요성

지자체가 탄소중립 기술을 이해하지 못하거나 충분히 활용하지 못하고 있는 경우도 다수 발견되었다. 이는 기술에 대한 교육과 정보 제공의 필요성을 시사한다. 기술 도입과 관련된 정보 공유와 교육 프로그램을 통해 지자체 공무원들의 이해도를 높이는 것이 중요하다.

- 기존 사업과의 연계성 강화 필요성

많은 지자체 사업이 기존에 운영되던 사업과의 연계로 제시되었으나, 혁신적인 기술이나 새로운 접근이 도입되지 않은 경우도 있었다. 이러한 한계를 극복하기 위해서는 기존 사업과의 연계성을 강화하되, 신기술의 실증 및 시범 도입을 통해 기술 확장을 도모해야 할 것이다.

- 사업성과 안전성 검증의 중요성

지자체가 새로운 기술 도입을 꺼리는 이유 중 하나는 사업성과 안전성에 대한 불확실성이다. 이를 해결하기 위해 국가 차원에서 실증 연구 및 파일럿 프로젝트를 추진하여 기술의 사업성과 안전성을 검증하는 것이 필요하다. 이와 함께, 정부의 재정적 지원과 정책적 뒷받침이 필요하다.

- 탄소중립 도시 조성사업의 확장 가능성

에너지와 폐기물 분야에서 시작된 기술 도입이 건물 인프라와 탄소흡수원으로 확장되고 있으며, 이들 분야에서의 기술 적용은 이미 제도적으로 문제가 없다는 점을 감안할 때, 향후 지속적이고 확장적인 적용이 가능할 것이다. 이는 지자체가 탄소중립 도시 조성에 있어 핵심적인 역할을 할 수 있다는 점을 시사한다.

- 규제와 제도적 장애물 해결 필요성

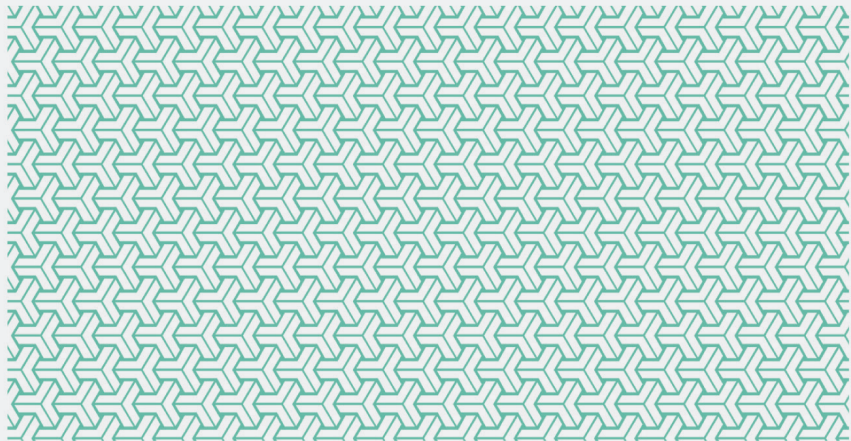
지자체 사업 중에서는 일부 탄소중립 기술이 규제와 제도적 장애물로 인해 도입되지 못한 사례가 있었다. 특히, 수소 인프라 구축이나 폐기물 자원화 기술과 같은 혁신적인 기술들은 법적 특례와 지원이 요구된다. 이러한 규제 특례가 마련된다면, 신기술 도입이 활발해질 것으로 예상된다.

□ 탄소중립도시 조성 기술의 규제 샌드박스 도입여부 분석 필요

다음 장에서는 탄소중립 도시 조성 기술이 규제 샌드박스에서 얼마나 도입되고 있는지를 분석하고, 이를 통해 규제 샌드박스가 더 필요한 탄소중립 도시 조성기술들을 찾아내는 작업을 진행할 것이다. 이를 통해 지자체들이 신기술 도입에 있어 겪고 있는 규제적 장애물을 구체적으로 파악하고, 향후 탄소중립 목표 달성에 기여할 수 있는 정책적·제도적 개선 방안을 모색하고자 한다.

제4장 탄소중립도시 조성을 위한 규제 샌드박스 활용 방안 및 과제

Chapter.4



1. 개요
2. 규제 샌드박스 내 탄소중립도시 조성요소 운영현황
3. 탄소중립도시 조성요소의 규제 샌드박스 활용범위
4. 탄소중립도시 조성을 위한 규제 샌드박스 활용 및 과제

1. 개요

본 장에서는 탄소중립도시와 관련해 규제 샌드박스를 통한 규제특례에 적용되고 있거나 도시 조성요소와 관련한 제도 현황을 파악하고자 하였다. 그 이유는 탄소중립도시 실현을 직접적으로 판단할 수 있는 도시계획시설로서 탄소중립도시 조성요소가 규제 적용 여부를 확인하고, 규제특례 제도를 활용 방안을 마련하기 위한 방향성을 점검하기 위함이다.

규제 샌드박스는 신기술과 신산업의 발전을 촉진하기 위해서 기존 규제를 일정 기간 유예하거나 완화하여 새로운 기술이나 제품, 서비스를 시장에서 시험·검증할 수 있도록 지원하는 제도¹¹⁾이다.



[그림 4-1] 규제 샌드박스 운영체계

출처 : 규제 샌드박스 홈페이지(<https://www.sandbox.go.kr/sandbox/info/sandboxsystem.jsp>)

□ 탄소중립도시 연관 기술 및 조성요소의 규제 샌드박스 현황분석

8개의 규제 샌드박스 프로그램 운영체계 중 탄소중립도시와 연관되고 있다고 판단되는 규제자유특구에 포함된 기술들을 대상으로 하였다. 분석은 탄소중립 도시 기술이 규제 샌드박스에 도입된 현황¹²⁾을 통해 탄소중립 조성요소¹³⁾인 도시 계획시설에 대한 내용들을 파악하는 것으로 진행하였다.

11) 규제 샌드박스 홈페이지(https://www.sandbox.go.kr/sandbox/info/sandbox_intro.jsp?utm_source=chatgpt.com, 검색일: 2024.11.17.)

12) 규제 샌드박스 사업 중 탄소중립 도시와 관련된 사업으로 판단된 기술들을 비교하는 자료로 활용하였다(부록 4 참조).

13) 이 장에서 탄소중립도시 조성요소는 2장이나 3장에서 다루던 도시계획시설의 분류를 완전히 따른다고 볼 수 없다. 아직 도시계획시설로 지정된 것이 없기 때문이다. 그러나 도시계획시설과 관련성이 있다고 생각되는 기술들을 목록화하였다.

규제 샌드박스에 포함되고 있는 탄소중립 연관 기술들과 조성요소 현황분석 결과들에 대한 시사점들을 정리하고, 탄소중립도시 조성에서 규제 샌드박스를 활용하기 위한 방향을 탄소중립도시 유형별로 제안하고자 한다. 마지막으로 탄소중립도시 조성을 위해서 규제 샌드박스를 활용할 수 있는 과제들을 세 가지 관점에서 제시하고자 한다.

[illegible]

제4장 · 탄소중립도시 조성을 위한 규제 샌드박스 활용 방안 및 과제 87

2. 탄소중립도시 관련 현행 규제 샌드박스 운영현황

1) 탄소중립도시 관련 규제 샌드박스 개요

탄소중립도시와 관련된 기술항목들은 규제정보포털의 규제 샌드박스 현황목록에서도 찾을 수 있다. 크게 기후완화와 기후적응으로 구분할 수 있었다. 기후완화는 에너지, 수송, 건물, 폐기물 등의 부문으로 기후적응은 재난안전, 기후탄력, 청정환경 등의 부문으로 구분할 수 있었다. 또한 일부 규제자유지역특구¹⁴⁾에 따른 사업이 함께 포함되고 있었다.

2) 규제 샌드박스 에너지 부문의 탄소중립도시 조성요소

□ 에너지 부문 주요 탄소중립도시 관련 기술

기후 완화 중 에너지 부문 기술은 수소, ESS, 스마트전원, 신재생에너지, 자율주행, 전기차, 태양광, 플랫폼 등으로 세분화된다. 특히 수소 분야가 가장 큰 비중을 차지하며, 수소 공급, 생산, 운송, 연료전지, 저장, 수소차, 충전 인프라, 액화수소로 나뉜다. 탄소중립도시에서는 수소 생산, 공급, 운송, 저장 시설이 필수적이며, 이는 탄소중립 실현을 위한 핵심 요소다. 에너지 부문에서 플랫폼 기술도 다양한 대민 서비스로 활용되며, 태양광 전력거래와 재생에너지 공유 서비스 등이 포함된다.

□ 에너지부문 주요 탄소중립도시 조성요소

공간시설로 파악되는 에너지 부문의 주요 탄소중립도시 조성요소로서는 수소연료전지와 액화수소를 활용한 수소충전 인프라들로 이루어져 있었다.

수소연료전지를 활용하는 경우 지게차, 건설기계 등 수소에너지원을 쓰는 장비에 맞추는 형태의 수소충전소를 구축하는 것이 주된 내용이 되었다. 또한, 액화수소의 경우 액화수소를 생산하고, 충전하고 공급하는 시설들이 중심을 이루고 있었다.

14) 울산, 충남, 강원, 전북, 제주, 세종, 전남, 광주, 경북 등 규제자유지역특구 사업을 추진하는 지자체를 포함한다.

[표 4-1] 에너지 부문 규제 샌드박스 상의 탄소중립도시 관련 기술 및 도시계획시설 여부

구분		탄소중립도시 관련기술	탄소중립도시 조성요소 여부
수소	수소공급	고효율 수소 공급 시스템 확충	
		수소충전소 부품·설비·검사장치	
		액체수소드론 제작·충전 및 비행	
	수소생산	미이용 산림 바이오매스 활용 청정수소 생산·활용 기술실증	
		LNG 냉열 활용 청정수소 생산 및 액화수소 플랜트 구축·운영	○
		고체산화물 수전해기(SOEC)를 포함한 수소 생산 시스템	
		그린수소 생산을 위한 고분자전해질막(PEM) 수전해 설비	
		마이크로파 플라즈마 토치 기술을 활용한 수소추출설비 구축·운영	
		무수 액화 암모니아 직접 전기분해 수소추출기 제작 및 실증	
		암모니아 기반 광분해 수소 추출 설비	
		암모니아 기반 수소추출설비 구축 및 실증	
		청정수소 생산을 위한 암모니아 분해설비 실증	
		암모니아 기반 수소 생산 활용 실증 (충북)	
		바이오가스 기반 수소 생산 활용 실증 (충북)	
	수소연료전지	200kg급 수소연료전지 무인비행체 충전 및 비행 실증	
		600kg급 수소연료전지 무인비행체 충전 및 비행 실증	
		수소연료전지 트랙터의 수소 충전 및 운용시험	
		수소연료전지 헬로더의 수소 충전 및 운용시험	
		수소연료전지 굴착기의 수소충전 및 운용시험	
		수소연료전지 무인잠수정 충전 및 운항시험	
		수소연료전지 추진선박 충전·운항	
	수소운송	수소항공모빌리티의 수소충전 및 비행시험	
		액화수소 전용 탱크로리를 활용한 수소 운송시스템 실증	
		수소 튜브트레일러를 이용한 수소 유통 활성화 사업	
	수소저장	수소연료전지 실내물류운반기계 상용화(울산)	
		고압 탄소복합재 탈부착 수소용기모듈 시스템(전북)	
		고압·대용량 탄소복합 수소운송시스템(전북)	
		가정용·건물용 수소연료전지 발전시스템(충남)	
		수소 모빌리티용 70MPa 수소저장용기	○
		수소저장용 고압·대용량 복합재료 용기 실증사업	
	수소차	수소전기트램 상용화를 위한 주행시험	
		상용화급 수소전기트램 제작 및 주행시험	
		수소전기트럭 활용 물류서비스	
		차세대 수소차 저장시스템 제작 및 충전시험	
	수소충전 인프라	LPG충전소 내 수소연료전지 구축을 통한 전기 생산·판매	
		도심지역 수소 충전소 설치	○
		셀프 수소충전소 구축 및 운영	○
		수소건설기계·산업기계용 수소충전소 구축·운영	○
		수소모빌리티 통합형 수소충전소	○
		수소연료전지 건설기계 전용 수소충전소 구축 및 운영	○

구분	탄소중립도시 관련기술	탄소중립도시 조성요소 여부
수소	수소연료전지 지게차 전용 수소충전소 구축·운영	○
	수소열차 개발을 위한 수소충전소 구축·운영	○
	수소전기트램용 수소충전소 구축/운영	○
	수소튜브트레일러(TT)를 활용한 제조식 수소충전소 운영	○
	충방전 모사장치용 수소충전소 구축·운영	○
	상용차용 액화수소충전소 구축·운영	○
수소혼소	수소혼소용 가스터빈 성능시험공장 구축 및 운영	○
액화수소	소용량(10L급) 저장 용기에서의 액화수소 충전량 실시간 측정 기술	
	액화수소 검사지원 센터 구축	○
	액화수소 생산·운송 및 충전소 구축·운영	○
	액화수소 생산·운송설비 구축·운영	
	액화수소 운반선용 저장탱크 개발 및 성능 실증	
	액화수소 플랜트 및 공급시스템 구축·운영	○
	액화수소충전소 구축·운영	○
	차량용 액화수소 저장시스템 개발 및 성능 실증	
	철도차량용 액화수소 엔진개발을 위한 조합 시험	
	충전소, 플랜트용 액화수소 저장탱크 구축·운영	○
ESS	공공서비스	이동식 ESS를 활용한 전력공급 서비스
	축전식 설비	ESS 활용 축전식 냉난방설비
	태양광 연계	태양광연계 바나둠 레독스플로배터리 에너지저장장치(ESS)
스마트전원	공유서비스	전력데이터 공유센터 구축 ○
	제어시스템	원격제어 누전차단기를 통한 스마트전원제어시스템
	충전인프라	원거리 다중 무선 충전 스탠드
신재생 에너지	ESS	그린에너지 ESS발전 전력거래(광주)
	금융서비스	신재생에너지 지역주민투자 P2P금융서비스
	수력발전	소수력발전 시스템
	전력공급시스템	신재생에너지 발전을 통한 농촌전력 직접공급시스템
	지하수열	융복합 냉온동시 히트펌프 이용시스템
	풍력발전	나선형 소형풍력발전시스템을 적용한 스마트 가로등 및 스마트 폴 ○
태양광	서비스	태양광 발전 모니터링 서비스
	전력거래 플랫폼	주민주도형 태양광 전력거래 플랫폼 서비스
플랫폼	공유 공동체 전력 서비스	소비자 선택권 확대를 위한 신전력 서비스 및 신재생에너지 공유 공동체 서비스
		신재생에너지 공유 공동체 전력서비스
	디지털 발전소	지능형 디지털 발전소(IDPP) 플랫폼
	공유거래	스마트 커뮤니티 타운 및 스마트허브 기반 에너지 공유·거래 서비스
	전력거래	소규모 태양광 전력거래 플랫폼 서비스
마이크로 그리드	ICT 기반	ICT 기반 마이크로그리드 구축 및 운영

출처 : 규제정보포털(<https://www.better.go.kr/sandbox.SandboxTaskSIPL.laf>)내 규제 샌드박스 현황 목록 재구성

3) 규제 샌드박스 수송부문의 탄소중립도시 조성요소

□ 수송부문 주요 탄소중립도시 관련 기술

수송부문도 에너지 부문과 같이 많은 수의 기술들이 포함되어 있었다. 이중 많은 기술들이 자율주행, 전기차, 개인형 이동장치, 플랫폼에 해당하였다. 전기차 분야는 세부적으로 볼 때, 전기차 충전과 관련되어 충전을 위한 서비스 개발과 충전을 위한 시스템, 충전소, 충전기 등 인프라 기술들이 많았다.

□ 수송부문 주요 탄소중립도시 조성요소

전기차 충전서비스 및 충전인프라에 관련된 다수의 기술들이 수송부문의 탄소중립도시 조성을 위한 공간시설로 규제 샌드박스에 적용되고 있었다.

주된 내용은 전기차 충전설비의 효율성을 증대하고, 여러 유형의 전기차에 대응하며, 무선충전 기능 제고를 하기 위한 기반기술들을 실증하고 있었다.

[표 4-2] 수송 부문 규제 샌드박스 상의 탄소중립도시 관련 기술 및 도시계획시설 여부

구분	탄소중립도시 관련기술	탄소중립도시 조성요소 여부
개인형 이동장치	공유 자전거 활용 광고 서비스	
	공유 전기자전거 활용 광고 서비스	
	공유 퍼스널모빌리티 서비스	
	지능형(AI) 배리어 프리(barrier-free) 키오스크	○
	주행 실증	
	개인용 이동수단(PM) 주행 실증(전남)	
	전기자전거 주행(전남)	
	충전서비스	
	전동킥보드 무선충전 서비스	○
	충전인프라	
	개인형 이동장치 및 전기자전거 충전·주차 스테이션	○
자율주행	기반구축	
	로봇	
	자율주행 데이터 수집·공유를 위한 기반 구축(세종)	
	자율주행 실외로봇 운영(세종)	
	실내 자율주행 방역로봇	
	실내·외 자율주행 배달로봇	
	실내외 자율주행 무인순찰로봇	
	자율주행 로봇을 활용한 병원 내 신체약자 이송 서비스	
	자율주행 이동식 도서관 로봇	
	자율주행형 청소로봇	
	모빌리티	
	자율주행 모빌리티서비스 시범사업	
	순찰서비스	
	자율주행 기반 안심순찰 서비스 실증	
	운행서비스	
	세종시 도심 특화형 전용공간 자율주행서비스 실증(세종)	
	세종시 시민친화형 도심공원 자율주행 서비스 실증(세종)	
	자율주행 셔틀버스 운행서비스	
정밀지도	자율주행 모빌리티용 고해상도 3차원 정밀지도	

구분	탄소중립도시 관련기술	탄소중립도시 조성요소 여부
전기차	공공서비스	공공서비스를 위한 무인 특장차 실증(광주)
	배터리 재사용	전기차 사용후 배터리 재사용 실증(경북)
		전기차 사용후 배터리 종합관리 실증(경북)
		전기버스 배터리 대여 및 사용후 배터리 활용 ESS 충전시스템
	운행실증	전기 특수구급차 실증사업
전기차 생산 주행 실증	노후 내연기관 트럭을 친환경 전기트럭으로 제작·운영	개조전기차 주행 안전성 실증(전남)
		농업용 동력운반차 주행 실증(전남)
		초소형 전기차 주행실증(전남)
		초소형 전기특수자동차 운행(전북)
충전서비스	신재생에너지발전과 ESS를 접목 전기차 충전서비스	○
		점유공간 최소화 위한 이동형 충전 서비스 실증(제주)
		충전 데이터 기반 전기차특화 진단 서비스 실증(제주)
		85KHz 활용 전기버스 무선충전 서비스
		V2G 양방향 전기차 충전기 운영 서비스
		V2V 기반 전기차 충전 플랫폼 서비스
		연료전지발전을 통한 전기차 충전서비스
		자율주행 로봇 활용 이동형 전기차 충전서비스
		전기차 무선충전 서비스
		전기차 방문 충전 서비스
		파워뱅크를 활용한 이동형 전기차 충전서비스
		○
		○
		○
		○
		○
충전인프라	전기차 고출력 무선충전 실증(경북)	○
		전기차 유선충전기 연계형 무선충전 실증(경북)
		초소형 전기차 무선충전 실증(경북)
		충전시간 단축을 위한 충전인프라 고도화 실증(제주)
		V2G 양방향 급속 전기차충전기
		V2X 솔루션을 활용한 V2H/B/G서비스 실증
		VIB ESS활용 도심형 전기차 충전소
		공용 전기차충전기용 외·내장형 OBC
		신재생에너지 활용 V2G 양방향 전기차 충전기
		자가발전 신재생에너지 기반 전기차 충전소 구축
		전기자동차 충전로봇을 활용한 기계식 주차시스템
		전기자동차 충전이 가능한 기계식주차시스템
		전기차 구역자유 충전 시스템
		태양광 발전과 ESS를 활용한 전기차 충전 서비스
		도심 분산형 재생에너지 및 ESS를 활용한 양방향 전기차충전시스템
		스마트 전기자동차 충전콘센트
플랫폼	교통입지정보 분석	교통카드데이터 기반 교통·입지정보 분석플랫폼 실증
	모빌리티	고요한 모빌리티 플랫폼
		교통약자 특화 모빌리티 플랫폼
	지능형 택시서 비스	지능형 단거리 합승택시 기술·서비스 실증사업
	충전인프라	활용성 증대 위한 충전인프라 공유 플랫폼 실증

출처 : 규제정보포털(<https://www.better.go.kr/sandbox.SandboxTaskSIPL.laf>)내 규제 샌드박스 현황 목록 재구성

4) 규제 샌드박스 폐기물 부문의 탄소중립도시 조성요소

□ 폐기물 부문 주요 탄소중립도시 관련 기술

폐기물부문에서는 주요 기술들이 배터리 재활용하여 ESS 등의 충전시스템에 적용하는 사업들이 많았다. 또한 폐타이어, 폐윤활유, 폐플라스틱 등의 재활용 원료화 시설들도 포함되고 있었다.

□ 폐기물 부문 주요 탄소중립도시 조성요소

ESS가 설치되는 장소로서의 전기차 충전시스템, 태양광 발전설비, 가정용 ESS 및 컨테이너, 전기택시 배터리를 대여하는 충전시스템 등이 조성요소로 고려되고 있었다.

태양광 분야에서도 배터리 재사용 기술을 활용한 태양광 가로등 이 적용되고 있었다. 음식물쓰레기 집하처리 시스템도 탄소중립도시 조성요소로 분류되었다.

[표 4-3] 폐기물 부문 규제 샌드박스 상의 탄소중립도시 관련 기술 및 조성요소 여부

구분		탄소중립도시 관련기술	탄소중립도시 조성요소 여부
ESS	배터리 재사용	건설현장 ESS	
		ESS 수요반응 서비스	
		ESS 연계 수배전반	
		ESS 연계 전기차 충전시스템	○
		ESS 연계 태양광발전설비	○
		가정용 ESS	○
		가정용 ESS 컨테이너	○
		농업용 전동고소작업차	
		ESS 컨테이너(전력저장장치)	○
		ESS 및 전동운송기기 제작·운영	
		신재생에너지와 ESS 활용 전기차 충전	
		전기택시 배터리 대여, ESS 충전시스템	○
신재생 에너지	대체연료	동·식물성 유지 동시 처리를 통한 석유 및 석유대체연료 생산	
		동식물성 유지 동시 처리를 통한 친환경 석유제품 생산	
	바이오차	가축분뇨를 활용한 친환경 바이오차 생산·판매	
	세탁기	산업용 CO ₂ 세탁기	
전기차	배터리 재사용	ESS 연계 V2G 전기차 충전시스템	○
		개인형 이동장치 및 전기이륜차	
		농업용 전기운반차	
		이동형 전기차 충전서비스	
태양광	배터리 재사용	태양광 가로등	○

구분	탄소중립도시 관련기술		탄소중립도시 조성요소 여부
분리배출	배달 쓰레기	배달 쓰레기 분리배출 대행 서비스	
음식물쓰레기	집하처리시스템	공동주택 음식물쓰레기 집하처리 시스템	○
폐자원	왕겨	고흡수성 연질왕겨 상토(비료) 개발 및 비즈니스모델 실증	
재활용	폐기 가스	폐기물 처리 신기술을 활용한 폐 육불화황(SF6) 가스 처리 서비스	
	폐윤활유	폐윤활유를 재활용한 저탄소 윤활기유 생산	
	페타이어	페타이어 열분해정제유의 석유·화학 공정 원료화	
	페플라스틱	페플라스틱 열분해정제유의 석유·화학 공정 원료화	

출처 : 규제정보포털 (<https://www.better.go.kr/sandbox.SandboxTaskSIPL.laf>)내 규제 샌드박스 현황 목록 재구성

5) 규제 샌드박스 기후적응 부문의 탄소중립도시 조성요소

□ 기후적응 부문 주요 탄소중립도시 관련 기술

기후적응은 재난안전, 기후탄력, 청정환경 등의 부문으로 구성되어 있었으나, 기후완화에 비해서 매우 비중이 작았다. 재난안전은 사전예방 기술들, 교통안전의 경우 보행자 안전시스템 개발이 주가 되고 있었다.

□ 기후적응 부문 주요 탄소중립도시 조성요소

재난안전에서는 배관과 도로, 누전차단기가 위치하고 있는 원격 전원시스템 등의 인프라와 교통안전 시설로서 횡단보도의 보행안전 시스템 및 보행자 보호구역 내 경보시스템 등이 포함되어 있었다. 이 외에도 물순환 시스템으로써 투수블럭이나 자동살수 시스템 등을 적용하는 기술, 청정환경을 위해서 실시간 모니터링을 설치하는 등의 기술이 포함되어 있었다.

[표 4-4] 기후적응 부문 규제샌드박스 상의 탄소중립도시 관련 기술 및 조성요소 여부

구분	탄소중립도시 관련기술		탄소중립도시 조성요소 여부
재난안전	인프라	도시 가스 배관	AR·AI 기술 접목 드론 활용 도시가스배관 순회점검
		배관,도로	AI 드론 활용 도심 열배관·도로노면 점검 서비스 ○
		전원복구	자동복구 누전차단기 활용 원격 전원 관리 시스템 ○
교통안전	시스템		CCTV 및 차량 라이브뷰 영상을 활용한 AI 도로안전 모니터링 시스템 구축
			보행자 자동인식 기술을 적용한 횡단보도 보행안전 통합시스템 ○
			보행자보호구역(어린이, 노인, 장애인) 사고다발지역 스마트 교통안전 차량과속경보시스템 ○

구분			탄소중립도시 관련기술	탄소중립도시 조성요소 여부
기후탄력	물순환	시스템	물순환형 보차도 투수블록 포장과 자동살수 시스템	○
청정환경	미세먼지	모니터링	ICT 기반의 미세먼지 저감 및 실시간 LCD 디스플레이 장치 사업	○

출처 : 규제정보포털(<https://www.better.go.kr/sandbox.SandboxTaskSIPL.laf>)내 규제 샌드박스 현황 목록 재구성

3. 탄소중립도시 조성을 위한 규제 샌드박스 활용범위

탄소중립도시 연관기술들을 검토했을 때, 대부분의 혁신기술들은 아직 법적 규제가 없는 경우가 많다. 이에 규제특례제도를 활용을 검토할 수 있다. 다만 어떤 기술들이 그러한지에 대하여 탄소중립 도시 기술이 규제 샌드박스에 도입된 현황을 분석하였다. 규제 샌드박스에 포함되어 있는 기술들 중 탄소중립 조성요소¹⁵⁾인 도시계획시설에 대한 내용들을 파악하였다.

1) 탄소중립도시 조성시 규제 샌드박스 필요 여건

① 탄소중립관련 기반시설 조성시 규제 샌드박스 필요 여건¹⁶⁾

□ 태양광 및 신재생에너지 관련 기술들

태양광 발전과 같은 신재생에너지는 탄소중립 실현에 핵심적인 역할을 한다. 그러나 태양광 패널 설치에 대한 인허가 절차나, 공공시설 및 도심 내의 설치 규정 등이 복잡해 기술 도입에 제약이 될 수 있다. 예를 들어, 유희 부지나 건물 옥상에 태양광 패널을 설치하는 과정에서 발생하는 인허가 문제나, 미관과 관련된 규제 등 다양한 문제를 해결해야 한다. 특히 방음벽에 태양광 패널을 설치하는 방식은 기존 교통 인프라와의 충돌을 피하기 위해 구체적인 규정이 필요할 수 있다고 판단된다. 규제 샌드박스를 통해 이러한 설치와 운영에 대한 규제들을 완화하거나 시범적으로 적용할 수 있는 환경을 마련하면, 보다 빠르고 유연한 태양광 발전 시스템 도입이 가능해질 것으로 보인다.

15) 이 장에서 탄소중립도시 조성요소는 2장이나 3장에서 다루던 도시계획시설의 분류를 완전히 따른다고 볼 수 없다. 아직 도시계획시설로 지정된 것이 없기 때문이다. 그러나, 도시계획시설과 관련성이 있다고 생각되는 기술들을 목록화하였다.

16) 규제 정보포털(<http://www.better/go.kr/sandbox.SandboxTaskSIPL.laf>)의 규제특례 현황 목록을 참고해 작성(부록 표 5-1 참조)

□ 전기차 및 친환경 교통 인프라

전기차 및 친환경 교통 인프라의 구축은 탄소중립을 위한 필수적 기술이다. 그러나 전기차 충전 인프라 확장이나 수소 충전소 설치에는 기존 법규의 제약이 존재할 수 있다. 예를 들어, 전기차 충전소는 주차 공간의 배치, 전력 공급의 안정성, 수소 충전소의 경우 안전 관련 규제 등의 문제로 인해 도입이 더디게 진행될 수 있다. 또한 전기차 보조금 정책이나 전기버스, 전기택시와 같은 친환경 대중교통 수단 도입에는 초기 투자비용과 관련된 재정적 부담이 있을 것으로 보인다. 규제 샌드박스를 통해 이러한 인프라 구축에 필요한 법적, 제도적 장벽을 완화하고, 새로운 교통수단에 대한 시범 운영을 통해 안전성 검증을 할 수 있는 기회를 제공한다 한다면, 친환경 교통 인프라의 빠른 확산을 기대할 수 있을 것으로 예상된다.

□ 스마트시티 기술

스마트시티 기술은 AI와 IoT를 기반으로 한 실시간 데이터 관리와 탄소 배출 감축에 중점을 둔다. 그러나 이러한 기술의 도입에는 데이터 보안과 프라이버시 보호와 관련된 문제가 수반된다. 예를 들어, 도시 내 각종 센서와 AI 장치를 통해 수집되는 방대한 양의 데이터는 개인정보 보호법이나 데이터 관리 규제에 저촉될 수 있다. 또한 도시 내의 에너지 및 환경 데이터를 관리하기 위한 표준화된 통합 플랫폼이 부족한 경우, 기술 도입이 지연될 수 있다. 규제 샌드박스는 이러한 기술의 도입 과정에서 발생하는 데이터 관련 규제를 유연하게 적용할 수 있는 환경을 제공하여, 스마트시티 기술이 보다 빠르고 효과적으로 확산되도록 할 수 있을 것으로 판단된다.

□ 탄소 포집 및 활용(CCU)

탄소 포집 및 활용(CCU) 기술은 산업 공정에서 발생하는 탄소를 포집해 재활용하는 기술로, 온실가스 감축에 큰 기여를 한다. 하지만 이 기술은 아직 상업적으로 완전히 성숙하지 않았으며, 산업 공정에서의 탄소 포집 장비 설치 및 운영과 관련된 여러 법적, 환경적 규제가 존재한다. 예를 들어, 탄소 포집 시설을 설치할 때의 환경영향평가나, 포집된 탄소를 어떻게 활용할 것인지에 대한 규제가 까다로울 수 있다. 규제 샌드박스를 통해 이러한 기술의 상업적 도입에 앞서 다양한 실험을 할 수 있는 환경을 제공하고, 규제를 완화함으로써 기술 발전을 촉진할 수 있을 것으로 예상된다.

□ 자원순환 시스템

자원순환 시스템은 폐기물 관리와 재활용을 통해 탄소중립을 실현하는 중요한 기술이다. 그러나 폐기물 처리 과정에서 발생하는 규제, 특히 바이오가스화와 같은 폐기물 에너지화 기술의 도입에는 환경 보호와 관련된 엄격한 규제가 수반된다. 예를 들어, 폐기물 소각이나 가스화 과정에서 발생할 수 있는 환경오염 문제에 대한 우려가 크며, 이를 둘러싼 규제 장벽이 높을 것으로 판단된다. 규제 샌드박스를 통해 이러한 기술들이 보다 안전하게 운영될 수 있는 환경을 조성하고, 새로운 폐기물 처리 방식을 시험하는 기회를 제공함으로써 자원순환 시스템의 도입을 촉진할 수 있을 것이다.

□ 스마트 모빌리티

스마트 모빌리티 기술은 도심의 교통 혼잡을 줄이고, 친환경 교통수단을 촉진하는 데 기여할 수 있다고 판단된다. 그러나 전기 이륜차, 전기 자전거 등의 교통수단을 도입하기 위해서는 도로 안전 규제나 관련 인프라 구축의 어려움 등이 예상된다. 예를 들어, 자전거 전용 도로 구축이나 전기 자전거 충전소 설치와 같은 인프라 투자에 대한 법적 제약이 있을 수 있으며, 새로운 교통수단에 대한 안전성과 관련된 규제도 강화될 가능성이 있을 수도 있다. 규제 샌드박스는 이러한 새로운 모빌리티 기술이 실험적으로 도입될 수 있는 환경을 제공하여, 기술 도입 과정에서 발생할 수 있는 제도적 문제를 해결하고 스마트 모빌리티 확산에 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

[표 4-5] 탄소중립도시와 직접적으로 연관되는 된 탄소중립도시 조성요소 현황

탄소중립도시 조성 요소	세부내용
스마트 그리드 및 에너지 관리 시스템	BEMS, HEMS, FEMS를 통해 건물 에너지 소비 최적화 및 관리
태양광 및 신재생에너지	공공시설, 주차장 등을 활용한 태양광 발전 및 신재생 에너지 활용
전기차 및 친환경 교통 인프라	전기차 충전 인프라 구축, 전기차 보급 및 친환경 교통수단 도입
수소 에너지 활용	수소 충전소 설치, 수소 버스 및 트램 도입 등
스마트시티 기술	탄소 중립 통합 플랫폼 및 AI 기반 데이터 분석을 통한 스마트시티 조성
탄소 포집 및 활용(CCU)	산업 공정에서의 탄소 포집 및 재활용(CCU) 기술 도입
자원순환 시스템	폐기물 처리 및 자원순환 클러스터 조성을 통한 자원 재활용
스마트 모빌리티	전기 자전거, 전기 이륜차, 자전거길 및 자전거 충전소 구축

출처: 연구진 작성

② 규제특례법에 적용 중인 탄소중립도시 관련 기술 여건¹⁷⁾

탄소중립 도시 조성과 관련된 일부 기술들은 이미 규제특례법을 통해 규제완화 혜택을 받고 있었다. 이 절에서는 탄소중립 도시 조성 기술 중 규제특례법에서 다루고 있는 기술들을 파악하고자 하였다.

분석결과, 인프라기술이 다수였고, 건축물 규제 완화, 에너지 인프라(특히 수소 에너지) 확산을 위한 규제 완화, 자율주행차 기술의 발전과 도입을 위한 규제 완화, 스마트 교통체계와 물류 인프라의 효율적인 구축, 부담금 경감 및 면제, IoT 기반 인프라 규제 완화 등이 탄소중립도시 조성과 관련된 기술들과 연관되어 있었다.

주요 규제내용 및 특례내용을 검토한 바, 특정기술 실현에 국한되기 보다는 기술의 현실화에서 우선 완화가 필요한 행정절차나 안전상의 규제, 재정적 부담이나 개인정보에 대한 규제들이 주를 이루고 있었다.

□ 건축물 규제 완화를 통한 허가절차 간소화

탄소중립도시의 건축물 개발 과정에서는 복잡한 개발행위 허가 절차와 연구개발특구 내 건축물 설립 제한이 중요한 규제로 작용하는 것으로 나타났다. 예를 들어, 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제56조에 명시된 개발행위 허가 절차는 여러 단계를 거치며, 이는 탄소중립도시에서 효율적인 건축물 설계를 방해하는 요소 중 하나이다. 또한, 「연구개발특구의 육성에 관한 특별법」 제36조에 따라 연구개발특구 내에서 생산 공장 설립이 제한되는 상황이었다. 이런 규제를 완화하여 규제자유특구 제도를 활용하여 건축이 가능하게 특례를 도입하고 있었다.

이러한 특례를 통해서 탄소중립 건축물 설계 시 해당 규제를 완화하거나 예외를 허용함으로써, 특구 내에서 생산 공장을 설치하는 등에 있어서 유연한 조건을 마련할 수 있을 것으로 판단된다. 이는 탄소중립 도시 조성을 위한 인프라기술 도입에 중요한 역할을 할 것이다.

□ 각종 규제로 묶인 에너지 관련 인프라에 대한 규제완화

탄소중립도시의 중요한 에너지원 중 하나인 수소에너지는 그 확산과 관련된 인프라 구축에 있어 도로굴착 제한과 수소 품질검사와 같은 규제에 막혀 있었다. 「도로법」 제61조에 따르면, 수소 배관망 구축을 위한 도로굴착이 제한되며, 이

17) 규제 정보포털(<http://www.better/go.kr/sandbox.SangdboxTasKSIPL.laf>)의 규제 특례 현황 목록을 참고해 작성(부록 표 5-2 참조)

는 수소에너지 인프라 확산에 장애 요소였던 것으로 파악되었다. 또한, 「고압가스 안전관리법」 제18조의3에 따른 수소 품질검사는 한국가스안전공사에서만 수행 가능하므로, 품질검사 과정에서 소요되는 시간이 과도해지고, 지역 내 수소 관련 연구개발(R&D)과의 연계도 제약을 받고 있었다.

이에 규제법을 통해서 품질검사 기관을 다양화하고, 굴착을 허용하는 등의 수소 배관망 구축과 품질검사와 관련된 특례를 적용하고 있었다.

□ 교통체계 및 물류 인프라

• 스마트 교통체계 구축

탄소중립도시에서의 교통체계 구축 과정에서는 복잡한 행정 절차와 규제가 교통체계 개선을 방해하는 요소로 작용하고 있었다. 「국가통합교통체계효율화법」 제38조에 따른 여러 행정기관과의 협의 절차는 스마트 교통 인프라 구축에 있어 많은 시간이 소요될 수 있었다.

이를 해결하기 위해 규제자유특구 내 개발시 연계교통체계 구축계획을 행정기관에 제출하는 간소화 조치를 도입하였다.

• 물류 인프라

탄소중립도시 내에서 효율적인 물류 시스템 구축을 위해 물류단지와 관련된 규제가 완화가 적용되어 있었다. 「물류시설의 개발 및 운영에 관한 법률」 제22조에 따라 물류단지 지정 절차는 복잡하며, 이는 친환경 물류 인프라 구축을 지연시킬 수 있었다. 이에 대한 특례는 복잡한 지정 절차를 간소화하고, 친환경적인 물류 시스템을 신속하게 도입하도록 특례가 적용되고 있었다.

[표 4-6] 규제특례법상 탄소중립도시 관련 규제 완화 현황

규제 명칭	규제사항	규제특례법	특례 내용
연구개발특구 내 건축물 제한	연구개발특구내 생산공장 설립이 불가하여 생산단계에 있는 기업은 외부 생산공장 이용	제92조(「연구개발특구의 육성에 관한 특별법」에 관한 특례)	연구개발특구 내 교육·연구 및 산업화시설구역과 산업육성구역에서 허용되는 건축물의 종류를 대통령령으로 확대 가능.
탄소중립도시 내 건축물 또는 공간 환경 계획 한계	시·도지사는 국제행사 등을 개최하는 도시 또는 지역의 사업구역, 도시개발·도시재정비 및 건축문화 진흥사업으로서 건축물 또는 공간환경을 조성하기 위하여 대통령령으로 정하는 사업구역 등에 한하여 특별건축구역을 지정할 수 있음	제93조(「건축법」에 관한 특례)	시·도지사는 규제자유특구의 일부를 특별건축구역으로 지정할 수 있음.

규제 명칭	규제사항	규제특례법	특례 내용
부생수소 충전 인프라 설치 규제	부생수소 충전 인프라 확산을 위해 수소배관망 구축이 필요하나, 도로굴착 제한으로 수소배관망 설치 곤란* (도로법 제61조)	제117조(「도로법」에 관한 특례)	수소 충전 인프라 구축 위한 도로 굴착 허용.
교통체계 구축계획 절차 복잡 및 장기간 소요	관계 행정기관장은 교통시설 관련 개발사업을 추진하는 경우에 연계교통체계 구축대책*을 수립·시행하여야 함	제104조(「국가통합교통체계효율화법」의 적용 특례)	특구 내 개발사업 시행자는 연계교통체계 구축 대책을 직접 수립하여 관계 행정기관에 제출 가능.
물류단지 지정 절차 복잡 및 장기간 소요	일반물류단지는 규모에 따라 국토교통부장관 또는 관할 시·도지사가 지정하며, 시·도지사가 일반물류단지를 지정하려는 때에는 일반물류단지개발계획을 수립하여 관계 행정기관의 장과 협의한 후 지역물류정책위원회의 심의를 거쳐야 함	제64조(도시·군관리 계획결정 등의 의제)	물류단지 지정계획 포함 특구계획 승인 시 일반물류단지 지정 의제.
개발부담금 납부	「개발이익 환수에 관한 법률」제5조제1항에 따른 사업의 경우, 개발부담금을 납부해야 함	제96조(세제 지원 및 부담금 감면에 관한 특례)	규제자유특구 내 혁신사업 또는 전략산업의 육성을 위해 감면가능
광역교통시설 사업 시 부담금 납부	「대도시권 광역교통 관리에 관한 특별법」제11조에 따른 사업을 시행하는 자는 광역교통시설 부담금을 납부해야함	제96조(세제 지원 및 부담금 감면에 관한 특례)	규제자유특구 내 혁신사업 또는 전략산업의 육성을 위해 감면가능

출처 : 규제정보포털(<https://www.better.go.kr/sandbox.SandboxTaskSIPL.laf>)내 규제 샌드박스 현황 목록 재구성

③ 실증특례가 도입된 탄소중립도시 조성관련 혁신기술 여건¹⁸⁾

□ 700기압 복합용기를 적용한 이동식 수소충전소 운영

기존 수소충전소는 충전 대상을 자동차로 국한하고 있어 다양한 수소연료전지 모빌리티(무인운반차, 지게차 등)에 대한 충전이 어려웠던 것으로 분석된다. 고압가스안전관리법에 따라 충전소의 충전 대상이 제한되어 있었으나, 규제 샌드박스를 통해 다양한 수소 모빌리티에 충전할 수 있는 실증이 허용되었다. 이를 통해 수소 기반 이동 수단의 상용화가 촉진될 것으로 기대된다.

□ 액화수소 저장 및 운송

액화수소는 극저온 상태(-253도)에서 저장되기 때문에 기존의 초저온 용기 기준(-50도)이 적용되지 않아 안전한 저장과 운송이 어려웠던 것으로 분석된다. 고압가스안전관리법에는 액화수소에 대한 명확한 기준이 마련되지 않았으나, 규제

18) 규제 정보포털(<http://www.better/go.kr/sandbox.SandboxTaskSIPL.laf>)의 규제 특례 현황 목록을 참고해 작성(부록 표 5-1 참조)

샌드박스를 통해 액화수소 저장 및 운송을 위한 실증이 허용되었으며, 이를 통해 안전 기준 마련이 가능해진 것으로 평가된다. 이는 수소경제 확산에 중요한 역할을 할 것으로 판단된다.

□ 탄산화물 처리시설 설치 및 운영

이산화탄소와 탈황석고를 재활용하여 중간 가공품인 탄산화물을 제조하기 위해서는 폐기물 관리법 제29조에 따른 폐기물 처리시설 설치 승인이 필요했다. 그러나 규제 샌드박스를 통해 이러한 처리시설을 설치하고 운영할 수 있는 실증이 허용되었으며, 이를 통해 탄소 배출을 줄이고 자원을 재활용하는 기술 발전이 가능해질 것으로 기대된다.

□ 주유소 전기차 무선충전기 설치

전기차 무선충전기 설치에 대한 구체적인 기술 기준이 없어 주유소 등 장소에 무선충전기 설치가 불가능했던 것으로 판단된다. 전기사업법, 전기안전관리법, 한국전기설비규정(KEC)에는 무선충전기 설치에 대한 명확한 규정이 없었으나, 규제 샌드박스를 통해 이러한 시설을 설치하고 실증할 수 있도록 허용되었다. 이를 통해 무선충전 기술의 상용화가 가능해질 것으로 기대된다.

□ 수소연료전지 드론

드론용 액화수소 연료전지 파워팩의 성능시험 및 안전검사 기준이 없어 장거리 및 장시간 비행을 위한 드론 개발이 어려운 상황이었다. 선박안전법과 수소법에 따라 복합재료 사용이 금지되어 있었으나, 규제 샌드박스를 통해 드론용 액화수소 연료전지의 성능 시험과 안전 검사를 위한 실증이 허용되었다. 이를 통해 드론 기술이 발전하고 수소연료전지의 활용 범위가 확장될 것으로 기대된다.

□ 바이오가스를 활용한 청정수소 생산

바이오매스를 이용한 합성가스 연료를 활용한 수소추출설비는 기존 기술기준 부재로 인해 제조 및 검사가 불가능했던 것으로 판단된다. 수소법에 따라 합성가스 연료를 사용하는 설비에 대한 구체적인 규정이 없었으나, 규제 샌드박스를 통해 합성가스를 연료로 한 청정수소 생산 실증이 허용되었다. 이를 통해 바이오매스를 활용한 청정수소 기술이 발전할 것으로 기대된다.

[표 4-7] 규제샌드박스에 적용된 탄소중립도시 관련 혁신기술

기술명	규제 내용	적용 법률	샌드박스 적용 내용
수소연료전지 기반 무인운반차 및 지게차 적용	수소연료전지 동력 시스템의 안전기준 부재	산업안전보건법	안전기준 마련을 위한 실증 허용
700기압 복합용기를 적용한 이동식 수소충전소 운영	수소충전소의 충전 대상이 자동차로 국한	고압가스안전관리법	수소연료전지 모빌리티 충전 실증 허용
액화수소 저장 및 운송	액화수소 저장 및 운송에 대한 초저온 용기 기준 부재	고압가스안전관리법	액화수소 저장 및 운송 실증 허용
탄소화물 처리시설 설치 및 운영	이산화탄소 및 탈황석고 재활용 처리시설 설치에 대한 승인 필요	폐기물관리법 제29조	폐기물 처리시설 승인 없이 설치 및 운영 허용
주유소 전기차 무선충전기 설치	무선충전기 설치에 대한 기술 기준 부재	전기사업법, 전기안전관리법, 한국전기설비규정(KEC)	무선충전기 설치 실증 허용
수소연료전지 드론	드론용 액화수소 연료전지 파워팩 성능 및 안전기준 부재	선박안전법, 수소법	성능 시험 및 안전 검사 실증 허용
바이오가스를 활용한 청정수소 생산	합성가스 연료용 수소추출설비 기술기준 부재	수소법	청정수소 생산 실증 허용

출처 : 규제정보포털(<https://www.better.go.kr/sandbox.SandboxTaskSIPL.laf>)내 규제 샌드박스 현황 목록 재구성

2) 先 기술발전 後 법제화를 위한 탄소중립 관련 혁신기술 적용 여건

□ 전기차 배터리 매각

전기차 배터리의 매각을 위한 명확한 규정이 부재하여 매각이 제한된 것으로 분석된다. 규제 샌드박스 허용을 통해 전기차 사용 후 배터리의 매각 기준 마련을 위한 실증이 이루어졌으며, 이를 통해 배터리 시장의 활성화가 기대되는 것으로 판단된다.

□ 전기차 배터리 재사용 기준 마련

전기차 배터리 재사용과 관련하여 세부적인 규제는 존재하지 않았으나 명확한 기준이 부재하여 시장 진입이 어려운 것으로 평가된다. 규제 샌드박스 실증을 통해 재사용 기준을 마련하고 시장 진입을 촉진할 수 있는 기반이 조성된 것으로 판단된다.

□ 재제조 대상 제품에 전기차 배터리 추가

재제조 대상 제품 목록에서 전기차 배터리가 누락되어 있어 재제조 제품의 품질 인증이 불가능했던 것으로 분석된다. 별도의 규제는 없었으나, 규제 샌드박스를 통해 재제조 대상 제품 목록에 전기차 배터리를 포함할 수 있는 실증이 허용되었다.

□ ESS(에너지 저장 시스템) 관련 기술 개발

규제 샌드박스에서는 ESS 구축과 관련된 규제의 부재와 ESS 발전사업자가 전력 거래를 할 수 있는 명확한 기준의 규제부재가 샌드박스의 도입 이유였다. 규제 샌드박스 실증을 통해 ESS 발전소 제어 기술과 전력 거래 특례가 허용되었다.

□ 탄산칼슘을 활용한 건설 및 화학소재 재활용

포집된 이산화탄소를 탄산칼슘으로 전환하여 건설소재 및 화학소재로 재활용하는 기술과 관련된 규제는 부재했고, 관련된 재활용 기준이 부족하여 시장 진입이 어려웠던 것으로 분석된다. 규제 샌드박스를 통해 탄산칼슘을 건설 및 화학소재로 재활용할 수 있는 실증이 허용되었다.

4. 탄소중립도시 조성을 위한 규제 샌드박스 활용 및 과제

본 절에서는 규제 샌드박스 활용현황을 종합하고, 탄소중립도시 조성에 이 제도를 활용하기 위해서 필요한 방향과 향후 요구되는 정책과제들을 제시하고자 한다. 우선 규제 샌드박스를 통해서 본 탄소중립도시 관련 기술과 조성요소들에 대한 현황과 주요 규제 샌드박스를 활용하게 된 이유들을 종합하여 정리하고, 시사점들을 제시한다.

다음은 규제 샌드박스에는 포함되고 있지 않으나 앞서 2장과 3장에서 목록화된 기술 중 규제 샌드박스가 요구되는 기술들을 제시하고, 규제 샌드박스가 없이도 적용이 가능한 기술들도 제시함으로써 본 연구 결과의 효용성을 높이고자 한다. 탄소중립도시 조성을 위한 규제 샌드박스 활용방향에서는 탄소중립도시 조성의 과정 속에서 규제 샌드박스의 활용방안을 제안한다. 마지막으로 향후 탄소중립도시 조성에 있어 규제 샌드박스를 활용하는데 필요할 것으로 예상되는 정책 과제안을 제시한다.

1) 탄소중립도시 조성을 위한 규제 샌드박스 활용방안

① 실증을 위한 선도적 규제 샌드박스 활용

현행 법제도의 규제 범위 밖에 존재하는 혁신기술을 대상으로 한 규제 샌드박스 도입은 혁신기술의 선도성에 따른 기술과 제도화 간 시간격차에 따른 문제를 해소하기 위한 하나의 방법이다. 탄소중립도시 관련 혁신기술이 최종적 단계에서 상용화를 위한 실증을 함에 있어 기준 부재, 법률 제약, 기술 상용화 촉진의 어려움을 이유로 실증 범위 내에서 제한적으로 실행중이다. 다음과 같은 사례를 중심으로 제도권 밖 기술에 대한 규제 샌드박스를 활용 방안을 구상 할 수 있다.

- 안전 기준 및 규제 부재 해소 사례

수소연료전지 기반 장비, 이동식 수소충전소, 액화수소 저장 및 운송, 드론용 수소연료전지 등은 기존의 안전 기준이나 기술 규정이 부재하거나 미비하여 실증이 불가능했다. 규제 샌드박스를 통해 실증이 허용되어 기술의 상용화와 안전 기준 마련이 가능해진 것으로 나타났다.

- 기존 법률의 제약 사례

기존 법률, 예를 들어 고압가스안전관리법, 산업안전보건법, 수소법 등의 안전성 강화를 위한 제도적 제약으로 인해 새로운 기술이 도입되기 어려웠다. 규제 샌드박스를 통해 이들 법률의 제약을 완화하고 실증을 가능하게 함으로써 새로운 기술 도입을 촉진한 것으로 판단된다.

- 기술 발전 및 상용화 촉진 사례

상용화를 눈앞에 두고 있는 전기차 무선충전기 설치, 바이오가스를 활용한 청정 수소 생산 등은 기술이 발전하고 상용화될 수 있도록 규제 샌드박스를 활용한 것으로 나타났다.

② 예비적 조치로서 법·제도의 범위 설정을 위한 규제 샌드박스 활용

관련 법·제도가 부재한 혁신기술을 대상으로 법·제도 제·개정을 전제로 규제 샌드박스에 도입이 가능하다. 기술의 혁신성으로 말미암아 현행 법제도상 명확한 규정과 기준 부재로 인해 시장 진입과 기술 적용이 어려운 경우 적용이 가능하다. 관련 선행사례는 다음과 같다.

- 사용후 전기차 배터리 거래 사례

명확한 규정 부재로 인해 전기차 사용 후 배터리의 매각을 위한 명확한 규정 없어 시장 활성화가 제한되었기 때문에, 규제 샌드박스를 통해 매각 기준 마련이

필요했던 것으로 나타났다. 또한 전기차 배터리 재사용의 경우, 배터리 재사용과 관련된 구체적인 규정이 없어 시장 진입이 어려웠다. 규제 샌드박스를 통해 명확한 재사용 기준을 마련하여 시장 진입을 촉진할 필요가 있었다고 판단되었다.

- ESS 활용 전력 거래를 위한 개선 대상 파악 사례

ESS 구축 및 전력 거래에 대해서도 관련된 명확한 규제가 없었기 때문에, 규제 샌드박스를 통해 발전소 제어 기술과 전력 거래 특례를 허용해 발전 사업의 원활한 진행이 필요했던 것으로 보인다.

- 이산화탄소 재활용 기술 사례

이산화탄소를 활용한 재활용 기술에 대한 규제 또한 부재하였고, 관련된 재활용 기준이 부족하여 시장 진입이 어려웠다. 규제 샌드박스를 통해 실증이 허용되어 재활용 기술이 발전할 수 있도록 도왔던 것으로 판단된다.

③ 제도권 내 안정적 사업추진을 위한 규제 샌드박스 활용

탄소중립도시는 에너지, 교통, 건축 등 다양한 분야의 사업이 종합적으로 연계되어 추진된다. 개별 사업에서 탄소중립과 관련한 기술이 적용될 때 현행 규제사항에 저촉되어 추진이 어려운 경우 사업 전체적인 공정진행이 어렵게 되어 사업성 악화로 이어질 수 있다. 규제특례법을 통해 이와 같은 사례에 집중함으로써 인·허가 절차 간소화 등의 제도적 우회전략을 사업의 진보성을 근거로 선택할 수 있도록 함으로서 사회적으로 새로운 기술이 적용된 도시가 안정적으로 완성될 수 있도록 할 수 있다. 유사 사례는 다음과 같다.

- 건축물 규제 완화 사례

건축물 규제 완화를 통한 허가 절차 간소화로 탄소중립 건축물 설계와 인프라 구축을 촉진, 에너지 인프라 규제 완화를 통한 수소 에너지 배관망 구축과 품질검사 규제 완화로 친환경 에너지 확산 지원 등으로 정리할 수 있다.

- 자율주행차 및 스마트 교통 부문 규제 완화 사례

자율주행차 규제 완화를 통해서 임시 운행 허가과 개인정보 규제 완화로 자율주행차 도입과 발전 촉진했다. 스마트 교통체계와 물류 인프라에 대해서는 행정 절차 간소화로 스마트 교통과 친환경 물류 시스템 구축 가속화하고 있었다. 개발 및 교통시설 부담금 경감으로 탄소중립도시 개발 비용 부담 완화하거나 IoT 기반 인프라 규제 완화를 통해 개인정보 보호 규제 완화로 IoT 기술 도입 촉진했다.

④ 규제 샌드박스 도입 검토가 필요한 혁신기술에 활용

규제 샌드박스 도입 검토가 필요하다고 판단되는 혁신기술들은 지자체 탄소중립 도시 사업들 중 규제 샌드박스에 포함되지 않은 기술을 의미한다. 가까운 미래에 실증을 통해 적용 가능성이 높은 미래 혁신기술일 수 있고, 다른 주체나 R&D에서 개발되고 있을 수도 있다고 판단된다. 주로 탄소포집, 유기성 폐자원 기술, 탄소흡수원, 바이오 차 기술 등의 포함된다. 이 기술들의 개발 특성과 현장 적용 가능성 여부에 따라 규제 샌드박스의 적용방식을 다양하게 고려해야 한다. 향후 검토가 필요한 혁신 기술은 다음과 같다.

□ 에너지 부문

- 청정수소 및 수소 생산 관련 기술

청정수소 및 수소 생산 기술은 주로 바이오매스, 암모니아, 바이오가스과 같은 다양한 에너지원에서 수소를 생산하는 것이다. 구체적으로는, 미이용 산림 바이오매스를 활용한 청정수소 생산, 고체산화물 수전해기(SOEC)를 통한 수소 생산 등 다양한 방식을 통해 수소를 생산하는 기술들이 포함된다. 이 기술들은 지자체 기술사업들에서도 다루지 않았던 기술로서, 아직 기술개발이 요구되는 단계로 판단된다.

- 수소 모빌리티 및 연관 기술

수소 모빌리티 기술은 주로 수소연료전지를 활용한 이동수단과 연관이 있으며, 건설기계, 열차, 트럭, 항공 모빌리티 등 다양한 분야에서 수소연료전지의 적용을 시도하고 있다. 특히 수소연료전지 트램 및 트럭의 상용화와 물류 서비스 등은 차세대 모빌리티 기술로서 중요한 역할을 할 것으로 예상된다. 또한, 수소 항공 모빌리티와 관련된 충전 및 비행 시험은 항공 산업에서의 수소연료전지 활용 가능성을 타진하는 중요한 기술적 도전이므로 아직 도입단계가 아니라 판단된다.

- 태양광 및 신재생에너지 기술

태양광 및 신재생에너지는 주로 태양광 발전과 관련된 기술들이 포함된다. 사용처 다변형 태양광시스템, 주민주도형 태양광 전력거래 플랫폼 서비스와 같은 기술들은 태양광 에너지의 분산화 및 효율적 활용을 위한 기반을 마련할 것으로 기대된다. 또한, 소수력발전 및 융복합 냉온동시 히트펌프 시스템은 신재생에너지의 활용 폭을 넓히는 데 기여할 것으로 보인다.

규제샌드박스 내에서 주로 다루고 있는 기술들에는 태양광 및 신재생에너지 기술들이 포함되지는 않았는데, 그 이유는 이미 기술이 성숙되어 있을 것으로 판단

된다. 여기 국가차원의 기술들은 전력거래 플랫폼이나 히트펌프 등 이제 도입 필요성이 제기되고 있으므로 향후 도입추진이 예상된다.

- 에너지 저장 및 효율성 관련 기술

에너지 저장 시스템(ESS) 및 효율성 기술은 고효율 연료전지 열병합, 초고효율 연료전지 복합발전, 열에너지 저장 시스템 등의 기술이 포함되어 있다. 또한, ICT 기반의 마이크로그리드 구축은 스마트한 에너지 관리와 지역별 전력 거래를 가능하게 할 것으로 판단된다.

□ 폐기물 부문 폐자원 및 자원순환 기술

폐자원과 자원순환 기술은 유기성 폐자원의 바이오가스화, 폐기물처리시설의 매립가스 자원화 등으로 대표된다. 특히 폐플라스틱과 폐타이어의 열분해 정제 유 기술은 석유와 화학 공정에 필요한 원료를 재생산하는 기술이나 아직 규제 샌드박스로의 도입은 시기상조인 것으로 판단된다.

- CO₂ 포집 및 활용(CCU) 설비 구축

CCU 기술은 CO₂를 포집하고 재활용하는 혁신적인 기술로, 아직 상용화되지 않았거나 대규모 실증이 부족한 상황이다. 다양한 산업 공정에 이 기술을 적용하기 위해서는 탄소 거래 체계, 기술 실증에 따른 환경성 평가 등의 규제 완화가 필요하다.

- 유기성 폐자원 및 바이오매스 혐기성 소화 및 바이오가스화 시설 설치

바이오가스를 활용한 청정 에너지 생산은 혁신적이지만, 혐기성 소화 과정에서 발생하는 가스 처리 및 배출 규제, 관련 설비의 인증 및 설치 기준에 대한 규제가 높은 편이다. 샌드박스 도입으로 초기 실증을 통해 안전성을 확인하고 관련 규제를 완화할 필요가 있다.

- 소각 시설에서 발생하는 온실가스를 CCU 기술을 이용해 포집 처리

소각 시설에서 온실가스를 포집하는 CCU 기술은 아직 실증 단계에 있으며, 환경성 평가, 배출 허용치 등의 규제와 관련해 탄력적인 접근이 필요하다. 규제 샌드박스는 초기 실증을 위한 중요한 도구가 될 수 있다.

- 탄소 포집 및 활용(CCU) 기술을 통한 바이오가스화 시설

바이오가스화 시설과 CCU 기술의 융합은 혁신적이지만, 이 기술을 실증하고 상용화하기 위해서는 다양한 배출 규제, 환경성 검토 등의 규제를 완화할 필요하며, 샌드박스 도입이 필요할 것으로 예상된다.

- 바이오차 개발 및 보급

바이오차 기술은 농업 및 폐기물 처리 과정에서 새로운 솔루션을 제공하지만, 실증 단계에서 폐기물 처리, 토양 처리와 관련된 규제가 강하게 작용할 수 있다. 규제 샌드박스를 통해 초기 실증과 보급을 촉진할 수 있을 것으로 판단된다.

□ 기후적응·탄소흡수 부문 환경 모니터링 및 감축 기술

환경 모니터링 기술은 탄소배출 저감 효과 모니터링과 AI 기반의 홍수 예보 플랫폼 구축, 소각장 이산화탄소 포집 기술 등이 포함된다. 이러한 기술들은 탄소중립을 위한 필수적인 데이터 수집과 분석을 가능하게 하여 정책 결정 과정에서 중요한 역할을 할 것으로 예상된다.

□ 수송부문 교통 및 모빌리티 관련 기술

교통 분야에서는 전기자동차의 무선충전 서비스, 자율주행 모빌리티용 고해상도 3차원 정밀지도 기술 등이 중요한 역할을 할 것으로 예상된다. 특히 도심형 교통(UAM) 관련 전기 추진 항공기의 수소연료전기 기술 개발은 교통 혁신과 함께 환경 친화적인 교통수단으로 자리잡을 가능성이 높다.

- 메타버스 프로그램 개발

메타버스를 활용한 탄소중립 기술의 시뮬레이션 및 검증은 새로운 개념이므로, 데이터 수집 및 관리, 개인정보 보호 등의 규제를 유연하게 적용할 필요가 있다. 이러한 기술 실증을 위해 규제 샌드박스 도입 필요성이 예상된다.

[표 4-8] 규제 샌드박스에 포함되지 않은 탄소중립도시 연관 기술 및 조성요소

기술유형	기술명
청정수소 및 수소 생산 관련 기술	미이용 산림 바이오매스 활용 청정수소 생산활용 기술실증 (강원)
	암모니아 기반 수소 생산 활용 실증 (충북)
	바이오가스 기반 수소 생산 활용 실증 (충남)
	고체산화물 수전해기(SOEC)를 포함한 수소 생산 시스템
	그린수소 생산을 위한 고분자전해질막(PEM) 수전해 설비
	마이크로파 플라즈마 토치 기술을 활용한 수소추출설비 구축·운영
	무수 액화 암모니아 직접 전기분해 수소추출기 제작 및 실증
	청정수소 생산을 위한 암모니아 분해설비 실증
	바이오가스 기반 청정수소 생산시설 설치

기술유형	기술명
수소 모빌리티 및 연관 기술	수소연료전지 실내물류운반기계 상용화 (울산)
	수소연료전지 건설기계 전용 수소충전소 구축 및 운영
	수소연료전지 굴착기의 수소충전 및 운용시험
	수소연료전지 지게차 전용 수소충전소 구축·운영
	수소연료전지 트랙터의 수소 충전 및 운용시험
	수소연료전지 휠로더의 수소 충전 및 운용시험
	수소열차 개발을 위한 수소충전소 구축·운영
	수소전기트램 상용화를 위한 주행시험
	수소전기트럭 활용 물류서비스
	수소튜브트레일러(TT)를 활용한 제조식 수소충전소 운영
	수소항공모빌리티의 수소충전 및 비행시험
	수소연료전지 트램 및 모빌리티 관련 기술 (차세대 모빌리티 활용)
수소 관련 기타 특화 기술	고압 탄소복합재 탈부착 수소용기모듈 시스템 (전북)
	고압·대용량 탄소복합 수소운송시스템 (전북)
	액체수소드론 제작·충전 및 비행 (충남)
	수소 모빌리티용 70MPa 수소저장용기
	수소건설기계·산업기계용 수소충전소 구축·운영
	수소모빌리티 통합형 수소충전소
	수소저장용 고압·대용량 복합재료 용기 실증사업
태양광 및 신재생에너지 기술	사용처 다변형 태양광시스템
	주민주도형 태양광 전력거래 플랫폼 서비스
	초고효율 태양전지
	태양광 발전 모니터링 서비스
	소규모 태양광 전력거래 플랫폼 서비스
	소수력발전 시스템
	수열에너지 공급지원
	신재생에너지 발전을 통한 농촌전력 직접공급시스템
	신재생에너지 지역주민투자 P2P금융서비스
	융복합 냉온동시 히트펌프 이용시스템
에너지 저장 및 효율성 관련 기술	고효율 연료전지 열병합
	초고효율 연료전지 복합발전
	열에너지 저장시스템
	ICT 기반 마이크로그리드 구축 및 운영
기타 전력 및 에너지 관리 기술	원거리 다중 무선 충전 스탠드
	원격제어 누전차단기를 통한 스마트전원제어시스템
	전력데이터 공유센터 구축
	전력 에너지 공유·거래 서비스

기술유형	기술명
폐자원 및 자원순환 기술	유기성 폐자원 통합바이오가스화 시설 설치
	폐기물처리시설 매립가스 자원화
	폐수열활용 설비, 폐자원 에너지화
	과학기술기반 순환자원 무인회수시스템 구축
	스마트 순환자원 수거시스템
	폐태양광 재활용 재사용
	폐윤활유를 재활용한 저탄소 윤활기유 생산
	페타이어 열분해정제유의 석유·화학 공정 원료화
	페플라스틱 열분해정제유의 석유·화학 공정 원료화
환경 모니터링 및 감축 기술	탄소배출 저감 효과 모니터링
	탄소중립포인트 운영
	CO ₂ 저장 모니터링 및 저장소 CO ₂ 주입·운영
	소각장 이산화탄소 포집
	AI 홍수예보 플랫폼 구축
	미세먼지 저감 및 실시간 모니터링 기술
스마트 커뮤니티 및 인프라 관리	스마트 커뮤니티 타운 및 스마트허브 기반 에너지 공유·거래 서비스
	지능형 도로 시스템 구축
	하드웨어 인프라 최소 구축형 동적 혼잡통행료 징수 시스템 개발
	도심형 스마트 인프라 확산 사업
	스마트시티 확산사업
교통 및 모빌리티 관련 기술	V2X 솔루션을 활용한 V2H/B/G서비스 실증
	전기버스 무선충전 서비스
	자율주행 모빌리티용 고해상도 3차원 정밀지도
	전기자동차 방문 충전 서비스
	도심형교통(UAM) 관련 전기 추진항공기 수소연료전기 기술 개발

출처 : 연구진 작성

⑤ 탄소중립도시 조성을 위한 규제 샌드박스 활용방향

탄소중립 도시 조성을 위한 기술 개발과 적용 과정은 R&D, 실증, 상용화를 거쳐 이루어지며, 규제 샌드박스를 통해 혁신기술의 도입이 촉진된다. 미래의 탄소중립 도시는 각 분야별 특화된 형태로 진화하며, 온실가스 감축과 기후변화 적응력 강화를 목표로 지속 가능한 도시 모델을 제공하게 된다. 위와 같은 시사점을 토대로 탄소중립 도시 조성을 위한 규제 샌드박스의 활용방향을 그림 4-2와 같이 작성하였다.

□ 현재 : 탄소중립도시 조성을 위한 기술도입 단계

국가 차원과 지자체 차원의 탄소중립 도시 기술은 요소기술과 인프라 기술로 나뉜다. 연구개발(R&D)과 실증 단계를 거쳐 상용화 단계로 진입 및 탄소중립 도시 구현을 위한 기술적 토대를 마련한다. 이 과정에서 규제 샌드박스가 규제완화, 기준, 실증을 통한 기술적용 검토를 한다. 규제 샌드박스는 새로운 기술의 사업성 안전성 확보와 행정 절차 간소화를 통해 기술 도입을 촉진한다.

이렇게 마련된 혁신기술과 기존기술은 국가나 지자체 차원에서 제도와 정책 등의 형태로 탄소중립 도시 조성사업에 적용된다.

□ 탄소중립도시 조성사업 계획 및 시행 단계

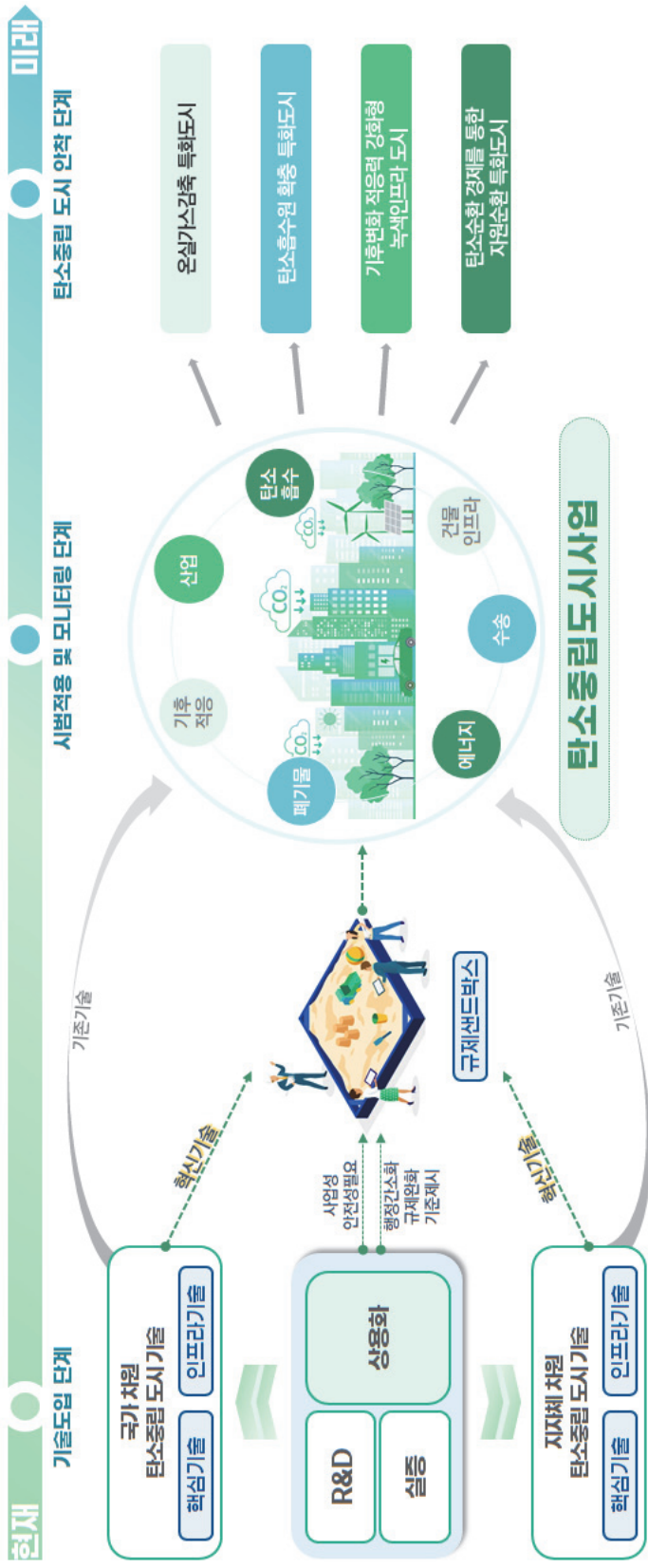
탄소중립 도시 조성사업은 폐기물, 에너지, 건물 및 인프라, 수송, 산업, 기후적응, 탄소흡수 등 다양한 분야를 포괄한다.

- (에너지) 재생에너지와 에너지 효율성을 중심으로 탄소 배출 최소화
- (탄소흡수) 도시 내 녹지 확충 및 탄소 흡수 기술 적용.
- (폐기물 관리) 폐기물 처리와 자원화 기술을 통해 탄소 배출 감소
- (건물 및 인프라) 지속 가능한 건축 자재와 에너지 효율적 건물 설계
- (수송) 저탄소 교통 수단 도입
- (산업) 친환경 공정 도입을 통한 산업 부문 탄소 배출 저감
- (기후 적응) 기후 변화에 대응하는 도시 설계 및 정책 도입

□ 미래 : 탄소중립도시 운영 단계

미래 단계에서는 탄소중립 도시가 온실가스 감축, 탄소흡수원 확충, 기후변화 적응력 강화, 자원순환 등의 특성을 갖는 특화 도시로 발전한다.

- (온실가스 감축 특화도시) 에너지 효율화 및 산업, 교통 부문의 탄소 배출 감축에 특화
- (탄소흡수원 확충 특화도시) 녹지와 기술적 탄소흡수원을 확충
- (기후변화 적응력 강화도시) 기후변화에 대응하는 녹색 인프라를 강화
- (탄소순환 경제도시) 자원순환을 극대화하고 탄소순환 경제체계를 구축



[그림 4-7] 탄소중립도시 조성을 위한 규제 샌드박스 제도의 활용
출처 : 연구진 작성

2) 탄소중립도시 조성을 위한 규제 샌드박스 정책과제

□ 탄소중립도시 조성을 위한 기존 규제 샌드박스 제도의 활용

탄소중립도시 조성을 위한 규제 샌드박스는 기술과 제도의 유기적 통합, 지역 특성을 반영한 맞춤형 정책 설계, 대중의 참여와 이해 증진, 그리고 정부 부처 간 협력을 통해 지속 가능한 도시의 미래를 실현하는 핵심 도구가 될 것이다.

탄소중립도시 조성을 위해 현재 운영 중인 스마트도시, 산업융합, 그리고 규제자유특구 규제 샌드박스 제도를 효율적으로 활용하는 방안을 모색해야 한다. 이들 제도는 각각 도시 내 혁신 기술 실증, 산업 간 융합 촉진, 그리고 지역 특화 정책 설계에 기여할 수 있는 잠재력을 가지고 있으며, 탄소중립 목표 달성을 위한 핵심 도구로 작용할 수 있다.

우선, 스마트도시 규제 샌드박스는 도시 내 스마트 기술을 실증하고 탄소중립과 관련된 스마트 인프라를 구현하는 데 유용하다. 이를 활용해 스마트 에너지 관리 시스템을 구축하고, 재생에너지 기반의 분산형 전력망, 에너지 저장 시스템(ESS) 등 혁신적인 기술을 실증할 수 있다. 또한, 자율주행 전기차와 같은 스마트 교통 시스템을 시험 운영하며 도시 내 교통 데이터를 분석해 효율적인 탄소 배출 저감 방안을 마련할 수 있다. 이와 더불어 스마트 건축 기술과 제로에너지 빌딩의 도입을 실증함으로써 에너지 효율 향상을 도모하고, 도시민의 생활 패턴 데이터를 활용한 맞춤형 정책 설계에도 기여할 수 있다.

산업융합 규제 샌드박스는 탄소중립 기술의 상용화를 가속화하고, 다양한 산업 간 융합 기술을 실증할 수 있는 기반을 제공한다. 예를 들어, 탄소 포집 및 활용(CCUS), 바이오매스 에너지와 같은 탄소중립 기술을 산업단지에서 실증하고 초기 시장을 창출할 수 있다. 또한, 산업단지 내 재생에너지와 순환경제 모델을 도입해 폐기물 재활용과 부산물의 순환 자원화를 촉진할 수 있다. 스마트 팩토리과 같은 디지털 기술과 탄소 저감 기술을 융합하여 효율적인 산업 운영 모델을 실험하며, 이러한 기술의 표준화를 통해 상용화와 확산을 지원할 수도 있다.

한편, 규제자유특구는 지역 특화 기술 도입과 정책 설계에 적합한 제도로써, 각 지역의 산업 구조와 지리적 특성에 맞는 맞춤형 탄소중립 기술 실증을 가능하게 한다. 예를 들어, 특정 지역에서 신재생에너지 기술이나 스마트 농업 모델을 시험하고, 지역 내 탄소 배출 요인을 분석해 맞춤형 저감 기술을 도입할 수 있다. 이

를 통해 공공기관과 지역 기업 간 협력을 촉진하고, 지역 주민의 참여를 바탕으로 기술의 수용성과 공감대를 형성할 수 있다. 나아가, 자원 순환 경제 실증 프로젝트를 통해 폐기물 재활용 및 재사용 기술을 도입하고, 지역 자원 관리 체계를 혁신할 수 있다.

이러한 제도를 효과적으로 운영하기 위해서는 몇 가지 공통적인 전략이 필요하다. 우선, 환경부, 산업부, 국토부, 중소벤처기업부 등 관련 부처 간 협력을 통해 규제 샌드박스 제도의 통합적 운영 체계를 구축해야 한다. 이를 통해 각 제도의 장점을 탄소중립도시 조성에 연계하고, 다부처 협력을 강화해야 한다. 또한, 실증사업에서 도출된 데이터를 활용하여 정책 개선과 법적 프레임워크를 마련하고, 이를 전국적으로 확대 적용할 수 있는 기반을 구축해야 한다. 지역 주민의 참여와 소통을 통해 기술 도입 과정에서의 갈등을 최소화하고, 지역 특성에 맞는 맞춤형 실증사업을 설계해야 한다. 마지막으로, 스마트도시 데이터 플랫폼과 산업 융합 기술을 통합하여 탄소중립 정책의 효과성을 극대화하는 방안을 모색할 필요가 있다.

이와 같은 방안은 현재의 규제 샌드박스 제도를 탄소중립도시 조성에 효과적으로 연계하여 신속한 기술 도입과 정책 혁신을 가능하게 할 것이다. 이를 통해 탄소 배출을 줄이고 지역 경제를 활성화하며, 지속 가능한 도시 모델을 구현할 수 있을 것이다.

□ 탄소중립도시 조성을 목표로 하는 신규 규제 샌드박스 도입

탄소중립도시 조성을 위해 기존 규제 샌드박스 제도를 활용하는 방안 외에, 탄소중립 목표에 특화된 독립적 규제 샌드박스 제도를 설계하고 운영하는 방안도 효과적인 정책 대안이 될 수 있다. 이 제도는 탄소중립 실현을 위해 필요한 기술 실증과 제도적 지원을 종합적으로 제공하며, 기존 제도가 다루지 못하는 탄소중립 관련 융합 과제를 해결할 수 있는 체계를 마련할 수 있다.

우선, 탄소중립 기술은 에너지, 교통, 건축, 순환경제 등 다양한 분야에 걸쳐 있으며, 이를 종합적으로 실증하고 상용화로 연결하기 위해 독립적인 규제 샌드박스 운영 체계가 필요하다. 기존 규제 샌드박스 제도는 특정 분야에 초점을 맞추고 있어 탄소중립과 같은 다부문 융합 과제를 효과적으로 처리하기 어렵다. 따라서 탄소중립 기술 실증을 지원하고, 법적 장애물을 제거하며, 지역 맞춤형 정책 설계를 가능하게 하는 독립적 제도의 도입이 요구된다.

이를 위해 탄소중립도시 규제 샌드박스를 전담할 조직을 설립하여 제도의 기획, 운영, 관리, 평가를 담당하게 하고, 관련 부처 간 협력 체계를 구축해야 한다. 환경부, 산업통상자원부, 국토교통부, 중소벤처기업부 등 여러 부처가 협력하여 다 부처 통합 운영 체계를 마련하고, 지자체, 산업계, 학계가 참여하는 거버넌스 모델을 통해 정책 실행력을 강화해야 한다.

운영 초기에는 탄소중립 기술 중 도입 효과가 크고 실증 가능성이 높은 분야를 선정해 우선 실증사업을 추진해야 한다. 예를 들어, 재생에너지 인프라, 스마트 그리드, 에너지 저장 시스템(ESS), 탄소 포집 및 활용(CCUS), 순환경제 모델 등을 실증하여 초기 성과를 창출할 수 있다. 이러한 실증사업은 지역 특성에 따라 지자체가 주도적으로 운영하도록 설계해야 하며, 대도시는 스마트 교통과 건축 기술 실증에, 농촌 지역은 바이오에너지와 스마트 농업 기술 실증에 초점을 맞추는 방식으로 맞춤형 접근이 필요하다.

법적·제도적 특례 제공도 핵심 요소이다. 기술 실증 및 상용화를 가로막는 기존 규제를 일시적으로 유예하거나 면제하는 제도를 마련하고, 실증사업을 통해 도출된 데이터를 바탕으로 규제 개선과 새로운 법·제도를 설계해야 한다. 이를 통해 기술 도입 초기의 제도적 장벽을 제거하고, 신속한 상용화를 지원할 수 있다.

산업계와의 협력도 강화해야 한다. 신기술 개발 기업과 스타트업에 대상으로 규제 특례를 제공하여 초기 시장 진입을 촉진하고, 대기업과 중소기업 간 협력을 통해 기술 상용화를 가속화해야 한다. 특히, 대중 참여와 이해 증진을 위한 노력이 중요하다. 실증사업의 의미와 탄소중립 기술의 중요성을 대중에게 알리고, 시민의 의견을 반영하는 정책 설계를 통해 기술 수용성과 정책 수용성을 높여야 한다.

탄소중립도시 규제 샌드박스는 성과 관리와 확산 체계도 구축해야 한다. 실증사업 결과를 정량적으로 평가하고, 우수 사례를 발굴하여 전국적으로 확산하는 방안을 마련해야 한다. 이를 통해 실증사업의 성공 경험이 다른 지역으로 확산되며, 탄소중립 목표 달성의 기반을 강화할 수 있다.

이와 같은 독립적 규제 샌드박스 제도의 운영은 탄소중립 기술의 신속한 도입과 상용화를 촉진하며, 지역 맞춤형 정책 설계를 가능하게 한다. 또한, 규제 혁신을 통해 정책의 유연성을 제고하고, 국가 및 지역 차원의 탄소중립 목표 달성에 기여할 수 있다. 궁극적으로 이 제도는 기술 혁신과 지속 가능한 도시 모델 구현의 핵심 수단이 될 것이다.

□ 탄소중립도시 조성시 규제 샌드박스를 정책적 지원 도구로 적극 활용

탄소중립도시 조성을 위해서는 규제 샌드박스를 효과적으로 활용할 수 있는 명확한 정책 목표와 방향성을 수립하는 것이 필수적이다. 이를 통해 기술 도입 과정에서 법적 장애물을 제거하고, 필요성에 대한 공감대를 형성할 수 있다. 이러한 목표를 달성하기 위해 다양한 정책적 과제가 제안된다.

우선, 기술 목록화와 분석 강화가 필요하다. 탄소중립 기술을 체계적으로 목록화하고, 각 기술의 도입 가능성을 면밀히 분석함으로써 지자체의 맞춤형 정책 설계를 지원해야 한다. 이를 통해 각 지역의 특성과 요구에 적합한 기술 도입이 가능해질 것이다.

사례 연구와 피드백 활용 역시 중요한 과제이다. 실제 기술 도입 사례를 통해 애로사항과 정책적, 법적 제약을 분석하고 이를 기반으로 개선안을 제시해야 한다. 이를 통해 정책적 제언을 도출함으로써 더 나은 실행 방안을 마련할 수 있다.

또한, 대중 참여 증진을 위해 기술적 용어와 전문 정보를 쉽게 풀이한 자료를 제공하고, 시민들의 이해와 참여를 유도하는 것이 필요하다. 이는 탄소중립 정책에 대한 대중의 공감대를 형성하고 참여를 확산하는 데 기여할 것이다.

산업계, 학계, 정부 간의 협력 강화를 위한 노력도 중요하다. 규제 샌드박스를 매개로 이들 간의 협력을 촉진함으로써 혁신적인 기술이 신속히 도입될 수 있는 기반을 마련해야 한다. 이를 통해 기술적 도입과 정책 실행의 간극을 좁히고 효과적인 성과를 도출할 수 있다.

규제 샌드박스의 실효성을 평가하기 위해 다음의 요소를 고려해야 한다. 첫째, 기술의 효용성과 적용 가능성을 검토하며 실질적인 결과를 도출해야 한다. 둘째, 규제 샌드박스에서 도출된 정책적 제언이나 법적 개선 사항이 실제로 시행되고 성과를 나타내는지 확인해야 한다. 셋째, 다양한 지자체의 사례를 통합적으로 분석하여 일반화된 결론을 도출할 수 있어야 한다. 마지막으로, 기술 도입 사례 및 전문가와의 심층 인터뷰를 통해 애로사항과 제약 조건을 파악하고 추가적인 분석을 진행해야 한다.

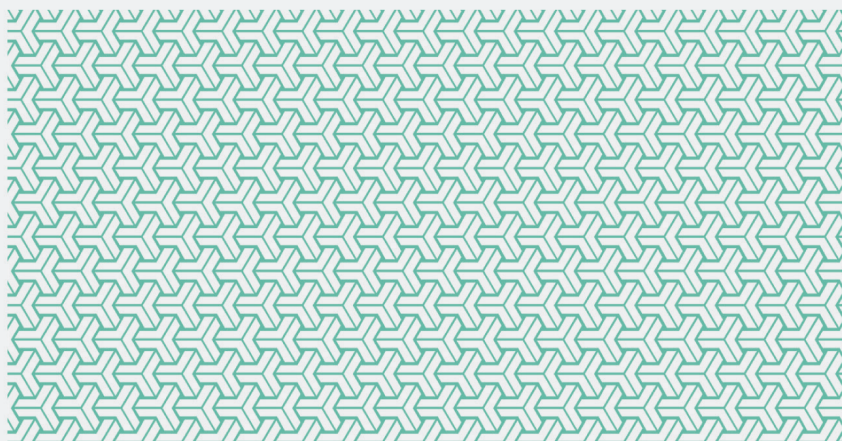
특히, 탄소중립 기술의 도입 격차를 해소하기 위한 방안으로 신기술 실증과 상용화 촉진이 제안된다. 국가와 지자체 간의 기술 격차를 줄이고, 에너지 부문에서 새로운 기술 도입 과정에서의 규제와 안전성 우려를 해결해야 한다. 또한, 지자체 직원들을 대상으로 한 교육 프로그램과 정보 공유 체계를 마련하여 기술 도입

에 대한 이해도를 높여야 한다.

법적 프레임워크 구축도 중요한 과제이다. 탄소중립 관련 법령을 검토하고, 필요한 제도적 개선 사항을 도출하여 안정적인 법적 토대를 마련해야 한다. 이와 함께, 지역별 맞춤형 기술 적용 전략을 통해 지속 가능한 도시 조성을 위한 포괄적인 접근이 이루어져야 한다.

마지막으로, 정부 부처 간 통합적 정책을 구현하기 위해 정책 연계 체계 구축, 데이터 기반의 정보 공유 플랫폼 마련, 그리고 규제 샌드박스를 활용한 혁신 실험 공간 제공이 필요하다. 이러한 노력은 중복 규제를 최소화하고 정책의 유연성을 제고하며, 탄소중립도시 조성을 위한 제도적 기반을 강화할 것이다.

제5장 결론



1. 연구 요약
2. 향후 과제

1. 연구 요약

본 연구의 목적은 탄소중립도시 조성을 위한 기술이 지자체에 바로 적용하기에는 기술적, 법제도적 걸림돌이 있을 것이라는 연구가설에 기반해 규제 샌드박스가 탄소중립도시 관련 기술 적용 시 효용성 여부와 가능성을 파악하는 것이었다.

우선 국가차원과 지자체 차원의 탄소중립 도시 조성을 위한 기술들을 목록화하고, 규제 샌드박스에 적용되고 있는 기술들과 비교하여 규제 샌드박스가 도입되고 있는 특성들을 파악하였다.

규제 샌드박스 도입여부에 따라 국가차원 또는 지자체 차원의 탄소중립 도시 조성기술들을 분석하여 규제 샌드박스가 현재 탄소중립도시 조성에 대해 갖는 역할을 조명하고, 방향성을 제시하고자 하였다.

□ (2장) 국가차원의 탄소중립도시 조성기술을 목록화

2장에서는 탄소중립도시 조성을 위한 기술들을 목록화하고, 「도시계획시설규칙」에 의거한 도시계획시설을 틀로하여 탄소중립도시 조성요소를 도출하였다.

탄소중립도시 조성을 위해 분석된 탄소중립 기술 중 도시계획시설로 판단된 항목으로는 수소 공급·저장시설, 전기차 충전시설, 녹색건축물, 폐기물 재활용시설, 그린인프라 등이 포함되었다. 그러나 CCUS 기술과 같은 일부 기술은 도시계획시설 범주에 포함되지 않았으며, 대부분의 탄소중립 기술은 도시계획시설의 세부시설로 명시되지 않았다.

이를 통해 얻은 시사점은 다음과 같다. 수소 저장·운송시설, 녹색건축, 폐기물 재활용시설, 탄소흡수원, 그린인프라와 같은 기술들은 도시계획시설로 활용될 가능성이 높지만, 기술 도입과 공간화 과정에서 규제특례와 같은 법적 지원이 필수적이라는 점이다. 이러한 법제도적 지원은 탄소중립도시 조성을 추진하는 지자체 사업을 보다 적극적으로 뒷받침하는 수단이 될 것으로 기대된다.

□ (3장) 지자체 차원의 탄소중립도시 조성기술을 목록화

본 장에서는 지자체에서 도입하고 있는 탄소중립도시 조성요소를 분석하였다. 이를 위해 지자체의 탄소중립도시 조성사업을 에너지, 탄소흡수 등 온실가스 감축과 기후적응 분야로 분류하였다. 분석 결과, 지자체에서 도입된 기술 중 에너지 부문이 전체의 50% 이상을 차지하며 가장 많은 비중을 보였고, 탄소흡수, 폐기물, 건물 및 인프라 부문이 뒤를 이었다.

지자체 사업 목록을 2장에서 제시된 탄소중립 도시계획시설의 틀로 분석한 결과, 다수의 지자체 사업이 도시계획시설의 분류와 세부시설에 포함되며 실현 가능성이 높은 것으로 나타났다. 그러나 일부 신기술(예: 수소 에너지, 암모니아 기반 기술)은 사업성과와 안전성에 대한 불확실성으로 인해 도입이 제한적이었다. 이는 국가 차원의 실증 사업과 규제특례를 통해 지자체가 활용할 수 있는 기반을 마련할 필요가 있음을 시사한다.

분석에서 두드러진 점은 지자체 사업이 에너지 효율화와 재생에너지 확대에 집중하고 있다는 점이었다. 태양광, 풍력, 수소 등 재생에너지를 활용한 사업들이 다수 포함되었으며, 에너지 부문이 탄소중립 기술 도입의 핵심임을 재확인할 수 있었다. 반면, 혁신기술의 도입은 제한적이었고, 기존 사업화된 기술 위주의 목록이 제시되었다. 이러한 기존 기술들은 탄소중립도시 조성요소로 바로 현실화할 수 있다는 장점이 있지만, 신기술의 도입을 위한 노력이 부족한 것으로 나타났다.

특히, 혁신기술에 대한 지자체의 기술 이해도 부족이 문제점으로 지적되었다. 이는 정보 공유와 교육 프로그램 강화, 전문가 연계를 통한 사업 고도화와 같은 지속적인 지원이 필요함을 의미한다. 또한, 기존 사업과 신기술을 연계한 실증 및 시범사업을 통해 사업성과와 안전성을 검증하는 방식이 요구된다. 이를 위해 국가 차원에서는 주요 혁신기술에 대한 실증 연구와 파일럿 프로젝트를 통해 신기술의 사업성과와 안전성을 보장할 필요가 있다.

□ (4장) 목록화된 탄소중립도시 조성기술의 규제 샌드박스 도입특성을 파악

본 장에서는 규제 샌드박스 프로그램에 포함된 탄소중립도시 조성요소와 규제 형태를 분석하여 향후 규제 샌드박스를 활용할 수 있는 방향을 모색하였다.

규제가 있는 경우 법적 규제와 기술 기준 부재 및 기술 상용화 추진이 주요 과제로 나타났으며 대부분 수소 관련 기술이 해당되었다. 규제가 없는 경우 명확한 기술 기준 부재로 인해 시장 진입이 어려운 사례가 많았으며 전기차 배터리 재사용과 매각, ESS 구축 및 전력 거래, CO₂ 재활용 기술 등이 포함되었다.

규제특례법을 통해 완화된 사례로는 건축물과 인프라 규제 완화, 수소 에너지 배관망 구축, 자율주행차 임시 운행 허가과 개인정보 규제 완화, 스마트 교통 및 친환경 물류 시스템 구축을 위한 허가 절차 간소화 등이 있었다.

규제 샌드박스의 활용 방향은 탄소중립도시 조성의 세 단계로 구분된다.

첫 번째 단계는 기술 개발 및 적용 과정으로 R&D, 실증, 상용화를 거치며 규제 샌드박스를 통해 규제 완화와 기술 기준 마련이 이루어진다. 이를 통해 기술의 사업성과 안전성을 검토하고 행정 절차 간소화를 통해 혁신 기술 도입을 촉진한다.

두 번째 단계는 탄소중립 도시 조성사업으로 에너지 부문에서는 재생에너지와 에너지 효율성을 중심으로 하고 탄소흡수 부문에서는 도시 녹지 확충과 기술적 탄소 흡수원 적용이 이루어진다. 폐기물 부문에서는 자원화 기술과 폐기물 처리를 통해 탄소 배출 감소를 목표로 하며 건물과 인프라 부문에서는 지속 가능한 건축 자재와 효율적 설계를 활용한다. 수송 부문에서는 저탄소 교통 수단 도입과 친환경 인프라 구축이 필요하며 기후 적응 부문에서는 기후 변화에 대응하는 설계와 그린 인프라 확대가 요구된다.

세 번째 단계는 탄소중립도시가 효과를 충분히 발휘하는 특화 단계로 온실가스 감축 특화도시는 에너지 효율화와 산업 및 교통 부문 탄소 배출 감축에 중점을 두고 탄소흡수원 확충 특화도시는 녹지와 기술적 탄소 흡수원 확대에 초점을 맞춘다. 기후변화 적응력 강화 도시는 녹색 인프라를 통해 기후 변화에 대응하며 탄소 순환 경제 도시는 자원 순환 극대화와 탄소 순환 경제 체계를 구축 및 운영한다.

규제 샌드박스는 기술 도입 초기의 규제 완화와 실증을 지원하며 탄소중립도시 조성을 위한 필수적 도구로 활용될 수 있다. 이를 통해 기술 개발과 도시 조성 및 특화 단계까지 이어지는 과정을 체계적으로 지원하며 지속 가능한 탄소중립 도시 모델 구축을 위한 기반을 마련할 수 있을 것이다.

2. 향후 과제

1) 연구의 의의 및 한계

이 연구는 탄소중립도시 조성을 위한 핵심 기술과 인프라 기술을 체계적으로 분석하고, 국가 및 지자체 차원에서의 기술 도입 현황을 종합적으로 검토했다는 점에서 의의가 있다. 특히 규제 샌드박스 도입 현황분석을 위한 방법들을 제시하여 국가차원의 기술과 지자체 차원의 기술도입 차이, 이들 두 기술의 규제 샌드박스 도입의 현 시점을 제시하였다. 아울러서 미래 탄소중립 도시 구축을 위해서 현 시점에서 미래로의 규제 샌드박스 활용 방향성을 제시하였다는데 의의가 있다.

본 연구는 현재 진행 중인 국가 및 지자체의 탄소중립 도시 조성 사업을 중심으로 분석을 진행하였다. 검토된 지자체 사업이 14개였으므로 그 범위 내에서 설명할 수밖에 없다. 또한, 규제 샌드박스에 적용된 기술 현황도 계속 바뀌고 있으므로 이를 모두 반영하는데 한계가 있다.

2) 기대효과

본 연구는 탄소중립 도시 조성을 위해 필요한 기술들을 체계적으로 목록화함으로써, 현 시점에서 탄소중립 도시에 요구되는 요소기술과 인프라기술이 무엇인지 명확히 제시했다는 점에서 중요한 의의를 가진다. 특히, 에너지 부문, 탄소흡수 부문 등에서 기술 도입이 압도적으로 많았음을 확인하였고, 지자체들이 혁신적인 기술보다는 안정적이고 검증된 기술을 보다 적극적으로 채택하고 있다는 점들을 밝혀내어, 향후 정책 수립에 유용한 방향성을 제공한다.

또한, 규제 샌드박스의 활용 방향을 제시한 점은 신기술 도입에 있어 규제적 장벽을 완화하고 실증 과정을 통해 안전성과 효과를 검증할 수 있는 제도적 기반을 마련했다는 점에서 중요한 기여를 한다. 이는 국가와 지자체가 탄소중립 도시 조성에 필요한 기술을 효과적으로 도입하고 적용하는 데 도움이 될 것이다.

연구 결과는 향후 지자체 및 중앙정부의 정책 수립 과정에서 실질적인 참고 자료로 활용될 수 있으며, 탄소중립 목표 달성을 위한 기술적·제도적 로드맵을 구체화하는 데 기여할 것으로 기대된다.

3) 향후 과제

향후 탄소중립 도시 조성과 관련된 기술과 정책의 발전을 위해 다음과 같은 방안들이 필요할 것으로 판단된다.

□ 탄소중립도시 조성 지원을 위한 거버넌스 구축

광역 지자체의 탄소중립센터 및 탄소중립도시 지원기구는 탄소중립 기술과 도시 조성의 중간 매개자로서 중요한 역할을 할 수 있다. 이를 위해, 각 지자체 간 협력과 통합을 촉진하는 거버넌스를 구축하여, 기술 도입 및 운영에서의 효율성을 높이는 것이 필요하다. 이러한 거버넌스는 기술적 문제뿐만 아니라 행정 절차와 정책 연계성을 강화하는 데 기여할 수 있다.

□ 안전성 및 사회적 효용성 연구 강화

탄소중립 기술의 도입에 있어 기술적 안전성과 사회적 효용에 대한 연구가 필수적이다. 기술의 신뢰성을 높이기 위해서는 정밀한 검증이 필요하며, 더불어 사회적 인식을 개선하기 위한 공공 캠페인과 교육 프로그램이 병행되어야 한다. 이러한 연구와 인식 개선을 통해 탄소중립 기술이 시민들에게 수용성을 얻고 성공적으로 도입될 수 있을 것이다.

□ 탄소중립도시 조성 기술의 적용 방법론 개발

탄소중립 기술이 실제 도시 환경에 적용되기 위한 방법론 개발이 필수적이다. 각 기술의 특성에 맞춘 실증 연구와 도입 전략이 필요하며, 특히 지역별 특성에 맞는 맞춤형 적용 방법론이 요구된다. 이를 위해 국가와 지자체는 협력하여 표준화된 기술 적용 방안을 마련하고, 탄소중립 도시 조성을 위한 기술 도입의 전반적인 로드맵을 제시해야 한다.

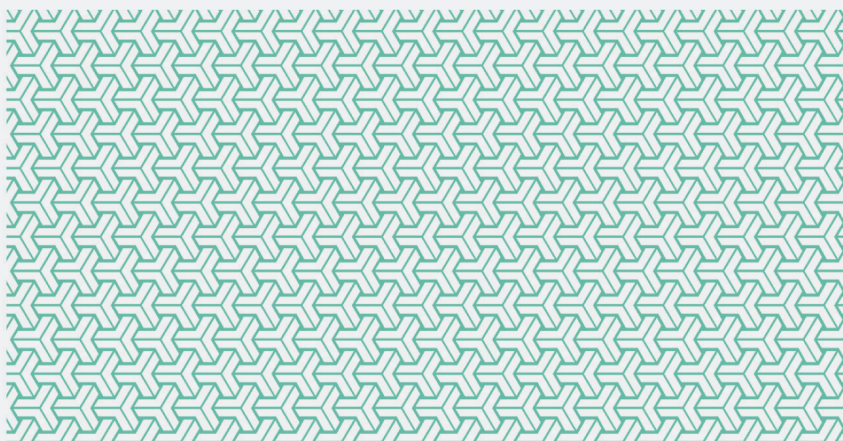
□ 정책적 지원 및 규제 완화

혁신적인 탄소중립 기술이 원활하게 도입되기 위해서는 정부 차원의 정책적 지원과 규제 완화가 필수적이다. 규제 샌드박스와 같은 제도를 통해 새로운 기술의 실증을 촉진하고, 이를 통해 기술의 상용화와 안전성 확보를 동시에 추구할 수 있는 정책적 뒷받침이 필요하다.

□ 미래 탄소중립도시 모델 개발

탄소중립 도시의 성공적인 조성을 위해서는 다양한 분야에서 기술적 혁신이 필요하며, 이를 통합하여 지속 가능한 미래 도시 모델을 개발해야 한다. 에너지, 폐기물, 수송, 건물 등에서의 기술 혁신을 넘어, 기후 변화에 적응하는 도시 설계와 정책이 필요하다. 장기적으로 탄소중립 도시의 발전 방향을 제시하고, 실질적인 실행 계획을 수립할 필요가 있다.

참고문헌

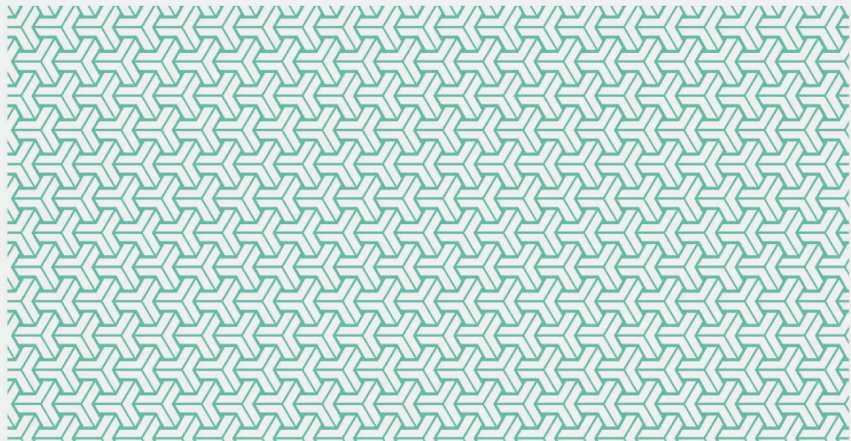


건축법. 법률 제20194호
 고압가스 안전관리법. 법률 제18269호.
 공공기관의 운영에 관한 법률. 법률 제18795호.
 국가통합교통체계효율화법. 법률 제20039호.
 국토교통부. (2021). 국토교통 2050 탄소중립 추진전략, R&D 편.
 국토의 계획 및 이용에 관한 법률. 법률 제19590호.
 국가재정법. 법률 제19589호.
 개발이익 환수에 관한 법률. 법률 제19430호.
 개인정보 보호법. 법률 제19234호.
 규제자유특구 및 지역특화발전 특구에 관한 규제특례법. 법률 제19590호.
 규제자유특구 및 지역특화발전특구에 관한 규제특례법 시행령. 대통령령 제34488호.
 규제정보포털. <https://www.better.go.kr/sandbox.SandboxTaskSIPL.laf>(검색일: 2024.5.28.)
 규제 샌드박스 홈페이지. https://www.sandbox.go.kr/sandbox/info/sandbox_intro.jsp?utm_source=chatgpt.com (검색일: 2024.11.17.)
 규제 샌드박스 홈페이지. <https://www.sandbox.go.kr/sandbox/info/sandboxsystem.jsp> (검색일: 2024.11.17.)
 과학기술정보통신부. (2023) “한국형 탄소중립 100대 요소기술 확정 본격적인 탄소중립 기술개발 청사진 제시” 5월18일자 보도자료. p.13.
 금융혁신지원 특별법(약칭: 금융혁신법). 법률 제20054호.
 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법. 법률 제19208호.
 녹색건축물 조성 지원법. 법률 제18469호.
 농지법. 법률 제19587호.
 도시공원 및 녹지 등에 관한 법률. 법률 제20309호.
 도시개발법. 법률 제19561호.
 도로법. 법률 제19587호.
 대도시권 광역교통 관리에 관한 특별법. 법률 제20040호.
 물류시설의 개발 및 운영에 관한 법률. 법률 제19679호.
 산업융합 촉진법. 법률 제18661호.
 산업입지 및 개발에 관한 법률. 법률 제19386호.
 산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률. 법률 제19430호.
 산업단지 인·허가 절차 간소화를 위한 특별법. 법률 제20309호.
 수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률. 법률 제19810호.
 수원시. (2024). 수원시 탄소중립 그린도시 사업 시행계획 최종보고서
 스마트도시 조성 및 산업진흥 등에 관한 법률(약칭: 스마트도시법). 법률 제20394호.
 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법. 법률 제19040호.
 연구개발특구의 육성에 관한 특별법. 법률 제20062호.
 여객자동차 운수사업법. 법률 제20296호.
 액화석유가스의 안전관리 및 사업법. 법률 제18818호.

위치정보의 보호 및 이용 등에 관한 법률. 법률 제18517호.
이산화탄소 포집·수송·저장 및 활용에 관한 법률. 법률 제20203호.
지역 개발 및 지원에 관한 법률. 법률 제19590호.
자동차관리법. 법률 제20339호.
전기사업법. 법률 제19813호.
정보통신 진흥 및 융합 활성화 등에 관한 특별법. 법률 제20482호.
정보통신망 이용촉진 및 정보보호 등에 관한 법률. 법률 제20069호.
충청남도. (2023). 국가 탄소중립 도시 지정 대응전략 및 지역별 조성방안 마련 연구용역.
행정규제기본법. 법률 제19213호.
환경부. (2022). 한국형 녹색분류체계 가이드라인.
환경부. (2024). 환경부 및 국토교통부가 주관한 탄소중립 선도도시 공모에 지원하여 1차
선발된 11개 지자체의 사업계획서. 환경부 내부자료
환경부·국토교통부. (2024). 탄소중립 선도도시 공모 가이드라인(안).

Current Status and Challenges of Regulatory Sandboxes for Spatial Elements in Building Carbon-Neutral Cities

References



Lee, Eunseok
Park, Jonghoon
Ji, Seokhwan

1. Introduction

This study aims to establish the technical and institutional foundations required to create carbon-neutral cities. Despite the implementation of the Carbon Neutrality Framework Act in 2021, clear concepts and institutional standards for transitioning existing cities into carbon-neutral ones remain lacking. To address this gap, this research proposes regulatory easing measures and policy directions to support the transition. The main objectives are to identify essential spatial elements for building carbon-neutral cities, analyze their current adoption status, and propose actionable directions for achieving carbon neutrality through regulatory sandboxes.

The scope of the study is divided into three dimensions. The temporal scope spans from the announcement of the 2021 Carbon Neutral Scenarios to the target year 2050. The spatial scope focuses on technologies and applications relevant to carbon-neutral cities at national and local government levels. The institutional scope encompasses key laws such as the Carbon Neutrality Framework Act, the Green Building Act, and the Special Act on Designated Areas, alongside regulatory frameworks for easing restrictions.

The research methodology includes listing relevant technologies and spatial elements for carbon-neutral city development, analyzing urban planning facilities linked to carbon neutrality, assessing adoption status through local government case studies, and identifying tasks and directions for regulatory sandbox utilization. This approach enables an analysis of technical readiness and regulatory conditions for carbon-neutral cities and suggests improvements to laws and policies for effective implementation.

2. Deriving Spatial Elements for Carbon-Neutral Cities

This chapter identifies and categorizes carbon-neutral technologies, examines their connections to urban planning facilities, and derives

spatial elements for creating carbon-neutral cities. To compile a list of carbon-neutral technologies, sources such as the Korean Green Taxonomy and the Top 100 Carbon Neutral Technologies were reviewed. These technologies were then analyzed for their relevance to policy initiatives for carbon-neutral cities.

Urban planning facilities, as defined in the Urban Planning Facility Rules under the Carbon Neutrality Act, provided a framework for analyzing these spatial elements. Technologies identified as both carbon-neutral and relevant to urban planning facilities include hydrogen supply and storage facilities, electric vehicle charging stations, green buildings, waste recycling facilities, and green infrastructure. However, some technologies, such as CCUS (Carbon Capture, Utilization, and Storage), fall outside the current scope of urban planning facilities.

Key insights include the recognition of technologies like hydrogen storage, green buildings, and waste recycling facilities as either existing urban planning facilities or having high potential for integration. Many carbon-neutral technologies, however, are not yet included in urban planning regulations, underscoring the need for regulatory support such as special exemptions. Strengthening these technologies through regulatory frameworks can support local government projects and promote their integration into urban environments.

3. Analysis of Adoption Cases in Local Governments

This chapter examines the adoption of carbon-neutral city spatial elements by local governments. Projects were categorized into three areas: greenhouse gas reduction in energy, carbon absorption, and climate adaptation. Findings reveal that energy-related technologies account for more than half of the projects, followed by carbon absorption, waste management, and infrastructure.

Analyzing these projects through the urban planning facility framework established in Chapter 2 highlighted several trends. Adoption of advanced technologies, such as hydrogen and ammonia-based solutions,

remains limited due to concerns over practicality, safety, and cost-effectiveness. National pilot projects are essential to build a foundation for local governments. Emphasis on renewable energy expansion underscores the centrality of energy efficiency in achieving carbon neutrality.

Most projects rely on proven, existing technologies, while innovative solutions face regulatory and safety hurdles. These constraints highlight the need to enhance local governments' understanding of advanced technologies through training and expert collaboration to foster adoption and scalability.

4. Current Status of Regulatory Sandboxes for Carbon-Neutral Spatial Elements

This chapter evaluates the application of regulatory sandboxes to carbon-neutral spatial elements and outlines directions for their utilization. Key findings show that regulatory sandboxes address challenges such as unclear standards, regulatory barriers, and commercialization support. Hydrogen-related technologies constitute a significant portion of sandbox applications.

Emerging technologies like EV battery reuse, energy storage systems, and CO₂ recycling face barriers due to a lack of clear regulatory standards, making sandboxes essential for their development. A three-stage approach for utilizing regulatory sandboxes is proposed:

Research and Development: Sandboxes facilitate easing regulations, establishing standards, and fostering innovation.

Implementation in Urban Projects: Focus on renewable energy, waste recycling, and green infrastructure.

Realization of Carbon-Neutral City Models: Tailor city-level strategies to greenhouse gas reduction, climate adaptation, and circular carbon economies.

5. Conclusion

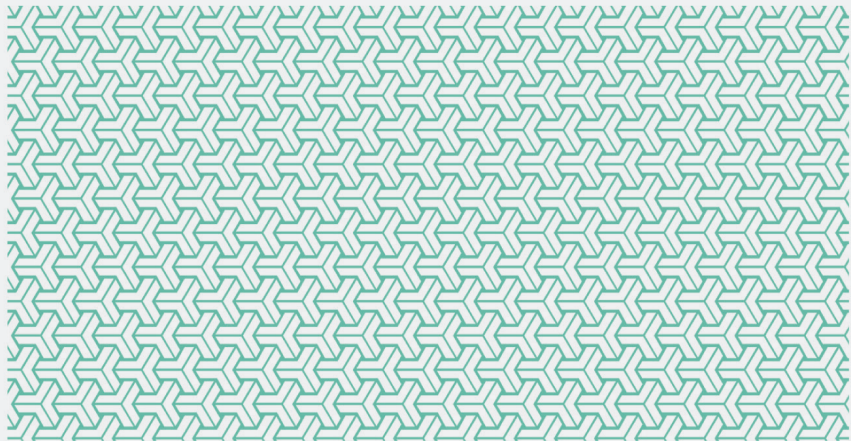
This study identifies technical and institutional challenges in creating carbon-neutral cities and highlights the potential of regulatory sandboxes as a solution. It systematically analyzed national and local adoption gaps for carbon-neutral spatial elements and proposed measures to address regulatory needs.

Key recommendations include utilizing regulatory sandboxes to close gaps in standards, enhancing local governments' capacities through training and expert collaboration, and supporting national pilot projects to validate and demonstrate the viability of innovative technologies. The study provides a roadmap for developing the technical and institutional foundations needed for carbon-neutral cities and serves as a valuable reference for policymakers. It is expected to contribute to achieving carbon neutrality by promoting technology adoption and regulatory easing. Future research should focus on governance structures, region-specific strategies, and sustainable urban models tailored to carbon neutrality goals.

Key words

Carbon Neutrality, Carbon-Neutral City, Spatial Elements for Carbon-Neutral Cities, Regulatory Sandbox

부록1. 탄소중립도시 조성요소 분석을 위한 도시기반시설 목록



[부록 표 1-1] 탄소중립도시 조성요소 분석을 위한 도시기반시설 목록

도시기반시설유형			
대분류(장)	중분류(절)	세분류(조)	관련법 등 세부내용
제2장 교통시설	제1절 도로	제9조	일반도로, 자동차전용도로, 보행자전용도로, 보행자우선도로, 자전거전용도로, 고가도로, 지하도로
			도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙(도시계획시설규칙)
	제2절 철도	제22조	철도, 도시철도, 철도사업시설 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」 제2조 제1호에 따른 철도 「도시철도법」 제2조 제2호에 따른 도시철도 「국가철도공단법」 제7조 및 「한국철도공사법」 제9조 제1항에 따른 사업의 시설
	제3절 항만	제25조	항만시설, 어항시설, 마리나항만시설 「항만법」 제2조 제5호에 따른 항만시설 「어촌·어항법」 제2조 제5호에 따른 어항시설 「마리나항만의 조성 및 관리 등에 관한 법률」 제2조 제2호에 따른 마리나항만시설
	제4절 공항	제27조	공항, 공항시설 「공항시설법」 제2조 제3호에 따른 공항 「공항시설법」 제2조 제7호에 따른 공항시설
제5절 주차장	제29조	제29조	노외주차장 「주차장법」 제2조제1호 나목의 규정에 의한 노외주차장
	제6절 자동차정류장	제31조	여객자동차터미널, 물류터미널, 공영차고지, 공동차고지, 화물자동차 휴게소, 복합환승센터, 환승센터 - 여객자동차터미널: 「여객자동차 운수사업법」 제2조 제5호의 규정에 의한 여객자동차터미널로서 여객자동차터미널사업자가 시내버스운송사업·농어촌버스운송사업·시외버스운송사업 또는 전세버스운송사업에 제공하기 위하여 설치하는 터미널 - 물류터미널: 「물류시설의 개발 및 운영에 관한 법률」 제2조 제2호에 따른 물류터미널로서 물류터미널사업자가 「화물자동차운수사업법」 제3조 제1항 제1호에 따른 일반화물자동차운송사업 또는 「해운법」 제2조 제3호에 따른 해상화물운송사업에 제공하기 위하여 설치하는 터미널 - 공영차고지 가. 여객자동차운수사업용 공영차고지: 「여객자동차운수사업법 시행규칙」 제72조의 규정에 의한 공영터미널 - 공동차고지 나. 화물자동차운수사업용 공영차고지: 「화물자동차운수사업법」 제2조 제9호에 따른 공영차고지 가. 노선여객자동차운송사업용 차고지: 「개발제한구역의 지정 및 관리에 관한 특별조치법 시행령」

도시기반시설유형

대분류(장)	중분류(절)	세분류(조)	세부시설	관련법 등 세부내용
제3장 공간시설	제1절 광장	제49조	교통광장(교차점광장, 역전광장, 주요시설광장), 일반	에 따라 개발제한구역에 설치하는 「여객자동차운수사업법 시행령」 제3조 제1호에 따른 노선여객자동차운수사업용 차고지로서 다음의 어느 하나에 해당하는 시설 1. 「여객자동차운수사업법」 제53조에 따른 조합 또는 같은 법 제59조에 따른 연합회가 설치하는 차고지 2. 1)에서 정하는 자 외의 자가 설치하여 지방자치단체에 기부채납하는 차고지 나. 전세버스운송사업용 차고지: 「개발제한구역의 지정 및 관리에 관한 특별조치법 시행령」에 따라 개발제한구역에 설치하는 「여객자동차운수사업법 시행령」 제3조 제2호 가목에 따른 전세버스운송사업용 차고지로서 다음의 어느 하나에 해당하는 시설 1. 「여객자동차운수사업법」 제53조에 따른 조합 또는 같은 법 제59조에 따른 연합회가 설치하는 차고지 2. 1)에서 정하는 자 외의 자가 설치하여 지방자치단체에 기부채납하는 차고지 다. 화물자동차운송사업용 차고지: 「화물자동차운수사업법」 제21조 제4항 제2호에 따른 공동차고지로서 다음의 어느 하나에 해당하는 시설 1. 「화물자동차운수사업법」 제48조에 따른 협회 또는 같은 법 제50조에 따른 연합회가 설치하는 차고지 2. 1)에서 정하는 자 외의 자가 「개발제한구역의 지정 및 관리에 관한 특별조치법 시행령」에 따라 개발제한구역에 설치하여 지방자치단체에 기부채납하는 차고지 • 화물자동차휴게소: 「화물자동차운수사업법」 제2조 제10호에 따른 화물자동차휴게소로서 국가 또는 지방자치단체가 설치하거나 소유(「사회기반시설에 대한 민간투자법」 제4조 제1호 및 제2호의 경우로 한정한다)하는 휴게소 • 복합환승센터: 「국가통합교통체계 효율화법」 제2조 제15호에 따른 복합환승센터 • 환승센터: 「국가통합교통체계 효율화법」 제2조 제13호에 따른 환승센터 • 「궤도운송법」 제2조제3호에 따른 궤도시설 • 「자동차관리법 시행규칙」 제73조에 따른 자동차검사시설 • 「건설기계관리법 시행규칙」 제32조 제1항에 따른 검사소 • 「도로교통법」 제121조에 따라 설치하는 운전면허시험장
				• 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령」 제2조 제2항 제3호 각 목의 교통광장·일반광장·경관광장·지하광장 및 건축물 부설광장

도시기본시설유형			
대분류(장)	중분류(절)	세부시설	관련법 등 세부내용
도시기본시설유형		광장(중심대확장, 근린광장), 경관광장, 지하광장, 건축물부설광장	
	제2절 공원	제52조 국가도시공원, 생활권공원(소공원, 이리이공원, 근린공원), 주제공원(역사공원, 문화공원, 수변공원, 묘지공원, 도시농업공원, 방재공원, 그밖의 조례로 정하는 공원)	「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 제15조 제1항 각 호의 공원 - 도시지역 외의 지역에 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」을 준용하여 설치하는 공원
	제3절 녹지	제54조 완충녹지, 경관녹지, 연결녹지	「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 제35조 각 호의 완충녹지·경관녹지 및 연결녹지 - 도시지역 외의 지역에 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」을 준용하여 설치하는 녹지
	제4절 유원지	제58조 유원시설, 운동시설, 휴양시설, 특수시설, 위락시설, 편의시설, 관리시설	관광진흥법, 건축법 시행령 별표 1
	제5절 공공공지	제59조 공공이용시설, 빛물관리시설, 식재	도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙(도시계획시설규칙)
제4장 유통 및 공급시설	제1절 유통업무설비	제62조 일반물류단지, 대규모점포, 임시시장, 전문상가단지, 공동집배송센터, 농수산물도매시장, 농수산물공판장, 농수산물종합유통센터, 자동차경매장, 공영차고지, 철도역, 화물의 운송하역보관시설, 하역시설, 창고, 야적장, 저장소, 화물적하시설, 화물	「물류시설의 개발 및 운영에 관한 법률」에 따른 일반물류단지 「유통산업발전법」 제2조 제3호·제5호·제8호 및 제16조에 따른 대규모점포·임시시장·전문상가단지 및 공동집배송센터 「농수산물유통 및 가격안정에 관한 법률」 제2조 제2호·제5호 및 제12호의 규정에 의한 농수산물도매시장·농수산물공판장 및 농수산물종합유통센터 「자동차관리법」 제60조 제1항의 규정에 의한 자동차경매장 - 제31조 제2호에 따른 물류터미널 또는 같은 조 제3호 나목에 따른 화물자동차운수사업용 공영차고지 - 화물을 취급하는 철도역

도시기반시설유형

대분류(장)	중분류(절)	세분류(조)	세부시설	관련법 등 세부내용
제2절 수도공급 설비	제65조	제65조	적치용건조물, 출산물보관장, 자동차 출고장	「물류시설의 개발 및 운영에 관한 법률」 제2조 제7호 라목에 따른 화물의 운송·하역 및 보관시설 「항만법」 제2조 제5호 나목 (2)에 따른 하역시설 - 창고·아적장 또는 저장소(「위험물안전관리법」 제2조 제1항 제4호의 저장소를 제외한다) - 화물적하시설·화물적치용건조물 그 밖에 이와 유사한 시설 「축산물위생관리법」 제2조 제11호에 따른 축산물보관장 - 생산된 자동차를 인도하는 출고장
			취수시설, 저수시설, 정수시설, 배수시설, 도수시설, 송수시설	「수도법」 제3조제5호의 규정에 의한 수도(일반수도 및 공업용수도에 한한다)중 다음 각호의 시설 - 취수시설·저수시설·정수시설 및 배수시설 - 전용관로부지 상에 설치하는 도수시설 및 송수시설
제3절 전기공급 설비	제67조	제67조	발전시설, 변전시설, 송전설로, 배전사업소	「전기사업법」 제2조제17호에 따른 전기사업용 전기설비 중 다음 각 호의 시설 - 발전시설 - 변전시설 - 송전선로(15만4천 볼트 이상인 경우에만 해당한다) - 배전사업소(배전설비와 연결된 기계 및 기구가 설치된 것에 한한다)
			고압가스 저장소, 고정식 압축연가스이동용충전차량 충전시설, 액화석유가스 용기충전시설, 자동차 액화석유가스 탱크충전시설, 가스공급시설	「고압가스 안전관리법」 제3조 제1호에 따른 저장소(저장능력 30톤 이하의 액화가스 저장소 및 저장능력 3천 세제곱미터 이하인 압축가스 저장소를 제외한다) 및 같은 법 시행규칙 별표 5 제3호에 따른 고정식 압축연가스 이동충전차량 충전시설 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법 시행규칙」 별표 4 제1호 및 제3호에 따른 용기충전시설과 자동차에 고정된 탱크 충전시설 「도시가스사업법」 제2조 제5호의 규정에 의한 가스공급시설
제5절 열공급설비	제73조	제73조	집단에너지사업법에 의한 열원시설, 열수송시설	「집단에너지사업법 시행규칙」 제2조 제1호의 규정에 의한 열원시설 「집단에너지사업법 시행규칙」 제2조 제2호의 규정에 의한 열수송시설
제6절 방송통신 시설	제76조	제76조	사업용전기통신설비, 유선방송국설비	「전기통신사업법」 제2조 제4호에 따른 사업용 전기통신설비 「전파법」 제2조 제1항 제5호에 따른 무선설비(「전기통신사업법」 제2조 제4호에 따른 사업용 전기통신설비는 제외한다) 「방송법」 제79조에 따른 유선방송국 설비(종합유선방송국으로 한정한다)

도시기본시설유형

대분류(장)	중분류(절)	세분류(조)	세부시설	관련법 등 세부내용
도시장 공공문화 체육시설	제7절 공동구	제79조	지하매설물(전기, 가스, 수 도 등의 공공설비, 통신시 설, 하수도시설 등)	「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제2조제9호의 규정에 의한 공동구
	제8절 시장	제82조	대규모점포, 임시시장, 농수 산물도매시장, 농수산물공 판장, 농수산물종합유통센 터, 가축시장	「유통산업발전법」 제2조 제3호 및 제5호에 따른 대규모 점포 및 임시시장 「농수산물유통 및 가격안정에 관한 법률」 제2조 제2호·제5호 및 제12호의 규정에 의한 농수산물 도매시장·농수산물공판장 및 농수산물종합유통센터 「축산법」 제34조에 따른 가축시장
	제9절 유류저장 및 송유설비	제85조	석유비축저장시설, 송유시 설, 송유관, 석유저장소	「석유 및 석유대체연료 사업법」 제2조 제7호에 따른 석유정제업자나 한국석유공사가 석유를 비축· 저장하는 시설과 송유시설 「송유관안전관리법」 제3조의 규정에 의한 공사계획 인가를 받은 자가 설치하는 송유관 「위험물안전관리법」 제6조의 규정에 의한 제조소 등의 설치 허가를 받은 자가 등법 시행령 별표 1 의 규정에 의한 제1 석유류·제2석유류·제3석유류 또는 제4석유류를 저장하기 위하여 설치하는 저 장소
	제1절 학교	제88조	유치원, 초등학교, 중학교, 고등학교, 대학교, 외국교육 기관	「유아교육법」 제2조 제2호의 규정에 의한 유치원 「초·중등교육법」 제2조의 규정에 의한 학교 「고등교육법」 제2조 제1호부터 제5호까지의 규정에 따른 학교 및 같은 조 제7호의 각종학교 중 국 가 또는 지방자치단체가 설치·운영하는 교육기관 다만, 같은 법 제2조 제5호에 따른 원격대학 중 사이버대학 및 같은 법 제30조에 따른 대학원대학은 제외한다. 「경제자유구역 및 제주국제자유도시의 외국교육기관 설립·운영에 관한 특별법」 제5조의 규정에 의하여 설립하는 외국교육기관으로서 제1 호 내지 제3호의 규정에 의한 학교에 상응하는 외국교육 기관
	제3절 공공청사	제94조	국가 또는 지자체 청사, 외교 공관, 교정시설	도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙(도시계획시설규칙)
도시장 문화시설	제4절 문화시설	제96조	공연장, 박물관, 미술관, 문 화원시설, 문화산업진흥시 설, 문화산업단지, 과학관,	「공연법」 제2조 제4호의 규정에 의한 공연장 「박물관 및 미술관 진흥법」 제2조 제1 호 및 제2호의 규정에 의한 박물관 및 미술관 「지방문화원진흥법」 제6조 제1항의 규정에 의한 시설 「문화예술킨흥법」 제2조 제1항 제3호의 규정에 의한 문화시설

도시기본시설유형

대분류(장)	중분류(절)	세분류(조)	세부시설	관련법 등 세부내용
도시기본시설유형	제5절 체육시설	제99조	국가 또는 지자체 체육시설, 올림픽 관련 체육시설, 월드컵 경기장시설, 아시아경기장시설, 국제대회 경기장시설, 올림픽 관련 경기장시설, 종합운동장	「문화산업진흥기본법」 제2조 제17호 및 제18호에 따른 문화산업진흥시설 및 문화산업단지 「과학관의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 제2조 제1호의 규정에 의한 과학관 「전시산업발전법」 제2조 제4호에 따른 전시시설 「국제의산업육성에 관한 법률」 제2조 제3호에 따른 국제회의시설 「도서관법」 제4조 제2항 제1호에 따른 공공도서관 및 같은 항 제4호에 따른 전문도서관 - 국가 또는 지방자치단체가 설치하거나 소유하는 체육시설 「국민체육진흥법」 제33조에 따른 대한체육회, 제34조에 따른 대한장애인체육회 및 제36조에 따른 서울올림픽기념국민체육진흥공단¹⁾ 설치·관리하는 체육시설 「2002년 월드컵축구대회 지원법」 제2조 제1호에 따른 경기장 시설 「제14회 아시아경기대회 지원법」 제2조에 따른 경기장 시설 「2011 대구 세계육상선수권대회, 2013 중주 세계조정선수권대회, 2014 인천 아시아경기대회, 2014 인천 장애인 아시아경기대회 및 2015 광주 하계 유니버시아드대회 지원법」 제2조에 따른 경기장 시설 「2018 평창 동계올림픽대회 및 장애인 동계올림픽대회 지원 등에 관한 특별법」 제2조에 따른 경기장 시설
	제7절 연구시설	제105조	과학, 기술, 학술, 문화, 예술, 산업경제 등에 관한 조사, 연구, 시험 등을 위한 시설	도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙(도시계획시설규칙)
	제8절 사회복지시설	제107조	사회복지사업을 목적으로 설치된 복지시설, 보호시설, 요양시설, 재활시설, 자원센터 등	「사회복지사업법」 제34조에 따라 설치하는 사회복지시설
	제9절 공공직업 훈련시설	제110조	공공직업훈련시설 및 관련 부대시설	「국민 평생 직업능력 개발법」 제2조제3호기목에 따른 공공직업훈련시설
	제10절 청소년수련시설	제112조	청소년수련시설 및 관련 부대시설	「청소년활동진흥법」 제10조제1호의 규정에 의한 청소년수련시설

도시기반시설유형			
대분류(장)	중분류(절)	세분류(조)	관련법 등 세부내용
제6장 방재시설	제1절 하천	제115조	국가하천, 지방하천, 소하천, 운하 「하천법」 제7조에 따른 국가하천·지방하천(이하 이 절에서 “국가하천 등”이라 한다) 「소하천정비법」 제2조 제1호에 따른 소하천(이하 이 절에서 “소하천”이라 한다) 「하천법」 제2조 제3호에 따른 하천시설 중 운하(이하 이 절에서 “운하”라 한다) - 도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙(도시계획시설규칙)
	제2절 우수지	제118조	우수시설, 저류시설 도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙(도시계획시설규칙)
	제3절 저수지	제121조	발전용수, 생활용수, 농업용수, 농업용수, 하천유지용수의 공급이나 홍수조절을 위한 시설, 공작물, 공유수면 도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙(도시계획시설규칙)
	제4절 방화설비	제123조	소화용수설비 「소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률」 제2조 제1호의 소방시설 중 소화용수설비
	제5절 방풍설비	제125조	방풍림시설, 방풍담장시설, 방풍망시설 도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙(도시계획시설규칙)
제7장 방수설비	제6절 방수설비	제128조	저지대 침수예방을 위한 배수시설 및 방수시설 도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙(도시계획시설규칙)
	제7절 사방설비	제130조	사방사업법에 의한 사방시설(사방사업에 따라 설치된 인공구조물과 파종·식재된 식물) 「사방사업법」 제2조제3호의 규정에 의한 사방시설
	제8절 방조설비	제133조	항만시설 중 방조제, 어항시설 중 방조제, 방조제 「항만법」 제2조 제5호의 규정에 의한 항만시설 중 방조제 「어촌·어항법」 제2조 제5호에 따른 어항시설 중 방조제 「방조제관리법」 제2조 제1호에 따른 방조제
	제7장 보건위생시설	제136조	화장시설, 공동묘지, 봉안시설, 자연장지, 장례식장 - 화장시설: 다음 각 목의 시설을 말한다. 가. 「장사 등에 관한 법률」 제13조 제1항에 따른 공설화장시설 나. 「장사 등에 관한 법률」 제15조 제1항에 따른 사설화장시설 중 일반의 사용에 제공하는 화장시설 - 공동묘지: 다음 각 목의 시설을 말한다. 가. 국가가 설치·운영하는 공동묘지(법인 등에 위탁하여 설치·운영하는 경우를 포함하며, 이하 “국

도시기반시설유형

대분류(장)	중분류(절)	세분류(조)	세부시설	관련법 등 세부내용
				림묘지"라 한다) 나. 「장사 등에 관한 법률」 제13조 제1항에 따른 공설묘지 다. 「장사 등에 관한 법률」 제14조 제1항에 따른 사설묘지 중 일반의 사용에 제공되는 묘지 • 봉안시설: 다음 각 목의 시설을 말한다. 가. 국가가 설치·운영하는 봉안시설(법인 등에 위탁하여 설치·운영하는 경우를 포함한다) 나. 「장사 등에 관한 법률」 제13조 제1항에 따른 공설봉안시설 다. 「장사 등에 관한 법률」 제15조 제1항에 따른 사설봉안시설 중 일반의 사용에 제공되는 봉안시설 • 자연장지: 다음 각 목의 시설을 말한다. 가. 「장사 등에 관한 법률」 제13조 제1항에 따른 공설자연장지 나. 「장사 등에 관한 법률」 제16조 제1항 제3호에 따른 법인 등 자연장지 중 일반의 사용에 제공되는 자연장지 • 장례식장: 「장사 등에 관한 법률」 제29조 제1항에 따른 장례식장을 말한다. • 「축산물위생관리법」 제2조제11호에 따른 도축장 • 「의료법」 제3조 제2항 제3호 가목·다목 및 라목에 따른 병원·한방병원 또는 요양병원으로서 다음 각 목의 요건을 모두 갖춘 병원급 의료기관 가. 300개 이상의 병상(요양병원의 경우는 요양병상을 말한다) 나. 7개 이상의 진료과목 • 「의료법」 제3조 제2항 제3호 바목에 따른 종합병원 • 「하수도법」 제2조 제4호에 따른 공공하수도 중 간선기능을 갖는 하수관로(주변 여건상 필요한 경우에는 자선기능을 가지는 하수관로를 포함한다) • 「하수도법」 제2조 제9호에 따른 공공하수처리시설. 다만, 하루 처리 용량이 500세제곱미터 미만인 시설은 제외한다.
	제5절 도축장	제148조	도축장 및 관련 부대시설	
	제6절 종합의료 시설	제151조	병원, 한방병원, 요양병원, 종합병원	
제8장 환경기초 시설	제1절 하수도	제154조	하수관로, 공공하수처리시설	
제2절 폐기물처리 및 재활용시설	제156조	폐기물 재활용시설, 광역폐기물시설, 자원재활용시설, 건설폐기물 재활용시설		• 「폐기물관리법」 제2조 제8호에 따른 폐기물처리시설 중 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 자가 설치하는 시설 가. 국가 또는 지방자치단체 나. 「폐기물관리법」 제25조 제3항에 따른 폐기물처리업의 허가를 받은 자. 다만, 폐기물의 재활용을 목적으로 시설을 설치하는 경우를 제외한다.

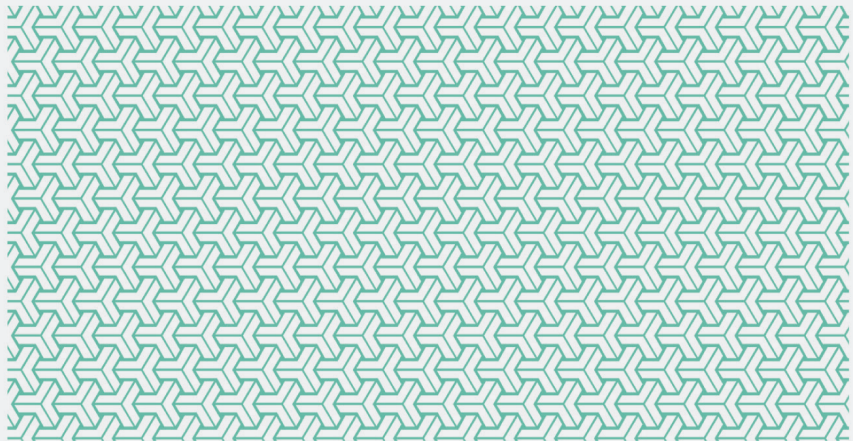
도시기반시설유형

대분류(장)	중분류(절)	세분류(조)	세부시설	관련법 등 세부내용
				다. 「폐기물관리법」 제25조 제3항에 따른 폐기물처리업의 허가를 받고자 하는 자로서 같은 법 제25조 제2항에 따라 사업계획의 적합 통보를 받은 자. 다만, 폐기물의 재활용을 목적으로 시설을 설치하는 경우를 제외한다. • 「폐기물관리법」 제5조의 규정에 의한 광역폐기물처리시설 • 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」 제2조 제10호에 따른 재활용시설 중 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 자가 설치하는 시설 가. 국가 또는 지방자치단체 나. 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」 제23조의 규정에 의한 재활용 지정 사업자 다. 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」 제34조의 규정에 의한 재활용단지를 조성하는 자 라. 폐기물의 재활용을 목적으로 「폐기물관리법」 제25조 제3항에 따른 폐기물처리업의 허가를 받은 자 또는 폐기물처리업의 허가를 받고자 하는 자로서 같은 법 제25조 제2항에 따라 사업계획의 적합 통보를 받은 자 • 「건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률」 제21조 제3항에 따른 건설폐기물처리업의 허가를 받은 자 또는 건설폐기물처리업의 허가를 받고자 하는 자로서 같은 법 제21조 제2항에 따라 사업계획의 적합 통보를 받은 자가 설치하는 시설 • 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제2조제3호에 따른 빗물이용시설
제2절의2 빗물저장 및 이용시설	제158조의2	158조의2	빗물이용시설	• 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제2조제3호에 따른 빗물이용시설
제3절 수질오염 방지시설	제159조	제159조	공공폐수처리시설, 폐수처리시설, 가축분뇨처리시설, 폐광의 폐수처리시설	• 「물환경보전법」 제48조에 따라 설치하는 공공폐수처리시설 • 「물환경보전법」 제62조 제2항 제1호에 따른 폐수처리시설을 위한 폐수처리시설 • 시장·군수·구청장 또는 대행업자가 설치하는 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 제2조 제8호에 따른 처리시설, 같은 조 제9호에 따른 공공처리시설 및 「하수도법」 제2조 제11호에 따른 분뇨처리시설 • 「한국광해공법」에 따른 한국광해공단이 「광산폐해의 방지 및 복구에 관한 법률」 제11조에 따른 광해방지사업의 일환으로 폐광의 폐수를 처리하기 위하여 설치하는 시설
제4절 폐차장	제162조	제162조	자동차폐차업을 위해 설치한 사업장	• 「자동차관리법」 제2조제6호의 규정에 의한 자동차관리사업종 동법 제53조의 규정에 의한 자동차폐차업의 등록을 한 자가 설치하는 사업장

출처 : 도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙, 국토교통부령 제1288호를 참고해 연구진 재작성

부록2. 탄소중립도시 요소기술

Appendix 2



[부록 표 2-1] 탄소중립도시 조성 연관 요소기술(264개)

대분류	중분류	탄소중립도시 관련 요소기술
에너지	수소	수소공급
		고효율 수소 공급 시스템 확충(울산) 고압·대용량 탄소복합 수소운송시스템(전북) 고압 탄소복합재 탈부착 수소용기모듈 시스템(전북) 수소충전소 부품·설비·검사장치(충남) 액체수소드론 제작·충전 및 비행(충남) 고체산화물 수전해기(SOEC)를 포함한 수소 생산 시스템 그린수소 생산을 위한 고분자전해질막(PEM) 수전해 설비 마이크로파 플라즈마 토치 기술을 활용한 수소추출설비 구축·운영
	수소연료전지	수소연료전지 건설기계 전용 수소충전소 구축 및 운영 수소연료전지 굴착기의 수소충전 및 운용시험 수소연료전지 지게차 전용 수소충전소 구축·운영 수소연료전지 트랙터의 수소 충전 및 운용시험 수소연료전지 휠로더의 수소 충전 및 운용시험 수소연료전지 실내물류운반기계 상용화(울산) 수소열차 개발을 위한 수소충전소 구축·운영 수소전기트램 상용화를 위한 주행시험 수소전기트램용 수소충전소 구축/운영 수소전기트럭 활용 물류서비스 수소튜브트레일러(TT)를 활용한 제조식 수소충전소 운영 수소항공모빌리티의 수소충전 및 비행시험 수소혼소용 가스터빈 성능시험공장 구축 및 운영 가정용·건물용 수소연료전지 발전시스템(충남)
	액화수소	액체수소 인수기지 액화수소 생산·운송 및 충전소 구축·운영 액화수소 운반선용 저장탱크 개발 및 성능 실증 액화수소 전용 탱크로리를 활용한 수소 운송시스템 실증 액화수소 플랜트 및 공급시스템 구축·운영 차량용 액화수소 저장시스템 개발 및 성능 실증 차세대 수소차 저장시스템 제작 및 충전시험 철도차량용 액화수소 엔진개발을 위한 조합 시험
	수소저장·충전	충방전 모사장치용 수소충전소 구축·운영 충전소, 플랜트용 액화수소 저장탱크 구축·운영 상용차용 액화수소충전소 구축·운영 셀프 수소충전소 구축 및 운영 소용량(10L급) 저장 용기의 액화수소 충전량 실시간 측정 기술 수소 모빌리티용 70MPa 수소저장용기 수소 튜브트레일러를 이용한 수소 유통 활성화 사업 수소건설기계·산업기계용 수소충전소 구축·운영

대분류	중분류	탄소중립도시 관련 요소기술
바이오매스		수소모빌리티 통합형 수소충전소
		수소저장용 고압·대용량 복합재료 용기 실증사업
		미이용 산림 바이오매스 활용 청정수소 생산·활용 기술실증(강원)
		암모니아 기반 수소 생산 활용 실증(충북)
		무수 액화 암모니아 직접 전기분해 수소추출기 제작 및 실증
		바이오가스 기반 수소 생산 활용 실증(충남)
		암모니아 기반 광분해 수소 추출 설비
		청정수소 생산을 위한 암모니아 분해설비 실증
태양광		암모니아 기반 수소추출설비 구축 및 실증
		사용처 다변형 태양광시스템
		주민주도형 태양광 전력거래 플랫폼 서비스
		초고효율 태양전지
원자력		태양광 발전 모니터링 서비스
		선진 원자력 시스템
무탄소전력		소형모듈원자로(SMR)
		고효율 연료전지 열병합
스마트전원		초고효율 연료전지 복합발전
		원거리 다중 무선 충전 스탠드
		원격제어 누전차단기를 통한 스마트전원제어시스템
신재생에너지		전력데이터 공유센터 구축
		그린에너지 ESS발전 전력거래(광주)
		나선형 소형풍력발전시스템을 적용한 스마트 가로등 및 스마트 폴
		소수력발전 시스템
		수열에너지 공급지원
		신재생에너지 발전을 통한 농촌전력 직접공급시스템
		신재생에너지 지역주민투자 P2P금융서비스
에너지전환		융복합 냉온동시 히트펌프 이용시스템
		화석연료를 지역 냉난방으로 전환
에너지통합		복합에너지시스템
		산업용 고온·초저온 히트펌프
		열에너지 저장시스템
전기차		이동형 전기차 충전 서비스
		전기차 사용후 배터리를 재사용한 파워뱅크
		전기차 충전용 과금형 콘센트
전력망		지능형 송배전 시스템
전력저장		단주기 에너지 저장시스템
ESS		ESS 활용 축전식 냉난방설비
		이동식 ESS를 활용한 전력공급 서비스
		태양광연계 바나돔 레독스플로배터리 에너지저장장치(ESS)

대분류	중분류	탄소중립도시 관련 요소기술
	마이크로그리드	ICT 기반 마이크로그리드 구축 및 운영
	폐기물	공공열분해시설 설치
		바이오가스 기반 청정수소 생산시설 설치
		유기성 폐자원 통합바이오가스화 시설 설치
		폐가스활용 바이오가스 생산
		폐기물처리시설 매립가스 자원화
		폐수열활용 설비, 폐자원 에너지화
	풍력	수직축 부유식 풍력발전
	플랫폼	소규모 태양광 전력거래 플랫폼 서비스
		소비자 선택권 확대 위한 신전력 및 신재생에너지 공유 공동체 서비스
		스마트 커뮤니티 타운 및 스마트허브 기반 에너지 공유·거래 서비스
		신재생에너지 공유 공동체 전력서비스
		지능형 디지털 발전소(IDPP) 플랫폼
		탄소배출 저감 효과 모니터링
수송	수소	기체수소 저장·운송
		수소 전용 배관망
		액체수소 저장·운송
	수소연료전지	도심형교통(UAM) 관련 전기 추진항공기 수소연료전지 기술 개발
	수소차	무탄소수소 자동차
		수소자동차 보급
		해외 수소기반 대중교통 인프라 기술개발
	수소충전인프라	공공수소충전소 / RE100 수소충전소
	ESS	전기버스 배터리 대여 및 사용후 배터리 활용 ESS 충전시스템
	개인형 이동장치	개인용 이동수단(PM) 주행 실증(전남)
		전기자전거 주행(전남)
		개인형 이동장치 및 전기자전거 충전·주차 스테이션
		공유 전기자전거 활용 광고 서비스
		공유 퍼스널모빌리티 서비스
		전동킥보드 무선충전 서비스
		지능형(AI) 배리어 프리(barrier-free) 키오스크
	대중교통수단	S-BRT, 트램-트레인, 자율주행 셔틀버스 기술 개발
		경량형 고용량 자율주행 대중교통수단 개발(교통기술)
		고용량 고속 충전이 가능한 이차전지와 전기차 효율 기술 개발
		전기 수소차 안전성 평가기술 개발
		한국형 Green NCAP 평가기술 개발
	데이터 관리	AI 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상 기술 개발
		교통 분야 탄소배출량 산정 기술 개발 및 VER 거래 기술 개발
		마이크로 빅데이터 융복합 탄소배출량 모니터링 기술 개발(교통기술)
		교통 데이터기반 교통관리 기술개발 및 실증사업

대분류	중분류	탄소중립도시 관련 요소기술
시스템	시스템	기후변화 대응을 위한 수송 부문 탄소중립 분석 통합모델 개발 및 시스템 구축(교통)
		지능형 도로 시스템 구축
		하드웨어 인프라 최소 구축형 동적 혼잡통행료 징수 시스템 개발
인프라	인프라	무공해차 충전 인프라 보급 및 재생에너지 분야 기술 개발
		미래형 철도 관련 기술 개발 및 인프라 구축
		해외 수소기반 대중교통 인프라 기술개발
자율주행	자율주행	(세종) 세종시 도심 특화형 전용공간 자율주행서비스 실증
		(세종) 세종시 시민친화형 도심공원 자율주행 서비스 실증
		(세종) 자율주행 데이터 수집·공유를 위한 기반 구축
		(세종) 자율주행 실외로봇 운영
		공원 자율주행 안내·순찰로봇
		실내외 자율주행 무인순찰로봇
		실내·외 자율주행 배달 로봇
		실외 자율주행 로봇
		자율주행 기반 안심순찰 서비스 실증
		자율주행 로봇을 활용한 병원 내 신체약자 이송 서비스
		자율주행 모빌리티용 고해상도 3차원 정밀지도
		자율주행 셔틀버스 운행서비스
		자율주행형 청소로봇
전기차	전기차	전기차 고출력 무선충전 실증(경북)
		전기차 사용후 배터리 재사용 실증(경북)
		전기차 사용후 배터리 종합관리 실증(경북)
		전기차 유선충전기 연계형 무선충전 실증(경북)
		초소형 전기차 무선충전 실증(경북)
		공공서비스를 위한 무인 특장차 실증(광주)
		개조전기차 주행 안전성 실증(전남)
		농업용 동력운반차 주행 실증(전남)
		초소형 전기차 주행실증(전남)
		초소형 전기특수자동차 운행(전북)
		점유 공간 최소화를 위한 이동형 충전 서비스 실증(제주)
		충전 데이터 기반의 전기차특화 진단 서비스 실증(제주)
		충전시간 단축을 위한 충전인프라 고도화 실증(제주)
		85KHz 활용 전기버스 무선충전 서비스
		V2G 양방향 급속 전기차충전기
		V2G 양방향 전기차 충전기 운영 서비스
		V2V 기반 전기차 충전 플랫폼 서비스
		V2X 솔루션을 활용한 V2H/B/G서비스 실증
		VIB ESS활용 도심형 전기차 충전소
		고용량 고속 충전이 가능한 이차전지와 전기차 효율 기술 개발

대분류	중분류	탄소중립도시 관련 요소기술
		공용 전기차충전기용 외·내장형 OBC
		노후 내연기관 트럭을 친환경 전기트럭으로 제작·운영
		도심 분산형 재생에너지 및 ESS를 활용한 양방향 전기차충전시스템
		스마트 전기자동차 충전콘센트
		신재생에너지 활용 V2G 양방향 전기차 충전기
		신재생에너지발전과 ESS를 접목한 전기차 충전서비스
		연료전지발전을 통한 전기차 충전서비스
		자가발전 신재생에너지 기반 전기차 충전소 구축
		자율주행 로봇 활용 이동형 전기차 충전서비스
		전기 특수구급차 실증사업
		전기자동차 보급
		전기자동차 충전로봇을 활용한 기계식 주차시스템
		전기차 구역자유 충전 시스템
		전기차 무선충전 서비스
		전기차 방문 충전 서비스
		태양광 발전과 ESS를 활용한 전기차 충전 서비스
		파워뱅크를 활용한 이동형 전기차 충전서비스
	지능형 로봇	지능형 로봇 방법 및 택배 새벽배송
	충전인프라	무공해차 충전 인프라 보급 및 재생에너지 분야 기술 개발
	탄소중립소재	도심형교통(UAM) 관련 전기 추진항공기 수소연료전기 기술 개발
	플랫폼	탄소중립 연료(e-fuel) 적용
		(제주) 활용성 증대를 위한 충전인프라 공유 플랫폼 실증
		고요한 모빌리티 플랫폼
		교통약자 특화 모빌리티 플랫폼
		교통카드데이터 기반 교통·입지정보 분석플랫폼 실증
		지능형 단거리 합승택시 기술·서비스 실증사업
건물	그린리모델링 데이터	공공건물 그린리모델링에 따른 에너지 절감 효과 실증 연구
		건물에너지 관리·제어·데이터 활용
		건축물 그린리모델링을 위한 BIM 기반 디지털트윈
		건축물 에너지 디지털 진단 및 설계
		국가건물에너지통합DB기반 에너지성능 평가시스템
		기계설비 유지관리 및 성능점검 데이터 기반 건축물 탄소절감 관리
		모니터링 데이터를 활용한 인공지능 기반 예측 및 제어
		주거용 건물의 데이터 기반 에너지 모델 활용을 위한 모델 개발 및 업데이트 자동화 프로세스 개발
		지역별 탄소중립 이행 지원을 위한 건물 생애주기별 관리 지원시스템 도입
		클라우드 기반의 통합적인 전주기 건물 에너지/온실가스 관리를 위한 application PaaS 개발
	시스템	건물 신재생 에너지 및 에너지융합시스템

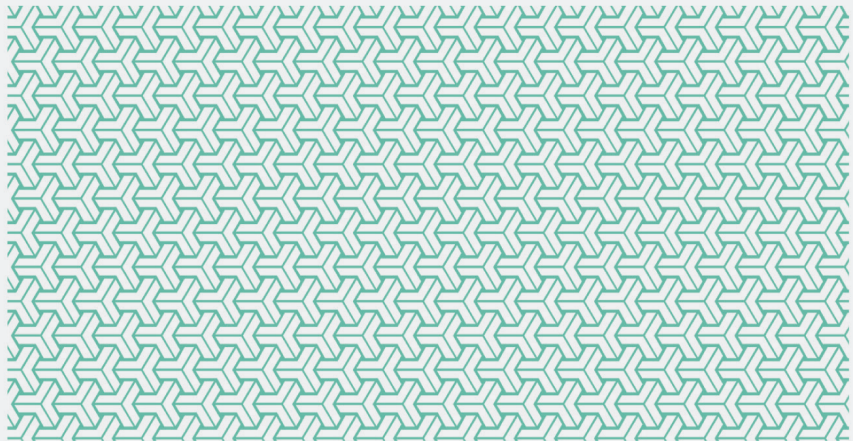
대분류	중분류	탄소중립도시 관련 요소기술
폐기물	신재생에너지	건물 신재생에너지 적용을 위한 히트펌프 기반 에너지 저장 시스템 개발
		공공건축물 신재생에너지 생산시설 설치
		공기열원히트펌프(ASHP), 지열원히트펌프(GSHP), 관리시스템(BEMS) 구축
		복합 신재생에너지 시스템 개발 및 구성
		토지이용규제를 고려한 신재생에너지 설비 도입 의무화 기준 개발
	에너지효율화	건물·설비 전기화·고효율화
		건축산업 중 서비스 분야 강화를 통한 소규모 건축업 활성화 및 민간분야 에너지성능 효율 향상
		공공건물 에너지관리시스템
		공기역화 기반 에너지 저장 및 활용 시스템 기술개발
		공동주택 중앙 냉난방 시스템 실증 연구
		기계학습 기반 냉난방 시스템의 자동 이상 현상 진단 및 분석 기술
		분산 사업장 간 클라우드기반 모듈형 BEMS 구축
		스마트 그리드와 연계된 건물 냉난방 시스템의 최적 운영전략 개발
	탄소중립소재	탈탄소형 고효율 공조 기기 및 설비 개발
		탈탄소형 고효율 공조 기기 및 설비 개발 / 냉난방 공조설비 (HVAC) 업그레이드
폐기물	ESS	고성능·다기능 외피
		저탄소고성능 외피 및 건축자재 개발
		탄소중립 초고성능 콘크리트 기술 개발
		사용 후 배터리를 활용한 건설현장 ESS
		사용후 배터리 재사용 ESS
		사용후 배터리 재사용 ESS 수요반응 서비스
		사용후 배터리 재사용 ESS 연계 수배전반
		사용후 배터리 재사용 ESS 연계 전기차 충전시스템
		사용후 배터리 재사용 ESS 연계 태양광발전설비
		사용후 배터리 재사용 가정용 ESS
		사용후 배터리 재사용 가정용 ESS 컨테이너
		사용후 배터리 재사용 농업용 전동고소작업차
		사용후 배터리 재활용 ESS컨테이너(전력저장장치)
		사용후 배터리 활용 ESS 및 전동운송기기 제작·운영
		신재생에너지와 사용 후 배터리 재사용 ESS를 활용한 전기차 충전 서비스
폐기물	신재생에너지	전기택시 배터리 대여 및 사용후 배터리 활용 ESS 충전시스템
		가축분뇨를 활용한 친환경 바이오차 생산·판매
		동·식물성 유지 동시 처리를 통한 석유 및 석유대체연료 생산
		동식물성 유지 동시 처리를 통한 친환경 석유제품 생산
		상업용 CO ₂ 세탁기
	전기차	사용후 배터리 재사용 ESS 연계 V2G 전기차 충전시스템
		사용후 배터리 재사용 개인형 이동장치 및 전기이륜차
		사용후 배터리 활용 농업용 전기운반차

대분류	중분류	탄소중립도시 관련 요소기술
	태양광	사용후 배터리를 활용한 이동형 전기차 충전서비스
		사용 후 배터리 활용 태양광 가로등
		사용후 배터리 재사용 독립형 태양광가로등
	시스템	과학기술기반 순환자원 무인회수시스템 구축
	원자력	원자력 폐기물 관리
	음식물쓰레기	공동주택 음식물쓰레기 집하처리 시스템
	재활용	스마트 순환자원 수거시스템
	전력저장	사용후 배터리 ESS 시스템
	태양광	폐태양광 재활용 재사용
	폐기물 관리	고형 폐기물 관리 개선
	폐자원 재활용	고흡수성 연질왕겨 상토(비료) 개발 및 비즈니스모델 실증
		바이오차활용
		폐기물 처리 신기술을 활용한 폐 육불화황(SF6) 가스 처리 서비스
		폐윤활유를 재활용한 저탄소 윤활기유 생산
		페타이어 열분해정제유의 석유·화학 공정 원료화
		페플라스틱 열분해정제유의 석유·화학 공정 원료화
		스마트생태공장
		AI 자원순환 회수 플랫폼 구축
재난 안전	인프라	AI 드론 활용 도심 열배관·도로노면 점검 서비스
		AR·AI 기술 접목 드론 활용 도시가스배관 순회점검
		자동복구 누전차단기 활용 원격 전원 관리 시스템
		하이브리드-녹색 기반시설, 지속가능 도시 배수(SuDs) 조성
	교통안전	CCTV 및 차량 라이브뷰 영상을 활용한 AI 도로안전 모니터링 시스템 구축
		보행자 자동인식 기술을 적용한 횡단보도 보행안전 통합시스템
		보행자보호구역(어린이, 노인, 장애인) 사고다발지역 스마트교통안전 차량과속경보 시스템
	플랫폼	AI 홍수예보 플랫폼 구축
		모든 규모의 재난에 대비 가능한 최첨단 긴급대응 기술 개발
탄소 흡수	CCUS	CO ₂ 저장 모니터링
		저장소 CO ₂ 주입·운영
		소각장 이산화탄소 포집
기후 탄력	물순환	물순환형 보차도 투수블록 포장과 자동살수 시스템
	그린인프라	낙엽교목 보행벨트
청정	화석연료차 폐기	노후 경유차 조기폐차 지원
환경	미세먼지	ICT 기반의 미세먼지 저감 및 실시간 LCD 디스플레이 장치 사업

출처 : 연구진 작성

부록 3. 탄소중립도시 조성 연관 인프라기술

Appendix 3



[부록 표 3-1] 탄소중립도시 조성 연관 인프라기술(66개)

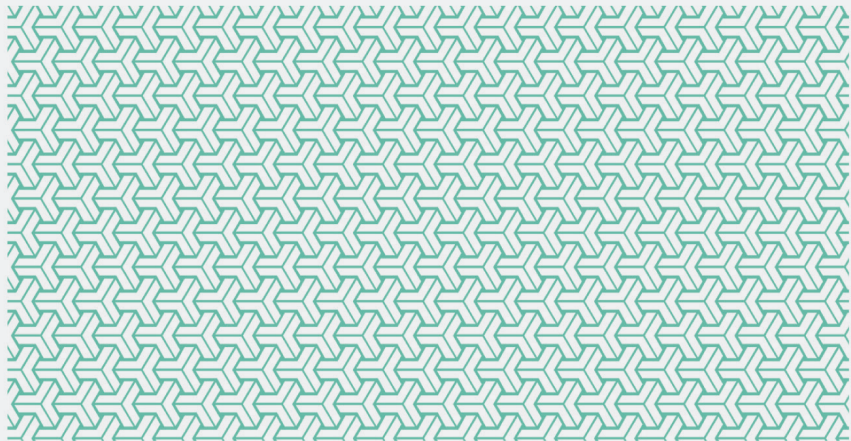
대분류	중분류	탄소중립도시 관련 인프라기술
온실가스 감축		
에너지	건물	냉난방 공조설비(HVAC) 업그레이드 등 시설 확충
	수소	도심지역 수소 충전소 설치
		액화수소 검사지원 센터 구축
	수소도시	수소도시 지원사업
	수소생산	수자원기반 청정수소 생산시설 설치
	수송	탄소중립포인트 운영
	스마트시티	스마트시티 확산사업
	전력망	분산자원 및 유연자원 통합운영
	폐기물	친환경에너지타운 조성
산업	중소기업지원	중소환경기업 사업화지원
		중소환경기업 상생협력 실증 프로그램
	에너지효율화	온실가스 목표관리업체 온실가스 감축설비 지원
		할당대상업체 탄소중립설비 지원사업
	재정	녹색정책금융 활성화 미래환경산업 육성 융자(이자보전)
수송	수소차	수소대중교통체계 구축
	수소충전인프라	수소충전소 설치
	시스템	실시간 수요대응 기술을 이용한 모빌리티 서비스 수준의 혁신적 향상기술(교통계획)
	인프라	광역 모빌리티 서비스 실용화 및 광역 복합 환승센터 구축
		탄소중립형 교통계획 기술(교통계획 부문)
	자율주행	자율주행 모빌리티서비스 시범사업
	재정	알뜰교통카드 마일리지 플러스
	전기차	공공부문 업무용 차량 전기차로 교체
	전기충전인프라	전기자동차 충전인프라 구축지원
건물	그린리모델링	공공건축물 그린리모델링사업
		그린리모델링 우선 대상 선정 시스템 개발 및 운영체계 구축
		기존 건축물의 덩 리노베이션
	에너지효율화	공동주택의 CO ₂ 저감사업
	완화적응	건축물 등 탈탄소화-탄력성 강화촉진사업
	원격검침	공동주택 에너지 통합 원격검침 및 에너지 서비스
	제로에너지건축물	공공건축물 ZEB화
		도시형 제로에너지건물(ZEB) 재생에너지 지역거점 사업자 생산권 판매 제도

대분류	중분류	탄소중립도시 관련 인프라기술	
폐기물	탄소중립소재	도입 보급 촉진 방안	
		랜드마크형 제로에너지건축물(ZEB) 복합센터 건립	
		제로에너지빌딩 요소기술 실증을 위한 홍보관 설립	
	분뇨처리	건축 시 건축자재 사용 절감	
		가축분뇨 공공처리시설 설치	
		배달 쓰레기 분리배출 대행 서비스	
		그린 스테이션 조성(재활용 분리배출)	
		다회용기 보급사업	
		시민참여형 자원순환 거점센터 구축	
		업사이클 서클러 구축	
		폐자원 재활용	생활자원회수센터 확충
			영농폐기물 공동집하장 확충
			음식물 폐기물 및 식량 손실 감축
	폐기물 분리 재활용 및 재사용	폐기물 분리 재활용 및 재사용	
		폐기물 종량제 시범사업	
기후적응			
탄소흡수	CCUS	저장 시설·설비 설계·구축	
	그린인프라	소규모 탄소상쇄공원 조성	
		작은 그린인프라 소공원 조성사업	
		잠재자연식생 숲 조성	
		탄소발자국 저감형 녹지 네트워크 확충사업	
		탄소저장 및 운송 라인 녹색 기반시설 활용	
		탄소중립가든, 탄소상쇄숲	
		탄소흡수원 그린커텐조성	
		도심지 대규모 탄소흡수원 대로 조성	
		하이브리드 또는 녹색 기반시설, 도시숲, 공원, 녹색회랑등 자연기반 솔루션	
	사회모델	CCUS 조기사회 구현을 위한 환경조화 확보 및 탈탄소순환형 사회모델 구축	
	수소발전	수소발전 복합공원 조성	
	국토환경	국토공간 유형별 탄소 흡수 증진·관리	
	기후탄력	취약계층	기후변화 취약계층지역 지원사업
		그린인프라	도시생태축 복원사업
도심 속 자연공원 조성을 위한 수목 식재 및 그린인프라확대			
빗물 저금통, 빗물 이용 침투시설, 노면빗물 분사장치 설치			
청정환경	미세먼지	우수 저류형 띠 숲 조성	
		미세먼지 흡착포설치시범사업	

출처 : 연구진 작성

부록 4. 지자체 탄소중립도시 조성 기술 사업 목록

Appendix 4



[부록 표 4-1] 지자체 탄소중립도시 조성 사업

부문	종분류	사업명
에너지	히트펌프	유류 사용 스마트 펌 지열 히트 펌프 보급
	플랫폼	국제 표준 기반 탄소 배출 인벤토리 및 계수 데이터베이스 구축 국제 표준(SO, GHG Protocol 등) 기반 지자체 탄소 회계 플랫폼 구축 디지털트윈 기반 평택항 시물레이션을 통한 최적항로 선박 플랫폼 개발 탄소 회계 프로그램 개발 및 보급
공력 및 수소		
수소차 도입		
수소 충전소 구축		
공공 주도 육·해상 풍력 자원 개발		
재생 에너지 기반 그린 수소 생산 기지 구축		
디젤 통근버스, 내연기관 업무용 승용차를 무공해 차량(수소차, 전기차)로 전환		
유류 부지 7개소 각 2.4MW 연료 전기 발전 시설 구축		
공영 차고지에 액화 수소 충전소 도입		
대중교통 활성화와 수소 에너지 활용 증진을 위해 수소 트램 도입		
항만 물류 수송을 위한 수소 화물차(대형) 보급 추진		
풍력 발전 출력 제한* 전력 활용, 그린 수소 생산		
수소차 충전소, 연료 전기 발전, 그린 수소 판매 활용		
풍력 발전 출력 제한 전력 활용, 식수 생산		
풍력 발전 출력 제한 전력 활용		
그린 수소, 해수 담수화, 전기차 충전 활용		
수소, 전기차 보급 확대		

부문	중분류	사업명
		액화 5만 톤 전국 수소 충전소 100개소 공급 기화 수소 연료 전지 발전 400MW 활용 해상 풍력 단지 사전 타당성 검증 및 단지 개발 풍력 발전 사업 액화 수소 연구 센터 건립 액화 수소 전문 연구 lab 운영 수전해 (신재생 에너지 활용) 수소 생산 기지 구축 사업 수소 도시 조성을 통해 구축되는 수소 배관과 연계한 수소 배관 확장 수소 배관 구축 RE100 기반의 수소 시범 단지 인프라 기술 개발 풍력 발전소 설치를 통한 안정적인 신재생 에너지 확보 수소 연료 전지(LNG) 발전소 설치를 통한 안정적인 신재생 에너지 확보 당진시 관내 여객 자동차 운수 사업자를 대상으로 신규 수소 버스 도입 평택시 내 수소 모빌리티 생태계 구축 사업 모델 실증 (수소 생산, 저장, 유통, 충전 등) (수소 트럭 상품 다양화) 카캐리어 양산 개발 사업성 점검 (제조업체 및 운수업체) 수소 버스로 교체 기존 지게차를 수소 연료 전지 지게차로 교체 산단 내 배출되는 가연성 폐기물을 처리함으로써 발생하는 가스를 수소로 생산, 에너지를 전환하여 구미 산단의 친환경 순환 경제 실현 수소 생산, 이송·저장(파이프라인 등), 활용(공장 및 충전소 공급) 등 수소 도시 관련 기반 시설 구축

부문	중분류	사업명
		폐기물 처리 시설, 하수 처리장의 유휴 공간에 태양광 발전 시스템 설치 공공 주차장 및 유휴 부지를 대상으로 태양광을 설치 유휴 부지를 활용해 태양광 시설을 설치해 친환경 에너지로 전환 구미시 산단의 RE100 달성을 위해 산단의 공장 지붕, 주차장, 낙동강변 도로 등을 중심으로 구미시 통합 태양광 시스템을 구축하여 재생 에너지 생산 기반 마련 과천시를 통과하는 간선도로 이상의 도로에 태양광 패널(모듈)에 차음 성능을 적용 방음 패널 대신 태양광 패널을 설치한 태양광 일체형 방음 터널 설치 100kW 규모 방음벽 태양광 설치(253m, 태양광 모듈 2단) 과천시 공공 부지 주차 공간(87개)에 태양광 패널을 설치하여 전력 생산
	재생에너지	계통 유연 자원 서비스화 기술 개발
	에너지 저장 및 관리	에너지 분야 인재 양성 및 기술 교류 하수 처리장 신재생 에너지 설치 운영 및 전력 수요 관리 분산 에너지 특구 지정 및 관련 조례 제정 변동성 재생 에너지 수용성 확대를 위한 다중 섹터 커클링 핵심 기술 개발 대규모 에너지 저장 장치 구축 및 운영 낙동강 수열 에너지 단지 친환경 에너지 타운 (건물 에너지 관리 시스템 구축) 에너지 사용을 최적으로 제어하여 에너지 감축 데이터를 확보함 (지역 사회 전력 공급) 마이크로그리드 시스템 도입으로 지역 내 전력의 생산 및 소비를 촉진함 (기후 대응 기금 확보) 생산된 전력 판매 수익을 기후 대응 기금 확보로 취약 계층을 지원함 (지역 사회 전력 공급) 마이크로그리드 시스템 도입으로 지역 내 전력의 생산 및 소비를 촉진함

부문	종분류	사업명
		(기후 대응 기금 확보) 생산된 전력 판매 수익으로 기후 대응 기금을 확보하여 취약 계층을 지원
		건물 에너지 관리 시스템
		바이오에너지 복합 센터 조성(복합 센터 홍보관, 찜질방, 업사이클링 센터)
		중소기업 에너지 진단 및 시설 개선 비용 지원
		LNG 도시가스 공급을 보완하는 스팀 열 공급 시설 구축
		하늘 그림자(그늘길) 무빙 데크 설치 (동력: 신재생 에너지 활용)
		소규모 재생 에너지 발전 자원의 전력 거래 수용, 지역 주민들의 재생 에너지 발전 사업 참여 확대 지원
		저 에너지 지열, 수열 에너지 집단 냉난방 시스템 구축 및 운영
		모빌리티, 에너지, 건물, 시민 활동 등 탄소 감축량 및 배출권 거래 관리
		시민 에너지 절약 행태 개선을 돕는 광명 DR
		공동 주택 · 건물 에너지 통합 관리 플랫폼
		에너지 감축 연계 탄소 크레딧 플랫폼
		(대학병원) 수익형 PV 구축 → 전력 판매
		(대학교) 한전 MG 플랫폼을 활용한 캠퍼스 내 에너지 통합 관리
		분산 에너지 활성화 특별법 제정 계기, 분산 에너지 특구 지정 노력
		건물별 온실가스 배출 허용량 준수 및 건물 에너지 소비 행태 · 성능 개선 조치
		건물 관리자 에너지 사용량 관리 지원
		가로등을 고효율 LED로 교체하여 공공 부문 에너지 절약 및 온실가스 감축
		공공 시설물에 대한 건물 에너지 관리 시스템을 도입하여 온실가스 감축
		사업 목적: 평택시 지구 단위 계획 수립 지침 개정을 통해 개발 사업에서 제로 에너지 빌딩, 전기차 충전소 확대, 생태 면적을 확보, 신재생 에너지 확보 도모

부문	중분류	사업명
		유기성 폐기물 처리의 광역화 · 통합화를 통한 신재생 에너지 생산 자원 순환 시설 건설 기업의 에너지 효율화를 통한 에너지 소비 절감과 원료 사용 최적화 실현 건물 지붕이나 옥상에 반사율이 높은 차열 페인트를 칠하여 옥상 바닥 온도를 2030℃, 건물 평균 실내 온도를 25℃ 낮아지게 하여 냉방 에너지 사용량 감소 및 온실가스 배출 저감 효과 하수 처리장에서 바이오가스를 이용해 청정 연료 (LNG)를 생산 신재생 에너지 주택 지원 사업을 활용, 대상지에 위치한 주택들의 신재생 에너지 보급 승강기 자가 발전 장치 설치를 통하여 공동 주택 입주민의 관리비 경감 뿐 아니라 에너지 절약에 통한 온실가스 감축 공공 건물에서의 에너지 사용 모니터링을 통해 최적의 에너지 자감을 위한 사용 패턴 마련을 통해 에너지 효율 개선
	스마트팜	지역 특화 임대형 스마트 팜 조성
	교통	LED 가로등 신설 및 교체
		가로등 보안등 관리
	에너지 관리시스템(BEMS) 구축	16개소 (공공기관 7, 학교 6, 어린이집 3)
	그린리모텔링	7개소(공공기관 2, 취약계층이용시설 5)
	제로에너지 건물 조성	기후변화체험교육관 ZEB인증 및 증축 (460m)
	공공시설물 태양광 발전시설 확대	서수원주민편익시설 등12개소, 2,520KW
	태양광가로등 설치	11개소
	친환경 교통 인프라 확대	자전거도로 : 2km(4구간)
		PM스테이션 : 25개

부문	종분류	사업명
		LED 가로등 교체 567개소
	탄소중립 통합관계플랫폼 구축	기후변화체험교육관 내 관제실 구축
탄소흡수	흡수원	포스코 역사관, 수변 공원 주변 수목 식재, 녹지 조성으로 주민 편의 시설 제공과 탄소 흡수원을 조성 수목 및 식재 조성 시민 공원 조성 공공 시설 정원 조성 청수골 전망대 주변 수목 식재 도시 개발로 폐기될 나무를 나무 은행에 보존하여 성목 확보로 흡수원 효율 향상 도심 가로 포켓 정원 조성 염생 식물 단지 조성 도심지 녹지 조성, 가로수 및 흡수원 확대로 온실가스 감축 목재 산업 시설 현대화 및 목재 친화 도시 조성 탄소 상쇄 숲 조성(포플러 나무 180본 식재) 탄소 흡수원 확보(생활 밀착형 숲 조성) 대안들 숲 조성 선학들 숲 조성 저전동 반려 나무 숲 조성 복사골 반려 나무 숲 정원 조성 중앙동 반려 나무 숲 조성 구민과 기업이 50:50으로 참여하는 100만 그루 탄소 숲 조성 도심 전체를 하늘 그림자(그늘길) 확보를 통해 열섬 효과 방지

부문	중분류	사업명
		선암사 길 식재
		고산 마을 진입로 꽃길 조성
		별량면 철쭉 식재
		귀농 산어촌 어울림 마을 조성 사업
		폐선 부지, 대규모 공영 주차장의 생태 주차장화 등 디딤 확산 숲 조성
		오름 관리 계획 수립
		도시 공원 도시 녹화
		숲 가꾸기
		꽃자왈 보호
		해중림 조성
		도시 숲 등 생활권 숲 조성
		기후변화 대응 공익 조림
		강정 습지 도시 생태축 복원
		구좌읍 하도리 내륙 습지 생태축 복원
		성산읍 시흥리 시흥 공원 생태축 복원
		조림 사업
		포항시 구평기, 모포리 일대 해역에 바다 숲을 조성하되, 제철소 철강 생산 공정 부산물인 슬래그를 활용한 인공 어초 트리톤 (Triton) 적용으로 해양 생태계를 조성
		(소규모 이동형 도시 숲 조성) 이동형 도시 숲 조성 (시티트리, City Tree)으로 소규모 녹지 공간과 시민 편의 시설을 제공함
		생태 물길 조성

부문	종분류	사업명
		잘피 림 (바다 숲 및 갯벌 정원) 조성을 통한 블루 카본 복원 기후 대응 도시 숲 공모 사업 습지 보전 계획 수립 거차해역 굴조 관리를 통한 갯벌 생태계 복원 훼손 습지 복원 (35,000㎡) 습지 탐방로 (탐방 데크 800m, 습지 진입로 2km) 조성 20,815㎡ (생활밀착형 흡수원 2, 생태숲 3) 띠녹지 6,830m(9구간) 도시숲 3,350m(2구간) 3개소, 2,540㎡ (영신중;영신여고, 한봉고)
	CCU	CO₂ 포집 및 활용, 설비 구축 CO₂ 전환 및 최종 제품화(그린올) 기술 R&D
	바이오가스 및 소각	유기성 폐자원 및 바이오매스에 대한 혐기성 소화 및 바이오가스화 시설 설치 (폐열 공급 및 회수 시설 포함) 바이오가스 회수를 통한 온실가스 감축에 탄소 표집을 결합 소각 시설에서 발생하는 온실가스를 CCU 기술을 이용하여 포집 처리 바이오가스화 시설에서 발생하는 온실가스를 CCU 기술을 이용하여 포집 처리
건물/인프라	그린 리모델링	노후 공공건축물 그린 리모델링 노후 공공임대주택 그린 리모델링 (범외) 외단열, 바닥 마감, 환기, 창호, 보일러, LED 교체 등 공공건물 신축 리모델링 ZEB 4등급 조기 추진

부문	중분류	사업명
기후적응 기술		민간 ZEB 5등급 조기 도입으로 탄소 중립 재개발·재건축 추진 노후 건축물의 그린 리모델링을 유도 (소규모 공공건축 그린리모델링) 구립 하계 실버 센터, 늘푸른 어린이집 등 15개소 기후변화 취약 계층을 대상으로 열 차단 페인트 및 벽면 녹화 등 설치 지원 가정용 저녹스 보일러 보급 다중 이용 시설 절수기기 보급 중규모 빗물 이용 시설 설치 빗물 이용 시설 설치 지원
		주거 재생형 사업
		에너지 관리 및 효율
		25개 노후 공동주택 단지에 대한 그린홈 패키지 지원 사업(산업부) (설치 공간 확보) 유치원 및 학교 등 공공교육시설을 중심으로 BIPV를 설치함 (유류 공간 확보) 사업 대상지 내 건물 옥상(지붕), 주차장 등 공공시설을 중심으로 설치함 공공건물 비상 발전기를 활용한 광명 중소형 DR 건물형 BIPV 지원 사업 (BEMS) 구축
태양광 및 태양열		이행체계 건물 분야 온실가스 감축 이행 기구 신설 노원구 건물 분야 탄소 중립 기반 조성 및 이행 체계 구축
		농촌 마을의 마을 화관, 유류 부지 등을 활용한 태양광 발전 시설 설치 영농 태양광 융자 지원 50개소 주택에 태양열 구축
		탄소중립 및 기후대응 탄소 포인트제 지급 및 확대

부문	종분류	사업명
	스마트 및 메타버스	스마트 그린 도시
	플랫폼	스마트 도시 솔루션 확산 사업과 연계하여 탄소 중립 통합 플랫폼 구축 스마트시티 조성을 위한 탄소 중립 플랫폼 구축
	수소	주거용 수소 보일러 설비 구축 수소 시범단지 조성
	에너지 효율화	HEMS, BEMS, FEMS 보급
	탄소중립 및 기후대응	시민 체감형 탄소 중립 문화 체험 센터 구축
	환기	4개 지역에 50여 개 실외 공기 센서 설치 어린이집 등 취약 시설 및 공공 시설에 350여 대 실내 공기 센서 설치 350여 곳의 공공 시설 및 취약 계층 시설에 AI 환기 장치 설치
	시스템	탄소 중립 통합 혁신 센터 구축 및 운영 AI 기반 탄소 데이터 허브 설계 및 개발 및 시스템 구축 탄소 데이터 AI 분석 서비스 모델 4종 개발 GIS 기반 광명형 Net Zero City Station 구축 탄소 중립 관제 센터 인프라 구축
	폐기물	제주 자원 순환 클러스터 조성
	재활용 및 자원순환	제주 환경 자원 순환 센터 침출수 처리 시설 운영 스마트 자원 순환 인프라 구축
		폐플라스틱 2종 결합 소재 분리를 통한 자원 순환 공급망 구축 쓰레기 종량제 봉투 및 음식물 쓰레기 봉투를 생분해 플라스틱으로 제작 및 판매 실시 음식물류 처리 시설 처리 용량 확충 (20톤/일 → 30톤/일)

부문	중분류	사업명
		농촌 멸종 비닐을 생분해 플라스틱으로 전환 및 보급을 통해 온실가스 감축 실현
		포스코 철강 생산 공정 중 고로에서 발생하는 부산물인 수재 슬래그를 활용한 자원화
		폐유를 활용하여 친환경 연료(바이오디젤)를 생산
	시설개선	재활용 선별 시설 처리 용량 확충(7톤/일→55톤/일)
		자원 정화 센터 노후 시설 개선 및 용량 확충(80톤/일→100톤/일)
	플랫폼	폐식용유 활용을 위한 플랫폼 구축
		하수관로 수위 및 하수량 모니터링을 통해 실시간 운영 상황 분석
	축산	가축 분뇨 관리 정책 대진화
		가축 분뇨 공공 처리 시설 운영
		가축 분뇨 공동 자원화 추진
		저메탄 사료 보급
		비점 오염 저감 시설
		비점 오염 저감 사업
		소각열 활용 확대
	바이오가스 및 소각	광역 폐기물 소각 시설 조성 (안덕)
		바이오가스화 시설 설치
		(그린 바이오파크 조성) 음식물 폐기물 바이오가스화 시설 설비 조성
		(주민 편의 시설 조성) 바이오가스화 상부 시설 주민 생활 체육 시설 및 공원 시설 조성
		순천시 공공 하수 처리 시설 내에 바이오가스화 시설 설치
		쓰레기 소각을 통해 발생하는 스팀을 배관망을 구축하여, 인근 주변 공공 시설(순천만 정원, 공유 플랫폼 시설 등)에 열원 공급

부문	종분류	사업명
송풍기	폐기물 스마트 수거시스템 구축	통합 바이오가스화 시설 설치
		가축 분, 통합 바이오가스에서 발생되는 슬라지를 활용하여 함수율 10%로 건조 후, 생산 설비를 통해 바이오차 생산 실증
		환경 에코센터 소각장 건립
		유기성 폐자원 통합 바이오가스화 시설(포집) 설치
		유기성 폐자원을 2종 이상 투입하여 바이오가스를 생산하는 통합형 바이오가스화 시설 설치 지원 (하수 찌꺼기, 분뇨, 음식물류 폐기물)
		해양 폐기물(페어망 등)을 활용한 놀이 시설 조성, 폐플라스틱을 이용한 그네, 미끄럼틀, 클라이밍 구조물 등 다양한 놀이 시설 조성
		생산 과정에서 발생하는 CO ₂ 를 포집해 제품으로 재활용
		수집된 정보를 활용해 시가 설정한 운영 체계를 통하여 분석된 유입량 및 농도에 맞게 하수처리시설 송풍기 운전 제어
		24시간 데이터 모니터링으로 시가 판단하여 유입농도에 맞춰 송풍기 운전량 제어
		(고정형) 8개 센터, (이동형) 3대
기타		매립장 내의 유기물 종류, 매립량, 매립 기간, 기존의 매립 가스 배출량 등과 매립지의 지형, 지질, 수위 등을 파악해 호기성 공법 적용을 위한 시설 설치
		바이오차 개발 · 보급
		친환경 재생 처리 설비 도입
		페스티로폼(페어구 등) 재생, 석유화학 원료 공급
		광역 생활 자원 회수 센터 운영
		바이오가스 정제 및 개질 설비 설치 및 기반 구축
		바이오가스와 도시가스 배관망 연결

부문	중분류	사업명
수송	대중교통 및 특수차량	제주시 도심 구간 트램 구축
		노후 청소 차량 교체
	자전거 및 기타 이동수단	동북권 신성장 혁신 거점 내 친환경 모빌리티 교통 인프라 구축
		전기 이륜차 보급
		전기 자전거 보급
		공영 버스 친환경 차량으로의 전환
		전기 자전거 구매
		차량 탑재형 폐배매 회수 및 재생 냉매 충전 서비스
		중계동 학원가 스마트 안심 자전거 도로 구축
		종량천 자전거 고속도로 연결 이면 도로 노원 Quiet-way 구축
		자전거길 조성
	전기차 및 수소차	전기차 보급 확대
		자전거 보관소 및 충전소 구축
		(대학교) 전기차 충전 스테이션 2개소 구축을 통한 계통 연계 유연성 자원화(DR)
		노후 화물차(4,5등급) 차량을 폐차 지원금을 활용하여 전기 화물차로 개조
		구미 특화 사업인 폐배터리 재활용 업체를 통해 개조된 차량에 장착하여 전기(화물차) 보급 확대를 도모
	기타	도심형 EV 특화 거리 조성
		서울 EV 캠퍼스 조성
		중앙 버스 전용차로 확충 및 기능 개선
		친환경 소형 선박 보급
		전기 자동차 보급

부문	종분류	사업명
기후적응	스마트 및 메타버스	전기 자동차 충전 인프라 보급
		노후 경유차 조기 폐차 유도
		하이브리드(전기+내연기관) 어선 전환 지원
		메타버스 프로그램 개발
	시스템	가상 공간에 실물과 동일한 물체를 만들어 시뮬레이션으로 검증하고, 시를 활용한 침수 위험 지역 예측
		기상청의 실시간 및 예상 강우량 데이터를 활용한 강우 양상 분석
		온실가스 배출량에 대한 MRV 체계 구축
		(지속 가능한 환경 정보 제공) 시티트리 내 모니터링 측정 시스템 설치로 실시간 온실가스 및 대기 오염 물질 정보를 시민들에게 제공
	탄소중립 및 기후대응	탄소 중립 기술 개발 통합 센터 건립 타당성 조사
		탄소 중립 기술 개발 통합 센터 건립
		탄소 중립 도시 인증제 개발
		탄소 중립 아카데미
탄소저감	빗물 이용장치 설치	빗물 이용장치 설치 5개소
		시민 맞춤형 탄소 크레딧 플랫폼 구축
	플랫폼	과천시 행정 정보 및 양재천, 관문천 등 하천 범람 지역 및 신사대 취약 지역 관련 데이터 수집 · 정제 및 시각화
		디지털 트윈 플랫폼 기반 국지성 폭우에 따른 예상 침수 범람 지역 시각화
		국토 정보 플랫폼 기반 방재 대책 의사 결정 지원 주제도 구축
		산업 공정 LCA(Life Cycle Assessment) 관점의 전주기 탄소 배출 통합 공유 플랫폼 구축
	탄소저감	저녹스 보일러 보급

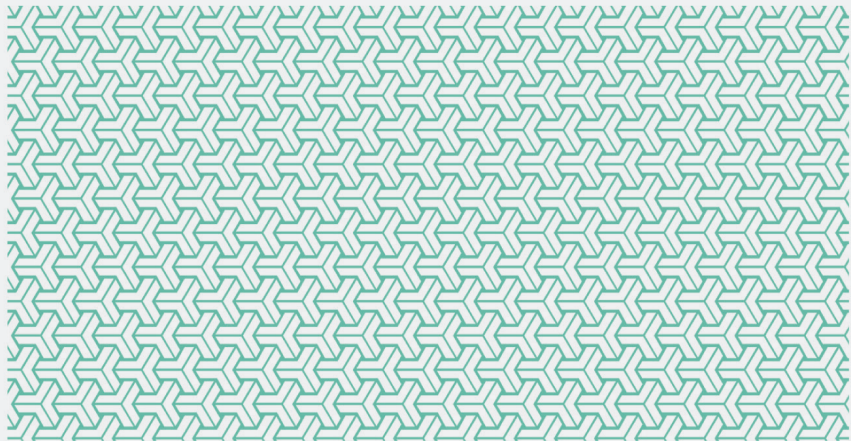
부문	중분류	사업명
농축산	탄소중립 및 기후대응	기후 위기 대응 교육
	이동형 벤치	(편의 시설 제공) 이동형 벤치 제공으로 시민들에게 쓸 수 있는 편의 시설을 제공
	기후쉼터(스마트 정류장) 설치	5개소
	도시열섬저감(그늘막 설치)	넷제로 스마트 재난 안전 쉼터 조성
		스마트 그늘막 조성
	기상재해대응시설 설치	2식 (고색지하자도, 재난경보x진입자단 설비)
	비료 및 사료	화학 비료 사용 감축
		유기질 비료 지원 사업
	스마트팜	스마트팜 혁신 밸리 조성
		스마트팜 온실 신축 지원 사업
		농지에 태양광 시설을 설치하여 농작물 경작과 태양광 발전 병행
	축산	농축산 탄소 중립 프로그램(논물 알개 걸러대기)
		농축산 탄소 중립 프로그램(저메탄 사료 보급)
		축산 분야 ICT 융복합 확산 사업
		가축 분뇨 공공 처리 시설 설치에 따른 잔여 부지를 활용한 폐자원 에너지(액비, 폐열 등)를 활용할 수 있는 주민 참여 시설 조성
기타	탄소중립 및 기후대응	ICT 축사 탄소 중립 유관 데이터 모니터링
		탄소 중립 농산물 브랜드화
		친환경 농산물 인증 활성화(무농약 농산물, 유기농 농산물)
		저탄소 농산물 인증 활성화
		기후 위기에 대응하는 친환경 저탄소 농업 육성

부문	종분류	사업명
법제도		농촌 특화 지구 지정
		농업용 저수지 수상 태양광 설치
	태양광 및 태양열	영농 태양광 설치 허용을 위한 조례 신설
	개정	보령시의 탄소 중립 도시 조성을 위한 적극적인 행정적 · 재정적 지원의 실행력 확보를 위해 탄소 중립 · 녹색 성장 기본 조례 개정
산업	공정효율	생산 공정 설계 및 효율화 사업
	플랫폼	온실가스 관리 탄소 회계 프로그램 개발 및 지원
		공정 변화의 시뮬레이션을 통해 온실가스 배출을 사전에 예측하고 관리하여, 지속 가능한 경영 모델 구축

출처 : 환경부(2024) 및 수원시(2024)를 참고하여 연구진 재구성

부록 5. 탄소중립도시 기술관련 규제현황과 규제샌드박스

Appendix 5



[부록 표 5-1] 탄소중립도시 기술관련 규제현황과 규제샌드박스(2024.6.24.)

지역	규제자유특구 유형	부문	세부특례	규제현황	규제범	규제샌드박스 내용	해당 부처
충북	스마트 안전제어	가스안전차단		AI, IoT 등의 기술발달에도 가스용품의 무선에 의한 차단·제어에 대한 기준·규격 등이 없어(유선만 규정) 제품화 불가 (액화석유가스법 등)	액화석유가스법	무선기반으로 차단·제어되는 가스용품의 성능·안전성 검증을 위한 실증 허용	
	차세대 배터리 리사이클링	전기차 배터리 재활용		전기차 사용 후 배터리를 재사용·재활용하기 위해서는 성능진단 및 등급분류 등의 명확한 기준이 제시되어야 하나, 현재 미비하여 관련 시장진입의 장애요인으로 작용	규제없음	전기차 사용 후 배터리의 성능진단과 등급분류에 필요한 기준 마련 실증 허용	
경북				특구사업자가 전기차 배터리를 분리하기 위해서는 자동차해체재활용법에 등 록해야만 함	규제없음	자동차해체재활용법에 등록하지 않고도 관련 업체를 협력업체로 참여시켜 배터리 분리가 가능하도록 허용	
				전기차 사용 후 배터리의 재사용(ESS 등)은 폭발 등의 위험 부담으로 세부적인 재사용 기준 및 절차가 필요하나, 관련 규정 미비	규제없음	재사용(재제조)은 경제성이 높으나 폭발 등의 위험이 있어 세부적인 기준 및 절차 등이 제시되지 않으면 관련 시장 진입이 곤란하기에 실증을 통한 기준 마련 허용	
				재제조 대상제품 중 자동차 부품 분야의 대상제품목록에 전기차 배터리가 누락되어있어 재제조 제품의 품질인증 불가	규제없음	재제조 대상제품에 전기차 사용 후 배터리 포함	
				환경부장관 또는 시·도지사는 반납 받은 배터리를 재사용·재활용하도록 명시 하고 있으나 매각 대상 및 기준에 대한 규정	규제없음	매각이 이루어지기 위해서는 매각 대상 및 그에 대한 기준이 선결되어야 가능하기에 실증 허용	
울산	수소그린모빌리티	수소연료전지	무인운반차에 수소연료전지 동력체계 적용 특례	수소연료전지 동력체계 무인운반차의 실내작업을 위해 적용할 안전기준 부재로 실증 불가(산업안전보건법)	산업안전보건법	안전인증(S마크)기준 마련을 위한 실증 필요(고용부)	고용부

지역	규제자유특구 유형	부문	세부특례	규제현황	규제범	규제샌드박스 내용	해당 부처
		수소 공급시스템	지게차에 수소연료전지 동력체계 적용 특례	수소연료전지 동력체계 지게차의 실제 작업을 위해 적용할 안전기준 부재로 실증 불가(산업안전보건법)	산업안전보건법	인인인증(S마크)기준 마련을 위한 실증필요(고용부), ※수소연료전지용 핵심소재 부품(배금합금촉매) 국산화실증병행	고용부
			700기압 복합용기를 적용한 이동식 수소충전소 운행 특례	수소충전소(이동·고정)의 충전대상이 자동차로 국한되어 있어 수소연료전지 적용 실내물류운반기계(무인운반차, 지게차 등)의 수소충전 불가(고압가스안전관리법)	고압가스안전관리법	다양한 수소연료전지 모빌리티의 상용화를 위해 이동식 충전소를 이용한 실내물류 운반기계 충전 실증 허용(산업부)	산업부
			수소 튜브트레일러에 450리터 초과용기 적용 특례	수소저장용기의 용량이 450기압, 450리터로 제한되어 있어, 450리터 초과용기의 제조·운용 불가(고압가스안전관리법)	고압가스안전관리법	국산화를 조건으로 수소튜브트레일러에 550리터 복합용기 제작 허용(산업부)	산업부
강원	액화수소산업	액화수소 생산·저장	액화수소 생산설비(배관, 밸브) 제작 실증 특례	고압가스안전관리법 KGS FP112 '고압가스 일반 제조설비의 시설/기술/검사/정밀안전 검진 기준'에 액화수소 제조설비(배관, 밸브)의 기준 부재(고압가스안전관리법)	고압가스안전관리법	제작 실증을 통해 기준안 마련 허용을 요청, 한국가스안전공사와 협업으로 코드화, 안전기준설정 등 진행예정 (산업부)	산업부
			액화수소 용기 및 저장탱크 제작 실증 특례	KGS AC 213 '초저온 가스용 용기제조 시설/기술/검사 기준'에 저장용기의 재질이 오스테나이트강 또는 알루미늄 합금강으로 한정(고압가스안전관리법)	고압가스안전관리법	액화수소용 용기에 대한 안전 관리 기준을 설정 (산업부)	산업부
			액화수소 저장·운송 실증 특례	액화수소(-253)는 기존 초저온용기(-50도)기준보다 낮아서 현행법에 따르는 양도 및 검사가 어려움(고압가스안전관리법)	고압가스안전관리법	고압가스 양도·양수와 탱크로리 용기에 대한 기준안 설정 허용 (산업부)	산업부
		액화수소 충전소	수소충전소(자동차) 구축·실증특례	액화수소충전소의 구축·검사에 대한 고압가스안전관리법에 따르는 기준안 미비	고압가스안전관리법	KGS FP 217 설치기준에 액화수소 저장용기의 설치 및 부대시설(기화기, 압축기	산업부

지역	규제자유특구 유형	부문	세부특례	규제현황	규제법	규제샌드박스 내용	해당 부처
충남	수소에너지 전환	수소연료전지	이동형 액화수소 충전소 구축·실증 특례	(고압가스안전관리법) 고압가스 안전관리법 시행령에 따라 충전시설은 자동차에 충전하는 것에 국한 (고압가스안전관리법)	고압가스안전관리법	등) 배치 기준 마련 허용을 요청 (산업부) *1 단계실증:액화수소→기화→충전2단계 실증:액화수소직충양식	산업부
			연료전지 복합배기 시스템 실증 특례	SOFEC 등 고온형 연료전지는 복합배기 시스템 설치 불가(액화석유가스 안전관리 및 사업법)	액화석유가스 안전관리법 및 사업법	주택, 건물용 고체산화물연료전지 발전시스템의 보급 확산을 위해 복합배기 실증 허용 (산업부)	
			연료전지 계통전환 시스템 실증 특례	연료전지 시스템은 계통연계형과 독립형 연료전지만 허용하고 있으며, 정전 시 가동 중지하여 효율 저하(액화석유가스 안전관리 및 사업법)	액화석유가스 안전관리법 및 사업법	정전시에도 비상발전 전원으로 활용이 가능하도록 정전시 연료전지 시스템 가동 허용 (산업부)	
			직접수소 연료전지 시스템 실증 특례	직접수소 공급형 연료전지에 대한 제반 규정 부재(액화석유가스 안전관리 및 사업법)	액화석유가스 안전관리법 및 사업법	안전성 검증을 위한 직접수소 연료전지 장기간 실증 허용 (산업부)	
			수소충전소 부품·설비·검사장치 실증 특례	수소충전소에서는 자동차만 수소 충전이 가능하며 충전량 측정용 위한 검사장비에는 충전 불가(고압가스안전관리법)	고압가스안전관리법	수소충전소에서 검사 장비에 수소 충전이 가능토록 하여 충전량 측정 허용	
광주	그린에너지 에너지저장장치(ESS) 발전	그린에너지 ESS 발전	이동식 기체/액화 수소 용기 충전소 실증 특례	차량 탑재식 이동용 기체/액화수소 충전시스템에 관한 기술 시설 기준이 부재하고, 드론용 기체/액화수소용기에 충전 불가(고압가스안전관리법)	고압가스안전관리법	이동식 기체/액화수소 용기 충전시스템 제정을 위한 기준을 마련하고 일정 장소에서 드론용 기체/액화수소용기에 충전 허용 (산업부)	산업부
			전기저장장치(ESS) 발전소 제어기술 개발 및 중형운영상황실(TOC) 실증 특례		규제없음	다수 태양광 발전소를 연계한 대용량 전기 저장장치 실시간 제어기술 실증, 전기저장장치 출력제어를 통한 배전망 안정화 유지기능(전력품질 등) 실증 실시간 수집된 각종 데이터를 기반으로	

지역	규제자유특구 유형	부문	세부특례	규제현황	규제범	규제샌드박스 내용	해당 부처
울산	이산화탄소 자원화	이산화탄소 전환 탄산화 시설의 제품화 및 활용	이산화탄소 전환 탄산화 시설의 제품화 및 활용을 위한 특례	전기저장장치(ESS)를 구축한 자에 대한 발전 사업자 지위 인정특례	규제없음	ESS발전소제어 및 배전망 연계기술 등 다양한 형태의 운영시스템을 모사장치(HIL 시스템)를 통해 검증	환경부
				ESS 발전사업자의 직접 전력거래와 관련한 특례	규제없음	고위험병원체 취급시설의 사용계약 체결 기업 대상 고위험병원체 반입허가 허용	
				이산화탄소를 포집하여 생성한 이산화탄소전환탄산화물(탄산칼슘)은 폐기물로 분류되어 재활용사업자로 허가 받지 않은 일반사업자는 탄산칼슘의 건설소재 재활용 불가	규제없음	ESS 발전사업자가 전력 생산자나 사용자 외 직접 전력거래를 할 수 있도록 특례 요청	
충북	그린수소산업	바이오가스 기반 수소 생산·활용 시설	바이오가스 사업자가 수소 생산·활용 시설에 필요한 특례	이산화탄소전환탄산화물(탄산칼슘)은 재활용사업자로 허가 받지 않은 일반사업자는 탄산칼슘의 화학소재 재활용 불가	규제없음	포집된 탄산칼슘을 화학소재(특수제지, 고무 등) 등에 적용함으로써 이산화탄소 제품화에 기여, 특히 화학소재용으로 활용되는 고품위 탄산칼슘은 일본 수입 대체 품	신입부
				바이오가스 제조사업자는 스스로 제조회 도시간스를 수소제조 사업자에게 직접 공급 불가(도시간사업법 제8조의 3)	도시간사업법	바이오가스제조사업자가 제조회 도시간스를 수소제조사업자에게 직접 공급하도록 실증 허용(산업부)	
				바이오가스 사업자가 수소 생산·활용 시설에 필요한 특례	수소 생산·활용 시설	바이오가스 사업자가 수소 생산·활용 시설에 필요한 특례	
충북	그린수소산업	바이오가스 기반 수소 생산·활용 시설	바이오가스 사업자가 수소 생산·활용 시설에 필요한 특례	이산화탄소전환탄산화물(탄산칼슘)은 재활용사업자로 허가 받지 않은 일반사업자는 탄산칼슘의 화학소재 재활용 불가	규제없음	포집된 탄산칼슘을 화학소재(특수제지, 고무 등) 등에 적용함으로써 이산화탄소 제품화에 기여, 특히 화학소재용으로 활용되는 고품위 탄산칼슘은 일본 수입 대체 품	신입부
				바이오가스 제조사업자는 스스로 제조회 도시간스를 수소제조 사업자에게 직접 공급 불가(도시간사업법 제8조의 3)	도시간사업법	바이오가스제조사업자가 제조회 도시간스를 수소제조사업자에게 직접 공급하도록 실증 허용(산업부)	
				바이오가스 사업자가 수소 생산·활용 시설에 필요한 특례	수소 생산·활용 시설	바이오가스 사업자가 수소 생산·활용 시설에 필요한 특례	

지역	규제자유특구 유형	부문	세부특례	규제현황	규제범	규제샌드박스 내용	해당 부처
충남	탄소저감 건설 소재	탈황석고 활용 이산화탄소 저감 및 친환경건설 소재 상품화 실증	탄산화물 처리시설 설치 및 운영에 관한 특례	소법 제36,44조, 동법 시행규칙 제22,26,39조)	폐기물관리법	이산화탄소와 탈황석고의 재활용을 통해 중간가공품(탄산화물)으로 제조하기 위한 폐기물 처리시설을 폐기물관리법 제29조에 따른 승인 없이 설치 및 운영이 가능하도록 허용(환경부)	환경부
		탈황석고 활용 이산화탄소 저감 및 친환경건설 소재 상품화 실증	탄산화물 건설소재화 및 현장 실증에 관한 특례	① 재활용업자로 하기 받지 않은 사업자는 이산화탄소와 탈황석고를 재활용한 중간가공품(탄산화물)을 건설소재로 활용 불가능, ② 이산화탄소와 탈황석고를 재활용하여 만들어진 중간가공품(탄산화물)을 시멘트, 벽돌 등의 건설소재 제품으로 제조 불가능 (폐기물관리법 제25조)	폐기물관리법	① 규제자유특구 내에서 폐기물재활용업자가 아닌 사업자가 이산화탄소와 탈황석고를 재활용한 중간가공품(탄산화물)을 활용할 수 있도록 허용, ② 이산화탄소와 탈황석고를 재활용하여 만들어진 중간가공품(탄산화물)을 시멘트, 벽돌 등의 건설소재 제품으로 제조할 수 있도록 허용	환경부
부산	암모니아 친환경에너지	암모니아 기반 연료전지 하이브리드 친환경 선박 실증	암모니아 기반 연료전지 추진의 선박 건조·검사 기준 및 운영에 관한 특례	암모니아 기반 연료전지 하이브리드 추진 선박 건조·검사 기준과 선박에 장착되는 수소용품(수소추출기, 연료전지)에 대한 검사기준 부재로 건조 및 운항 불가(선박안전법 제7조, 18조, 26조)(수소법 제36조, 제44조, 동법 시행규칙 제22조, 제26조, 제39조)	선박안전법 수소법	암모니아 기반 연료전지 하이브리드 전기 추진 선박 건조 및 운항 실증특례 허용(해수부, 산업부)	해수부 산업부
		전기차 고출력 무선충전 / 연계형 무선충전/ 초소형 전기차 무선충전 실증	주요취급소에 무선충전설비를 설치 할 특례	주요취급소에 무선충전설비를 설치 불가	규제없음	주요취급소에 무선충전설비를 설치 허가 (소방청)	소방청
경북	전기차 차세대 무선충전	전기차 차세대 무선충전	안전확인 대상제품 아닌 무선충전기로 전기자동차 충전에 관한 실증 특례	전기차 무선충전기의 경우 안전확인 대상제품으로 분류	규제없음	안전확인 대상제품이 아닌 무선충전기로 전기자동차 충전 허용 (국가기술표준원)	국가기술표준원

지역	규제자유특구 유형	부문	세부특례	규제현황	규제범	규제샌드박스 내용	해당 부처
강원		미이용 산림 바이오매스 정정 생산·활용 증진	전기사업법, 전기안전관리법, 한국전기설비규정(KEC) 등 현행 기술기준에는 무선충전기 설치 규정이 존재하지 않음	전기사업법, 전기안전관리법, 한국전기설비규정(KEC) 등 현행 기술기준에는 무선충전기 설치 규정이 존재하지 않음	규제없음	현행 기술기준에 무선충전기 설치 규정이 존재하지 않으나, 전기자동차 무선충전의 안전성을 확보하는 조건하에 실증 특례 허용 (산업통상자원부)	산업부
			주파수 85kHz대역 전자기차 무선충전설비로 분배	주파수 85kHz대역 전자기차 무선충전설비로 분배	전파법 제9조, (대한민국 주파수 분배표)	주파수 85kHz대역 전자기차 무선충전설비로 분배원료 (과학기술정보통신부)	과기부
세종	지열주행실증	도심특화형 전용 공간 자율주행 서비스 실증	미이용 바이오매스 활용 정정 생산·활용 증진	현행 안전기준은 합성가스를 연료로 이용하는 수소추출설비를 포함하고 있지 않아, 합성가스 연료용 수소추출설비는 현행 기준으로 제조 및 검사 불가 (수소법 제36조, 제44조)	수소법	미이용 산림 바이오매스로 합성가스를 만들고 정정수소를 제조할 수 있도록 합성가스를 연료로 하는 수소추출설비를 수소용품으로 제조할 수 있고 제조된 수소용품의 사용 전 검사 허용 (산업부)	산업부
			일반도로 및 BRT 도로 내 여객운수 한정면허 특례	자율주행차를 이용한 운송서비스는 현행법상 운수면허 발급에 관한 규정이 없어 곤란(여객자동차운수법)	여객자동차 운수법	안전성 등이 담보된 범위 내에서 자율주행 여객 운송 서비스를 실증할 수 있도록 "한정면허" 부여	
		자율주행차기 활용에 관한 특례	영상기록장치 활용에 관한 특례	차 내 영상 기록장치를 활용하여 영상기록을 수집·분석하고자 할 때, 범죄분석 등 특정한 경우를 제외하고 활용 제한	규제없음	자율주행서를 카메라 인식기술 및 사용성 개선 연구 등에 활용토록 특례 적용(탐승 고객의 개인정보 활용 동의를 받는 조건)	
			간선급행버스(BRT) 전용주행로 이용에 관한 특례	'전용주행로' (BRT)에 운행가능한 차량은 승합자동차(11인승 이상)만 해당(간선급행버스법)	간선급행버스법	자율주행실증을 위해 허가받은 6인승 이하 차량도 안전기준 마련 조건하에 BRT 도로 운행이 가능하도록 허용	
		자율주행데이터 수집·공유서비스 실증	자율주행데이터 수집·공유서비스 실증	자율주행차가 운행 중 데이터를 수집하는 행위는 법에 저촉되지 않으나, 개인정보가 포함된 데이터를 활용할 경우 범위(개인정보보호법)	개인정보 보호법	특정 개인을 알아볼 수 없도록 비식별 조치(개인의 얼굴, 자동차 번호판 숫자 등)만 식별 가능한 영상자료 외부 반출 금지 등 감독체계 마련 조건으로 허용	
			도심공원 자율주행서비스 실증	공원 내 자율주행 운행허용 관련 법적 근거 부재, 영업행위 금지에 따른 유상	공원녹지법	해의 허용 사례 및 광랜드마크화 시민 수용성 확보 등을 고려할 때, 일정기간 안	

지역	규제자유특구 유형	부문	세부특례	규제현황	규제법	규제샌드박스 내용	해당 부처
세종	자율주행 추가	자율주행 실외로봇 운영 실험특례	도시공원에 자율주행차 실증인프라 설치 허용	서비스 금지(도시공원 녹지법) 공원 내에 설치할 수 있는 시설물에 자율주행차량 관련 규정 부재(도시공원 녹지법)	공원녹지법	전 인프라 설치 등을 조건으로 허용 도시공원 내 자율주행서들을 운행하기 위해 실증 관련 인프라를 설치하고 유지 및 관리할 수 있는 특례를 부여	
			자율주행 인프라가 구축된 공원에서 배달, 방역, 보안순찰 등 실외로봇 서비스 상용화 실험	자율주행 로봇의 공원내 출입 및 영업행위 등이 불가	규제없음	실외로봇의 공원내 출입과 로봇을 이용한 영업행위 등을 허용하는 실험특례 부여	
			자율주행 로봇의 충전과 주행 체계 등을 표준화하고 통합 관제·데이터 처리 등을 위한 관리체계 구축·운영	정보주체의 동의를 받은 경우에만 개인 정보 수집 및 이용 가능	규제없음	실외로봇 운행 중 정보주체의 동의없이 영상정보 수집·활용 등을 허용하는 실험특례 부여	
광주	무인 저속 특성자	공공서비스를 위한 무인저속특장차 실험특례	도로 임시운행 허가에 관한 특례	자율주행자동차 임시운행허가는 이상 상황에 대비한 운전자 지정 등 탑승을 전제로 하여 무인차량은 운행불가(자동차관리법 시행규칙)	자동차관리법	기술적 특성으로 규정을 충족하기 어려운 무인차량에 대해서 안전운행요건에 관한 규정의 특례를 적용하여 허용	
			관제센터 운영과 관련한 특례	자율주행자동차 임시운행허가 관련 규정은 이상상황에 대비한 운전자 지정 등 탑승을 전제로 하고 있어 무인차량은 관제센터를 통한 원격제어 불가(자동차관리법 시행규칙)	자동차관리법	무인차량의 원격제어를 운전으로 해석하여 안전운행요건에 관한 규정의 특례를 적용하여 허용	
			도로주행과 관련한 특례	운전자는 탑승하여 조향장치와 제동장치 등을 확실히 조작하도록 하고 있어 무인차량의 실제도로 주행은 불가(도로교통법)	도로교통법	도로교통법 및 안전관련 부대조건 이행을 전제로 무인저속특장차의 기술개발 지원을 위한 특례 허용	
			도시공원 출입과 관련한 특례	공원 내의 차도 이외 장소에는 종량 30[kg] 미만, 최고속도 25[km/h] 미만	공원녹지법	공원을 이용하는 주민들의 안전성이 확보되고 이용불편을 초래하지 않는다는 조건	

지역	규제자유특구 유형	부문	세부특례	규제현황	규제범	규제샌드박스 내용	해당 부처
전남	e-모빌리티	개인정보 데이터의 활용 실증특례	무인저속특장차 수집 개인정보 활용에 관한 특별	이동력장치만 출입이 허용(도시공원 밖 지법)	개인정보 보호법	으로 특례 허용	
		초소형 전기특수자동차 운행 실증 특례	초소형 특수자동차 분류 기준 특례	자율주행차가 운행 중 데이터를 수집하는 행위는 법에 저촉되지 않으나, 개인정보가 포함된 데이터를 활용할 경우 법 위반(개인정보보호법)	규제없음	특정 개인을 알이볼 수 있도록 비식별 조치(개인의 얼굴, 자동차 번호판 숫자 등) 및 식별 가능한 영상자료 외부반출금지 등 감독체계 마련 조건으로 허용	
		초소형전기차 자동차전용도로 주행	자	경형 특수자동차는 초소형과 일반형의 구분이 없어 안전 및 성능에 관한 시험 기준(36항목)을 모두 적용	도로교통법	'초소형 화물자동차' 시험기준(36→22 항목)을 적용한 초소형 전기특수자동차 주행 실증(국토부)	국토부
		농업용 동력운반차 2인승 허용 및 적재정량 변경	농업용 동력운반차 2인승 허용 및 적재정량 변경	다양한 용도로 사용가능한 경형 농업용 동력운반차에 대한 수요 증가로 좌석수와 적재정량 완화(농업기계화촉진법) (1 인승, 200kg ~ 1000kg → 2 인승, 100kg 이상 ~ 1000kg)	농업기계화 촉진법	일반도로 중 진입금지 구역(임해대교, 제1고속도로 70km/h) 우선 실증, 자동차전용도로 주행은 자동차 안전성 검사결과에 따라 재검토 *자동차전용도로제한속도: 90km/h, 초소형자동차최고속도 80km/h	
		농업용 동력운반차 1회 충전 연속운전 기준 완화	농업용 동력운반차 1회 충전 연속운전 기준 완화	소규모 수확 등 농촌 수요를 반영하여 1회 충전 연속운전 규제 완화한 경형 농업용 동력운반차 실증(농업기계화촉진법) (1 회충전연속운전, 3시간, 25Km 이상 → 2시간, 17km 이상)	농업기계화 촉진법	부품 국산화 비율 60% 이상, 농업기술실용화재단 검증 실행, 농로·농지 운행제한 안전대책 마련	
		스스로방식 전기자전거	스스로방식 전기자전거	자전거전용도로 통행가능 전기자전거 형태 제한, 스스로방식 전기자전거는 원동기장치자전거로 분류되어 차도 주행 원칙(도로교통법, 자전거이용활성화법)	도로교통법 자전거이용 활성화법	부품 국산화 비율 61% 이상, 농업기술실용화재단 검증 실행, 농로·농지 운행제한 안전대책 마련	

지역	규제자유특구 유형	부문	세부특례	규제현황	규제법	규제샌드박스 내용	해당 부처
제주	전기차 충전서비스	충전시간 단축을 위한 충전인프라 고도화 실증특례	기존 충전기의 성능개선을 위한 동급의 ESS병합(50KW+50KW)시 중	기존 충전기의 성능개선을 위해 ESS를 병합한 충전기의 인증기준 미비*로 충전사업 시설기준 충족 불가(전기사업법) *개정된제품은KC인증대상이아님	전기사업법	사용자의 속도 제한장치 해제 기능여부 검증*한 경우에 한해 모터출력 590w미만 허용 *시속25km 이상 운행할 수 없도록 하는 장치를 사용자가 제거·변경 등 임의조작 하지 못하도록 하는 조치	산업부
		접유공간 최소화 를 위한 이동형 충전서비스 실증특례	전기차 이동형 충전기 실증특례	ESS를 탑재한 이동형 충전기의 인증기준 미비로 충전사업 시설기준*충족 불가(전기사업법) *KC인증을받은충전기구비	전기사업법	안정성 확보를 전제로 실증을 통해 이동형 전기기충전기를 활용하는 충전사업 시설 기준 등록요건 완화(산입부)	산업부
		PM사용자 원동기 장치자동차 면허 이상 소지 면제	PM사용자는 원동기장치자동차 면허 이상 소지해야 된다고 규정, 면허 면제로 이용 활성화 필요(도로교통법)	도로교통법	자전거이용 안전모 착용 실증 허용		
		PM 사용자 자전거 이용 안전모 착용 허용	PM사용자는 이륜자동차용 안전 모를 착용하도록 규정하고 있어 주행 불편, 자전거용 안전모 착용 요청(도로교통법)	도로교통법	자전거이용 활성확대		
		개인형 이동수단 (PM)의 자전거 전용도로로 주행	PM은 원동기장치자전거로 분류되어 차도 주행 원칙, 자전거전용으로 통행 가능 전기자전거 형태 제한(도로교통법, 자전거이용활성화법)	도로교통법 자전거이용 활성확대	최소한의 도로주행 안전기준을 충족하는 PM(제동·구동·조향 장치)을 장착한 전통 킥보드 등에 한해 실증 허용하되, 안전한 주행을 환경 확보		
		충전시간 단축을 위한 충전인프라 고도화 실증특례	기존 충전기의 성능개선을 위한 ESS를 위한 동급의 ESS병합(50KW+50KW)시 중	기존 충전기의 성능개선을 위해 ESS를 병합한 충전기의 인증기준 미비*로 충전사업 시설기준 충족 불가(전기사업법) *개정된제품은KC인증대상이아님	전기사업법	사용자의 속도 제한장치 해제 기능여부 검증*한 경우에 한해 모터출력 590w미만 허용 *시속25km 이상 운행할 수 없도록 하는 장치를 사용자가 제거·변경 등 임의조작 하지 못하도록 하는 조치	

지역	규제자유특구 유형	부문	세부특례	규제현황	규제범	규제샌드박스 내용	해당 부처
전남	개조전기차	활용성 증대를 위한 충전인프라 등 유 플랫폼 실증특례	개인소유 충전기(非개방형 충전기)의 공유사업 불가(전기사업법)	일정조건*을 갖춰 전기차충전사업자로 등록한 경우에만 전기차충전사업을 영위할 수 있어, 非개방형 충전기의 공유사업 불가(전기사업법) *전기차충전사업자는 전기안전관리자1면 이상 선임	전기사업법	개인소유 전기차충전기를 공유플랫폼사업자에게 운영·관리를 위탁할 경우, 개인 충전사업자의 등록(인력)요건을 갖춘 것으로 허용(산업부)	산업부
		충전데이터 기반의 전기차 특화 진단 서비스 실증특례	전기차 진단서비스가 이동형 점검차량에서도 가능하도록 허용 특례	내연차와 달리 구조가 단순한 전기차의 경우에도 성능·상태 점검시 불필요한 시설·장비 등을 감소도록 하여 이동형 성능·상태 점검 서비스 불가(자동차관리법)	전기사업법	전기차에 한하여 성능·상태 점검이 이동형 점검차량에서도 가능하도록 기준을 완화하여 실증 허용(국토부)	국토부
		개조전기차 주행 안전성 실증	개조전기차 주행 안전성 실증 특례	내연기관 차량을 전기차로 개조해도 주행시험 안전기준(내구 3,000km)에 대한 명확한 기준이 없어 전기차 개조 추진이 어려움 (자동차 튜닝에 관한 규정 제15조 및 별표4)	자동차튜닝에 관한 규정	내연기관 차량을 전기차로 개조하고 주행시험 안전기준(내구 3,000km) 제시를 위한 실험도로 주행 허용(국토부)	국토부
		고압대용량탄소복합재 수소이송시스템 상용화실증특례		450기압, 450ℓ 초과 용기 기준 부재(현행최대기준)(고압가스안전관리법)	고압가스안전관리법	국산 탄소복합재(CFRP)를 적용한 수소 운송용 용기(525기압, 520리터) 제작 실증 (산업부)	산업부
전북	탄소융복합 산업 추가	탄소복합재 경량 소화수 탱크 소방장치 실증특례		소화수탱크 재질 CFRP 적용기준 부재(소방장비관리법) *소방자동차용합성수지탱크의KFI인정 기준재료:PE,PP,GRP	소방장비관리법	탄소복합재(CFRP)로 제작한 소화수 탱크 소방특장차 실증 (소방청) *소화수2,800ℓ →3,200ℓ (400ℓ 증)	소방청
		고압 탄소복합재 탭부착 수소용기 모듈 실증특례	70MPa 탭부착식 수소 용기모듈 제조 실증특례	일반 수소용기의 최고충전압력은 35MPa로 한정되어 고압(70MPa) 탄소복합재 탭부착 수소용기 제조 불가(고압가스 안전관리법 시행규칙 제9조 1호, 별표10(용기 제조의 시설·기술·	고압가스안전관리법	탭부착 수소용기 모듈 제작을 위한 최대 충전압력 70MPa 수소충전 용기 제작 실증특례 부여 (산업부)	산업부

지역	규제자유특구 유형	부문	세부특례	규제현황	규제범	규제샌드박스 내용	해당 부처
경남		5G 차세대 스마트공장 실증 특례	5G+Wi-Fi 6E 차세대 스마트공장 네트워크 모델 및 차세대 스마트공장 전용 통신 네트워크 구축	검사기준과 용기의 재검사기준))	검사기준과 용기의재검사기준	수소자동차 충전소에서 '고압70MPa) 탄소복합재탈부착소용기모듈'의 충전 실증특례 부여 (산업부)	산업부
				수소자동차 충전소에서 탈부착형 수소용기 충전 불가('고압가스안전관리법' 시행규칙 제8조 제1항 제2호, 별표5)	고압가스안전관리법	수소자동차 충전소에서 '고압70MPa) 탄소복합재탈부착소용기모듈'의 충전 실증특례 부여 (산업부)	산업부
				특장차 특장장비 등의 연료전지 관련 기준 마련 특례	수소법	수소법 세부기준에 특장작업 등에 사용하는 연료전지 관련 제조, 검사기준 마련 (산업부)	산업부
				현제는 출력제한(250mW)으로 과도한 초기구축비용이 소요	규제없음	기준완화시(1W) 데이터도달거리증가로 같은면적에필요한송·수신기설치개수감소(1/2 수준) 5GNR_U 및Wi-Fi 6E 관련무선설비의실내안테나절대이득을포함한전력밀도기준상향(2dBm/MHz →8dBm/MHz)	
경북	스마트 그린물류	도심형 생활물류 통합플랫폼 기반 친환경 근거리 배송 실증	초연결 IIoT 기반 디지털 트윈 지능생산시스템 및 자율이동 협업생산기술을 활용한 유연생산시스템 개발 실증 특례	주차장 부대시설의 설치면적의 경우 총 시설면적의 20%로 제한(조례로 40%) (주차장법 시행규칙 제6조)	주차장법	5G NR-U(New Radio-Unlicensed) 기술 : 통신사가 사용하고 있는 5G 면허 대역(5G NR)과 달리, 비면허 주파수 대역(6GHz)에 적용하여, 통신비용 절감 (설명)Wi-Fi 6E 기술: 기존Wi-Fi 6의 주파수 대역을 6GHz까지 확대하여, Wi-Fi 6대 비배를 속도를 가지며, 전파간섭이 적음	국토부
				주차장 부대시설의 설치면적의 경우 총 시설면적의 20%로 제한(조례로 40%) (주차장법 시행규칙 제6조)	주차장법	기존 노외주차장의 주차면수를 유지하면서 복층화(수직증축)를 통해 부대시설 설치면적 제한 완화(국토교통부)	국토부

지역	규제자유특구 유형	부문	세부특례	규제현황	규제범	규제샌드박스 내용	해당 부처
			3률형 전기자전거의 자 전거도로 운행에 대한 특례	안전기준의 부재로 3률형 전기자전거 의 자전거도로 주행 제한(자전거이용활 성화에 관한 법 제20조)	자전거법	특구 내에서 산업통상자원부(국가기술표 준원)에서 제시하는 안전기준 준수 부대 조건으로 3률형 전기자전거의 자전거도 로 주행(행정안전부)	행안부

출처: 규제정보포털 내 규제특례 현황 목록 재구성
(<https://www.better.go.kr/sandbox.SandboxTaskSIPL.laf>) (접근일: 2024.5.28.)

[부록 표 5-2] 탄소중립도시 계획관련 규제사항과 규제특례법에 따른 특례내용

구분	규제 명칭	규제사항	규제법	규제특례법 조항	특례 내용	탄소중립도시 연관성
토지이용계획	도시계획심의	지방자치단체의 장이 다른 법률에 따라 토지 이용에 관한 지역·지구·구역 또는 구획 등을 지정하려면 중 앙도시계획위원회 심의를 거쳐도록 규정	「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제77조	제44조(「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 관한 특례)	특구계획에 특정 토지이용계획 또는 개발제한구역이 포함되지 않고, 계획 면적이 1제곱 킬로미터 미만인 경우 중앙도시계획위원회의 심의를 거치지 않을 수 있음.	용도지역안 건폐율 한도 완화
	도시계획심의	용도지역의 건폐율 규제	「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제78조	제44조(「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 관한 특례)	특구 내 특화사업과 직접 관련된 건 축물에 대해 건폐율과 용적률을 법적 한도의 150% 범위 내에서 조례로 완화 적용가능.	용도지역안 용적율 완화
	도시개발건축물	농업진흥지역 또는 용도지역 구역 변경 필요	농업진흥지역 또는 용도지역 구역 변경 필요 시·도지사는 대통령령으로 정하는 사유에 따라 농업진흥지역 또는 용도지역을 변경하거나 해제가능	제64조(도시·군관리 계획결정 등의 의제)	농업진흥지역이나 용도지역 변경이 포함된 특구계획의 승인을 받으면 해당 지역이 자동으로 변경 또는 해제된 것으로 간주	탄소중립 건축물 등 혁신기술 접목 시범사업 구역 허용
도시개발	도시개발제한	연구개발특구 내 생산공장 설립이 불가하여 생산단계에 있는 기업은 외부 생산공장 이용	「연구개발특구의 육성에 관한 특별법」 제36조	제92조(「연구개발특구의 육성에 관한 특별법」에 관한 특례)	연구개발특구 내 교육·연구 및 산업화시설구역과 산업육성 구역에서 허용되는 건축물의 종류를 대통령령으로 확대가능	탄소중립도시 건축물, 공작물 등의 개발행위 허가 관련
	도시개발건축물	건축물 개발 행위 허가절차 복잡	건축물의 건축, 공작물의 설치 등 개발행위를 하려면 특별시장·광역시장·특별자치시장·특별자치도지사·시장 또는 군수의 허가를 받아야 함	제64조(도시·군관리 계획결정 등의 의제)	건축물 건축 등 개발행위 허가 자동 승인	탄소중립도시 건축물, 공작물 등의 개발행위 허가 관련

구분	규제 명칭	규제 사항	규제법	규제특례법 조항	특례 내용	탄소중립도시 연관성
	전시시설 건 립계획에 대 한 규제	국비 또는 지방비가 소요되는 전시 시설을 건립하려는 경우 전시시설 건립계획에 대해 산업부장관과 사전 협의	「국가재정법」 제38조 제1항	제94조(「전시산업발 전법」에 관한 특례)	규제자유특구 내 전시시설 건 립계획 산업부장관 사전협의 절차 생략 가능	탄중도시 내 전 시시설 등 특화 건축물 계획 관 련
	탄소중립도 시 내 건축물 또는 공간환 경 계획 한계	시·도지사는 국제행사 등을 개최하 는 도시 또는 지역의 사업구역, 도시 개발·도시재정비 및 건축문화 진흥 사업으로서 건축물 또는 공간환경을 조성하기 위하여 대통령령으로 정하 는 사업구역 등에 한하여 특별건축 구역을 지정할 수 있음	「건축법」 제69조제1 항제2호	제93조(「건축법」에 관한 특례)	시·도지사는 규제자유특구의 일부를 특별건축구역으로 지 정할 수 있음.	전시시설 설치규 정 간소화
	에비타당성 조사 기간이 너무 김	에비타당성조사 운용지침에서는 에 비타당성조사 수행기간을 원칙적으 로 6개월로 규정	「공공기관의 운영에 관한 법률」 제40조제3 항	제95조(에비타당성 조사에 관한 특례)	구체적인 사업계획이 수립되 고 규제자유특구위원회의 심 의·의결을 거친 경우 에비타 당성 조사를 신속하게 처리 가 능.	탄중도시 내 사 업 신속추진을 위한 에비타당성 조사기간 단축
	개발 부담금 납부	「개발이익 환수에 관한 법률」 제5조 제1항에 따른 사업의 경우, 개발부 담금을 납부해야 함	「개발이익 환수에 관 한 법률」 제3조	제96조(세제 지원 및 부담금 감면에 관한 특 례)	규제자유특구 내 혁신사업 도 는 전략산업의 육성을 위해 감 면가능	탄소중립 혁신사 업이나 전략사업 시범사업지
인허가절차	광역 교통 시 설 사업 시 부 담금 납부	「대도시권 광역교통 관리에 관한 특 별법」 제11조에 따른 사업을 시행하 는 자는 광역교통시설 부담금을 납 부해야함	「대도시권 광역교통 관리에 관한 특별법」 제11조	제96조(세제 지원 및 부담금 감면에 관한 특 례)	규제자유특구 내 혁신사업 도 는 전략산업의 육성을 위해 감 면가능	탄소중립 교통체 계 개선관련
	도시군 관리 계획 심의절 차 의무	시장·군수가 도시·군관리계획을 결 정하기 위해서는 관계중앙행정기관 협의, 시·군·구도시계획위원회 심 의, 그 결정의 고시 등 「국계법」 제	「국토의 계획 및 이용 에 관한 법률」 제30조	제64조(도시·군관리 계획결정 등의 의제)	도시·군관리계획 포함 특구계 획 승인 시 도시·군관리계획 자동 승인.	탄소중립도시 계 획관련

구분	규제 명칭	규제 사항	규제법	규제특례법 조항	특례 내용	탄소중립도시 연관성
도시개발 구역	도시개발 구역 지정 절차 및 장기간 소요	30조에 따른 절차를 거쳐야 함 계획적인 도시개발 필요시, 국토부장관, 시·도지사가 도시개발구역을 지정할 수 있으며, 시장·군수·구청장은 시·도지사에게 도시개발구역 지정을 요청할 수 있음.	「도시개발법」 제3조	제64조(도시·군관리 계획결정 등의 의제)	도시개발구역 지정계획 포함 특구계획 승인 시 도시개발구역 지정 의제.	탄소중립도시 도시개발구역 지정 관련
	물류단지 지정 절차 및 장기간 소요	일반물류단지는 규모에 따라 국토교통부장관 또는 관할 시·도지사가 지정하며, 시·도지사가 일반물류단지를 지정하려는 때에는 일반물류단지 개발계획을 수립하여 관계 행정기관의 장과 협의한 후 지역물류정책위원회의 심의를 거쳐야 함	「물류시설의 개발 및 운영에 관한 법률」 제22조	제64조(도시·군관리 계획결정 등의 의제)	물류단지 지정계획 포함 특구계획 승인 시 일반물류단지 지정 의제.	탄소중립도시 물류단지 지정관련
	개발촉진지구	시장·군수·구청장은 개발촉진지구 지정·고시되면 주민 및 관계 전문가의 의견을 들어 개발촉진지구 개발계획을 작성하여 관계 행정기관의 장과 협의를 거쳐 확정하고 그 내용을 고시	「지역개발 및 지원에 관한 법률」 부칙 제4조(「지역균형개발 및 지방중소기업 육성에 관한 법률」의 개정에 관한 경과조치)	제64조(도시·군관리 계획결정 등의 의제)	특구지역이 개발촉진지구로 지정 시 개발촉진지구계획으로 간주.	탄소중립도시 개발촉진지구계획 관련
개발사업 구역	도시 개발 사업의 인허가 절차의 복잡으로 장기간 소요	해당 사업 관련 개별법에서 정하는 심의 및 인·허가 절차를 모두 거쳐야 하므로 사업 시행까지 장기간이 소요	「지역개발 및 지원에 관한 법률」, 「도시개발법」, 「관광진흥법」, 「물류시설의 개발 및 운영에 관한 법률」, 「산업입지 및 개발에 관한 법률」, 「국토의	제98조(인·허가 절차에 대한 특례)	개발사업 지정·변경 시 인·허가 절차 간소화.	탄소중립도시 개발사업 인허가 관련

구분	규제 명칭	규제 사항	규제법	규제특별법 조항	특례 내용	탄소중립도시 연관성
교통개선	교통체계 구축 및 장기 소요	구 관계 행정기관장은 교통시설 관련 축계 획 철차 개발사업을 추진하는 경우에 연계 교통체계 구축대책*을 수립·시행하여 야 함	「국가통합교통체계효율화법」 제38조제1항	제104조(「국가통합교통체계효율화법」의 적용 특례)	특구 내 개발사업 시행자는 연 교통체계 구축 대책을 직접 수립하여 관계 행정기관에 제 출 가능.	탄소중립도시 연 교통체계 개발 계획 관련
	광역 교통 개 선을 위한 개 발사업시 승 인 절차 복잡	대도시권의 광역교통에 영향을 미치는 대규모 개발사업*이 시행되는 지역의 시·도지사는 개발사업에 따른 광역교통개선대책을 수립하여 국토 교통부장관에게 제출하여야 함	「대도시권 광역교통 관리에 관한 특별법」 제7조의2제1항	제109조(「대도시권 광역교통 관리에 관한 특별법」에 관한 특례)	대규모 개발사업의 경우 국토 교통부 장관이 직접 광역교통 개선대책 수립 가능.	탄소중립도시 연 교통체계 개발 계획 관련
	도시첨단 산업단지 내 복합 용 지 비율 제한	산업단지 내에서 산업, 상업, 주거 등의 복합 입주가 가능한 복합용지는 산업시설용지 면적의 50% 이내로 제한	「산업입지 및 개발에 관한 법률」 제6조제8항	제110조(「산업입지 및 개발에 관한 법률」에 관한 특례)	도시첨단산업단지의 경우 복합 용지 면적 비율을 대통령령으로 달리 정할 수 있음.	탄소중립도시 내 산업단지 인허가 관련
신규 산업단지 지정 규제	미분양 비율에 의한 산업단지 지정 불가	산업단지지정권자는 산업단지 지정 시 면적 또는 미분양 비율에 해당하는 경우 산업단지를 지정할 수 없음	「산업입지 및 개발에 관한 법률」 제6조(국가산업단지), 제7조(일반산업단지), 제7조의2(도시첨단산업단지), 제8조(농공단지)	제47조(「산업입지 및 개발에 관한 법률」에 관한 특례)	특화사업을 위해 필요할 경우, 면적 또는 미분양 비율 규정에 도 불구하고 산업단지로 지정 가능.	연구기술개발 등을 위한 공동행 위 허용
	신규 산업단지 지정 규제	시·도의 산업단지 미분양률이 일정 수준(국가산단 15%, 일반·도시첨단 산단 30%) 이상인 경우 신규 산업단지 지정이 제한되고 있으며, 입	「산업입지 및 개발에 관한 법률」 제8조의2 제1항	제110조(「산업입지 및 개발에 관한 법률」에 관한 특례)	신규 산업단지 지정을 위해 기업 입주 수요 확인이 필요한 경우, 확인 방법을 대통령령으로 달리 규정할 수 있음.	탄소중립도시 내 산업단지 인허가 관련

구분	규제 명칭	규제사항	규제법	규제특례법 조항	특례 내용	탄소중립도시 연관성
		주요요가 확인된 경우에만 신규 지정 허용				
	유치지역 지정 절차 복잡 및 장기간 소요	산업자원부장관은 유치지역을 지정하려면 유치지역 지정계획을 작성하여 국토부장관과 협의	「산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률」 제23조	제64조(도시·군관리 계획결정 등의 의제)	유치지역 지정계획 포함 특구 계획 승인 시 유치지역 지정의 제.	탄소중립도시 내 산업단지 유치관련
	산업단지 지정 절차 복잡 및 장기간 소요	일정규모(30만 제곱미터 이하의 일반산업단지, 10만 제곱미터 이하의 도시첨단산업단지) 이하의 소규모 산업단지, 농공단지를 제외하고는 국토부장관, 시·도지사가 산업단지 지정.	「산업입지 및 개발에 관한 법률」 제6조(국가산업단지), 제7조(일반산업단지), 제7조(일반산업단지), 제7조의2(도시첨단산업단지), 제8조(농공단지)	제64조(도시·군관리 계획결정 등의 의제)	특화사업을 위해 필요할 경우, 면적 또는 미분양 비율 규정에 도 불구하고 산업단지로 지정 가능.	탄소중립도시 내 산업단지 지정관련
	산업단지 승인 장기간 소요	민간기업 등이 산업단지 지정을 신청한 경우 승인신청을 접수한 날부터 6개월 이내에 승인 여부 통지	「산업단지 인·허가 절차 간소화를 위한 특별법」 제16조제1항	제111조(산업단지 승인 기간 특례)	민간기업 등이 산업단지 지정을 신청할 경우 4개월 이내에 승인 여부를 결정하여 통지해야 함.	탄소중립도시 내 산업단지 인허가 관련
자율주행차	자율주행차 임시운행 허가제	국토부장관이 자율주행차 시험운행 허가(자율차관리법 제27조)하여 지자체가 자율주행차 시험운행허가를 부여할 수 없어 사업 추진 곤란	「자율차관리법」 제27조제1항	제114조(「자율차관리법」에 관한 특례)	자율주행차 임시운행 허가 요건 완화.	자율주행차 관련
	자율주행차 규제적용 및 규제기준 호	자율주행차에서 수집·이용되는 정보에 대한 규제적용여부(위치정보 보호법, 정보통신망법 등) 및 규제수준 등이 불명확	「위치정보의 보호 및 이용 등에 관한 법률」, 「정보통신망 이용촉진 및 정보보호 등에 관한 법률」	제115조(「자율차관리법」에 관한 특례)	자율주행차 관련 정보를 비식별화한 경우 위치정보보호법 등의 적용을 배제함.	자율주행차 관련

구분	규제 명칭	규제 사항	규제법	규제특례법 조항	특례 내용	탄소중립도시 연관성
수소	수소 품질 검사 기관의 단 일화로 소요 시간 과다	냉매가스 등 고압가스의 품질검사는 한국가스안전공사에서만 수행 가능 (고압가스법 제18조의3)하여 품질 검사에 소요되는 시간이 과도하고 지역의 수소 관련 R&D 등과 연계된 시너지 효과도 제약	「고압가스 안전관리 법」제18조의3제1항	제115조(「위치정보 의 보호 및 이용 등에 관한 법률」 등에 관한 특별)	고압가스 품질검사기관 대등 평등으로 지정 가능.	수소에너지 관련
	부생수소 총 전 인프라 설치 치 규제	부생수소 총전 인프라 확산을 위해 수소배관망 구축이 필요하나, 도로 굴착 제한으로 수소배관망 설치 곤란* (도로법 제61조)	「도로법」제61조제2항	제117조(「도로법」에 관한 특례)	수소 충전 인프라 구축 위함 도로 굴착 허용.	수소에너지 관련
개인정보	IoT 기반 개인정보 비식별화 조치 기준 준부제	비식별화 조치 관련 기준이 부재 → IoT 기반으로 수집된 개인정보에 대한 재식별화 우려 등으로 데이터 활용을 통한 융합비즈니스 창출이 제약 (정보통신망법 제24조)	「정보통신망 이용촉진 및 정보보호 등에 관한 법률」제24조 및 제24조의2	제118조(「정보통신망 이용촉진 및 정보보호 등에 관한 법률」에 관한 특별)	비식별화된 개인정보 정보통신망법 규제 배제.	개인정보 비식별화 관련
신재생에너지	태양광 발전 사업 임대시 기간 제한	국·공유재산 임대하여 태양광 발전사업시 임대기간은10년 이내로 제한	「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」제26조제3항	제127조(「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에 관한 특별)	규제자유특구 내 태양광 발전 사업을 위해 공공자산을 임대 할 경우 임대기간을 최대 20 년까지 연장 가능.	신재생에너지 관

출처: 규제정보포털 내 규제특례 현황 목록 재구성
(<https://www.better.go.kr/sandbox.TaskSIPL.laf>) (접근일: 2024.5.28.)