연구보고 2022-013

지능형 디지털플랫폼 기반의 혁신 융·복합 기후기술 개발

탄소중립 지역혁신을 위한 기후기술 실증사업 기획 연구

A Study on Climate Technology Research, Development and Demonstration for Regional Innovation toward Net-zero

2022. 12.

국가녹색기술연구소
NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

보안과제( ), 일반과제(O)

지능형 디지털플랫폼 기반의 혁신 융·복합 기후기술 개발

탄소중립 지역혁신을 위한 기후기술 실증사업 기획 연구

A Study on Climate Technology Research, Development and Demonstration for Regional Innovation toward Net-zero

2022. 12.

국가녹색기술연구소
NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

제 출 문

국가녹색기술연구소 소장 귀하

본 보고서를 **“탄소중립 지역혁신을 위한 기후기술 실증사업 기획 연구”**의 보고서로 제출합니다.

2022. 12.

주관연구기관명 : 국가녹색기술연구소

부 서 명 : 정책연구부

연 구 책 임 자 : 송 재 령

연 구 원 : 박 철 호

학 생 연 구 원 : 문 제 희

요 약 문

Ⅰ. 서론

□ 연구의 배경 및 필요성

ㅇ 주요 선진국에서는 지방정부와 도시가 주요 온실가스의 배출원이자 온실가스 감축 이행의 주체라는 인식하에서 그들 스스로가 자발적으로 탄소중립에 앞장서는 사례가 확산되고 있음

- 파리, 런던, 뉴욕 등 전 세계 25개 도시가 기후위기에 적극적으로 대응하고 있으며 온실가스 감축 목표를 명문화하고 ‘탄소중립’을 선언하는 도시와 모범사례들도 증가세에 있음
- 기후변화 해결을 위해서는 하향식 혹은 국가 단위의 기술사업화도 중요하나 다른 측면에서는 시민의 참여와 수용성을 높이는 방안도 제안되어야 할 것임

ㅇ 탄소중립은 “기후위기로부터 안전하고 지속가능한 탄소중립 사회”로의 이행을 목표하는바, 국내 지자체와 탄소중립을 위한 기후기술 실증사업 기획으로 2050 탄소중립 추진전략(2020년 12월)의 ’혁신 생태계 저변 구축’과 ’지역 중심 탄소중립 실현’을 위한 지자체 기술정책 제언이 필요한 시점임

- 국내 17개 시·도 광역지자체는 탄소중립 실천연대에 가입이 되었고, 소관 지역연구원을 위주로 기획과 실행방안을 마련하고 있으나 기술과 혁신 방안의 설계와 정책의 이행이 중요한 과제로 부상하고 있음
- 정부는 탄소중립 사회로의 정의로운 전환을 위해 지역사회 역량의 증진을 지원하고, 이해당사자의 실질적인 참여와 협력에 기초한 계획과 집행을 우선 추진해야 할 필요성이 제기되고 있음

□ 연구의 목적 및 구성

ㅇ 탄소중립은 지자체와 지역주민들에게 직접적인 영향을 미치고 있으며, 상당히 많은 지자체에서 기후변화 대응에 주목하여 관련 제도와 정책 수단을 개발 중에 있음

- 많은 선행연구에서는 기후변화 대응하는 탄소중립 정책에서 지역과 연계하거나 지역에 실증하는 방안에 관한 중요성을 강조되고 있음
- 본 연구는 정부에서 제시하고 있는 ‘지역 특성에 적합한 지역특화 기술 및 프로젝트 발굴’을 목표로 하는 탄소중립 지역혁신을 위한 기후기술 실증사업 기획에 주안점을 두고 있음

ㅇ 동 연구는 국제 혹은 중앙정부의 분석 수준(level of analysis)에서 논의되고 있는, 즉 지방정부가 중심이 되는 상향식 혁신 방안에 대한 논의가 중요하다는 인식에서 출발함

- 국내 지자체 기후위기 대응과 탄소중립 실현을 위한 기후기술실증사업 기획을 위한 기초자료 분석 및 사례연구를 진행하고, 이를 바탕으로 지역민 대상 설문 조사를 통한 기후기술 인식을 조사함
- 기술사업화 기획을 위한 평가지표 설정 후 지자체를 통해 공식적인 후보 사업 접수와 객관적 평가를 실시한 후, 지자체별 기술 수요에 맞춤형으로 대응하기 위해 기후 적응(adaptation), 감축(mitigation), 융복합(convergence) 기술을 적용하도록 하는 사업의 기획을 중심으로 논의를 전개함

Ⅱ. 기후기술 지역혁신 정책

□ 주요 선진국 정책 사례

ㅇ 한국의 탄소중립 혁신 정책

- 한국 정부는 2020년 12월 LEDS에서 7가지 온실가스 감축 방향을 제시하였으며, 탄소 다배출 업종이 많고 대외 의존도가 높은 경제가 성장을 이어가기 위해 탈탄소경제로 전환이 필수이며 그 열쇠는 '기술의 혁신'으로 보고 있음
- 한국의 탄소중립은 <장기저탄소발전전략(LEDS)>과 연계성이 크며, 이는 지역 중심의 과학기술 정책과 이행 방안에도 영향을 미치는 정책으로 향후 지역의 기후 혁신과 기술사업화는 필수적인 정책 도구로 발전할 것으로 예상됨

ㅇ 유럽의 탄소중립 혁신 정책

- EU는 신기술, 파괴적 혁신, 지속 가능한 해결책 제시, '그린딜 미션' 프로그램 개발 후, 기후, 해양, 도시, 토양 분야 등 기후 적응 기술적용, 수소, 순환경제, 재생에너지, 배터리 등 데이터 기반의 과학기술과 재난관리의 혁신을 강화하고 있음
- 유럽은 2022년 당사국총회에서 탄소시장에 관한 국제적 합의가 이루어진다면, 다른 어떤 권역보다 탄소거래에 관한 지역적 산업이 안정적으로 성장할 가능성이 높아 역내 탄소시장 가격과 유관 산업이 발전할 것으로 예상됨

ㅇ 미국의 탄소중립 혁신 정책

- 바이든 정부의 기본방향은 미래산업 R&D에 대한 적극적 투자, 청정에너지 개발, 기후변화를 포함하고 있으며, 따라서 인공지능, 반도체, 자율주행차 등 신성장 분야 및 친환경/청정에너지 분야에 적극적인 지원이 예상됨
- 2021년 4월 3,250억 달러 규모의 연구 혁신 계획을 발표하며 지역사회에 200억 달러의 지원과 연관 기업의 R&D 프로그램에 310억 달러를 지원하는 등 혁신 정책을 내놓고 있으며, 이들 사업은 기본적으로 에너지효율과 친환경적 기술에 대한 지향점을 가진 것이 특징임

ㅇ 중국의 탄소중립 혁신 정책

- 중국 정부는 2060년까지 탄소중립 달성을 위해 다음 3가지 단계별 목표를 제시하고 있으며, 탄소중립을 달성하기 위해서는 과학기술(R&D)과 혁신의 역할이 중요함을 강조하고 있음
- 중앙정부는 지방정부의 기후변화에 대응하는 탄소중립 혁신을 위해, 저탄소 시범도시 사업을 광범위하게 추진 중이며 이는 중국 기후변화 전략의 중요한 요소로 평가받기도 함

ㅇ 일본의 탄소중립 혁신 정책

- 일본 정부는 탄소중립을 위한 가능한 한 많은 파괴적 혁신을 유도하며, 사회에서 기술이 채택될 수 있도록 비용목표를 설정하고, 공공 및 민간 부문의 최대 자원을 제공하고, 일본 및 해외에서 잠재적 기술을 찾고 창출하고, 필요한 기반시설 개발을 위해 노력하고, 이를 위한 이니셔티브를 강화한다고 밝힘
- 일본은 녹색성장 정책을 통해 지방정부의 에너지, 환경 등에 관한 실증과 정책 수단 개발을 위해 중앙 차원의 지원책을 펼치고 있으며, 특히 츠쿠바시는 지자체 자발적 탄소중립 달성을 위해 스마트 지역사회, 조류 바이오매스, 스마트 모빌리티, 수소 에너지를 중심으로 기술·혁신 정책도 추진 중임

□ 국내 지자체의 기후변화 대응 계획

ㅇ 각 지자체는 중앙정부에서 발표한 국가 제3차 기후변화 적응대책에 맞춰 지역에 맞는 기후변화 적응대책을 발표하고 이를 세부 정책 수단을 통해 이행을 하고 있음

- 특별히 서울시는 2026년까지 온실가스의 30%를 감축하는 것을 목표로, 그리고 경기도는 2030년 목표배출량을 온실가스 배출량 전망치인 77.4백만 톤 대비 31.2% 감축한 53.2백만 톤으로 설정하였음. 수도권 지자체는 건물과 운송에서 온실가스 감축에 집중하고 있었음

ㅇ 국내 광역지자체들은 구체적인 해결 방안으로 기술과 혁신에 대한 대응 계획을 담고 있지 못한 것으로 나타났음

- 기후변화에 실증적으로 대응하는 기술과 혁신에 관한 지역의 모범 사례 개발은 앞으로도 주목되는 연구가 될 수 있을 것으로 전망됨

Ⅲ. 지역민 기후기술 인식조사

□ 논의의 배경

ㅇ 선진국 지방정부는 기후위기에 적극적으로 대응하는 선제적 정책 수행을 보였고 보다 진일보된 탄소중립 선언을 통해 도시와 지역 중심의 혁신 방안을 수립하고 이행하고 있음

- 지역의 혁신과 기술 적용은 지자체 기관장 혹은 공무원의 의지도 중요하나 결국에는 지역민의 정책 지지도와 혁신의 수용 정도임
- 기후환경에 대한 대중의 일반적 인식을 높아지고 있으나 이를 실천하는 혁신과 기술에 대한 실제 인식은 조사되지 못하고 있는 실정임
- 본 연구에서는 기술수용모델을 적용하여 기후기술 즉 탄소중립 관련 기술에 대한 인식을 살펴보고, 실제 기술의 수용에 미치는 영향을 실증적으로 조사하고자 함

□ 이론적 고찰

ㅇ 기술수용모델과 통합기술수용이론

- Davis(1989)가 제안한 기술수용모델(TAM)은 개인의 기술 수용행위를 보다 시스템적으로 구체화할 수 있으며, 수용자의 정보기술수용과 사용행동을 설명하는 데에 설명력이 높은 모형으로 평가되고 있음
- 본 연구에서는 기존의 연구를 토대로 통합기술수용이론의 4가지 변수를 차용하고, 각 기술 분야 및 환경에 따라 추가적인 외부 변수 등을 바탕으로 기존의 기술수용 연구에서 제안되었던 네트워크 효과와 혁신성을 추가하여 그 영향을 살펴봄

ㅇ 지역민의 인식조사 관련 변수: 정부신뢰

- 정부신뢰는 정부가 추진하는 기술에 대한 위험성을 인지한 상황이라도 기술수용에 긍정적인 영향을 미친다는 점을 감안하여 통합적 기술수용모형에서 정부신뢰를 독립변수로 설정하여 영향을 분석하고 함
- 본 연구에서는 한국의 국제협력정책 및 기조에 대한 일반인의 인식정도를 측정하여 정부신뢰를 판단하고자 함

ㅇ 일반인-전문가 간 인식조사 관련 변수

- 기술수용모델에서 제식된 성과기대, 노력기대, 사회적 영향, 촉진 조건, 네트워크 효과, 혁신성 변수 등을 고려하여 일반인과 전문가 간 인식 조사를 실시함
- 탄소중립 기술 분야에서 일반인과 전문가의 인식 차이가 어떠한지를 살펴보고, 특히 기술수용 관련 인식에 있어서 전문가와 일반인 간의 인식 평균이 나타나는지와 각 변수 간 관계가 차별적인지를 살펴보고자 함

□ 조사 설계 및 방법

ㅇ 지역민 조사 설계 및 방법

- 탄소중립 기술에 대한 인식이 지역민의 탄소중립 기술 수용(또는 추천) 의도에 미치는 영향에 대해 분석하고자, 조사 전문업체를 활용하여 설문조사를 실시하였으며 이를 통해 일반인 200명의 유효한 표본을 수집하였음

- 변수 측정을 위해 기술수용(추천)의도에 미치는 영향을 분석하기 위해 설문분석을 활용하였으며 설문은 1점(전혀 그렇지 않다)에서 5점(매우 그렇다)로 구성된 리커트 5점척도를 사용함
- 분석 방법은 측정변수의 타당성 및 신뢰도 분석을 위해 확인적 요인분석(Confirmatory factor analysis; CFA)을 실시하였음

ㅇ 일반인-전문가 간 조사 설계 및 방법
- 변수의 조작적 정의 및 측정을 위해, 기존의 기술수용 연구에 기초하여 관련 변수를 차용하고, 기술수용(추천) 의도에 미치는 영향을 살펴보고자 다음과 같이 주요 변수를 정의하고, 측정 문항을 두었음
- 연구를 위해 조사전문 업체에 의뢰하여 전문가와 일반인의 탄소중립 기술에 대한 인식을 각각 설문조사를 실시하였으며, 전문가 238명 일반인 200명의 유효한 표본을 수집, 연구에 활용함
- SPSS 26.0을 활용하여 기초분석 및 평균 비교 분석(T-test)을 실시하였고, 탄소중립 기술의 수용에 있어서 기술수용모델의 구조를 파악하기 위해 AMOS 23.0을 활용해 확인적 요인분석 및 구조방정식 모델링을 실시함

□ 지역민 인식조사 결과

ㅇ 측정모형 적합도 및 타당성 검증에서는 구성 개념들 간의 가설적 관계 분석에 앞서 각 측정변수들의 단일 차원성을 검증하였고, 검증방법은 본 모델이 이미 선행연구에서 많이 활용된 통합적기술수용모델을 기반으로 한다는 점에서 각 측정변수들에 대한 확인적요인분석을 실시함

ㅇ 지역민들은 대체로 지자체가 국제사회의 기후변화 대응 노력에 동참(96.5%)해야 한다고 보았으며 기후변화 문제의 심각성(70.5%) 때문에 지자체의 국제사회의 노력이 필요하다고 보았고, 과학기술이 기후변화 문제를 해결할 수 있다는 의견(62.5%)이었음
- 지자체가 관련 정책을 수립할 때, 정치・경제・사회 시스템 전반의 변화에 주목하고 정치권, 언론, 이해관계자, 시민의 관심과 태도가 중요하다고 인식하고 있었고, 전반적으로 탄소중립에 관한 기술이 지자체 탄소중립에 기여(74%)할 수 있다고 보았으며 대체로 고연령으로 갈수록 이러한 인식이 높아지는 것을 알 수 있었음

ㅇ 결과적으로 지자체는 기후변화에 관한 해결 노력과 정책 수단에 대한 지역민과의 소통과 기후행동으로 이끄는 전략 개발이 중요하며, 문제 해결을 위한 탄소중립 기술과 혁신 활동에 대한 지속적인 공중 관계 전략이 필요함

□ 일반인과 전문가 간 인식조사 결과

ㅇ 본 조사에 지난 2021년 전문가 인식조사를 추가하여 일반인과 전문가 간 인식 차이에 관한 고급 통계 분석을 실시함

- 탄소중립 기술에 관한 사용과 적용에서는 대체로 긍정적으로 산업과 시장에 긍정적인 반면에 추천 의도 혹은 효능감에서는 다소 낮게 나타났는데, 이는 탄소중립 기술에 관한 대중적 인지도를 높이고 긍정적인 캠페인이 필요하다는 것으로 해석할 수 있음
- 전문가와 일반인 사이에는 기후변화에 관한 정보와 지식, 그리고 위험인식에서 큰 차이를 보였으며, 일반인 보다 전문가 집단에서 문제 해결에 있어 기술과 혁신을 더 중요하게 인식하고 있다는 것이 입증됨

Ⅳ. 지자체 대상 기후기술사업화 기획

□ 기획 배경 및 선정 과정

ㅇ 추진 배경 및 과정

- 국제적 관점에서 탄소중립은 회피할 수 없는 대세로 전세계 정부가 반드시 추진해야 할 과제로 부상하고 있으며, 각 국의 탄소중립의 이행을 위해서는 기후적응과 온실가스 감축 정책의 실효성 확보를 위해서 실질적 이행주체인 지방자치단체의 적극적 참여가 필요함
- 본 과제를 수행하기 위해서 앞서 각 지자체의 기후환경에 대한 상황과 기후변화 대응 계획에 대한 분석을 통해 시사점을 도출하였고, 직접 지자체를 방문하여 담당 공무원과의 업무협의를 수차례 진행하였음
- 이후 지자체 기후기술 실증사업화 수요조사서를 개발, 국내 실증사업 후보군과 해외 지자체 연계 사업에 대한 후보군 접수, 기후기술 실증 사업 선정의 평가지표를 수립과 총괄자문회의를 통해 4개 기획 사업을 선정하고 삼각검증을 통해 이를 검증하였음

□ 지자체 대상 기후기술사업화 기획

ㅇ 충남 기후환경교육원의 디지털 녹색교육을 위한 ICT 적용 방안

- 선정 평가 기준에 따라 중점 실증사업을 기획, 도출하는 일련의 과정을 통해 충남의 청양 소재 충남 기후환경교육원의 ICT 적용 방안을 제시함
- 구체적으로 탄소중립 실현 체험의 중요성 인식을 제고하는 교육원의 환경교육 컨텐츠 개발 및 ICT 적용 방안을 마련하고, 그린 ICT 기술을 활용한 기후환경 문제(예, 탄소감축) 해결을 위한 체험형 교육 컨텐츠와 프로그램, 블록체인 기술적용 등 제시함

- 충남 기후환경교육원의 구축 및 운영은 블록체인 기반의 에너지 모니터링 플랫폼 구축 방안을 제시함으로써 개인별 탄소마일리지 데이터의 참여자간 투명한 정보 공유를 통하여 탄소중립 실현의 효과성을 검증할 수 있음

ㅇ 경남 남해군 영농형 태양광 실증의 베트남 기술사업화 전략 개발

- 남해군 영농형 태양광 사업 추진 형황 및 벼농사 수확 결과를 분석하여 영농형 태양광 사업의 제도적 보완 상황을 파악하여 해외 이전 사업 추진을 위한 체계적 전략을 제시하였으며, 영농형 태양광 농작물에 IoT 센서 데이터 수집을 통한 과학적 영농을 추진, 영농형 태양광 에너지를 활용한 전기충전소 보급 및 주민 편의 제고 방안 마련, 영농형 태양광 활용 지자체 단위 전력 활용 시스템 등의 솔루션을 제안함
- 영농형 태양광 발전은 친환경적인 기술로써 농작물 수확과 동시에 전기를 판매하여 농가 소득을 향상시키고, 농지를 효율적으로 활용하여 신재생 에너지 사업의 새로운 전환점이 될 것으로 예상되며 IoT 및 블록체인 등 ICT 기술의 접목을 통해 영농형 태양광 응용 기회를 확대시킬 수 있기에 이를 개도국으로의 이전도 필요할 것으로 예상함
- 베트남 뿐만 아니라 아시아 개도국 등에 사업 영역을 확장해 나갈 수 있는 기반을 구축하고, 탄소중립에 기여하는 바도 크다고 할 수 있다. 뿐만 아니라 영농형 태양광은 단순한 경제적 이익뿐만 아니라 친환경적 신재생 에너지로 대기오염이나 폐기물 절감 효과도 있음

ㅇ 대전광역시 녹색기술 중심의 지속가능한 지역산업 육성방안

- 대전은 2022년 8월 「대전광역시 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본조례」가 제정되었으며, 인근에 대학, 출연(연), 기업연구소 등의 에너지 관련 기술 성과물을 지역 내 탄소 중립 실현에 우선 적용하여 관련 지역 산업 육성과 더불어 시민 참여 의식 고취에도 기여할 수 있을 것으로 예상됨
- 과학기술 R&D 성과를 활용한 ‘지역 현안 문제 해결형’ 사업화 R&D 추진 - 지역별 현안문제 해결에 대학·출연(연)의 연구 성과 활용, 대학·출연(연) 연구 성과 지역 내 우선 확산 지원 - 지자체 예산 활용 비용 지원, 지역 특성 고려한 적극적 계획 수립하여 지속가능 도시 및 탄소 제로 도시 구축 등 목표로 추진, 지역 TP를 R&D 성과의 지역 내 확산 허브로 육성; 지역별 “산·학·연 사업화 협의체” 구성·운영을 통한 지역 특화 혁신 생태계 활성화 등도 모범사례로 발전시킬 수 있을 것으로 예상함
- 저탄소 녹색성장 선도도시 구축을 위한 탄소 감축기술 육성 및 인프라 확충을 추진하며, 대표적 에너지 생산 및 소비 시설에 IoT, 디지털 트윈 및 AI를 종합 적용한 에너지 절감 모델 개발 및 실증 사업을 제안함

- 대전시는 타 지자체 대비 산업 진흥을 위한 인프라가 우수하여 기초조사 수행 시 관련 산업 진흥의 정책적 효과가 클 것으로 예상되는 바, 대전 지역에서의 효율적인 온실가스 감축, 청정에너지 보급 확대, 기후변화 적응역량 강화, 녹색기술의 개발 및 녹색산업 육성 등 구체적인 성과 역시 기대됨

Ⅴ. 결론

□ 시사점

ㅇ 탄소중립 정책설계 시 과학적 근거에 의해, 시장/산업의 니즈와 적용방안을 면밀히 고려하여 단순한 예산투입이 아닌 탄소중립 기술혁신에 대한 제도적 지원(평가체계, 기술도입 지원 등)의 병행이 필요하며, 특히 지역을 중심으로 한 상향식 문제해결 방식은 중요함

ㅇ 국가 수준에서 탄소중립을 달성하기 위해서는 중앙정부 차원이 아닌 지방의 도시와 지역에 대한 장기적 투자가 필수적이며, 국가는 지역의 클러스터와 연계하는 방안과 지역 산업을 육성하는 방안을 함께 수립해야 하고 지역의 민간 산업에서 재투자와 기술 중심의 산업화가 이어지는 상향식 그린 시너지를 만들어 내야 함

□ 연구의 한계

ㅇ 동 연구의 성과는 일련의 지역 수요에 기반한 4건의 기후기술 실증사업화 기획을 진행하였다는 점이며, 다만 시너지를 낼 수 있는 사업으로 발전하기 위해서는 지역연구원과 협업을 통해 보다 구체적이고 지속가능한 지역 중심의 기후기술 실증사업이 필요하다는 것임

S U M M A R Y

This study attempted to plan a demand-based climate technology demonstration projects based on a review of the literature for climate change policies and cases in domestic and foreign cities, a survey on the awareness of local residents, and the result of this review and survey. In many existing studies, cities emit almost about 70% of the total amount of GHG, and most of them are found to emit carbon in a small number of large cities. As a proof of this, the IPCC has revealed that urban carbon emissions from energy consumption account for 75% of global emissions. Therefore, the application of carbon neutral (Net-zero) technology innovation in regions and cities is inevitably important.

Domestic local governments announced climate change adaptation measures tailored to their regions in line with the third climate change adaptation measures announced by the central government. These measures are basic response plans against climate change and include local governments' greenhouse gas reduction measures and their efforts to adapt to climate change. However, it was found that these did not include any plan to respond to technology and innovation as a concrete solution. Therefore, it is expected that the development of best practices of local governments for technologies and innovations that empirically respond to climate change will be a noteworthy study in the future.

As mentioned above, local residents' perceptions of Net-zero and technological innovation were investigated, and following results were derived. Local residents generally thought that local governments should participate in the international community's efforts to respond to climate change (96.5%), and because of the seriousness of the climate change problem (70.5%), it would be necessary for local governments to make efforts with international community. They also understood that, when local governments establish relevant policies, the interests and attitudes of the political circle, media, stakeholders and citizens are important, paying attention to the changes in the overall political, economic and social systems. The local residents had an opinion that science and technology could solve the climate change problem (62.5%). This tells us that there is a conflict between the opinion that science and technology can solve climate change problems and the other opinion that climate change problems are caused by science and technology. What predicted from this survey is that local residents recognize climate change is a serious

problem and the role of local governments to solve such problems is as much important as that of central government. Accordingly, it is important for local governments to develop strategies that lead to climate action and communication with local residents about climate change solutions and policy measures, and necessary to have a continuous public relations strategy for Net-zero technology and innovative activities to solve the problem.

In addition, through this study, paying attention to the opinions of local residents that climate change is real and that science and technology can make a contribution, we found the demands from local governments for technology demonstration projects. With the goal of planning a local-rooted demonstration project that can be applied to 18 metropolitan governments, we collected their demands two times. As a result, 10 technology commercialization demands were discovered from 7 institutions. Then, after an objective selection evaluation, four key projects were finally selected.

The four selected projects are as follows; Chungcheongnam-do Climate and Environment Education Center, the overseas transfer of the Agricultural Photovoltaic (APV) in Namhae-gun, Gyeongnam, and the promotion of green technology-focused industries in Daejeon. In particular, the case of Namhae was designed to be applied to Dalat, Vietnam, according to inbound and outbound strategy; inbound one at the level of Namhae-gun and outbound one at the level of international joint research. The four projects are classified into climate adaptation, mitigation, and convergence technology commercialization, and a plan was designed by matching the demand and supply of technologies required by local governments through preliminary feasibility studies in the fields of expert technology, economy and social environment.

The implication of this study is that climate technology innovation policies and empirical studies have been carried out at the central government level up to now, and as a result, it means bottom-up policy planning led by local governments has been somewhat insufficient. With this research as a momentum, more specific and sustainable regional climate technology demonstration projects through collaboration with regional researchers are needed, and it is desirable to develop international policy-cooperation planning and demonstration cases led by local governments at the level of public diplomacy for climate technology.

목 차

제 1 장 서론 ····· 1

제 1 절 연구의 배경 및 필요성 ····· 1

제 2 절 연구의 목적 및 구성 ····· 5

1. 연구의 목적 ····· 5
2. 연구의 내용 및 구성 ····· 6

제 2 장 기후기술 지역혁신 정책 ····· 8

제 1 절 주요 선진국 정책 사례 ····· 8

1. 한국의 탄소중립 혁신 정책 ····· 10
2. 유럽의 탄소중립 혁신 정책 ····· 11
3. 미국의 탄소중립 혁신 정책 ····· 17
4. 중국의 탄소중립 혁신 정책 ····· 19
5. 일본의 탄소중립 혁신 정책 ····· 20

제 2 절 국내 지자체의 기후변화 대응 계획 ····· 23

1. 광역지자체 현안 및 대응 ····· 24
2. 광역지자체의 기후기술・혁신 계획 ····· 32

제 3 장 지역민 기후기술 인식조사 ····· 40

제 1 절 논의의 배경 ····· 40

제 2 절 이론적 고찰 ····· 43

1. 기술수용모델과 통합기술수용이론 ····· 43
2. 지역민의 인식조사 관련 변수: 정부신뢰 ····· 44
3. 일반인-전문가 간 인식조사 관련 변수 ····· 45

제 3 절 조사 설계 및 방법 ····· 49
1. 지역민 조사 설계 및 방법 ····· 49
2. 일반인-전문가 간 조사 설계 및 방법 ····· 52
제 4 절 지역민 인식조사 결과 ····· 57
1. 측정모형 적합도 및 타당성 검증 ····· 57
2. 기술통계 ····· 60
3. 주요 변수간 상관관계 분석 ····· 60
4. 결과해석 ····· 61
제 5 절 일반인과 전문가 간 인식조사 결과 ····· 63
1. 주요 변수의 평균, 표준편차, 신뢰도 ····· 63
2. 측정도구의 적합도 및 타당성 검증 ····· 63
3. 주요 변수 간 상관관계 ····· 65
4. 집단(전문가, 일반인)에 따른 주요 변수의 평균 차이 검증 ····· 65
5. 구조모델 적합도 및 경로분석 ····· 66
6. 집단 간 비교 분석 ····· 67
제 4 장 지자체 대상 기후기술사업화 기획 ····· 69
제 1 절 기획 배경 및 선정 과정 ····· 69
1. 개요 및 추진 배경 ····· 69
2. 추진 과정 ····· 70
3. 기획보고서의 구성 및 검증 ····· 73
제 2 절 지자체 대상 기후기술사업화 기획 ····· 75
1. 충남 기후환경교육원의 디지털 녹색교육을 위한 ICT 적용 방안 ····· 75
2. 경남 남해군 영농형 태양광 실증의 해외 기술사업화 전략 개발 ····· 84
3. 국내 지자체의 베트남 영농형태양광(APV) 실증사업을 위한 예비 타당성 조사 ····· 93
4. 대전광역시 녹색기술 중심의 지속가능한 지역산업 육성방안 ····· 101

제 5 장 결론 ····· 108

[별첨 1] 지자체 수요조사서 ····· 112
[별첨 2] 수요과제 선정평가지 ····· 117
[별첨 3] 지역민 인식조사 설문지 ····· 118

표 목 차

<표 2-1> 광역지자체별 탄소중립 관련 계획 추진 현황 ····· 23
<표 3-1> 표본의 인구통계학적 특성 ····· 49
<표 3-2> 변수 및 설문문항 ····· 50
<표 3-3> 일반인 인구통계학적 특성 ····· 54
<표 3-4> 전문가 인구통계학적 특성 ····· 55
<표 3-5> 측정변수별 확인적 요인분석결과 ····· 57
<표 3-6> 측정변수 별 SMC 값 개선도 비교 ····· 58
<표 3-7> 모형수정전후 적합도 비교 ····· 58
<표 3-8> 확인적요인 분석결과 ····· 59
<표 3-9> 기술 통계 ····· 60
<표 3-10> 변수간 상관관계분석 ····· 60
<표 3-11> 가설검정결과 ····· 61
<표 3-12> 주요변수의 평균, 표준편차, 신뢰도 ····· 63
<표 3-13> 측정모형 적합도 ····· 63
<표 3-14> 주요 변수의 확인적 요인분석 ····· 64
<표 3-15> 주요 변수 간 상관관계 분석 ····· 65
<표 3-16> 집단에 따른 주요 변수 평균 차이 검증(t-test) ····· 66
<표 3-17> 구조모형 적합도 ····· 67
<표 3-18> 경로분석 결과 ····· 67
<표 3-19> 다중집단비교 모형 적합도 ····· 67
<표 3-20> 일반인과 전문가 모델 비교 ····· 67
<표 3-21> 일반인, 전문가 간의 경로 비교 ····· 68
<표 4-1> 중점사업 선정을 위한 평가표 ····· 72
<표 4-2> 접수된 10개의 수요 사업 ····· 72
<표 4-3> 기획사업1 예상 예산 항목 및 금액 ····· 82
<표 4-4> 기획사업2 예상 예산 항목 및 금액 ····· 90
<표 4-5> 기획사업3 예상 예산 항목 및 금액 ····· 99
<표 4-6> 기획사업4 예상 예산 항목 및 금액 ····· 105

그 림 목 차

[그림 1-1] 지역차원의 정의로운 전환 프로그램 ····· 2
[그림 1-2] 국제사회 탄소중립 목표 이행 동참에 관한 서울시민 의견 ····· 4
[그림 1-3] 연구 흐름에 따른 구성 및 추진전략 ····· 7
[그림 2-1] 파리협정의 주요내용 ····· 8
[그림 2-2] Fit for 55의 개념도 ····· 12
[그림 2-3] 대전시민의 기후변화 인식 정도 (기후변화 적응) ····· 26
[그림 2-4] 대전시민의 기후변화 인식 정도 (시급성 및 중요성) ····· 26
[그림 2-5] 충남 도민의 기후변화 인식 정도 ····· 27
[그림 2-6] 세종시민의 기후변화 인식 정도 ····· 27
[그림 2-7] 광주시민의 기후변화 인식 정도 ····· 29
[그림 2-8] 경북의 폭우로 인한 하천/호소로의 오염물질 유입 증가 ····· 31
[그림 2-9] 경북의 기온 상승 및 해수면 상승으로 인한 도서 생태계 변화 ····· 31
[그림 2-10] 경북 폭염 및 한파로 인한 축사 에너지 사용량 증가 ····· 32
[그림 2-11] 경북의 폭우로 인한 저지대 침수 위험 증가 ····· 32
[그림 3-1] 기후위기에 대한 인식: 국가그룹별 ····· 41
[그림 3-2] 기후위기에 대한 인식: 지역별 ····· 41
[그림 3-3] 확장된 기술수용모델(TAM2)을 바탕으로 한 이론 모델 ····· 43
[그림 3-4] 연구모형 ····· 47
[그림 4-1] 지자체 대상 기술사업화 실증 수요서 ····· 71
[그림 4-2] 2020년 GTC 지역현안 해결 실증사업 기획보고서의 연구 추진 흐름 ···· 73
[그림 4-3] 충남 기후환경교육원 건축(안) 및 현황 ····· 79
[그림 4-4] 충남 기후환경교육원 개념도(안) ····· 80
[그림 4-5] 남해군 영농형 태양광 추진실적 ····· 88
[그림 4-6] 남해군 영농형 태양광 운영방식 및 실증사진 ····· 88

C O N T E N T S

Chapter 1. Introduction ····· 1

1. Background ····· 1

2. Purpose and Outline of Research ····· 5

Chapter 2. Climate Technology Regional Innovation Policy ····· 8

1. Policy Cases in Major Developed Countries ····· 8

2. Local Governments' Climate Change Response Plan ····· 23

Chapter 3. Survey on Local Climate Technology Awareness ····· 40

1. Background of Discussion ····· 40

2. Theoretical Considerations ····· 43

3. Survey Design and Method ····· 49

4. Results of Local Awareness Survey ····· 57

5. Results of Perception Survey between the General Public and Experts ····· 63

Chapter 4. Climate Technology Commercialization Plan for Local Governments ····· 69

1. Planning Background and Selection Process ····· 69

2. Climate Technology Commercialization Plan for Local Governments ····· 75

Chapter 5. Conclusion ····· 108

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 배경 및 필요성

1979년은 국제적으로 기후변화에 관한 관심이 시작된 해로 기록되었다. 이 해에는 제1차 세계기후회의가 개최되면서 기후변화가 인간 활동으로 발생했다는 가능성이 제기되었다. 이후 기후변화에 관한 정부 간 패널(Intergovernmental Panel on Climate Change, 이하 IPCC)의 설립과 1차 IPCC 보고서를 통해서 보다 과학적으로 기후변화가 실재하는 문제로 그 원인은 인간 활동의 결과로 국제사회에 보고되기 시작하였다(IPCC, 1990). UN기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, 이하 UNFCCC)과 기존 기후변화 체제로 불리는 교토의정서(Kyoto Protocol)는 기후변화의 책임을 선진국으로만 제한하였다. 그러나 2015년 파리협정(Paris Agreement)의 채택으로 개도국을 포함한 모든 국가에 온실가스 감축에 관해 자율적 목표를 달성하도록 규정하고 있다. 해당 협정서에는 장기목표, 감축, 탄소시장, 이행점검, 적응, 재원, 기술에 대한 세부적 원칙을 강조하고 있다.

파리협정(2조 1항, 4조 19항)과 제21차 기후협약 당사국총회 결정문(제35항)에 의거, 모든 당사국은 2050년까지의 중장기적 에너지·기후 정책이 반영된 장기저탄소발전전략(Long-term Low Greenhouse Gas Emission Development Strategies, LEDS)을 2020년까지 제출해야 한다(UNFCCC, 2016). 특히 파리협정의 장기목표와 이행 점검은 기후변화 대응에 수단으로써 탄소중립(carbon neutrality)을 태동시키는 원동력이 되었다. 이를 반영하듯, 모든 정부는 예기치 않게 발생하는 지구온난화에 효과적으로 대응하고자 온실가스 감축을 위한 산업구조 혁신과 과학기술 연구개발(Research and Development, 이하 R&D) 역량에 집중하고 있다.

지난 2019년 9월에 개최된 UN기후정상회의(UN Climate Action Summit)는 향후 글로벌 기후변화 대응에 대한 UN 회원국 간 적극적인 상호 인식을 하게 만들었으며, 이를 계기로 각국 정상들은 탄소중립을 점진적으로 선언하게 되고 이를 위한 정책 수단 개발과 적용 등 파리협정의 본격적인 이행을 알리는 신호탄이 되었다. 이러한 계기는 전세계 과학자 그룹과 제48차 IPCC 총회가 크게 기여를 하게 만들었으며, 이들의 보고서는 글로벌 기후위기 심각성에 대한 객관적이고 과학적인 검증 결과로 국제적으로 통용되었다. 그리고 2020년 1월에 발간된 「2020 세계위험보고서(The Global Risks Report 2020, WEF)」는 인류가 직면한 10대 위험요인 중 1위로 '기후변화' 선정하며 기후위기에 대한 국제적 논의를 진행하였다.

각국이 노력을 강구하지 않고 지금처럼 기후위기를 방치하는 수준인 지구평균온도 2℃가 상승하면 수억 명의 물 부족 문제와 심각한 가뭄 피해가 발생할 것으로 예상하였고, 특히 한국은 온실가스감축 노력이 없다면 2100년 이내 부산과 제주에 겨울이 사라질 수 있다는 예측을 하였다. WEF 보고서는 2순위로 기후변화 감축에 대한 실패를, 3순위로 자연재해를, 4순위는 생물다양성 손실을, 그리고 5순위로 인위적 환경 재앙 등을 선정하며, 1순위에서 5순위까지를 기후·환경 요인을 지구촌을 위협하는 문제로 상정하였다는 것은 우리에게 시사하는 바가 클 수밖에 없다.

유럽의 유로피언 그린딜, 미국 그린뉴딜 그리고 우리 정부의 그린뉴딜 정책 추진 등 전 세계가 “저탄소 녹색성장”을 국가 우선 정책으로 추진 중이고, 많은 선도국가들은 이를 공정한 전환 원칙 아래 지역중심 정책과 지방정부에 실증하는 사례가 증가하고 있다. EU는 그린딜 합의(2019년 12월, EU정상회의), 그린딜 투자계획 발표 및 기후법안 통과(2020년 1월)시켰고, 미국은 바이든 행정부에서 2050 탄소중립(Net Zero) 목표 설정과 탄소국경세 도입[1]을 적극적으로 추진하는 등 전 세계는 기후위기 대응과 새로운 경제·사회 패러다임 주도를 위한 경쟁을 가속화하고 있다. 특별히 유럽은 2050년까지 탄소중립경제 달성하고 2030년까지 온실가스 감축 50-55%를 목표로 재생에너지 확대에 2030년까지 1조 유로 투입하며 탄소국경세 도입 등을 적극적으로 추진할 것으로 보인다.

주요 선진국에서는 지방정부와 도시가 주요 온실가스의 배출원이자 온실가스 감축 이행의 주체라는 인식하에서 그들 스스로가 자발적으로 탄소중립에 앞장서는 사례가 확산되고 있다. 이를 반영하듯, 파리, 런던, 뉴욕 등 전 세계 25개 도시가 기후위기에 적극적으로 대응하고 있으며 온실가스 감축 목표를 명문화하고 ‘탄소중립’을 선언하는 도시와 모범 사례들도 증가세에 있다. 대통령소속 2050탄소중립위원회(2021)는 자체 보고서에서 ‘지역 차원의 정의로운 전환 프로그램’에 대한 논의를 진행하며 국제비영리 정책연구기관인 지속개발국제관계연구소(IDDRI) 프로그램, 미국 애팔래치아 지역 사례, 그리고 독일 연방정부의 STARK 프로그램 등이 모범 사례로 꼽았다. 여기서 STARK 프로그램은 석탄 광산 및 발전소가 폐쇄되는 지역에 ‘네트워크 구축, 지식·기술 이전 교육·훈련, 공공서비스의 적응, 계획 수립, 소통과 공감, 연구, 혁신적 실험 등 사업’을 포함하는 것으로 한국의 지자체에도 모범 사례로 적용이 가능할 것으로 예상한다.

[그림 1-1] 지역차원의 정의로운 전환 프로그램

IDDRI의 지역차원 정의로운 전환 계획의 전략적 요소들	애팔래치아 지역의 POWER 사업	애팔래치아 정의로운 전환 기금	독일 연방정부 STARK 프로그램 지원사업
○산업의 다양화 ○스마트 전문화 ○지역 기업가 네트워크 강화 ○지역 인프라 개발 ○소프트 매력 요인의 강화 ○공공시설 유치 ○혁신적인 에너지 전환 사업의 유치 ○준비된 종식	○비즈니스 개발 ○교육 및 인력 개발 ○자산 기반 개발 ○커뮤니티 개발 ○시민 혁신가 육성 ○건강	○농촌과 도시 시장의 연결 ○혁신가 육성 ○노동자의 미래 일자리 준비 ○주정부 및 연방정부의 전환 정책 선도 ○신규 발굴된 전환 노력의 육성과 전환을 위한 지역공동체 역량의 증진	○네트워킹 ○지식과 기술 이전 ○컨설팅 ○자격 부여 / 교육과 훈련 ○공공 서비스의 지속가능한 적응 ○계획 역량 ○미래에 대한 공동의 이해와 공감 ○무역 ○전환 과정의 과학적 지원 ○모험가적 활동 강화 ○혁신적 접근

(출처: 대통령소속 2050 탄소중립위원회, 2021)

1) 원세연(2021)에 따르면, “탄소국경세는 탄소배출 규제가 약하고 자국보다 탄소배출이 많은 국가의 수출 품목에 부과되는 관세로 EU와 미국이 주도적으로 추진”하고 있으며, “EU 행정부 격인 집행위원회는 지난달 14일 기후대응 법안 패키지인 ‘Fit for 55’를 발표하며 본격적인 탄소국경세 시행을 예고했다”고 밝혔다.

기후변화 해결을 위해서는 하향식 혹은 국가 단위의 기술사업화도 중요하나 다른 측면에서는 시민의 참여와 수용성을 높이는 방안도 제안되어야 할 것이다. 2000년대 이후에는 수요중심의 상향식(Bottom-up)방식을 통해 기술 수용성을 제고시킬 수 있는 연구 방법인 리빙랩(Living Lab.)에 대한 논의가 진행되고 있다. 리빙랩은 수요중심의 하향식으로 기술에 대한 실증이 가능한 방법이다. 성지은 등(2017)은 리빙랩을 "'살아있는 실험실', '일상생활 실험실', '사용자 참여형 혁신공간'이라는 뜻으로 사용자 주도형 혁신모델, 정부・민간・시민 간의 파트너십, 과학・사회・현장의 통합 모델을 시도하는 새로운 개념이자 방법론"으로 정의하였다. 해외에서는 지역 및 사회문제를 해결하는 리빙랩이 제안되었고(Canzlera et al., 2017), 국내에서는 서울 독산4종의 공유 주차 플랫폼과 같은 프로젝트가 진행된바 있다(성지은, 정서화, 한규영, 2018). 그리고 Song et al.(2021)은 글로벌 기후기술 협력 강화와 리빙랩 프로그램의 이론적 모델인 기후기술 리빙랩(Climate Technology Living Lab.; 이하 CTLL)을 제안하였다. 이 모델은 궁극적으로 기후위기 해결과 혁신창업가의 글로벌 잠재역량 강화를 위한 기후기술 혁신가, 소셜벤처, 스타트업 등을 지역사회에서 지속가능한 비즈니스를 추구하는 것을 목표로 하고 있다. 이렇듯 CTLL 모델을 차용하여 지역사회에서 다양한 실증사업을 기획하고 타당성을 확보하는 방편으로 활용하는 등 지역민 참여를 기반으로 한 탄소중립 달성에 기여할 수 있을 것으로 예상한다.

탄소중립은 "기후위기로부터 안전하고 지속가능한 탄소중립 사회"로의 이행을 목표하는바, 국내 지자체와 탄소중립을 위한 기후기술 실증사업 기획으로 2050 탄소중립 추진전략(2020년 12월)의 '혁신 생태계 저변 구축'과 '지역중심 탄소중립 실현'을 위한 지자체 기술정책 제언이 필요한 시점이다. 현재는 관련 법률과 정책 대안들이 모색되고 있다. 일례로 탄소중립기본법(2022년 3월 시행)에서는 탄소중립과 지자체의 역할을 강조하고 있으며, 이에 많은 지자체들은 '탄소중립 실천연대'를 구성(2021년 5월)하여 정책 수립과 실행방안에 고심 중이다.

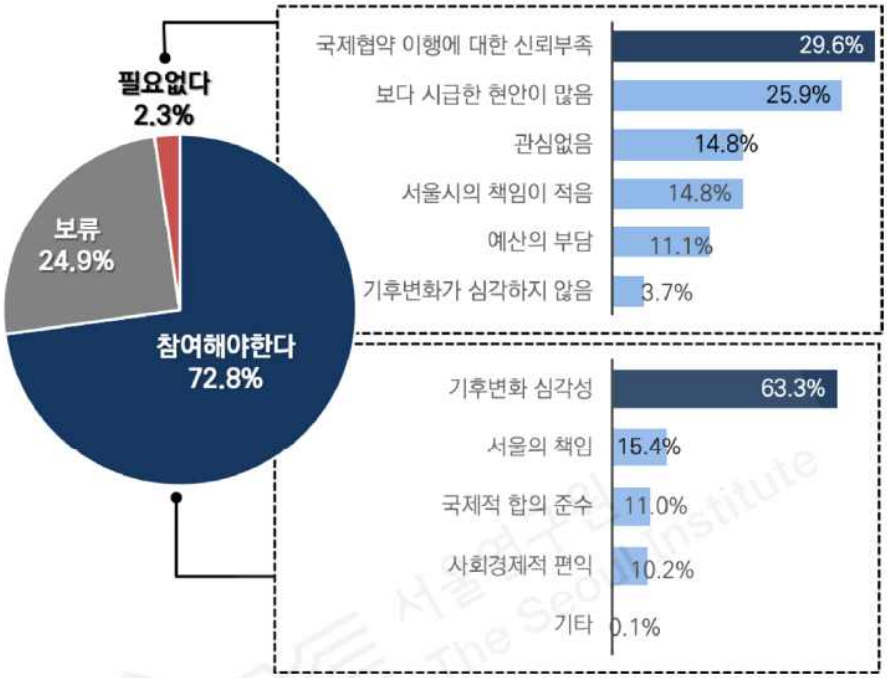
국내 17개 모든 시・도 광역 지자체는 탄소중립 실천연대에 가입이 되었고, 소관 지역연구원을 위주로 기획과 실행방안을 마련하고 있으나 기술과 혁신 방안에는 다소 촘촘한 정책 대안을 마련하고 있지 못하는 듯하다. 이는 2021년 11월 대통령직속 국가과학기술자문회의(2021) 보고서에 잘 나타나며, "중앙정부 차원에서 탄소중립 목표와 전략을 수립하고 있으나 이를 지자체로 확산하고 공동 협력 단계"로는 이르지 못 하는 실정이라고 밝히고 있다. 특별히 동 보고서는 지자체별 에너지전환을 담은 지역에너지계획(2020년 5월)과 지역균형 뉴딜 추진방안(2020년 10월) 등이 유기적으로 연계되지 않음을 지적하고 있다.

2022년에 출범한 윤석열 정부는 지난 정부와 마찬가지로 탄소중립과 기후변화 대응을 주요 국정과제로 설정한 바 있다. 그리고 지자체와 지역에 대한 중요성도 같이 인식하고 있다. 서현정과 윤정섭(2022)은 기후변화에 대한 인식 변화 연구를 진행하며, 국민들은 코로나19 이전에는 미세먼지 등 우리에게 직접적인 피해를 주는 문제에 주목했지만, 그 이후에는 탄소중립과 국제사회 등 지속가능성에 관한 의제로 관심도가 높아졌다. 그리고 중요한 점은 기후변화 대응 정책에 있어 정책 자체에 대한 관심도는 높아졌으나 이를 수립하거나 시행하는 주체에 대한 관심은 현저한 차이를 보였다는 것이다.

정부는 탄소중립 사회로의 정의로운 전환을 위해 지역사회 역량의 증진을 지원하고, 이해당사자의 실질적인 참여와 협력에 기초한 계획과 집행을 우선 추진해야 할 필요성이 제기된다. 따라서 지엽적인 문제뿐 아니라 포괄적이고 지속가능한 문제 해결, 그리고 이와 부합된 지역주

민의 수요와 지자체 정책에 부합하는 실증사업 기획이 필요하다. 지역민의 수요는 지난 2019년 서울연구원(2019) 조사에 잘 나타나며, 서울시민은 국제적인 탄소중립 목표에 지자체가 동참해야 한다는 의견이 70% 이상으로 나타나기도 하였다.

[그림 1-2] 국제사회 탄소중립 목표 이행 동참에 관한 서울시민 의견



(출처: 서울연구원, 2019)

앞서 논의의 결과로, 본 연구는 국가과학기술자문회의에서 정책적으로 제시하고 있는 '지역 특성에 적합한 지역특화 기술 및 프로젝트 발굴'을 목표로 하는 탄소중립 지역혁신을 위한 기후기술 실증사업 기획에 관한 연구를 진행하고자 하였다.

제 2 절 연구의 목적 및 구성

1. 연구의 목적

전 세계적으로 폭염, 폭설, 태풍, 산불 등 지구온난화로 인한 기후변화의 심각성이 지속적으로 증가하고 있다. 기후변화로 인한 재난과 재해는 국가와 대륙을 가리지 않고 무분별하고 예기치 않게 발생하고 있다. 주요 선진국들은 이러한 문제에 대응하고자 선제적 기후변화 대응을 위해 탄소중립을 선언하고 있다. 이제는 '탄소중립'이 돌이킬 수 없는 새로운 국제질서로 자리매김하고 있다. 특히 최근에는 환경 비친화적 기업 투자 제한, 탄소국경세 검토, 자동차 배출규제 상향 등이 쟁점으로 떠오르고 있다. 이러한 쟁점들은 지자체와 지역주민들에게 직접적인 영향을 미치고 있으며 상당히 많은 지자체에서 기후변화 대응에 주목하여 관련 제도 및 정책 수단을 개발하고 있다.

이상득(2009)은 전남 탄소중립도시 건설을 위한 기반기술조사 및 기본전략 수립을 통해 나주 혁신도시 및 여수 엑스포 지역에 적용 가능한 추진전략 수립에 관한 연구를 진행하였다. 연구결과로 실질적으로 지역현안문제해결을 위해서 정책기초자료 및 관련 연구 자료로 활용할 수 있는 탄소 저감 목표 및 세부 프로그램을 개발하였다. 그리고 이상문(2009)은 탄소중립도시 계획개념과 적용모델 개발, 설계기술을 적용하는 것으로 목표로 하며 탄소중립도시 계획모델(대응수준)별 지표설정 및 시나리오(저감 전략)을 제시하고 규모별 신/재생에너지 요소기술 적용 사례연구를 진행하였다. 결과적으로 시나리오(저감전략)의 세분화 및 전략별((신재생 에너지 도입, 에너지 절약, 흡수원 조성 등) 적용가능한 기술을 제시하기도 하였다.

장진규(2010)는 녹색기술혁신(Eco-Innovation)의 특성·역량 분석 및 활성화 방안에 관한 연구를 진행하며, 지역 녹색혁신 강화를 위해 '지역 녹색기술개발의 체계적, 효율적 추진을 위한 지역혁신 거버넌스 체계 개편'과 '지역 특성에 적합한 투자 촉진을 위한 재원 확보와 지원'이 필요하다고 강조하였다. 명재규(2012)는 대전광역시 내의 중소기업에 대한 청정생산지도, 기술보급, 환경경영 등을 종합적으로 지원하여 대전 지역의 산업환경 경쟁력을 제고를 위해서, 대전 녹색환경 중소기업의 청정생산 진단지도 및 적용을 통해 기업의 녹색화 실현을 강조하기도 하였다.

문형순(2021)은 한국생산기술연구원의 기본사업으로 동남지역 탄소중립 실현을 위한 기술개발 전략 수립을 위해 CCUS에 관한 연구를 수행한 바 있다. 연구 결과로 'CO2와 산업부산물을 이용한 금속탄산염 제조 및 유휴 광산 부지를 활용한 CO2 저장 실증 기술개발 기획', 'CO2 이송용 파이프라인 내 유동 안정성 제어를 위한 이송기술개발 기획'이 중요하며 이는 '지자체 정책(탄소 중립 등) 연계 연구영역 고도화 전략'과 연계해야 한다고 강조하였다. 그리고 정승현(2021)은 2050년 탄소중립도시에 관한 시범모델의 구축사업 연구에서 탄소중립도시 시범모델 사업 전략 수립 및 연구내용을 설정하며 사업의 개념, 개발기술, 개발의 효과 등에 관한 이해를 높이기 위한 자료를 제작하고 사업 위험요인 분석 및 대응방안 마련 등을 제시하였다.

이렇듯 선행연구에서는 기후변화 대응하는 탄소중립 정책에서 지역과 연계하거나 지역에 실증하는 방안에 관한 중요성을 강조하는 것으로 나타났다. 본 보고서는 지역연구원의 연구내용과 범위를 벗어난 지역 현안을 정량적으로 조사·분석 자료에 기반을 둔 지자체 맞춤형 실증사업 기획과 정책 제안을 하고 상기와 같은 세부적인 목표를 설정하였다. 한국은 중앙정부 수

준에서 국가 기후변화 대응 계획을 마련하고 각 광역지자체에 이를 이행하는 방향으로 계획을 수립하게끔 하였다. 서울시는 2017년부터 2021년까지 기후변화대응 종합계획을 마련하여 2022년 현재 새로운 계획을 수립 중이고, 충청남도는 지난 2019년 3월에 제2차 기후변화대응 종합계획(2020-2030)을 마련하여 실제적인 정책사업 활동을 추진 중이다. 이렇듯 각 지자체는 기후변화 대응에 계획(안)이 마련되었기에 이와 연계한 기술사업화의 연계는 중요하다. 동 연구도 이러한 부분에 정합성을 높이기 위해서 '광역지자체 탄소중립 계획·정책 현황'의 조사와 분석을 통해 충실하게 연구 목표를 이행하고자 하였다.

동 연구는 국제 혹은 중앙정부의 분석 수준(level of analysis)에서 논의되고 있는 정책과 실증사업 보다는 지방정부가 중심이 되는 상향식 혁신 방안에 대한 논의가 중요하다는 인식에서 출발하였다. 그렇다 하더라도 국제적 협상과 중앙정부의 정책에 대한 논의를 지방정부의 현안과 잠재적 사업화 기획에 대한 성공을 위해서는 사전에 조사되고 분석되어야 할 것이다. 이러한 문헌 조사와 분석을 바탕으로 본 연구는 탄소중립 지역혁신을 위한 기후기술 실증사업에 관한 기획을 진행하고자 한다. 지자체별 기술 수요에 맞춤형으로 대응하기 위해서는 기후 적응(adaptation), 감축(mitigation), 융복합(convergence) 기술을 적용하도록 하는 방안 설계가 중요하다. 이러한 점을 상기하여 지자체가 실제로 적용이 가능한 기술 수요와 공급이 매칭을 제안함은 물론이고 현지에 착근할 수 있는 실증사업을 기획하고자 한다. 결과적으로 지자체의 탄소중립 대응 및 경제발전에 이바지하는 것을 목표로 하였다.

2. 연구의 내용 및 구성

동 연구의 내용과 구성은 다음과 같다.

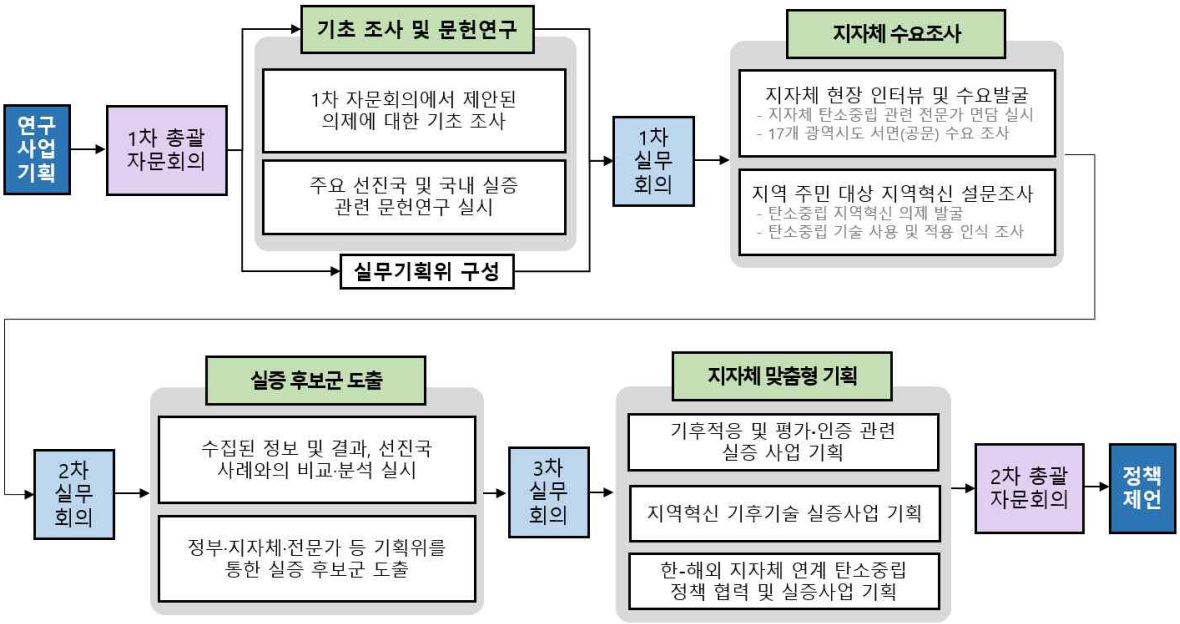
첫째, 국내 지자체 기후위기 대응과 탄소중립 실현을 위한 기술실증사업 기획을 위한 기초자료 분석 및 사례 연구를 진행하였다. 따라서 탄소중립을 선언한 해외 지방정부 및 도시의 기후변화에 대응하는 기술과 혁신에 관한 정책 분석은 필요하다. 그리고 국내 탄소중립은 국제사회에 기제출한 <장기저탄소발전전략(LEDS)>과 연계성이 크며, 이는 지역 중심의 과학기술 정책과 이행 방안에도 영향을 미치는 것으로 지역 적용성이 높을수록 탄소중립 달성도가 높아질 수 있다는 가정하에 광역지자체별 탄소중립 정책을 분석하였다.

둘째, 지역민 대상 설문 조사를 통한 기후기술 인식을 조사하였다. 이를 위해서 탄소중립의 기술 인식에 관한 선행연구를 통해 지표를 선정하고 지역주민 대상 탄소중립 인식과 기술 수요에 관한 설문 조사 문항을 구성하였다. 그리고 기후변화, 그린뉴딜, 탄소중립 등과 관련된 지역 현안과 기술 수요에 대한 응답 데이터 및 통계 자료 수집하고 분석을 통해 시사점을 도출하고자 하였다. 여기서 주요한 연구 방법으로 기술수용모델(Technology Acceptance Model; TAM) 및 확장된 기술수용모델(TAM2)을 참고하였고, 이를 설문 문항을 구조화하고 체계적이고 과학적인 설문 조사를 하였다.

셋째, 기술사업화 기획을 위한 평가지표 설정 후 지자체를 통해 공식적인 후보 사업 접수와 객관적 평가를 통해 지역혁신을 위한 기후기술 실증사업 기획보고서를 작성하였다. 선정평가는 기존 정부의 평가 기준을 차용하여 평가 항목과 하부 평가지표를 바탕으로 평가등급과 기준을 마련하여 산학연관 전문가를 통해 최종 후보군을 도출하였다. 과제 공모는 공문을 통해 전국 지자체를 통해 수합되었고, 총 4건의 최종 후보군이 평가 후 선정되었다. 기획보고서 작성은

환경 분석, 세부 추진 계획, 사업 예산, 타당성 분석, 기대효과 등을 종합적으로 조사하고 분석에 주안점을 두었다. 그리고 최종 기획보고서는 해당 지자체에 전달하여 정책으로 반영되도록 지원 연구를 수행하였다.

[그림 1-3] 연구 흐름에 따른 구성 및 추진전략



위에 그림은 동 연구의 추진전략과 연구 흐름을 간략하게 도식화한 것이다. 크게는 기초조사 및 문헌연구를 진행하며 문제 상황(problematic situations)들을 도출하였으며, 그에 따라 지자체 수요가 조사되었다. 주요국 및 지자체 정책을 분석하였다. 로위(Theordore J. Lowei)의 '정책이 정치를 결정한다'는 정책의 독립변수성을 가정하고(한석태, 2017), 기존 사례 및 지방정부는 이전 시점의 정책 문서 등을 참고하였다. 그리고 2차 자료로 연구논문을 위주로 검토하고 시사점을 도출하고자 하였다. 이러한 조사 결과와 시사점은 본 연구의 핵심인 실증사업화 기획에 크게 기여하였다.

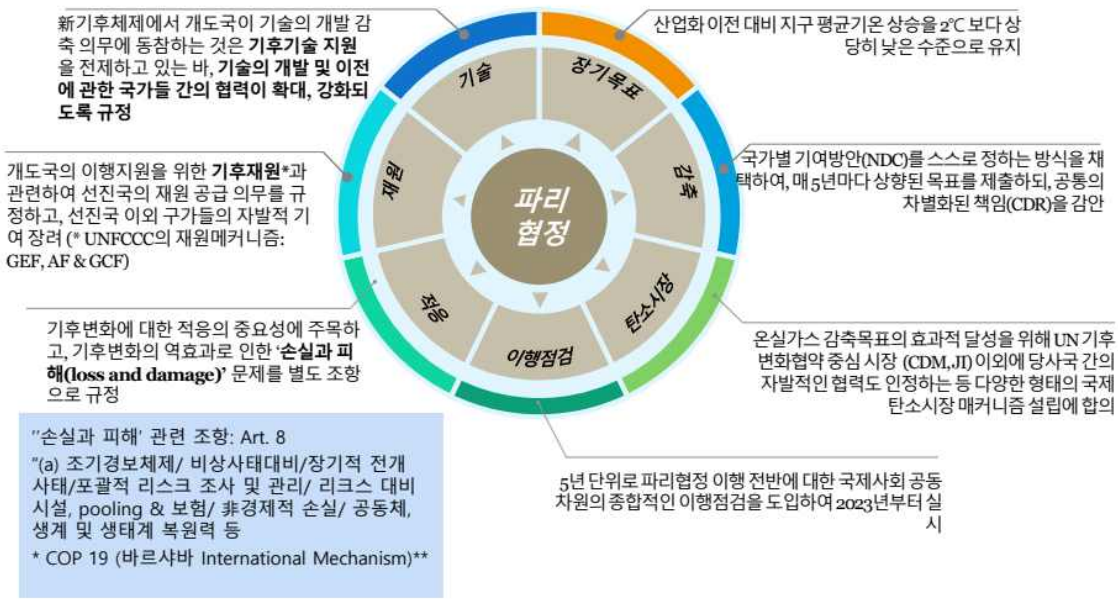
실증사업화 기획은 조사된 수요를 바탕으로 실증 후보군을 도출하고 지자체 맞춤형 기획을 시도하였다. 연구의 시작과 최종 단계에서 총괄 자문회의를 실시하여 검증하였으며, 단계별로 실무자문회의를 통해 재검증을 진행하였다. 그리고 연구 성과의 확산을 위해 국내외 협력 네트워킹과 산학연 기술실증을 위한 플랫폼 구축 및 학술·정책 지원 활동도 강화하였다. 세부적으로는 국내외 산·학·연·관 전문가들이 참여하는 기후기술 실증사업화 기획단을 운영하였고 이후 세계지방정부연합(UCLG) 총회, 유럽-한국과학기술컨퍼런스(EKC), 아시아기술혁신학회(ASIP) 등에 특별 세션 개최 및 연구논문 발표를 통해 연구 성과를 확산하고자 하였다.

제 2 장 기후기술 지역혁신 정책

제 1 절 주요 선진국 정책 사례

국제사회는 급속도로 위기를 더해가는 기후변화에 대응하고자 국제 협상과 다양한 협약을 내놓고 있다. 지난 G7 정상회의 및 UN 기후정상회의에서 보듯, 전 세계적으로 기후위기 대응과 새로운 경제성장 모멘텀 확보를 위한 경제·사회 패러다임 전환에 대한 각국의 경쟁이 치열하다. UNFCCC 당사국총회에서는 2015년에 이르러 점차 가속화되고 있는 기후변화 문제에 적극적으로 대처하고자 자발적 온실가스 감축에 개도국을 포함하는 파리협정을 채택시켰다. 이로써 기후변화 문제해결에 새로운 국면은 마련된 셈이다. 특히, 파리협정은 주요 내용으로 기술 부문을 강조하고 있다. 여기에는 기후변화 대응 기술개발과 이전, 국제협력 활성화를 통한 기후변화에 적극적으로 대처하는 방안이 강조되고 있다. 전 세계는 파리협정 발효 이후 기후변화에 실효적인 이행 수단으로 '탄소중립'에 집중하고 있다. 이제 주요 선진국뿐 아니라 탄소산업 비중이 높은 한국도 탄소중립은 최우선으로 다루어야 하는 국정 과제가 되었다. 그에 따라 과학기술 정책과 함께 연구개발(R&D) 예산투입도 크게 늘어나고 있다.

[그림 2-1] 파리협정의 주요내용



(출처: 송재령(2016). 신기후체제 연구회 대응 전략)

각국의 정부는 급변하는 글로벌 기후변화로 인해 지구환경의 위험성과 그에 따른 경제·사회적 악영향에 대한 대응책 마련에 고심 중이다. 최근 일부 연구에 따르면, 코로나19의 발생이 글로벌 기후변화로 발생했다는 가능성에 대해 논의되기도 하였다(Tosepu, R. et al., 2020). 여

기서 문제는 코로나19로 야기된 충격과 위기가 글로벌 기후변화로 촉발할 위기와 비슷한 양상으로 전 지구에 도전적인 과제로 발전할 수 있다는 것이다(Manzanedo & Manning, 2020). 그 도전적 과제는 대기오염·기후변화·SDGs 등 글로벌 의제의 동력 강화와 개방·상호 연대와 협력에 기초한 국제공조로 해결할 수 있다. 따라서 이제는 기후변화의 위협에 대한 국제적 관심을 넘어 공동 노력을 더욱 강구해야 한다(Song, J. et al., 2020).

국제사회에는 기후변화가 인간 활동의 결과라는 것과 온실가스 배출의 집적이라는 과학적 사실이 규명되었다(IPCC, 2014). 그에 따라 UNFCCC, 교토의정서, 파리협정 등 기후변화 관련 국제 레짐이 형성되었고, 각국 정부는 이 문제에 대응하고자 하는 정책과 제도에 집중하고 있다. 일례로 유럽의 유로피언 그린딜(European Green Deal), 미국 민주당의 그린뉴딜(Green New Deal), 중국의 생태문명사회 건설, 그리고 한국 정부의 그린뉴딜 정책 추진 등 전 세계가 기후위기 대응을 위한 "저탄소 녹색성장"을 국가 우선 정책으로 추진 중이다.

이미 유럽을 시작으로 전 세계 120여개 국가에서 탄소중립 선언이 이루어지고 있다. 지난 G7 정상회의, 기후정상회의 등에서 보듯, 전 세계적으로 기후위기 대응과 새로운 경제성장 모멘텀 확보를 위한 경제·사회 패러다임 전환에 대한 각국의 경쟁이 치열하다. 문재인 대통령은 유엔에서 개최된 2019 기후정상회의에서 '저탄소 경제로의 조기 전환'을 공약하고 2021년 10월, '2050 탄소중립'을 선언하였다. 동북아시아에서는 중국 시진핑 주석의 탄소중립 2060 선언2020.9.22.)과 일본 스가 요시히데 총리의 탄소중립 2050 선언(2020.10.26.)이 이어지기도 하였다. 그 밖에 글로벌기업을 시작으로 한국의 기업들도 ESG 경영과 RE100을 선언하는 등 탄소중립에 대한 전 세계 모든 영역에 걸쳐 폭발적인 반응과 대책이 강구되고 있다. 이는 단순히 파리협정 발효에 따른 국가감축목표(NDC)를 제시하고 이행 점검을 받아야 하는 목적 때문은 아닐 것이다. 보다 국제 레짐의 차원에서 강구된 대책이다. 즉, 유럽의 유로피언 그린딜, 미국 탄소국경세 제안 등 전 세계가 "저탄소 녹색성장"을 국가 우선 정책으로 추진하는 것에 대한 대응책이자 주요 선진국의 탄소중립 의지와 리더십을 보여준 것이라 하겠다.

기후변화는 초지역적이고 초국가적인 문제이다. 그럼에도 동아시아 지역은 그동안 기후변화에 관한 상호 협력이 지지부진하다. 이를 반영하듯, Song et al.(2020)은 대기오염이 심각하게 발생하는 동아시아 국가들(특히 중국과 한국)이 이러한 문제를 해결하기 위한 지역 협력이 유럽 지역과는 대조적으로 미약하다고 평가한다. 이는 유럽이 1979년부터 '장거리 월경성 대기오염에 관한 협약(CLRTAP)'에 체결하고 이 문제를 다뤄온 것과는 상반된다. 특별히 동아시아 지역은 그동안 미세먼지, 해양쓰레기 등 고전적인 환경문제의 책임 공방으로 인해 불화가 발생한 것으로 해석된다.

동 보고서는 미국, 유럽, 그리고 동북아 국가의 지방정부, 특히 도시의 기후변화 정책과 사례에 대한 기존 문헌 분석과 기후기술 실증사업 사례 관련 조사와 분석을 하였다. 도시는 지구 전체의 약 70%에 육박하는 온실가스의 배출을 하고 있으며 이 중 대부분은 소수 대도시에서 탄소를 배출하는 것으로 조사(Moran et al., 2018)되었고, IPCC(2014)는 에너지 소비로 인한 도시의 탄소배출량은 전 세계 배출량의 75%를 차지한다고 밝히고 있기에 그 중요성은 클 수밖에 없다.

1. 한국의 탄소중립 혁신 정책

한국 정부는 국제사회와 함께 기후변화에 적극 대응하여 2050년 탄소중립 목표를 설정한다고 선언(2020.10.28.)하였다. 이를 위해 2050 탄소중립 목표를 담은 LEDS를 2020년 연내 제출하고 에너지 전환, 산업혁신, 미래차 전환, 혁신 생태계 구축, 순환경제 실현, 공정전환 추진 등 주요 과제별 로드맵과 추진전략의 신속한 수립을 추진할 뿐만 아니라, 대통령 직속의 '2050 탄소중립위원회' 및 산업통상자원부에 에너지 전담 차관 신설을 추진한다고 발표하였다. 이후 G20 정상회의(2020.11.22.)을 통해 "2050 탄소중립은 산업과 에너지 구조를 바꾸는 담대한 도전이며, 국제적인 협력을 통해서만 해결 가능한 과제"라면서 "한국은 탄소중립을 향해 나아가는 국제사회와 보조를 맞추고자 한다"고 2050 탄소중립에 대한 한국의 의지를 밝혔다.

또한 정부는 2030년까지 BAU 대비 온실가스 감축을 37%로 목표를 설정하고 그중 4.5%를 국제 탄소시장을 활용하여 감축할 것을 발표한 바 있다(Choi et al., 2020). 그리고 한국 정부는 탄소중립 2050 전략에서 새로운 경제·사회 발전전략 수립을 통해 "능동적(Proactive) 대응" 도모한다는 비전을 제시하고 있다. 한국의 탄소중립은 <장기저탄소발전전략(LEDS)>과 연계성이 크며, 이는 지역 중심의 과학기술 정책과 이행 방안에도 영향을 미치는 정책이라 하겠다. 한국은 탄소 다배출 업종이 많고 대외 의존도가 높은 경제가 성장을 이어가기 위해서는 탈탄소경제로 전환이 필수이며 그 열쇠는 '기술의 혁신'으로 보고있다(과기정통부, 2021). 이를 위해서 에너지의 생산-가공·유통-소비의 全단계별로 부문별 탄소배출량을 획기적으로 감축할 혁신적 기술을 개발·상용화하는 방향으로 과학기술 정책을 펼치고 있다. 이 정책은 궁극적으로 '산업현장 구현'에 두고 R&D 투자 및 사업을 기획·추진하는 것으로 이해할 수 있다.

정부는 2020년 12월 LEDS에서 보다 구체적으로 아래와 같은 7가지 방향을 제시하였다(대한민국정부, 2020). 첫째, 온실가스 감축 관련기술 간 융합 R&D를 확대 추진하며, 이를 위한 전주기 통합형 R&D 체계를 우선적으로 확립한다. 더불어 기초원천기술의 상용화를 강화하기 위하여 기술개발 착수단계부터 수요자의 의견을 적극 반영하고, 실증 단계에서 실제 기술 수요 기업이 R&D에 참여할 수 있는 체계를 확립한다. 둘째, 국가 기후기술 R&D 전략과 방향성을 제시 및 이를 위한 법적 근거를 마련하고 선제적 국제표준 및 기술 규격화를 지원하는 방안을 마련하여 국제시장을 선도한다. 셋째, 국가 연구개발 사업 추진 시, 기획 단계에서부터 개발하고자 하는 기술의 온실가스 감축 효과를 예측하여 그 결과를 반영하고, 사업추진 단계에서는 개발 중인 기술의 온실가스 감축 잠재량을 체계적으로 평가하여 기술개발의 방향성을 점검함과 동시에 정책 수립의 근거로 활용한다. 더불어 이를 위한 온실가스 감축량 산정 방법론 확립 및 표준화 등 관련 체계를 마련하고, 인공위성 등 관측기반 온실가스 배출량 검증시스템 체계를 확보하여 온실가스 감축기술 개발이 제대로 이행되고 있는지 그 효과를 객관적으로 평가하는 체계를 구축한다. 넷째, 그린인프라, 도시생태계 구축 등 기후변화 적응 기술의 효과를 파악하는 분석체계를 구축하여 탄소중립 사회의 최적 대응경로 마련 시 활용하는 방법으로 시너지 효과 유도한다. 다섯째, R&D 수행 시 온실가스 감축 효과를 포함한 다양한 환경 영향을 종합적으로 고려하여 지속가능한 기술을 확보한다. 여섯째, 단위 기술뿐 아니라 기술 조합에 따른 시너지 효과에 관한 R&D 및 전과정 평가(LCA, Life Cycle Assessment) 기법을 활용한 평가공통 플랫폼구축을 통하여 기술개발 전략 수립 및 기술 활성화 정책 추진 시 적극적으로 활용한다. 일곱째, 온실가스 감축 관련 혁신/돌파형 원천기술 분야 로드맵을 수립하여 이에 따른 R&D 추진 및 과감한 투자 확대를 병행 추진한다.

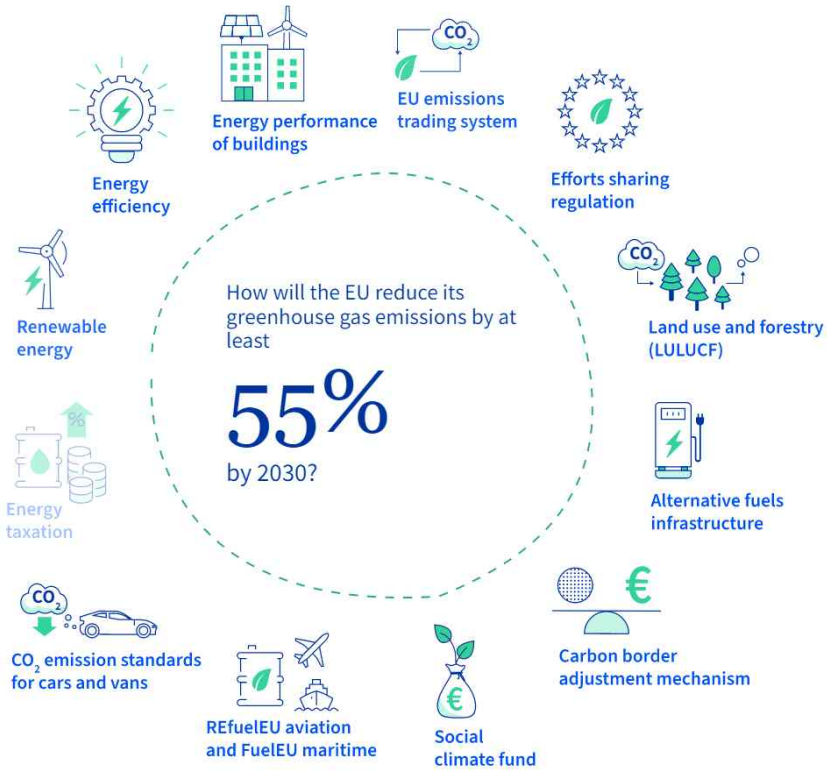
2. 유럽의 탄소중립 혁신 정책

지난 2019년 11월, EU는 기후 비상선언과 유럽 그린딜에 관한 정책을 공표하였으며, 이후 폰데어라이엔 EU 집행위원장은 EU 회원국 간 총의를 모으고 그린딜 합의(2019년 12월, EU정상회의), 그린딜 투자계획 발표 및 기후법안 통과(2020년 1월)까지 끌어내었다. 동 법안은 2050년까지 탄소중립경제 달성, 2030년까지 온실가스 감축 50-55%를 목표로 재생에너지 확대에 2030년까지 1조 유로 투입 및 탄소국경세 도입 등을 포함하고 있다(문진영 외 4인, 2020, 장영욱 외 3인, 2020). EU는 신기술, 파괴적 혁신, 지속 가능한 해결책 제시, ‘그린딜 미션’ 프로그램 개발 후, 기후, 해양, 도시, 토양 분야 등 기후 적응 기술적용, 수소, 순환경제, 재생에너지, 배터리 등 데이터 기반의 과학기술과 재난관리의 혁신을 강화하고 있으며, 또한 교육과 훈련을 주요한 수단으로 보고 학교, 대학, 훈련기관들의 지속가능 교육 역량을 강화하고 교육 교재 마련과 성공사례를 공유하는 것을 목표로 하고 있다.

EU 차원의 NDC는 1차로 2016년 10월, 수정안은 2020년 12월 제출되었으며, LEDS는 2020년 3월에 제출되었다(EU, 2020). 이혜경(2020)은 EU 그린딜 달성을 위한 주요한 수단으로 R&D 활성화와 혁신이 중요하다고 언급하고 있다. 그러나 제출된 각 문서에는 기본적인 감축목표가 제시되어 있으며, R&D와 관련된 구체적인 목표나 전략이 제시되어 있지는 않았다. 그러나 최근 EU는 ‘그린딜’과 ‘Fit for 55’ 등 다양한 법안과 계획을 통해 과학기술과 혁신의 중요성을 강조하며 탄소배출량을 감소시키고자 노력하고 있다.

European Commission(2019)에 따르면, 그린딜은 경제의 지속가능성을 확보하기 위한 EU의 로드맵이라고 설명하고 있다. 이 로드맵에는 모든 정책부문에 걸쳐 기후 및 환경 관련 도전과제들을 기회로 전환하고, 그러한 전환을 포용적인 방식으로 이루어내는 것을 목표로 삼고 있다. 예컨대, 청정·순환경제로의 전환에 있어 자원의 효율적인 사용 확대나 생물다양성 복원 및 환경오염 감축 등이 있다. 또한 경제 분야에 걸쳐 친환경 기술에 대한 투자, 혁신을 위한 산업계의 지원책, 그리고 보다 친환경적이며 저렴하며 건강한 삶에 유익한 형태의 민간과 공공 교통수단의 도입, 에너지 분야의 탈탄소화, 건물의 에너지 효율성 증대, 글로벌 환경기준 개선을 위한 국제파트너들의 협력 등의 행동들을 담고 있다.

[그림 2-2] Fit for 55의 개념도



(출처: European Commission(2019))

Fit for 55는 유럽 기후법과 함께 EU가 2050년까지 기후 중립을 달성한다는 목표를 설정하며 2030까지 탄소배출량을 최소 55% 이상을 감축하고자 제정한 법률과 이를 이행하는 정책을 담고 있다[2]. 유럽연합은 기후변화, 에너지 및 운송 관련 법률을 개정하는 작업을 통해 이러한 접근을 시도하고 있으며, 여기에는 EU 배출권 거래제, 토지 이용 및 임업, 대체 연료 기반 시설, 사회기후기금, 운송수단의 CO_2 배출 기준, 에너지 과세, 재생에너지, 에너지효율 등과 관련된 법률과 정책들이 포함된다.

유럽 내륙지역 기온은 산업화 이전보다 평균 1.3℃ 높아졌으며 최근에는 잦은 폭염, 산불발생, 중남부 유럽에서의 가뭄, 북동부 유럽에서의 홍수, 해안지역의 홍수와 침식 위험 등이 발생하고 있다. 일례로 지난 7월 런던과 파리는 35℃에 육박하는 폭염이, 그리고 프랑스와 독일에는 사상 유례도 없던 대규모 홍수가 발생하기도 하였다. 이러한 기상이변 속에서 현재 유럽은 21개 회원국이 국가 적응전략을 수립한 상태이며, 나머지는 수립을 준비 중이다. EU는 이미 2016년 이전에 급변하는 기후변화에 대응하는 8가지 행동전략을 제시한 바 있다. 내용은 다음과 같다.

첫째, EU는 모든 회원국에게 기후적응 계획과 전략을 수립할 것을 권고한다. 둘째, 유럽에서의 적응과 기후 행동을 위해 적절한 재원을 지원한다. 이 재원은 홍수 관리, 인구가 밀집된 해

2) Fit for 55 - The EU' s plan for a green transition, Council of the European Union. https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/

안지역 관리, 도심 속 토지, 건물과 주택, 자연 및 생태 지역 관리, 산악 및 도서 지역 관리, 지속 가능한 물 관리 등에 대한 지원을 확대한다. 셋째, 도시의 기후변화 대응력을 높이기 위해 프레임워크를 개발하고 도시 기후변화 적응을 지원한다. 넷째, 기후 적응과 관련하여 정보와 지식의 간극을 해소하고자 노력한다. 다섯째, 역내 기후변화 정보와 지식을 위해 플랫폼을 강화하는 방안 설계와 그와 관련된 정책을 이행한다. 여섯째. 유럽의 공동농업정책(EU CAP), 결속정책(Cohesion Policy), 공동어업정책(CFP)에서 기후변화에 최적화된 적응대책을 포함한다. 일곱째, 에너지, 수송, 빌딩 등 기반시설에 기후적응력을 높이는 방안을 검토하고 실행방안을 지원한다. 마지막으로 기후 적응에 요구되는 투자와 해당 사업 과정에서 필요한 재정수단 개발을 촉진한다.

유럽은 지난 수십 년간 기후변화 대응을 위한 산업 활동을 촉진했으며 일상생활을 통해 대기 중으로 배출하는 온실가스의 양을 상당 부분 감축하는 노력을 진행하고 있다. 이는 법제도의 완비도 중요했지만, 시민 의식을 통해 목표를 달성한 부분도 적지 않다. 이제는 자발적으로 온실가스 배출을 줄이지 않으면 강제되는 수준에 이르렀으며, 온실가스의 배출 행위에 대해 경제적 부담을 주어지게 하는 등 배출자가 그 비용을 지도록 하고 있다. 즉, 스스로 배출을 중단할 것인지 줄일 것인지, 비용을 부담하고 계속 배출할 것인지 선택하도록 하고 있다.

배출거래제의 적용대상이 되는 온실가스는 세 가지로 나뉠 수 있다. 첫 번째는 정유소, 철장사업장, 제철소, 알루미늄, 시멘트, 석회, 유리, 세라믹, 펄프, 종이, 카드보드, 산, 유기화학제품, 사업장 및 상업항공으로부터 배출되는 이산화탄소이다. 두 번째는 질산, 아디프산, 글리옥산, 글리옥실산, 제조과정에서 나오는 이산화질소이다. 세 번째는 알루미늄 제조과정에서 배출되는 과불화탄소이다. EU 배출권거래제는 EU 28개국뿐만 아니라 아이슬란드, 노르웨이, 리히텐슈타인 등 총 31개국이 참여하고 있다. 2022년 당사국총회에서 탄소시장에 관한 국제적 합의가 이루어진다면, 다른 어떤 권역보다 탄소거래 산업이 안정적으로 성장할 가능성이 높아 역내 탄소시장 가격과 유관 산업이 발전할 것으로 예상한다. 주요국의 탄소중립 정책 현안은 다음과 같다.

가. 영국의 탄소중립 정책[3)]

영국은 저탄소사회 실현과 경제성장을 목적으로 국가 '청정성장 전략(Clean Growth Strategy)'을 채택하였다. 영국은 온실가스 감축 활동의 경제적, 사회적, 환경적 파급효과를 인지하여 저탄소 경제체제 구축을 위한 정책을 추진 중이다. 여기서 영국의 '청정성장'이란 지속적인 경제성장을 추진하여 온실가스 배출은 지속적으로 감축하는 성장전략을 말한다. 이를 통해 정부의 에너지효율 및 저탄소 기술혁신을 위한 R&D 투자 강화, 민간 부문 투자 및 혁신을 유발하는 최적의 경제 및 시장 환경을 조성하고 녹색성장 금융 산업발전 촉진을 통한 저탄소 경제의 자생적 재원조달 체제로의 전환을 위한 정책 전환을 도모하고 있다.

영국은 파리협정 발전 방향이 저탄소 경제체제로 이행할 것으로 판단하고 성장전략을 청정성장 체제로 전환하여 세계 저탄소 산업을 선도하고자 한다. 정부는 '청정성장 전략'을 추진하여 산업육성 및 일자리 창출, 에너지 소비자의 요금 절감, 삶의 질 개선, 국제 리더십 고취 등을 달성할 것으로 판단한다. 산업육성에서 영국은 해상풍력, 전기자동차, 저탄소 금융 및 컨

3) 본 내용은 양의석, 김아름(2018)의 영국 청정성장에 관한 내용과 추가로 전문기관을 방문, 인터뷰한 내용을 정리하였다.

설팅 서비스 등 저탄소 산업을 통해 경쟁력을 높게 평가하고 저탄소 산업발전을 통해 경제의 탈탄소화를 달성하고, 고용 및 신상품과 서비스 수출기회 창출을 도모하려고 한다. 그리고 정부는 고용 창출과 수출에 기여하는 산업을 육성하고자 노력하고 있다. 영국은 향후 저탄소 산업에서 43만 개 이상의 일자리가 창출된 것으로 평가하며 경제의 새로운 영역으로 구축하고 고용과 수출수요를 창출할 것으로 예상한다.

국가적으로 저탄소 산업발전이 경제성장에 기여해야 한다는 방침을 가지고 있다. 영국은 저탄소 산업이 경제발전에 중요한 역할을 할 것으로 판단하고, 2015년부터 2050년 기간 중 자국의 경제성장률(GDP)보다 빠르게 성장할 것으로 보고 있다. 영국 정부는 무엇보다 국민의 삶의 질 개선에 노력하고 있으며, 이를 위해서 당국은 에너지공급 체계를 청정에너지원 중심으로 개편하여 친환경 에너지 시스템을 구축을 위해 에너지 시스템 전반에 대한 투자를 지속적으로 확대하고 있다. 또한 정부의 기술혁신 투자는 에너지효율 개선 및 온실가스 배출감축으로 이어지며 에너지비용 감축으로도 실현되고 있다. 또한 기후변화에 대한 리더십 제고를 위한 정책적 수단을 지속적으로 개발하고 있으며, 이를 위해서 기후변화에 관한 대응 활동을 환경적, 경제적, 정치적 시각에서 중요성을 부각하고 있다. 특별히 국제외교, 재정정책, 환경협력, 교육 부문에서 주도적인 리더십을 발휘하고 있다.

영국은 전통적으로 문화와 금융의 강국으로 꼽힌다. 그리고 지난해 당사국 개최 국가로 지역간 녹색 협력과 국내적으로 녹색사업에 대한 대규모 투자가 이루어지고 있다. 무엇보다 녹색금융에 있어 새로운 기술과 제도에 대한 높은 수용성을 지니며, 현재는 AI나 블록체인 기술에 대한 선호도가 높다. 이러한 디지털 기술은 기후변화와 밀접하게 연계, 융합되어 글로벌 기후솔루션을 가속화시킬 것이며, 결국 디지털 혁신과 이를 투명하게 하는 기후기술이 보장되어야 민간 기후행동과 지역 개발에 금융적 수단이 촉진될 것으로 예상한다.

ㅇ 영국 블록체인・기후연구원(BCI)*와의 양국 녹색지역산업 촉진에 관한 업무협의 결과(2022.7.26.)

** BCI(Blockchain & Climate Institute)는 UNFCCC COP23에서 CTCN 등이 제안한 연구소로, 기후 및 지속가능성 조치를 위한 신흥 기술 구축에 대한 선도적인 전문 지식을 제공하는 진보적 싱크탱크임*

- BCI는 블록체인 기술로 기후변화와 환경 관련 제품 및 프로그램에 대한 전과정 평가(LCA)가 가능하다고 밝히며, 블록체인은 기존의 기후금융 거래나 개발협력 사업에서 기후금융 관리에 실시간으로 계좌 정보나 지급 정보를 관리할 수 있고 지급정보 업데이트할 수 있어 투명한 공급망 관리가 가능하다고 강조함
- Alastair Marke 사무총장은 향후 과학기술의 집적도시인 대전에서 세계지방정부 총회 개최시 상호 협력이 가능하다고 밝힘

나. 독일의 탄소중립 정책[4)]

독일 정부는 ‘기후보호계획 2050’에서 파리협정과 국가의 기후 보호 목표를 달성하기 위해 에너지 공급, 건물 및 교통부문, 산업계, 농업과 임업 분야에서의 여러 목표를 수립하고 달성하기 위해 노력하였다. 이를 통해 환경, 경제, 사회 등 지속 가능 발전전략의 달성에 노력하고, ‘Agenda 2030’의 지속 가능 발전목표의 달성을 고려하고 있다. 또한 독일 정부는 기후변

4) 본 내용은 녹색기술센터 정선양(2020)의 자료 및 현지 독일 연방정부 전문가의 인터뷰를 통해 정리하였다.

화 대응목표가 경제적, 사회적 발전목표와 조화를 이루기 위해 장기적인 프레임워크 속에서 계획하고 실천하였다. 독일은 산업계의 혁신능력과 투자활동을 강화하기 위해 노력하고 있다. 실제로 EU는 온실가스 20% 감축하고 에너지효율 20% 재고하였다.

독일 정부는 독일, 유럽, 전 세계적으로 기후변화 관련 산업구조 및 생산 공정 등의 장기적인 전환의 필요성을 인식하여 구조변화와 현대화 요소를 중요하게 고려하고 있다. 이는 경제활동의 핵심적인 요소이며 독일 경제가 국제적으로 경쟁력을 유지하는데 중요한 요소이다. '기후보호계획 2050' 은 현대화 전략을 다음 세 가지 차원에서 추진하고 있다. 첫 번째는 각각의 실행영역에서 2050을 위한 특정한 지도원칙을 개발하고, 혁신의 공간을 창출하며, 지속가능성을 극대화한다. 두 번째는 모든 실행영역에 대한 견고한 전환경로를 설계하고 핵심적인 경로 의존성을 검토하며, 상호의존성을 기술한다. 세 번째는 특정한 마일스톤과 전략적 수단을 가지고 목표하는데, 특히 2030년을 위한 온실가스 목표를 강조하며, 비용편익분석을 실시한다. 독일 정보는 기후변화 대응을 인식하기 위해 연방환경부는 지방정부, 지역 당국, 기업 및 산업계, 일반 대중들에게 계획을 추진하고 정책 수단을 추천할 수 있도록 제공하였다.

연방정부는 독일을 온실가스 중립적 국가로 전환하는 것의 사회적인 영향에도 예의 주시하고 있다. 독일 정부는 국가별로 결정된 공헌의 실천을 모니터링하는 것의 사회경제적 효과에 분석하고 있다. 또한 기후 보호정책에 있어 온실가스 감축과 글로벌 배출권 거래 등에 대한 국제적 협력이 중요하다는 점을 인식하여 적극적으로 추진하였다. 독일의 기후 분야 협력은 정책개발지원, 금융지원, 역량 강화로 구분할 수 있다. 기후기술협력 전략은 연방환경부 및 BMZ에 의해 구성되고, 사업이행기관은 국제협력기관이자 CTCN 기관 중 하나인 국제협력공사가 담당하며, 독일재건은행은 독일의 재정기관으로 활동하며 다양한 국제적인 개발 사업을 추진하고 있다.

ㅇ 독일연방 환경, 자연보호, 원자력안전・소비보호부(The Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection (BMUV)) 대면 업무협의 결과

- 2022. 9. 26. 독일연방 BMUV 방문협의를 진행하며, 독일연방 정부의 기후적응 대책과 경제사회 통합시나리오에 대한 활용과 적용에 대한 의견을 청취하고 한국 정부 간 협력 방안에 대한 의견을 교환함
- 독일연방 정부는 2016년 11월 이래로 2015년 파리협정의 결과를 반영한 "기후보호계획(Klimaschutzplan 2050: Climate Change Action Plan 2050)" 을 시행 중이며, 동 계획은 환경, 경제, 사회 등 지속가능성의 세 차원을 포괄하는 지속 가능 발전전략의 달성에 주안점을 두고 있음
- 기후변화 적응대책은 파리기후협정에 따른 연방정부 차원의 계획을 수립하고 최근에 발간된 AR6 WG2에 대한 숙의를 진행 중이며, 지난 8월, 이에 대한 적극적이고 체계적인 대응을 위해 '기후적응과' 를 신설하고 유엔 등에서 기후환경을 담당한 Dr Ulf Jaeklin을 과장으로 선임하고 독연방 차원의 정책 프레임을 설계 중임
- 독일 연방정부는 기후 적응대책을 수립하면서 지역의 수용성을 높이기 위해 재정적 지원과 국민들의 기후 적응 행동을 이끌기 위해 지방정부 관여 방안에 대해 프로그램과 세부 이행사업을 계발하고자 노력 중임

다. 덴마크의 탄소중립 정책[5)]

덴마크는 파리협정에 명시된 지구온도 1.5℃ 이하로의 유지에 관한 목표를 더욱 엄격하게 달성하자고 주장하는 대표적인 국가이다. 그리고 자국 내에서도 이러한 글로벌 목표 및 이행 조치가 증대되도록 다양한 정책을 집행하고 그 실적을 국제사회에 알리고 있다. 덴마크의 목표는 2030년까지 이산화탄소 배출량 70% 감축하고 2050년까지 탄소중립 선도국으로 거듭나는 것이다. 현재 녹색미래성장을 위한 주요 의견지도자의 위치에서 글로벌 녹색전환을 주도하고 기후, 환경, 자연에 대한 글로벌 목표를 더욱 강화하기 위한 국제적 연대체를 조직하고 리더십을 발휘하고 있다. 덴마크 정부는 지속가능발전목표(SDGs)와 연계된 파리협정과 지속가능한 발전을 적극적으로 홍보하고 지원하고 숙련된 친환경 일자리를 창출하며 불평등 증대를 막는 사회적으로 정의로운 녹색전환을 위해 국내적 제도를 마련하고 있다.

덴마크의 노력은 대부분 EU, 다자간 및 양자간 협력, 국가 및 비국가 행위자(states and non-state actors)와의 동맹을 통해 수행된다. 덴마크는 다음의 세 가지 방향성에 따라 기후선도국을 자임하고 행동을 촉진하고 있다. 첫째, 산업화 이전 수준보다 온도상승을 1.5도로 제한하기 위한 국제적인 노력과 실행력을 갖춘다. 둘째, 사회적 소수자와 미래세대를 위해 기후 변화의 부정적인 영향에 상쇄하고 기후 회복력을 증대시키는 노력을 강구한다. 마지막으로 탈탄소 전략과 기후 회복력을 위한 금융적 정책을 촉진한다.

ㅇ 덴마크 코펜하겐시 기후적응과 인터뷰 결과(2022.9.30.)
- 지난 2012년 덴마크 수도 코펜하겐시 당국은 2025년까지 완전한 탄소중립을 달성한다는 목표를 선언하고, 이에 성공한다면 코펜하겐은 세계 최초로 탄소중립을 달성한 수도가 될 뿐 아니라 다른 주요 도시들보다 10년 이상 앞선 도시가 될 것으로 전망
- 그 핵심은 '코펜하겐 2025 기후 계획(Copenhagen 2025 Climate Plan, CPH 2025)'이고, 기후변화에 대한 코펜하겐의 이처럼 다차원적 접근법은 기업, 학계, 시민 대표 등 200명 이상의 이해관계자가 시 정부와 협력해 공동 수립함. CPH 2025는 ▲에너지 소비 ▲에너지 생산 ▲모빌리티 ▲시 행정 등 네 개 핵심 부문의 개별적 세부 목표와 탄소 감축 계획을 포함
- 코펜하겐의 계획을 통해 기후변화 대응에 있어 변화하는 정부의 역할에 대한 전사적인 접근과 구호뿐인 계획이 아닌 작은 실천과 모범사례를 시민과 공유하고 그들이 향유하게 만드는 것에 초점을 맞춤
- Lykke Leonardsen 과장은 더 이상 야심 찬 계획을 제시하는 데 그쳐서는 안 되며 기후변화에 대한 과감한 행동과 공동 접근법을 실행에 옮겨야 한다며 코펜하겐시 정부의 기후적응도 다양한 이해관계자 집단의 조율과 협력 없이는 달성할 수 없다고 밝히고 있음

덴마크 정부는 파리협정과 지속가능발전목표(SDGs)의 조기 달성을 위해 사회적, 환경적, 경제적인 지속 가능한 개발의 세 가지 측면을 모두 포괄하는 솔루션을 개발하고 이를 시민사회와 지역사회에 반영한다. 모든 정부 기구들은 지구온도 상승을 제한한다는 목표를 달성하기 위해 온실가스 감축은 물론이고 효과적인 기후적응 정책 수단도 개발하고 있다. 무엇보다 정부 차원의 연구 및 혁신에 대한 지식, 투자 및 협력을 유지하는데 기여하며, 글로벌 녹색성장 목표를 달성하기 위해서 정부의 다각적인 기후변화 공공외교, EU를 통한 동맹국 확대, 다른 국가 및 비국가 행위자(states and non-state actors)와의 연대 활동도 강화하고 있다.

5) 본 내용은 덴마크 외교부 및 기후에너지활용부(Danish Government, 2020) 자료 및 현지 인터뷰를 통해 정리하였다.

ㅇ 덴마크 클린(CLEAN)*과의 지역녹색산업화 진흥을 위한 업무협의 결과(2022.9.30.)

** CLEAN은 덴마크의 대표적인 청정클러스터로 2018년, 2019년에 GTC와 공동연구를 추진한 실적을 보유하고 있으며, 특히 한-덴 녹생동맹 회의 및 기관 간 MoU를 체결하여 협력 중임*

- 2022. 9. 30. 덴마크 정부의 녹색기술 도입을 위한 정책 수단(기술개발, 금융, 인력양성 등)에 대한 의견을 교환하고 지방정부의 지원 방안에 대해 논의함
- 덴마크 에스비아르의 예가 중요하며, 이 도시는 석유 및 가스를 생산하는 회색에너지 도시에서 출발하여 현재는 에너지 항구도시를 표방하며 해상 풍력과 인근 클러스터와 연계를 통해 지역 녹색산업 생태계 조성한 대표적인 사례임

3. 미국의 탄소중립 혁신 정책

미국의 기후변화 관련 정책 경향성은 행정부에 따라 크게 달라지는 모습을 보여왔다. 기후변화는 미국에서 정치적 성향에 따른 양극화가 강하게 드러나는 주제 중 하나기도 하다(Nisbet, 2009; MacInnis, B. & Krosnick, J.A., 2020). 재선 성공 이후 오바마 전 대통령이 적극적인 태도로 참여한 2015년 파리협약에서 미국은 중요한 역할을 담당했다. 뒤를 이은 트럼프 전 대통령은 국가 안팎으로 기후변화에 대한 적극적인 대응을 주문하는 이들과 지속적인 마찰을 빚었다. 2018년도부터 보다 본격화된 청소년 기후행동, 2019년 민주당의 그린뉴딜 법안 발의와 상원 부결, UNFCCC 제25차 당사국총회(COP25), 2020년 11월 미국의 공식적인 파리협약 탈퇴 등은 국제사회에서도 논쟁적이었다. 2021년 1월 취임한 바이든 대통령은 트럼프 전 대통령과 정반대의 노선을 택했다. 그는 취임과 동시에 파리협약 재가입을 선언하며 국제사회에서의 미국의 역할을 다시 강조하고자 했다. 같은 맥락에서 대통령 행정명령을 통해 '기후위기'(climate crisis)를 국가 안보와 외교 정책에서 중점으로 삼으며, 해결을 위한 범정부적 접근을 취할 것이라 밝혔다(White House, 2021).

미국은 늦어도 2050년까지 경제 전반에 걸쳐 탄소배출을 제로로 만들겠다는 의향을 밝히며, 그 첫 번째 목표로 2030년에 순 GHG 배출량을 2005년 수준보다 50~52% 줄인다는 목표를 설정하였다. 이 2030년 공약은 널리 이용이 가능한 저탄소 기술을 신속하게 배치하고 이러한 경제적 변혁의 기반이 되는 인프라, 혁신 및 인력에 투자함으로써 지속가능하고 탄력적이며 평등한 경제를 구축하려는 미국의 접근방식을 뒷받침할 것이다. 미국은 오바마 정부에서 기후변화를 국가적 의제로 설정하고 파리협정 체결에 지도적 위치를 행사하였으나, 트럼프 정부에서 기후환경에 대한 국제적 논의를 중단하고 파리협정의 탈퇴를 선언하였다. 현재 조 바이든 정부는 오바마 정부의 글로벌 기후변화 주류화와 그린뉴딜에 대한 국정 목표를 제시(' 50년 Net Zero 목표로 1.7조 달러 공약)하고 있으며 기후변화와 연계된 탄소중립에 대한 이행을 국가 주요 정책으로 실현할 가능성이 높다(양의석・최영선, 2021). 바이든 정부의 기본방향은 미래산업 R&D에 대한 적극적 투자, 청정에너지 개발, 기후변화을 포함하고 있으며, 따라서 인공지능, 반도체, 자율주행차 등 신성장 분야 및 친환경/청정에너지 분야에 적극적인 연구와 개발이 이루어질 것으로 예상된다.

더불어 미국 백악관은 ’21.2월에 발표한 ‘일자리 창출 및 기후위기대응을 위한 미국 혁신(Biden-Harris Administration Launches American Innovation Effort to Create Jobs and Tackle the Climate Crisis)(’21.2.)’에는 국가기후태스크포스 내에 국가기후혁신워킹그룹을 신설하고, ARPA-C(Advanced Research Projects Agency-Climate)를 통해 탄소중립 R&D를 촉진하고 ARPA-E(Advanced Research Projects Agency-Energy)를 통하여 혁신 저탄소 에너지기술에 대해 1억 달러 지원한다는 내용이 포함되었다.

미국은 2016년 9월 최초 NDC를 제출한 이후, 2020년 11월 파리기후변화 협약을 공식탈퇴 및 2021월 2월, 파리기후변화 협약에 공식 재가입하였다. 재가입 2개월 후인 2021년 4월, NDC 수정안을 최종 제출하며 온실가스 감축목표와 함께 기후기술 R&D와 관련된 많은 전략을 제시하였으며, 에너지 절약을 포함하여 모든 에너지원의 탈탄소화 추진하기 위해 무공해 전기로의 전환, 차량, 건물 및 산업 부품의 전기화 및 운전 효율화 및 탄소가 없는 수소와 같은 새로운 에너지원과 저장/운송수단의 규모를 확대한다고 제시하였다(U.S. Government, 2021). 그리고 2016년 제출된 LEDS에는 기후기술 R&D와 관련된 거시적 방향성을 제시(House, W., 2016). 하였는데, 공공 및 민간 RDD&D(연구, 개발, 시연 및 배포)에 대한 지원 증가, 탄소포집 및 저장, 2세대 바이오연료 및 신흥 첨단 원자력 에너지와 같은 상업적 배치의 초기 단계에 있는 특정 기술의 경우, 지원을 통해 최초의 상업용 규모 시설을 시장에 출시하여 학습 및 경제 효과를 통한 비용 절감을 주도하고, 기술발전의 방향성 예측이 어려운 점을 고려하여 최대한 광범위한 기술을 지원하여 탈탄소화 비용 감축을 유도한다는 전략을 제시하였다.

Biden unveils historic $325B research and innovation plan

01 Apr 2021 | News

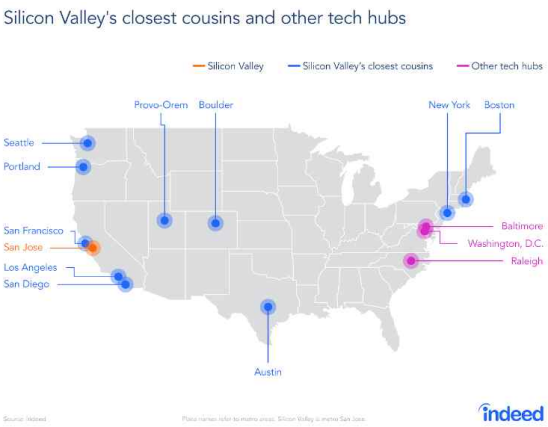
Massive R&D proposal is part of US President's 'once in a generation' $2.3T infrastructure plan – but opposition will be intense in Congress

By Éanna Kelly and John McCabe

US President Joe Biden.

US President Joe Biden on Wednesday unveiled a massive $325 billion research, innovation and pandemic preparedness plan that, if signed into law, would see the country's biggest increase in its federal non-defence R&D spending on record.

▲ 바이든 대통령의 과학기술·혁신 발표 관련 언론보도



▲ 미국 실리콘밸리 및 테크허브 현황

조 바이든 대통령은 2021년 4월 3,250억 달러 규모의 연구 혁신 계획을 발표하며 지역사회에 200억 달러의 지원과 연관 기업의 R&D 프로그램에 310억 달러를 지원하는 정책을 펼치기도 하였다. 이는 미국 전역에 최소 10개 테크허브를 구축하고 성장시키기는 방안을 담고 있다. 미국의 테크허브는 실리콘밸리를 중심으로 성장하였으며, 현재는 매사추세츠주는 하버드, MIT 중심 테크허브, 시애틀은 사이버 보안, 게임 등 테크기업 중심, 애틀란타는 테크빌리지 테크교육, 뉴욕은 테크스타트업 중심 테크허브를 육성하고 있다. 이들 테크허브들은 각각의 지향하는 기술과 산업을 보유하고 있으나 기본적으로 에너지 효율과 친환경적 기술에 대한 지향점을 갖고 있는 것이 특징이다.

4. 중국의 탄소중립 혁신 정책

시진핑 주석은 제75차 유엔총회 연설(2020.9.22.)에서 2030년을 탄소배출의 절정(peak)으로 삼고 2060년까지 탄소중립을 달성하겠다고 선언하였다. 탄소중립의 달성을 위해서 국가온실가스 감축목표(NDC)를 상향함은 물론이고, 기후변화에 적극 대응하고자 기초과학연구 육성, 저탄소 기술의 연구와 응용, 국제적인 기후변화 과학협력 등 과학·기술적 지원의 강화를 위한 효율적인 정책과 조치를 수립하였다(Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China, 2019). 이는 지난 세기 온실가스 최대 배출국인 중국이 새로운 생태문명을 위한 정책의 효과성 달성을 위해 탄소중립 2060을 선언한 것으로, 중국이 국제사회 기후위기 해결에 "국면전환자(game changer)"로 세계적 지도력을 발휘하고자 하는 것이다.

중국 정부는 2060년까지 탄소중립 달성을 위해 다음 3가지 단계별 목표를 제시였다. 1단계(2020-2030년)는 석탄소비를 억제하고 청정에너지 산업을 대규모로 육성하고, 2단계(2030-2045년)는 재생에너지 위주의 체제로 전기차 육성과 이산화탄소 포집기술을 적용하며, 3단계(2045-2060년)는 공업, 발전소, 교통, 주거 등에 청결한 탄소배출기술 및 CCUS와 바이오에너지 탄소포집저장(BECCS) 기술 등 적용하는 것이다. 이를 통해 중국은 중앙정부 차원에서 기후변화 대응, 특히 탄소중립을 달성하기 위해서는 과학기술(R&D)과 혁신의 역할이 중요함을 강조하고 있다(Busch et al, 2021).

ㅇ 중국 생태환경부 고위급 공직자 면담 결과
- 과학기술과 혁신의 강화로 탄소중립 달성이 가능함. 세부적인 이행방안으로 저탄소 첨단기술 연구 가속화, 녹색 평가 및 거래 시스템을 위한 서비스 플랫폼 안정화 및 개선, 기후변화 대응을 위해 국제협력 및 교류, 국내외 에너지 자원의 효과적 조정을 꼽음.
- 중국의 인민은 미세먼지뿐 아니라 기후변화 대응에 기여하는 방법에 대해 관심을 가지고 있으며, 이는 "중국 정부와 시진핑 주석에게도 커다란 관심 사항"이라고 밝힘. 그러나 미중 경쟁의 가속화로 서구적 연대에 대한 강화는 의문을 제기함.

중국은 2016년 9월 최초의 NDC를 제출한 이후, 공식적인 문서는 제출하지 않은 상태이다. 최초 NDC에 제시된 기후기술 R&D 전략을 살펴보면, 기후변화에 대한 기초연구를 개선 및 기후변화 모니터링 및 예측에 관한 연구를 수행하며, 기후변화 영향 및 위험의 메커니즘 및 평가 방법론에 대한 연구를 강화한다고 제시되어 있다(NDRC, 2015). 세부적으로는 에너지 절약, 재생 에너지, 첨단 원자력 기술 및 탄소 포집, 활용 및 저장과 같은 저탄소 기술에 대한 R&D 및 상업화 실증을 강화하며, 석유 회수 및 석탄층 메탄 회수, 극한 날씨에 대한 조기 경보 시스템에 대한 R&D를 강화하며, 생물학적 질소 고정, 녹색 해충 및 질병 예방 및 통제 및 보호 농업에 관한 기술을 개발하고, 해수의 절수 및 담수화 기술에 대한 R&D를 강화한다고 제시하였다. 더불어 정부역할 및 인력양성을 위해 기후변화 대응을 위한 기술 지원 체계를 개선 및 산학연관을 효과적으로 통합하는 메커니즘을 구축하고, 기후변화 대응 전문 인력양성을 강화한다고 제시하였다.

CCUS 기술 장벽 문제를 해결하는 것은 중요하므로 중국 정부는 CCUS 관련 법률 및 규제 모델의 부족, 상대적으로 높은 투자 요구 사항, CCUS에 대한 낮은 대중 인식 및 수용 등에 시

급한 정책 추진이 필요하다(Xu & Dai, 2021). Yu et al.(2021)은 중국의 탄소중립을 달성하기 위해서 지속가능한 수요기반, 탈탄소 전기, 전기화, 연료 전환, 탄소흡수를 통한 음(-)배출 접근 등 다섯 가지 전략이 적절히 조합되어 실행되어야 한다고 설명한다. 그리고 중앙정부는 지방정부의 기후변화에 대응하는 탄소중립 혁신을 위해, 저탄소 시범도시 사업을 광범위하게 추진 중에 있으며 이는 중국 기후변화 전략의 중요한 요소이다(Zhuang, 2020).

중국과 한국은 고탄소 제조업을 중심으로 성장하는 국가로 지역의 탄소중립 정책은 중요한 의제로 부상하고 있다. 중국 산둥성의 고위 관료는 동 연구팀과의 면담(2022.10.11., 대전 UCLG 총회)에서 탄소중립을 위한 온실가스 감축의 지역 정책으로 석탄의 품질 향상(에너지 효율 향상)과 폐열 발전 활용 확대, 신재생에너지 비율 확대, 온실가스 관련 정확한 통계 플랫폼 구축・관리, 에너지 집약 산업의 규모 통제를 통한 산업의 고품질 발전 촉진 등 시행 중이라고 밝히고 있다.

산둥성은 한국과 환황해권 발전을 위한 협력 수요가 강하며 환경분야 협력의 경우 해양쓰레기, 미세먼지 등의 책임소재와 관련한 문제보다는, 서로의 우수정책 사례를 교환하는 형태의 교류를 희망하는 것으로 나타났다(송영현 외, 2018). 산동성 정부는 지난 2020년 한국 정부 주관으로 개최된 국제포럼에서 지역협력 파트너십을 체결한 지방정부로 리간지에 前생태환경부 장관이 성장(省長)으로 역임 중이다. 그만큼 국제 기후・환경 협력의 필요성과 이해가 충분하다. 그리고 산둥성은 중국 전체에서 9% 이상의 에너지 소비를, 석탄소비는 국가 전체의 10.6%를 차지하는 지역이다(Guo et al., 2019). 그리고 Global CCS Institute(2017)에 따르면 중국 전역에 8개의 대규모 CCS 프로젝트가 제안되었는데 그 중 유일하게 하나 이상의 사이트가 추천된 곳이다. 그만큼 탄소중립의 정책 실행과 사례 적용의 수요가 큰 지역이라 하겠다. 그리고 산둥성 정부는 2017년 말을 기준으로 73개의 저탄소 시범도시(구역) 사업을 진행하고 있다(National Development and Reform Commission, 2017). 구체적으로는 산업부문 저탄소 전환, 서비스업의 발전, 에너지 절약관리, 중점영역에서 에너지 절약과 배출감축 강화, 에너지 소비구조의 개선과 행동, 탄소저장 증가, 탄소시장의 건설 및 참여, 온실가스 배출통계에 대한 MRV(Monitoring(모니터링), Reporting(보고), Verification(검증)) 강화, 국제협력 등 전략을 제시하고 있다.

5. 일본의 탄소중립 혁신 정책

일본은 2016년 11월 최초의 NDC를 제출하였으며, 이후 2020년 3월 수정된 NDC를 제출하였다. 일본의 기후기술 R&D 전략은 선언적 목표가 담긴 NDC 보다 2019년 6월 제출된 LEDS에 보다 상세히 제시되어 있다. 일본정부는 탄소중립을 위한 가능한 한 많은 파괴적 혁신을 유도하며, 사회에서 기술이 채택될 수 있도록 비용목표를 설정하고, 공공 및 민간 부문의 최대 자원을 제공하고, 일본 및 해외에서 잠재적 기술을 찾고 창출하고, 필요한 기반시설 개발을 위해 노력하고, 이를 위한 이니셔티브를 강화한다고 밝힌 바 있다(The Government of Japan, 2019). 이를 위해 실제 적용을 목표로 유망한 기술에 우선순위를 부여하는 기후기술 R&D 방향성을 수립하였으며, 또한, 탈탄소 기술을 사회에 대규모로 도입하기 위해서 사회적 요구에 비추어 기술의 실용화와 가능성을 지속적으로 검토하고, 사용자의 요구와 해결해야 할 병목 현상을 시각화하고, 현재 진행 중인 기술의 실현 가능성과 한계를 객관적으로 제시하겠다고 선언하였다.

세부방안으로써 우수한 기술을 위한 연구 및 개발을 위한 플랫폼을 지속적으로 구축하고, 개

인의 탁월한 아이디어를 활용하기 위한 장기적인 연구 개발을 추진하며, 일정수준 기술이 확립되면 국내뿐만 아니라 해외까지 포함한 최적의 위치(시장 또는 생산 기반)에서 기술의 실증을 과감히 추진하는 전략을 제시하였다. 특히, 기후기술 R&D 활성화 및 인력양성을 위해 경제 산업부(METI)의 Unprecedented Challenge 2050 및 문부과학성(MEXT)의 JST-Mirai 프로그램을 제안하며, 연구에서 발생하는 학술 문제와 학계를 연결하고 사회에서 사용되는 것과 가까운 학술 연구 주제에 대한 중개자 역할을 위해 협력하고 있음을 시사하였다.

일본 정부에서는 2020년 1월 '혁신적 환경이노베이션전략'을 수립하며 에너지환경 분야의 민관 기술 R&D에 10년간 30조엔 기금 조성과 더불어 2050년 혁신적 기술 확립을 목표로 5개 분야 16개 기술에서 온실가스 배출 감축량이 크고, 일본의 기술력에 의한 공헌이 클 것으로 예상되는 39개 부문에 대해 테마별 목표, 기술개발내용, 요소기술 개발에서 실용화 실증개발까지 구체적인 시나리오와 실행체계를 제시하였다. 최근 '2050 탄소중립 달성을 위한 일본 녹색성장 전략 개요'를 통해 3대 핵심 분야와 14개 성장 분야를 설정하였다(METI, 2021). 에너지 분야에서는 해상풍력발전, 연료 암모니아, 수소, 원자력 발전을, 운송/제조 분야에서는 모빌리티/배터리, 반도체/ICT, 해양, 물류・운송・인프라, 식량・농임어업, 항공, 탄소재활용을, 가정/사무실 분야에서는 하우징/빌딩, 자원순환, 라이프스타일 연관 산업이 포함되어 있으며, 특히 수소 수입, 바이오 에너지 사용, 전기 그리드 커넥션 등 대안 마련이 필요하고 중공업 분야의 탈탄소 분야에 대한 기술혁신을 강조하고 있다.

ㅇ 일본 국제환경연구소 고위급 인사 면담 결과
- 스가 정부는 탄소중립을 선언하며 기후변화 대응은 미래 성장의 기회라고 밝히고 있으며, 탄소중립 정책의 효과성을 높이기 위해 민간 분야에 대한 전폭적인 지원과 공격적인 목표 수립・이행을 강조하고 있음.
- 일본 정부는 2050년 탄소중립을 목표로 사회경제의 변화, 생산성 향상, 산업구조 변화의 선순환에 중점을 두고 국가과제를 편성 중에 있고, 주요 전략으로는 기술혁신 촉진, RE(Renewable Energy) 정책, 녹색 성장 전략, 녹색 성장정보 공개, 탈탄소 생활방식의 전환, Zero Carbon City Initiative 등이 있다고 밝힘.

일본 정부의 탄소중립 선언은 국내외적 환경 변화에 영향을 받은 것으로 보인다(Ohta, 2021). 대외적으로는 국제사회의 탄소중립 압박과 유럽의 그린 리커버리(green recovery) 정책에 영향을 받은 것이고, 국내적으로는 자동차와 철강 산업의 위기감과 자국내 에너지 전환과 차세대 기술을 위한 경쟁 우위를 확보하기 위함이라는 것이다. 그 밖에도 일본은 2017년에 세계에서 처음으로 수소 기본 전략을 책정, 지금까지 수소사회 실현을 위한 각종 정책을 착실하게 추진하고 있다. 특히 탄소중립 정책에서 탈탄소 수법(電化, CCUS; Carbon dioxide Capture and Storage 등)을 통해 수소 기술적용에 역할을 기대하고 있다.

일본 츠쿠바시 고위 당국자는 2022년 10월 11일 개최된 UCLG 총회에서 츠쿠바시의 '시민을 위한 과학기술 도시'을 비전을 설명하였다. 현재 츠쿠바는 미래 계획 2020-2050을 수립 및 추진 중에 있으며(Miao, 2018), 2030년 츠쿠바시 탄소배출량 감축과 환경(Enviroment), 에너지(Energy), 경제(Economy)의 조화를 위해 정책 플랫폼인 3E 포럼을 조직, 운영하고 있다. 3E 포

럼은 츠쿠바를 기반으로 하는 시정부, 대학, NIES, AIST, NIMS 등 다양한 기관으로 구성되었으며, 도시구조 및 교통, 바이오매스, 차세대 에너지의 3가지 세부 분과로 구성되어 지역의 탄소중립 달성에 기여하고 있다(Suzuki, 2021). 이 지역은 탄소중립의 달성하기 위해 다양한 이해관계자 간 관계 짓기와 함께 개방적인 공론의 장을 설치한 것으로 이해할 수 있다.

츠쿠바시는 지자체 자발적 탄소중립 달성을 위해 스마트 지역사회, 조류 바이오매스, 스마트 모빌리티, 수소 에너지를 중심으로 기술・혁신 정책도 추진 중이다(Yusuke, 2021). 세부적인 정책은 다음과 같다. 첫째, 스마트 지역사회를 위해 저탄소 배출 에너지원(태양광, 연료전지 등) 사용 지역사회 구축 전략을 펼치고 있다. 둘째, 조류 바이오매스의 실용화를 위한 대규모 조류 재배하고 있다. 셋째, 스마트 모빌리티 활성화를 위해 수요형 전기, 자율주행버스 추진으로 개인 이동성을 향상시키고자 노력하고 있다. 마지막으로 수소 에너지 부문에서는 이동형 수소 스테이션 설치 및 수소차를 공용차로 이용하는 정책을 실행 중이다. 또한 츠쿠바시는 저탄소 녹색도시 마을 건설(정책명: Formation of an integrated approach model block)을 목표로 가츠라기 북서부지역에 블록 모델화하여 태양광 패널, 축전지, 연료전지, HEMS가 장착된 주택과 BEMS가 설치된 콘도니엄을 설치한 실증 사례를 보유하고 있다(ICLEI et al., 2015).

일본 츠쿠바시 정부는 글로벌 츠쿠바를 선언하며 “국가의 영토 문제와 ’위안부’ 문제의 영향으로 중국과 한국과의 접촉이 끊긴 적도 있었지만 2014년 중국 우호도시인 선전시와 교류를 재개했고 2016년에는 대전시와 상호 협력 협정도 체결하며 3국 지방정부와의 소통을 재개“할 계획이라고 밝히고 있다(Tsukuba City, 2016). 이렇듯 한국, 중국, 일본의 역사 문제와는 별개로 동아시아 지방정부는 상호 협력의 의지가 강하며 인류 공동의 문제인 기후변화 해결을 위한 탄소중립을 위한 혁신 협력은 그 중요성이 커질 것으로 전망된다.

제 2 절 국내 지자체의 기후변화 대응 계획

각 지자체는 중앙정부에서 발표한 국가 제3차 기후변화 적응대책에 맞춰 지역에 맞는 기후변화 적응대책을 발표했다. 이를 기반으로 각 지자체의 현황 및 대응 방향을 조사했다. 그리고 이를 해결하기 위한 계획이나 정책을 분석했다. 특히 정부에서 제공하는 기후변화 취약성 평가 도구 시스템(VESTAP)을 통한 각 지자체의 취약성 순서가 높은 부분을 위주로 분석하였다.

<표 2-1> 광역지자체별 탄소중립 관련 계획 추진 현황 (출처: 국가과학기술자문회의, 2021)

	지역	계획명
1	서울특별시	(현) 서울시 기후변화대응 종합계획(2017-2021) (신) 후속 5개년 계획 수립을 위해 탄소중립전략 예산 활용예정
2	부산광역시	(현) 부산광역시 기후변화대응 종합계획(2011-2020) (신) 부산광역시 기후변화대응 종합계획(2021-2030) 수립 중
3	대구광역시	(현/신) 2030 대구광역시 기후변화대응 기본계획(2020-2030)* * 2045 Net-zero 목표 선언에 따른 감축 계획이며, 수립 완료('20.8)
4	인천광역시	(현) 제2차 인천광역시 기후변화대응 종합계획(2016-2035) (신) 제3차 인천광역시 기후변화대응 종합계획(2021-2025) 수립 중
5	광주광역시	(현) 광주광역시 기후변화대응 종합계획(2021-2025) 수립 완료* * 그린뉴딜 및 기후변화대응계획(적응 미포함)
6	대전광역시	(현) 대전광역시 2030 온실가스 감축 로드맵('18.12)
7	울산광역시	(현) 울산광역시 온실가스 감축목표 및 로드맵 구축('18.12)
8	세종특별자치시	(현) 없음 (신) 탄소중립전략 예산으로 관련 계획 수립 예정
9	경기도	(현) 2030 경기도 온실가스 감축 로드맵('18.12)
10	강원도	(현) 강원도 온실가스 감축목표 및 로드맵 마련('19.6)
11	충청남도	(현) 제2차 충청남도 기후변화대응 종합계획(2020-2030)('19.3)
12	충청북도	(현) 충청북도 온실가스 감축 로드맵 수립('18.12)
13	전라북도	(현) 전라북도 기후변화대응 기본계획(2015-2030)('18.12)* * 명칭은 기본계획이나 적응계획은 별도 수립
14	전라남도	(현) 2030 전라남도 온실가스 감축 로드맵 수립('18.12)
15	경상남도	(현) 2030 경상남도 온실가스 감축목표 및 로드맵 수립('18.12)
16	경상북도	(현) 2030 온실가스 감축 로드맵 수립 완료('20.12)
17	제주도	(현) 2030 제주특별자치도 온실가스 감축 로드맵 수립('18.12)

Metcalfe(1995)는 기술정책과 시스템의 관점에서 상향식의 다양한 혁신 기반의 중요성을 강조하고 있으며, 다원주의적인 혁신·기술 정책은 지역 주도로 중앙과 연결성을 갖게 되고, 지역 스스로의 가치를 실현하는데도 기여(Howells, 2005)하는 점을 주목하였다. 아래 표에서처럼, 광역지자체의 탄소중립 기본계획에서 '기술·혁신' 관련 키워드를 중심으로 정책 분석을 하였다. 이는 중앙과 지역 간 기후기술과 혁신에 대한 연결망을 확인할 수 있는 조사로 다원주의

관점에서 상향식 탄소중립 기술과 혁신에 대한 시사점을 도출하게 하는 것으로 이해될 수 있다. 추가적으로 본 조사에서는 지자체의 기후변화 대응계획과 함께 2차 자료를 활용하여 지역민들의 인식이 어떠한지에 대한 조사도 진행하였다. 이를 통해 정책 당국과 정책수용자 간의 인식이 어떤 차이가 발생하는지 혹은 어떤 의제에 주목하는지를 규명할 수 있었다.

1. 광역지자체 현안 및 대응

가. 수도권: 서울시, 인천광역시, 경기도

서울특별시[6]의 온실가스 2019년도 배출량은 45,960천 톤으로 2005년의 배출량인 49,445천 톤 대비 7.1%가 감소했다. 전체 배출량에서 건물과 운송 부문이 차지하는 배출량은 건물이 68.7%, 수송이 19.2%로 총배출량에 약 88%에 달하는 배출량이 건물과 운송 부문이 절대적인 비중을 차지했다. 서울시는 건물과 운송에 대한 집중적인 온실가스 감축 계획이 필요하다. 서울시는 2026년까지 온실가스의 30%를 감축하는 것을 목표로 하고 있다.

인천광역시[7]는 온실가스 배출량을 2030년 30.1% 감축, 2040년에 80.1% 감축을 선언했다. 2018년 기준으로 온실가스 총배출량은 66,177천톤이며, 여기서 대부분의 배출량은 에너지 부분이 차지했다. 그렇기에 인천시는 산업, 건물, 녹색 인프라 등으로 에너지 효율 개선과 에너지 절약, 청정에너지 보급이나 신재생에너지 확충 등을 중점적으로 추진할 것이다.

경기도[8]는 2030년 목표배출량을 온실가스 배출량 전망치인 77.4백만 톤 대비 31.2% 감축한 53.2백만 톤으로 설정하였다. 국가 2030 온실가스 감축 로드맵과 연계하여 비산업 부문을 중심으로 수립했다. 신축건물의 제로 에너지화나 기존 건물의 에너지성능 개선 등으로 모든 건물의 미니발전소 조성이나 친환경 교통수단 확대, 녹색물류 확대 등으로 교통체계를 친환경으로 전환 등을 계획하고 있다.

인천시는 기후변화에 관한 시민 조사[9]에서, 건강과 관련하여 기후변화가 영향을 미치는 정도가 다른 부문에 비해 가장 높은 점수로 나타났다. 우선으로 조치가 필요한 항목 중 매우 시급함으로 평가된 항목이 가장 많이 존재하는 부문이기도 하다. 반대로 가장 중요도가 낮다고 인지되는 부문은 국토/연안 부문이다. 하지만 취약성 평가결과는 2순위로 나타났으며, 특히 폭설에 대한 항목들이 취약성이 높다. 물 부문은 시민이 인식하는 순위는 2순위로 취약하다는 인식이 있지만 실제로 취약성 평가에서 물 부문은 5순위로 나타났다.

나. 충청・강원권: 대전광역시, 충청남도, 충청북도, 세종특별자치시, 강원도

대전광역시[10]는 2018년도 총배출량은 약 647만 톤이다. 이 중에서 수송에너지를 포함한 에너지 분야가 89%를 차지하고 있다. 대전은 2030년까지 온실가스 30% 감축을 목표로 한다. 건강하고 안전한 기후 안심도시, 대전을 위해 물 관리 부문과 건강 부문에 무게를 두고 신규과제를 확대할 예정이다. 물 관련으로는 도안 갑천지구 친수구역 조성사업이나 국가 하천 유지 관리

6) 서울특별시 기후환경본부(2022. 02.), 서울시 기후변화 대응 종합계획(2022-2026)
7) 인천연구원 인천기후환경연구센터, 인천광역시 환경기후정책과(2021. 12.), 제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획(‘22~’ 26), p.24~25
8) 아주대학교 산학협력단(2022. 04.), 제3차 경기도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2022-2026)
9) 인천연구원 인천기후환경연구센터, 인천광역시 환경기후정책과(2021. 12.), 제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획(‘22~’ 26)
10) 대전세종연구원(2022. 01), 제3차 대전광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획 수립

등이 있다. 건강 부문으로는 저탄소 이동수단과 체육시설 확충, 공공의료 기능 강화 등이 있다. 배출량이 가장 많은 에너지 부문은 폐기물 처리시설에서 나오는 폐자원 활용 방안, 공공청사의 낙후 시설로 인한 에너지손실률 증가에 따른 대책 등이 필요하다.

충청남도[11]는 2030 감축목표량을 온실가스 전망치 대비 28.9% 감축하는 것으로 설정했다. 총 감축량은 2030년 기준으로 10.6백만 톤일 것으로 예상한다. 기후변화 적응에 대한 무관심과 기후변화 적응대책을 위한 예산, 법, 인력의 부족과 조직 및 협력시스템 부족이라는 장애물 해소가 필요하다. 기후변화 적응이 기후관련 위험의 일시적인 회피가 아니라 지속가능한 삶으로의 전환을 요구하는 것이기에, 전환 과정에서 나타날 수 있는 부정적인 영향을 파악하고 전환의 비용과 편익을 공평하게 나누려는 노력이 필요하다. 코로나 펜데믹처럼 기후변화로 인한 영향이 사회적 붕괴에 이르지 않도록 다양한 상황에 맞춰 대비할 수 있는 자원이나 매뉴얼을 사전 준비를 해야 한다.

충청북도[12]의 2019년 기준 온실가스 배출량은 약 2700만 톤에 달하며, 2018년의 총배출량 약 2600만 톤 보다 3%가량 증가했다. 이에 충북은 2030년까지 2018년의 국가 온실가스 배출량 대비 40%만큼 감축할 것을 목표한다. 물 관리 부문은 홍수와 가뭄피해가 심각해 이에 대한 선제적 대응이 필요하다. 산림관리 및 교란종 피해로 생태계 관련 기존 정책보다 강화된 신규사업 및 정책이 필요하다. 기반시설 취약성 회복에 대한 연속적 사업 수립과 농작물 및 해충피해로 가축 피해 및 농업 인프라 구축에 대한 연속적인 사업 수립 또한 필요하다. 에너지 관련으로는 에너지 안정성과 관련해, 기존 정책과 연계 및 강화된 사업과 신재생에너지 전환을 위한 보급사업이 필요하다.

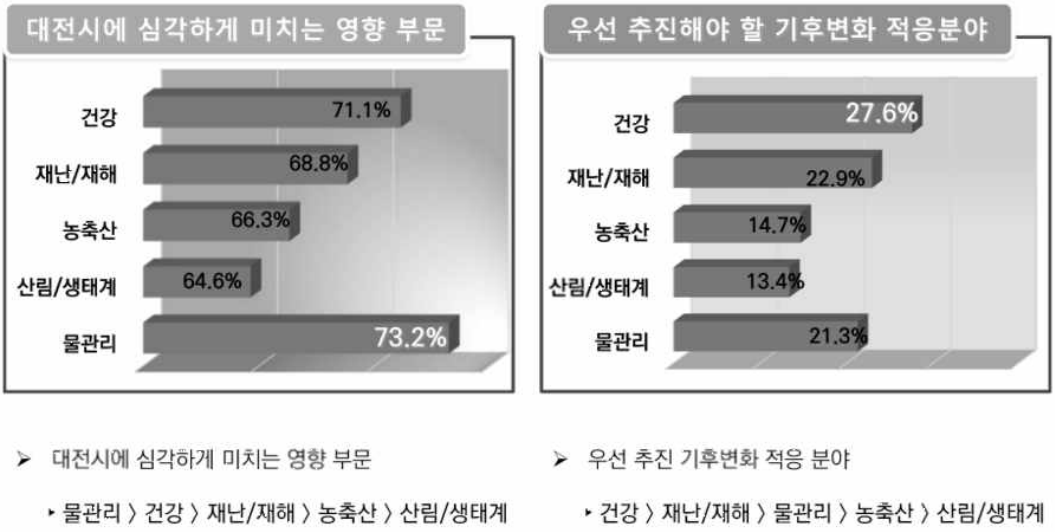
세종특별자치시[13]는 2018년에 온실가스 예상배출량은 99만3979 톤으로 예상배출량 대비 44% 수준을 줄였다. 2030년까지 온실가스 예상배출량의 77% 감축을 목표로 설정했다. 그리고 에너지 소비량의 25%가량을 신재생에너지로 해결하는 목표를 수립했다. 기후변화 영향을 고려한 취약성 평가에서 재난, 재해 분야에서 가장 취약한 것으로 나타났다. 다음으로는 농업 분야이다. 폭염으로 인한 가축폐사나 집중호우로 인한 농작물 피해 등과 태풍으로 인한 시설물 피해 등을 예방하는 방안을 중점적으로 추진할 계획이다.

강원도[14]의 2018년 온실가스 순배출량은 32,600만 톤으로 2005년과 비교했을 때, 12%가량 증가하였다. 강원도는 2050 탄소중립이 아닌 10년 빠른 2040 탄소중립을 선언했다. 즉 2040년까지 순배출량을 넘는 감축을 목표로 한다. 해양수산업의 피해 최소화와 연안 지역의 재해대책 강구를 목표로, 이를 위해 해수면 온도상승에 따른 수산업 피해 대책 마련과 난류성 어류의 양식 및 사업육성을 추진할 예정이다. 기후변화 대응을 위한 신재생에너지 산업의 육성으로 온실가스 감축 및 에너지 자립 향상을 통한 적응정책을 내실 있게 할 것이다.

대전시민 및 공무원이 참여한 기후변화 적응인식조사[15]에서, 대전에서 심각하게 미치는 영향 부문에서 물관리(73.2%), 건강(71.1%), 재난/재해(68.8%), 농축산(66.3%), 산림/생태계(64.6%) 순으로 결과가 나타났고, 우선 추진 기후변화 적응 분야는 건강(27.6%), 재난/재해(22.9%), 물관리(21.3%), 농축산(14.7%), 산림/생태계(13.4%) 순으로 결과가 나타났다.

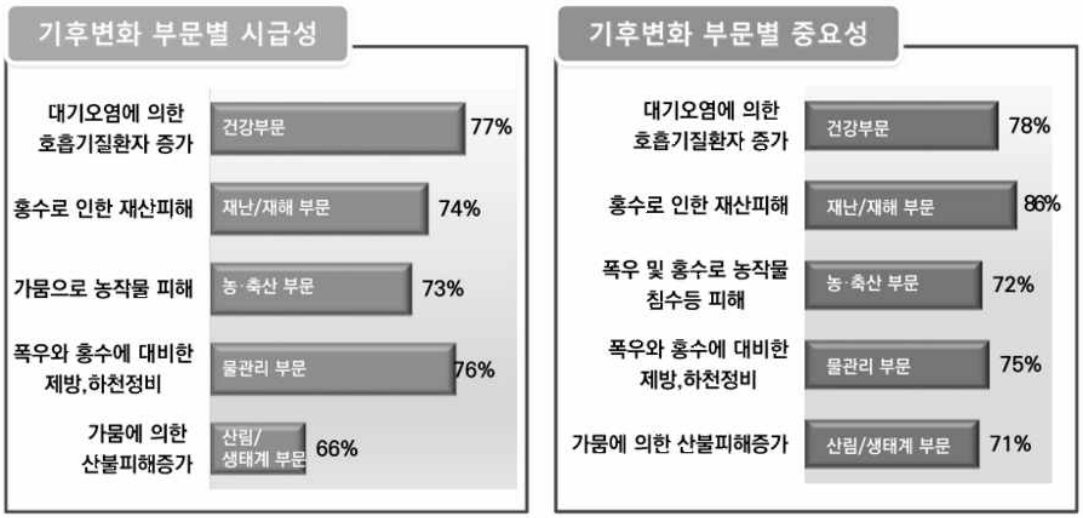
11) 충청남도(2022.5), 제3차 충청남도 기후변화적응대책 세부시행계획(2022~2026). p.358~359
12) 반영운(2022. 02), 제3차 충청북도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2022~2026). p.300~311
13) 공주대학교 산학협력단(2019. 12), 제2차 세종특별자치시 기후변화적응대책 세부시행계획. p.16~17
14) 박수진(2017. 05) 제2차 강원도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2017~2021)
15) 대전세종연구원(2022. 01), 제3차 대전광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획 수립. p.47~51

[그림 2-3] 대전시민의 기후변화 인식 정도 (기후변화 적응)



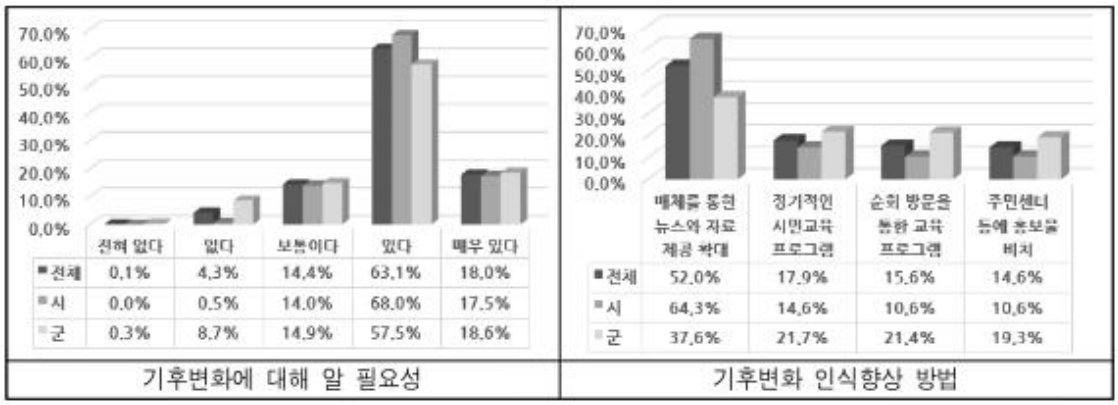
기후변화 적응대책의 부문별 시급성 인식조사에서 건강(77%), 물관리(76%), 재난/재해(74%), 농축산(73%), 산림/생태계(66%) 순으로 결과가 나타났고, 기후변화 부문별 중요성 인식조사에서는 재난/재해(86%), 건강(78%), 물관리(75%), 농축산(72%), 산림/생태계(71%) 순으로 결과가 나왔다. 즉, 물관리와 건강 부문에서 시민들의 체감이 크고, 시급하다고 느끼며, 기후변화로 인해 발생하는 문제 중 홍수피해의 중요성이 가장 중요하다고 인식하고 있으며, 대기오염으로 인한 호흡기환자 증가와 폭우와 홍수로 인한 피해 예방이 시급하다고 느끼고 있다.

[그림 2-4] 대전시민의 기후변화 인식 정도 (시급성 및 중요성)



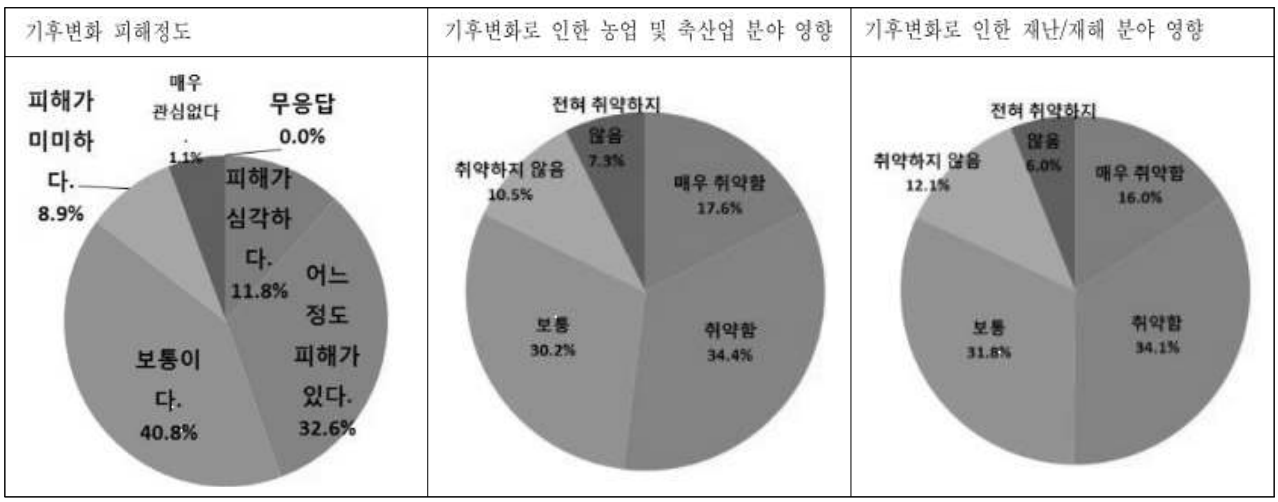
충청남도의 지역민들은 기후변화 이슈에 대해 긍정적인 반응이 대부분이었으며, 대중매체를 통한 홍보가 필요하다고 생각하는 이들이 많았다[16].

[그림 2-5] 충남 도민의 기후변화 인식 정도



물관리 부문에서 가장 피해증가가 우려되는 사항은 홍수피해 증가(83%)였으며, 생태계 부문에서는 외래종 증가(75.6%), 국토 부문에서는 저지대 및 도심 침수 위험(82.6%), 농수산 부문에서는 작물 생산성 감소 및 품질 저하(79.9%), 건강 부문에서는 모기나 진드기 등으로 인한 감염병 증가(76.7%) 등 각 부문에서 가장 우려되는 사항들이 있었다. 충남의 경우 시군별로 인식되는 우선 사항들이 다른 경우가 많았다.

[그림 2-6] 세종시민의 기후변화 인식 정도



세종특별자치시는 기후변화로 인한 피해 정도, 그 이후 각 부문에서의 영향에 대한 인식조사[17]를 진행하였다. 기후변화로 인한 피해가 발생했다고 인식하는 비율은 약 34%에 해당한다. 산림, 생태계, 물 분야에서 영향이 취약하거나 매우 취약하다고 생각하는 비율들이 다른 3부문에서 발생하는 취약하다고 인식되는 비율보다 적게 나타났다. 세종특별자치시는 생태계, 산림, 물관리 부문을 비교적 관심이 높다는 것으로 해석할 수 있다. 이외의 다른 부문에서는 취약하거나 매우 취약하다는 인식이 50%를 넘어섰다.

16) 충청남도(2022.5), 제3차 충청남도 기후변화적응대책 세부시행계획(2022~2026)
17) 공주대학교 산학협력단(2019.12), 제2차 세종특별자치시 기후변화적응대책 세부시행계획. p.226~249

전체적으로 건강분야에서는 폭염피해 예방과 취약계층 관리, 재해발생시 감염병 및 피해최소화 등 이에 대한 대책이 필요하다고 조사되었고, 재난, 재해분야에서는 복구시스템 수립이 가장 우선 시행해야할 사업으로 인식되고 있다. 생태계분야에서는 복원사업 활성화가 취약해 이를 보완하는 대책이 필요하다고 인식되고 있다.

다. 호남・제주권: 광주광역시, 전라북도, 전라남도, 제주도

광주광역시[18]의 2018년 온실가스 배출량은 9,804 천톤이다. 2020년 온실가스 감축률은 30%로 특광역시 중 최하위를 기록하였다. 이에 정부가 확정한 2030년 온실가스 감축목표인 40%를 달성하기 위해서는 앞으로의 배출량 감축률을 높여야한다. 기후변화 대응시범 도시(2008년 환경부 협약)지만 현재 온실가스 배출량은 연평균 약1.6%의 증가율을 보이고 있다. 온실가스 감축정책을 추진 중이나, 획기적인 대책이 필요하다. 이에 혁신추진위원회에서는 2050년 탄소중립도시 달성을 목표로 하는 비상사태를 선언하고, 에너지・건물・운송・식량 등의 분야에서 정부 그린뉴딜정책과 연계한 37개의 혁신과제를 권고했다.

전라북도[19]는 온실가스 배출량을 2011년 7.1%를 감축한 것을 시작으로 이후 매년 2~4%가량 상향된 목표를 달성였다. 2020년에는 정부 목표치인 30% 보다 높은 31.5%를 감축하였다. 기후변화 대응 핵심인 에너지 전환 관련 신재생 에너지 산업을 전략산업으로 육성하고 있다. 친환경자동차, 새만금 신재생 에너지 클러스터 사업 추진 등 국가 친환경 산업의 중심지를 구축 중이다. 친환경 신산업 육성과 지역경제 활성화 방안 모색과 지자체 차원의 노력과 함께 실질적인 전라북도 관리권한의 온실가스 감축을 위해서 도민이 온실가스 실천사업에 참여할 수 있는 거버넌스 체계 마련을 주요 방향으로 잡았다.

전라남도[20]는 2017년 총 탄소배출량인 92백만 톤을 기준으로 2030년까지 30.5%를 감축하는 것을 목표로 잡았다. 기후변화의 영향 때문에 발생하는 문제들의 원인에 대한 통제 및 관리 강화를 위한 기반 구축이 필요하다. 농업의 경우, 기후변화가 일으키는 품종의 변화와 생육조건의 변화를 감당할 수 있는 재배기술 확보에 중점을 두고, 수산자원의 경우, 신규어종 및 우량품종 개발을 통한 산업화 가능성을 제고할 필요가 있다. 산림과 연안 관련으로는 방재체계 구축을 통해 자연재해 대응력 상승과 붕괴 위험지역 선정 등으로 자연재해에 대비한 예방사업의 추진과 도시 숲에 대한 인식 개선과 이를 통한 도시 숲 확대로 기후조절 효과 및 생태 생물 서식집단 확대 등이 필요하다.

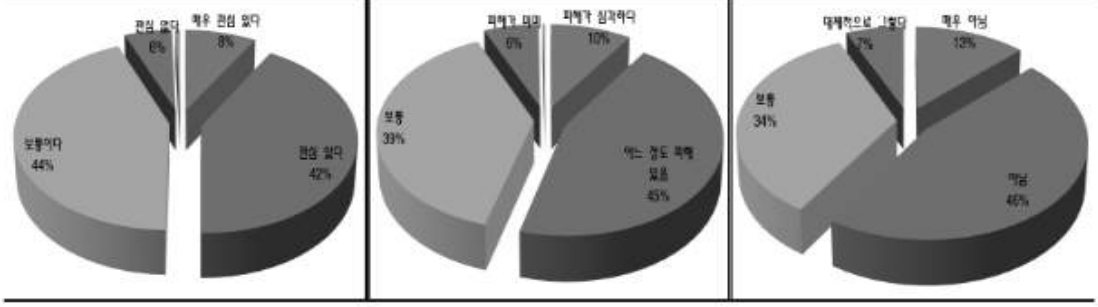
제주도[21]의 2018년 기준 온실가스 배출량은 4840천 톤이다. 2030년 국가 온실가스 감축 목표로 2018년 기준 대비 40% 감축을 설정했다. 빅데이터, IoT, 인공지능 등의 기술을 활용하여 기후변화가 미치는 영향을 모니터링하고, 이를 기반으로 맞춤형 기후영향 정보서비스를 제공하는 체계 구축을 계획했다. 농업 분야에서 기후변화 대체품종 농작물을 실증화하는 사업을 추진하고, 기후변화에 대비하여 ICT 기반 환경제어형 스마트 농가 조성 추진을 계획했다. 녹색 인프라 확충과 시설물 구조 강화 등을 통해 집중호우나 폭염, 폭설 등에 취약하지 않은 취약성 제로 단지 조성을 추진할 계획이다.

18) 건축공간연구원, 광주시, 광주혁신추진위, 2050 탄소중립도시 달성 권고(2020.7.19)
http://www.aurum.re.kr/Research/PostView.aspx?mm=1&ss=1&pid=20860#.Y2R7oHblK3A
19) 장남정(2018.12), 전라북도 기후변화대응 기본계획. p.106
20) 이우범(2022.3), 제3차 전라남도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2022~2026). p.16~19
21) 강진영(2016.11) 제주특별자치도 기후변화적응대책 세부시행계획

광주광역시는 기후변화에 관한 시민의 인식조사[22]를 진행하였고, 그 결과 광주 시민들은 기후변화에 관심이 없는 사람은 적었으며 인식적으로 피해는 어느 정도 있으나 정책수행은 제대로 하고 있지 않다고 생각하고 있었다. 각 부문에서는 광주시민들이 느끼는 기후·환경에 대한 심각도를 알 수 있다. 광주시민들은 건강 부문이 가장 심각하다고 인식하고 있으며, 이외의 항목들은 다들 비슷하게 인지 중이다. 또한 심각하지 않다고 인지하는 비율은 대체로 10% 안팎이었다.

[그림 2-7] 광주시민의 기후변화 인식 정도

기후변화 관심도			기후변화 피해정도			기후변화 정책수행 정도		
구분	빈도(명)	비율(%)	구분	빈도(명)	비율(%)	구분	빈도(명)	비율(%)
매우 관심 있다	33	8.5	피해가 심각하다	37	9.5	매우 아님	50	12.8
관심 있다	163	41.8	어느 정도 피해 있음	175	44.9	아님	180	46.2
보통이다	170	43.6	보통	152	39.0	보통	134	34.4
관심 없다	22	5.6	피해가 미미	25	6.4	대체적으로 그렇다	26	6.7
매우 관심 없다	2	0.5	피해가 매우 심각	1	0.3	매우 그렇다	0	0.0
합계	390	100.0	합계	390	100.0	합계	390	100.0



전라남도의 일반인 설문 결과[23]는 기후변화에 대한 관심과 인식 수준이 대체로 높았다. 전남에서 거주하는 도민들이 가장 높게 인식하고 있는 부문은 농업 부문(80.8%)이고, 가장 낮은 부문은 생태계 부문(66.9%)으로 나타났다. 기후변화에 대한 적응이 필요하다고 인식하는 비율은 60.9%에 해당했으나, 적응대책 시행 사실은 48.3%만이 인지하고 있었다. 도민들이 생각하는 우선순위는 농업(72.8%), 건강(66.2%), 재난/재해(60.3%)순으로 응답하였다.

라. 영남권: 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 경상북도, 경상남도

부산광역시[24]의 2018년 총 온실가스 배출량은 2,674만 톤이다. 전국 기준으로는 3.7%수준이다. 부산시는 온실가스 배출량을 2030년까지 47.9% 감축하는 것을 목표로 설정했다. 연 강수량의 절반 이상이 여름철에 집중되는 양상을 보이고, 여름철 폭염으로 인한 낙동강 녹조 등이 심각한 상태이다. 이 외에도 급한 경사로 인해 해양으로 흘러들어가는 물로 인한 해수면 상승과 폭염으로 인한 해수온 변화 등이 발생했다. 시민 대상 인식조사 결과도 물 관리 부문이 15%로

22) 광주광역시(2021. 04), 제2차(2021~2025) 광주시 기후변화 적응대책 세부시행계획
23) 이우범(2022. 03), 제3차 전라남도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2022~2026)
24) 최경식(2022. 03.),제3차부산광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획서(2022~2026)

가장 취약하다고 응답했다. 등급별 지역안전도 진단으로 나타난 부산광역시의 평균 등급은 4.5등급으로 나타났으며, 해운대구는 10등급으로 지역안전도가 가장 낮았다. 또한 태풍영향 평균 횟수(최근 10년 평균 4회, 2019년 7회)가 늘어나 태풍, 호우로 인한 건축물 붕괴나 지하차도 침수 등이 발생했다. 부산시는 물 관리와 국토·연안, 지속적인 온도상승으로 인한 취약계층의 건강 부문에 중점을 두고, 기후변화로 인한 수질오염 방지 기반마련, 지속가능한 홍수 대응체계 구축, 건강 취약계층 보호 환경 조성, 신재생에너지 보급 및 산업 재해 역량 강화 등을 목표하고 있다.

대구광역시[25] 대구의 2018년 온실가스 배출량은 943만 톤이며, 2021년 배출전망치의 13.3%에 해당하는 152만 톤의 온실가스를 감축했다. 대구는 2030년까지 45%, 2040년까지 70%를 줄이겠다는 목표를 잡았다. 기온감축을 위한 녹지 네트워크 구축, 폭염에 대비하는 공동편익시설 강화와 같은 사업을 통해 시민의 건강에 기후변화 적응 기반을 마련하고 기후변화의 영향을 최소할 예정이다. 지류지천 수질 모니터링 강화, 빗물이용시설 설치 지원 등으로 물수요관리를 통한 안정적인 수자원 확보와 기후변화에 대비한 오염원 관리 강화를 뒷받침한다.

울산광역시[26]의 2019년 온실가스 배출량은 3846.7만 톤으로 2018년보다 6.29%(258만 톤)을 감축했다. 시민 의식 조사 및 기후변화 취약성 평가도구 시스템(VESTAP)(기후변화 취약성 평가도구)평가를 통해 물 관리, 국토 부문에 중점을 두었다. 태풍피해가 최근 5년 동안 누적 661억원에 달한다. 이에 울산시는 재난 경감을 위한 과학 기반의 기후적응 및 국제협력 추진과 하수처리수의 재이용 확대 사업과 같은 물 순환과 이를 이용한 생태계 활성화를 목표하고 있다.

경상북도[27]의 2019년 총 온실가스 배출량은 5,805만 톤이며, 그중 산업 부문 배출량은 4,097만 톤으로 71%를 차지하고 있어 산업부문 온실가스를 감축해야 탄소중립이 가능하다. 기후변화에 대비한 지역의 물 관리 대응력 강화와 지속 가능한 농수산 환경 및 식량자원 생산 기반 구축, 기후변화에 따른 건강피해 사전예방 체계 마련, 국토 및 연안의 기후재해 대응을 위한 기반시설 강화, 여름철 호우, 태풍 피해 예방관리를 위한 소하천 정비 사업, 지방상수도 확대사업 등 산업과 관련된 것 뿐만 아니라 도민의 건강과 안전을 위한 다양한 부문의 사업도 추진 계획에 있다.

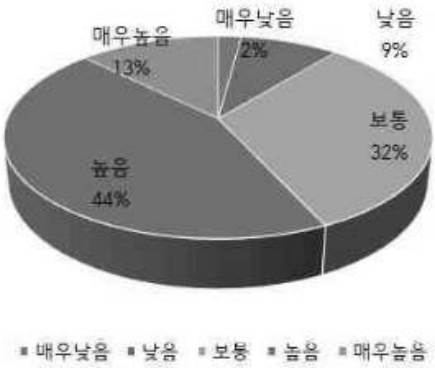
경상남도[28]의 2019년 온실가스 총 배출량은 5,918만 톤으로 전국 17개 시,도 가운데 네 번째로 많다. 경남의 2030년까지의 목표는 온실가스 60% 감축이다. 기후위기 적응 전략으로 기후변화 대비 수자원 관리 및 다변화, 건전환 물 환경 조성, 생태계 모니터링 및 대응 기반 강화, 보전 및 복원을 통한 생태계 건강성 유지, 기후변화 대비 생태계 재난관리, 기후재해 대응 기반 강화, 기반시설 건축물 적응능력 제고, 기후적응 농축수산 기반 강화, 안전한 농수산 환경보전 등이 있다.

경상북도는 6개의 부문에서 각각의 항목을 구분하고 그에 대한 설문조사[29]를 진행하였다. 물관리 부문에 해당하는 항목 중 하나로, 폭우로 인한 하천/호소로의 오염물질 유입증가의 영향을 묻는 질문에 매우 높음과 높음으로 57%가 응답했다.

25) 김기호(2016. 12), 제2차 대구광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획(2017~2021)
26) 울산연구원(2021. 09), 울산광역시 제3차 기후변화적응대책 세부시행계획 수립
27) 이경수(2022. 01), 제3차 경상북도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2022~2026). p.311
28) 정승호(2022. 08), 제3차 경상남도 기후위기 적응대책(2022~2026)
29) 이경수(2022. 01), 제3차 경상북도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2022~2026). p.171~221

[그림 2-8] 경북의 폭우로 인한 하천/호소로의 오염물질 유입 증가

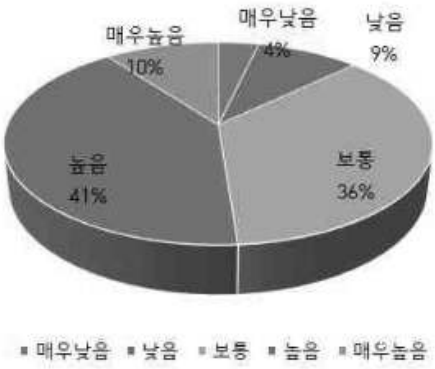
구분	빈도(명)	비율 (%)	유효 비율 (%)
매우낮음	12	2.1	2.1
낮음	51	8.8	8.9
보통	185	32.0	32.1
높음	255	44.1	44.3
매우높음	73	12.6	12.7
소 계	576	99.7	100.0
미응답	2	0.3	-
전체	578	100.0	-



이외에도 가뭄 및 수생태계 관련 설문 조사에서도 기후변화가 미치는 수질 악화, 건천화 심화 등의 영향을 묻는 다양한 설문에도 높음과 매우 높음의 합이 매우 높았다. 생태계 부문에서도 강수량, 기온 상승과 관련되어 토양 미생물 변화나 도서 생태계 변화 등에 영향을 어느 정도 미쳤느냐에 따른 설문에도 대부분의 설문에서 절반 이상이 높음과 매우 높음에 분포되어있었다.

[그림 2-9] 경북의 기온 상승 및 해수면 상승으로 인한 도서 생태계 변화

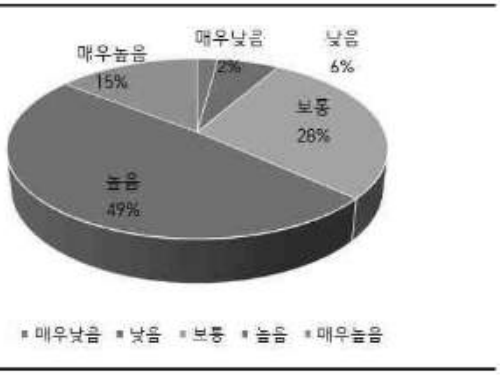
구분	빈도(명)	비율 (%)	유효 비율 (%)
매우낮음	21	3.6	3.7
낮음	53	9.2	9.2
보통	206	35.6	35.9
높음	235	40.7	40.9
매우높음	59	10.2	10.3
소 계	574	99.3	100.0
미응답	4	0.7	-
전체	578	100.0	-



6개의 부문 중, 농수산 부문과 국토 연안 부분이 가장 기후변화에 대한 영향에 대한 설문들이 주로 높음과 매우 높음의 응답 비율이 가장 높았다.

[그림 2-10] 경북 폭염 및 한파로 인한 축사 에너지 사용량 증가

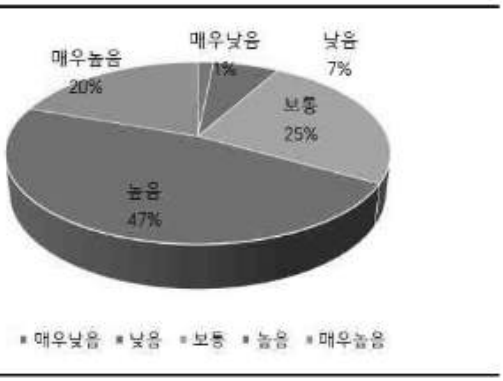
구분	빈도(명)	비율 (%)	유효 비율 (%)
매우낮음	12	2.1	2.1
낮음	36	6.2	6.3
보통	163	28.2	28.3
높음	281	48.6	48.9
매우높음	83	14.4	14.4
소 계	575	99.5	100.0
미응답	3	0.5	-
전체	578	100.0	-



농수산 부문의 설문 중 하나였던 축사 에너지 사용량 증가에 대한 항목인데, 매우높음 과 높음이 64%에 육박했다.

[그림 2-11] 경북의 폭우로 인한 저지대 침수 위험 증가

구분	빈도(명)	비율 (%)	유효 비율 (%)
매우낮음	9	1.6	1.6
낮음	38	6.6	6.6
보통	144	24.9	25.0
높음	272	47.1	47.2
매우높음	113	19.6	19.6
소 계	576	99.7	100.0
미응답	2	0.3	-
전체	578	100.0	-



국토/연안 부문에서 폭우로 인한 저지대 침수 위험 증가에 대한 항목 또한 매우 높음과 높음의 합이 67%를 차지했다. 경북에서는 농축산 부문과 국토/연안 부문에서 발생하는 문제들이 가장 크게 체감되는 듯하다.

2. 광역지자체의 기후기술・혁신 계획

가. 수도권: 서울시, 인천광역시, 경기도

서울특별시[30]는 건물 100만호 에너지 효율화를 위해, 시 건물은 ZEB(Zero Energy Building)로 추진하여 에너지성능을 70% 개선하고, 타기관 건물은 BRP(Building Retrofit Program)로 추진할 계획이다. 어린이집, 보건소 502개소를 계획 중이다. 이 외에도 미관개선, 태양광 패널 설치로 에너지 성능을 30%가량 개선할 계획이다. 주택 건물 에너지효율화에 융자 및 보조금을 지원하여 민간 건물 에너지효율화사업 확대를 추진하고, 이를 제로금리, 8년 이내 균등분할상환 등으로 지원한다. 물재생센터, 차량기지 등의 도시기반시설을 활용하여 지속적인 민자 유치

30) 서울특별시 기후환경본부(2022. 02.), 서울시 기후변화 대응 종합계획(2022-2026). p.8~12, p.18, p.21~22

를 추진하고, 기존 주유소 약 550여개를 태양광・연료전지 발전, 전기・수소차 충전 등 시민편의 서비스를 제공하는 에너지 스테이션(TES, Total Energy Station)으로 전환할 계획이다. 또한 에너지효율화사업(BRP, Building Retrofit Program))을 통해 수열, 지열 등으로 건물 냉난방 등으로 활용하고, 수자원 낙차를 활용한 전력생산과 암사정수센터, 한강 잠실 수중보의 낙차를 활용 등 하천 및 상하수도 시설의 소수력 잠재조사 및 보급확대 등으로 다양한 신재생에너지 보급이 예정되어있다.

서울시는 빗물, 유출지하수, 중수, 재처리수 등의 다양한 도시의 물 자원을 통합 활용시스템을 구축하여 실개천, 분수대, 도로청소, 쿨링포그 등으로 이용할 수 있게 하고, 빗물이용시설, 중수도 시설 재처리수의 공급대상 확대로 상수도 사용량 절감 및 하수처리의 부하 감축 효과를 노릴 것이다. 지천 르네상스 추진을 통한 수변 공간 확대와 하천 및 주변생태복원을 추진하는 등 충분한 유량 확보와 바람길 형성을 통해 도심의 열섬현상을 완화하는 물이 순환하는 물의 도시를 계획하고 있다. 장기사용 중인 상수도관을 정비하고, 사물인터넷(IoT)을 활용한 스마트 원격검침 구축과 노후 하수관로, 상습침수지역 하수관로 정비 등을 통해 재해 대응능력 증진, 도로열선 등의 원격제설시설 설치 확대 등으로 기후재해 대비 안전도시를 조성할 예정이다. 스마트 헬스케어 시스템인 ‘온서울 건강온’을 활용하여 기후위기 취약계층에 기후재난 정보를 신속히 제공하고, 감염병 확진자 통합 DB시스템에 의한 정확한 데이터분석으로 신속한 감염 고리를 차단하는 것 등으로 폭염 및 감염병에 대비한 시민건강 보호를 목표로 한다.

인천광역시[31]는 기후변화적응기반강화를 위해 기후변화 적응 DB를 구축하고, 기후변화 적응 네트워크 참여 및 웹사이트 홍보와 기후변화 적응 교육의 확대를 통해 시민 인식을 제고시키고 있다. 지속가능한 국제 네트워크 구축과 R&D 및 중장기 모니터링 기반 확충과 인천기후환경연구센터의 적응 및 탄소중립 지원 기능 확대 등으로 인천지역 기후 리스크 조사기반을 구축한다. 지속가능한 청정에너지를 활용한 100% 자립섬을 조성한다. 이는 태양광, 풍력, 지열 등으로 디젤발전의 의존도는 낮추고 신재생에너지를 보급할 것이다. 덕적도와 백아도, 지도 등이 진행 중이다.

경기도[32]는 태양광 예비 건축물 인증, 마이크로그리드 저탄소 에너지 자립 지구 조성, 제로에너지 공공입대주택단지 조성 등의 전략사업으로 신축건물 제로에너지화를 계획한다. 이 외에도 민간건축물 그린리모델링, 에너지 연계형 도시재생 사업, 경기도 녹색아파트 만들기 등을 통한 기존 건물의 에너지 성능 개선도 추진할 것이다. 광역 BRT확충이나 대용량 버스 투입, 광역버스 좌석 예약제 확대 등의 전략사업을 통해 대중교통의 서비스를 개선시키고, 공공자전거 도입 확대나 전기 시내버스 도입을 통해 친환경 교통수단을 공급할 예정이다. 이 외에도 화물 친환경 경제운전 교육 강화를 통한 녹색물류 산업 활성화 등으로 수송 및 운송 부문에서 발생하는 온실가스 감축을 계획하고 있다.

나. 충청・강원권: 대전광역시, 충청남도, 충청북도, 세종특별자치시, 강원도

대전광역시[33]는 스마트 물관리 체계의 구축과 물 순환 선도도시의 조성을 위해 기존 LID(Low Impact Development)시설 유지관리 및 신규공동 주택 등의 LID(Low Impact

31) 인천광역시(2021. 12.), 제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획(‘22~’26). p.105~110
32) 아주대학교 산학협력단(2022. 04.), 제3차 경기도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2022-2026)
33) 대전세종연구원(2022), 제3차 대전광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획 수립. p.73~74, p.77~78, p.81~82

Development)시설 설치를 권고할 것이다. 재난관리 지원통합 관리시스템 구축으로 감염병 및 풍수해 등 각종 재난 발생 시, 필요한 자원을 빠르게 공급하고, ICT(Information & Communications Technology)를 활용하여 공급망, 입출고, 재고관리 등을 도모할 것이다. 기후변화 취약계층의 건강보호를 위해 통합 진단감시 플랫폼을 구축하여 급변하는 기후변화와 미래 사회 환경변화에 따른 신종, 변종 감염병과 상시 위협 및 신종질병 출현 다양화를 선제적 예방 및 대응한다. 감염병 확인진단은 수인성 식품매개질환 등 법정 감염병을 신속, 정확히 진단하고, 실험실 감시사업은 설사질환, 호흡기질환, 매개체 감염병 등 예방하고, 식중독 원인규명은 식중독 발생 시 신속하게 진행하여 식중독 확산을 방지한다. 에너지 부문에서 2022년부터 2026년 까지 가정용친환경보일러 설치지원 사업, 폐자원의 재생에너지 전환, 지역에너지 절약사업 등을 추진할 계획이다. 매립가스, 태양광발건, 바이오가스, 스팀 생산 판매나 공공청사 노후 냉난방시설 개선, 도로 원격제어시스템 구축 등의 세부계획이 있다.

충청남도[34]는 ICT를 적용한 농축산업 과정에서 3D 농작업 응용을 확산할 것이다. 극한기온 시설하우스 파종, 관리, 수확 등의 관리 및 축사관리 작업과 건강한 농축산물 생산 및 공급체계 구축계획이다. 금강 수량을 활용하여 가뭄 상습지역 농업용수의 안정적 공급 등과 함께, 인공지능 기술을 적용한 스마트 농장의 생산, 환경, 정보 혁신을 진행하고, 화학비료 과다사용과 가축분뇨 과다 발생에 대응하기 위한 탄소배출 감축 중심 기술 개발로 농림축산업의 공익적 가치 증대를 목표한다. 해양수산의 혁신성장 기본 조성을 목표로 부남호 역간척을 통한 해양생태도시 조성한다. 부남호는 농업용수 활용이 불가능하므로 해수유통을 통한 해양생태계 및 수산자원 복원에 활용하고, 연안바다목장 및 인공어초 등을 추진하고, 수산물 인공 산란, 서식 공간을 확충하여 수자원을 증강할 것이다. 유역 저류량 및 침투량 증가로 건강한 물 순환 체계를 구축할 계획이다. 다중워터루트시스템 구축사업, 다양한 수원 확보로 물 이용 안정성 확보, 물환경 통합모니터링 및 하천 개선사업 추진 등으로 수질・유량・수생태계 통합 모니터링을 통한 물환경 DB를 구축한다. 이러한 사업과 활동 등을 통해 수자원을 통한 주민의 환경권을 보장하는 생활환경 조성할 계획이다.

충청북도[35]는 적수, 유충발생 등 수도사고 발생을 예방하고 피해를 최소화하기 위해 통합관리시스템을 구축하고 충청북도 상수도 운영 및 관리 수준을 향상할 것이다. 기후변화로 인한 수돗물 사고 사전 예방 및 사고 발생시 오염물질 제거 등을 통해 피해 차단 및 영향을 최소화하는 스마트 지방 상수도 지원사업을 22년 7개 시,군(보은, 옥천, 영동, 증평, 진천, 괴산, 음성)에서 추진할 예정이다. 기후변화로 인한 기온상승 및 가뭄으로 산불발생에 대한 대응으로 기계화 산불시스템 구축과 이를 뒷받침 하는 지속적인 장비사용 숙달 및 산불진화 체계 정착을 계획하고 있다. 스마트 농업단지 조성을 통해 기존 노지 영농농업의 한계를 극복하고, 스마트 생산 유통 및 데이터 관리 체계를 구축하여 농업단지의 관리 및 유지를 이어갈 것이다. 신재생에너지 융복합 지원사업을 통해 기후변화로 인한 생산성 감소, 발전설비 피해 등의 신규 리스크 확대를 막고, 기후변화 적응확산 기반 마련 및 온실가스 감축을 위한 신재생에너지 확산에 이바지한다.

세종특별자치시[36]는 산업단지 및 기후변화로 인해 발생하는 먼지, 미세먼지 등에 대한 관심

34) 충청남도(2022. 05), 제3차 충청남도 기후변화적응대책 세부시행계획(2022~2026). p.320~323
35) 반영운(2022), 제3차 충청북도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2022~2026). p.346, p.374, p.413, p.442

과 심각성이 증가하고 있다. 이를 위한 기후변화 대응 온실가스 감축 운동의 확산이 필요하다. 탄소 포인트제 운영 확대를 실시한다. 가정과 아파트 단지 등 가입을 확대하고, 이 외에도 조기폐차사업 및 배출가스 감축장치를 부착하고, 유증기 회수 및 지원사업, 소규모 방지시설 설치 지원 등을 추진하여 기후변화 감시 시스템을 구축한다. 가축에서 나오는 분뇨의 적정처리로 자연, 생활환경 보전과 수질오염을 방지하고, 분뇨를 유기질 퇴・액비 등으로 자원화하여 친환경 축산기반을 구축한다. 가축분요 자원화에 의해 생산된 퇴・액비는 농경지에 살포되고 있으나, 부정적 살포로 인한 악취, 토양양분집적 및 수계 유출 등이 발생하고 있다. 이를 개선하기 위해 퇴・액비 시절장비를 지원하고, 정착촌구조개선, 액비 저장조를 개보수한다. 친환경 축사시설 장비 지원과 축사시설 개선을 통한 사육환경 개선과 생산성 향상을 도모한다. 축사시설의 오염으로 인한 피해 급증으로 이에 따른 해결책을 강구하여 가축축사의 기후변화 영향을 최소화할 예정이다. 자연재해 예방 및 대비를 통한 선제적 재난관리와 자연재해 감축 및 예방을 위한 로드맵을 마련이 필요하다. 이를 위해 자율방재단 활성화, 불규칙적이고 비예측적인 자연재해 대응전략을 마련하고, 민・관・군 통합대응역량 강화와 재해위험 지구 개선사업을 추진하는 등 적응 재난 관리 시스템을 구축할 계획이다.

강원도[37]는 안전사고 발생가능성이 높은 영세어업인의 재산과 생명 보호를 위해 어선사고 zero화를 위한 안전장비를 구축할 것이다. 이는 효율적인 재해관리를 위한 기본 인프라 구축에 포함되고, 인명피해 예방을 위한 기능성 구명복 등 지원으로 어업인의 안전한 조업활동을 도모하여 생산량도 안정적으로 늘어날 것이다. 하천재해예방 사업을 추진하여 수해발생의 최소화와 수해의 사전예방으로 주민의 생명과 재산을 보호할 것이다. 62개소 212.91km에 4,845억 원을 투자하여 재해 피해를 최소화하고 안정된 생활기반을 조성할 것이다. 해수면 상승, 해일성 파도 발생 빈도가 잦아져 월파로 인한 항내 정온도 저하로 어선의 안전정박이 취약해짐에 따라 재해취약 지방어항 시설 정비를 추진할 예정이다. 명태자원회복 프로젝트를 추진하여 최근 과도한 어획과 해양환경 변화 등으로 인한 우리나라 동해안 명태 자원량의 급감을 막을 것이다. 국내산 건강한 어미명태를 확보하고, 성장 및 생존율 향상을 위한 시험연구 및 종자생산을 한 이후 방류 할 것이다. 또한 명태 대량종자생산 기반시설 구축사업을 추진하고, 이후에 양산체계를 갖춰 진행할 것이다. 공공기관 소유의 건물이나 시설물에 신재생에너지 설비를 보급하여 에너지 수급 여건을 개선하고, 이를 통해 기후변화 정부정책에 적극 대응할 것이다. 처음은 도내 33개 지역에 지원 사업을 추진할 것이며, 이후 지속적으로 확장하며 사업을 추진할 것이다.

다. 호남・제주권: 광주광역시, 전라남도, 전라북도, 제주도

광주광역시[38]는 공공건축물이나 자전거 전용도로 등을 활용해 도시공간을 재생에너지 전환 모델로의 개발 및 확산과 녹색전력생산 그린보상제 등으로 시민 주도의 분산전원을 확대한다. 또한 공공건축물에 온실가스 총량제 도입이나 녹색건축물의 설계기준 강화, 낡은 건물의 그린리모델링, 내연기관 차량의 감축 등으로 건축분야와 운송 분야에서 탈탄소화를 목표한다. 또한 친환경의 지역 식재료(local food) 공공구매 비율 확대, 탄소 없는 날 지정, 저탄소식단의 개발

36) 세종시(2019. 12), 제2차 세종특별자치시 기후변화적응대책 세부시행계획. p.273~275, p.285~286, p.302
37) 박수진(2017. 05) 제2차 강원도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2017~2021)
38) 광주광역시(2021. 04), 제2차(2021~2025) 광주시 기후변화 적응대책 세부시행계획. p.261~264, p.278~281

및 보급 등으로 친환경적 식문화를 확산한다. 4개 분야의 대책 이외에도 민・관 협치 자원순환 마을 발굴 및 지원, 자원순환 생산물품 적정가격 보상제 도입, 재활용 폐기물 수집 및 운반이나 ICT 기반 자동화 지원 등으로 시민주도의 지역 자원순환실행체계를 구축하고 활성화 할 것이다.

전라남도[39]는 기후변화 적응형 지속가능한 물 관리 체계를 구축할 계획이다. 이는 수자원 확보 및 관리체계의 필요로 인한 것이다. 다양한 수자원 확보를 통한 하천 수량 감소 등에 대응하고 수돗물의 관리체계를 강화할 것이다. 수생태계 건강성 증진을 위한 수생태계 복원 및 수질 개선도 진행하고, 농어촌 생활용수 및 도서지역 식수원 개발 사업, 하수처리수 재이용사업, 물 소외지역 광역상수도 공급사업, 스마트관망 관리 인프라 구축 등을 추진할 예정이다. 지역 맞춤형 재해예방 확대와 기후변화에 따른 사회적 취약성이 강화되면서 이를 사전예방 하고자 하는 방재체제 구축과 이를 통한 재해 감축 및 발생 시 피해를 최소화하는 것을 목표한다. 연안구조물 저해요소 전파 및 공유시스템 개발, 도민 안전공제 보험사업, 해수면 상승에 따른 연안침식 정비, 복원사업 등을 추진하여 도민 참여형 적응기반 강화 및 직접적 에너지 복지확대 할 것이다. 중소기업 기후 상황 전파체계 구축, 산업지구 기후변화 취약성평가 시스템 구축, 산업부문 기후변화 위험 관리 강화 및 적응 전략 수립, 가정용 저질소산화물(low NOx) 보일러 보급사업 등을 추진해 지속가능한 미래생산 기반 조성 및 선진 방역체계를 구축할 것이다.

전라북도[40]는 에너지 전환 및 절약을 선도하고 참여자의 수익환원을 통해 삶의 질을 높이는 전북형 에너지 사립마을을 추진하고 있다. 마을 공동체를 중심으로 단순 시설보급이 아닌 에너지 절감 실천사업을 병행함으로써 실직적인 온실가스 감축에 기여할 수 있는 에너지 전환 공동체 사업의 확대가 필요해서 진행하는 사업이다. 2030년 9,434CO_2eq만큼(200개 30가구/개)의 감축량 예측을 하고 있다. 상업용 건축물이 많은 온실가스를 배출하고 있음에도, 판매시설이 고객 유인, 숙박-위락 시설의 에너지 시설, 저장시설의 온도조절 시설 등 에너지 소비변화에 한계가 있어 단순한 홍보 및 교육으로 실천사업 효과를 기대하기 어렵다. 이에 태양광을 활용한 새만금 재생에너지 보급 사업을 추진예정이다. 2.5 GW규모의 태양광 발전소 사업의 일부 온실가스 감축량을 상업건물 비관리 사업으로 대체하고자 한다. 음식물류 폐기물의 대부분이 퇴비내지 사료로 재활용 처리되고 있다. 하지만 악취문제 및 낮은 수준의 퇴비혼합원료 등 적절한 처리 및 유지에 한계가 있고, 건조과정시 에너지사용에 따른 온실가스 배출량이 높다. 고액분리된 음폐수와 음식물을 활용한 바이오가스 생산기술을 적용할 경우 화석연료사용을 대체하고 기존 처리방식보다 월등한 온실가스 감축효과를 얻을 수 있다.

제주도[41]는 지속적인 연평균 기온의 상승으로, 아열대 작물의 재배가 가능해짐에 따라 제주지역을 아열대농업 주산지로 육성하고, 이를 통해 재배기술을 정립하여 기후변화에 따른 미래 농산업에서의 선점을 기대한다. 기온상승, 폭염, 가뭄, 한파 등의 극한상황에서 영향을 덜 받아 수확에 영향을 미치지 않게끔 감귤의 신품종 개발을 계획 중이다. 기후변화 영향을 고려하여 재난위험도 평가 시스템을 개발하여 도민 및 관광객의 인명 및 재산피해를 감축하고, 사전에 대비하거나 재난위험이 있는 지역이나 시설물을 관리하여 재해위험요인을 제거할 것이다.

39) 이우범(2022), 제3차 전라남도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2022~2026). p.170~177
40) 장남정(2018), 전라북도 기후변화대응 기본계획. p.111~116, p.163~166
41) 강진영(2016. 11) 제주특별자치도 기후변화적응대책 세부시행계획

라. 영남권: 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 경상북도, 경상남도

부산광역시[42]는 스마트 관망관리 인프라 구축 및 모니터링 관리를 진행하고, 수돗물 수질사고 발생 시 대응이 미흡한 부분을 ICT를 활용한 실시간 수량, 수질 감시 및 신속대응이 필요하여 현재 이에 관한 과제들이 추진 중에 있다. 이 외에도 빗물이용시설 설치, 민간지원 사업, 비점오염감축시설 설치 등을 통해 하천 및 연안으로의 오염물질 유입을 감축하는 등의 물 관리 부문에서의 과제를 추진 중이다. 온실가스 거래제 정착을 위한 제도개선 및 보완, 전력수요자원 거래시장 참여 확대, 자전거도로 네트워크 구축 등 탄소흡수권 확대를 위한 산림병해충 방제, 항공정밀 탐색 시스템 도입, 산불 전문 예방진화대 등을 통하여 온실가스 감축 의무를 실효적으로 이행할 계획이다. 선진국 수준의 에너지원단위 달성을 위한 친환경 자동차 보급과 건물관리에너지시스템(BEMS)의 도입과 수요관리 시장 효율화 및 부하관리 정책 개선을 계획했다. 공공시설부터 도시철도 인근 지하상가, 상수도관련 시설 등 LED조명으로 교체하고, 재생에너지 확산기반 마련과 함께 공공시설, 박물관, 학교 등 다양한 시설에 태양광발전설비 보급과 친환경 수소연료선발 R&D 플랫폼 구축사업 등 다양한 사업을 통해 깨끗하고 안전한 에너지 전환을 진행할 예정이다. 녹색경제 구조혁신과 성과도출을 위해 전주기적 녹색 R&D 투자, 담수화 R&D 혁신단지, SW융합 클러스터, 부산연구개발 특구, 클린에너지기술 혁신기업, LNG벙커링 기자재 시험평가 설비 및 시험기술 개발 등으로 지금까지와는 다른 녹색경제의 구조혁신 및 성과도출을 목표로 한다. 에너지 저소비형 스마트 도시 및 농어촌 마을 조성, 첨단 친환경 스마트양식 클러스터, DaaS(Drone as a Service)기반 글로벌 스마트오션시티 구축사업, RFID(Radio Frequency Identification) 기반 생물학적 재활용 시설 설치사업, 생곡매립장 LPG 발전시설 운영 등으로 기후 적응력 및 국토 안정성을 강화한다. 내재해형 시설하우스 설치지원 확대, 농작물 재해보험 가입 장려, 친환경 유용미생물 보급, 첨단 재난안전관리 시스템 구축등으로 기후와 사회 취약계층의 복지를 확대하고 기후변화 취약지역 대응을 위한 쿨시티 사업들도 같이 추진될 예정이다. 이러한 사업들을 통해 기후적응 및 에너지 저소비형 녹색사회를 구현하는 것을 목표로 한다.

울산광역시[43]는 생물다양성 센터로 생물다양성의 체계적 보전과 생물자원의 지속가능성을 도모한다. 센터는 정보의 수집・관리, 생물자원조사 및 보전활동, 연구개발 및 인력양성, 시민교육 및 홍보, 연계 및 교류 네트워크 구축 등을 진행한다. 유네스코 생물권보전지역을 지정하여 생물다양성 증진 및 지역주민의 삶의 질을 제고한다. 재난에 강한 도시조성을 목표로, 울산재난안전연구센터를 운영하면서 과학 기반의 기후적응을 추진한다. 재난, 안전전략 및 로드맵을 구상하고, 재난안전 관련 실태 조사연구 및 데이터베이스 구축과 함께 민・관・학・연 참여 방재협력체계를 구축 및 운영한다. 재난 경감을 위한 국제 도시간 교류 및 협력을 위한 UN태풍위원회 개최와 국제방재협력 세미나 참석 등의 활동이 예정되어있다. 소하천, 생태하천 정비를 통한 생태계 회복 기반 마련을 위해 명정천 기후친화 생태 하천 조성과 비점오염감축형 물순환 개선(LID사업) 등을 실시한다. 하천 주변지역 기후친화형 물 순환 친수공간을 조성한다. 시민참여형 기후안심 녹색마을 조성, 철새에코타운 조성 등을 진행할 예정이다. 이러한 사업들을 통해 기후적응 스마트 그린도시 조성을 목표한다.

42) 최경식(2022. 03.),제3차부산광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획서(2022~2026). p.386~439, p.486~489
43) 울산연구원(2021. 09), 울산광역시 제3차 기후변화적응대책 세부시행계획 수립. p.42, p.44, p.51

부산광역시[44]는 악화되는 가뭄과 녹조 등 수질오염 사고에 대비한 생활용수 확보 방안으로 지류지천 수질 모니터링 강화, 빗물이용시설 설치, 비점오염감축시설 유지 및 관리 등을 추진할 예정이다. 지류지천 수질모니터링 강화는 수질 측정항목 확대추진, 수질측정망 설치대상 위치조사부터 시작해서 점점 나아가 수질측정망 설치 및 DB구축 까지 이어진다. 국내에서 사용중인 화학물질 종류 약 4만 여종에 매년 400여종이 증가하고 있다. 인접한 구미시의 잦은 유해화학물질 사고로 인한 낙동강 식수원 오염우려가 있어 모니터링이 더욱 필요하다. 빗물이용시설은 물 부족사태에 능동적 대처를 위함이고, 지속가능한 물순환체계 구축에 도움이 된다. 비점오염감축시설은 산업단지 등에 설치된 시설의 효율적인 유지, 관리를 통해 오염원으로부터 하천의 오염을 사전에 방지한다. 98개소를 유지관리하면서 점차 늘려갈 것이다. 타 지자체보다 빠르게 여름철 평균기온이 상승하고 있으며, 폭염 및 열대야 일수가 증가하고 있다. 이에 기온감축을 위한 녹지 네트워크를 구축할 것이다. 도심지내 녹화사업이 가능한 소규모 공간을 선정하여 사업을 시행하고, 푸른 옥상 가꾸기 홍보 및 지원(주택부문 24개)을 진행하여 점 녹지를 형성한다. 가로수 보식과 신규 식재로 띠녹지를 형성하고, 도시 숲 조성사업을 통해 면을 채워 점, 선, 면을 채운 녹지 네트워크가 구축할 것이다.

경상북도는[45] 생활하수처리 기반시설을 확충해 나갈 것이다. 생활하수의 안정적이고 깨끗한 처리를 위해 지속적인 하수처리시설의 확충 및 보급이 필요하다. 하수관로 정비 사업을 통해 농어촌마을 하수도를 포함한 139개소(2022년) 이후 계속 늘려갈 예정이다.

경북의 평균 기온은 지난 45년간 0.63도 상승하였으며, 온난화 현상은 가속중이다. 온난화는 농업의 생산성, 생산여건, 품질 및 재배적지 등에 큰 영향을 끼치는데, 재배적지 이동으로 대체작목, 생산시설, 유통시설 등이 새로 필요하다. 생산시설로는 비감시설, 내재형 하우스, 관정개발, 관수관비시설 모노레일 등이 있고, 유통시설로는 집하선별장, 선별기, 세척기, 저온저장고 등이 있다. 이러한 시설들의 보완 및 신품종 조성을 지원하는 토지를 제공하는 FTA 대응 대체과수 명품화 사업이 추진될 예정이다. 농어업인 농외소득 창출을 위하여 도내 농어업, 출산인이 태양광발전소를 설치하는 경우 설비설치자금에 한하여 융자를 지원하는 햇살에너지농사 지원 사업을 추진 중이다. 매년 태양광 발전소 설치 수요가 증가하고 있어 융자지원 예산확대가 필요하다.

경상남도는[46] 기후변화 수자원 관리를 위해, 수질자동측정기기(Tele-Monitoring System, TMS) 설치 운영비 지원, 일반하천 정비사업, 도시침수 대응을 위한 하수도의 설치 및 관리 등을 계획하고 있다. 수질자동측정기기 설치지원은 수질오염 사전 예방에 기여하기 위해 설치부담 완화를 위한 설치, 운영비를 지원하는 사업이다. 일반하천 정비 사업은 국지성 집중 호우 등으로 인한 하천시설의 피해발생 급증을 막기 위한 사업이다. 하지만 예산투입의 한계로 인해 개량에 애로사항이 있다. 마찬가지로 국지성 집중 호우와 도시지역 불투수 면적 증가로 도시 침수가 심화되어 도시침수 예방을 위한 대응시설 설치가 필요하다. 이를 위해, 하수도의 설치 및 관리를 진행할 예정이다. 기후적응 농축수산 기반 강화를 위해서 시설원예 에너지 이용의 효율화, 축산 ICT 융복합 확산사업, 농업환경보전 프로그램 등의 사업이 진행될 예정이다. 시설원예 에

44) 김기호(2016. 12), 제2차 대구광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획(2017~2021)
45) 이경수(2022. 01), 제3차 경상북도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2022~2026). p.332, p.371, p.393
46) 경기도(2022. 04.), 제3차 경기도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2022-2026)

너지 이용의 효율화는 현재 시설원예 경영비중의 약 40%를 차지하는 에너지 난방비용의 획기적 절감을 불러올 것이다. 여기에 신재생에너지 등의 기술을 도입하여 화석연료 사용절감으로 이산화탄소를 감소시킬 것이다. 고령화로 인한 인력부족과 축산업 영위에 따른 빈번한 환경오염 문제 발생 등의 문제점이 있는 현재 축산 농가들의 생산비 절감 및 최적의 사양관리 등으로 생산성, 경쟁력을 강화하기 위해 ICT 융복합 장비를 지원할 예정이다. 이는 축사 내외부의 환경 조절 등을 도울 것이다.

제 3 장 지역민 기후기술 인식조사

제 1 절 논의의 배경

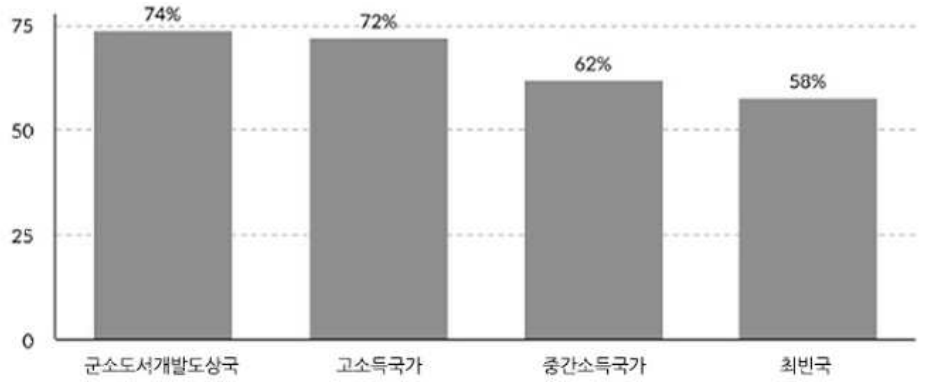
기후변화는 인류가 직면한 가장 중요한 문제로 인식되고 있으며, 다양한 환경(에너지, 물 식량 등) 속에서 인류에 영향을 미쳐 이를 해결하기 위해 통합적 관점에서 접근할 필요성이 강조되고 있다(오상진・성민규・김형주, 2018). 기후변화 문제를 해결하는 차원에서 기후기술은 점차 강조되고 있는데, 국내에서는 과학기술을 활용해 국민생활에 밀접한 영향을 미치는 사회문제를 해결하고자 노력하고 있다(문미라・하수진・박철호, 2020). 2015년 이래 한국 등 UN기후변화협약 당사국(196개국 이상)은 파리협정 체결로 국가온실가스감축목표(NDC)와 장기 저탄소 발전 전략(LEDS)을 제시하고, 탄소중립 선언도 많은 국가에서 이루어졌다. 우리 정부는 2013년에 「과학기술 기반 사회문제해결 종합실천계획(2014~2018)」을, 2018년에 「제2차 과학기술기반 국민생활(사회) 문제 해결 종합계획(2018~2022)」을 통해 사회문제 해결에 있어서 과학기술을 역할을 확대하고, 실질적인 노력을 추진하고 있다.

기후변화로 인해 기상이변 및 재해 등 피해가 발생하고 있고(IPCC, 2014), 파리협정을 시작으로 온실가스 감축을 뛰어넘어 기후변화적응 문제, 재정, 개도국경제발전, 미래세대을 고려한 기후변화 대응 차원이 반영되어 그 영역이 확대되고 있다(UNFCCC, 2015; Kim, 2016). 이러한 측면에서 기후변화 문제를 해결하고, 적응하기 위한 기후기술의 역할은 점차 강조되고 있다. 기후변화에 대응하는 차원에서 기후변화에 대한 적응력만큼이나 대응 기술도 필요한 것으로 논의되고 있는데, 기후변화 대응 기술이란 온실가스 감축의 핵심 수단으로 국제사회에서 신기후체제의 해법이자 온실가스 감축 및 처리의 중요 기술로 관심 받고 있다(KOSEN Report, 2019). 앞서 언급한대로 국내에서도 과학기술을 통한 사회문제에 심혈을 기울이고 있으며, 녹색기후기술 분야에서도 환경, 에너지 등의 사회문제를 해결하기 위한 투자는 증가하고 있다. 하지만 국민은 그 성과를 체감하지 못하는 실정이며, 이 분야에서 사회 문제를 발굴하거나, 대중의 인식적 차원을 고찰한 연구는 미흡한 상황이다(문미라・하수진・박철호, 2020).

이러한 상황에서 각국 기후변화 대응과 탄소중립의 실현을 위한 대중적 인식을 높이고자 노력하고 있다. 특히 선진국 지방정부는 기후위기에 적극적으로 대응하는 정책 수행과 보다 진일보된 탄소중립 선언을 통해 도시와 지역 중심의 혁신 방안을 수립하고 이행하고 있다. 지역의 혁신과 기술 적용은 지자체 기관장 혹은 공무원의 의지도 중요하나 결국에는 지역민의 정책 지지도와 혁신의 수용 정도로 볼 수 있다. 지난 2021년 1월 UNDP는 전 세계 50개국 120만 명의 응답자가 참여한 기후변화 대규모 여론조사에 대한 설문조사 결과를 발표했다[47]. 이 조사에는 18세 미만인 응답자도 포함되어있는 결과이다. 조사는 2020년 10월부터 12월 까지 진행되었다. 120만 명의 응답자 중 64%는 기후 변화가 매우 시급한 문제라고 답하였다.

47) 이우정(2021), 세계인의 기후위기 인식과 선호하는 기후정책 분석, 대한민국시도지사협의회 https://www.gaok.or.kr/gaok/bbs/B0000008/view.do?nttId=13261&menuNo=200088

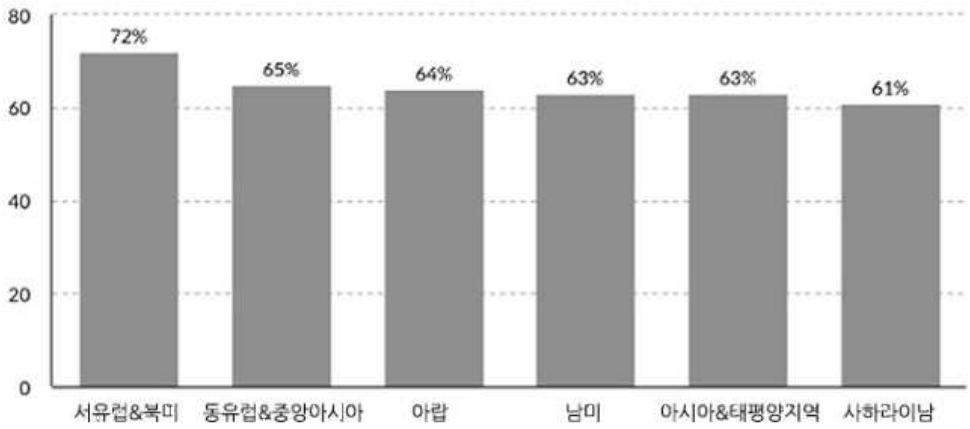
[그림 3-1] 기후위기에 대한 인식: 국가그룹별



출처: Peoples' climate vote(UNDP)(재인용).

군소도서개발도상국이 기후위기에 대한 인식이 가장 높았으며, 이후 고소득국, 중간소득국, 최빈국 순으로 결과가 나타났다. 또한 지역별로는 서유럽과 북미가 가장 높게 인식 하고 있었다. 지역별, 국가별 인식으로는 영국과 이탈리아가 81%, 일본이 79%로 높았으며, 고소득 국가 중 미국은 65%로 다른 고소득국가에 비해 낮았다. 50개의 국가 중에서 절반 이상인 37개국이 기후위기를 급한 문제로 인식하고 있다.

[그림 3-2] 기후위기에 대한 인식: 지역별



출처: Peoples' climate vote(UNDP)(재인용).

교육수준이 높은 집단에서 기후위기에 대한 인식이 높은 편으로 나타났는데, 대학교육을 받은 사람 대다수가 기후위기라고 응답하였고, 이는 국가의 소득 수준에 상관없이 일관되었다. 이외에도 연령별로는 모든 국가에서 청년(18세 이하)이 장년층(60세 이상)에 비해 기후위기라고 인식하는 비율이 높았다.

점차 기후환경에 대한 대중의 일반적 인식을 높아지고 있으나 이를 실천하는 혁신과 기술에 대한 실제 인식은 조사되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 기후변화에 대한 기초적인 인식, 관련 정책 지지도, 기술과 혁신 등에 대한 대중 인식을 측정하는 것은 필요하다. 이러한 조사는 지역민들이 지자체의 기후기술과 혁신에 대한 인식을 가늠할 수 있게 해주고, 이를 통해 관련

기술과 정책에 대한 일반인의 이해를 높이는 과정에 도모할 수 있기 때문에 더욱 중요해지고 있다.

기후변화 대응과 탄소중립 관련 의제가 국가 최대 현안으로 부상한 상황에서 상향식 혁신 방안 제시와 정책수용자인 지역민의 인식 제고 및 전환도 필요한 상황이다. 이 분야 정책 싱크탱크인 녹색기술센터의 미래 전략 설계를 위해 지역민의 기후기술에 관한 인식을 파악함으로써 향후 전략 방안을 마련할 수 있을 것으로 예상한다. 구체적으로는 탄소중립 지역혁신 정책 개발을 위해 일반인을 대상으로 관련 인식조사를 통해 향후 탄소중립 지역혁신 기술정책 수립을 위한 근거자료가 될 것이다. 또한 이전에 조사된 기후기술에 대한 전문가 인식과 비교하여 지역민과의 인식 차이를 검토함으로써 정책 수용에 관한 시사점을 도출할 수 있다.

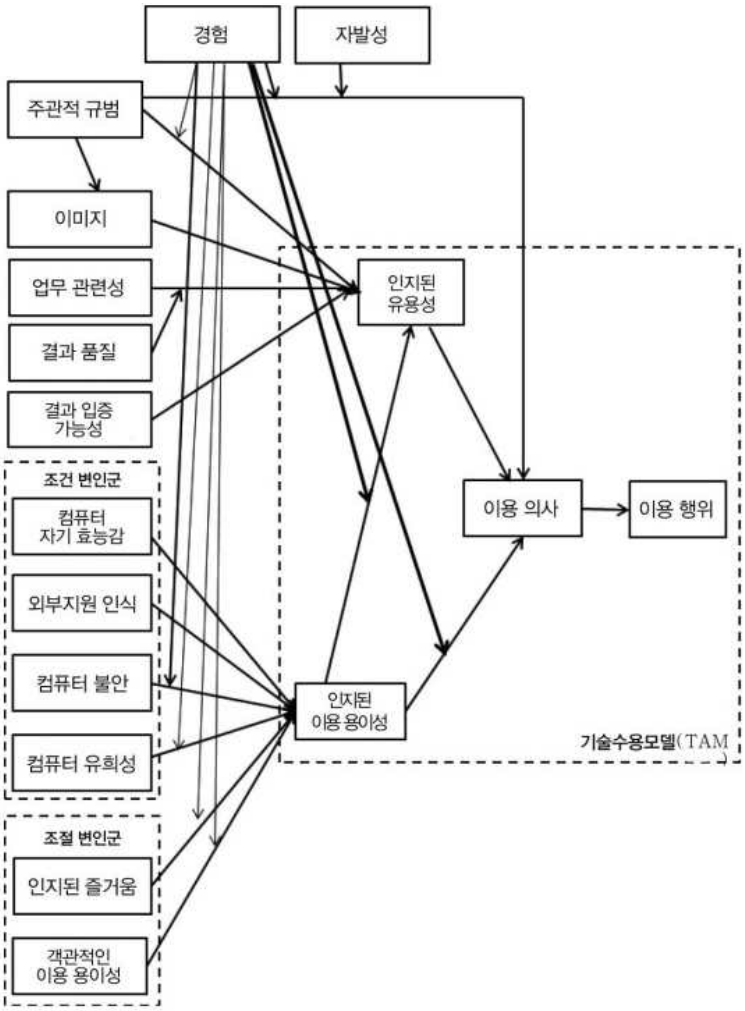
기후변화 자체에 대한 위험인식에 관한 연구는 비교적 활발히 이루어졌으나, 대응적 차원에서 과학기술에 대한 인식을 논의한 경우는 극히 드물다. 본 조사는 탄소중립 지역현안 및 기술수요와 관련한 지역민을 대상으로 한 설문조사로 2050 탄소중립 달성을 위한 지자체의 기술혁신 정책개발과 저탄소 녹색사회 실현의 기초자료로 활용되는 바, 중요한 현황 검토 사안이다. 특히, 기후변화 대응에 관한 기술 및 혁신 정책은 일반인에게 생소한 주제일 것으로, 향후 지자체의 효과적인 정책 발현을 위해 지역민의 관련 인식 전환과 제고를 위해 현재 인식을 가늠할 필요가 있다. 이는 향후 정책 개발과 수립, 정책 수행과 효과 창출에 있어서 중요하며, 근거자료가 되고 연구 목적으로도 충분한 가치가 있다고 판단된다. 이에 본 연구에서는 기술수용모델을 적용하여 기후기술 즉 탄소중립 관련 기술에 대한 인식을 살펴보고, 실제 기술의 수용에 미치는 영향을 실증해 보고자 한다.

제2 절 이론적 고찰

1. 기술수용모델과 통합기술수용이론

Davis(1989)가 제안한 기술수용모델(TAM)은 개인의 기술 수용행위를 보다 시스템적으로 구체화할 수 있으며, 수용자의 정보기술수용과 사용행동을 설명하는 데에 설명력이 높은 모형으로 평가되고 있다. 이 이론은 합리적 행동 이론(Fishbein & Ajzen, 1975)에 이론적 기반을 두고 새로운 기술을 수용자가 어떻게 수용하는지에 대한 신념, 태도, 행동 의도, 행동 등을 다루는 심리학적 이론이 토대가 되는 이론이다(유재현・박철, 2010; Davis et al., 1989; Taylor & Todd, 1995; Karahanna & Straub, 1999). 또 기술수용모델은 모델의 변형과 확장이 수월하고, 기술 수용 현상을 다양하게 다루기에 적합하다는 이점이 있다(백상용, 2009). 이러한 이유로 수용자의 새로운 기술 수용 및 이용에 차원에서 국・내외에서 다양하게 논의되고 활용되고 있다.

[그림 3-3] 확장된 기술수용모델(TAM2)을 바탕으로 한 이론 모델



이는 주로 컴퓨터 기술과 시스템 등의 도입 및 사용을 작용하는 요인으로 규명하고자 활용되었으며, 지각된 유용성(Perceived usefulness, PU)과 지각된 용이성(Perceived ease of use,

PEOU)이라는 신념(Belief)이 기술수용모델의 핵심 차원이다. Davis(1989)는 지각된 유용성을 기술사용으로 일의 성과와 효과가 증대될 것이라는 주관적 믿음으로, 지각된 용이성은 기술사용에 있어서 특별한 신체적, 정신적 노력이 요구되지 않을 것이라는 주관적 믿음이라 정의한 바 있다. 지각된 유용성과 지각된 용이성은 기술에 대한 수용 평가를 내리는 데에 중요한 영향을 미치고, 더 나아가 사용에 있어서 태도와 행동의도에 영향을 미치고 이는 실제 사용으로 이어진다(Davis, 1989). 이 두 개념을 활용한 다양한 연구에서 그 우수성이 인정되었으며(유재현・박철, 2010), Venkatesh와 Davis(2000)는 이에 외부 요인을 추가하여 확장된 기술수용모델(Extended TAM)을 제시하기도 했다.

확장된 기술수용모델은 초기 기술수용모델이 사회적 영향이 새로운 기술 수용에 영향을 미치는 점을 간과했다는 비판을 받은 것을 보완한 대안 모델이다. 확장된 기술수용모델에서는 지각된 유용성의 선행요인으로 사회적 특성(ie. 주관적 규범, 사회적 이미지, 자발성)과 인지적 도구 프로세스(ie. 직무 관련성, 결과 입증성)가 제안되었다(이정섭, 2004). 사회적 특성 요인 중 주관적 규범이 가장 빈번히 활용되고 있는데, 주관적 규범(Subjective Norm)은 개인이 어떤 행위에 있어서 타인 및 집단이 갖는 견해를 인지하는 것이다(Ajzen & Fishbein, 1980). 주관적 규범은 새로운 기술 사용의도와 직접적인 연관이 있고, 지각된 유용성에도 영향을 미치는데, 이는 사회적으로 영향 있는 사람이나 집단의 권위가 유용성을 높이는 역할을 할 수 있고, 이로 인해 사용의도에도 긍정적인 영향을 미칠 수 있기 때문이다(Venkatesh & Davis, 2000). 하지만 단일 이론이 아닌 합리적 행동이론, 기대이론 등에 기반을 두고 있다는 점에서 과용이라는 지적을 받기도 했다(Goodhue, 2007; 유재현・박철, 2010).

그럼에도 기술수용모델은 새로운 기술의 사용을 설명하는 데에 유용하다는 이점 때문에 꾸준히 활용되었고, 다양한 이론의 결합을 통해 한계점을 극복하고 정교화 과정을 거치며 통합된 기술수용이론이 제안되고 있다. Venkatesh & Davis(2003)는 통합기술수용이론(UTAUT: Unified Theory of Acceptance and use of technology)을 제안한 바 있는데, 이는 기술수용모델, 인지행동이론, 계획된 행동이론, 혁신확산이론 등을 바탕으로 재정립한 것이다. 이 이론은 여러 차원의 이론과 새로운 통합변수로 성과기대(performance expectancy), 노력기대(effort expectancy), 사회적 영향(social influence), 촉진 조건(facilitating conditions)의 4가지 요인 제시하였다. 이는 기존의 제안된 기술수용모델보다 기술의 수용과 사용을 더 잘 설명하는 것으로 평가받고 있다.

혁신, 또는 새로운 기술의 수용에 있어서 기술수용모델은 다양한 측면에서 활용되고 있으며, 그 효과가 입증되고, 모델이 정교화 되었다. 본 연구에서는 기존의 연구를 토대로 통합기술수용이론의 4가지 변수를 차용하고, Venkatesh et al.(2012)가 각 기술 분야 및 환경에 따라 추가적인 외부변수를 설정할 필요가 있다고 주장한 것을 바탕으로 기존의 기술수용 연구에서 제안되었던 네트워크 효과(Network Effects)와 혁신성(innovativeness)을 추가하여 그 영향을 살펴보고자 한다.

2. 지역민의 인식조사 관련 변수: 정부신뢰

정부신뢰의 개념적 정의는 “정부가 시민들이 신탁한 일을 시민들의 이익을 위해 유능하고 올바르게 수행할 것이라는 시민들의 기대”이다(Chanley et al., 2001).2, 왕재선(2019)재인용). 양건모·박통희(2007)는 정부신뢰를 “정부의 일반적·특정적 역할수행에 대한 국민의 긍정적 기대”로 정의하였다.

정부신뢰에 대한 연구는 다양한 분야에서 이뤄지고 있다. 정부정책과 정책 만족도, 시민 참여도와의 연관성을 규명하는 연구가 이뤄지고 있으며. 정부신뢰와 정책참여도, 정부 신뢰와 정책수용도 등의 연구가 이뤄지고 있다. 이러한 정부신뢰는 실제 기술수용모형에서도 여러 변수적인 위치상에서 분석되고 있는데, 4차 산업기술의 수용의도와 관련하여, 정부신뢰가 기술수용의도에 조절변수로 영향을 줄 것이라는 가설을 세운 연구(유한별,나태준 2021)나 전자주민카드 정책수용의 영향을 분석함에 있어서 정부신뢰를 독립변수로 설정하여 진행한 연구(박정훈 2008) 등이 그 예시로 볼 수 있다.

이러한 정부신뢰가 정부가 추진하는 기술에 대한 위험성을 인지한 상황이라도 기술수용에 긍정적인 영향을 미친다는 점을 감안하여 통합적 기술수용모형에서 정부신뢰를 독립변수로 설정하여 영향을 분석하는 것은 의미가 있을 것으로 판단된다. 정부신뢰를 측정하는 요소는 다양한 방면에서 논의되고 연구되었지만, 본 연구에서는 한국의 국제협력정책 및 기조에 대한 일반인의 인식정도를 측정하여 정부신뢰를 판단하고자 한다.

이에 다음의 가설을 설정하였다.

연구가설 1. 성과기대는 기술수용(추천)의도에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
연구가설 2. 노력기대는 기술수용(추천)의도에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
연구가설 3. 사회적영향력은 기술수용(추천)의도에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
연구가설 4. 촉진조건은 기술수용(추천)의도에 정(+)의 영향을 미칠 것이다
연구가설 5. 네트워크 요인은 기술수용(추천)의도에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
연구가설 6. 혁신성은 기술수용(추천)의도에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
연구가설 7. 정부신뢰(국제협력)은 기술수용(추천)의도에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

3. 일반인-전문가 간 인식조사 관련 변수

가. 성과기대, 노력기대, 사회적 영향, 촉진 조건, 네트워크 효과, 혁신성

성과기대는 기술수용모델에서 제시된 인지된 유용성과 유사 개념(배재권, 2018)로 새로운 혁신 기술이나 제품의 사용 혹은 적용이 직무 수행이나 업무성과 제고에 도움이 될 것이라는 믿음이며, 기술을 통해 더 나은 결과가 나타날 것이라는 개인적인 믿음을 의미한다(Venkatesh el. al., 2003). 본 연구에서는 탄소중립 기술을 사용하게 될 때 결과적으로 탄소중립을 실현하는 데에 더 나은 결과를 줄 것이라는 기대를 할 수 있으며, 이는 탄소중립 기술의 수용(추천)의도에 영향을 미칠 것이다.

인지된 유용성과 비슷한 개념인 노력기대(배재권, 2018)은 기술을 어려움 없이 쉽고 편리하게 사용할 수 있다는 것을 의미하며, 기술의 습득과 사용이 용이한 정도 혹은 용이성에 대한 믿음 정도로 볼 수 있다(Venkatesh el. al., 2003). 본 연구에서는 기존의 연구에서 노력기대가 사용의도에 영향을 미친 것을 바탕으로 탄소중립 기술에 대한 용이성을 느낄 때에 탄소중립 기술수용(추천)의도가 높아질 것이다. 사회적 영향은 기술수용 관련 연구에서 제안되었던 주관적 규범, 사회적 요인, 이미지 등의 변수로부터 추론된 변수로 주변 사람들이 수용자에게 새로운 시스템이나 기술을 사용해야 한다고 느끼는 정도이다(Venkatesh el. al., 2003). 탄소중립 기술 분야에 사회적 영향력을 적용해 살펴보고자 한다. 즉 탄소중립 기술의 영향력 크게 느끼고,

주변(사회, 타연구자, 학계 등)에서 이를 추천 받을 때에 탄소중립 기술을 수용(추천)하고자 할 것이다.

촉진조건은 신기술 사용에 있어서 기술적, 조직적 인프라가 존재하는지에 관한 것으로, 기술을 이용하거나 활용할 환경이 조성되어 있다고 믿는 믿음의 정도이다(이호기・한문성, 2019; Venkatesh el. al., 2003). 촉진요인 또한 기술수용에 영향을 미치는 요인임으로 탄소중립 기술의 수용 차원에서도 고려해야 할 주요 변수이다. 즉 탄소중립 기술의 연구개발과 관련된 인프라가 조성되었다고 믿는 정도가 높을수록 탄소중립 기술을 수용(추천)하고자 하는 의도가 높아질 것으로 예상한다.

네트워크 효과는 어떠한 기술이나 제품을 사용하는 범위나 사람이 증가할 수 있도록 그 기술을 통한 혜택이나 효용 가능성이 증가할 것이라는 인식과 그 상대적 가치가 증가하는 현상을 의미한다(김상훈, 2013; Katz & Shapiro, 1994). 이러한 네트워크 효과가 탄소중립 분야에서도 나타날 것으로 예상하여 본 연구에서는 탄소중립 기술과 관련된 연구개발이나 투자 등이 증가함을 느낄 때에 실제 그 기술을 수용(추천)할 의도가 높아질 것이라 예상할 수 있다. 혁신성은 신기술에 대하여 남들보다 빨리 수용하고 경험하고자 하는 것이다(Oliveira et al., 2016). 기술에 대한 혁신성을 인지할 때에 정보기술과 시스템을 사용할 의도가 높아지는 것으로 알려져 왔다(Agarwal & Prasad, 1999). 혁신성을 본 연구에도 대입한다면, 개인이 탄소중립 기술에 대한 혁신성을 가질 때 탄소중립 기술수용(추천)의도가 높아질 것으로 볼 수 있다.

이에 다음의 가설을 설정하였다.

연구가설 1. 기대성과는 기술수용(추천)의도에 정(+)적인 영향을 미칠 것이다.
연구가설 2. 노력기대는 기술수용(추천)의도에 정(+)적인 영향을 미칠 것이다.
연구가설 3. 사회적 영향력은 기술수용(추천)의도에 정(+)적인 영향을 미칠 것이다.
연구가설 4. 촉진요인은 기술수용(추천)의도에 정(+)적인 영향을 미칠 것이다.
연구가설 5. 네트워크 요인은 기술수용(추천)의도에 정(+)적인 영향을 미칠 것이다.
연구가설 6. 혁신성은 기술수용(추천)의도에 정(+)적인 영향을 미칠 것이다.

나. 해석수준이론, 일반인과 전문가의 인식 차이

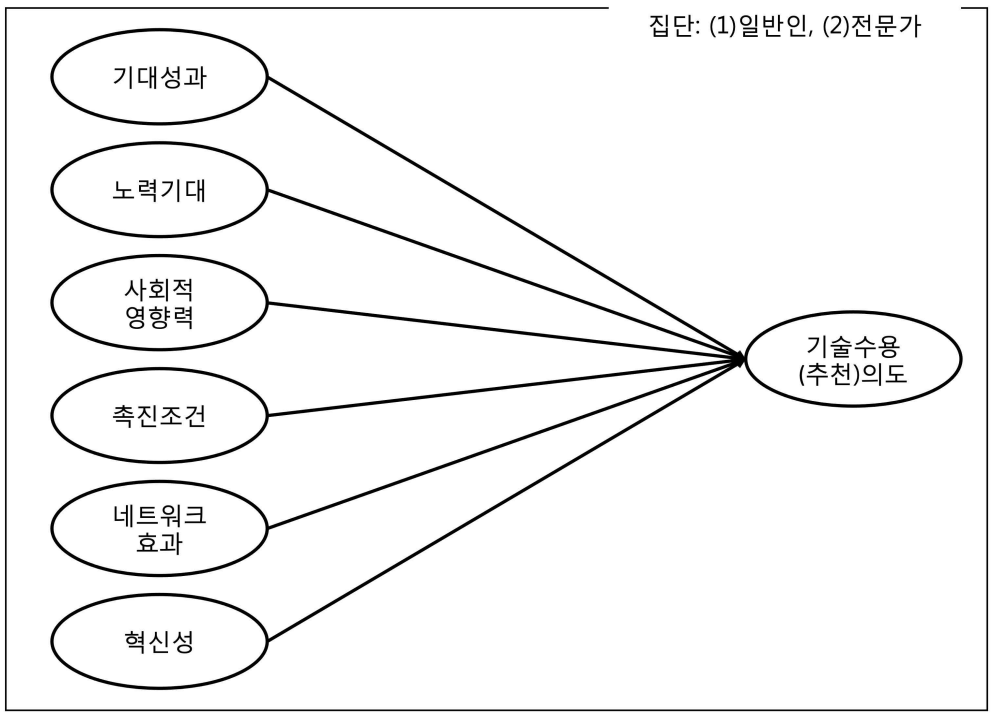
해석수준이론에 따르면 사람들은 어떠한 것에 대한 주관적인 경험인 심리적 거리에 따라 차별적으로 해석하고, 그에 대한 해석수준의 차이가 발생한다(Trope & Liberman, 2010). 이는 시간적, 공감적, 사회적, 확률적 거리로 나누어지며(Trope & Liberman, 2010), 기후변화 관련 연구에서도 해석수준에 따른 차이가 논의되어 왔다.

Leiserowitz, Maibach, Roser-Renouf, & Smith(2010)는 기후변화를 먼 미래의 일이라고 느끼고, 멀리 떨어진 곳에서 발생하는 것이라고 느낄 때, 즉 심리적 거리감을 멀게 인식하는 경우에 기후변화에 대한 개인적 위험을 사회적 위험보다 낮게 평가하는 경향이 있다는 것을 발견한 바 있다. 또한 반대로 심리적 거리감이 가까울수록 기후변화에 대한 위험을 더 크게 인식한다는 것이 입증되기도 했다(Spence et al., 2012).

이러한 논의와 더불어 전문가와 일반인이 위기나 위험을 차별적으로 인식하고, 그 위험을 지각하는 정도가 다르다는 연구가 다수 진행된 바 있다. 전문가들은 일반적으로 통계 추정치에

의존해 위험을 인식하는 경향이 있지만, 일반은 위험을 어떠한 문제와 결합하여 연상하거나 실제와 동떨어진 것을 연상하는 경향을 보인다는 것이다(Kahneman, 2011; Slovic, Fischoff, & Lichtenstein, 1979). 기후변화 원인에 대한 연구에서는 전문가들은 기후변화가 사람에 의한 것이라는 판단하고 있었으나, 일반인들은 자연적 현상이라 생각하며 사람에 의한 것으로 생각하지 않는 차별적 인식이 발견되었다(Ratter, Philipp, & Storch, 2012). 또 전문가와 일반인 간의 기후변화 인식을 고찰한 연구에서 그 차이가 확인됐다. 예를 들어 기후변화 관련 개념을 인지하는 정도가 이해관계자와 일반인 간에 차이가 있는지 살펴본 연구에서는 일반인은 그 개념을 전문가에 비해 덜 인지하고 있다는 것(정윤지・하종식, 2015)과 기후변화에 대한 인지도, 관심도, 체감도, 심각정도를 전문가들이 일반인에 비해 높게 평가한다는 것(구본학・박미옥・권순효・서효선, 2021)이 입증되었다. 김혜정과 김영욱(2020)은 한국인의 기후변화에 대한 위험 인식을 전문가와 일반인으로 나누어 살펴보았는데, 기후변화 발생 원인과 위험인식, 대응 행동의 개인적 역량, 정책 이해 등에 있어서 두 집단 간에 확연한 인식의 차이가 있다는 결과를 도출하기도 했다.

[그림 3-4] 연구모형



이렇듯 어떠한 문제에 대한 심리적 거리에 따라 그 위험의 인지가 달라지고, 전문가와 일반인 간에 기후변화라는 문제에 대한 인식은 차별적이라는 것이 입증되었다. 하지만 사회문제의 해결에 있어서 그 인식의 전환을 위해서는 사회문제에 대한 공통적인 이해와 관점을 갖추어야 한다(Yoo, 2019). 이러한 차원에서 전문가와 일반인의 인식적 차원을 살펴보는 것은 중요한 과제일 것으로 판단된다. 이에 탄소중립 기술 분야에서 일반인과 전문가의 인식 차이가 어떠한지를 살펴보고자 한다. 앞서 제시한 기술수용 관련 인식에 있어서 전문가와 일반인 간의 인식 평균이 나타나는지와 각 변수 간 관계가 차별적인지를 살펴보기 위해 다음의 연구문제를 두었다.

연구문제 1. 주요 변수(기대성과, 노력기대, 사회적 영향력, 촉진조건, 네트워크 효과, 혁신성, 기술수용(추천)의도)에 있어서 일반인과 전문가 간의 평균 차이가 있는가?

연구문제 2. 일반인과 전문가 집단 간의 탄소중립 기술 수용에 관한 인식 차이는 어떠한가?

제 3 절 조사 설계 및 방법

1. 지역민 조사 설계 및 방법

가. 연구 대상의 인구통계학적 특성

본 연구 부문에서는 탄소중립 기술에 대한 인식이 지역민의 탄소중립 기술 수용(또는 추천) 의도에 미치는 영향에 대해 분석하고자 한다. 조사 전문업체를 활용하여 설문조사를 실시하였으며 이를 통해 일반인 200명의 유효한 표본을 수집하였다. 조사를 통해 수집된 표본의 인구통계학적 특성은 <표1>과 같다.

설문응답자의 특성분석을 위해 빈도분석을 진행하였으며 그 결과, 남성 (n=95, 47.5%), 여성 (n=105, 52.5%)으로 여성 응답자 수가 다소 많음을 확인할 수 있었다. 연령별 분포는 40대 이상 (n=132, 66%)이 30대 이하(n=68, 34%)에비해 응답자 수가 많음을 확인할 수 있었다. 40대 (n=49, 24.5%) 응답자가 가장 많았으며, 60대(n=47, 23.5%), 30대(n=44, 22%), 50대(n=36. 18%) 20대 (n=24, 12%)순으로 확인되었다.

최종학력의 경우, 일반인의 과반 이상이 대학교 졸업 (n=132, 66%) 이었으며 고등학교 졸업 (n=45, 22.5%), 대학원 석사졸업 (n=19, 9.5%), 대학원 박사졸업 (n=4, 2%) 순으로 관찰되었다. 일반인 응답자의 거주지 분포를 수도권 및 6대광역시와 이외 도지역을 50%로 사전 할당한 바 각 100개의 표본이 수집되었다.

<표 3-1> 표본의 인구통계학적 특성

구분			빈도(n)	퍼센트(%)
성별	남자		95	47.5
	여자		105	52.5
연령	20~29세		24	12.0
	30~39세		44	22.0
	40~49세		49	24.5
	50~59세		36	18.0
	60세~		47	23.5
거주지	수도권 및 광역시	서울	27	13.5
		부산	9	4.5
		대구	7	3.5
		인천	8	4.0
		광주	4	2.0
		대전	4	2.0
		울산	3	1.5
		경기	38	19.0
	이외 도지역	강원	10	5.0
		충북	10	5.0
		충남	15	7.5
		전북	12	6.0
		전남	11	5.5

구분		빈도(n)	퍼센트(%)
	경북	17	8.5
	경남	21	10.5
	제주	4	2.0
최종학력	고등학교 졸업	45	22.5
	대학교 졸업	132	66.0
	대학원 석사 졸업	19	9.5
	대학원 박사 졸업	4	2.0
총계		200	100.0

나. 변수 측정

본 분석보고서에서는 기술수용(추천)의도에 미치는 영향을 분석하기 위해 설문분석을 활용하였으며 설문은 1점(전혀 그렇지 않다)에서 5점(매우 그렇다)로 구성된 리커트 5점척도를 사용하였다. 변수와 설문 문항은 아래 <표 3-2>와 같다.

<표 3-2> 변수 및 설문문항

변수	설문문항
성과기대	① 탄소중립 기술들은 전반적으로 탄소중립에 기여할 것 같다. ② 탄소중립 기술들은 관련 산업의 생산성을 높일 것 같다. ③ 탄소중립 기술들은 관련 산업의 시장 진입을 빠르게 실현시킬 것 같다. ④ 탄소중립 기술들은 융복합적 적용 유연성을 증진시킬 수 있을 것 같다. ⑤ 탄소중립 기술들은 관련 산업의 제품 개발과 생산에 기여할 것 같다. ⑥ 탄소중립 기술들은 저탄소, 녹색 산업에 유용하게 사용될 것 같다.
노력기대	① 탄소중립 기술들은 관련 산업에서의 적용이 용이할 것 같다. ② 탄소중립 기술들은 관련 산업에서의 확대가 쉬울 것 같다. ③ 탄소중립 기술들은 관련 산업에서 관리가 용이할 것 같다. ④ 탄소중립 기술은 타분야와 융복합적 접목이 용이할 것 같다. ⑤ 탄소중립 기술들은 탄소중립을 빠르게 실현시키는데 기여할 것 같다.
사회적 영향력	① 내가 만약 탄소중립 기술 관련직에 종사한다면, 내 주변 동료들에게 탄소중립 관련 기술 사용을 독려할 것이다. ② 탄소중립 관련 기술의 사용은 산업계나 기업의 추천을 받을 것 같다. ③ 탄소중립 관련 기술 적용을 추천하는 사람들은 정치, 경제, 산업 분야의 지도층일 것이다. ④ 탄소중립 기술 사용을 독려하는 사람들은 최고 연구자일 것이다. ⑤ 내가 만약 탄소중립 관련 기술을 개발 한다면, 나의 영향력도 커질 것 같다. ⑥ 내가 만약 탄소중립 기술 관련직에 종사하는 사람이라면, 탄소중립 관련 기술의 융복합 연구자들이 나에게 영향을 미칠 것 같다.

촉진조건	① 내가 만약 탄소중립 기술 관련직에 종사한다면, 탄소중립 기술의 기술개발을 위한 역량강화 혹은 재교육 프로그램에 적극적으로 참여할 것이다. ② 현재 탄소중립 관련 기술들은 도입과 추진은 확산세에 있다고 생각한다. ③ 내가 만약 탄소중립 기술 관련직에 종사한다면, 나는 탄소중립 기술의 기술개발에 관한 국가나 조직의 비전을 공유할 것이다. ④ 기후변화 과학기술 조직은 탄소중립과 관련된 기술의 기술개발과 융합연구를 중요시해야 한다. ⑤ 내가 만약 탄소중립 기술 관련직에 종사한다면, 나는 탄소중립 기술 관련 기술개발을 위한 정기적인 회의나 세미나에 적극적으로 참여할 것이다. ⑥ 탄소중립 기술 개발을 위해서는 산학연(산업계 및 학계 연구) 혹은 타분야 간 융복합 협력이 활성화 되어야 한다.
네트워크 효과	① 탄소중립 기술 관련 국제 공동 연구 그룹들이 증가하고 있는 것 같다. ② 탄소중립 관련 기술개발 투자 및 과제가 늘어나고 있는 것 같다. ③ 탄소중립 관련 산학연 기술개발 경쟁이 확산되고 있는 것 같다. ④ 탄소중립 기술개발은 관련 산업계로 확산되고 있는 것 같다. ⑤ 관련 기술들의 현장 적용성이 확대되고 있는 것 같다.
혁신성	① 탄소중립 관련 기술들은 기존 고탄소산업 위주의 관행을 깨줄 것이다. ② 탄소중립 관련 기술들은 저탄소산업의 혁신을 촉진시킬 것이다. ③ 탄소중립 관련 기술들은 저탄소 신제품과 새로운 서비스 개발을 촉진시킬 것이다. ④ 탄소중립 관련 기술로 인해 관련 산학연은 새로운 기술들에 탄소중립 기술이 가져올 변화를 인지하고 있을 것이다. ⑤ 탄소중립 관련 기술로 인해 산학연은 새로운 기술로 인한 산업 변화를 수용할 것이다. ⑥ 탄소중립 관련 기술로 인해 관련 산학연은 새로운 기술들에 따른 제품 생산과 생산 공정의 변화를 수용할 것이다.
정부신뢰 (국제협력 인식)	① 국제사회에서 한국의 기여가 필요하다고 생각한다. ② 한국의 과학기술 공공외교가 중요하다고 생각한다. ③ 한국과 선진국의 교류와 협력이 중요하다고 생각한다. ④ 한국의 개도국 지원 및 협력이 중요하다고 생각한다. ⑤ 국제기구 혹은 국제연구소와의 협력이 중요하다고 생각한다.
기술수용(추천) 의도	① 내가 만약 탄소중립 관련직에 종사한다면, 나는 관련 산학연에 탄소중립 융복합 공동연구를 적극 제안할 것이다. ② 내가 만약 탄소중립 관련직에 종사한다면, 나는 국회, 정부, 연구회, 연구재단 등에 유망 기술이 적극 개발되도록 제안할 것이다. ③ 내가 만약 탄소중립 관련직에 종사한다면, 나는 탄소중립 기술개발에 따른 인센티브가 보장되도록 제안할 것이다. ④ 내가 만약 탄소중립 관련직에 종사한다면, 나는 산업계에 관련 특허 이전 및 상용화를 적극 추천할 것이다. ⑤ 내가 만약 탄소중립 관련직에 종사한다면, 나는 관련 연구자들에게 기술사업화를 적극 추천할 것이다. ⑥ 내가 만약 탄소중립 관련직에 종사한다면, 나는 탄소중립 기술이 적용·확대되도록 제도적 보상을 제안할 것이다.

다. 분석방법

본 분석보고서에서는 측정변수의 타당성 및 신뢰도 분석을 위해 확인적 요인분석(Confirmatory factor analysis; CFA)을 실시하였다. 각 측정변수 별 확인적 요인분석을 진행하여 변수의 설명을 저해하는 요인들을 제거하였다. 이후 측정 모델에 대한 요인분석을 실시하여 측정 모델의 적합도를 향상시키기 위해 SMC 값을 기준으로 하여 측정모델을 수정하였다. 잠재요인과 측정변수의 타당성을 검증할 수 있는 AVE 값은 크기가 0.4 이상, 잠재신뢰도(CR) 0.7 이상을 기준으로 집중타당성 여부를 확인하였다. 판별타당성의 경우 AVE의 제곱근과 각 측정변수의 상관계수를 비교하는 방법 및 VIF 값 분석을 통해 다중공선성 진단을 실시하여 타당성을 검증하였다. 본 연구는 SPSS22와 AMOS21을 사용하여 자료를 분석하였으며, 수집자료의 기초분석을 위한 기술통계 및 빈도분석, 변수간 상관관계 분석을 실시하였다. 연구가설 검증을 위해 다중 회귀분석을 사용하였다.

2. 일반인-전문가 간 조사 설계 및 방법

가. 변수의 조작적 정의 및 측정

기존의 기술수용 연구에 기초하여 관련 변수를 차용하고, 기술수용(추천) 의도에 미치는 영향을 살펴보고자 다음과 같이 주요 변수를 정의하고, 측정 문항을 두었다. 먼저, 성과기대는 새롭거나 혁신적인 기술 활용이 작업 혹은 업무 성과 제고에 도움이 될 것이라고 기대하는 정도로 본 연구에서는 탄소중립 기술이 탄소중립과 관련한 연구개발, 산업, 시장에 기여할 것이라고 인식하는 정도를 보았다. 그 측정 문항으로는 ‘탄소중립 기술들은 전반적으로 탄소중립 관련 R&D 성과에 기여할 것이다’, ‘탄소중립 기술들은 전반적으로 관련 산업의 생산성을 높일 것이다’, ‘탄소중립 기술들은 저탄소, 녹색 산업에 유용하게 사용될 것이다’ 등의 6개 문항을 리커트 5점 척도로 측정하였다.

둘째, 노력기대는 기술의 습득과 사용이 용이한 정도 혹은 용이성에 대한 믿음으로 본 연구에서는 탄소중립 기술의 산업 적용 용이성, 범용화 용이성, 관리 및 융·복합 접목 용이성 등으로 구성하여 측정하였다. 구체적인 ‘탄소중립 기술들은 관련 산업에서의 적용이 용이할 것이다’, ‘탄소중립 기술들은 관련 산업에서 관리가 용이할 것이다’, ‘탄소중립 기술들은 탄소중립을 빠르게 실현시키는데 기여할 것이다’ 등의 5개 문항이다.

셋째, 사회적 영향력은 사용자가 새로운 기술/시스템을 사용해야 한다고 믿는 것에 대한 주관적 인식으로 본 연구에서는 탄소중립 기술이 주변, 산업계(기업), 사회의 추천을 받는지, 영향력은 어느 정도인지로 보았다. 측정문항은 ‘내 주변 동료들은 이 기술들의 사용을 독려할 것이다’, ‘이 기술들의 융·복합 연구자들은 나에게 영향을 미칠 것이다’를 포함한 4개 문항으로 측정하였다.

넷째, 촉진요인은 기술 사용을 위한 자원, 인프라, 지원 등에 대한 인식인데, 본 연구에서는 탄소중립 기술의 연구개발과 관련, 교육 프로그램 참여정도, 비전 공유 정도, 융·복합 협력 정도 측정하였으며, ‘현재 탄소중립 기술 연구개발을 위한 산학연 혹은 타 분야 간 융·복합 협력이 활성화 되어 있다’, ‘나는 탄소중립 기술의 연구개발을 위한 역량강화 혹은 재교육 프로그램에 적극적으로 참여하고 있다’ 외에 3개 문항으로 구성하여 총 5개 질문을 두었다.

다섯째, 네트워크 효과는 사용자 수가 많아질수록 해당 제품을 사용함으로써 확보되는 혜택

과 효용이 제고되는지에 관한 것으로 공동 연구 그룹 증가, 연구개발 투자 및 과제의 증가, 산업계로의 확산 정도에 대해 5개 문항으로 측정하였다. ‘탄소중립 기술 관련 국제 공동 연구 그룹들이 증가하고 있다’, ‘탄소중립 관련 산학연 연구개발 경쟁이 확산되고 있다’ 등이 이에 포함되었다.

여섯째, 혁신성은 새로운 기술 또는 서비스를 개방적으로 수용하려는 정도로 정의하고, 탄소중립 기술의 혁신성 및 산학연의 혁신성 정도, 혁신성 인지에 대한 6개 질문으로 구성하였다(eg. ‘이 기술들은 기존 고탄소산업 위주의 관행을 깨줄 것이다’, ‘이 기술들은 저탄소 신제품과 새로운 서비스 개발을 촉진시킬 것이다’ 등). 마지막으로 사용의도에 해당하는 ‘탄소중립 기술수용(추천) 의도’는 탄소중립 기술 관련 연구개발을 수행하거나 수용하려는 의도로 ‘국회, 정부, 연구회, 연구재단 등에 유망 기술이 적극 개발되도록 제안할 것이다’, ‘산업계에 관련 특허 이전 및 상용화를 적극 추천한다’를 포함한 6개 문항으로 구성하였다.

상기 제시한 문항 중 일반인의 입장에서 응답하기에 무리가 있는 문항의 경우, 본인이 탄소중립이나 환경 분야에서 종사한다고 가장했을 때에 어떠한지로 응답하도록 하였다.

나. 표본의 선정 및 특성

연구를 위해 조사전문 업체에 의뢰하여 전문가와 일반인의 탄소중립 기술에 대한 인식을 각각 설문조사를 실시하였으며, 전문가 238명 일반인 200명의 유효한 표본을 수집, 연구에 활용하였다. 조사를 통해 수집된 일반인과 전문가의 인구통계학적 특성을 <표 2>과 <표 3>에 제시하였다.

<표 3-3> 일반인 인구통계학적 특성

구분			빈도(n)	퍼센트(%)
성별	남자		95	47.5
	여자		105	52.5
연령	20~29세		24	12.0
	30~39세		44	22.0
	40~49세		49	24.5
	50~59세		36	18.0
	60세~		47	23.5
거주지	수도권 및 광역시	서울	27	13.5
		부산	9	4.5
		대구	7	3.5
		인천	8	4.0
		광주	4	2.0
		대전	4	2.0
		울산	3	1.5
		경기	38	19.0
	이외 도지역	강원	10	5.0
		충북	10	5.0
		충남	15	7.5
		전북	12	6.0
		전남	11	5.5
		경북	17	8.5
		경남	21	10.5
		제주	4	2.0
최종학력	고등학교 졸업		45	22.5
	대학교 졸업		132	66.0
	대학원 석사 졸업		19	9.5
	대학원 박사 졸업		4	2.0
총계			200	100.0

<표 3-4> 전문가 인구통계학적 특성

구분			빈도(n)	퍼센트(%)
성별	남자		198	79.4
	여자		49	20.6
연령	20~29세		8	3.4
	30~39세		84	35.3
	40~49세		74	31.1
	50~59세		44	18.5
	60세~		28	11.7
근무지역	국내	서울	72	30.3
		부산	1	0.4
		대구	1	0.4
		인천	4	1.7
		광주	3	1.3
		대전	53	22.3
		울산	7	2.9
		경기	30	12.6
		강원	2	0.8
		충북	3	1.3
		충남	6	2.5
		전북	5	2.1
		전남	2	0.8
		경북	1	0.4
		경남	7	2.9
		제주	5	2.1
		세종	22	9.2
	해외	독일	4	1.7
		영국	4	1.7
		프랑스	4	1.7
		그 외 유럽 국가	2	0.8
소속 기관 형태	정부출연연구소		109	45.8
	민간기업		50	21.0
	공공기관		44	18.5
	대학		25	10.5
	기타		10	4.2
담당 직무	연구개발		83	34.9
	정책연구		77	32.4
	경영・관리		41	17.2
	연구행정		19	8.0
	기타		18	7.6
연구개발 분야	에너지 전환 부문		35	42.2
	에너지효율 부문		12	14.5
	디지털화 부문		10	12.0
	저탄소 부문		9	10.8
	CCUS 부문		4	4.8
	기타		13	15.7
기후/환경/에너지 관련 분야 경력	5년 이하		78	32.8
	6년~11년 이하		79	33.2
	12년 이상		81	34.0
최종학력	대학교 졸업		31	13.0
	대학원 석사 졸업		73	30.7
	대학원 박사 졸업		134	56.3
총계			238	100.0

응답자의 특성을 살펴보면, 먼저 일반인은 남자가 95명(47.5%), 여자가 105명(52.5%)으로 여자가 다소 많았으며, 40대가 24.5%(n = 49)로 가장 많았고, 그 뒤로 60대 이상(n = 47, 23.5%). 30대(n = 44, 22.0%), 50대(n = 36, 18.0%), 20대(n = 24, 12.0%) 순으로 나타났다. 거주지는 수도권 및 광역시 거주자와 이외 도지역 거주자를 1:1 비율로 임의할당하여 조사를 진행한 바 각 100명(50.0%)로 수집되었다. 일반인 응답자의 최종학력은 대학교 졸업이 132명(66.0%)로 과반 이상을 차지했으며, 고등학교 졸업인 경우가 22.5%(n = 45)였고, 석사 졸업과 박사 졸업이 각 19명(9.5%), 4명(2.0%)으로 확인되었다.

다음으로 전문가 집단의 경우 남자가 198명(79.4%), 여자가 49명(20.6%)로 남자가 여자에 비해 많았고, 30대가 35.3%(n = 84)로 가장 많았으며, 20대가 3.4%(n = 8)로 가장 적었다. 근무지는 국내에서 근무하는 경우가 224명(94.1%)으로 대부분을 차지했고, 해외 근무자가 14명(5.9%)으로 나타났다. 전문가들 중 109명(45.8%)이 정부출연연구소에 근무하고 있었으며, 민간기업에 21.0%(n = 50), 공공기관에 18.5%(n =44), 대학에 10.5%(n = 25)가 근무하는 것으로 확인되었다. 직무로는 연구개발이 83명(34.9%), 정책연구가 77명(32.4%), 경영・관리가 41명(17.2%), 연구행정이 19명(8.0%)이었으며, 연구개발 분야는 다양하게 나타났는데, 에너지 전환 부문이 42.4%(n = 35)로 가장 많았고, CCUS 부문이 4.8%(n = 4)로 가장 적었다. 기후/환경/에너지 관련 분야에 근무한 경력은 5년 이하부터 12년 이상까지 고르게 나타났으며, 5년 이하가 78명(32.8%). 6년~11년 이하가 79명(33.2%), 12년 이상이 81명(34.0%)이었다. 마지막으로 전문가들 중 56.3%(n = 134)가 박사 졸업으로 과반 이상을 차지하였다.

다. 분석 방법

SPSS 26.0을 활용하여 기초분석 및 평균 비교 분석(T-test)을 실시하였다. 또한 탄소중립 기술의 수용에 있어서 기술수용모델의 구조를 파악하기 위해 AMOS 23.0을 활용해 확인적 요인분석 및 구조방정식 모델링을 실시하였다. 그리고 추가적으로 다중집단분석을 실시해 전문가와 일반인의 차이를 살펴보았다.

제 4 절 지역민 인식조사 결과

1. 측정모형 적합도 및 타당성 검증

구성 개념들 간의 가설적 관계 분석에 앞서 각 측정변수들의 단일 차원성을 검증하였다. 검증방법은 본 모델이 이미 선행연구에서 많이 활용된 통합적기술수용모델을 기반으로 한다는 점에서 각 측정변수들에 대한 확인적요인분석을 실시하였다. <표3-5 참조> 적합성 판정을 위해 2, GFI, AGFI, CFI, NFI, IFI, RMR, RMSEA 값을 사용하였으며, 높은 적합도를 생성하기 위하여 최초 문항에서 측정변수의 설명력을 판단하할 수 있는 지표인 SMC (Squared Multiple Correlation) 값 0.4 이하를 기준으로 변수를 제거하는 과정을 반복하여 적합도 검증과 개선을 실시하였다. 본 연구의 확인적 요인 분석 결과에 따른 SMC값은 <표3-6>에 제시하였다.

확인적요인분석을 통해 적합도를 저해하는 측정변수의 항목을 제거하여, 모든 변수에의 적합도가 개선되었음을 확인할 수 있다. 즉 분석 결과 본 연구에 사용된 측정항목을 통해 가설 검증을 위한 모델의 실시하는데 무리가 없음을 확인하였다.

<표 3-5> 측정변수별 확인적 요인분석결과

변수		문항수	$x2$	p	CMIN/DF	RMR	GFI	AGFI	CFI	NFI	IFI	RMSEA
기대성과	초기	6	18.55	0.029	2.061	0.024	0.972	0.934	0.970	0.944	0.970	0.073
	최종	4	6.43	0.040	3.214	0.019	0.984	0.918	0.976	0.967	0.977	0.105
기대노력	초기	5	5.104	0.403	1.021	0.016	0.990	0.969	1.000	0.982	1.000	0.010
	최종	4	1.894	0.388	0.947	0.011	0.995	0.977	1.000	0.992	1.000	0.000
사회적영향력	초기	6	50.23	0.00	5.581	0.061	0.923	0.820	0.851	0.828	0.854	0.152
	최종	4	10.26	0.006	5.131	0.027	0.974	0.872	0.959	0.951	0.960	0.144
촉진요인	초기	6	18.42	0.031	2.047	0.024	0.971	0.932	0.977	0.957	0.977	0.073
	최종	5	9.18	0.102	1.835	0.017	0.981	0.944	0.989	0.976	0.989	0.065
네트워크 효과	초기	5	2.715	0.744	0.543	0.010	0.994	0.983	1.000	0.990	1.009	0.000
	최종	5	2.715	0.744	0.543	0.010	0.994	0.983	1.000	0.990	1.009	0.000
혁신성	초기	6	8.739	0.462	0.971	0.016	0.985	0.966	1.000	0.975	1.001	0.000
	최종	5	2.654	0.753	0.531	0.009	0.995	0.984	1.000	0.991	1.008	0.000
정부신뢰	초기	5	23.42	0.000	4.684	0.025	0.956	0.867	0.942	0.928	0.943	0.136
	최종	4	0.224	0.894	0.112	0.003	0.999	0.997	1.000	0.999	1.008	0.000
기술수용의도	초기	6	24.93	0.003	2.770	0.022	0.962	0.911	0.971	0.957	0.972	0.094
	최종	5	7.74	0.171	1.547	0.014	0.985	0.954	0.994	0.980	0.994	0.052

<표 3-6> 측정변수 별 SMC 값 개선도 비교

변수		SMC(Squared Multiple Correlation) 값					
기대 성과	변수	B1_1	B1_2	B1_3	B1_4	B1_5	B1_6
	초기	.459	.324	.390	.424	.481	.415
	최종	.493	-	-	.382	.469	.452
기대 노력	변수	B2_1	B2_2	B2_3	B2_4	B2_5	
	초기	.563	.523	.527	.359	.262	
	최종	.536	.550	.539	.347	-	
사회적 영향력	변수	B3_1	B3_2	B3_3	B3_4	B3_5	B3_6
	초기	.356	.405	.143	.167	.592	.457
	최종	.368	.362	-	-	.661	.448
촉진 요인	변수	C1_1	C1_2	C1_3	C1_4	C1_5	C1_6
	초기	.534	.188	.546	.541	.599	.420
	최종	.548	-	.538	.548	.603	.402
네트워크 효과	변수	C2_1	C2_2	C2_3	C2_4	C2_5	
	초기	.483	.428	.413	.439	.433	
	최종	.483	.428	.413	.439	.433	
혁신성	변수	C3_1	C3_2	C3_3	C3_4	C3_5	C3_6
	초기	.439	.444	.454	.278	.568	.417
	최종	.466	.453	.451	-	.560	.394
정부신뢰 (국제협력)	변수	F1_1	F1_2	F1_3	F1_4	F1_5	
	초기	.434	.436	.502	.469	.535	
	최종	-	.486	.435	.401	.633	
기술수용 의도	변수	D1_1	D1_2	D1_3	D1_4	D1_5	D1_6
	초기	.465	.609	.566	.603	.601	.496
	최종	-	.575	.568	.605	.594	.538

각 측정변수별 요인분석을 통해 변수별 측정항목을 결정한 후, 측정모델의 적합성 검증을 실시하였다. 측정변수별 SMC 값비교를 통해 결정된 측정모델의 적합성은 확보된 것으로 판단되었으나, 측정모델의 적합도 향상을 위해 수정지수(M.I)를 활용하여 적합성을 저해하는 변수를 제거하였다. 공분산 설정분석을 통해 판별 타당성을 저해할 수 있는 요인인 B3_6을 삭제하고 확인적 요인분석을 실행하여, 적합도 향상여부를 분석하였다. <표3-7>에 명시된 것과 같이 수정 전후의 결과 값을 살펴보면 $x2$ = 731.474(df = 532, p=0.000)으로 변수 삭제전 $x2$ = 809.359(df = 566, p=0.000) 보다 적합도 값이 더 개선되었음을 확인할 수 있다. 또한 RMSEA = 0.043, RMR = 0.032, GFI = 0.834, IFI = 0.943, TLI = 0.935, CFI = 0.942 로 모든 적합도가 항목 삭제 후에 더 좋아졌다는 것을 확인할 수 있다. 적합도 판단기준인 CMIN/p 값이 p>0.05 기준을 만족하지 못하고 GFI가 기준치인 0.9 이상을 넘지 못하였으나, RMR 지수가 0.05 이하이며 IFI, TFL CFI 지수가 기준치인 0.9를 크게 상회하는 0.943, 0.935, 0.942로 나타났기 때문에 해당모델 적합도는 수용가능한 수준으로 평가할 수 있다.

<표 3-7> 모형수정전후 적합도 비교

	Absolute Fit Index				Comparative Fit Index		
	CMIN(df)	RMSEA	RMR	GFI	IFI	TLI	CFI
수정전	809.359(566)***	.046	.033	.825	.933	.924	.931
수정후	731.474(532)***	.043	.032	.834	.943	.935	.942

$^{*}p < .05$, $^{**}p < .01$, $^{***}p < .001$

집중타당성을 평가하기 위해 복합신뢰도(CR)값을 이용하였다. 그 결과 모든 잠재변수가 기준치인 0.7 이상의 값을 보여, 복합신뢰도 값을 기준으로 했을 때 모든 변수가 집중타당성을 확보했다고 판단할 수 있다. 표준화 회귀계수값을 기준하여 변수의 집중타당성을 평가했을 경우에도 기준치인 0.5이상의 수치를 모두 보이고 있어, 집중타당성이 확보되었다고 볼 수 있다. 하지만 판별타당성을 평가하는데 있어 일부 측정변수의 상관계수값이 표준분산추출(AVE)의 제곱근값을 상회하는 결과를 보여 다중공선성으로 인한 회귀결과의 왜곡을 가져올 수 있다고 볼수 있으나 VIF(Variation Inflation Factor)분석을 통해 모든 측정변수가 기준치인 5이하로 나타났음을 확인하였다. 잠재신뢰도의 경우에도 모두 .70이상으로 확인되었다. 이는 각 변수를 구성하는 측정변수(문항)가 모두 통계적으로 타당하다는 것을 의미한다.

<표 3-8> 확인적요인 분석결과

잠재변수	측정변수	표준요인 적재치	오차항	t-값	p-값	AVE	CR 잠재신뢰도
성과기대	B1_1	0.681	0.320			0.576	0.845
	B1_4	0.663	0.350	8.395	***		
	B1_5	0.670	0.344	8.470	***		
	B1_6	0.665	0.307	8.417	***		
노력기대	B2_1	0.757	0.248			0.587	0.850
	B2_2	0.701	0.437	9.192	***		
	B2_3	0.716	0.300	9.379	***		
	B2_4	0.627	0.402	8.230	***		
사회적영향력	B3_1	0.745	0.276			0.569	0.797
	B3_2	0.650	0.364	9.040	***		
	B3_5	0.651	0.423	9.068	***		
촉진요인	C1_1	0.718	0.311			0.638	0.898
	C1_3	0.757	0.247	10.443	***		
	C1_4	0.744	0.263	10.266	***		
	C1_5	0.755	0.329	10.420	***		
	C1_6	0.655	0.351	9.013	***		
네트워크요인	C2_1	0.704	0.278			0.553	0.898
	C2_2	0.678	0.375	8.569	***		
	C2_3	0.614	0.427	7.822	***		
	C2_4	0.655	0.303	8.300	***		
	C2_5	0.655	0.384	8.306	***		
혁신성	C3_1	0.716	0.321			0.610	0.861
	C3_2	0.668	0.279	9.052	***		
	C3_3	0.660	0.297	8.937	***		
	C3_5	0.695	0.276	9.412	***		
	C3_6	0.662	0.310	8.969	***		
정부신뢰 (국제협력)	F1_2	0.661	0.288			0.632	0.886
	F1_3	0.715	0.292	8.380	***		
	F1_4	0.624	0.340	7.502	***		
	F1_5	0.779	0.214	8.919	***		
기술수용의도	D1_2	0.766	0.270			0.676	0.872
	D1_3	0.729	0.288	10.796	***		
	D1_4	0.794	0.231	11.939	***		
	D1_5	0.799	0.245	12.034	***		
	D1_6	0.689	0.337	10.099	***		

*** : <0.01

2. 기술통계

<표 3-9> 기술 통계

변수		N	최소값	최대값	평균	표준편차
종속변수	기술수용(추천)의도	200	1.00	5.00	3.9250	.65292
독립변수	성과기대	200	1.00	5.00	3.8575	.59336
	노력기대	200	1.00	4.75	3.5163	.64683
	사회적영향력	200	1.33	5.00	3.7650	.65552
	촉진조건	200	1.80	5.00	3.9400	.62991
	네트워크요인	200	1.20	5.00	3.6630	.58818
	혁신성	200	1.80	5.00	3.7690	.56323
	정부신뢰	200	2.25	5.00	4.0675	.58279

변수의 특징을 살펴보면 모든 변수가 평균 3.5 이상으로 응답자들의 평균이 긍정적으로 다소 치우쳐져 있는 것을 확인할 수 있다. 정부신뢰(4.0675), 촉진조건(3.94), 기술수용(추천)의도(3.9250)의 경우 다른 변수들 보다 더욱 긍정적인 답변을 보였으며 가장 평균이 낮은 변수는 노력기대 (3.5163)로 확인되었다.

3. 주요 변수간 상관관계 분석

<표 3-10> 변수간 상관관계분석

	평균	표준편차	1	2	3	4	5	6	7	8
1. 기대성과	3.858	.593	1							
2. 기대노력	3.516	.647	.56***	1						
3. 사회적 영향력	3.765	.656	.64***	.52***	1					
4. 촉진요인	3.940	.630	.70***	.36***	.70***	1				
5. 네트워크 효과	3.663	.588	.57***	.54***	.60***	.55***	1			
6. 혁신성	3.769	.563	.69***	.56***	.68***	.72***	.68***	1		
7. 정부신뢰	4.068	.583	.57***	.31***	.47***	.65***	.50***	.56***	1	
8. 기술수용(추천)의도	3.925	.653	.69***	.42***	.71***	.83***	.56***	.75***	.63***	1

*p < .05, **p < .01, ***p < .001

확인적 요인분석을 통해 정제된 주요 변수 간 상관관계분석을 실시하였다 <표3-10> 분석 결과 모든 변수의 상관성이 p < .001 수준에서 통계적으로 유의미한 결과를 보였다. 기대성과는 촉진요인 (r=.70, p < .001), 혁신성 (r=.69, p < .001), 기술수용의도 (r=.69, p < .001)와 가장 높은 상관관계를 보였으며, 기대노력 (r=.56, p < .001)과 상관관계가 가장 낮았다. 기대노력은 혁신성, 기내성과 (r=.56, p < .001)와 가장 높은 상관성을 보인 반면, 촉진요인 (r=.36, p < .001)과 상관관계가 가장 낮았다. 사회적 영향력은 촉진요인 (r=.70, p < .001)과 상관관계가 높은 것으

로 나타났으며, 국제협력인식 (r=.47, p < .001)과는 가장 낮은 상관성을 보였다 촉진요인의 경우, 기술수용의도 (r=.83, p < .001)의 상관관계가 가장 높았으며, 기대노력 (r=.36, p < .001)과 가장 낮았다. 네트워크효과는 혁신성(r=.68, p < .001) 과 가장 높은 상관관계가 나타났으며, 국제협력 인식(r=.50, p < .001)과 가장 낮게 나타났고, 혁신성의 경우, 기술수용의도(r=.75, p < .001)와 가장 높은 상관성을 보였다. 국제협력인식은 기대 노력(r=.31 p < .001)이 타변수들 간의 상관성에 비해 낮게 나타났다. 기술수용의도는 촉진요인(r=.83, p < .001)과 가장높은 상관관계를 보였으며, 기대노력(r=.42, p < .001)과 가장 낮은 상관성이 확인되었다.

4. 결과해석

기술수용(추천)의도에 영향을 주는 변수를 확인하기 위해 성과기대, 노력기대, 사회적영향력, 촉진조건, 네트워크효과, 혁신성, 정부신뢰 총 7개 변수를 독립변수로 기술수용(추천)의도를 종속변수로 설정하고 다중회귀분석을 실시하였으며 그 결과값 및 가설검증결과는 아래 <표3-11>와 같다.

<표 3-11> 가설검정결과

	비표준화계수		표준화계수	t	유의확률	검정결과
	β	표준오차	베타			
(상수)	-.189	.188		-1.007	.315	
성과기대 (가설1)	.078	.063	.071	1.242	.216	기각
노력기대 (가설2)	-.014	.048	-.014	-.283	.777	기각
사회적영향력 (가설3)	.170	.056	.171	3.033	.003**	채택
촉진조건 (가설4)	.460	.067	.444	6.836	.000**	채택
네트워크효과 (가설5)	-.037	.057	-.033	-.642	.521	기각
혁신성 (가설6)	.271	.072	.234	3.747	.000**	채택
정부신뢰 (가설7)	.128	.054	.114	2.375	.019**	채택

$R^2 = 0.763$, $R^2_{adj} = 0.754$, $F = 88.313^{**}$

*p < .05, **p < .01

먼저 연구가설의 채택/기각여부를 확인함에 있어, 7개 독립변수의 기술수용(추천)의도에 대한 설명력은 76.3% 이며 조정된 설명력은 75.4%로 나타났다. 회귀모형은 F = 88.313(p <0.001)로 통계적으로 유의함을 나타내고 있다. 성과기대(Performance Expectancy)가 기술수용(추천)의도에 정(+)의 영향을 미칠것이라는 가설1은 통계적으로 유의하지 못한 결과(β=0.078, t=1.1242, p > 0.05)를 보여 기각되었다. 노력기대 (Effort expectancy)가 기술수용(추천)의도에 정(+)의 영향을 미칠것이라는 가설2 또한 통계적으로 유의하지 못한 결과(β=-0.014, t=-0.283, p > 0.05)를 보여 기각되었다. 사회적영향력이 기술수용(추천)의도에 정(+)의 영향을 미칠 것이라는 가설3은 통계적으로 유의한 결과 (β=0.170, t=3.033, p < 0.01)를 보여 채택되었다. 촉진조건이 기술수용(추천)의도에 정(+)의 영향을 미칠것이라는 가설 4 또한 통계적으로 유의한 결과(β=0.460,

t=6.836, p < 0.01)를 보여 가설이 채택되었다. 네트워크효과가 기술수용(추천)의도에 정(+)의 영향을 미칠 것이라는 가설5는 통계적으로 유의하지 못한 결과(β=-0.037, t=-0.642, p > 0.05)로 기각되었으며, 혁신성 및 정부신뢰(국제협력인식)는 각각 기술수용(추천)의도에 통계적으로 유의미한 결과값을 나타내어 가설을 채택하였다.

또한 기술수용의도에 영향을 미치는 변수의 중요도를 판단하기 위하여 표준화 회귀계수(베타)를 비교한 결과 촉진조건 (0.444), 혁신성(0.234), 사회적영향력(0.171), 정부신뢰(0.114) 순으로 기술수용(추천)의도에 더 강한 영향을 미치는 것을 확인되었다. 결과적으로 탄소중립기술을 수용 또는 추천하려는 의도에 영향을 미치는 요인은 기술이 적용될 수 있는 환경이 되었다고 믿는 정도 (촉진조건), 신기술에 대해서 타인보다 더 먼저 수용하고 경험하려는 의지(혁신성), 탄소중립 기술이 주는 영향력을 크게 느끼고, 사회나 학계에서 해당 기술을 추천할 때 (네트워크 영향력), 정부에 추구하는 정책에 대한 긍정적인 인식 (정부신뢰) 구체적으로 정부가 추진하는 국제협력 당위성에 대한 지지도가 높을 때라는 것이 분석결과로 확인되었다.

제 5 절 일반인과 전문가 간 인식조사 결과

1. 주요 변수의 평균, 표준편차, 신뢰도

본 연구에 활용된 주요 변수의 평균, 표준편차, 신뢰도를 분석하여 <표 3-12>에 제시하였다. 전반적으로 살펴보면 주요 변수의 신뢰도는 모두 .70로 나타나 각 변수를 측정하는 문항이 변수를 구성하는 데에 무리가 없는 것으로 볼 수 있다. 주요 변수의 평균은 모두 3점대 중반으로 확인되었는데, 그 중 노력기대의 평균이 3.51(SD = 0.67)로 가장 낮았고, 추천의도의 평균이 3.94(SD = 0.64)로 가장 높았다.

<표 3-12> 주요변수의 평균, 표준편차, 신뢰도

변수	문항 수	평균	표준편차	신뢰도
기대성과	6	3.81	0.58	.82
기대노력	5	3.51	0.67	.85
사회적 영향력	4	3.73	0.63	.76
촉진요인	5	3.61	0.76	.84
네트워크 효과	5	3.77	0.59	.79
혁신성	6	3.83	0.56	.85
기술수용(추천)의도	6	3.94	0.64	.90

2. 측정도구의 적합도 및 타당성 검증

측정도구의 적합도 및 타당성을 검증한 결과를 <표 3-13>과 <표 3-14>에 제시하였다.

<표 3-13> 측정모형 적합도

Absolute Fit Index				Comparative Fit Index		
chi-square(df)	RMSEA	RMR	GFI	IFI	TLI	CFI
1380.42(608)***	.05	.04	.84	.90	.89	.90

*$p < .05$, **$p < .01$, ***$p < .001$

<표 3-14> 주요 변수의 확인적 요인분석

잠재요인	측정변수	B	β	S.E,	C.R(p)	AVE	잠재신뢰도
기대성과	기대성과1	1	.69	fix		.55	.88
	기대성과2	0.96	.64	.08	12.37***		
	기대성과3	1.08	.69	.08	13.28***		
	기대성과4	1.17	.67	.09	12.97***		
	기대성과5	1.04	.60	.09	11.55***		
	기대성과6	0.98	.67	.08	12.87***		
기대노력	기대노력1	1	.68	fix		.61	.89
	기대노력2	1.01	.69	.08	12.92***		
	기대노력3	1.06	.75	.08	13.74***		
	기대노력4	1.16	.74	.09	13.63***		
	기대노력5	1.10	.79	.08	14.36***		
사회적 영향력	사회적 영향력1	1	.64	fix		.54	.83
	사회적 영향력2	1.15	.66	.10	11.47***		
	사회적 영향력3	1.08	.63	.10	10.99***		
	사회적 영향력4	1.24	.74	.10	12.44***		
촉진요인	촉진요인1	1	.81	fix		.54	.85
	촉진요인2	0.68	.69	.05	14.67***		
	촉진요인3	0.77	.69	.05	14.66***		
	촉진요인4	0.96	.79	.06	17.04***		
	촉진요인5	0.68	.60	.06	12.51***		
네트워크 효과	네트워크 효과1	1	.62	fix		.55	.86
	네트워크 효과2	0.93	.58	.09	9.88***		
	네트워크 효과3	1.12	.66	.10	10.89***		
	네트워크 효과4	1.23	.75	.10	11.95***		
	네트워크 효과5	1.22	.68	.11	11.24***		
혁신성	혁신성1	1	.71	fix		.63	.91
	혁신성2	0.85	.70	.06	13.73***		
	혁신성3	0.91	.74	.06	14.34***		
	혁신성4	0.81	.66	.06	12.87***		
	혁신성5	0.93	.73	.07	14.21***		
	혁신성6	0.80	.64	.06	12.61***		
기술수용(추천)의도	의도1	1	.76	fix		.71	.94
	의도2	1.03	.79	.06	16.83***		
	의도3	1.05	.79	.06	17.01***		
	의도4	1.02	.77	.06	16.57***		
	의도5	1.06	.79	.06	16.84***		
	의도6	0.98	.74	.06	15.78***		

*$p < .05$, **$p < .01$, ***$p < .001$

먼저 적합도는 절대적합도지수인 카이스퀘어 값의 유의수준이 .001보다 작게 나타났고, RMESA가 .05, RMR이 .04로 적합했으며, GFI가 기준치이 .90보다 다소 낮았으나 타 지수가 우수한 것으로 확인되어 전반적인 절대적합도지수가 수용가능한 수준이다. 증분적합도지수인 IFI, TLI, CFI는 각각 .90, .89, .90으로 나타났는데, 이는 기준치인 .90 이상이거나 근사치임으로 본 연구에서 활용한 변수의 증분적합도지수가 적절하다고 볼 수 있다. 다음으로 확인적 요인분석

의 결과에서 표준화 요인부하량이 모두 .60 이상이며, 이에 대한 p값이 모두 .001보가 작게 나타났다. 또한 모든 변수의 표준분산추출(AVE)는 기준치인 .50 이상으로 확인되었으며, 잠재신뢰도의 경우에도 모두 .70이상으로 확인되었다. 이는 각 변수를 구성하는 측정변수(문항)가 모두 통계적으로 타당하다는 것이다.

3. 주요 변수 간 상관관계

본 연구에서 활용한 주요 변수 간의 상관관계를 파악하여 <표 3-15>에 제시하였다. 분석 결과, 모든 변수 간 상관성이 $p < .001$을 기준으로 통계적으로 유의미했다. 기대성과과는 노력기대가 가장 높은 상관성을 보였고(r = .73, $p < .001$), 촉진요인과 상관관계가 가장 낮았다(r = .41, $p < .001$). 노력기대도 촉진요인과의 상관관계가 r = .37($p < .001$)로 가장 낮았다. 사회적 영향력의 경우 기대성과과의 상관관계가 가장 높게 나타났으며(r = .64, $p < .001$), 네트워크 효과와의 상관관계가 가장 낮았다(r = .47, $p < .001$). 촉진요인은 혁신성과 추천의도와 각 r = 60, 59($p < .001$)의 높은 상관관계가 나타났다. 네트워크 효과는 혁신성과의 상관관계가 타 변수들과의 상관성보다 높았으며(r = .65, $p < .001$), 촉진요인과 가장 낮았다(r = .39, $p < .001$). 혁신성의 경우에도 촉진요인과의 상관관계가 r = .43($p < .001$)로 비교적 낮게 나타났고, 기술수용(추천)의도는 혁신성과 가장 높은 상관관계(r = .61, $p < .001$), 노력기대와 가장 낮은 상관성이 확인되었다(r = .42, $p < .001$).

<표 3-15> 주요 변수 간 상관관계 분석

	1	2	3	4	5	6	7
1. 기대성과	1						
2. 기대노력	.73***	1					
3. 사회적 영향력	.64***	.60***	1				
4. 촉진요인	.41***	.37***	.52***	1			
5. 네트워크 효과	.56***	.49***	.47***	.39***	1		
6. 혁신성	.71***	.60***	.60***	.43***	.65***	1	
7. 기술수용(추천)의도	.54***	.42***	.59***	.51***	.46***	.61***	1

*$p < .05$, **$p < .01$, ***$p < .001$

4. 집단(전문가, 일반인)에 따른 주요 변수의 평균 차이 검증

기술수용모델의 핵심 요인인 기대성과과 노력기대, 그리고 그 선행요인과 추천의도의 평균이 전문가와 일반인 간에 차이가 있는지를 살펴보기 위해 독립표본 t검정을 실시하였으며, 그 결과를 <표 3-16>에 제시하였다. 분석 결과, 노력기대, 촉진요인, 네트워크 효과만이 전문가 집단과 일반인 집단 간의 차이가 있는 것으로 확인되었다. 첫째. 노력기대의 경우 일반인의 평균이

3.58(*SD* = 0.61), 전문가의 평균이 3.45(*SD* = 0.72)였으며, t값이 1.906, 유의수준(*p*)이 .05보다 작게 나타나 통계적으로 전문가보다 일반인이 탄소중립 기술에 대한 용이성을 높게 평가하는 것으로 볼 수 있다. 둘째, 촉진요인의 경우에도 두 집단 간 t값에 대한 유의수준이 통계적으로 유의했고(t = 9.15, p < .001), 일반인의 평균이 3.94(*SD* = 0.63), 전문가의 평균이 3.33(*SD* = .075)로 일반인 집단이 탄소중립 기술에 대한 촉진요인을 더 크게 인식하고 있었다. 마지막으로 네트워크 효과의 경우에는 통계적으로 유의한 수준 내에서 전문가(*M* = 3.85, *SD* = 0.58)의 인식 평균이 일반인(*M* = 3.66, *SD* = 0.59)보다 높게 나타났다(t = -3.39, p < .001).

<표 3-16> 집단에 따른 주요 변수 평균 차이 검증(t-test)

변수	집단	*N*	*M*	*SD*	*t*(*p*)
기대성과	일반인	200	3.78	0.57	-1.15(.251)
	전문가	238	3.84	0.58	
기대노력	일반인	200	3.58	0.61	1.91*
	전문가	238	3.45	0.72	
사회적 영향력	일반인	200	3.77	0.62	1.26(.209)
	전문가	238	3.70	0.64	
촉진요인	일반인	200	3.94	0.63	9.15***
	전문가	238	3.33	0.75	
네트워크 효과	일반인	200	3.66	0.59	-3.39***
	전문가	238	3.85	0.58	
혁신성	일반인	200	3.79	0.54	-1.60(.111)
	전문가	238	3.87	0.58	
기술수용(추천)의도	일반인	200	3.93	0.63	-0.47(.641)
	전문가	238	3.96	0.64	

*p < .05, **p < .01, ***p < .001

5. 구조모델 적합도 및 경로분석

본 연구에서 제시한 모형의 적합도와 그 구조를 분석하여 <표 3-17>와 <표 3-18>에 제시하였다. 결과를 살펴보면, 먼저 구조모델의 적합도는 전반적으로 우수한 수준이었다. 절대적합도 지수인 카이제곱 값이 1417.20(p < .001)로 통계적으로 유의하게 나타났고, RMESA가 .06, RMR이 .04였으며, 대표적인 증분적합도지수인 CFI가 .90, TLI가 .89로 확인되었다. 다음으로 경로분석의 결과인 각 변수 간 인관관계는 다음과 같다. 네트워크 효과(β = .03(p > .05) 외에 타 변수는 모두 기술수용(추천)의도에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그 중 기대성과가 가 기술수용(추천)의도에 미치는 영향이 β = .54(p < .001)로 가장 컸으며, 노력기대의 영향이 β = .40(p < .001)으로 그 다음으로 높았다. 사회적 영향력의 영향은 β = .27(p < .001)의, 촉진요인은 β = .18(p < .001)의, 혁신성은 β = .38(p < .001)의 영향을 기술수용(추천)의도에 영향을 미쳤다.

<표 3-17> 구조모형 적합도

Absolute Fit Index				Comparative Fit Index		
chi-square(df)	RMSEA	RMR	GFI	IFI	TLI	CFI
1380.42(608)***	.05	.04	.84	.90	.89	.90

*p < .05, **p < .01, ***p < .001

<표 3-18> 경로분석 결과

path			B	S.E,	β	*C.R*	p
기대성과	→	기술수용(추천)의도	.60	.04	.54	13.43	***
노력기대	→		.40	.04	.42	9.77	***
사회적 영향력	→		.27	.05	.27	5.71	***
촉진요인	→		.18	.04	.22	5.27	***
네트워크 효과	→		.04	.05	.03	0.72	.471
혁신성	→		.38	.06	.33	6.58	***

*p < .05, **p < .01, ***p < .001

6. 집단 간 비교 분석

일반인과 전문가의 탄소중립 기술 수용에 대한 영향 차이를 비교해 보기 위해 다중집단비교 분석을 실시한 결과를 <표 3-19>에 제시하였다. 먼저, 다중집단비교 모형의 적합도를 살펴보면 전반적으로 수용 가능한 수준으로 확인되었으며(<표 3-20> 참고). 두 집단 간 차이를 검증한 결과에서 카이제곱의 차가 89.36(Δdf = 37)이었으며, 이에 대한 유의수준이 .000으로 나타나 p < .001을 기준으로 그 차이가 통계적으로 유의한 것으로 볼 수 있다.

<표 3-19> 다중집단비교 모형 적합도

	Absolute Fit Index				Comparative Fit Index		
	chi-square(df)	RMSEA	RMR	GFI	IFI	TLI	CFI
비제약 모델	2232.03(1224)***	.04	.05	.78	.88	.87	.88
제약모델	2321.39(1261)***	.04	.05	.77	.88	.87	.88

*p < .05, **p < .01, ***p < .001

<표 3-20> 일반인과 전문가 모델 비교

구분	Δchi-square	Δdf	p
비제약 모델 - 제약 모델	89.36	37	.000

경로분석의 결과는 <표 3-21>와 같으며, 주요한 차이는 다음과 같다. 먼저, 기대성과가 기술수용(추천)의도에 미치는 영향은 일반인이 전문가에 비해 높게 나타났다. 구체적으로 일반인

집단에서는 β = .69, p < .001)의, 전문가 집단에서는 β = .42(p < .001)의 영향이 확인되었다. 두 번째로 노력기대의 경우에도 전문가 집단(β = .39, p < .001)에 비해 일반인 집단β = .49, p < .001)에서 기술수용(추천)의도에 미치는 영향이 높게 나타났다.

촉진요인은 두 집단 간 영향의 차이가 가장 컸는데, 촉진요인이 기술수용(추천)의도에 미치는 영향이 일반인 집단에서는 β = .55(p < .001)였고, 전문가 집단에서는 β = .16(p < .001)으로 분석되었다. 반면, 사회적 영향력과 혁신성이 기술수용(추천)의도에 미치는 영향은 전문가 집단에서 그 영향의 크기가 더 컸다. 일반인 집단에서 사회적 영향력은 기술수용(추천)의도에 β = .17(p < .01)의 영향을 미쳤으나, 전문가 집단에서는 β = .26(p < .001)의 영향이 나타났다. 혁신성이 기술수용(추천)의도에 미치는 영향은 큰 차이는 아니지만, 일반인 집단에서 β = 25 .(p < .001), 전문가 집단에서 β = .28(p < .001)의 영향으로 전문가 집단에서 그 효과가 다소 큰 것으로 확인되었다.

<표 3-21> 일반인, 전문가 간의 경로 비교

path			일반인		전문가	
			β	p	β	p
기대성과	→	기술수용(추천)의도	.69	***	.42	***
노력기대	→		.49	***	.39	***
사회적 영향력	→		.17	.002	.26	***
촉진요인	→		.55	***	.16	.015
네트워크 효과	→		-.01	.881	.03	.713
혁신성	→		.25	***	.28	***

$^{*}p$ < .05, $^{**}p$ < .01, $^{***}p$ < .001

제 4 장 지자체 대상 기후기술사업화 기획

제 1 절 기획 배경 및 선정 과정

1. 개요 및 추진 배경

앞서 지역민의 인식조사는 지자체를 대상으로 한 기술사업화 기획에 대한 근거로 작용하였다. 지역민들은 대체로 지자체가 국제사회의 기후변화 대응 노력에 동참해야 한다(96.5%)고 보았으며, 기후변화 문제의 심각성을 높게 인식(70.5%)하고 있었다. 전반적으로 탄소중립에 관한 기술이 지자체 탄소중립에 기여(74%)할 수 있다고 보았으며 대체로 고연령으로 갈수록 이러한 인식이 높아지는 것을 알 수 있었다. 동 조사로 예측할 수 있는 것은, 지역민들은 기후변화는 심각한 문제로 인식하고 있으며 해결에 중앙정부만큼이나 지자체의 역할이 중요하다고 보고 있었다. 이를 통해 지자체는 기후변화에 관한 해결 노력과 정책 수단에 대한 지역민과의 소통과 기후행동으로 이끄는 전략 개발이 중요하며, 문제 해결을 위한 탄소중립 기술과 혁신 활동에 대한 지속적인 공중 관계 전략이 필요하다는 것이다.

지금까지 논의했던 것처럼, 기후변화로 인한 이상기후 현상이 심화됨에 따라 전 세계적으로 기후변화 대응 노력이 본격화되고 있다. 특히 기후적응과 온실가스 감축 정책의 실효성 확보를 위해서 실질적 이행주체인 지방자치단체의 적극적 참여가 필요하다. 그리고 지자체는 기후위기를 극복하는 기후적응, 탄소중립, 그린뉴딜 관련 기술사업화 기획과 제도개선과 정책 지원이 어느 때보다 필요한 시점이다. 이에 국가녹색기술연구소는 지자체 기후기술 실증사업화 기획을 통해 해당 지자체의 기후위기 대응역량 강화 및 적극적인 문제해결이 가능하도록 지원하는 것을 목표로 삼고 있다.

1) 지자체 수요조사
- 국내외 문헌조사 및 기후기술 수요와 지역 혁신 분석, 해외 사례의 발굴과 벤치마킹
- 지자체 조사 및 방문 인터뷰, 광역 지자체를 중심으로 협조체계 구축

2) 선정평가 지표 설정 및 실증사업 선정
- 국내외 사례를 바탕으로 객관적인 선정평가 지표를 구성
- 선정평가회의를 통해 국내 실증사업 및 해외 실증사업 선정

3) 지자체 맞춤 기획
- 중점지자체 기술사업화 중심의 실무기획・점검위원회 운영하여 기획안 개발
- 지자체 공무원 및 지역 연구원 간 협업체계를 통해 사업기획의 정교화

4) 정책 및 학술 기여
- 지자체 기술사업화 등 정책 적용
- 국내외 전문학술지 학술논문 게재를 통한 연구 성과의 확산

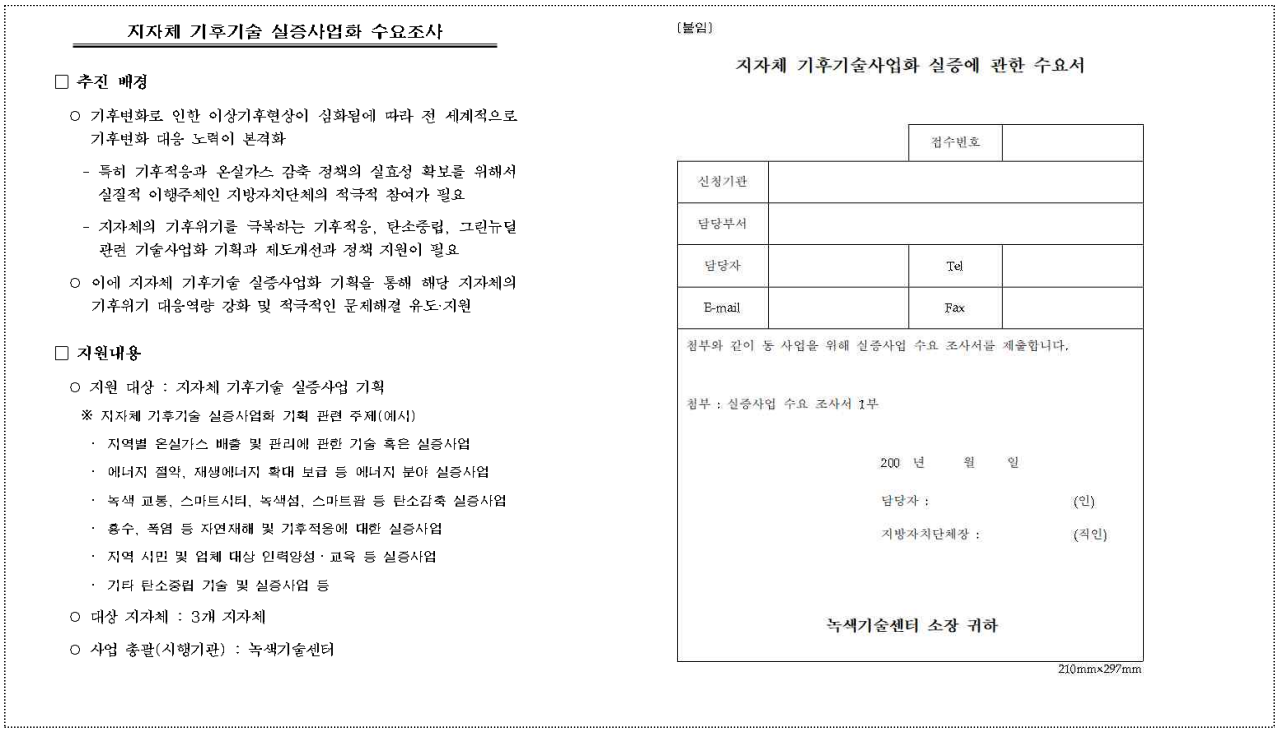
<지역 맞춤형 실증기획 내용 및 추진 전략>

본 과제를 수행하며 서울특별시, 경기도, 대전광역시, 충청남도, 광주광역시, 울산광역시, 제주도 등 광역지자체를 방문하여 담당 공무원과의 업무협의를 수차례 진행하였다. 지자체별로 기후환경에 대한 상황과 수요가 상이함이 나타났다. 이를테면 서울은 대한민국의 수도로 미세먼지, 대기오염, 물, 폐기물, 자원순환 등 다양한 기후・환경 문제에 직면하며 많은 민원이 발생하고 있었다. 그리고 충청남도는 화력발전소가 집적된 지자체로 대기오염 문제가 가장 크게 부각되고 이에 대한 도민의 해결 요구가 강한 지역이었다. 대전시는 과학기술 혁신도시로 정부기관 및 연구소들이 밀집되어 있으며, 현재 시민들은 월경성 대기오염에 대한 해결을 요구하는 목소리가 커지고 있었다.

2. 추진 과정

앞서 각 지자체의 기후환경에 대한 상황과 기후변화 대응 계획에 대한 분석을 통해 시사점을 도출하였다. 그리고 아래 그림과 같이, 지자체 기후기술 실증사업화 수요조사서를 개발하였다. 그리고 국내 실증사업 후보군과 해외 지자체 연계 사업에 대한 후보군 접수하고 더불어 지역혁신과 지자체 현안 해결을 위한 기후기술 실증 사업 선정의 평가지표를 수립하였다. 수요조사서와 평가지표는 객관성과 신뢰성 확보를 위해 동 과제의 총괄자문회의를 통해 사전에 철저히 검증하였다.

[그림 4-1] 지자체 대상 기술사업화 실증 수요서



지자체 기후기술 실증사업화 수요조사

□ 추진 배경

○ 기후변화로 인한 이상기후현상이 심화됨에 따라 전 세계적으로 기후변화 대응 노력이 본격화

- 특히 기후적응과 온실가스 감축 정책의 실효성 확보를 위해서 실질적 이행주체인 지방자치단체의 적극적 참여가 필요

- 지자체의 기후위기를 극복하는 기후적응, 탄소중립, 그린뉴딜 관련 기술사업화 기획과 제도개선과 정책 지원이 필요

○ 이에 지자체 기후기술 실증사업화 기획을 통해 해당 지자체의 기후위기 대응역량 강화 및 적극적인 문제해결 유도·지원

□ 지원내용

○ 지원 대상 : 지자체 기후기술 실증사업 기획

※ 지자체 기후기술 실증사업화 기획 관련 주제(예시)

· 지역별 온실가스 배출 및 관리에 관한 기술 혹은 실증사업

· 에너지 절약, 재생에너지 확대 보급 등 에너지 분야 실증사업

· 녹색 교통, 스마트시티, 녹색섬, 스마트팜 등 탄소감축 실증사업

· 홍수, 폭염 등 자연재해 및 기후적응에 대한 실증사업

· 지역 시민 및 업체 대상 인력양성·교육 등 실증사업

· 기타 탄소중립 기술 및 실증사업 등

○ 대상 지자체 : 3개 지자체

○ 사업 총괄(시행기관) : 녹색기술센터

[붙임]

지자체 기후기술사업화 실증에 관한 수요서

		접수번호	
신청기관			
담당부서			
담당자		Tel	
E-mail		Fax	

첨부와 같이 동 사업을 위해 실증사업 수요 조사서를 제출합니다.

첨부 : 실증사업 수요 조사서 1부

200 년 월 일

담당자 : (인)

지방자치단체장 : (직인)

녹색기술센터 소장 귀하

210mm×297mm

평가지표는 과학기술정보통신부(KISTEP)의 기술성 평가 지표 및 기준에 따라 기술개발의 필요성, 기술개발의 시급성, 기존 기술과 사업 차별성, 사업계획의 구체성, 재정 투입 가능성 등을 고려하여 1차로 평가 지표를 구성하였다. 총괄자문회의는 국가 연구개발 사업의 평가 체계는 새로운 혹은 혁신 돌파형 기술에 대한 선정 평가이기에 지자체 현안, 실증사업화 타당성 그리고 녹색기술센터의 업무 범위가 밀접한 기획 사업이 타당하다는 결론에 따라 다음과 같은 평가 지표가 제안되었다. △기술사업 실증의 필요성(30점), △기술사업 실증의 시급성(20점), △기존 기술 및 사업과의 차별성(15점), △사업계획의 구체성(15점), 그리고 △GTC와 연계성(20점)이 이에 해당된다. 그에 따라 평가표가 개발되었고 아래와 같이 구성되었다.

<표 4-1> 중점사업 선정을 위한 평가표

항목	세부 평가지표	가중치	평가등급					평가점수
			S (5)	A (4)	B (3)	C (2)	D (1)	
기술사업 실증의 필요성 (30점)	정책 부합성	4	20	16	12	8	4	
	사회/경제/기술 필요성	2	10	8	6	4	2	
기술사업 실증의 시급성 (20점)	사업추진의 시의 적절성	3	15	12	9	6	3	
	사업 여건의 성숙도	1	5	4	3	2	1	
기존 기술 및 사업과의 차별성 (15점)	사업목적/지원대상/ 기술분야 등 차별성	2	10	8	6	4	2	
	유사사업과의 연계 및 협력방안의 타당성	1	5	4	3	2	1	
사업계획의 구체성 (15점)	사업목표의 적절성	1	5	4	3	2	1	
	사업기획의 충실성	2	10	8	6	4	2	
GTC와 연계성 (20점)	GTC 연계성	4	20	16	12	8	4	
합계			점					
종합평가의견 *(※ 보완, 개선방향 등 주요 의견을 요약하여 기재하여 주십시오.)*								
-								

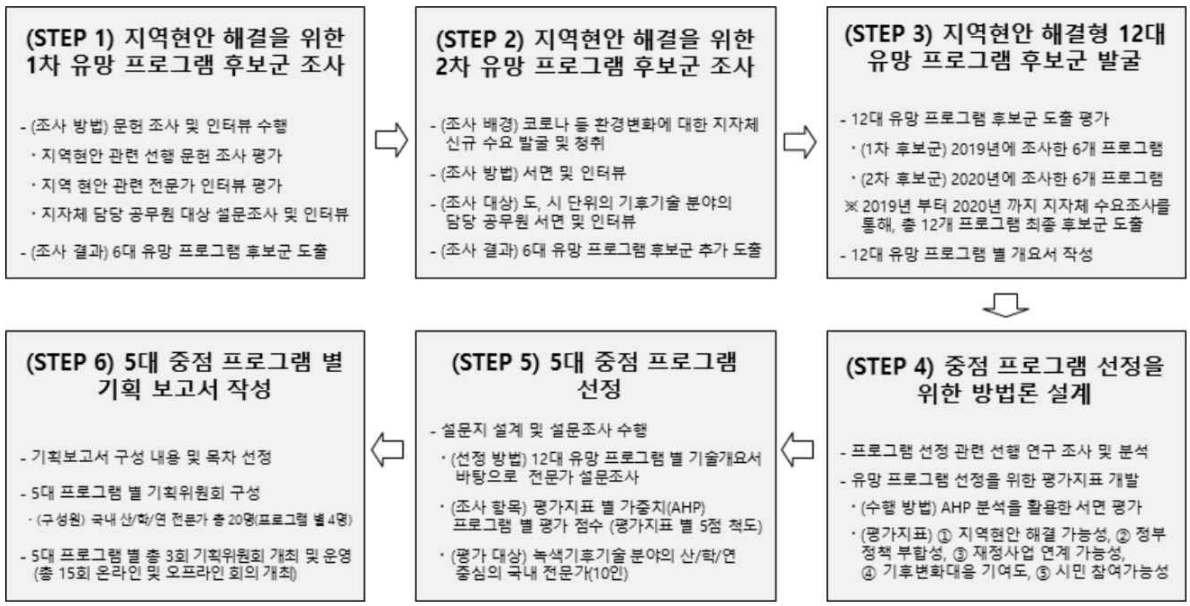
수요조사서는 공문을 통해 18개 광역지자체 및 산하 공공기관에 배포되었다. 접수기간은 1차로 2022년 3월 28일부터 4월 6월까지, 그리고 2차로 동년 8월 29일부터 9월 2일까지로 참여를 희망하는 지자체에서 실증사업 수요 조사서를 작성하여 메일 혹은 공문으로 제출하도록 하였다. 그 결과 7개 지자체 및 산하기관에서 총 10개 수요조사서가 접수되었다.

<표 4-2> 접수된 10개의 수요 사업

1	기후환경교육원 그린 ICT 적용 방안	OO도청
2	탄소중립 환경교육 콘텐츠 개발	OO도청
3	OO지역 그린스타트업 실증지원 사업	OOO진흥원
4	그린뉴딜 인력양성 교육사업	OOO진흥원
5	주민참여 영농형태양광 해외 실증사업	OO군청
6	대기중 VOCs 유출방지 및 회수를 위한 실증사업	OO방재센터
7	메타버스기반 재난안전 사업장 종사자 교육자료 제작	OO방재센터
8	기후변화 대응 과학기술 국제협력 촉진 방안	OO광역시청
9	200kW 풍력발전시스템 실증연구 및 기술지원센터 구축	OO도청
10	플라스틱 청정수소 생산 실증사업	OO도청

선정평가단은 산학연 전문가 5명으로 구성되었고 2차례 선정 평가를 진행하였다. 선정평가는 평가 항목과 하부 평가지표를 바탕으로 평가등급은 1-5점으로 80점 이상을 기준으로 마련하여 산학연관 전문가를 통해 최종 4건의 기획 사업을 선정하였다. 그리고 동 연구의 추진을 위해 2020년에 시행되었던 녹색기술센터의 '지역현안 해결 실증사업 기획보고서'의 연구를 참고하여 추진하였다.

[그림 4-2] 2020년 GTC 지역현안 해결 실증사업 기획보고서의 연구 추진 흐름



(출처: 녹색기술센터(2020))

3. 기획보고서의 구성 및 검증

가. 보고서의 구성

앞서 설명에서처럼, 과제 공모는 공문을 통해 전국 지자체를 통해 수합되었다. 그리고 접수된 후보군들을 대상으로 평가를 실시한 후 다음과 같은 4건의 실증사업이 선정되었다. △충남 기후환경교육원의 디지털 녹색교육을 위한 ICT 적용 방안, △경남 남해군 영농형 태양광 실증의 해외 기술사업화 전략 개발, △국내 지자체의 베트남 영농형태양광(APV) 실증사업을 위한 예비 타당성 조사, △대전광역시 녹색기술 중심의 지속가능한 지역산업 육성방안이 이에 해당된다. 기획보고서 작성은 환경 분석, 세부 추진 계획, 사업 예산, 타당성 분석, 기대효과 등을 종합적으로 조사하고 분석에 주안점을 두었다. 특별히 타당성 분석을 위해서 개발 사업에서 논의하는 경제성, 기술성, 사회·환경성을 포함하되 가급적 3분야에 균형적으로 기획될 수 있도록 편성하였다.

나. 삼각검증법

Campbell(1959)이 제안한 질적 연구방법 '삼각검증법(triangulation)'은 사회과학분야에서 '혼합적 연구방법(mixed methods research)'라는 개념으로 사용된다(Creswell, 2009). 동일한 현상을 연구하는데 두 가지 이상의 방법을 사용하는 것(Flick, 1998; Steinke, 1999; 김운한, 이

형석, 2018; 김운한, 변혜민, 2019)으로, 수집된 원자료들을 바탕으로 결론을 수렴하는 과정을 삼각검증법이라 한다. 삼각검증법은 연구자의 주관적 판단이 개입될 수 있는 위험을 최소화하여 연구의 타당성과 신뢰도를 높이는 것이 특징(김지호, 김재형, 박성주, 2017; 조순목, 2000)이며, 주관적·객관적 자료를 포함한 풍부한 자료를 얻을 수 있어(유기웅, 정종원, 김영석, 김한별, 2012) 문화 집단 맥락 내에서의 의미(Warner, 1999)나 관찰된 행동의 의미를 파악하는데 도움을 주는 것으로 알려져 있다(Streubert & Carpenter, 1999). Denzin(1978)은 삼각검증법을 '질적 연구 방법'을 위한 타당도 전략으로 보고 있다(김운한, 변혜민, 2019).

삼각검증법의 유형에는 크게 4가지로 구분되는데, '자료 삼각검증법', '조사자 삼각검증법', '이론 삼각검증법', '방법론적 삼각검증법'이 있다. 동 기획보고서들은 방법론적 삼각검증을 차용하였다. '방법론적 삼각검증법'은 심층면접이나 참여관찰, 기존의 기록 분석방법 등 다양한 연구 방법을 활용하는 것으로, 신유나와 하세가와 사오리, 최규진(2019)의 연구에서 이주민의 건강문제 고찰을 위해 '문헌조사'와 '심층인터뷰'를 진행한 것이 그 예라 할 수 있다. 해당 실증사업들은 환경전문 변호사, 환경공학 교수, 환경경제학 교수 등 3명의 전문가를 통해 삼각검증을 진행하였다. 그리고 기획보고서는 그리고 최종 기획보고서는 해당 지자체에 전달하여 정책으로 반영되도록 지원 연구를 수행하였다.

제 2 절 지자체 대상 기후기술사업화 기획

1. 충남 기후환경교육원의 디지털 녹색교육을 위한 ICT 적용 방안

가. 사업 개요

(1) 추진 배경 및 목적

정부에서는 2020년말 Net-zero 2050을 선언하면서 온실가스 감축을 위한 장기적인 대책들과 함께 에너지 신산업 육성정책을 추진하고 있다. 또한, ‘ICT 기술융합을 통한 디지털화’를 탄소중립 기술혁신 10대 핵심기술에 포함시켜 산업, 경제 및 사회 모든 영역에서 탄소중립을 추진하고 있는 상황이다. 하지만 탄소 중립 관련 사업을 전국 지자체로 확산하고 사업별 공동 협력 단계에 이르지 못하고 있으므로 지역단위별로 탄소중립 실현을 위한 기후적응, 온실가스 감축, 기후 회복력, 융복합 등 사업 발굴과 기후기술을 활용한 개별 실증사업에 대한 통합 솔루션 제시 필요한 시점이다. 국내 지자체와 탄소중립을 위한 기후기술 융복합 사업화를 통해 2050 탄소중립 추진전략(2020.12)에 부합하는 기술실증의 성공사례를 제시할 필요가 있다. 구체적으로 지자체 단위에서의 탄소중립 실현을 위한 차별화된 실증사업 추진을 위해, 4차 산업혁명 기술(ICT 기반)을 적극 적용하는 등 해법 제시가 필요하다고 할 수 있다.

반면 기후변화 위기에 대한 관심과 심각성 인식은 증가하였으나, 기후변화 대응에 참여하는 노력 및 사회적 실천은 여전히 미흡하다는 평가를 받는 것으로 나타났다. 환경 문제에 대한 인식조사에 따르면 환경인식 관심도는 73%(‘17년 54.4%)이며, 학교 환경교육의 필요성은 89.4%, 주당 1시간 이상의 의무교육 필요성은 82.0%로 높은 것으로 확인되었다(20년 국민환경의식조사 <한국환경연구원>). 특히, 환경에 대한 행동 및 인식 변화를 위해 ‘환경교육’은 환경문제 해결을 위한 효과적인 해결 수단의 하나로 인식되고 있는 상황이다. 즉 환경교육의 일선 현장인 교육원을 기후변화 위기 대응 및 탄소중립 실현의 체험교육 중심으로 운영하여, 환경교육 컨텐츠 개발과 ICT 적용을 통한 효율적, 체계적 탄소중립 실현의 교육 공간으로 조성할 필요성은 더욱 강조되고 있다.

이렇듯 탄소중립 사회로의 전환이 본격화됨에 따라 이행주체로서 지자체의 역할이 중요하다. 그럼에도 주도적인 이행체계와 역량 등이 미흡한 상황이고, 2030년까지 국내 온실가스 감축목표 중 지자체 관리 권한인 비(非)산업 부문(가정, 상업, 공공, 도로수송, 폐기물, 농축산 등)이 30% 이상을 차지하고 있어 현실적인 대응책은 필수적이다. 이에 충남도의 교육원을 모체로 탄소중립 실현의 지자체 실증 모델로 구현하고자 한다. 구체적으로 전국 지자체별 환경교육원의 체험관 운영 및 탄소 감축 교육 등의 기본적 환경교육 개념에서의 탈피와 교육원 이용자 대상으로 탄소중립 관련 체험 및 탄소중립 실현을 위한 ICT 통합 솔루션을 제공하여 차별화된 교육원 개념을 정립하고자 한다.

(2) 주요 사업 내용

탄소중립의 효과적 실현을 위해서는 에너지와 ICT 결합을 통한 에너지 효율화를 우선적으로 추진할 필요가 있다. 이에 교육원을 기후 위기의 심각성을 인식하고 탄소감축 생활을 학습하고 직접 체험・실천할 수 있도록 교육하기 위한 탄소중립 전문 교육 공간으로 조성하는 방안을 제시하고자 한다.

기후환경교육원 기획을 위해 녹색기술센터에서 제공하는 지자체의 기후변화 대응 실증사업에 대한 수요를 바탕으로 중점 후보군을 선정하였다. 후보군 선정을 위해 녹색기술센터와 공동으로 서면 및 대면 인터뷰를 통해 수요를 발굴하고, 이에 대한 타당성 조사 및 분석을 실시하였다. 선정 평가 기준에 따라 중점 실증사업을 기획, 도출하는 일련의 과정을 통해 청양 소재 충남 기후환경교육원의 ICT 적용 방안을 제시하고자 한다. 구체적으로 탄소중립 실현 체험의 중요성 인식을 제고하는 교육원의 환경교육 컨텐츠 개발 및 ICT 적용 방안을 마련하고, 그린 ICT 기술을 활용한 기후환경 문제(예, 탄소감축) 해결을 위한 체험형 교육 컨텐츠와 프로그램, 블록체인 기술 적용 방안을 제시하는 데에 그 목적이 있다.

(3) 기존 타 환경교육원과의 차별성

자연환경교육원은 본래 청소년들이 자연 보전이 잘 되어 있는 곳을 직접 방문하여 숙박하면서 강도 높은 자연체험을 할 수 있도록 조성된 시설이다. 이에 국내외에서 모범적으로 운영되고 있는 교육원의 사례를 분석하여, 충남 기후환경교육원의 경우 차별화된 그린 ICT 교육원 개념을 정립하고자 한다.

(4) 충남 기후환경교육원의 차별적 운영 방안

기존의 국내외 교육원들이 탄소제로 건축물, 신재생에너지 및 저탄소 생활 교육 중심으로 운영되고 있다. 차별화된 운영을 위해 충남 기후환경교육원에는 ICT 기술을 접목하여 탄소중립 실현의 체험형 교육원으로 자리 매김할 필요가 있다. 특히 교육원 건물 신축 시에 에너지 사용 효율화 측면에서 설계를 고도화할 수 있는 방안을 고안, 적용하고자 한다.

나. 사업 관련 환경 분석

(1) 기술개발 동향

탄소중립에 기여할 수 있는 다양한 분야에서 블록체인을 적용해 신뢰성과 효율성을 제고하고, 탄소배출 거래 등 표준화된 플랫폼을 구축 및 활용할 필요가 있다. 관련해 기술 동향을 살펴보면, Blockchain & Climate Institute (BCI)은 글로벌 자원 선순환적 흐름에 대한 블록체인 적용 방안을 제안한 바 있으며, 브라질에서는 에코시스템 서비스에 대한 과금체계 및 탄소중립 관련 블록체인 적용 전략 연구를 수행한 바 있다. 또한 다양한 분야에서 블록체인 기술을 적용해 탄소배출권 거래 시스템을 구축하고 있는 상황이다. 한 예로, IBM은 Veridium Labs & Stellar 등과 탄소 배출량(carbon footprint)을 보상하는 블록체인 플랫폼 구축 및 coin 발행을 통한 탄소 배출권 거래를 촉진한 바 있고, 런던의 벤엔제리스 & Poseidon은 벤앤제리스 아이스크림 한 스쿱마다 1페니씩 블록체인 기반 거래소에서 거래되는 탄소 배출권 구매에 사용하고 있다.

(2) 시장 및 산업 동향

(가) 국내외 환경교육원 운영 사례 조사

① 구미 탄소제로 교육관

2014년에 설립된 교육관으로 기후변화에 대한 홍보 및 체험과 교육을 통하여 저탄소 녹색성

장의 선도적 역할을 수행하고 있다. 친환경적이고 에너지 절약적인 시설 계획을 바탕으로한 교육 공간으로 청소년 대상 Green-study 프로그램을 운영하고 있다. 기후변화에 대한 홍보 및 체험과 교육을 통하여 저탄소 녹색성장의 선도적 역할을 수행하고, 친환경적이고 에너지 절약적인 시설계획을 바탕으로 전시 및 교육공간으로서의 역할을 담당한다. 또 지역의 상징성 부여 및 미래지향적 위상을 제고하고 탄소제로도시 구미시에 맞게 다음세대와 함께하는 허브 역할을 추진 중에 있다. 특징으로는 건물이 녹색건축인증을 받았고, 인근에 경상북도 자연환경교육원이 위치하여 두 기관의 협력적으로 운영될 수 있다. 또한 탄소제로에 대한 지식을 안내하고 실천할 수 있는 제로 실천관으로 순서가 연결되어 있어 학습자의 통합적인 학습을 돕는다는 특징이 있다.[48]

② 인천 국립환경과학원 지구환경연구동

2014년에 설립된 인천 국립환경과학원 지구환경연구동은 신재생에너지(태양열, 태양광, 지열)와 슈퍼 단열, 창도 등 6사지 기술을 사용하여 에너지를 자급자족하는 탄소제로 건물이다.[49] 특징으로는 에너지 생산, 소비의 전 과정이 모니터링 시스템으로 이루어져 있다는 점과 국내에서 공공시설로써 에너지자립 10%를 완성한 탄소제로 건축물로 탄소제로를 구현하고 실현가능하다는 것을 선보인 상징성이 있다.

③ 홍콩 CIC-Zero Carbon Park

2012년에 설립된 홍콩 탄소제로 빌딩으로, 저탄소 생활을 위한 전시, 교육 및 정보 센터이다. 홍콩에서 저탄소 생활에 대한 지역사회의 인식을 높이고 저탄소 생활에 대한 변화를 촉진시키는 역할을 수행하고 있다. Climate Change and Fuel Choice(Zone 1)[50], Renewable Energy(Zone 2)[51], Natural Gas(Zone 3)[52], Nuclear Power(Zone 4)[53], Powering the Future(Zone 5)[54]의 5개 zone으로 운영되고 있다.

---

48) 구미 탄소제로 교육관 교육 프로그램: (유아 대상) 재활용 KIDS 장난감 만들기, 탄소 잡으러 출발, 그림책과 함께하는 환경교실을 각 달마다 다른 주제로 운영. (초등 대상) 프로그램은 푸름이 환경기자단, 환상사랑 Gren-schol, 뚝딱뚝딱 목공예, 작가와 함께하는 독서여행, 발명 클레스, 찾아가는 환경교실, 찾아가는 창의진로교실 운영. (청소년 대상) Gren-study 프로그램 운영. (성인 대상) No 케미라이프, 생활가죽공예, 프레임 속 환경 만들기, 생활 한지공예, 생활 라탄공예, 프레임 속 환경이야기 운영. (기타) 자원봉사자 양성과정 운영

49) 탄소제로건물은 슈퍼단열, 슈퍼창호 등 건물 에너지부하 절감기술(Passive)로 총 에너지의 40%를 절감하고, 태양열・광, 지열의 자연에너지 기술(Active)로 60%를 절감하여 탄소배출 제로화를 구현함. 또한 수퍼단열 등(Pasive)을 이용하여 에너지 손실을 최소화(에너지 40% 절감) 한 후, 남는 에너지를 자연에너지(Active)를 이용하여 해결함으로서 탄소가 배출되지 않는 건물임. 탄소제로건물에서 온실가스 감축 잠재량은 연간 10 CO_2・ton으로 추정되며, 건축물 수명을 30년으로 가정하면, 300 CO_2・ton 감축 가능할 것으로 추정됨

50) 화석 연료를 태우는 것은 기후 변화에 기여하지만 아직 대체할 완벽한 연료가 없음. 연료의 신뢰성, 비용, 배출 및 안전에 대하여 우리가 선택할 수 있는 최선의 방법이 무엇인지 조사함

51) 재생 가능 에너지 기술이 발달함에 따라 탄소 배출량을 줄이는데 중요한 역할을 함. 풍력, 수력, 태양열과 같은 일반적인 유형의 재생가능 에너지를 포괄적으로 소개하여, 홍콩에서 재생 가능 에너지를 적용할 수 있는 가능성에 대한 시각을 갖게 됨

52) 천연 가스는 미래 연료에서 더 중요할 것임. 천연가스의 형성과 생산에서부터 수송 및 발전에 이르기까지의 내용을 배울 수 있음

53) 원자력은 신뢰할 수 있는 깨끗한 에너지원이지만 안전과 폐기물의 관리에 대한 우려가 있음. 원자력 기초, 원자력 안전, 연료주기 관리, 일상생활의 방사선, 전 세계원자력에 이르는 모든 정보가 있음. 방문객을 원자로 내부로 안내하는 235° 3D 몰입형 디스플레이 시스템을 갖추고 있음

54) 기후변화는 전 세계적인 관심사임. 과학자, 연구자, 정책 입안자들은 그 영향을 해결하기 위해 협력하고 있음. 저탄소에너지원의 미래 개발 잠재력을 소개하고, 저탄소 라이프 스타일을 채택하여 우리가 어떻게 역할을 할 수 있는지 보여주고 있음

(3) 정책 동향

2050 탄소중립 실현과 국가 온실가스 감축 로드맵 이행 등을 위해 미래 핵심 기술인 ICT를 활용한 기후변화대응 전략 마련이 시급한 상황이며, 4차 산업혁명 등 글로벌 환경 변화로 5G, IoT, AI, ICT 블록체인 등 차세대 기술들이 부상하고 있다. 또한 민간 탄소배출 할당제 운영에 따라 민간에서도 온실가스 감축 할당에 따른 ICT 기반 온실가스 감축 실험들이 추진 중이다. 이렇듯 정부와 민간 차원에서 IoT 기반 탄소관리 플랫폼 구축이나 블록체인 기반의 탄소배출권 거래 시스템들이 구축되고 있다.

이에 AI 및 블록체인 등 새롭게 부상하는 기술을 활용하여 EMS, Smart Grid, ITS 등 기존 그린 ICT 기술의 고도화 및 자율주행 등 새로운 그린 ICT의 역할 증대 필요하다고 볼 수 있다.

(4) 사업의 세부 추진 계획

(가) 사업 목표

기존의 탄소제로 건축물, 신재생에너지 및 저탄소 생활 교육 중심의 숙박형 교육원 개념에서 탈피하여, 탄소중립 실현 관련 교육 컨텐츠를 체계적으로 개발하고 IoT 및 블록체인 기술 등 ICT 기술 융복합형 체험형 교육원으로써의 차별화된 전략을 제시하고자 한다.

환경교육 컨텐츠 개발과 ICT 적용을 통한 효율적, 체계적 탄소중립 실현을 위한 에너지 생산 및 소비 전 과정의 에너지 순환 구조 교육, 태양광/지열 및 소형 풍력을 이용한 신재생에너지 생산 극대화의 중요성 교육, 청소년 대상 Green-study 프로그램 운영, 건축물 별 에너지 사용 효율화(BEMS 등) 방안 제시, IoT 센싱 및 ESS 활용 등을 통한 에너지 거래 시스템 개념 등을 교육하는 교육 공간 조성 방안을 제시하고자 한다.

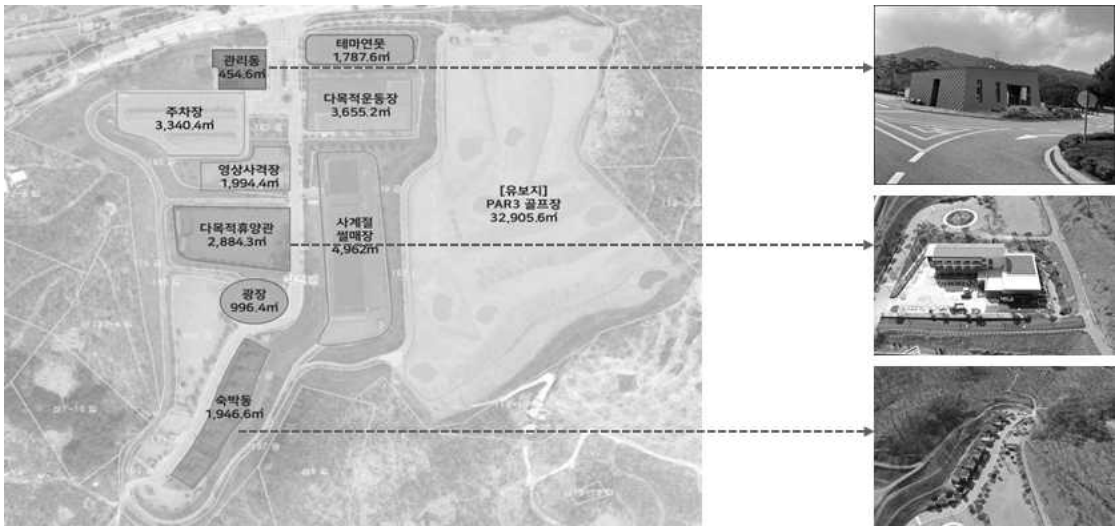
또한 탄소중립 관련 체험이 가능하며 탄소중립 실현을 위한 ICT 통합 솔루션을 제공하여 차별화 된 교육원 개념을 설정하고자 한다. ICT를 활용한 환경교육 컨텐츠 개발, 교육원 내 e-Mobility 구축을 통한 탄소중립 체험을 극대화하고 탄소배출 및 감축 모니터링 시스템을 도입하며 블록체인 적용형의 ‘e-그린카드’ 발급 및 스마트폰 app.을 연동한 운영 방안 등을 제시하는 바이다.

(나) 사업 추진 체계 및 전략

우선적으로 충남 기후환경교육원의 운영 현황을 조사할 필요가 있다. 건축물 현황(관리동, 다목적 휴양관, 숙박동, 탄소중립체험관(신축예정) 등), 주요 친환경 리모델링 시설 대상(2014년 신축) 등을 파악하고자 한다. 또한 충남도청 및 교육청에서 진행 중인 관련 준비 상황을 파악해야 한다. 충남 기후환경교육원의 건축 설계 추진 방안 및 교육 프로그램 분석 등 건립 기본 방향을 파악하여 건축 설계 추진 방안(CLT(Cros Laminated Timber) 등 목구조 공간 제시, 건축물 에너지 효율 등급(ZEB) 1등급의 친환경 공간 구축, 수질 정화 공간 연계, BALT(Building As a Learning Tool) 건축물 구현 등), 교육프로그램 기본 방향(교육원에서 모든 행위를 탄소화폐로 계산, 건물 자체를 탄소중립 교육장으로 활용, 기후변화 주제별(생태, 기후, 생활, 에너지, 지속가능성) 프로그램 제공, 지역주민과 마을을 연계한 프로그램 운영, 걷기와 자전거 타기 등 탄소제로 생활 체험<2단계>, 지천 물 사랑 프로그램 체험<3단계> 등)에 적용하여 운영하고자 한다.

충남 기후환경교육원 설계 당선작은 아래와 같다. 자연과의 적극적인 교감과 자연을 담기위한 공간으로 원형 매스를 활용하고 하늘, 바람, 물을 담아 자연의 중요성과 에너지의 중요성을 체감하는 공간으로 조성하였다. 교육원 조성사업은 오는 2024년 준공을 목표로 총 사업비 198억 원을 투입하며, 전시 체험관(지상 2층/연면적 약 1500㎡)과 캠핑지원센터(지상 1층/연면적 약 150㎡), 캠핑장 등으로 구성되어 있다.

[그림 4-3] 충남 기후환경교육원 건축(안) 및 현황



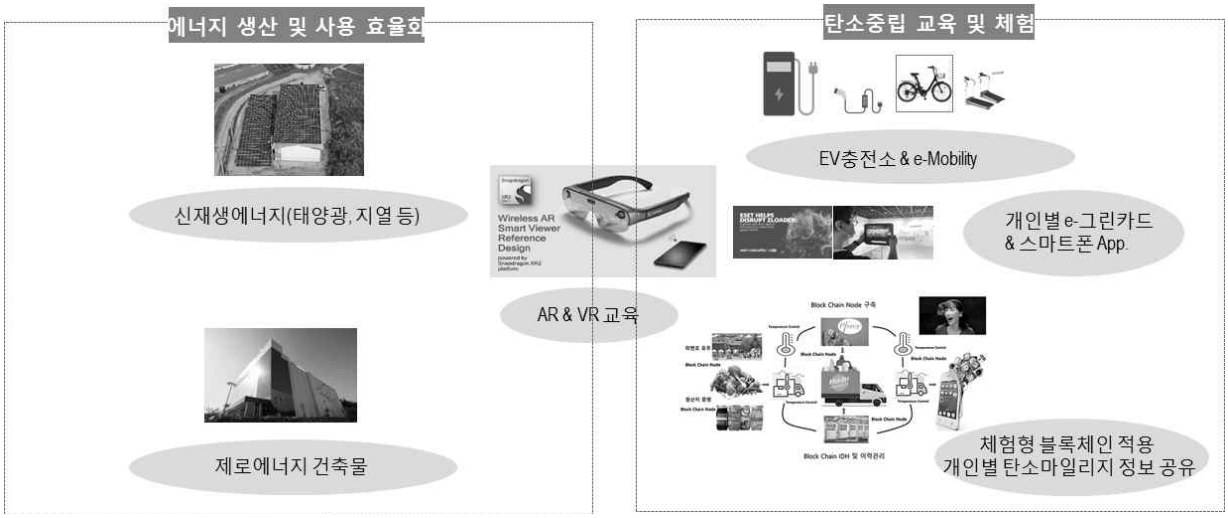
* 캠핑지원센터(1층) : 신축(150㎡), 화장실, 샤워실, 개수공간
* 운영관리동(1층) : 리모델링(16㎡), 안내, 입장료 및 시설물 관리
* 식당(1층) : 리모델링(301㎡), 식당, 매점
* 다목적휴양관(3층) : 리모델링(1,18㎡), 연수생 숙박, 교육 및 회의 공간
* 숙박동(2층) 리모델링(965㎡) 연수생과 직원의 숙식을 위한 숙박공간
* 전시체험관(2층) 신축(1,50㎡) 전시관람/체험/실습과 사무공간

이어서, 충남교육청에서 진행하는 기후환경 관련 교육 컨텐츠 운영 계획을 파악하여 충남 기후환경교육원 건립 타당성을 조사하고 기본계획 수립 용역 연구내용(공주대)을 파악하며 ㈜이엔티글로벌의 그린스마트미래학교 개념(그린스마트 교육 소개, 충남 기후환경교육원 운영방향에 관한 제언 등)을 적용하고자 한다.

마지막으로 국내외 모범적 운영 사례(독일의 ESD(Education for Sustainable Developent) 현황, ESD 체계 분석 및 국가적 Action Plan의 실행 사례 등, 국내 - 2개소 및 해외 - 2개소 생태 및 환경 교육원의 운영 현황 및 특징 분석 등) 분석을 통한 시사점을 분석하고 탄소중립 실현을 위한 ICT 적용 사례 분석, IoT 기술 적용을 통한 탄소중립 관련 모니터링 시스템 설계 방안 구상, 스마트폰 app. 연동 체계 설계 및 web 2.0 등 블록체인 적용을 통한 탄소중립 체계화 방안 구상, 충남 기후환경교육원 글로벌 전략개발 국제포럼(2022. 6. 10) 참여 및 전문가 면담을 통한 관련 정보 수집 등의 문헌 조사 및 전문가 자문을 통해 기본 사업전략을 수립하게 된다.

(다) 세부 사업 내용(개념도)

[그림 4-4] 충남 기후환경교육원 개념도(안)



① 교육원 건축물 에너지 효율화 측면

제로에너지건축물 인증(ZEB) 획득으로 탄소제로가 실현 가능하다는 건축물로서의 상징성을 부여할 수 있다. 고단열・고기밀 창호, LED 조명, 고효율 냉난방 시스템을 적용하여 에너지 효율을 극대화하고, IoT 기반으로 건물 내 에너지 정보 수집・분석을 통해 지속적 효율성 개선 노력을 위한 건물 에너지 관리 시스템(BEMS)을 도입하며, 집열 효율성 극대화를 위한 능동형 태양광 시스템 및 박막형 태양광 블라인드의 도입을 검토하고자 한다.[55]

② 교육원 이용자의 체험형 교육 측면

교육 컨텐츠로는, 스마트폰이나 태블릿을 이용하는 학습 교재 활용, AR을 이용하여 기후위기 간접 체험, 전기 생산에서 소비까지 전 과정에 대한 송배전 교육, 저탄소 친환경 에너지 교육 등 AR, VR 기술을 활용한 환경교육 컨텐츠를 개발할 수 있다. 기후환경 Energy saving&production, 교육원 입소자 개인별 탄소배출 및 감축량 산출 알고리즘 개발, 블록체인 적용 및 관련 app. 개발 기획, 리빙랩 프로그램 기획 등 교육원의 그린 ICT 적용 프로그램 개발 기획부분에서 수준별(유치부, 초등부, 중-고등부, 대학부, 일반인, 지자체 공무원 등)로 나누어 기획할 필요가 있다. 또한 교육 프로그램과 함께 개인별 탄소 마일리지 및 포인트를 개인 간에 거래 등 방식을 차용하여 탄소중립의 개념을 파악하고 실천해나갈 수 있는 게임 프로그램 등의 개발도 고려해 볼 수 있다.

고도화되고 다각화된 현장 체험형 콘텐츠의 개발 역시 가능하다. 런닝머신 또는 자전거 페달을 이용한 전기 생산 및 AR을 활용한 속도감 체험, 운동에너지를 전기에너지로 변환하여 개인 마일리지를 부여하는 등의 콘텐츠를 제공할 수 있다. 태양광 생산 잉여전력을 활용한 전기 충

55) 건물 자체의 에너지 손실 최소화를 위한 에너지부하 절감기술(Passive)과 태양광, 지열 및 소형 풍력 등의 신재생에너지 생산기술(Active) 간의 조합으로 탄소배출 제로화 구현

전소 설치 및 운영을 통해 교육원 내 e-Mobility 환경을 구현할 수 있다. 기후환경교육원의 기본 시설물로써 교육원만의 교육적・홍보적 가치를 부여받게 된다.

건축물 별 탄소배출/감축 모니터링 시스템, ‘IoT 센서 네트워크’ 구성을 통한 에너지 모니터링 시스템을 구축하여 개인별 탄소 배출 및 감축 활동 전 과정의 계량화 모델 구축이 가능하다. 더불어 식사, 숙박, 개인 활동 등 교육원 활동에 따른 시간별・항목별 탄소배출량을 산출하여 개인별 탄소배출 및 감축 데이터의 DB를 구축할 수 있다. 이를 활용하여 교육원 이용자별로 입소 시 탄소 배출 및 감축 기여도를 계상한 ‘e-그린카드’ 발급 및 연동 스마트폰 app. 을 개발하여 개인별 에너지 생산・소비 활동에 따른 +/- 마일리지를 부여하고 이를 활용하게 한다.

‘체험형 블록체인’을 적용한 개인별 탄소 배출・감축 데이터 등 e-그린카드 마일리지의 정보를 공유할 수 있다. 교육원 이용자들을 대상으로 한 시간별・공간별 탄소사용량을 측정하고, 탄소 배출 및 감축 관련 모니터링 데이터 기반 이용자 별 정보 공유가 가능한 블록체인 기술을 적용하여 효율적 탄소중립을 실현하는 실증 모델을 제시할 수 있을 것이다. 입소자의 등록 정보 및 마일리지 정보를 블록체인 원장(Ledger)으로 관리하고 에너지 생산・절약에 따른 e-그린카드 마일리지 데이터를 근거로 우수 입소자 포상 또는 관련 시설 이용 우대 등 방식을 통해 체험 효과 역시 극대화 할 수 있다. 블록체인은 모든 참여자가 원장을 공유하는 보안 강화 기술로, 매번 발생하는 원장 트랜잭션의 암호화 처리로 기록의 위・변조가 불가능한 장점을 보유하고 있다. 더불어 윤석열 정부는 디지털 플랫폼・블록체인・메타버스 등 ‘디지털 신산업 분야’ 과제 발굴 및 육성을 주력하고자 한다. 이로 인해 블록체인의 적용 필요성이 대두되는 바이다. 실질적인 적용을 위해 인증 및 마일리지 등 이종 데이터 처리 모듈, 블록체인 클라이언트 설치 네트워크, 회원 가입, 사용자・관리자 기능의 서비스 포털, 블록체인 API 등의 개발이 필요하다.

교육원 내 생활을 통해 “일상생활 속 탄소중립 찾기”를 계몽할 수 있다. 예를 들어, 점심시간 1시간 소등은 연간 15kg의 탄소를 절감하고 232그루 나무를 식재하는 효과가 있다. 메일함 내 스팸메일은 연간 330억Kw의 전기 소모, 1,700만 톤 탄소 발생, 230만대 자동차 온실가스 배출과 동일한 효과를 가진다.(영국 국립사이버안보센터) 데이터센터 저장공간 마련을 위한 전기소모, 스팸메일 삭제보다 수신거부 요청, Filtering 기술 활용 스팸메일 자동 차단 노력, 근거리 자전거 타기, 육류 소비 감축, 스트리밍 대신 다운로드, 비행기 여행 자제, 냉난방 절제 등 일상생활 속 쉽게 실천할 수 있는 탄소중립을 위한 움직임이 전파될 수 있다. 2020년 12월 문前 대통령은 “2050 탄소중립 비전”을 선포하며 산업과 경제, 사회 모든 영역에서 탄소중립을 강력히 추진하고 재생에너지, 수소, 에너지IT 등 에너지 신산업 육성을 논하였다. 2020년 12월 국가기후환경회의에서 반기문 위원장은 탄소중립은 2050년까지 가야하며, 정권・이념과 관련 없는 인류와 지구의 공동 운명 문제임을 논하였다. 2020년 11월 세종대 기후변화 특성화대학원의 김익 교수는 소비자들의 탄소 감출 필요성에 대한 인식 개선 및 경제적 효과를 뒷받침하는 제도 개선 모두가 필요하다는 의견을 논하였다. 이와 같이 교육원을 탄소중립 국민적 인식 개선의 교두보로 활용할 수 있을 것이다.

다. 사업 예산

사업 추진을 위한 예산 항목과 그 금액은 다음과 같다.

<표 4-3> 예상 예산 항목 및 금액

항목	단가	회수 (수량, 건)	금액(원)	비고
1. 탄소중립 실현 교육 컨텐츠 개발	-	-	500,000,000	
2. 에너지 거래 시스템 도입	-	-	1,500,000,000	
3. 탄소 배출 및 감축 모니터링 시스템 도입	-	-	2,000,000,000	
4. e-그린카드 및 스마트폰 app 개발	-	-	200,000,000	
5. e-Mobility 도입	-	-	150,000,000	
합계			4,350,000,000	

라. 타당성 분석

(1) 과학기술적 타당성 분석

(가) ICT 적용 가능성

국가정보화계획(국가정보화 기본계획 및 시행계획 등) 등은 네트워크, 시스템, 디바이스, 서비스, 물리, 융합 보안 등이 강조되어 온 방면, 환경 공간 정보 관련 ICT 기술에서는 환경이라는 관점에서 ICT를 활용의 측면에 초점을 둔 기술로 선정한 바 있다. 또한 경제협력개발기구(OECD)는 기후변화의 핵심적인 대응 수단으로 ICT 기술에 대해 논의한 바 있으며, 그린 ICT 기술은 에너지 분야 등 기후변화 대응 측면에서 강조되고 적극 활용되고 있는 추세다.[56] 뿐만 아니라 환경 분야에서 ICT 기술은 친환경 생태계를 구축하고 관련 자원의 활용도를 최적화하는 기능을 수행하며, 신재생 에너지의 개발 및 건물 등에 대한 에너지 관리에 용이한 것으로 평가되고 있다. IoT 또한 환경 분야에서 그 역할이 증대되고 있는데, 대기 상태나 쓰레기 양 등의 정보를 얻어 환경오염을 최소화하거나 에너지 관리 효율성을 높이는 등 다양한 환경 분야에서 활용되고 있다.[57]

상기와 같이 ICT 및 IoT 기술은 환경 분야에서 그 중요성이 강조되고 있으며, 다방면으로 활용되고 있는 상황이다. 즉 탄소절감 및 탄소중립을 실현을 위한 솔루션으로 본 기술을 적용하고 실증적하는 것은 필수불가결하다고 볼 수 있다.

(나) ICT 활용 탄소중립 실현 기여도 및 사례

미국은 정부를 중심으로 기후변화 등 환경문제 해결을 위해 스마트 그리드, 신재생 에너지,

56) OECD는 '환경적 부담이 낮은 IT와 사회의 영향력을 완화하는 데 사용되는 IT' 라 칭한 바 있음. 또 정부에서는 그린 ICT를 "탄소 배출과 이에 따른 에너지를 절감하는 것보다 효율적인 자원의 이용 등을 통해 산업계, 가정 등 각 분야에서 환경과 에너지 문제의 해결에 기여하는 IT" (산업통산자원부, 2016)라 정의하기도 함

57) 서울시는 IoT 센서를 부착한 쓰레기통을 도입한 적이 있으며, 산업체는 부품, 에너지 관리 등을 위해 IoT를 활용하고 있고, 전기, 수도, 가스 등 자원을 측정하는 기기나 대기, 수질 모니터링 등에도 적극적으로 이용되고 있는 상황임

에너지 효율화 등 각종 법제화 및 정책을 마련하고, 신기술을 환경 분야에 적극 융합, 적용하고 있다. 대표적으로 GE, Exelon, TZOA의 사례가 있다.[58] 독일 정부는 기술혁신 정책과 미래를 위한 솔루션(하이테크 전략 2020)을 마련한 바 있는데 이의 중점 분야로 기후에너지와 정보통신 분야가 포함되어 있다.

다음으로 중국은 환경산업 육성 정책으로 신에너지 및 에너지 절감 자동차, 청정발전산업, 환경보호산업 등의 활성화하고, 환경 규제의 의지를 밝혔는데, 한 예로 환경보호 및 생활 서비스 분야에서 Baidu Recycle라는 전자제품 재활용 시스템이 있다. 이는 사용자가 app을 통해 제품을 촬영하여 보내면 바이두社가 빅데이터를 분석, 제품 제조사에 해당 정보를 전달해 제조사가 제품을 수거하고 재활용하는 방식의 환경 분야에 ICT 기술 적용한 서비스이다.

이와 같이 ICT, IoT 기술을 환경 분야에 적용하는 사례가 지속 증가하고 있다. 에너지 효율화 및 환경 문제 해결을 위한 선순환에 긍정적인 바, 충남 환경 연구원에 신기술을 적용한 친환경 운영 및 교육, 체험은 탄소중립 실현에 도움이 될 것이다.

(2) 정책적 타당성 분석

우리 정부는 지난 2020년 ‘녹색성장 및 글로벌 목표 2030을 위한 연대’ 정상 회의에서 한국형 그린뉴딜 전략을 발표한 바 있다.[59] 이처럼 정부에서 한국판 그린딜의 한 축으로 그린 뉴딜을 발표했고, 각 지자체에서도 그린 뉴딜 계획이 수립되었다. 윤석열 정부 또한 ‘디지털 플랫폼 정부’ 설립 공약을 내세운 바 있으며, ICT 등 신기술 분야에 적극적인 상황이다.

이러한 상황에 충남 기후환경교육원에서의 ICT, IoT 기술 활용 및 이를 통한 교육은 정보통신기술과 녹색기술의 융합, 정보통신기술을 활용한 온실가스 감축 등의 측면에서 기후위기 대응을 위한 탄소중립 · 녹색성장 기본법(“탄소중립기본법”) 제56조 및 제63조에서 정하고 있는 탄소중립 사회의 주요 시책에 부합하는 사례가 될 것으로 예상해 볼 수 있다. 또한, 이는 탄소중립 사회로의 이행을 위하여 탄소중립기본법 제67조에서 정하는 녹색생활 운동 지원 및 교육, 홍보의 대표적인 사례가 될 것으로 보이며, 이를 바탕으로 지역적, 전국적인 녹색생활 교육 방향을 모색해볼 수 있다.

수동적 교육을 넘어선 체험형 교육이 궁극적으로 실생활에서의 변화를 일으킬 수 있는 의미있는 부분이 될 것이며, 이때 체험형 교육을 실제 우리나라의 법제도와 연관하여 기획한다면 교육 효과를 더 높일 수 있을 것으로 기대된다. 예컨대, 입소자에게 주어지는 마일리지를 배출권거래제의 배출권과 비교하여 연계시킨다든지, 입소자의 전기 생산 및 소비 활동과 우리나라의 전력 수급 시스템을 비교하여 연계시킨다든지 하여 교육원에서의 체험형 활동을 통해 우리나라의 관련 법제도를 보다 쉽고 직관적으로 이해하도록 할 수 있을 것이다.

58) 1. GE는 가상현실 기술을 통해 풍력 발전소를 설치, 운영 등 실제와 동일하게 구현하여 시행착오를 최소화해 최대 전력을 생산할 수 있는 단지를 설계함으로써 미국 동부 풍력발전소에서는 연간 에너지 생산량이 16% 증가시키기도 함
2. Exelon는 실시간 기상예보 데이터를 분석해 풍력 단지 효율을 극대화하는 소프트웨어를 개발, 수요공급의 변화를 보다 정확히 예측함으로써 수익 개선을 돕고 있음
3. TZOA는 개인용 대기환경 측정기기를 개인이 스마트폰 app과 연동하여 공기 질, 온도, 습도, 태양광 등을 측정, 수집 및 환경오염물질의 노출을 분석하도록 하고, 공유를 통해 개개인이 주변의 환경 정보를 실시간 파악에 용이하게 함

59) 한국판 그린뉴딜 5개 대표 과제: ‘그린 스마트 스쿨’, ‘스마트 그린 산단’, ‘그린 리모델링’, ‘그린 에너지’, ‘그린 모빌리티’

마. 기대효과

(1) 경제사회적 측면

기후환경교육원의 구축 및 운영은 블록체인 기반의 에너지 모니터링 플랫폼 구축 방안을 제시함으로써 개인별 탄소마일리지 데이터의 참여자간 투명한 정보공유를 통하여 탄소중립 실현의 효과성을 검증할 수 있는 기회를 마련할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 탄소중립을 실현하는 친환경 건축물의 중요성과 일상생활 속에서의 탄소 배출의 심각성 등을 체험할 수 있는, 국내 최초의 ICT 융복합 탄소중립 체험형 교육원의 역할과 위상 정립하는 계기가 될 수 있다.

교육원내 이용자별로 탄소 배출량과 감축량을 반영한 ‘e-그린카드’ 사용으로 탄소중립 실현의 중요성에 대한 체험적 교육 효과 극대화하고 에너지 사용 효율화 및 ICT를 활용한 탄소 감축 효과의 실증적 검증 기회가 될 것으로 예상된다. 뿐만 아니라 탄소중립 체험과 더불어 탄소 배출로 인한 기후변화에 미치는 심각성을 정확히 파악하고 탄소 감축 필요성에 대한 공감대 확산의 계기가 될 것이다.

(2) 기술적 측면

교육원 이용자 대상 e-Green card 사용 및 스마트폰 app. 개발 연계로 탄소중립 실현의 중요성에 대한 체험적 교육 효과 극대화를 이룰 수 있을 것으로 예상된다. 또한 블록체인 기반의 에너지 모니터링 플랫폼 구축 방안을 제시함으로써, 개인별 탄소마일리지 데이터의 참여자간 투명한 정보공유를 통하여 탄소중립 실현의 효과성을 검증할 수 있는 기회가 될 것이다.[60] 더 나아가 IoT, 블록체인 등 ICT 기술 적용 방안을 제시하는 본 보고는 탄소중립 교육 컨텐츠 및 체험형 교육원 전반에 응용이 가능할 것이며, 실증 모델 구현을 통해 해외로의 수출 모델 정립에도 기여하기를 기대한다.[61]

2. 경남 남해군 영농형 태양광 실증의 해외 기술사업화 전략 개발

가. 사업 개요

(1) 추진 배경 및 목적

중앙정부 차원에서 국내 탄소중립 정책과 전략을 수립하고 있으나, 탄소중립 관련 사업을 전국 지자체로 확산하고 사업 별 공동 협력 단계에 이르지 못한 상황이다. 이에 지자체 단위의 탄소중립 성공 모델을 개발하고 확산시키는 노력이 필요하다. 즉 지역 단위 별로 탄소중립 실현을 위한 기후적응, 온실가스 감축, 기후 회복력, 융복합 등 사업 발굴과 기후기술을 활용한 개별 실증사업에 대한 통합 솔루션을 제시할 필요가 있다.

이러한 맥락에서 태양광은 주목 받는 분야 중 하나인데, 기존 태양광발전 사업은 일부 부정적 시각이 있어 그 대안으로 최근 영농형 태양광이 대두되고 있다. 영농형 태양광은 에너지 발전과 농사의 병행 추진으로 태양광 발전 사업의 대안으로 각광 받고 있다. 우리나라의 농지는 매년 1%씩 감소하고, 고령화로 인해 농업인구도 감소하는 추세다. 이는 식량 자급률에도 영향

60) 교육원 리빙랩 구축 추진시 인근 지역주민 참여 실증사업을 통한 탄소중립 실현 체계 검증 모델로 확대 가능하며, 이 결과를 2024년 개최되는 컬럼비아 P4G 행사에 표준 모델로 제시할 수 있을 것으로 기대됨

61) AI, Big Data, IoT, 블록체인, ICT 기술들의 탄소중립 실천과 환경 및 탄소중립 관련 컨텐츠 개발에 적용하는 것은 더 효과적으로 기여할 것이며, 초등, 중등, 고등, 대학, 일반 시민들이 참여하는 탄소중립 교육 공간으로 기여하는 바가 클 것으로 사료됨

을 미치고 있으며, 기후변화 위기로 탄소중립 실현이 눈앞의 현실이 되어버린 상황에서 태양광 발전소 설치는 날로 증가하고 있지만 발전소가 농지에 설치되면서 농업에 악영향을 주고 있다. 이러한 차원에서 영농형 태양광 발전소는 신재생 에너지 보급 확산과 농업의 지속가능성 등을 동시에 충족시킬 수 있는 장점을 지닌다.

현재 우리나라의 영농형 태양광 발전 사업은 대부분이 지자체 주도로 추진되고 있으며, 작물별로 생산성을 고려한 영농형 태양광 표준 모델 개발과 실증 사업이 이루어지고 있다. 통합 플랫폼의 구축, 표준 설계 개발, 식량 작물 재배 기술 및 생육 모니터링, 생산성 예측 시스템 개발 등에서 그 연구가 심층적으로 진행되고 있는 상황이다. 2020년 기준 전국적으로 60여 곳에서 태양광 발전 사업이 이루어지고 있으며, 남해군 영농형 태양광 발전소는 자체 주도의 모범적 발전사업으로 평가되고 있다. 이 우수 사례를 베트남 달라시 현지에 이전 적용하는 방안을 제시하는 데에 본 연구는 목적은 두었다.[62] 또한 경남 남해군에서 추진 중인 영농형 태양광을 활용한 벼 재배 실증 사업 성공 사례를 베트남 달랏시에 이전 적용하여 양 도시 간 협업 모델을 구축하고자 한다.

(2) 주요 사업 내용

본 기획보고서의 핵심은 지자체 주도의 모범적 발전사업으로 평가받고 있는 경남 남해군의 영농형 태양광 발전소를 베트남 달랏시 현지에 이전 적용하는 방안을 제시하는 것에 두었다. 이를 통해 양국 간의 협업 모델 구축하고자 한다. 영농형 태양광의 핵심은 농기계 운영이 가능한 높이에 태양광 패널을 설치하고, 태양광 패널의 간격을 적절하게 배치하여 농작물에 충분한 일조량을 확보하여 벼 수확량을 설치 전과 동일하게 유지하도록 하는 것이다. 이는 기존 농지에 태양광 패널을 설치하여 농지 보존과 농작물의 수확량 유지를 전제로 전기 생산도 병행하는 시스템으로 농가 소득 증대와 신재생에너지 보급 확대에 기여한다는 이점이 있다. 이 기술을 베트남 달랏시에 이전 적용하는 것은 의의가 있을 것이다. 또한 베트남 달릿시에 영농형 태양광 실증사업을 기반으로 블록체인 기술을 적용한 생활 속 체감형의 지역 중심 탄소중립을 이행하고 확산 기반을 마련하여 그린도시의 구축 방향을 제시하는 것이 본 사업의 핵심이다.

나. 사업 관련 환경 분석

(1) 시장 및 산업 동향

2021년 말 기준 국내 영농형 태양광 운영은 논에 24개, 밭에서 25개, 과수/작물에서 15개가 운영되고 있으며, 충복과 경기에 가장 많은 설치되었다. 전국적으로 총 65개 곳에 설치되어 운영되고 있다. 구체적인 사업, 연구 동향을 살펴보면, 국립식량과학원은 영농형 태양광 하부 환경 및 벼 생산성 분석을 위해 과학원 내 연구단지에 추적식과 고정식 태양광 시설을 구축한 바 있으며, 추적식 영농형 태양광은 발전 효율이 높고 농기계 이동이 용이한 것으로 확인되었다. 다만 추적식은 발젼 효율이 높고, 트렉터 등 농기계 이동이 용이한 반면, 그림자로 인한 상시 음영 지역이 존재한다는 단점이 있다. 고정식의 경우에는 발전 효율이 상대적으로 저조하고 농기계 이동은 가능하지만 자유롭지 못하다는 평가를 받았다. 두 시설의 생산량은 추적형이

62) 녹색기술센터에서 제공하는 지자체의 기후변화 대응 실증사업에 대한 수요를 바탕으로 중점 실증사업을 도출했으며, 경남 남해군 영농형 태양광 실증사업의 해외 이전 사업을 추진키로 함

80.9%, 고정형이 82.2%로 분석되어 벼 수확량에 차이는 매우 근소한 것으로 나타났다. 추적형 시설이 고정형에 비해 발전 생산량이 30% 높은 점을 감안할 때 농가에서 추적형을 도입하는 것이 경제적인 방안이라는 판단된다.

녹색에너지연구원은 2018년부터 영농형 태양광 시스템을 활용한 고부가가치 작물의 이상 기후 대응 연구 수행과정에서 배 과수의 생육 특성과 이상 기후 대응 분석을 위한 일반 노지와 영농형 태양광이 설비된 농지를 나란히 구축하여 시험을 진행한 바 있다. 이 연구 결과, 영농형 태양광만 설치해도 태풍, 냉해 등 이상 기후 피해가 줄어든다는 것을 밝혀냈다. 구체적으로 태양광 상부 모듈과 구조물이 강풍을 약 15~30% 감속시키고, 과수에 떨어지는 서리를 차단하여 낙과율이 38.4% 감소(일반 노지 대비)한다는 것을 확인했다. 이상 기후로 인한 과수 농가의 피해가 매년 극심해지고 있는 가운데 향후 구조물을 활용해 극단적 이상 기후에도 대응이 가능할 것으로 전망된다.

영농형 태양광 도입에 있어서 문제를 살펴보면 영농형 태양광은 소형화된 패널을 사용하기 때문에 일반 태양광보다 1.5배 면적이 더 필요하고, 초기 투자비용도 30% 가량 더 높다. 이는 보급 확산에 가장 큰 걸림돌이 되고 있기에 경쟁력을 확보하기 위해서 별도의 REC 가중치가 필요한 상황이다. 주민이 참여하여 영농형 태양광을 설치할 경우에 REC 가중치를 10~20% 우대해주고 있지만, 시설 규모, 발전소로부터 거주지의 저리, 참여 인원 수 등 까다로운 제약 조건이 있어 이를 완화할 필요가 있다. 또한 영농형 태양광은 3배 이상 높게 설치하기 때문에 기존 가중치(1.2)보다는 0.3정도 높여야 한다는 전문가의 의견이 지배적이다.

영농형 태양광 시스템은 농업 부지의 효율성 및 수용성 등에서 일반 지상 태양광에 비해 유리하여 세계 각국에서 다양한 실증 사업이 이루어지고 있다. 일본의 사례를 살펴보면, 일본에서는 실증 사업을 진행하면서 관련 법령이 제정되어 땅콩, 양파, 보리 등 재배 시설에 영농형 태양광이 보급, 확대되었고 2019년 기준 3,000개소의 발전 시설물이 운영 중이다.

독일의 경우 태양광 부지의 수요 충족과 농촌 경쟁력을 위해 2015년부터 영농형 태양광의 시범 사업화하고 있다. 프라운호퍼(Fraunhofer)등 국립 연구소를 중심으로 영농형 태양광 사업을 토지 요율성 증대와 신재생 에너지 확대를 추구하고자 노력하고 있다.[63] 뿐만 아니라 현재 칠레, 베트남, 인도 등 세계 각국의 도시에서 영농형 태양광 기술 고도화를 추진하고 있다.

(2) 정책 및 제도적 보완 사항 검토

우리나라의 경우 농지법 시행령 상 사용기간 인허가 문제라는 규제의 걸림돌이 있어 아직까지 영농형 태양광 보급 확대가 이루어지지 못하고 있는 상황이다. 태양광 발전사업의 경우 지자체 인허가가 필요한데 영농형 태양광 농지 일시 사용 허가 기간은 현재 농업 진흥 구역의 염해간척지만 최대 23년까지 허용되고 농지 등 타 구역은 법규상 최대 8년까지 이용이 가능하다. 이에 설치 가능 농지 확대를 위해서는 조속히 일시 사용허가 기간이 확대 허용되어야 할

63) 독일은 농사와 전기 생산을 동시에 병행하는 영농형 태양광의 개념을 최초로 정립한 국가이며, 독일 프라운호퍼 태양에너지 시스템연구소(Fraunhofer ISE)는 지난 2011년 처음으로 영농형 태양광(Agrivoltaics, Agrophotovoltaics, APV) 기술을 최초로 고안하고 영농형 태양광 연구에 착수하여, APV를 태양광 발전과 작물 재배를 통해 토지를 이중으로 사용할 수 있다는 개념을 정립하였음. 이후 프라운호퍼 ISE는 2015년부터 컨소시엄을 통해 작물 재배와 태양광발전이 동시에 가능한 'APV-RESOLA' 프로젝트를 진행하고 있음. 독일 내의 범위에서 벗어나 전 세계 식량 문제, 기후변화 위기 대응, 에너지 자립 및 지구온난화 등의 과제 해결을 목표로 추진하고 있음

필요가 있다. 일반적으로 태양광은 15년에서 20년 이상 사업 기간이 확보되어야 하는데 8년 운영으로는 전기생산발전단가(LCOC)를 높이기에 비효율성 문제가 있다. 이러한 측면에서 2020년 정부 국정감사에서도 정체된 농가 소득을 높이기 위해 영농형 태양광 도입이 필요하다고 지적된 바 있었으며, 현재 영농형 태양광의 타용도 일시사용허가 기간을 최장 20년으로 늘리는 농지법 개정안이 국회에 제출되어 계류 중인 것으로 알려져 있다.

또한 영농형 태양광 설비는 농작물 일사량, 방제, 농기계 작업 공간의 확보가 필요해 일반 태양광 대비 설치 면적과 설치비용(1.25배)이 과다 소요됨에 따라 별도 REC 가중치가 없는 실정이다. 영농형 태양광의 보급 확산과 경제성 확보를 위해서는 영농형 태양광 REC 가중치 설정이 필요할 것으로 보인다. 뿐만 아니라 자자체별 과도한 이격거리 제한(현재 민가나 도로부터 300m) 기준이 상이하여 재생 에너지 발전 시설 설치에 어려움 발생하고 있는 바, 이격거리 표준안을 마련, 실효성 확보를 위한 법제화가 필요한 시점이다.[64]

다. 사업의 세부 추진 계획

(1) 사업 목표

경남 남해군에서 영농형 태양광을 활용한 벼 재배 실증 사업을 추진하고 있는 바, 남해군과 베트남의 달랏시 간의 자매 도시 체결 및 남해군의 APV 기반 사회적 협동 조합 시스템을 달랏시에 적용(마을 공동체 수익분배)하고자 한다. 아울러 남해군 거주 베트남 이주자들이 기여할 수 있는 양 도시 간 협력 모델을 모색하는 데에 목표를 두었다.

(2) 사업 추진 체계 및 전략

남해군 영농형 태양광 사업 추진 형황 및 벼농사 수확 결과를 분석하고, 영농형 태양광 사업의 제도적 보완 상황을 파악하여 해외 이전 사업 추진을 위한 체계적 전략을 마련하고자 한다. 또한 베트남 달랏시 영농형 태양광 실증 사업 추진을 위한 관계 기관 간의 MoU 추진 및 현지 타당성 조사를 추진하고, 베트남 현지 지자체 및 관련 기관과의 교류회를 개최하고자 한다.
다.

(3) 세부 사업 내용

(가) 남해군 실증사업 현황 분석

남해군의 영농형 태양광 실증 사업 현황은 아래 그림과 같다. 이를 토대로 영농형 태양광 현지 타당성 조사 및 파일럿 실증 사업 추진 방안을 모색하고자 한다. 에너지 수용자 간의 P2P 에너지 거래 플랫폼 구축 방안 제시하고, 지역 내 생산 농작물의 이력관리 및 생산자, 소비자 간의 거래 시스템 구축 방안을 설계하고자 한다.

64) 일본의 경우 재생에너지 비율을 오는 2030년까지 36-38% 달성을 목표로 태양광 발전소 설치를 추진하고 있지만 환경 파괴 우려로 지역사회의 반대에 부딪히면서 영농형 태양광이 주목받으며, 2020년 3월 말 기준 2천653건이 일시전용허가를 받았음

[그림 4-5] 남해군 영농형 태양광 추진실적

위탁기관	케이.엘.이.에스㈜ (출연기업 : 한국남동발전)
사업규모	17억 원(VAT별도)
사업기간	27개월(2018년 7월 ~ 2020년 9월)
대상지역	남해군 외 6개소
지원내용	영농형 태양광발전소 무상설치(100kW급 7개소)

위탁기관	한국에너지재단(출연기관 : 한국남동발전)
사업규모	12억 원(VAT포함)
사업기간	23개월(2021년 01월 ~ 2022년 11월)
대상지역	남해군 5개소 추진중
지원내용	영농형태양광 수익금 지원(100kW급 5개소)

[그림 4-6] 남해군 영농형 태양광 운영방식 및 실증사진

운영방식 및 실증사진

사업명	2018년도 영농형태양광발전 지원사업
운영사	사회적협동조합
수익금	사회적협동조합에서 수익금 자체 운용 (복지사업, 현금 지원 X 등)

사업명	2차년도 영농형태양광발전 지원사업
운영사	한국에너지재단
수익금	한국에너지재단에서 수익금을 마을에 지원 (상품권, 복지사업, 현금지원 X 등)

(나) 영농형 태양광 사업의 특징

영농형 태양광은 설비가 들어가는 아래쪽에는 농사를 짓고, 태양광으로 전기를 생산하는 방식으로 에너지 자립도 향상은 물론 농작물 수확의 효과를 동시에 누릴 수 있다는 이점이 있다. 특히 영농형 태양광 발전 사업은 농지에 특정 간격으로 태양광 패널을 설치하여 과도한 햇빛을 차단하면서 농업요수 관개를 개선하여 신재생 에너지 발전과 동시에 하부 농작물의 생장을

돕는 태양광 발전 방식이다. 또한 LED 광원을 적용해 태양광 설비 하부에서 재배하는 작물의 품질과 생산성 유지가 가능하다는 이점이 있다.

영농형 태양광 하부의 농작물 수확량은 기존 농지와 비교해 최소 80% 이상인 것으로 나타났는데, 영농형 태양광을 설피한 토양에서 카드뮴이나 수은 등 중금속 물질이 검출되지 않아 생산된 쌀 역시 잔류 농약이 검출되지 않았으며, 다른 토양 물질들도 태양광을 설치하지 않은 비교 부지와 동일한 수준으로 확인되었다.[65]

국내 영농형 태양광 사업의 현황으로는 최근 사업 주체들이 지자체와 함께 유휴부지를 활용한 영농형 태양광 사업을 추진하고 있는 추세이며, 영농형 태양광 사업은 3㎿ 이하의 소규모 사업으로 주민이 발전 사업의 주체가 되는 주민 주도형과, 3-100㎿의 대규모 사업으로 사업자가 사업을 주도하며 주민은 직・간접 참여하고 주민의 지분이 50% 미만인 주민 참여형으로 이루어지고 있다.

(다) 해외 지자체 단위의 영농형 태양고아 실증 사업 추진과 블록체인 기술 적용 방안 설계

영농형 태양광 실증 방안을 마련하고, 영농형 태양광에서 생산된 잉여 전력과 생산된 농작물 대상으로 블록체인 기반의 에너지 거래 시스템 및 농산물 이력관리 시스템 구축방안을 설계하고자 한다. 먼저 해외 지자체 단위로 영농형 태양광 실증사업을 기반으로 블록체인 기술을 적용한 생활 속 체감형의 지력 중심 탄소중립 이행 및 확산 기반을 마련하여 그린도시를 추진하고자 한다. 이를 위해 도시 인프라 체질 개선과 다양한 환경 기술을 적용하여 실질적 탄소감축 성과를 창출할 수 있는 방안을 제시하고, 지자체 주민간의 협업 사업을 발굴, 블록체인 기술을 통한 지역 내 순환 경제 촉진 모델을 제시하고자 한다.

① 영농형 태양광 농작물에 IoT 센서 데이터 수집을 통한 과학적 영농을 추진: 영농형 태양광을 스마트팜과 연계 활용 시 저전력, 초소형 IoT 센서를 이용한 각종 환경 변수 수집이 가능하며, 센서 간의 망 형성 및 통신 기능을 갖는 센서 네트워크 기술 적용도 가능케할 수 있다.

②) 영농형 태양광 에너지를 활용한 전기충전소 보급 및 주민 편의 제고 방안 마련: 영농 태양광 시설의 잉여 전력을 활용한 전기 충전소 확대 보급으로 에너지 효율형 현지 교통 수간 확대 방안(e-bike 시스템 등) 등을 모색할 수 있다.

③ 영농형 태양광 활용 지자체 단위 전력 활용 시스템: 지역 특화 에코시스템 모델 연구 및 블록체인 기반의 참여자 마일리지 시스템 구축 방안을 마련하고자 한다. 구체적으로 탄소 감축 기여도에 따른 마일리지 부여 및 달랏시 유통 지역 화폐용 eco 카드(EDC) 내장형의 지역 활용 블록체인 기반 모바일 app 개발 및 활용 방안을 제시한다. 이는 지역 내 유통 시스템 및 e-Mobility 적용 모델을 구축할 뿐만 아니라 현지 주민 또는 여행객들이 대중교통 이용, 농산물 구매, 식당 및 유통업체에서 활용 가능토록 하여 지역 내 순환 경제 활성화에 기여할 수 있다.

65) 출처: 한국남동발전과 경남과기대의 2017년부터 6곳 실증 데이터

(라) 해외 이전 대상지에 대한 현지화 추진

영농형 태양광 발전소 인근 주민이 사업에 직·간접적으로 참여해 개발 이익을 얻을 수 있도록 비즈니스 모델을 설계를 추진하고자 한다. 주민의 안정적인 수익을 20년 이상 보장하는 주민 주도형 영농 태양광 발전소를 구축하는 것을 목표로 하며, 영농형 태양광 발전 사업의 타당성 검토 및 실증사업 준비와 남해군 영농형 태양광 발전소 사업 경험과 태양광 발전 예측 기술 등을 적용한 베트남 현지 맞춤형 발전 사업을 추진하고자 한다. 다만, 남해군의 영농형 태양광 사업을 베트남 달랏시에 이전, 현지화 사업을 추진함에 있어 남해군 실증사업의 성공모델을 반영하되 운영 시 지적되었던 문제를 베트남 현지의 법제도 규정을 감안하여 개선책을 확인하고 추진해야 할 것이다.

초기 사업화 진입 활성화를 유도하기 위해서는 정부 정책자금 지원을 확대할 수 있어야 하는데, 경제성 확보를 위한 REC 가중치를 개선하고 주민 조합 영농형 태양광 금융 지원 확대 및 영농형 태양광 전용 금융 상품 개발 등을 검토할 필요가 있다. 이와 같이 영농형 태양광 사업의 보급, 확대를 위한 다각적인 방안을 건의, 마련해야 할 것이다. 또 영농형 태양광 보급 확대를 위해서는 해외 현지 지자체의 조례 등 인허가 간소화 추진, 수익성 제고, 시설 자금 지원 및 주민 참여 확대 지원책 등 다각적인 지자체의 노력이 필요할 것으로 예상된다. 영농형 태양광 사업에 대한 과감한 규제 철폐, 20년 이상 일시사용허가, 장기저리 정책자금 지원 등을 통해 사업 참여 기회를 확대할 수 있을 것이며, 농가 소득 증대와 지속가능한 농업 발전 효과를 거둘 수 있을 것이다.

끝으로, 해외 현지에서의 전력 공급난 해결과 탄소배출 감축 노력에 따른 차별화된 영농형 태양광 사업을 추진하는 한편, 현지 주민에 대한 종합적인 혜택 제공 방안의 검토, 현지 적합형 작물 수확량 증대 방안의 마련이 우선시 되어야 할 필요가 있다.

라. 사업 예산

사업 진행 시 필요 예상 예산 및 항목은 아래와 같다.

<표 4-4> 예상 예산 항목 및 금액

항목	단가	회수 (수량, 건)	금액(원)	비고
1. 남해군 영농태양광 사업 전략 분석	-	-	100,000,000	
2. 달랏시 현지 타당성 조사	-	-	200,000,000	
3. 블록체인 기술 적용 방안 개발 및 적용	-	-	3,000,000,000	
합계			3,300,000,000	

마. 타당성 분석

(1) 과학기술적 타당성 분석

① 영농형 태양광의 적용 사례 분석

국내 영농형 태양광 적용 사례를 살펴보면, 먼저 경기도 파주와 한국동서발전이 함께 전국

최초로 총 3기의 통일 영농형 태양광 시설을 설치, 하부에서 시험 재배한 농작물(벼, 콩)의 생육 조사한 바 있다. 그 결과, 작물 생육 기간 동안 봄, 가을의 가뭄, 8월에 집중호우, 54일간의 장마로 인해 수확량이 예년에 비해 10~20% 가량 감소했으며, 수확량 분석 결과, 벼 시험구는 10a당 백미 기준 438kg, 대조구 472kg에 비해 34kg(-7.2%)이 적었다. 콩의 경우 시험구는 10a당 125kg, 대조구는 144kg으로 19kg(-13.2%) 가량 적었다. 또한 2021년에 제주농업기술원이 제부 서부지역 주요 작물인 마늘, 양파, 양배추 3작목에 대한 영농형 태양광 재배 실증사업의 1년차 결과를 발표한 바 있다. 그 결과에 따르면 식물의 잎을 수확하는 양배추 등 엽채류는 영농형 태양광 시설에서 수확량이 많고, 지하부의 구를 수확하는 마늘, 양파 등은 일조 부족으로 수확량이 감소하는 것으로 분석되었다.

영농형 태양광은 농업과 에너지업을 병행할 수 있고, 한정된 토지를 효율적으로 이용할 수 있다는 장점이 있지만 상대적으로 비용이 높아 경제성이 낮고 모듈 하부에 필연적으로 발생하는 그늘로 수확량이 일부 감소하는 문제가 있다. 하지만 일부 수확량이 감소하는 문제가 있지만 영농 활동과 동시에 태양광 발전을 통한 소득을 확보할 수 있어 농업 소득 보완이 가능한 장점이 있다. 즉 세계적인 인구 증가에 따른 식량 문제가 상존해 있는 만큼 농지를 보존하면서 전기 생산과 농업 생산성을 증대시킬 수 있는 효과를 기대할 수 있다. 이러한 차원에서 영농형 태양광 사업은 미래 농업이 추구해야할 방향이라는 긍정적 평가를 받고 있는 상황이다.

② 영농형 태양광 기반의 지역 탄소중립 실현 기여방안 검토

우리나라는 신재생 에너지 비중이 낮은 편인데,[66] 국토면적의 70%가 산악 지방으로 유휴 부지 활용이 제한적이기에 영농형 태양광 발전 사업을 확산시킨다면 농지에 피해를 최소화하면서 신재생 에너지 비중을 증대시키는 효과를 거둘 수 있을 것이다. 영농형 태양광은 농업과 에너지업을 병행할 수 있고, 한정된 토지를 효율적으로 이용할 수 있다는 장점이 있지만, 상대적으로 비용이 높고 경제성이 낮으며 모듈 하부에 필연적으로 발생하는 그늘로 인해 수확량이 일부 감소하는 문제가 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 체계적은 기획, 설치 및 유지 관리를 통해 에너지 생산으로 이용자에게 지속적으로 보상, 소득 충당이 이루어질 수 있어야 할 것이다. 즉 지속적이고 안정적인 관리 체계가 마련되고 관리되어야 할 것이다. 예를 들면, 지역 별, 나라 별 기후 관련 정보가 고려되어야 할 것이며, 태풍이나 자연 재해로부터 태양고아 패널 및 시설에 문제가 발생했을 때 대안 등이 있어야할 것이다.

(2) 정책적 타당성 분석

해외의 영농형 태양광사업은 국가 별, 지자체 별 적용되는 규정이나 조례 등이 상이하기 때문에 해외 현지화를 위한 사전 정책 및 법제도적 타당성 분석이 선행될 필요가 있다. 베트남의 경우 국회에서 의결되어 베트남 농림부 재배국이 관련 프로젝트를 총괄하고 있어 농업, 축산

66) 영국 에너지연구기관인 앰버(EMBER)에 따르면 2020년 신재생에너지 발전비중은 독일 45%, 이탈리아 44%, 영국 43%로 각국 전체 에너지 사용량 비중의 절반 정도를 차지하나, 중국 29%, 일본 26%, 프랑스 23%, 미국 21% 등도 그 비중을 점차 늘리고 있는 반면 우리나라는 6%에 불과함 emberenergy.co.uk

업, 양식업 등 베트남 현지에 최적화된 기술을 적용하는 방안이 검토되어야 할 것이다. 이러한 실증 사업의 추진은 해외 현지에서의 영농형 태양광 사업의 인허가 상 문제가 없는지 등 현황 분석을 통해 해결 방안 등이 마련될 필요가 있다. 또한 해외 현지 농민들의 소득 증대와 안정적인 운영 사업을 통하여 영농형 태양광 시스템을 주변국으로 확장시켜 나갈 수 있는 실증 사업이 추진되어야 할 것이다.

앞서 언급한 바대로 영농형 태양광 사업의 시행을 위해서는 이를 뒷받침할 수 있는 법제도적 기반이 종합적으로 마련되어 있어야 한다. 우리나라의 경우에도 국토 계획 및 이용에 관한 법률, 전기사업법, 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법, 농지법 등 법령과 이에 근거한 각 지자체별 조례 등에 비추어 영농형 태양광 사업의 시행이 용이하지는 않은 상황이다. 따라서 남해 영농형 태양광의 성공적인 실증 사례를 분석하여 어떠한 법 제도적 조건이 사업이 성공적으로 진행되는 데에 일조하였는지를 확인할 필요가 있다. 이를 토대로 베트남 등 해외에서도 필요한 법, 제도적인 조건을 사전에 확인할 필요가 있고, 추가적으로 사업에 필요한 입지, 수익성, 주민 수용성 등의 검토가 선행되어야 할 것이다.

이러한 국·내외적 연구는 추후 국내·외 영농형 태양광 사업 확산에 중요한 기초자료가 될 것으로 판단되며, 그 과정에서 영농형 태양광 사업의 안정적인 확산에 필요한 법, 제도적 개선 방향을 도출할 수 있을 것으로 예상된다.

바. 기대효과

(1) 경제사회적 측면

영농형 태양광 발전은 친환경적인 기술로써 농작물 수확과 동시에 전기를 판매하여 농가 소득을 향상시키고, 농지를 효율적으로 활용하여 신재생 에너지 사업의 새로운 전환점이 될 것으로 예상된다. 농가 소득의 창출로 농촌의 지속가능한 발전에 기여하면서 신재생 에너지를 증대시킬 수 있는 기회를 확대시켜 나갈 수 있다.[67] 이는 지역사회와 상생하는 친환경 에너지 보급으로 탄소중립 실현에도 기여하는 바가 클 것으로 판단되는 바이다. 또한 영농형 태양광의 활성화는 국내 재생 에너지 전환 및 국가 차원의 탄소중립 목표 달성에도 큰 도움이 될 것으로 예상된다. 한국환경연구원(2021)이 발표한 보고서에 따르면 2019년 기준 국내 전체 농지 면적(1만5760㎢; 약 160만 ha)의 5%에만 영농형 태양광을 설치해도 약 34GW(기가와트)의 발전이 가능하며, 이는 국내 총 인구의 90%가 넘는 약 4800만 명이 가정에서 1년간 사용할 수 있는 전력 규모이다. 뿐만 아니라 영농형 태양광은 단순한 경제적 이익뿐만 아니라 친환경적 신재생 에너지로 대기오염이나 폐기물 우려가 없다는 효과도 있다.

(2) 기술적 측면

태양광 시설의 보급 및 확대를 통해 신재생 에너지 신규 전력 수요에 대한 대응이 가능할 뿐만 아니라 영농형 태양광을 스마트팜에 접목 시킬 수 있을 것으로 예상된다. 기존 스마트 팜은 대부분 비닐하우스, 온실 등 실내에서 급수 및 자동 개폐 등의 주조물을 이용해 시설을 운영하고 있는 상황이다. 영농형 태양광 구조물을 활용하게 되면 이러한 구조의 설치를 위한 추

67) 국내의 경우 5,000평을 기준으로 농사만 지었을 경우 750여만 원의 수익이 발생하지만, 영농형 태양광 사업을 병행할 경우 2,400여만 원 정도의 수익이 창출

가 비용 없이 스마트팜을 구현할 수 있다. 또한 IoT 및 블록체인 등 ICT 기술의 접목을 통해 영농형 태양광 응용 기회를 확대시킬 수 있다. 지역 특화된 블록체인 기반의 참여자 마일리지 운영 시스템이나, 지역 내 유통 시스템 및 e-Mobility를 구축함으로써 탄소감축 기여할 수 있을 것이다. 뿐만 아니라 디지털 지역 화폐 발행을 통하여 현지 주민 또는 여행객이 대중교통 이용, 농산물 구매, 식당 및 유통 업체에서 활용 가능토록 하여 차별화된 그린 ICT도시로 변모시킬 기회도 될 것으로 예상된다.

3. 국내 지자체의 베트남 영농형태양광(APV) 실증사업을 위한 예비 타당성 조사

가. 사업 개요

(1) 추진 배경 및 목적

베트남은 매년 꾸준한 경제성장을 하는 만큼 전력 수요가 증가하고 있지만, 전력 공급이 부족해 정부에서 태양광 사업을 적극적으로 지원하고 투자를 활발하게 확대하고 있는 실정이다. 특히, 달랏시는 베트남 최대 농업도시로, 대규모 전력 생산이 가능한 영농형 태양광 사업에 많은 투자자들이 관심을 가지고 있다.[68)]

구체적으로 살펴보면, 매년 감소하는 농지 부족 현상과 인구 고령화에 따른 농업인구 감소 및 식량자급률 하락 문제를 영농형 태양광 적용을 통해 해결할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 베트남에서는 농민들의 소득 증대와 더불어 농업 및 전기 소비량이 많은 새우 양식장이나 축사 등의 시설물 현대화 계획의 일환으로 태양광 설치를 확대해 나갈 계획이다. 이러한 차원에서 영농형 태양광은 에너지 발전과 농사의 병행 추진으로 태양광 발전 사업의 대안으로 떠오르고 있다. 이러한 상황에 베트남에서도 탄소중립 실현이라는 거대 목표 달성을 위해 중앙정부와 지자체의 협심 노력에 의한 실증사업 추진이 절실한 시기이다.

이러한 상황에서 우리나라 영농형 태양광 사업의 시범 모델을 베트남 지자체 시범지역(달랏시)에 적용하고자 하는 베트남 정부의 요청에 따라, 우리나라의 실증사업 경험을 우선적으로 검토하여 베트남 현지에 적용할 수 있는 적정 모델을 수립하고자 한다. 특히 베트남 정부는 기후변화 위기에 대응하고 온실가스 감축 등 탄소중립 실현을 위해 지자체 단위의 탄소중립 모델을 개발, 확산시키고자 노력하고 있다. 이러한 상황에 지역 단위 별로 영농형 태양광 기반의 실증 사업 추진 및 ICT 기술을 적용한 통합 솔루션이 필요한 상황이다. 우리나라에서 추진 중인 영농형 태양광(APV)을 활용한 벼 재배 실증 사업 성공 사례 등을 토대로 베트남 달랏시에 적용 가능한 양국 지자체간 협업 모델을 구축하고자 한다.

(2) 주요 사업 내용

우리나라 지자체 주도로 추진 중인 모범 사업으로 평가받고 있는 영농형 태양광 발전소의 모범 사례를 베트남 달랏시 현지에 적용하는 방안을 제시하는 데에 본 연구의 목적이 있다. 우리나라에서 추진 중인 영농형 태양광 벼 재내 실증 사업 성공 사례를 베트남 달랏시에 적용하여 양 도시 간 협업 모델을 구축함으로써 농가의 소득 증대와 신재생 에어지 보급 확대에 기여할 수 있을 것으로 예상된다. 이를 위해 베트남 현지에서 이용하고 있는 농기계 운영이 가능

68) 2022년 4월 엔벨롭스, 녹색기술센터, 독일 프라운호퍼 연구소 및 베트남 달랏대학교를 포함한 산·학·연 기관과 베트남 영농형 태양광 발전사업 실증사업을 위한 업무협약을 체결한 바 있음

한 높이에 태양광 패널을 설치하고, 태양광 패널의 간격을 적절하게 배치하여 농작물에 충분한 일조량을 확보, 농작물 수확량을 설치 전과 동일하게 유지하는 것이 성공적으로 베트남의 영농형 태양광을 실증할 수 있는 방안이 될 것이다.

또한 베트남 달랏시에서의 영농형 태양광 실증사업을 기반으로 IoT를 활용한 기후환경 분석 및 블록체인 기술 등 ICT 기술을 적용한 생활 속 체감형의 지역 중심 탄소중립 이행· 확산 기반을 마련하여 장기적인 그린도시 구축 방향을 제시하고자 한다.

나. 사업 관련 환경 분석

(1) 시장 및 산업 동향

(가) 베트남의 영농형 태양광

아세안은 APAEC(아세안 에너지 협동행동계획)에서 2025년까지 재생에너지 비중을 23%로 확대할 것을 목표로 아세안 회원국들은 자체적인 정책을 수립하고 있다. 그 중 베트남과 말레이시아가 아세안에서 재생에너지 발전 규모가 가장 큰 국가에 속하고, 2050 탄소중립을 선언한 국가이기도 하다. 특히 베트남은 신재생 에너지 산업 분야에서 큰 성과를 내고 있으며, 최근 몇 년 간 태양광 발전이 크게 확대된 바 있다.[69]

베트남은 2030년까지 신재생 에너지 전력원을 27% 목표로 여러 사업을 추진하고 있으며, 농업 국가인 베트남은 국토의 93%가 절대 농지이고, 세계 새우 소비량의 40%를 생산하고 있다. 베트남은 노지 생산 새우를 원형수조시설 생산으로 전환해 지붕에 태양광을 설치함으로써 사용하는 전기를 태양광으로 활용하겠다는 계획한 바 있다. 현재 전기 소비량이 급격하게 상승하고 있는 새우 양식장 타입을 시작으로 돈사와 우사, 재배 작물에 따라 적용 방식과 방법이 달라지는 노지 태양광 사업까지 확대하겠다는 구상이다. 뿐만 아니라 영농형 태양광 사업을 통하여 생산되는 전력은 우선 자가소비전력으로 사용하되 잉여전력이 생산될 경우 다른 수요자에게 판매하는 방식 등도 검토하고 있는 것으로 알려졌다.

(나) 국내 영농형 태양광 사업 및 노력

한국에너지공단 신재생 에너지센터는 2019년에 충북 테크노파크에서 일본 솔라쉐어링 추진연맹, 한국 영농형 태양광 협회와 <영농형 태양광 보급 확대를 위한 업무협약>을 체결한 바 있다. 각 기관 별로 농작물 경작이 가능한 영농형 태양광 발전 사업의 보급 확대, 한·일 영농형 태양광 발전 사업 기술 협력 및 영농형 태양광 방전 사업 정책 수립 지원 등을 위해 상호 협력을 체결하기도 하였다. 이처럼 유관기관 간 긴밀한 협력을 통해 영농형 태양광의 적극적인 보급에 앞장서고 있다. 영농형 태양광에 대한 지역주민들의 참여를 높이고, 농가의 소득 증대 뿐만 아니라 지역경제 활성화에 기여할 수 있는 기반을 확고히 하는 등 해외 영농형 태양광 사업의 진출을 위한 경쟁력과 주도권을 확보해 나가고 있다.

이외에도 다양한 연구 및 사업을 진행하고 있다. 구체적인 사업, 연구 동향을 살펴보면, 국립식량과학원은 영농형 태양광 하부 환경 및 벼 생산성 분석을 위해 과학원 내 연구단지에 추적식과 고정식 태양광 시설을 구축한 바 있으며, 추적식 영농형 태양광은 발전 효율이 높고 농기

69) 베트남의 태양광 발전 용량은 2018년 106MW에 불과했으나 그 이후 급성장을 계속하여 2019년 5.7GW, 2020년 16.5GW, 2021년에는 16.6GW를 달성함. 또한 태양광 모듈 제조 국가 중 세계 3위의 규모임

계 이동이 용이한 것으로 확인되었다. 다만 추적식은 발전 효율이 높고, 트렉터 등 농기계 이동이 용이한 반면, 그림자로 인한 상시 음영 지역이 존재한다는 단점이 있다. 고정식의 경우에는 발전 효율이 상대적으로 저조하고 농기계 이동은 가능하지만 자유롭지 못하다는 평가를 받았다. 두 시설의 생산량은 추적형이 80.9%, 고정형이 82.2%로 분석되어 벼 수확량에 차이는 매우 근소한 것으로 나타났다. 추적형 시설이 고정형에 비해 발전 생산량이 30% 높은 점을 감안할 때 농가에서 추적형을 도입하는 것이 경제적인 방안이라는 판단된다.

녹색에너지연구원은 2018년부터 영농형 태양광 시스템을 활용한 고부가가치 작물의 이상 기후 대응 연구 수행과정에서 배 과수의 생육 특성과 이상 기후 대응 분석을 위한 일반 노지와 영농형 태양광이 설비된 농지를 나란히 구축하여 시험을 진행한 바 있다. 이 연구 결과, 영농형 태양광만 설치해도 태풍, 냉해 등 이상 기후 피해가 줄어든다는 것을 밝혀냈다. 구체적으로 태양광 상부 모듈과 구조물이 강풍을 약 15~30% 감속시키고, 과수에 떨어지는 서리를 차단하여 낙과율이 38.4% 감소(일반 노지 대비)한다는 것을 확인했다. 이상 기후로 인한 과수 농가의 피해가 매년 극심해지고 있는 가운데 향후 구조물을 활용해 극단적 이상 기후에도 대응이 가능할 것으로 전망된다.

영농형 태양광 도입에 있어서 문제를 살펴보면 영농형 태양광은 소형화된 패널을 사용하기 때문에 일반 태양광보다 1.5배 면적이 더 필요하고, 초기 투자비용도 30% 가량 더 높다. 이는 보급 확산에 가장 큰 걸림돌이 되고 있기에 경쟁력을 확보하기 위해서 별도의 REC 가중치가 필요한 상황이다. 주민이 참여하여 영농형 태양광을 설치할 경우에 REC 가중치를 10~20% 우대해주고 있지만, 시설 규모, 발전소로부터 거주지의 저리, 참여 인원 수 등 까다로운 제약 조건이 있어 이를 완화할 필요가 있다. 또한 영농형 태양광은 3배 이상 높게 설치하기 때문에 기존 가중치(1.2)보다는 0.3정도 높여야 한다는 전문가의 의견이 지배적이다.

(다) 해외 영농형 태양광 사업 및 노력

영농형 태양광 시스템은 농업 부지의 효율성 및 수용성 등에서 일반 지상 태양광에 비해 유리하여 세계 각국에서 다양한 실증 사업이 이루어지고 있다. 일본의 사례를 살펴보면, 일본에서는 실증 사업을 진행하면서 관련 법령이 제정되어 땅콩, 양파, 보리 등 재배 시설에 영농형 태양광이 보급, 확대되었고 2019년 기준 3,000개소의 발전 시설물이 운영 중이다. 독일의 경우 태양광 부지의 수요 충족과 농촌 경쟁력을 위해 2015년부터 영농형 태양광의 시범 사업화하고 있다. 프라운호퍼(Fraunhofer)등 국립 연구소를 중심으로 영농형 태양광 사업을 토지 효율성 증대와 신재생 에너지 확대를 추구하고자 노력하고 있다.[70] 뿐만 아니라 현재 칠레, 베트남, 인도 등 세계 각국의 도시에서 영농형 태양광 기술 고도화를 추진하고 있다.

70) 독일은 농사와 전기 생산을 동시에 병행하는 영농형 태양광의 개념을 최초로 정립한 국가이며, 독일 프라운호퍼 태양에너지 시스템연구소(Fraunhofer ISE)는 지난 2011년 처음으로 영농형 태양광(Agrivoltaics, Agrophotovoltaics, APV) 기술을 최초로 고안하고 영농형 태양광 연구에 착수하여, APV를 태양광 발전과 작물 재배를 통해 토지를 이중으로 사용할 수 있다는 개념을 정립하였음. 이후 프라운호퍼 ISE는 2015년부터 컨소시엄을 통해 작물 재배와 태양광발전이 동시에 가능한 'APV-RESOLA' 프로젝트를 진행하고 있음. 독일 내의 범위에서 벗어나 전 세계 식량 문제, 기후변화 위기 대응, 에너지 자립 및 지구온난화 등의 과제 해결을 목표로 추진하고 있음

(2) 정책 및 제도적 보완 사항 검토

베트남 정부는 ‘제8차 전력개발 종합계획’을 통하여 재생에너지 비중을 대폭 확대해 나갈 계획에 있다. 구체적으로 2030년까지 풍력발전은 13.1%, 태양광은 13.5%로 목표로 설정하였다. 또한 베트남 정부는 외국인 투자를 적극 유치하여 우리나라를 비롯하여 인도, 프랑스, 노르웨이 등이 베트남의 태양광 발전 시장에 활발히 진출하고 있다.

다. 사업의 세부 추진 계획

(1) 사업 목표

국내에서 영농형 태양광을 활용한 벼 재배 실증 사업을 추진하고 있는 바, 베트남의 달랏시와 자매 도시 체결 및 APV 기반 사회적 협동조합 시스템을 달랏시에 적용(마을 공동체 수익분배)하고자 한다. 우리나라의 모범적 영농형 태양광(APV) 실증사업의 노하우와 지자체 협력체계 등을 응용한 베트남 달랏시 적용 모델 연구하는 것을 목표로 둔다.

(2) 사업 추진 체계 및 전략

국내 영농형 태양광 사업 추진 형황 및 벼농사 수확 결과를 분석하고, 영농형 태양광 사업의 제도적 보완 상황을 파악하여 해외 이전 사업 추진을 위한 체계적 전략을 마련하고자 한다. 또한 베트남 달랏시 영농형 태양광 실증 사업 추진을 위한 관계 기관 간의 MoU 추진 및 현지 타당성 조사를 추진하고, 베트남 현지 지자체 및 관련 기관과의 교류회를 개최하고자 한다.

(3) 세부 사업 내용

(가) 베트남 달랏시 실증사업 추진 방향 제시

영농형 태양광 현지 타당성 조사 및 파일럿 실증 사업 추진 방안을 마련하고, 에너지 수용자 간의 P2P 에너지 거래 플랫폼 구축 방안을 제시하고자 한다. 이는 지역 내 생산 농작물의 이력 관리 및 생산자, 소비자 간의 거래 시스템 구축 방안을 설계할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 지역 환경에 적합한 작물을 발굴하고 재배(곡물, 과일 등), 농산물 생산, 소비 등 주민 참여형 농산물 이력 관리 및 거래 시스템 구축 방안을 마련할 것으로 기대된다. 추가로 영농형 태양광이 설치된 각 농장으로부터 얻어지는 작물 별로 데이터들을 분석하고 온실의 온도, 습도, 일조량 등의 환경정보 데이터 분석을 통해 생산성 향상 및 품질 향상 도모할 수 있을 것이다.

(나) 영농형 태양사업의 특징

영농형 태양광은 설비가 들어가는 아래쪽에는 농사를 짓고, 태양광으로 전기를 생산하는 방식으로 에너지 자립도 향상은 물론 농작물 수확의 효과를 동시에 누릴 수 있다는 이점이 있다. 특히 영농형 태양광 발전 사업은 농지에 특정 간격으로 태양광 패널을 설치하여 과도한 햇빛을 차단하면서 농업요수 관개를 개선하여 신재생 에너지 발전과 동시에 하부 농작물의 생장을 돕는 태양광 발전 방식이다. 또한 LED 광원을 적용해 태양광 설비 하부에서 재배하는 작물의 품질과 생산성 유지가 가능하다는 이점이 있다.

영농형 태양광 하부의 농작물 수확량은 기존 농지와 비교해 최소 80% 이상인 것으로 나타났

는데, 영농형 태양광을 설치한 토양에서 카드뮴이나 수은 등 중금속 물질이 검출되지 않아 생산된 쌀 역시 잔류 농약이 검출되지 않았으며, 다른 토양 물질들도 태양광을 설치하지 않은 비교 부지와 동일한 수준으로 확인되었다.[71]

국내 영농형 태양광 사업의 현황으로는 최근 사업 주체들이 지자체와 함께 유휴부지를 활용한 영농형 태양광 사업을 추진하고 있는 추세이며, 영농형 태양광 사업은 3㎿ 이하의 소규모 사업으로 주민이 발전 사업의 주체가 되는 주민 주도형과, 3-100㎿의 대규모 사업으로 사업자가 사업을 주도하며 주민은 직·간접 참여하고 주민의 지분이 50% 미만인 주민 참여형으로 이루어지고 있다.

(다) 베트남 달랏시 영농형 태양광(APV) 실증사업 추진과 블록체인 기술 적용 방안 설계

영농형 태양광 실증 방안을 마련하고, 영농형 태양광에서 생산된 잉여 전력과 생산된 농작물 대상으로 블록체인 기반의 에너지 거래 시스템 및 농산물 이력관리 시스템 구축방안을 설계하고자 한다. 먼저 해외 지자체 단위로 영농형 태양광 실증사업을 기반으로 블록체인 기술을 적용한 생활 속 체감형의 지력 중심 탄소중립 이행 및 확산 기반을 마련하여 그린도시를 추진하고자 한다. 이를 위해 도시 인프라 체질 개선과 다양한 환경 기술을 적용하여 실질적 탄소감축 성과를 창출할 수 있는 방안을 제시하고, 지자체 주민간의 협업 사업을 발굴, 블록체인 기술을 통한 지역 내 순환 경제 촉진 모델을 제시하고자 한다.

① 영농형 태양광 농작물에 IoT 센서 데이터 수집을 통한 과학적 영농을 추진: 영농형 태양광을 스마트팜과 연계 활용 시 저전력, 초소형 IoT 센서를 이용한 각종 환경 변수 수집이 가능하며, 센서 간의 망 형성 및 통신 기능을 갖는 센서 네트워크 기술 적용도 가능케 할 수 있다. ② 영농형 태양광 에너지를 활용한 전기충전소 보급 및 주민 편의 제고 방안 마련: 영농 태양광 시설의 잉여 전력을 활용한 전기 충전소 확대 보급으로 에너지 효율형 현지 교통 수간 확대 방안(e-bike 시스템 등) 등을 모색할 수 있다. ③ 베트남 달랏시의 영농형 태양광 에코시스템: 지역 특화 에코시스템 모델 연구 및 블록체인 기반의 참여자 마일리지 시스템 구축 방안을 마련하고자 한다. 구체적으로 탄소 감축 기여도에 따른 마일리지 부여 및 달랏시 유통 지역 화폐용 eco 카드(EDC) 내장형의 지역 활용 블록체인 기반 모바일 app 개발 및 활용 방안을 제시한다. 이는 지역 내 유통 시스템 및 e-Mobility 적용 모델을 구축할 뿐만 아니라 현지 주민 또는 여행객들이 대중교통 이용, 농산물 구매, 식당 및 유통업체에서 활용 가능토록 하여 지역 내 순환 경제 활성화에 기여할 수 있다.

(라) 제도적 보완 사항 검토

우리나라의 경우 농지법 시행령 상 사용기간 인허가 문제라는 규제의 걸림돌이 있어 아직까지 영농형 태양광 보급 확대가 이루어지지 못하고 있는 상황이다. 태양광 발전사업의 경우 지자체 인허가가 필요한데 영농형 태양광 농지 일시 사용 허가 기간은 현재 농업 진흥 구역의 염해간척지만 최대 23년까지 허용되고 농지 등 타 구역은 법규상 최대 8년까지 이용이 가능하

71) 출처: 한국남동발전과 경남과기대의 2017년부터 6곳 실증 데이터

다. 이에 설치 가능 농지 확대를 위해서는 조속히 일시 사용허가 기간이 확대 허용되어야 할 필요가 있다. 일반적으로 태양광은 15년에서 20년 이상 사업 기간이 확보되어야 하는데 8년 운영으로는 전기생산발전단가(LCOC)를 높이기에 비효율성 문제가 있다. 이러한 측면에서 2020년 정부 국정감사에서도 정체된 농가 소득을 높이기 위해 영농형 태양광 도입이 필요하다고 지적된 바 있으며, 현재 영농형 태양광의 타용도 일시사용허가 기간을 최장 20년으로 늘리는 농지법 개정안이 국회에 제출되어 계류 중인 것으로 알려져 있다.

또한 영농형 태양광 설비는 농작물 일사량, 방제, 농기계 작업 공간의 확보가 필요해 일반 태양광 대비 설치 면적과 설치비용(1.25배)이 과다 소요됨에 따라 별도 REC 가중치가 없는 실정이다. 영농형 태양광의 보급 확산과 경제성 확보를 위해서는 영농형 태양광 REC 가중치 설정이 필요할 것으로 보인다. 뿐만 아니라 자자체별 과도한 이격거리 제한(현재 민가나 도로부터 300m) 기준이 상이하여 재생 에너지 발전 시설 설치에 어려움 발생하고 있는 바, 이격거리 표준안을 마련, 실효성 확보를 위한 법제화가 필요한 시점이다.[72)]

(마) 베트남 달랏시 현지화 추진

영농형 태양광 발전소 인근 주민이 사업에 직·간접적으로 참여해 개발 이익을 얻을 수 있도록 비즈니스 모델을 설계를 추진하고자 한다. 주민의 안정적인 수익을 20년 이상 보장하는 주민 주도형 영농 태양광 발전소를 구축하는 것을 목표로 하며, 영농형 태양광 발전 사업의 타당성 검토 및 실증사업 준비와 남해군 영농형 태양광 발전소 사업 경험과 태양광 발전 예측 기술 등을 적용한 베트남 현지 맞춤형 발전 사업을 추진하고자 한다. 다만, 국내 영농형 태양광 사업을 베트남 달랏시에 이전, 현지화 사업을 추진함에 있어서 국내에서 진행되었던 실증사업의 성공모델을 반영하되 운영 시 지적되었던 문제를 베트남 현지의 법제도 규정을 감안하여 개선책을 확인하고 추진해야 할 것이다.

초기 사업화 진입 활성화를 유도하기 위해서는 정부 정책자금 지원을 확대할 수 있어야하는데, 경제성 확보를 위한 REC 가중치를 개선하고 주민 조합 영농형 태양광 금융 지원 확대 및 영농형 태양광 전용 금융 상품 개발 등을 검토할 필요가 있다. 이와 같이 영농형 태양광 사업의 보급, 확대를 위한 다각적인 방안을 건의, 마련해야 할 것이다. 또 영농형 태양광 보급 확대를 위해서는 베트남 달랏시 조례 등 인허가 간소화 추진, 수익성 제고, 시설 자금 지원 및 주민 참여 확대 지원책 등 다각적인 지자체의 노력이 필요할 것으로 예상된다. 영농형 태양광 사업에 대한 과감한 규제 철폐, 20년 이상 일시사용허가, 장기저리 정책자금 지원 등을 통해 사업 참여 기회를 확대할 수 있을 것이며, 농가 소득 증대와 지속가능한 농업 발전 효과를 거둘 수 있을 것이다.

끝으로, 베트남 현지에서는 전력 공급난 해결과 탄소배출 감축에 기여할 것으로 예측되며, 영농형 태양광 사업을 통한 작물 수확량도 증가할 것으로 기대해 볼 수 있다.

72) 일본의 경우 재생에너지 비율을 오는 2030년까지 36-38% 달성을 목표로 태양광 발전소 설치를 추진하고 있지만 환경 파괴 우려로 지역사회의 반대에 부딪히면서 영농형 태양광이 주목받으며, 2020년 3월 말 기준 2천653건이 일시전용허가를 받았음

라. 사업 예산

사업 진행 시 필요 예상 예산 및 항목은 아래와 같다.

<표 4-5> 예상 예산 항목 및 금액

항목	단가	회수 (수량, 건)	금액(원)	비고
1. 영농형 태양광 베트남 달랏시 적용 모델 개발	-	-	500,000,000	
2. 베트남에 적용 가능한 블록체인 BM 설계	-	-	1,000,000,000	
3. 베트남 달랏시에 실증사업 추진	-	-	3,000,000,000	
합계			4,500,000,000	

마. 타당성 분석

(1) 과학기술적 타당성 분석

(가) 영농형 태양광의 적용 사례 분석

국내 영농형 태양광 적용 사례를 살펴보면, 먼저 경기도 파주와 한국동서발전이 함께 전국 최초로 총 3기의 통일 영농형 태양광 시설을 설치, 하부에서 시험 재배한 농작물(벼, 콩)의 생육 조사한 바 있다. 그 결과, 작물 생육 기간 동안 봄, 가을의 가뭄, 8월에 집중호우, 54일간의 장마로 인해 수확량이 예년에 비해 10~20% 가량 감소했으며, 수확량 분석 결과, 벼 시험구는 10a당 백미 기준 438kg, 대조구 472kg에 비해 34kg(-7.2%)이 적었다. 콩의 경우 시험구는 10a당 125kg, 대조구는 144kg으로 19kg(-13.2%) 가량 적었다. 또한 2021년에 제주농업기술원이 제부 서부지역 주요 작물인 마늘, 양파, 양배추 3작목에 대한 영농형 태양광 재배 실증사업의 1년차 결과를 발표한 바 있다. 그 결과에 따르면 식물의 잎을 수확하는 양배추 등 엽채류는 영농형 태양광 시설에서 수확량이 많고, 지하부의 구를 수확하는 마늘, 양파 등은 일조 부족으로 수확량이 감소하는 것으로 분석되었다.

영농형 태양광은 농업과 에너지업을 병행할 수 있고, 한정된 토지를 효율적으로 이용할 수 있다는 장점이 있지만 상대적으로 비용이 높아 경제성이 낮고 모듈 하부에 필연적으로 발생하는 그늘로 수확량이 일부 감소하는 문제가 있다. 하지만 일부 수확량이 감소하는 문제가 있지만 영농 활동과 동시에 태양광 발전을 통한 소득을 확보할 수 있어 농업 소득 보완이 가능한 장점이 있다. 즉 세계적인 인구 증가에 따른 식량 문제가 상존해 있는 만큼 농지를 보존하면서 전기 생산과 농업 생산성을 증대시킬 수 있는 효과를 기대할 수 있다. 이러한 차원에서 영농형 태양광 사업은 미래 농업이 추구해야할 방향이라는 긍정적 평가를 받고 있는 상황이다.

(나) 영농형 태양광 기반의 지역 탄소중립 실현 기여방안 검토

우리나라는 신재생 에너지 비중이 낮은 편인데,[73] 국토면적의 70%가 산악 지방으로 유휴 부지 활용이 제한적이기에 영농형 태양광 발전 사업을 확산시킨다면 농지에 피해를 최소화하면

73) 영국 에너지연구기관인 앰버(EMBER)에 따르면 2020년 신재생에너지 발전비중은 독일 45%, 이탈리아 44%, 영국 43%로 각국 전체 에너지 사용량 비중의 절반 정도를 차지하나, 중국 29%, 일본 26%, 프랑스 23%, 미국 21% 등도 그 비중을 점차 늘리고 있는 반면 우리나라는 6%에 불과함

서 신재생 에너지 비중을 증대시키는 효과를 거둘 수 있을 것이다.

베트남에서 영농형 태양광 실증사업을 위해서는 적용되는 작물 중에서 과도한 햇빛이 요구되지 않는 작물을 대상으로 적용하는 것이 더욱 효과적일 것이라 예상된다. 또한 베트남에서 실증사업을 실시할 경우에 고장 시 수리, 불량 교체 등 지속적인 관련 방안이 제시되어야 할 것이다. 끝으로 추후에 기존의 알반 농업 시스템과 영농형 태양광 설치 농업 시스템에 있어서 환경적 부분 및 탄소 감축 부분에서 정량적인 분석이 필요할 것이다.

(2) 정책적 타당성 분석

우리나라 태양광 시설 전문 업체인 ㈜BK에너지와 녹색에너지연구원은 컨소시엄 형태로 2022년 베트남 호치민에서 62개 도시를 대상으로 농민 소득 증대를 위한 영농형 태양광 보급 1단계 시범 단지 조성을 위한 영농형 태양광 기술 및 경제 협력 프로젝트 협약을 맺은 바 있다. 이는 영농형 태양광 사업의 베트남 현지화 실증 사업의 성공 모델 구축에 기여하고 있다고 할 수 있다.[74] 이처럼 베트남 농민들의 소득증대와 안정적인 운영 사업을 통하여 베트남형 영농태양광 시스템이 동남아시아 진출의 초석이 될 수 있을 것으로 기대된다. 또 실증사업을 추진하면서 베트남에서의 영농형 태양광 사업의 인허가상 문제점이 없는지 등 현황 분석을 통하여 해결방안 등도 제시하고자 한다. 한편 베트남에서 영농형 태양광 실증사업을 추진하기 위해서는 관련 법제도에 대한 이해가 필수적으로 요구될 것이다. 이에 그 과정에서 현지의 입지 규제나 태양광 등 신재생 에너지 발전에 관련된 지원 제도 등을 구체적으로 확일 수 있을 것으로 판단된다. 본 사업은 이러한 경험을 통해 우리나라가 베트남 등지에서 영농형 태양광 사업을 비롯한 신재생 에너지 발전 사업을 협력, 추진해 나가는 데에 있어서 중요한 초석이 될 것이다. 더 나아가 그 과정에서 해외에서 진행하는 신재생 에너지 발전 사업과 국내(외)의 RPS 제도, REC 제도, 탄소배출권 제도 등과의 관계 및 개선 방향 등을 모색해 볼 수도 있을 것으로 기대된다.

바. 기대효과

(1) 경제사회적 측면

영농형 태양광 발전은 친환경적인 기술로써 농작물 수확과 동시에 전기를 판매하여 농가 소득을 향상시키고, 농지를 효율적으로 활용하여 신재생 에너지 사업의 새로운 전환점이 될 것으로 예상된다. 농가 소득의 창출로 농촌의 지속가능한 발전에 기여하면서 신재생 에너지를 증대시킬 수 있는 기회를 확대시켜 나갈 수 있다.[75] 이는 베트남 뿐만 아니라 아시아 개도국 등에 사업 영역을 확장해 나갈 수 있는 기반을 구축하고, 탄소중립에 기여하는 바도 크다고 할 수 있다. 뿐만 아니라 영농형 태양광은 단순한 경제적 이익뿐만 아니라 친환경적 신재생 에너지로 대기오염이나 폐기물 우려가 없다는 효과도 있다.

74) 베트남 영농형 태양광 사업은 1년의 실증기간을 통해 베트남 국회에서 의결돼 베트남 농림부 재배국이 프로젝트를 총괄하고 있어, 농업, 축산업, 양식업 등 베트남 현지에 최적화된 기술을 적용해 계통연계형과 독립형 2가지 형태로 시스템을 구축해 347GW를 생산할 예정임

75) 국내의 경우 5,000평을 기준으로 농사만 지었을 경우 750여만 원의 수익이 발생하지만, 영농형 태야광 사업을 병행할 경우 2,400여만 원 정도의 수익이 창출

(2) 기술적 측면

베트남에 영농형 태양광을 이전 적용하는 것은 영농형 태양광 실증사업 기반의 블록체인 기술을 적용한 생활 속 체감형 지역 중심 탄소중립 이행, 확산의 기반을 마련할 것이다. 구체적으로 태양광 시설의 보급 및 확대를 통해 신재생 에너지 신규 전력 수요에 대한 대응이 가능할 뿐만 아니라 영농형 태양광을 스마트팜에 접목시킬 수 있을 것으로 예상된다. 기존 스마트팜은 대부분 비닐하우스, 온실 등 실내에서 급수 및 자동 개폐 등의 주조물을 이용해 시설을 운영하고 있는 상황이다. 영농형 태양광 구조물을 활용하게 되면 이러한 구조의 설치를 위한 추가 비용 없이 스마트팜을 구현할 수 있다. 또한 IoT 및 블록체인 등 ICT 기술의 접목을 통해 영농형 태양광 응용 기회를 확대시킬 수 있다. 지역 특화된 블록체인 기반의 참여자 마일리지 운영 시스템이나, 지역 내 유통 시스템 및 e-Mobility를 구축함으로써 탄소감축 기여할 수 있을 것이다. 뿐만 아니라 디지털 지역 화폐 발행을 통하여 현지 주민 또는 여행객이 대중교통 이용, 농산물 구매, 식당 및 유통 업체에서 활용 가능토록 하여 차별화된 그린 ICT도시로 변모시킬 기회도 될 것으로 예상된다.

4. 대전광역시 녹색기술 중심의 지속가능한 지역산업 육성방안

가. 사업 개요

(1) 추진 배경 및 목적

대전시는 현재 탄소·온실가스 감축 로드맵이나 온실가스 배출권 거래제 이행, 기후변화 적응 대책 세부사업 등 지속적으로 기후변화와 관련된 사업들을 추진하고 있으며, 2019년 12월 대전광역시 기후 변화 대응 조례를 통하여 기후변화에 더욱 적극적으로 대처하는 등 관련 산업 육성에 주력하고 있다. 기술직·연구직 비율이 높은 기상청의 경우, 과학도시 대전시의 R&D 인프라를 적극 활용하여 미래 기후변화 시대에 대응하기 위한 기상 기후기술 개발을 가속화하는 등 산업 육성 영역에서 탄탄한 기반을 보유하고 있다.

대전시는 기술 개발 전문 인력 및 타 산업과 융합이 가능한 다양한 분야의 공공연(출연연, 예. KAIST 등)을 보유하고 있다. 한국 정부는 과학기술 연구 활동에 적합한 환경 조성과 서울의 인구 분산을 위해 대전에 대덕연구단지를 1973년에 착공하여 20년 만인 1992년에 완료하였다(홍형득, 1997). 대덕연구단지는 이미 30년 가까운 역사를 지닌 산-학-연 클러스터로 발전하였다. 김민석·안기돈(2017)은 대전시 정책을 분석하며 대덕연구단지와 연계된 대전테크노파크의 주요 기능으로 대전 벤처생태계 활성화, 글로벌 스타기업 육성, 산업간 융복합화 선도, 전통산업의 르네상스 개척, 새로운 시대를 선점하는 스타트업 육성 등으로 설명하고 있다. 이렇듯 대전은 명실상부 한국의 대표적인 과학기술과 혁신 집적 도시이다.

현재 대전광역시는 혁신성장을 주도하는 과학수도로서의 입지를 다지고 있다(대전광역시, 2020). 지난 2020년 9월 과학부시장을 신설하고, ‘글로벌 과학도시 대전’을 비전으로 4대 목표를 수립하였다. 특히 네 번째 목표로 ‘과학으로 세계화된 도시’를 표방하며, 광역화를 넘어 세계와 협력하는 글로벌 도시, 기후변화대응 탄소중립 도시로 거듭나고자 다양한 정책을 실행 중이다. 그러나 대전시의 상황은 녹록치 않다. 최근에는 골프존, 타이어뱅크 등 우량기업이 탈대전이 이루지며 축소되는 대전산업 재창조를 위한 과학산업 활성화 노력이 필요하다. 이러한 측면에서 탄소중립을 과학산업의 부흥으로 풀어내는 지혜가 요구된다.

2021년 5월 P4G 서울 녹색미래정상회의에서 전국 모든 지자체가 2050년까지 온실가스의 실제 배출량을 0으로 만들자는 ‘탄소중립’을 선언한 바 있으며, 2022년 3월 이를 위한 기본 계획을 발표하였다. 또한 2019년부터 시행된 「대전광역시 저탄소 녹색성장 기본조례」에 이어 2022년 8월 「대전광역시 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본조례」가 제정됨에 따라, 대전시의 탄소중립 실현을 위한 초석이 마련되었다고 평가된다.

온실가스 배출과 관련하여 각 지자체 별 실태 파악이 제대로 이루어지지 않고 있으므로, 각 지역 별 실질적 탄소 배출 현황 파악이 어려운 상황이다.[76] 현재 각 지자체가 탄소배출량 감축과 탄소중립을 위해 적극적인 대처를 하고 있는 바, 관련 산업 육성이 절실히 필요하다. 대전시는 다양한 분야의 기관 및 연구소가 위치해 있어 탄소 감축, 탄소 중립을 위한 융합 시스템 및 녹색 기술 기반 지역 산업을 육성하기에 큰 이점을 가지고 있다. 특히 대전 지역에 기반을 두고 있는 대학, 출연(연)의 에너지 관련 기술 성과물을 지역 내 탄소 중립 실현에 우선 적용한다면, 관련 지역 산업 육성과 더불어 시민 참여 의식 고취에도 기여할 수 있을 것이다.[77]

(2) 주요 사업 내용

국내 지자체와 함께 탄소중립을 위한 기후기술 융복합 사업화를 통해 2050 탄소중립 추진전략(2020.12.)에 부합하는 대전시 적응형 기술실증 성공사례를 마련하는 것도 의미가 있을 것이다. 지자체 차원의 탄소중립 실현을 위한 차별화된 실증사업 추진을 위해, 4차 산업혁명 기술(ICT 기반)을 적용하는 등의 해법 제시가 필요하다.

기후변화 위기에 대한 관심과 심각성 인식은 증가하였으나, 기후변화 대응에 참여하고자 하는 노력 및 사회적 실천은 여전히 미흡하다는 평가를 받고 있다.[78] 탄소중립 사회로의 전환이 본격화됨에 따라 이행 주체로서 지자체의 역할이 중요함에도 주도적인 이행 체계 및 역량 등이 미흡한 상황이나, 대전시의 경우 지역 특화형 과학기술 확산체계 구축으로 지역 혁신 생태계 조성 및 국가 균형발전 촉진에 기여하고자 한다.(예. 과학기술 R&D 성과를 활용한 ‘지역 현안 문제 해결형’ 사업화 R&D 추진 - 지역별 현안문제 해결에 대학·출연(연)의 연구 성과 활용; 대학·출연(연) 연구 성과 지역 내 우선 확산 지원 - 지자체 예산 활용 비용 지원, 지역 특성 고려한 적극적 계획 수립하여 지속가능 도시 및 탄소 제로 도시 구축 등 목표로 추진, 지역 TP를 R&D 성과의 지역 내 확산 허브로 육성; 지역별 “산·학·연 사업화 협의체” 구성·운영을 통한 지역 특화 혁신 생태계 활성화)

나. 사업 관련 환경 분석

(1) 기술개발 동향

대전시는 지역 내 그린테크와 관련된 우수 대학과 출연(연)을 보유하고 있어 타 지역 대비 관련 기술 개발 및 기술 사업화를 위한 좋은 여건을 갖추고 있다. 에너지 감축 차원의 하드웨

76) 산업 분야 별 또는 시민들의 일상 생활에서 실제 배출량 산정이 어려우며, 탄소 배출량 감축을 위한 구체적인 녹색 정책 실행 방안 마련 역시 어려운 상황임

77) 신재생에너지 기술을 도입한 제로에너지 빌딩 구축, 건물의 에너지 효율을 높이는 방안 등을 적용하여 관련 지역 산업 육성 기여 및 친환경 도시재생사업 추진 가능성 보유

78) ‘20년 국민환경인식조사(KEI) 결과 ’ 환경인식 관심도 73%(‘17년 54.4%) ‘, ’ 학교 환경교육의 필요성 89.4% ‘, ’ 주당 1시간 이상의 의무교육 필요성 82.2% ‘

어 기술 및 에너지 효율화 차원의 ICT 기술 등에 대한 기술 개발 및 기술 사업화 사례를 다수 보유하고 있다.

선진 ICT 기술 적용 사례로, 브라질 Vila Olimpia : 디지털 트윈 기반 에너지 시스템 관리; 미국 Consumers Energy : 스마트온도장치를 통한 에너지 소비 추적 관리; 미국 GE : 화력발전소에 지능형 솔루션 공급 및 풍력발전에 AI 적용으로, 발전효율 5% 이상 및 운영비용 20% 이상 달성; 프랑스 Schneider : 송배전망 전력 수요 분석 및 원격 관제 등 지능형 관리 시스템 구축; 독일 Siemens : 전력 사용량 고려 제조 공정 도입으로 30% 에너지 절감; 구글 : 딥마인드 활용 데이터센터 냉각 장비 제어 시스템으로 전력 40% 절감 등이 있다.

총 6가지 분야(신재생에너지 분야, 에너지 관리 및 유통 기술 분야, IoT 기술 분야, 부품기술 분야, 블록체인 기술 분야, 에너지 비용 최적화를 위한 블록체인 기반 에너지 거래 시스템 분야)에서 ETRI 보유 기술을 활용하여 탄소중립 실현을 위해 힘쓰고 있으며, 자세한 영역은 아래와 같다.

- 신재생에너지 분야 : 태양광 발전 설비 운영 모니터링 시스템, 연료전지 유무기 하이브리드 소재 대면적 코팅 기술, 에너지저장시스템(ESS) 최적운영 SW기술, 클라우드 및 서버 환경을 위한 에너지 절감 OS 서비스 기술
- 에너지 관리 및 유통 기술 : 광역 분산 에너지 자원 원격 관리 기술, 마이크로그리드 에너지 관리 시스템 기술, 에너지 융합형 안전 관리 시스템 기술, 건물 에너지 실시간 성능 진단 및 관리 시스템 기술(BEMS)
- IoT 기술 : IoT기반 실시간 녹조 모니터링을 위한 이동형 센서 시스템 기술, IoT기반 신재생에너지 생산량 예측 관리 솔루션
- 부품 기술 : 열전 에너지 하베스팅 전력 관리 칩 및 모듈 설계 및 제작 기술
- 블록체인 기술 : 블록체인 기반 디지털 컨텐츠 유통 기술, 블록체인 프라이버시를 위한 영지식증명(Zero-knowlege proof) 기술

탄소중립에 기여할 수 있는 다양한 분야에서 블록체인을 적용해 신뢰성과 효율성을 제고하고, 탄소배출 거래 등 표준화된 플랫폼을 구축 및 활용할 필요가 있다. 관련해 기술 동향을 살펴보면, Blockchain & Climate Institute (BCI)은 글로벌 자원 선순환적 흐름에 대한 블록체인 적용 방안을 제안한 바 있으며, 브라질에서는 에코시스템 서비스에 대한 과금 체계 및 탄소중립 관련 블록체인 적용 전략 연구를 수행한 바 있다. 또한 다양한 분야에서 블록체인 기술을 적용해 탄소배출권 거래 시스템을 구축하고 있는 상황이다. 한 예로, IBM은 Veridium Labs & Stellar 등과 탄소 배출량(carbon footprint)을 보상하는 블록체인 플랫폼 구축 및 coin 발행을 통한 탄소 배출권 거래를 촉진한 바 있고, 런던의 벤엔제리스 & Poseidon은 벤앤제리스 아이스크림 한 스쿱마다 1페니씩 블록체인 기반 거래소에서 거래되는 탄소 배출권 구매에 사용하고 있다.

(2) 시장 및 산업 동향 *<참고 자료> : KIAT, 산업기술동향워치 2021-02호*

국내외 도시 재생 사례 중 경상남도 김해시를 우수한 예로 들 수 있다. 해당 시는 도시재생 사업을 환경부의 기후변화 취약지역 지원 사업과 연계 추진하였다. 주택 옥상을 쿨루프 처리하

여 차열 효과를 유도하고 보행자를 위한 도로 쿨페이브먼트를 시공하였으며, 전통시장에 쿨링 포그를 설치하여 전통시장의 활성화, 도시 온도 및 미세먼지 감축 등을 동시에 추진하여 기후변화 대책과 도시재생을 접목한 우수한 성과를 달성하였다.

해외 사례로는 미국의 HUD(Department of Housing an dUrban Development)가 있다. 2012년 발생한 허리케인으로 인한 도시 피해의 조기 복구를 위해 디자인 공모(Rebuile By Design)를 통해 도시 재건 방법을 모색하여 허리케인 피해에 대한 해수 유입 방지, 표면 유출수 처리 방법 및 저수지에 저장 후 재활용하는 방법 등을 연구하였으며, 이를 계기로 기후위기에 대한 도시의 회복력에 관한 연구가 활발하게 진행되는 데에 지대한 영향을 끼쳤다. 덴마크에서는 해상 풍력 설치 시의 소음 및 어업 피해로 주민들의 반대가 있었으나 인근 주민들로부터 자금 지원을 받아 해상 풍력 발전기를 건설하고 이를 통해 생산되는 전기는 주민들이 우선 사용토록 한 후, 남은 전력은 판매하여 주민들의 수익으로 환원시켜주는 사업을 진행한 바 있다.

세계경제포럼(WEF, 2021. 1.)에서 Net-zero 도시를 위한 통합 에너지 접근법을 제시한 바 있다. 환경, 경제, 보건, 사회 위기 해결책으로 '구조적 효율성(systematic efficiency)'으로 정의된 통합적 에너지 접근법을 4가지 방식 - (1) 초효율 커넥티브 건축; (2) 스마트 에너지 인프라; (3) 청정 전력화; (4) 압축형 도시(compact urban) 으로 제시하고 있다.

첫째, 초효율 커넥티브 건축이란 구 건축물에는 각 층당 탄소배출 한도를 제정하고 건물의 전기화나 통합 패키지 준수를 요구하며, 신 건축물에는 재생에너지 시스템과 스마트 e모빌리티 인프라를 갖춘 전기화된 고효율 건축물을 의무화하는 것이다. 핀란드의 Lidl Distribution Centre는 재생 에너지를 100% 의존하고 난방 및 냉각 시스템을 결합하였으며 열저장이 가능하다. 네덜란드의 EDGE Olympic Building은 건축자재의 50%를 재활용 자재로 건축하였으며 에너지 소모량이 평균치의 70% 이하이다.

둘째, 스마트 에너지 인프라란 지역·도시 부문의 계획을 통합하는 복원 로드맵 수립, 에너지에 대한 공정한 접근성 증진, 에너지 관련 데이터 거버넌스 준비 및 규제 패러다임의 재설계 등이 있다. 브라질의 Vila Olimpia는 네트워크 디지털 트윈(Network Digital Twin) 기술에 기반하여 시스템을 관리하고 있다. 미국의 Consumers Energy는 스마트 온도 장치를 통해 에너지 소비를 추적 및 관리하고 있다.

셋째, 청정 전력화란 통합 난방 및 냉각 시스템 지원 정책, 열 펌프 채태 고간련 기술 장벽 해소 정책 등이 있다. 미국의 Peña Station NEXT는 태양에너지(발전시스템 2개) 기반 건축물 100곳으로 구성되어 있는 청정 전력화 방식을 접목한 장소이다. 끝으로 압축형 도시(compact urban)이란 유휴 부지를 활용한 주거 공간에 세금 혜택 제공, 대체 이동수단 활성화, 도시 혼잡 요금 도입 등의 정책을 말한다. 런던은 혼잡통행료를 부과시켜 도시 교통량 15% 감소 및 교통 혼잡 30% 감소에 기여한 바 있다.

(3) 정책 동향

Net Zero 2050 실현 및 국가 온실가스 감축 로드맵 이행 등을 위해 미래 핵심 기술인 ICT를 활용한 기후변화 대응 전략 마련이 시급하며, 4차 산업혁명 등 글로벌 환경 변화로 5G, IoT, AI, ICT 블록체인 등 차세대 기술 역시 부상하고 있다.[79] 특히, AI, 블록체인 등 새롭게 부상하

79) 대전 지역 소재 대학 및 연구기관이 보유하고 있는 그린 테크의 사업화 추진을 통해 지역 산업 육성은 물론 그린 도시 구축

는 기술을 활용하여 EMS, Smart Grid, ITS 등 기존 그린 ICT 기술의 고도화 및 자율주행 등 새로운 그린 ICT의 역할을 증대시킬 필요가 있으며 그린 산업의 육성 역시 필요하다.

다. 사업의 세부 추진 계획

(1) 사업 목표

국가적 녹색기술을 기반으로 대전의 녹색산업 분야 공공기술을 실증하여 선도사례를 창출하고, 글로벌 도시에 성과를 확산하는 도시 간 협력 네트워크를 구축하고자 한다. 2023년에는 기초조사 및 사업기획, 2024년에는 실증사업 개시, 2025년에는 BM 개발 및 사업화를 목표로 추진해야 할 것이다.

(2) 세부 사업내용

저탄소 녹색성장 선도도시 구축을 위한 탄소 감축기술 육성 및 인프라 확충을 추진하며, 대표적 에너지 생산 및 소비 시설에 IoT, 디지털 트윈 및 AI를 종합 적용한 에너지 절감 모델 개발 및 실증 사업 추진을 검토하고자 한다. 발전시설, 건물・공장 등 내부에서 생성되는 모든 데이터를 통합・가상화하고, AI를 활용하여 에너지 효율화를 추진할 수 있다. 지능형 발전・송배전, 분산전력 효율화 등에 적용 가능한 디지털 트윈 기반 에너지 서비스 플랫폼을 개발하고, 분산전력 확대에 따른 전력계통 위험 해소를 위한 AI 기반 분산전력 수급 예측 고도화 및 지능형 전력거래 플랫폼을 개발할 수 있다. 공장・병원・학교・아파트 등 유형별 특화 분야 중심으로 EMS(에너지 관리 시스템) 실증사업을 추진하고 적용 범위를 점진적으로 확대하고자 한다. 지자체의 탄소중립을 위해 분야별 구체적인 감축 계획이 필요하며 적용할 녹색 기술을 개발하여 체계적인 융합이 실현되어야 한다. 에너지 절감모델 개발 및 효율화, 에너지 서비스 플랫폼 개발 및 실증에 중점을 두되, 향후에는 다양한 분야로 점차 확대하여 적용하면 더 많은 결과를 도출할 수 있을 것이다.

라. 사업 예산

본 사업을 추진하는 데에 소요될 것으로 예상되는 예산 금액은 다음과 같다.

<표 4-6> 예상 예산 항목 및 금액

항목	단가	회수 (수량, 건)	금액(원)	비고
1. IoT, AI 등 활용 에너지 절감 모델 개발	-	-	500,000,000	
2. IoT, AI 등 기술 적용 및 에너지 효율화 실증	-	-	2,000,000,000	
3. 전력거래 및 에너지 서비스 플랫폼 개발, 실증	-	-	3,000,000.000	
합계			5,500,000,000	

에도 기여 가능함

마. 타당성 분석

(1) 과학기술적 타당성 분석

기술직・연구직 비율이 높은 기상청의 경우, 과학도시 대전시의 R&D 인프라를 적극 활용하여 미래 기후변화 시대에 대응하기 위한 기상 기후기술 개발을 가속화하는 등 산업 육성 영역에서 탄탄한 기반을 보유하고 있다. 또한 대전시는 기술 개발 전문 인력 및 타 산업과 융합이 가능한 다양한 분야의 공공연(출연연, 예. KAIST 등)을 보유하고 있다. 대전 지역 내 중소기업은 자체 보유하고 있거나 개발 역량을 확보한 녹색 기술들을 상용화하기 위해 요구되는 사업화 역량의 부족 등의 제약을 지역 내 연구기관의 기술 역량을 통해 극복할 수 있을 것이다.

(2) 정책적 타당성 분석

대전시는 그간 탄소・온실가스 감축 로드맵이나 온실가스 배출권 거래제 이행, 기후변화 적응 대책 세부 사업 등 지속적으로 기후변화와 관련된 사업들을 추진하고 있으며, 2019년 12월에는 대전광역시 기후변화 대응 조례를 통해 기후변화에 더욱 적극적으로 대처하며 관련 산업 육성에 주력하고 있다. 지역 내 녹색기술을 개발하고 이를 녹색산업으로 육성하여 신성장동력화하는 노력을 하고 있으며, 체계적이고 종합적인 녹색기술 개발・판매 지원 및 녹색기술의 사업화 과정이 체계적으로 이루어져야 할 것이다. 아울러 해당 기술의 시장 진출 촉진을 위한 녹색기술 관련 중소기업체의 수출, 자금지원 및 활로개척 등 통합적 관리 시스템이 필요하기 때문에 대전시의 지자체 자체 의지 및 지역 내 기술개발 인프라 역량 등을 감안 시 타 지역 대비 추진 동력이 우수한 것으로 판단된다.

2022년 3월부터 시행 중인 기후위기 대응을 위한 탄소중립・녹색성장기본법(이하 “탄소중립기본법”)은 탄소중립 사회로의 이행에 있어 지자체의 적극적인 역할을 과거보다 더욱 강조하고 있다. 탄소중립기본법에 따라 지자체는 시・도 탄소중립 녹색성장 기본계획을 수립하고, 2050 지방탄소중립녹색성장위원회를 두며, 탄소중립 지방정부 실천연대를 구성하거나 탄소중립 지원센터를 설립할 수 있다. 이러한 취지에 부합하도록 각 지자체에서 지역 특성을 고려한 탄소중립 이행방안을 적극적으로 연구하고 지원해야 한다. 대전광역시 역시 탄소중립기본법에서 위임된 사항과 그 시행에 필요한 사항을 규정하기 위한 대전광역시 기후위기 대응을 위한 탄소중립・녹색성장 기본 조례를 제정함으로써 탄소중립 사회로의 이행에 있어 지자체의 역할을 인지하고 그 기반을 마련하고 있으며, 대학 및 연구기관이 집적한 대전의 지역적 특성을 충분히 활용하여 녹색기술 기반의 지역산업을 육성하는 것은 입법목적의 구체적인 실현이라고 평가할 수 있다.

(3) 경제적 타당성 분석

해당 녹색기술기반 지역산업 육성방안이 탄소감축 효과를 주 목적으로 할 경우 지역산업 육성을 위해 지원하는 중앙정부 및 지방정부의 투자규모와 이에 대한 탄소배출 감축효과를 화폐가치로 전환한 이익을 비교할 시 투자에 따른 수익율을 산출할 수 있다. 본 사업을 통해 대전지역 및 국가의 산업전환에 따른 장기적인 산업적 파급효과를 산정할 수 있으므로 대전지역 녹색기술 도입에 따른 산업육성 파급효과를 추정해 볼 필요 역시 있다.[80]

80) 최근 발표된 한국노동연구원의 〈탄소중립 시나리오에 따른 지역・산업 고용 영향 분석을 위한 모형 개발 기초 연구〉 참조

바. 기대효과

범국가적 난제인 기후변화 관련 산업 진흥 사례를 지자체 주도로 선도하여 RIS 대표 사례로써 타 지자체 및 중앙정부에 전파할 수 있을 것으로 예상한다. 그리고 대전시의 우수한 전문인력과 과학기술 기반을 통해 국가 재난에 대응하고, 위기를 기회로 활용한 글로벌 혁신 사례 창출까지 기대해 볼 수 있다. 또한 대전시는 타 지자체 대비 산업 진흥을 위한 인프라가 우수하여 기초조사 수행 시 관련 산업 진흥의 정책적 효과가 클 것이다. 대전 지역에서의 효율적인 온실가스 감축, 청정에너지 보급 확대, 기후변화 적응역량 강화, 녹색기술의 개발 및 녹색산업 육성 등 구체적인 성과 역시 기대되는 바이다.

시, 2030년까지의 산업별 · 지역별 산업적 파급효과를 산출해 볼 수 있음

제 5 장 결론

유럽, 미국, 일본, 중국 등의 국가에서는 각자 상황에 맞는 탄소중립 과학기술/혁신 정책과 전략 수립 중에 있다. 국제적 정치, 경제, 산업, 환경 등의 여건 변화에 적응해야 하고 탄소중립이 전지구적 주류화된 의제임을 상기할 때, 탄소중립을 지향하는 국제 경제질서 대전환 시대에 맞는 정책 방향과 이행방안이 필요한 때이다. 주요국들은 기후변화 및 탄소중립에 보다 적극적인 대응을 위하여 그린산업 육성정책과 글로벌 규제 신설하거나 강화하고 있는 것으로 분석된다. 탄소중립 선언과 함께 그린산업 육성 및 투자를 발표하는 경향성을 띠고 있다.

EU는 그린산업에 10년간 1조유로, 미국은 10년간 1.7조 달러, 한국은 2025년 까지 73조원을 투자한다고 발표했다. 더불어, EU 및 미국은 탄소국경세 도입 논의를 본격화하고 있으며, 특히 EU는 자동차 배출규제 상향, 플라스틱세 신설 등 글로벌 환경규제를 강화 중에 있다. 이와 관련하여 EU 집행위는 탄소국경세 적용 세부사항, ETS와 연계방안 및 WTO 규정 합치 여부를 논의 중이며, 최근 FIT 55 발표를 통해 논의를 더욱 구체화 시키고 있다(장영욱 2021). 이러한 주요국의 정책흐름에 맞추어 금융국제기구(IMF, BIS 등)에서도 탄소세 인상, 기후변화위험 금융감독 관리체계 구축 등 기후변화에 대한 국가차원의 선제적 대응을 권고하고 있다. Elkerbout et al.(2020)은 코로나19 이후 EU의 기후변화 정책에 관한 연구를 통해 EU는 저탄소 인프라, 효율적인 건물, 그리고 기후중립 산업에 대한 수요를 촉진하기 위해 시장을 선도해야 한다고 밝히고 있다.

탄소중립 기술과 관련해서는 주요국들이 모두 신재생에너지, 에너지 효율화, CCUS를 공통적으로 육성하고자 하는 것으로 분석되었다. 그 중 미국 및 일본에서는 원자력을 탄소중립 기술에 포함하여 육성하고자 하는 움직임이 보였으며, 한국은 수소의 생산-저장-활용 전주기 기술에 집중하는 움직임을, EU 및 일본은 흡수원 조성 분야에 많은 정책적 지원을 시사하였다. 정책과 맞물려 시장도 급변하고 있다. 탄소중립이 기업의 사회적 의무를 넘어 글로벌 경제 질서를 재편하는 핵심 의제가 되면서, 이와 관련한 친환경 시장이 급성장하고 있다. 특히 민간기업·금융사의 RE100 참여 및 ESG 투자 확대, 환경 비친화적 기업 투자 제한 등 기후변화와 환경을 고려한 기업경영이 확산되고 있는 것이 고무적이다. 이와 관련 세계 최대 규모 자산운용사인 블랙록(BlackRock(미))은 탄소배출 등으로 환경의 지속가능성을 떨어뜨리는 기업에는 투자하지 않을 것이라고 선언(Larry Fink, 2021)하는 등 시장이 탄소중립을 중심으로 재편되고 있는 현실이다. 더불어 각 국가가 에너지 생산 및 활용에 친환경화를 추구함에 따라 태양광·풍력 등 재생에너지산업의 발전 및 수소 가치 부각되고 있으며, 전기차 확대에 따른 이차전지 시장이 급성장하고 있다.

주요국의 탄소중립 정책을 분석한 결과, 한국의 탄소중립 관련 과학기술 혁신 정책에 대해 다음과 같은 시사점을 도출할 수 있었다. 가장 중요한 점은 탄소중립 정책설계 시 과학적 근거에 의해, 시장/산업의 니즈와 적용방안을 면밀히 고려하여 단순한 예산투입이 아닌 탄소중립 기술혁신에 대한 제도적 지원(평가체계, 기술도입 지원 등)의 병행이 필요할 것이라는 점이다. 향후 탄소중립 정책 시행의 방향성에 따라 시장/산업에서 새로운 저탄소 기술혁신과 지속가능한 경제성장이 가속화될 수 있다면, 탄소중립을 위한 정부의 지원과 시장 개입을 점차 줄여나

갈 수 있을 것으로 예상된다. 다만, 정부에서는 탄소중립을 이행 과정에서 정책적/기술적으로 소외될 수 있는 산업, 노동자, 지역사회에 대해 꾸준히 주시해야 하며, ETS, 친환경 연료 사용 등 탄소중립 활동에 의해 약화 될 수 있는 관련 산업의 반발을 줄이고 연착륙할 수 있도록 지원이 필요할 것이다.

동아시아 3국은 탄소중립을 위한 국가적 목표를 제시하고 있었다. 한국은 탄소중립 2050 전략과 장기저탄소발전전략(LEDS)을 발표하고, 탄소 다배출 업종이 많고 대외 의존도가 높은 경제 구조에서 기술과 혁신을 해결책으로 제시하고 있다. 중국 역시 탄소중립 2060 선언과 후속으로 단계별 이행 목표와 정책에서 과학기술(R&D)과 혁신이 주요한 수단으로 제시되고 있다. 일본은 탄소중립 2050 선언 이후 녹색 성장을 국정 과제로 설정하고 탈탄소 수법과 수소사회를 위한 기술에 박차를 가하고 있다. 중앙정부 차원에서 탄소중립 사회로의 전환은 커다란 국가적 노력이 수반되며, 이는 기존 경제, 사회, 정치적 구조의 패러다임 변경하는 것이다.

고전 경제학에서는 '공동 목초지의 비극'에 대해 심도 깊게 다룬다. 국제사회는 기후변화가 촉발하는 악영향이 바로 우리 지구라는 공동 목초지에 비극으로 다가올 가능성을 제기한다. 그러나 많은 기후경제학자들이 기후변화 악영향이 경제적 편익 혹은 모델링 평가가 확실한 증거나 논거로 작용하지 못한다고 평가한다. 그러나 Pindyck(2013)은 기후변화로 야기된 재앙적인 결과의 가능성(the possibility of a catastrophic outcome)에 근거해야 한다고 주장한다. 결과적으로 이러한 접근 방식은 우리가 기후변화 대응에 탄소중립을 위한 도시(지역) 간 국제협력의 필요성을 설명해 주는 것이라 하겠다.

동 보고서는 미국, 유럽, 그리고 동북아 국가의 지방정부, 특히 도시의 기후변화 정책과 사례에 대한 기존 문헌 분석과 지역민을 대상으로 한 인식조사, 그리고 이러한 연구 결과를 바탕으로 수요 기반의 기후기술 실증사업 기획을 시도하였다. 도시는 지구 전체의 약 70%에 육박하는 온실가스의 배출을 하고 있으며 이 중 대부분은 소수 대도시에서 탄소를 배출하는 것으로 조사되었고, IPCC는 에너지 소비로 인한 도시의 탄소배출량은 전 세계 배출량의 75%를 차지한다고 밝히고 있기에 그 중요성은 클 수밖에 없다. 국내 지자체는 중앙정부에서 발표한 국가 제3차 기후변화 적응대책에 맞춰 지역에 맞는 기후변화 적응대책을 발표했다. 이 대책들은 기후변화에 기본적인 대응 계획을 담는 것으로 온실가스 감축 방안과 변화하는 기후에 적응하는 지자체의 노력을 담고 있다. 그러나 구체적인 해결 방안으로 기술과 혁신에 대한 대응 계획을 담고 있지 못한 것으로 나타났다. 그렇기 때문에 기후변화에 실증적으로 대응하는 기술과 혁신에 관한 지역의 모범 사례 개발은 앞으로도 주목되는 연구가 될 수 있을 것으로 전망한다.

앞서 언급한 것처럼, 탄소중립과 기술혁신에 대한 지역 주민의 인식을 조사하였다. 다음과 같은 결과를 도출하였다. 지역민들은 대체로 지자체가 국제사회의 기후변화 대응 노력에 동참(96.5%)해야 한다고 보았으며, 기후변화 문제의 심각성(70.5%) 때문에 지자체의 국제사회의 노력이 필요하다고 보았다. 지자체가 관련 정책을 수립할 때, 정치・경제・사회 시스템 전반의 변화에 주목하고 정치권, 언론, 이해관계자, 시민의 관심과 태도가 중요하다고 인식하고 있었다. 전반적으로 탄소중립에 관한 기술이 지자체 탄소중립에 기여(74%)할 수 있다고 보았으며 대체로 고연령으로 갈수록 이러한 인식이 높아지는 것을 알 수 있었다.

지역민들은 과학기술이 기후변화 문제를 해결할 수 있다는 의견(62.5%)이었다. 그리고 탄소중립과 과학기술의 관계에서는 탄소중립이 과학기술의 일부라는 의견(31%)이 높게 나타났으나

과학기술로 인해 탄소중립 문제가 대두되었다는 의견(27.5%)도 높게 나왔다. 이는 과학기술로 기후변화 문제를 해결이 가능할 수 있다는 것과 기후변화 문제가 과학기술로 하여금 발생하였다는 의견이 대치하고 있다는 것을 말해준다. 동 조사로 예측할 수 있는 것은, 지역민들은 기후변화는 심각한 문제로 인식하고 있으며 해결에 중앙정부만큼이나 지자체의 역할이 중요하다고 보고 있었다. 이를 통해 지자체는 기후변화에 관한 해결 노력과 정책 수단에 대한 지역민과의 소통과 기후행동으로 이끄는 전략 개발이 중요하며, 문제 해결을 위한 탄소중립 기술과 혁신 활동에 대한 지속적인 공중 관계 전략이 필요하다는 것이다.

본 조사에 지난 2021년 전문가 인식조사를 추가하여 일반인과 전문가 간 인식 차이에 관한 고급 통계 분석을 실시하였다. 탄소중립 기술에 관한 사용과 적용에서는 대체로 긍정적으로 산업과 시장에 긍정적인 반면에 추천 의도 혹은 효능감에서는 다소 낮게 나타났다. 이로써 탄소중립 기술에 관한 대중적 인지도를 높이고 긍정적인 캠페인이 필요할 것으로 예상된다. 전문가와 일반인 사이에는 기후변화에 관한 정보와 지식, 그리고 위험인식에서 큰 차이를 보였으며, 일반인 보다 전문가 집단에서 문제 해결에 있어 기술과 혁신을 더 중요하게 인식하고 있다는 것이 입증되었다.

더불어 이 연구를 통해서 기후변화가 실재하는 것이고 이를 위해 과학기술이 기여할 수 있다는 지역민들의 의견에 주목하여 지자체를 대상으로 기술실증사업에 대한 수요를 발굴하였다. 18개 광역지자체를 대상으로 지역에 적용이 가능한 지역착근형 실증사업을 기획하는 것을 목표로 2차례에 걸쳐 수요를 접수하였다. 그 결과 7개 기관에서 10개의 기술사업화 수요를 발굴하였다. 이후 객관적인 선정 평가를 거친 후에 최종적으로 4개의 중점 사업을 선정하였다. 후보 사업은 충청남도 기후환경교육원, 경남 남해군 영농형태양광(APV)의 해외 이전, 대전광역시 녹색기술 중점산업 육성에 관한 것이었다. 특히 남해군의 사례는 인바운드(inbound)와 아웃바운드(out-bound) 전략에 따라 인바운드는 남해군의 측면에서 그리고 아웃바운드는 국제 공동연구의 차원에서 베트남 달랏에 적용하는 방안으로 설계되었다.

해당 4개의 사업들은 기후 적응(adaptation), 감축(mitigation), 융・복합(convergence) 기술사업화로 구분되며, 전문가 자문회의를 통해 지자체에 필요한 기술 수요와 공급을 매칭을 진행하였다. 충남 기후환경교육원은 환경부와 지자체 간 협업 모델로 녹색기술센터는 새로 건립되는 교육원 건물에 ICT를 적용하고 국제적 수준의 녹색기술 교육 컨텐츠를 제안하였다. 남해군 영농태양광 해외이전은 현재 남해군의 실증사업이 해외 이전이 가능한지를 검토하고 다양한 이해당사자(지자체, 주민, 조합 등) 간 융합을 통한 기술사업을 기획하였다. 여기서 마을 주민 중 베트남 등 해외 이주민을 참여시는 방안에 대해서도 검토할 수 있음을 알게 되었다. 그리고 남해군의 수요에 따라 아웃바운드 전략으로 베트남 달랏에 적용가능한 영농태양광 실증 사업에 대한 사전타당성 조사를 진행하였다. 이 조사는 베트남 현지 달랏시와 대학이 참여하며 기술과 재원은 독일 프라운호퍼 및 개발원조기관인 GIZ의 참여로 국제적 수준의 타당성 조사가 진행되었다. 끝으로 대전시 녹색산업 육성을 위한 전략 개발을 진행하며, 유엔 세계지방정부연합(UCLG) 총회에서 공동 지식공유 세미나를 통해 동 보고서 내용을 검증하고 대전만의 독창적인 사업 기획을 진행하였다. 이 네 가지 사업 기획은 지자체에 실증사업 기획보고서 결과가 공유되었으며, 충남과 대전에는 실질적인 정책으로 반영되었다.

국가 수준에서 탄소중립을 달성하기 위해서는 중앙정부 차원이 아닌 지방의 도시와 지역에

대한 장기적 투자가 필수적이며, 국가는 지역의 클러스터와 연계하는 방안과 지역 산업을 육성하는 방안을 함께 수립해야 할 것이다. 그리고 더 중요한 것은 지역의 민간 산업에서 재투자와 기술 중심의 산업화가 이어지는 상향식 그린 시너지가 발생해야 한다. 동 연구가 갖는 시사점은 그동안 중앙정부 차원에서 기후기술 혁신 정책과 실증화 연구가 진행됐고, 이는 결과적으로 지역 주도의 상향식 정책 기획이 다소 부족했다는 것을 뜻한다. 이번 연구를 계기로 지역연구원과 협업을 통해 보다 구체적이고 지속가능한 지역 중심의 기후기술 실증사업이 필요하며, 기후기술 공공외교 차원에서 지자체가 주도하는 국제 정책협력 기획과 실증 사례가 개발될 수 있기를 바란다.

[별 첨 1] 지자체 수요조사서

지자체 기후기술 실증사업화 수요조사

□ 추진 배경

○ 기후변화로 인한 이상기후현상이 심화됨에 따라 전 세계적으로 기후변화 대응 노력이 본격화

- 특히 기후적응과 온실가스 감축 정책의 실효성 확보를 위해서 실질적 이행주체인 지방자치단체의 적극적 참여가 필요

- 지자체의 기후위기를 극복하는 기후적응, 탄소중립, 그린뉴딜 관련 기술사업화 기획과 제도개선과 정책 지원이 필요

○ 이에 녹색기술센터는 지자체 기후기술 실증사업화 기획을 통해 해당 지자체의 기후위기 대응역량 강화 및 적극적인 문제해결 지원

□ 지원내용

○ 국가 및 지자체 정책에 부합하는 기후기술 실증사업 기획 지원

※ 지자체 기후기술 실증사업화 기획 관련 주제(예시)

· 지역별 온실가스 배출 및 관리에 관한 기술 혹은 실증사업

· 에너지 절약, 재생에너지 확대 보급 등 에너지 분야 실증사업

· 녹색 교통, 스마트시티, 녹색섬, 스마트팜 등 탄소감축 실증사업

· 홍수, 폭염 등 자연재해 및 기후적응에 대한 실증사업

· 지역 시민 및 업체 대상 인력양성·교육 등 실증사업

· 기타 탄소중립 기술 및 실증사업 등

○ 대상 지자체 : 광역 및 기초지자체 (지자체 산하 기관 포함)

○ 사업 총괄(시행기관) : 녹색기술센터

□ 신청자격 및 방법

○ 신청자격 : 광역 및 기초 지자체 (지자체 산하 기관 포함)

○ 신청방법 : 참여 희망 지자체는 실증사업 수요 조사서 작성·제출

□ 신청서 접수, 심사 및 선정

○ 신청서 접수

- 접수기간 : ’22. 3. 28.(월) ~ 4. 6.(수)
- 접수방법 : 이메일 혹은 공문 접수
- 접 수 처 : 녹색기술센터 정책연구부 (송재령 선임연구원)
  · 연락처 : 02-3393-3952 (makingbetterworld@gtck.re.kr)

○ 심사 및 선정

- 평가위원회가 제출된 실증사업 수요조사서 심의
- 심의 결과를 토대로 대상지자체 선정(4월 중)

※ 선정 절차 : 사업수요서 접수 → 사업수요서 심의(평가위원회) → 최종승인

□ 사업계획서 작성요령

○ 배포한 붙임2의 양식에 따라 자유롭게 작성하되, 실증사업 수요조사서에 다음 사항을 포함

- 지자체 현황
  · 위치, 면적, 인구, 산업(에너지 사용량 등), 교통, 환경여건 등
- 지자체 예산(재정자립도)

- 현재 추진 중인 기후변화 대응 기술사업 실증
- 추진을 원하는 기후변화 대응 기술사업 실증

※ 사업내용에 대해서는 필요시, 환경부에서 배포('05.11)한 지방자치단체 기후변화 대응 활성화 방안 및 해외지자체 기후행동 사례집 참조

□ 관련 문의

○ 문의사항은 녹색기술센터(Tel: 02-3393-3952)로 문의

※ 녹색기술센터 소개 (www.gtck.re.kr)

○ 녹색기술센터(GTC)는 과학기술정보통부 소관으로 한국과학기술연구원(KIST) 부설의 정부 출연 연구기관임

- 기후변화 대응과 탄소중립사회 이행을 위해 녹색기술혁신의 전략적 해법을 제시하는 국제적인 연구소로, 현재 기관 주요사업으로 지속가능한 사회 구현과 수월성에 입각한 국가 기후기술 정책 연구와 글로벌 기후기술 협력선도를 위한 전략연구를 진행하고 있음

○ GTC는 현재 지자체에서 추진 중이거나 추진을 희망하는 기후변화 대응 실증을 공동 기획 및 정책적인 지원을 통해 국제적인 사업으로 발전에 기여 예정

붙임1. 수요서 표지 1부,
2. 조사 양식 1부.

〔붙임1〕

지자체 기후기술사업화 실증에 관한 수요서

		접수번호	*접수기관 작성*
신청기관			
담당부서			
담당자		Tel	
E-mail		Fax	

첨부와 같이 동 사업을 위해 실증사업 수요 조사서를 제출합니다.

첨부 : 실증사업 수요 조사서 1부

2022년 월 일

담당자 : (인)

녹색기술센터 소장 귀하

210mm×297mm

〔붙임2〕

기관명		
사업명	OOO OOOO OOOO OOO	
사업 기간 및 비용 (완료시)	- 사업 기간: 2000.00.00.-2000.00.00. (총0.0년) - 총 사업비: 000백만원 (국비 00백만원, 지자체비 00백만원)	
사업유형	☐ 국내 실증 ☐ 해외 실증 ※ 택1	☐ 추진 중인 실증 사업 ☐ 추진 희망 실증 사업 ※ 택1
지원 분야	☐ 온실가스 배출 및 관리 실증 ☐ 에너지 분야 기술 및 실증 ☐ 녹색 교통, 스마트시티, 녹색섬, 스마트팜 등 실증 ☐ 홍수, 폭염 등 자연재해 및 기후적응에 대한 실증 ☐ 지역 시민 및 업체 대상 인력양성·교육 등 실증 ☐ 이미 완료된 사업의 해외 진출 ☐ 기타 탄소중립 기술 및 실증 (_____) ※ 택1	
지자체 현황	- 위치, 면적, 인구, 산업(에너지 사용량 등), 교통, 환경여건 등	
사업추진 배경 / 근거	-	
사업목표 및 내용	**<사업목표>** - **<사업내용>** - - -	
기대 효과	- -	
기타	-	

[별 첨 2] 수요과제 선정평가지

지자체 기후기술 실증사업화 수요과제 선정 평가지

항목	세부 평가지표	가중치	평가등급					평가점수
			S (5)	A (4)	B (3)	C (2)	D (1)	
기술사업 실증의 필요성 (30점)	정책 부합성	4	20	16	12	8	4	
	사회/경제/기술 필요성	2	10	8	6	4	2	
기술사업 실증의 시급성 (20점)	사업추진의 시의적절성	3	15	12	9	6	3	
	사업 여건의 성숙도	1	5	4	3	2	1	
기존 기술 및 사업과의 차별성 (15점)	사업목적/지원대상/기술 분야 등 차별성	2	10	8	6	4	2	
	유사사업과의 연계 및 협력방안의 타당성	1	5	4	3	2	1	
사업계획의 구체성 (15점)	사업목표의 적절성	1	5	4	3	2	1	
	사업기획의 충실성	2	10	8	6	4	2	
GTC와 연계성 (20점)	GTC 연계성	4	20	16	12	8	4	
합계			점					

종합평가의견 *(※ 보완, 개선방향 등 주요 의견을 요약하여 기재하여 주십시오.)*

–

평가위원: (인)

[별 첨 3] 지역민 인식조사 설문지

탄소중립 지역현안 및 기술수요 인식 조사 (일반인용)

본 설문은 각 지방자치단체의 기후변화 및 탄소중립 관련 기술 정책 의제를 도출하기 위한 인식조사 입니다. 이 설문은 탄소중립 기술 정책 마련 및 과학기술(혁신) 연구를 위한 참고용으로만 활용될 것입니다. 귀하께서 응답해 주시는 내용은 통계법 제 33조에 의거하여 철저하게 보장되며, 설문을 통해 얻어진 모든 정보는 통계 목적 이외의 다른 목적으로 절대 사용하지 않을 것을 약속드립니다. 바쁘시더라도 잠시만 시간을 협조해 주시면 소중한 의견 반영하겠습니다.

- 녹색기술센터 송재령 선임연구원-

SQ0. 귀하께서는 본 설문조사에 **참여에 동의**하십니까? [1개선택]
1) 예 2) 아니오 **→탈락**

SQ1. 귀하께서는 '기후변화', '탄소중립' 등 환경 분야에서 종사하십니까?
1) 예 **→탈락** 2) 아니오

[기본 질문]

SQ2. 귀하의 **성별**은 무엇입니까? [1개선택]
1) 남성 2) 여성

SQ3. 귀하의 **연령**은 어떻게 되십니까? **만 나이 : _____세 (입력 후 코딩)**
1) 만 19세 이하 2) 만 20~29세 3) 만 30~39세
4) 만 40세~49세 5) 만 50세~59세 6) 만 60세~69세
7) 만 70세 이상 **(→탈락)**

SQ4. 귀하의 **최종 학력**은 어떻게 되십니까? [1개선택]
1) 초등학교 졸업 2) 중학교 졸업 3) 고등학교 졸업
2) 대학교 졸업(전문대 포함) 4) 대학원 석사 졸업 6) 대학원 박사 졸업

SQ5. 귀하가 **현재 거주하는 지역**은 어디입니까? [1개선택]
→ 수도권 및 6대광역시 : 이외 도지역 = 1:1 임의 할당 표집
1) 서울 2) 부산 3) 대구 4) 인천 5) 광주
6) 대전 7) 울산 8) 경기 9) 강원 10) 충북
11) 충남 12) 전북 13) 전남 14) 경북 15) 경남
16) 제주 17) 세종

[PROG] 10초 고정

Part1. 다음은 지방자치단체의 탄소중립과 기후변화에 관한 노력에 관한 질문입니다. 아래의 설명을 살펴보신 후 응답해주시기 바랍니다.

- 기후변화: 자연적인 기후변동의 범위를 벗어나 더 이상 평균적인 상태로 돌아오지 않은 평균 기후계의 변화를 의미함. 기후변화는 기후의 상태변화가 기후 특성의 평균이나 변동성의 변화를 통해 확인되고 그 변화가 수십 년 이상 지속되는 것을 말하며 자연적 원인(태양에너지 변화, 지구공전궤도 변화, 화산활동, 내부변동성 등)이나 인간 활동으로 인한 대기조성(온실가스 에어로졸) 또는 토지이용의 변화 등 외부강제력 변화 때문에 발생함

- 탄소중립: 대기 중 이산화탄소 농도 증가를 막기 위해 인간 활동에 의한 배출량을 최대한 감소시키고, 흡수량은 증대하여 순 배출량이 '0'이 된 상태를 의미함. 탄소중립은 '넷-제로(Net-Zero)', '탄소 제로'라고 불리기도하며, 기후위기에 대응해 안전하고 지속가능한 사회를 만들기 위한 2050년까지의 온실가스 감축 목표이자 의지를 담은 개념임

Part1.

다음은 탄소중립 및 기후변화와 관련하여 지방자치단체의 노력 및 역할에 대해 묻는 질문입니다. 평소 귀하의 생각과 가장 일치하는 곳에 표시하여 주십시오.

A1. 지차제가 기후변화 원인물질인 온실가스 감축을 위해 충분히 노력하고 있다고 생각하십니까?

1) 전혀 그렇지 않다
2) 그렇지 않다
3) 보통이다
4) 그렇다
5) 매우 그렇다

A2. 지구 평균기온 상승을 억제하기 위해서는 상당한 양의 온실가스 배출을 감축해야 하며, 이를 위해서는 에너지 소비를 큰 폭으로 줄이거나 재생 가능한 에너지를 큰 폭으로 늘려야 합니다. 이러한 정책 수행에는 많은 예산이 소요될 수 있고, 생활의 불편을 겪을 수도 있습니다. 귀하께서는 **'지자체'가 국제사회의 이러한 노력에 동참해야 한다고 생각**하십니까?

1) 동참해야 한다 → A2-1로
2) 동참할 필요 없다 → A2-2로

A2-1. 지자체가 국제사회의 노력에 동참해야 한다고 생각하는 이유는 무엇입니까?

1) 기후변화의 심각성
2) 온실가스 감축에 대한 각 지자체의 책임
3) 국제사회 일원으로서 국제적 합의를 준수해야 함
4) 온실가스 감축을 통한 사회경제적 편의
5) 기타(구체적으로 작성)

A2-2. 지자체가 국제사회의 노력에 동참할 필요가 없다고 생각하는 이유는 무엇입니까?

1) 기후변화의 심각성에 대해 동의할 수 없어서
2) 기후변화에 대한 각 지자체의 책임이 크지 않아서
3) 다른 나라가 합의한 바를 이행한다는 것을 신뢰할 수 없어서
4) 기후변화 정책을 수용하는 데 소요되는 예산이 너무 클 것 같아서
5) 기후변화보다 더 중요하고 시급히 해결해야 할 문제들이 많아서
6) 기후변화 문제에 관심이 없어서
7) 기타(구체적으로 작성)

A3. 지자체가 에너지 관리 정책 수립을 위해 가장 우선적으로 고려해야 할 사항은 무엇이라고 생각하십니까? [SA]

1) 에너지 효율 개선(건물 단열 개선, 가전제품 등 에너지 이용기기 효율 개선)
2) 신재생 에너지 보급(태양광, 연료전지 등)
3) 시민참여를 통한 에너지 절약(에코마일리지, 교육 및 홍보)
4) 기타(구체적으로 작성)

A4. 현재 우리나라 지자체의 기후변화 관련 정책 수립 및 실행과 관련하여 가장 중요하다고 생각하시는 사항은 무엇입니까? [SA]

1) 시장 등 지방자치단체장의 관심과 리더십
2) 정부 담당 부처의 권한과 의무 확대
3) 전담 인력과 예산 확보
4) 정치/경제/사회 시스템 전반의 변화(정치권, 언론, 이해당자사, 시민의 관심과 태도)
5) 시민이나 민간 기관이 참여할 수 있는 민관협력 기구(거버넌스 조직) 활성화
6) 기타(구체적으로 작성)

Part 2.

[PROG] 5초 고정, B TO D 문항 상단 고정

Part2. 다음은 국가가 주도, 추진하고 있는 **탄소중립 기술**(**10대 핵심기술**: 에너지 전환, 산업 저탄소화, CCUS(탄소 포집 및 저장), 디지털화, 에너지효율 등 5개 부문의 10대 기술)에 대해 질문으로 구성되어 있습니다. 다음 각 영역의 질문에 대해 생각하시는 바를 솔직하게 응답하여 주시면 됩니다.

B1. 다음은 **탄소중립 기술에 관한** 귀하의 생각을 묻는 질문입니다. 귀하의 생각과 일치하는 것을 선택해 주세요. [행별 1개 선택]

☑ 프로그래머: 문항 Rotation & Step by Step 제시

		전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통 이다	그렇다	매우 그렇다
1	탄소중립 기술들은 전반적으로 탄소중립에 기여할 것 같다.	1	2	3	4	5
2	탄소중립 기술들은 관련 산업의 생산성을 높일 것 같다.	1	2	3	4	5
3	탄소중립 기술들은 관련 산업의 시장 진입을 빠르게 실현시킬 것 같다.	1	2	3	4	5
4	탄소중립 기술들은 융복합적 적용 유연성을 증진시킬 수 있을 것 같다.	1	2	3	4	5
5	탄소중립 기술들은 관련 산업의 제품 개발과 생산에 기여할 것 같다.	1	2	3	4	5
6	탄소중립 기술들은 저탄소, 녹색 산업에 유용하게 사용될 것 같다.	1	2	3	4	5

B2. 다음은 **탄소중립 기술에 관한** 귀하의 생각을 묻는 질문입니다. 귀하의 생각과 일치하는 것을 선택해 주세요. [행별 1개 선택]

☑ 프로그래머: 문항 Rotation & Step by Step 제시

		전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통 이다	그렇다	매우 그렇다
1	탄소중립 기술들은 관련 산업에서의 적용이 용이할 것 같다.	1	2	3	4	5
2	탄소중립 기술들은 관련 산업에서의 확대가 쉬울 것 같다.	1	2	3	4	5
3	탄소중립 기술들은 관련 산업에서 관리가 용이할 것 같다.	1	2	3	4	5
4	탄소중립 기술은 타분야와 융복합적 접목이 용이할 것 같다.	1	2	3	4	5
5	탄소중립 기술들은 탄소중립을 빠르게 실현시키는데 기여할 것 같다.	1	2	3	4	5

B3. 다음은 **탄소중립 기술에 관한** 귀하의 생각을 묻는 질문입니다. 귀하의 생각과 일치하는 것을 선택해 주세요. [행별 1개 선택]

☑ 프로그래머: 문항 Rotation & Step by Step 제시

		전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통이다	그렇다	매우 그렇다
1	내가 만약 탄소중립 기술 관련직에 종사한다면, 내 주변 동료들에게 탄소중립 관련 기술 사용을 독려할 것이다.	1	2	3	4	5
2	탄소중립 관련 기술의 사용은 산업계나 기업의 추천을 받을 것 같다.	1	2	3	4	5
3	탄소중립 관련 기술 적용을 추천하는 사람들은 정치, 경제, 산업 분야의 지도층일 것이다.	1	2	3	4	5
4	탄소중립 기술 사용을 독려하는 사람들은 최고 연구자일 것이다.	1	2	3	4	5
5	내가 만약 탄소중립 관련 기술을 개발 한다면, 나의 영향력도 커질 것 같다.	1	2	3	4	5
6	내가 만약 탄소중립 기술 관련직에 종사하는 사람이라면, 탄소중립 관련 기술의 융복합 연구자들이 나에게 영향을 미칠 것 같다.	1	2	3	4	5

C1. 다음은 **탄소중립 기술 관련 요인**에 대한 귀하의 생각을 묻는 질문입니다. 귀하의 생각과 일치하는 것을 선택해 주세요. **[행별 1개 선택]**

☑ 프로그래머: 문항 Rotation & Step by Step 제시

		전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통이다	그렇다	매우 그렇다
1	내가 만약 탄소중립 기술 관련직에 종사한다면, 탄소중립 기술의 기술개발을 위한 역량강화 혹은 재교육 프로그램에 적극적으로 참여할 것이다.	1	2	3	4	5
2	현재 탄소중립 관련 기술들은 도입과 추진은 확산세에 있다고 생각한다.	1	2	3	4	5
3	내가 만약 탄소중립 기술 관련직에 종사한다면, 나는 탄소중립 기술의 기술개발에 관한 국가나 조직의 비전을 공유할 것이다.	1	2	3	4	5
4	기후변화 과학기술 조직은 탄소중립과 관련된 기술의 기술개발과 융합연구를 중요시해야 한다.	1	2	3	4	5
5	내가 만약 탄소중립 기술 관련직에 종사한다면, 나는 탄소중립 기술 관련 기술개발을 위한 정기적인 회의나 세미나에 적극적으로 참여할 것이다.	1	2	3	4	5
6	탄소중립 기술 개발을 위해서는 산학연(산업계 및 학계 연구) 혹은 타분야 간 융복합 협력이 활성화 되어야 한다.	1	2	3	4	5

C2. 다음은 **탄소중립 기술 관련 요인**에 대한 귀하의 생각을 묻는 질문입니다. 귀하의 생각과 일치하는 것을 선택해 주세요. **[행별 1개 선택]**

☑ 프로그래머: 문항 Rotation & Step by Step 제시

		전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통 이다	그렇다	매우 그렇다
1	탄소중립 기술 관련 국제 공동 연구 그룹들이 증가하고 있는 것 같다.	1	2	3	4	5
2	탄소중립 관련 기술개발 투자 및 과제가 늘어나고 있는 것 같다.	1	2	3	4	5
3	탄소중립 관련 산학연 기술개발 경쟁이 확산되고 있는 것 같다.	1	2	3	4	5
4	탄소중립 기술개발은 관련 산업계로 확산되고 있는 것 같다.	1	2	3	4	5
5	관련 기술들의 현장 적용성이 확대되고 있는 것 같다.	1	2	3	4	5

C3. 다음은 **탄소중립 기술 관련** 요인에 대한 귀하의 생각을 묻는 질문입니다. 귀하의 생각과 일치하는 것을 선택해 주세요. **[행별 1개 선택].**

☑ 프로그래머: Step by Step 제시

		전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통 이다	그렇다	매우 그렇다
1	탄소중립 관련 기술들은 기존 고탄소산업 위주의 관행을 깨줄 것이다.	1	2	3	4	5
2	탄소중립 관련 기술들은 저탄소산업의 혁신을 촉진시킬 것이다.	1	2	3	4	5
3	탄소중립 관련 기술들은 저탄소 신제품과 새로운 서비스 개발을 촉진시킬 것이다.	1	2	3	4	5
4	탄소중립 관련 기술로 인해 관련 산학연은 새로운 기술들에 탄소중립 기술이 가져올 변화를 인지하고 있을 것이다.					
5	탄소중립 관련 기술로 인해 산학연은 새로운 기술로 인한 산업 변화를 수용할 것이다.	1	2	3	4	5
6	탄소중립 관련 기술로 인해 관련 산학연은 새로운 기술들에 따른 제품 생산과 생산 공정의 변화를 수용할 것이다.	1	2	3	4	5

D1. 다음은 **향후 탄소중립 기술의 기술개발과 사용**에 대한 귀하의 생각을 묻는 질문입니다. 생각하시는 바대로 응답해주세요. **[행별 1개 선택]**

☑ 프로그래머: 문항 Rotation & Step by Step 제시

		전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통 이다	그렇다	매우 그렇다
1	내가 만약 탄소중립 관련직에 종사한다면, 나는 관련 산학연에 탄소중립 융복합 공동연구를 적극 제안할 것이다.	1	2	3	4	5
2	내가 만약 탄소중립 관련직에 종사한다면, 나는 국회, 정부, 연구회, 연구재단 등에 유망 기술이 적극 개발되도록 제안할 것이다.	1	2	3	4	5
3	내가 만약 탄소중립 관련직에 종사한다면, 나는 탄소중립 기술개발에 따른 인센티브가 보장되도록 제안할 것이다.	1	2	3	4	5
4	내가 만약 탄소중립 관련직에 종사한다면, 나는 산업계에 관련 특허 이전 및 상용화를 적극 추천할 것이다.	1	2	3	4	5
5	내가 만약 탄소중립 관련직에 종사한다면, 나는 관련 연구자들에게 기술사업화를 적극 추천할 것이다.	1	2	3	4	5
6	내가 만약 탄소중립 관련직에 종사한다면, 나는 탄소중립 기술이 적용·확대되도록 제도적 보상을 제안할 것이다.	1	2	3	4	5

다음은 탄소중립에 대한 귀하의 평소 생각을 묻는 질문입니다.
귀하의 생각과 가장 일치하는 곳에 표시하여 주십시오.

E1. 탄소중립에 대해 **어느 정도 관심**이 있으십니까? [SA]

1) 거의 들어본 적이 없다.
2) 들어는 봤지만, 관심과 주목을 기울이지 않는다.
3) 관심이 많고, 관련 정보가 주어지면 지나치지 않는다.
4) 관심이 매우 많을 뿐만 아니라 의문점을 풀기 위해 고민하고, 정보를 찾아 나서기도 한다.

E2. 귀하는 다음 문장에 대해 어떻게 생각하십니까? [SA]

나는 과학기술이 기후변화 문제를 해결할 수 있다고 생각한다				
전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통이다	그렇다	매우 그렇다
1	**2**	**3**	**4**	**5**

E3. 탄소중립과 과학기술의 관계는 어떠하다고 생각하십니까? [SA]

1) 탄소중립은 과학기술의 일부이다. (과학기술이 더 큰 덩어리이다)
2) 탄소중립 때문에 과학기술이 있게 되었다. (탄소중립은 과학기술의 원인이다)
3) 과학기술은 탄소중립의 일부이다. (탄소중립이 더 큰 덩어리이다)
4) 지금의 과학기술 때문에 탄소중립이 있게 되었다. (과학기술은 탄소중립의 원인이다)
5) 탄소중립은 과학기술 그 자체이다. (과학기술은 탄소중립과 같다)
6) 탄소중립과 과학기술은 반대되는 것이다. (과학기술은 탄소중립과 상관없다)

다음은 탄소중립과 국제협력에 대한 귀하의 생각을 묻는 질문입니다.
생각하시는 바대로 응답해주세요

F1. 귀하는 다음 문장에 대해 어떻게 생각하십니까? [행별 1개 선택]

☑ 프로그래머: 문항 Rotation & Step by Step 제시

	글로벌 탄소중립을 위해,	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통 이다	그렇다	매우 그렇다
1	국제사회에서 한국의 기여가 필요하다고 생각한다.	1	2	3	4	5
2	한국의 과학기술 공공외교가 중요하다고 생각한다.	1	2	3	4	5
3	한국과 선진국의 교류와 협력이 중요하다고 생각한다.	1	2	3	4	5
4	한국의 개도국 지원 및 협력이 중요하다고 생각한다.	1	2	3	4	5
5	국제기구 혹은 국제연구소와의 협력이 중요하다고 생각한다.	1	2	3	4	5

F2. 탄소중립에서 **가장 우선시되는 협력 대상**은 누구로 생각하십니까? [SA]

1) 선진국
2) 개도국(최빈국)
3) 주변국
4) 국제기구
5) 기타( )

F3. 탄소중립 국제협력에서 가장 필요한 영역은 무엇이라고 생각하십니까? [SA]

1) 법·제도
2) 기술개발(R&D)
3) 인력 교류 및 양성
4) 산업화 및 비즈니스
5) 금융

F4. 탄소중립 국제 기술협력에서 가장 필요한 분야는 무엇이라고 생각하십니까? [SA]

☑ 프로그래머: 보기 Rotation

1) 에너지 전환 부문 (태양광/풍력, 수소, 바이오에너지 등)
2) 저탄소화 부문 (철강·시멘트, 석유화학, 산업공정 고도화 등)
3) CCUS(탄소 포집 및 저장) 부문 (수송효율 등을 포함한 CCUS)
4) 에너지효율 부문 (수송효율, 건물효율 등)
5) 디지털화 부문 (그린 ICT 등)
6) 기타( )

귀하의 의견을 자유롭게 적어주세요.

G1. '탄소중립'이라는 말을 들을 때, **가장 먼저 생각나는 것**은 무엇입니까? [Open]

G2. '탄소중립 실현'을 위한 기술혁신 부문의 선결 과제는 무엇이라 생각하십니까? [Open]

참 고 문 헌

Agarwal, R. & Prasad, J.(1999), "Are Individual Differences Germane to the Acceptance of New Information Technologies?". *Decision sciences*, 30(2), p.361~391

Aghion, P. Hemous, D. & Veugelers, R.(2009), "No Green Growth Without Innovation", *Policy Briefs,* 353, Brussels: Bruegel

Ajzen, I. & Fishbein, M.(1975), "A Bayesian Analysis of Attribution Processes", *Psychological bulletin*, 82(2), p.261

Ajzen, I. & Fishbein, M.(1980), "Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior", *Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall*

Arrow, K. J. et al.(2009), "A Statement on the Appropriate Role for Research and Development in Climate Policy", *The Economists' Voice*, 6(1), p.1~5

Baker, E. & Solak, S.(2011), "Climate Change and Optimal Energy Technology R&D Policy", *European Journal of Operational Research*, 213(2), p.442~454

BlackRock(2021), "*Larry Fink's 2021 Letter to CEOs*", 2022.9.24. 접속.

Busch, C. et al.(2021), "CHINA'S CARBON NEUTRAL OPPORTUNITY: The Growing Economic Advantages and Co-benefits of Setting Aggressive Decarbonization Goals in the 14th Five-Year Plan and Beyond", *Energy Innovation Policy & Technology LLC, Institute of Finance and Sustainablity*, p.55. 2022.8.3. 접속.

Canzler, W. et al.(2017), From "Living Lab" to Strategic Action Field: Bringing Together Energy, Mobility, and Information Technology in Germany". *Energy Research & Social Science*, 27, p.25~35

Casey, M. A. & Krueger, R. A.(1994), "Focus Group Interviewing in Measurement of food preferences", *Springer, Boston, MA.*, p.77~96

Choi, G. Y., Song, J. & Lee, E.(2020), "Policy Implementation Process of Korean Government's Public Diplomacy on Climate Change", *Asian Journal of Innovation and Policy*. 9(1), p.1~11

Council of the EU and the European Council(2022), "Fit for 55", 19.Dec.2022 last reviewed

Dane, F. C.(1990), "Research Methods", *CA(USA): Thomson Brooks/Cole Publishing Co.*

Danish Government(2020), "A Green and Sustainable World - the Danish Government's Long-term Strategy for Global Climate Action", Oct.2020,

Ministry of Foreign Affairs of Denmark, The Danish Ministry of Climate, Energy and Utilities

Davis, F. D.(1989), "Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology", *MIS Quarterly*, 13, 3, p.319~340

Davis, F. D., Bagozzi, R. P. & Warshaw, P. R.(1989), "User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models", *Management Science*, 35, p.982~1003

Dunn, W.(2018), "Public Policy Analysis: An Integrated Approach", *New York: Routledge*

Dye, T.(1992), "Understanding Public Policy", 7, *Englewood Cliffs. N.J.: Prentice-Hall*.

Elkerbout, M. et al.(2020), "The European Green Deal after Corona: Implications for EU Climate Policy", *CEPS Policy Insight,* Jun.2020, p.12

EU(2020), "Long-term Low Greenhouse Gas Emission Development Strategy of the European Union and its Member States", *Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change*

EU(2020), "The Update of the Mationally Determined Contribution of the European Union and its Member States", *Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change*

European Commission(2019), "Communication from the Commission", *The European Green Deal, Brussels*, 11.Dec.2019. COM(2019) 640 final

Fischhoff, B., Slovic, P. & Lichtenstein, S.(1979), "Weighing the Risks: Risks: Benefits which Risks are Acceptable?", *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 21(4), p.17~38

Global CCS Institute(2017). "The Global Status of CCS: 2017", *Global CCS Institute, Australia*

Goodhue, D. L.(2007), "Comment on Benbasat and Barki's 'Quo Vadis TAM' article", *Journal of the Association for Information Systems*, 8(4), p.15

Guardian(2020), "*China pledges to become carbon neutral before 2060*", The Guardian. 2022.8.16. 접속.

Guo, Y. et al.(2019), "The Influence of Narrative versus Statistical Evidence on Public Perception towards CCS in China: Survey Results from Local Residents in Shandong and Henan provinces", *International Journal of Greenhouse Gas Control,* 84, p.54~61

Hawtin, M., Hughes, G. & Percy-Smith, J.(1994), "Community Profiling: Auditing Social Needs", *Buckingham: Open University Press*

House, W.(2016), "United States Mid-century Strategy for Deep Decarbonization", *Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change*.

House, W.(2021), "Biden-Harris Administration Launches American Innovation Effort to Create Jobs and Tackle the Climate Crisis", *Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change*

Howells, J.(2005), "Innovation and Regional Economic Development: A Matter of Perspective?". *Research Policy* 34. p.1220~1234

http://www.igdp.cn/wp-content/uploads/2021/03/2020-01-01-iGDP-and-EI-report-EN-Chinas-Carbon-Neutral-Opportunity.pdf

ICLEI & Ministry of the Environment of Japan(2015), "Low-carbon and Resilient cities: Local Governments in Japan(日本の低炭素・レジリエント自治体カタログ)", *ICLEI-Local Governments for Sustainability*, Japan Office, Dec.2015, p.1~44

IPCC(2014), "Climate Change 2014 Synthesis Report", *Geneva: IPCC*

Kahneman, D.(2011), "Thinking, Fast and Slow", *Macmillan*

Karahanna, E. & Straub, D. W.(1999), "The psychological Origins of Perceived Usefulness and Ease-of-use", *Information & management*, 35(4), p.237~250

Katz, M. L. & Shapiro, C.(1994), "Systems competition and network effects", *Journal of economic perspectives*, 8(2), p.93~115

Lasswell, H. D. & Kaplan, A.(1970), "Power and Society, New Haven", *Yale University Press.*

Lederman, L. C.(1990), "Assessing Educational eEfectiveness: The Focus Group Interview as a Technique for Data Collection", *Communication education,* 39(2), p.117~127

Leiserowitz, A. et al.(2010), "Global Warming's Six Americas, 2010.6." *Yale University and George Mason University. New Haven, CT: Yale Project on Climate Change*

MacInnis, B. & Krosnick, J.A.(2020), Climate Insights 2020: Partisan Divide. Resources for the Future. Retrieved from:

https://media.rff.org/documents/Climate_Insights_2020_Partisan_Divide.pdf

Manzanedo, D. R. & Manning, P.(2020), "COVID-19: Lessons for the Climate Change Emergency", *Science of The Total Environment*, 742, 140563. p.1~4

MEE (Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China) (2019), *China's Policies and Actions for Addressing Climate Change*. Nov.2019. p.32, 2022.8.3. 접속.

Metcalfe, J.S.(1995), "Technology Systems and Technology Policy in an Evolutionary Framework", *Cambridge Journal of Economics,* 19(1), p.25~46

METI(Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan)(2021), "*Green Growth Strategy through Achieving Carbon Neutrality in 2050"* Formulated. Press release. Jun.18,2021., 2022.8.2. 접속.

Miao, T.(2018), "Knowledge Economy Challenges for Post-developmental State: Tsukuba Science City as in-between Place", *Town Planning Review*, 89(1), p.61~84

Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China(2019), "China's Policies and Actions for Addressing Climate Change", *Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change*

Ministry of Economy, Trade and Industry(METI) of Japan(2021), "Green Growth Strategy through Achieving Carbon Neutrality in 2050" Formulated, *Tokyo: METI*

Moran et al.(2018), "Carbon footprints of 13 000 cities", *Environmental Research Letters,* 13(6), IOP Publishing Ltd

Nagarajan, N. & Vanheukelen, M.(1997), "Evaluating EU Expenditure Programmes: A Guide: Ex post and intermediate evaluation", *European Commission*

National Development & Reform Commission(2015), "Enhanced Actions on Climate Change: China's Intended Nationally Determined Contributions", *Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change*

National Development & Reform Commission(2017), "Notice on Tasks for the Third Batch of National Low-carbon City Pilots. 关于开展第三批国家低碳城市试点工作的通知. 发改气候[2017]66号. Published on: 7.Jan.2017, 2022.8.25. 접속.

Nisbet, M.(2009), Communicating climate change: Why frames matter for public engagement. *Environment: Science and policy for sustainable development,* 51(2), p.12~23

Ohta, H.(2021), "Japan's Policy on Net Carbon Neutrality by 2050", *East Asian Policy,* 13(1), p.19~32

Oliveira, T. et al.(2016), "Mobile Payment: Understanding the Determinants of Customer Adoption and Intention to Recommend the Technology", *Computers in human behavior*, 61, p.404~414

Pindyck, R. S.(2013), "The Climate Policy Dilemma", *Review of Environmental Economics and Policy,* 7(2), p.219~237

Ratter, B. M., Philipp, K. H., & von Storch, H.(2012), "Between Hype and Decline:

Recent Trends in Public Perception of Climate Change", E*nvironmental Science & Policy*, 18, p.3~8.

Schutt, R.(1999), "Investigating the Social World", *Sage*

Sclove, R.(1998), "Better Approaches to Science Policy", *Science,* 279, p.1283~1283

Song, J. et al.(2020), "Strategic Communication for Establishing Collectivity for UN International Day of Clean Air for Blue Skies", *Asian Journal of Innovation and Policy,* 9(1), p.95~105

Song, J., Ko, Y. Hwang, J. & Kim C(.2021), "Exploring the Feasibility of the Living Lab Approach in Addressing Climate Change", *The International Journal of Climate Change: Impacts and Responses*, 14(1), p.15~31

Spence, A., Poortinga, W., and Pidgeon, N.(2012), "The psychological Distance of Climate Change", *Risk Analysis: An International Journal*, 32(6), p.957~972

Suzuki, I.(2021), "Tsukuba 3E Forum", The Future of SDGs and Energy Production. Interview in Tsukuba University Website. 2022.8.16. 접속.

Tanpaifang (碳排放交易)(2021), "中国低碳城市试点工作有哪些成效?", *中国碳排放交易网,* 2020-02-18 10:33. 2022.8.25. 접속.

Taylor, S. & Todd, P. A.(1995), "Understanding Information Technology Usage: A test of Competing Models", *Information systems research*, 6(2), p.144~176

The Government of Japan(2019), "The Long-term Strategy under the Paris Agreement", *Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change*

The Government of Republic of Korea(2020), "The Republic of Korea's Update of its First Nationally Determined Contribution", *Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change.*

Tosepu, R. et al.(2020), "Correlation between Weather and Covid-19 Pandemic in Jakarta, Indonesia", *Science of the total environment*, 725, p.1~4

Trope, Y. & Liberman, N.(2010), "Construal-level Theory of Psychological Distance", *Psychological review*, 117(2), p.440

Tsukuba City(2016), "Tsukuba City Basic Guideline for Globalization", *Tsukuba City Office of International Affairs*, Sep.2016, 2022.8.16. 접속.

U.S. Government(2021), "The United States' Nationally Determined Contribution Reducing Greenhouse Gases in the United States: A 2030 Emissions Target", *Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change*

UNFCCC(2020), "Climate Change, Environment Dominate New WEF Global Risks Report" Jan.17, *The World Economic Forum*

UNFCCC(2016), Decision 1/CP.21. "Adoption of the Paris Agreement", Jan.29,

FCCC/CP/2015/10/Add.1., *Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change*

United Nations Framework Convention on Climate Change(2015), INDC submission.

United States Department of State (2021), T"he Long-Term Strategy of the United States: Pathways to Net-Zero Greenhouse Gas Emissions by 2050", *the United States Executive Office of the President: Washington DC*(Nov.2021), p.14~16

Venkatesh, P., Gnanadass, R. & Padhy, N. P.(2003), "Comparison and Application of Evolutionary Programming Techniques to Combined Economic Emission Dispatch with Line Flow Constraints", *IEEE Transactions on Power systems*, 18(2), p.688~697

Venkatesh, V., & Davis, F. D.(2000), "A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies", *Management science*, 46(2), p.186~204

Venkatesh, V., Thong, J. Y. & Xu, X.(2012), "Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology", *MIS quarterly*, p.157~178

White House(2021), "Executive Order on Tackling the Climate Crisis at Home and Abroad", Retrieved from: Sep.2.2021 접속. https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2021/01/27/executive-order-on-tackling-the-climate-crisis-at-home-and-abroad/

Xu, S. & Dai, s.(2021), "CCUS As a Second-best Choice for China's Carbon Neutrality: an Institutional Analysis", *Climate Policy*, 21(7), p.927~938, DOI: 10.1080/14693062.2021.1947766

Yu, S. et al.(2020), "Five Strategies to Achieve china's 2060 Carbon Neutrality Goal, POLICY BRIEF", Sep.29.2020, *Center for Global Sustainability, University of Maryland,* p.1~3

Yusuke, M.(2021), "Tsukuba Science City: Toward Carbon Neutral Society", Korea-China-Japan Local Government Conference on Regional Innovation toward a Carbon Neutral Society, *Daejeon Institute of Science & Technology for Enterprise & People*, Daejeon

Zhuang, G.(2020), "Policy design logic of low-carbon city pilots in China", *China Population, Resource and Environment,* 30(3), 庄贵阳 (2020), "中国低碳城市试点的政策设计逻辑", 中国人口·*资源与环境*, 30(3), p.19~28

강진영(2016),「제주특별자치도 기후변화적응대책 세부시행계획」, 제주연구원: 제주특별자치도 환경정책과
건축공간연구원·광주시·광주혁신추진위(2020),「2050 탄소중립도시 달성 권고」, 보도자료(2020.7.19), 2022.12.31. 접속. http://www.aurum.re.kr/Research/PostView.aspx?mm=1&ss=1&pid=20860#.Y2R7oHblK3A
과학기술정보통신부(2021),「탄소중립 기술혁신 추진전략」, 세종 : 과학기술정보통신부
과학기술정보통신부(2021),「2050 탄소중립 실현을 위한 탄소중립 연구개발 투자전략(안)」, 보도자료(2021.3.31), 2022.10.2. 접속. https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=112&pageIndex=&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3180091&searchOpt=ALL&searchTxt=
구본학 외(2021),「기후변화에 대한 일반인, 공무원, 전문가 인식조사에 관한 연구-홍성군을 대상으로」,『한국정원디자인학회지』, 7(2), p.123~130
김갑철·명재규(2012), 「대전광역시 지역에코혁신사업」, 지식경제부, ㈜네오에코즈, 2022.12.31. 접속. https://scienceon.kisti.re.kr/commons/util/originalView.do?cn=TRKO201300030728&dbt=TRKO&rn=
김기호(2016),「제2차 대구광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획(2017~2021)」, 대구시: 대구경북연구원
김동욱(2019),「제2차 세종특별자치시 기후변화적응대책 세부시행계획」, 세종시: 공주대학교 산학협력단, p.16~17, p.226~249, p.273~275, p.285~286, p.302
김미숙·이기형(2013),「심층인터뷰와 질적인 분석으로 조명한 텔레비전 드라마 작가들의 정체성과 노동의 단면들」,『언론과 사회』, 21(3), p.5~63
김민석·안기돈(2017),「지역산업정책이 기업의 기술혁신역량에 미치는 효과 – 대전테크노파크를 중심으로」, 『한국기술혁신학회 학술대회춘계학술대회 논문집』, p.573~603
김상훈(2013),「골프의류의 구매요인과 구매만족 및 소비행동의 구조적 모형 검증」,『한국스포츠학회지』, 11(2), p.45~57
김성규(2021),「중국의 과학기술발전 동인에 관한 연구 - 지도자 인식과 인재정책을 중심으로」,『중소연구』, 45(1), p.253~285
김수덕(2022),「제3차 경기도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2022-2026)」, 경기도: 아주대 산학협력단
김주경·김영곤·강제상(2014),「정부 R&D 사업성과의 영향요인에 관한 연구 : 기후변화 대응 사업을 중심으로」,『한국정책과학학회보』, 18(4), p.229~256
김태운(2013),「광역자치단체 과학기술정책의 수요 충족성에 대한 연구 : 대구광역시의

사례를 중심으로」,『한국정책학회보』, 22(3), p.71~103
김혜정·김영욱(2020),「한국인의 기후변화에 대한 위험 인식 지형 도출: 심층 인터뷰를 통한 전문가와 일반인의 위험 인식 비교」,『한국언론정보학보』, 101, p.465~505
대전광역시(2020),「대전시 2020년 과학산업 성과와 2021년 전망 - 젊고, 창의적이고, 혁신적인 과학도시 도약 기반 구축」, 보도자료(2020.11.13.)
대전세종연구원(2022),「제3차 대전광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획 수립」, 대전시청: 기후환경정책과, p.47~51, p.73~74, p.77~78, p.81~82
대한민국정부(2020),「지속가능한 녹색사회 실현을 위한 대한민국2050 탄소중립 전략」, 세종시: 대한민국정부
대한민국정부 관계부처 합동(2020),「2050 탄소중립 추진전략」, 세종시: 대한민국정부
문난경(2018),「환경평가 지원을 위한 지역 환경현황 분석 시스템 구축 및 운영」, 한국환경연구원
문미라·하수진·박철호(2020),「녹색· 기후기술 분야의 사회문제 해결을 위한 국민과 전문가 인식조사 연구」,『한국기후변화학회지』, 11(4), p.285~296
문진영 외(2020),「유럽 그린딜 관련 국제사회의 주요 이슈 및 시사점」,『KIEP 오늘의 세계경제』, 20(08), p.1~27
문충만(2020),「대전광역시 기후변화 대응 종합계획 수립 및 이행 방안 연구」,『정책연구』 2020(28), 세종시: 대전세종연구원, p.1~96
문형순(2021),「동남지역 탄소중립 실현을 위한 기술개발 전략 수립 CCUS」, 한국생산기술연구원
미국 백악관(2021),「Biden-Harris Administration Launches American Innovation Effort to Create Jobs and Tackle the Climate Crisis」, 워싱턴: 미국 정부
박성환(2021),「미국 탄소 중립 정책 현황」,『GT인사이트』, 한국산업기술평가관리원, p.5~10
박수진(2017),「제2차 강원도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2017~2021)」, 강원도: 에너지과, 한국기후변화연구원
박시사·전형진·정철(2010),「외래관광객의 관광불편신고 내용분석」,『관광연구』, 24(6), p.353~374
박영석 외(2021),「국제사회의 탄소중립 정책 방향과 시사점」,『World Economy Today』, 21(1), p.15
박중구(2006),「과학기술진흥 현안분석 및 정책의 효율성 제고방안」, 서울시: 국가과학기술자문회의
반영운(2022), "제3차 충청북도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2022~2026)", p.300~311, p.346, p.374, p.413, p.442
배재권(2018),「국내 인터넷전문은행 이용자의 혁신저항과 혁신수용요인에 관한 연구:

혁신확산 및 혁신저항이론을 기반으로」,『e-비즈니스연구』, 19(2), p.91~104
백상용(2009),「조절변수 탐색을 위한 기술수용모형 메타분석」,『경영학연구』, 38(5), p.1353~1380
서울특별시 기후환경본부(2022.),「서울시 기후변화 대응 종합계획(2022-2026)」, 서울시: 서울연구원 p.8~12, p.18, p.21~22
성지은 외(2017),「국내 리빙랩 현황 분석과 발전 방안 연구」,『STEPI 연구보고』, 세종시: 과학기술정책연구원
성지은·정서화·한규영(2018),「사회문제 해결형 기술개발사업에서의 리빙랩 적용 사례 분석」,『STEPI 연구보고』, 세종시: 과학기술정책연구원
송영현·강수현·홍원표(2018),「산동성 및 산하 도시의 한중일 협력사업에 대한 현황 및 의향조사」, 충청남도: 충남연구원 해외출장보고서, p.10
아주대학교 산학협력단(2022),「제3차 경기도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2022-2026)」, 경기도:
양의석·김아름(2018),「영국의 에너지·기후변화 정책기조와 청정성장 전략」,『세계 에너지시장 인사이트』, p.18~4
양의석·최영선(2021),「미국 바이든 행정부 출범 : 기후변화·에너지정책 변화 영향과 우리나라 대응」,『에너지 현안 브리프(energy Issue Brief)』, 2021(3), 에너지경제연구원(KEEI), p.28
여형범(2022),「제3차 충청남도 기후변화적응대책 세부시행계획(2022~2026)」, 충청남도: 충남연구원, p.320~323, p.346, p.358~359, p.374, p.413, p.442
염성찬(2020),「녹색·기후기술 기반의 지역현안 해결형 R&D 과제 기획 연구」, 녹색기술센터
에너지경제연구원(2020),「스가 정부, 2050년까지 탄소중립 방침 표명」,『세계 에너지 시장 인사이트』, 20-20(2020.11.9.), p.1-50
오상진·성민규·김형주(2018),「기후기술 융· 복합 사업모델 평가를 위한 지표 개발」,『한국기후변화학회지』, 9(4), p.435-443
울산연구원(2021),「울산광역시 제3차 기후변화적응대책 세부시행계획 수립」, 울산시, p.42, p.44, p.51
원세연(2021),「빨라지는 유럽발 '탄소국경세'...국내 산업에 미칠 영향과 대책은」, (2021.8.5.), 대한민국 정책브리핑, 2022.11.2. 접속. https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148891271
유재현·박철(2010),「기술수용모델 (Technology Acceptance Model) 연구에 대한 종합적 고찰」,『Entrue Journal of Information Technology』, 9(2), p.31~50
윤명철(2016),「동아시아의 역사 갈등과 영토분쟁 해소를 위한 공동체모델」,『아시아연구』 19(1). p.21~45
윤미은·김두환(2002),「과학기술 환경시민참여」, 포커스그룹, 참여연대시민과학센터 엮

음: 한울
이경수(2022),「제3차 경상북도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2022~2026)」, 경상북도: 영남대학교 산학협력단, p.171~221, p.311, p.332, p.371, p.393
이상득(2009),「전라남도 시군지자체의 녹색성장 탄소중립도시 건설을 위한 전략체계 수립」, 목포대학교, 2022.12.31. 접속. http://www.jngec.or.kr/board.php?id=menu2_3&mode=view&no=118
이상문(2009),「탄소중립도시를 위한 계획기술 설계 및 적용 모델 개발」, 협성대학교
이승환(2016),「세계를 선도하는 EU의 기후정책: 단일한 목표, 책임의 분담, 통일된 행동」, 주벨기에유럽연합대사관: 브루셀
이우범(2022),「제3차 전라남도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2022~2026)」, 전라남도: 전남녹색환경지원센터, p.16~19, p.170~177
이우정(2021),「세계인의 기후위기 인식과 선호하는 기후정책 분석」,『대한민국시도지사협의회』, 2022.12.31. 접속. https://www.gaok.or.kr/gaok/bbs/B0000008/view.do?nttId=13261&menuNo=200088
이정섭(2004),「조직에서 사용자의 정보시스템 수용: 지식경영시스템의 경우」,『한국경영과학회지』, 29(4), p.11~40
인천연구원 인천기후환경연구센터(2021),「제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획('22~'26)」, 인천시: 환경기후정책과, p.24-25, p.105~110
이혜경(2020),「유럽그린딜(European Green Deal) 논의 동향과 시사점」,『외국입법 동향과 분석』, 25, 서울시: 국회입법조사처
이호기·한문성(2019),「인터넷전문은행 이용의도에 관한 실증적 연구: 통합기술수용이론(UTAUT) 을 응용하여」,『상업교육연구』, 33(1), p.59~87
일본 통합이노베이션전략추진회의(2020),「혁신적 환경 이노베이션전략」, 동경시 : 일본정부
장남정(2018),「전라북도 기후변화대응 기본계획」, 전라북도: 자연생태과, 전북연구원, p.106, p.111~116, p.163~166
장영욱·오태현(2021),「EU 탄소감축 입법안('Fit for 55') 의 주요 내용과 시사점」,『KIEP 세계경제 포커스』, 2021, p.1~12
장영욱 외(2020),「유럽 그린딜이 한국 그린뉴딜에 주는 정책 시사점」,『KIEP 오늘의 세계경제』, 20(24), p.1~19
장진규(2010),「녹색기술혁신(Eco-Innovation)의 특성·역량 분석 및 활성화 방안」, 과학기술정책연구원
정선양(2020),「독일의 과학기술체제와 기후변화정책」, 서울시: 녹색기술센터
정성철(2000),「과학기술 국제협력 정책현황과 과제」,『STEPI 연구보고』, 1-51, 세종시 :

과학기술정책연구원
정승현(2021),「2050 탄소중립도시 시범모델 구축사업 기획」, 한국건설기술연구원
정승호(2022),「제3차 경상남도 기후위기 적응대책(2022~2026)」, 기후변화행동연구소·아주대학교 산학협력단, 경상남도: 기후대기과
정윤지·하종식(2015),「일반국민 및 이해관계자의 기후변화 적응 인식 비교 연구」,『한국기후변화학회지』, 6(2), p.159~166
정환도(2007),「기후변화협약을 위한 대전시의 과제」,『Daejeon Development Forum (대전발전포럼)』, 23, p.25~37
조은설·윤완태(2021),「과학기술정책 이슈의 다양성 및 정책적 대응성에 관한 연구」,『한국공공관리학보』, 35(2), p.201~223
최경식(2022),「제3차 부산광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획서(2022~2026)」, 부산시: 부산연구원 p.386~439, p.486~489
최두선「제2차(2021~2025) 광주광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획」, 경기도: ㈜정음 p.261~264, p.278~281
최원기(2018),「파리협정 후속협상 결과분석」, 서울시: 국립외교원 외교안보연구소
최은미(2018),「일본의 대아시아 전략과 한중일 3국 관계 - 일본의 대한·대중인식 및 대아시아정책을 중심으로」,『동북아연구』, 33(2), p.47, p.301~331
한석태(2017),「정책학 개론」, 서울시: 대영 문화사
홍성주 외(2017),「신정부 과학기술정책 방향 모색」,『STEPI 연구보고』, 세종시: 과학기술정책연구원
홍형득(1997),「지방정부의 지역혁신체제구축을 위한 테크노폴리스 조성전략 - 대덕연구단지와 대전광역시를 중심으로」,『한국정책학회보』6(2). p.101~127
홍형득(2016),「과학기술정책론: 거버넌스적 이해」, 서울: 대영문화사
환경일보(2020),「한·중·일 학계, 탄소중립 정책 공유...'에너지 전환·CCS·탄소세」, 보도자료(2020.12.19.), SUGIYAMA Mutsumi Professor - Tokyo University of Science의 발언" 참조

자문위원

고승희 실장 (충남연구원)
김종훈 선임연구원 (한국생명공학연구원)
김준범 교수 (프랑스 트루아공대)
김철후 선임연구원 (한국기계연구원)
김현성 대표이사 (㈜킴벤처리스)
남도영 취재팀장/기자 (테크엠)
류대성 연구위원 (국가과학기술인력개발원)
박지영 교수 (뉴욕주립 버팔로대학)
배문식 대표이사 (㈜카본에스)
석재진 부장 (국가과학기술연구회)
손민수 수석연구원 (한국건설기술연구원)
양홍진 센터장 (한국천문연구원)
윤 성 대표이사 (㈜엔벨롭스)
이소라 연구위원 (한국환경연구원)
이형규 그룹장 (한국표준과학연구원)
임은혁 연구사 (탄소중립녹색성장위원회)
임훈철 선임연구원 (한국환경산업기술원)
조동인 이사 (뮤레파코리아)
주신영 변호사 (법률사무소 엘프스)
홍성준 책임연구원 (한국에너지기술연구원)

탄소중립 지역혁신을 위한
기후기술 실증사업 기획 연구

인 쇄 | 2022년 12월
발 행 | 2022년 12월
발행인 | 이상협
발행처 | 국가녹색기술연구소
인쇄처 | 동진문화사

※ 동 보고서의 내용에 문의 사항이 있는 경우 아래로 연락주시기 바랍니다.

국가녹색기술연구소(NIGT) 정책연구부

- 주소 서울특별시 중구 퇴계로 173 남산스퀘어 17층(우 04554)
- 전화 02-3393-3926
- 이메일 makingbetterworld@nigt.re.kr

주 의

1. 이 보고서는 국가녹색기술연구소에서 발간한 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 국가녹색기술연구소에서 수행한 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.