

1차연도 결과보고서

서울대 국가 미래전략원 탄소중립 클러스터

연구책임자

윤제용 (서울대학교 공과대학 교수)

공동연구원

구윤모 (서울대학교 기술경영경제정책전공 교수)

김현석 (서울대학교 농업생명과학대학 교수)

송준호 (서울대학교 공과대학 교수)

안진호 (서울대학교 환경대학원 교수)

조홍식 (서울대학교 법학전문대학원 교수)

서울대학교 국가미래전략원 탄소중립 클러스터 소개

서울대학교 국가 미래전략원은 국가 정책 수립을 지향하면서, 융합적 연구를 통해 한국과 세계가 직면한 주요 문제 해결에 기여하기 위해 2021년 11월에 설립된 본부 주관기관이다. 국가 미래전략원의 클러스터 중 하나인 탄소중립 클러스터는, 2023년 5월에 일곱 번째 클러스터로 출범하였다. 탄소중립 클러스터의 목표는 대한민국 탄소중립 전환의 비전과 전략을 제시하는 역할을 한다. 탄소중립 전환과정에서 공학과 인문사회과학의 상호관계를 이해하고 다학제간 접근을 통하여 탄소중립 과정의 전략을 모색하고 탄소중립 과정의 과학기술의 역할을 파악하고 제시하는 역할을 향해 나아가고 있다.

서언

요약

사업의 배경과 목표

- I. 사업 배경
- II. 사업 목표

1차연도 사업성과

- I. 현실 진단과 평가
- II. 연구 결과
 1. 연구 주제 1 : 서울대학교 기후변화 탄소중립 융합 교육 및 연구 네트워크 구축
 2. 연구 주제 2 : 탄소중립과 과학기술의 역할
 3. 연구 주제 3 : 탄소중립을 위한 열에너지 정책개선안
 4. 연구 주제 4 : 서울대가 답하는 탄소중립과 과학기술의 역할
- III. 정책 제안
 1. 대외
 - 1-1. 기술패권시대의 탄소중립기술개발 전략으로 정책제안
 - 1-2. 탄소중립을 위한 열에너지 정책제안
 2. 교내
 - 2-1. 서울대학교 기후변화 탄소중립 융합 연구 및 교육 네트워크 관련
- IV. 정책 반영 성과
 1. 대외
 - 1-1. 탄소중립을 위한 열에너지 정책개선안
 2. 교내
 - 2-1. 기후변화 탄소중립 연구 및 교육 네트워크 구축
 - 2-2. 서울대 탄소중립 국제협력 활성화에 기여
- V. 행사 및 소통
 1. 행사
 - 1-1. 서울대 카이스트 공동 혁신기술 인력양성포럼
 - 1-2. 서울대 KISTEP 탄소중립 혁신기술 포럼
 - 1-3. 서울대 탄소중립 캠퍼스전환 기획과제 설명회
 - 1-4. 탄소중립을 위한 열에너지 정책개선안 발표회
 2. 소통
 - 2-1. 탄소중립 클러스터 연구참여자 세미나

2-2. 외부 전문가 초청세미나

VI. 기타

향후 연구 계획

I. 2차연도 연구 계획

첨부 (별도 파일)

1. 논문
2. 발표문
3. 기사
4. 웹사이트
5. 포스터와 사진
6. 동영상

서언

서울대학교 탄소중립 클러스터는 기후변화로 인한 글로벌 위기에 대응하고, 지속 가능한 미래를 위한 기술 혁신과 정책 개발을 목표로 1차연도 연구를 진행해 왔다. 기후변화는 인류가 직면한 가장 심각한 도전 중 하나이며, 이를 해결하기 위해 탄소중립 실현이 필수적이다. 이에 우리 클러스터는 서울대학교 내부와 외부의 다양한 학문 분야를 아우르며, 융합 연구와 협력을 통해 혁신적인 해결책을 모색하고자 한다.

1차연도에는 서울대학교 내의 기후변화 탄소중립을 위한 교육 및 연구 네트워크 구축, 탄소중립 전환에서 과학기술의 역할, 탄소중립 기술에 대한 서울대 교수들의 의견 수렴, 탄소중립과 관련된 열에너지 정책개선안 제안 등의 연구 주제를 중심으로 활동하였다. 이를 통해 실질적인 성과를 도출하고, 국가와 학교 차원의 정책 개선에 기여하고자 노력하였다. 다양한 세미나와 정책 포럼과 소통을 통해 연구자와 내/외부 전문가들의 의견을 적극적으로 수렴하며, 탄소중립 실현을 위한 구체적인 실천 방안을 모색하고자 하였다. 이번 연차보고서를 통해 1차연도 연구 성과를 진단하고, 이를 바탕으로 2차연도 연구 계획을 제시함으로써 탄소중립 실현을 위한 지속 가능한 발전 전략을 마련하고자 한다.

요약

서울대학교 국가 미래전략원 탄소중립 클러스터의 1차연도 연구는 대한민국 탄소중립의 비전과 전략이라는 큰 목표를 염두에 두고 이를 추진하기 위한 다양한 기초연구 및 네트워크 구축 활동을 수행하였다. 탄소중립 클러스터에서 제안한 연구 주제는 1. 서울대 내 탄소중립 융합 네트워크 구축 2. 과학기술중심 탄소중립 국가전략 개발과 제안하였다.

연구를 수행하는 과정에서 위 두 개의 연구 주제는 더 세분화하여 다음과 같은 주제로 확대 개편하였다. 1. '서울대학교 기후변화 탄소중립 융합 교육 및 연구 네트워크 구축', 2. '탄소중립과 과학기술의 역할', 3. 탄소중립을 위한 열에너지 정책개선안' 그리고 4. '서울대가 답하는 탄소중립과 과학기술의 역할' 이다.

연구 주제 1에서는 서울대 기후변화 탄소중립 연구와 교육 전문가를 파악해 가는 과정에서 서울대 기후변화 탄소중립 네트워크의 필요성을 학내에 확산시키는데 부분적으로 성공적이었다. 이외에 본부와 협의를 통해 서울대 탄소중립 캠퍼스전환 정책과제(연구책임자 여명석 교수)를 실행하는데 기여하였다. 또한 정책과제 결과물에 대해 서울대 구성원들의 소통과 참여를 위해 '탄소중립 캠퍼스전환 기획과제 설명회'를 하게 되었고 서울대 탄소중립 캠퍼스전환을 장기적으로 추진할 '탄소중립 캠퍼스 추진단'까지 설립되는 성과를 거두었다. 이외에도 학부 융합 교육 혁신을 위해 2024년 3월부터 추진되는 되는 첨단 융합학부의 지속가능기술 분야에 서울대 기후변화 탄소중립 연구 및 교육 관련 현황들을 제공하여 프로그램 정착 및 발전에 일부 도움을 주고 있다.

연구 주제 2는 탄소중립 전환에서 과학기술의 역할을 제시하는 것이다. 이를 위해 대한민국 과학기술계를 대표하는 서울대와 카이스트가 협력하여 '서울대 카이스트 공동 혁신기술 인력 양성포럼'을 진행하였다. 또한 과학기술 R&D 정책을 기획하는 국가 출연기관인 KISTEP과 협력하여 '서울대 KISTEP 탄소중립 기술혁신포럼'을 진행하였다. 이런 과정에서 많은 정부 관계자 및 학교, 연구소 기업 등의 전문가들과 함께 탄소중립 전환 과정에서 과학기술의 역할을 광범위하게 논의할 기회를 가졌다. 이를 바탕으로 "기술패권시대의 대한민국 탄소중립 기술개발 전략"이라는 정책 보고서를 준비하였다. 본 보고서에서 녹색-디지털 두전환을 이끌 산업정책과 이를 추동할 새로운 과학기술 R&D 가능성을 조명하고자 하였다.

연구 주제 3는 탄소중립을 위한 열에너지 정책개선안이다. 대한민국 최종에너지 중 열에너지 비중이 50%에 차지함에도 불구하고 열에너지 정책이 체계적으로 수립되지 못하는 점에 인지와 관련 분야의 정책개선을 목적으로 연구를 수행하였다. 열에너지 분야 전문가를 섭외하여 정책 TF팀을 구성하였고 정기적인 연구 미팅을 통하여 구체적인 정책제안을 준비하였다. 국가 미래전략원이 주관하여 '탄소중립을 위한 열에너지 정책개선안 발표회'를 통하여 탄소중립을 위한 열에너지 정책개선안 보고서를 준비하였다. 이와 같은 과정에서 국가 열에너지 정책이 실제로 개선될 만한 환경을 일부 조성하는 데 기여하였다고 자평한다.

연구 주제 4는 서울대가 답하는 탄소중립과 과학기술의 역할이다. 대한민국의 산업·수송·건물 부문은 탄소 중심의 에너지 집약적인 사회적인 구조를 형성하고 있어 탄소중립 달성을 위해서는 기술 발전이 필수적이다. 서울대 기후변화 탄소중립 교육과 연구 네트워크를 구축하는 과정에서 관련 전문가들을 파악하게 되었고 이러한 인적 기반을 기반으로 서울대 전문가가 답하는 탄소중립 기술의 현황과 당면과제 등을 보고서로 준비하게 되었다. 서울대 내 탄소중립 기술 전문가들을 대상으로 기술 개발의 중요성, 현황, 당면 과제, 국제 협력에 대한 의견을 수렴하고, 부문별 기술 정책과 핵심 인력 양성을 위한 교육의 방향성을 제시하고자 하였다.

이외에도 지난 1년간 탄소중립 클러스터가 추구한 4개의 주요 연구 주제를 효과적이며 내실 있게 추진하기 위해 각 분야의 전문가들을 초청하여 미래전략원 클러스터 참여 연구참여자 세미나는 물론 외부 전문가 초청세미나 등을 통하여 활발한 소통과 연구를 추진하였다.

미래전략원 탄소중립 클러스터가 추진하는 대한민국 탄소중립 비전과 전략을 제시하는 연구는 중장기적인 목표이다. 따라서 2차연도에는 1차연도의 활동의 연장선 하에서 이를 지속적으로 추진하고자 한다. 좀 더 구체적으로 들어가면 첫째로 AI 기반 탄소중립기술 정책을 제안하고자 한다. 기후변화는 인류가 직면한 가장 큰 위기 중 하나이며, 화석연료 사용으로 인한 온실가스 배출이 지구 온난화의 주된 원인이다. 이를 해결하기 위해서는 탄소중립을 달성해야 하며, 인공지능(AI) 기술은 이를 위한 강력한 과학기술적 해결책이 될 수 있다. AI는 데이터 분석, 최적화, 자동화 등의 능력을 갖추고 있어 에너지 효율성 향상, 재생에너지 확대, 탄소 포집 및 저장 등 다양한 분야에 활용될 수 있다. 가능하다면 이번 2차 연도에는 AI 기반 탄소중립 기술 개발을 위한 구체적인 정책을 마련할 예정이다. 하반기에는 AI 기반 탄소중립 R&D 정책 보고서를 작성하고, 정책 간담회 또는 포럼을 개최하여 다양한 이해관계자의 의견을 수렴할 계획이다. 이를 바탕으로 서울대학교의 관련 교육과 연구 혁신 방안도 제안할 수 있을 것으로 기대한다. AI와 탄소중립 기술의 융합을 통해 차세대 성장 동력을 확보하고, 기후위기 극복을 위한 실질적인 해결책을 제시하고자 한다.

둘째는 글로벌 탄소중립에서의 대한민국의 전략적 선택에 관한 것이다. 한국은 OECD에 속하지만 탄소중립 전환 과정의 롤 세터는 아니다. 기후위기가 존재한다는 것에 동의하며, 글로벌 커뮤니티는 탄소중립을 추진하고 있다. 유럽, 미국, 중국이 주요 플레이어로 활약하고 있는 상황에서 대한민국의 생존과 번영을 위해서는 전략적 선택이 필요하다. 탄소중립을 추진하지 않을 경우, 한국은 국제사회에서 고립될 수 있으며, 주요 교역국들과의 무역 갈등이 발생할 수 있다. 또한, 친환경 산업 및 기술 발전에 뒤처져 장기적으로 경제적 손실을 볼 수 있다. 반면, 적극적인 탄소중립 정책을 통해 새로운 성장 동력을 확보하고 글로벌 시장에서 경쟁력을 갖추 수 있다.

그러나 탄소중립 전환에는 큰 비용과 이해관계 충돌이 예상된다. 특히, 산업 구조조정과 에너지 전환 과정에서 발생할 수 있는 사회적 갈등을 최소화하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 정부, 기업, 시민사회 등 다양한 이해관계자들의 협력이 필수적이다.

세 번째 연구 주제는 1차연도 연구에 다 마무리하지 못한 보고서들의 완성도를 높이고 정책적 임팩트를 극대화하기 위한 노력을 할 예정이다. 특히 '서울대학교 교수 탄소중립 기술에 대해서 말하다' 책자 완성이다. 1차연도 연구 주제의 탄소중립 클러스터 활동을 더욱 확장하고 심화할 계획이다. 이를 통해 지속 가능한 미래를 향한 구체적이고 실질적인 변화를 만들어 나갈 것이다. 탄소중립 실현을 위한 우리 국가 미래전략원 클러스터의 노력이 끊임없는 도전과 혁신을 통해 대한민국뿐만 아니라 전 세계의 기후위기 극복을 위한 탄소중립 전환 과정에 크게 기여하고자 한다.

사업의 배경과 목표

I 사업의 배경

기후의 이상 변동으로 인하여 폭염, 한파, 폭우, 가뭄, 태풍, 허리케인 등이 전례 없는 수준으로 발생하고 지구촌 사회는 이로 인하여 대규모 인명손실은 물론 사회 경제적 피해가 천문학적 수준에 이른다. 또한 자연생태계 파괴와 생물다양성 감소, 물과 식량 부족, 감염병의 빈번한 출현과 확산 등으로 인류 문명의 지속가능성을 크게 위협하고 있다. 이제 기후변화는 인류 앞에 놓인 가장 시급하고 복잡한 도전이자 인류가 해결해야 할 가장 중요한 거대 난제(Grand Challenge) 중 하나로 자리잡고 있다.

2015년 12월 파리기후협약 이후 전 세계 국가들이 온실가스 감축 대상국이 되며 기후위기 극복을 위한 계획을 앞다투어 발표하였다. 대한민국 정부 역시 2020년에 탄소중립 선언을 하였고 2021년 10월과 2023년 3월 두 차례에 걸쳐 상향된 2030 국가 온실가스 감축목표(이하 NDC, Nationally Determined Contribution)를 발표하였다.

이러한 탄소중립은 산업 경쟁력, 성장 잠재력, 이해충돌, 기술개발 등 사회적 이슈뿐 아니라 외교 및 세계 시장에서의 국내 기업 경쟁력과도 밀접하게 연결되는 문제로서 다각적 접근이 가능한 기관이 중심이 되어 연구되어야 할 필요성이 있다. 대학은 연구와 교육의 중심기관으로 인적 물적 자원을 확보하고 있으며, 사회 혁신에 있어 중요한 역할을 담당할 필요가 있다.

서울대학교는 이와 같은 국제적 도전과제에 대응하기 위한 연구와 실천의 중심축으로서 중요한 역할을 자임하고 있다. 한국을 대표하는 국립대학으로서의 위치는 단순히 학문적 연구의 우수성을 넘어서, 탄소중립 달성을 위한 국제적인 노력에 기여하는 책임감 있는 행동과 실천이 요구되기도 한다. 서울대학교는 이처럼 국제사회의 일원이자 한국을 대표하는 국립대학법인으로 탄소중립을 위한 국제적 및 국내적 차원의 책임성 있는 역할을 필요로 한다. 따라서 국가와 인류의 미래에 공헌하는 지식공동체라는 비전에 따라 서울대학교에서는 탄소중립과 관련한 선제적인 노력이 이뤄져야 한다.

따라서 탄소중립 클러스터는, 대한민국 탄소중립 전환의 전망과 전략을 제시하는 역할에 앞장서고자 출범했다. 탄소중립 전환 과정에서 공학과 인문사회과학의 상호관계를 이해하고 다학제간 접근을 통하여 탄소중립 과정의 전략을 모색하고 탄소중립 과정의 과학기술의 역할을 파악하고 제시하는 역할을 향해 나아가고 있다.

II 사업의 목표

서울대 국가미래전략원 탄소중립 클러스터는 2023년 5월 말에 출범한 이래 탄소중립 전환 과정에서 공학과 인문사회과학 간의 상호관계를 이해하고, 다학제간 접근을 통하여 대한민국의 탄소중립 전환에 대한 국가전략과 과학기술의 역할을 제시하는 역할을 담당하고 있다. 이외에 서울대 기후변화 및 탄소중립 전문가들의 교육과 연구를 지원하고 활성화할 목적으로 탄소중립 교육 및 연구 네트워크와 플랫폼 구축에 노력하고 있다.

현재('24) 탄소중립 클러스터는 클러스터 장으로 윤제용 교수(공과대학 화학생물공학부), 그리고 구윤모 교수(공과대학 기술경영경제정책전공), 김현석 교수(농업생명대학 산림과학부), 송준호 교수(공과대학 건설환경공학부), 안진호 교수(자연과학대학 지구환경과학부), 정수종 교수(환경대학원 환경계획학과), 조홍식 교수(법학전문대학원)가 참여하고 있다.

서울대 국가미래전략원 탄소중립 클러스터가 추구하는 사업은 2022년 7월 확립된 서울대학교 중장기발전계획과도 흐름을 같이한다는 점에서 큰 의미를 가진다. 서울대의 체질을 바꾸기 위해 함께 노력해야 할 중장기 발전보고서에서 제시한 7대 계획 중에서 국가와 인류 난제를 위한 도전적 융합 연구와 국가와 인류를 위한 사회공헌 확대, 전략적이고 질적인 국제화와 같은 핵심과제 등의 연장 선상에 놓여 있다고 볼 수 있다.

1차연도 사업성과

I 현실 진단과 평가

서울대학교 탄소중립 클러스터는 탄소중립 전환 과정에서 다학제간 접근을 통하여 탄소중립 전환의 비전과 전략을 모색하고 탄소중립 과정의 과학기술의 역할을 파악하고 제시하고자 설립되었다. 1차연도에 제안한 연구 주제는 1. 서울대 내 탄소중립 융합 네트워크 구축 2. 과학기술중심 탄소중립 국가전략 개발과 제안하였다.

연구를 수행하는 과정에서 더 세분화하여 다음과 같은 4개의 주제로 확대 개편하여 수행하였다. 1. '서울대학교 기후변화 탄소중립 융합 교육 및 연구 네트워크 구축', 2. '탄소중립과 과학기술의 역할', 3. '탄소중립을 위한 열에너지 정책개선안' 그리고 4. '서울대학교가 답하는 탄소중립과 과학기술의 역할'이다.

연구 주제 1인 '서울대학교 기후변화 탄소중립 융합 교육 및 연구 네트워크 구축'은 서울대 탄소중립 융합 네트워크 구축은 서울대학교 내외부의 다양한 학문 분야와 협력하여, 탄소중립을 위한 융합 연구 네트워크 구축의 발판을 마련하고자 했다. 이를 통해 국내외 유수의 연구기관들과의 협력 관계를 강화하고, 서울대학교의 독자적인 탄소중립 정책과 전략을 세계적 수준으로 발전시키는 것을 목표로 했다.

이를 위해 서울대 기후변화 탄소중립 전문가들의 교육과 연구 현황을 설문조사 형식으로 파악하고자 하였고 이를 어떻게 효과적으로 네트워크를 구성하는가에 초점을 맞추어 진행하였다. 서울대학교 내 기후변화 탄소중립 분야 128명 전문가 절반 이상이 탄소중립 기술개발 연구에 참여하고 있으며, 정책분석, 기후과학, 인문사회과학적 접근과 관련한 연구도 적지 않게 진행되고 있음을 알 수 있었다.

그럼에도 불구하고 학과 학부 프로그램 단위의 활발한 연구 및 교육 활동에도 불구하고, 해당 전문가 또는 학과 학부 단위로 연구와 교육이 분절화되어 상호 간의 정보 공유와 협력은 제한되어 있음을 확인할 수 있었다. 더 나아가 서울대의 분절화된 기후변화 탄소중립 교육 및 연구 환경하에서, 탄소중립 관련 전문가들이 참여하는 플랫폼 구축의 필요성에 대한 요구가 많음을 확인했다. 탄소중립 클러스터 추구한 서울대학교 기후변화 탄소중립 융합 교육 및 연구 네트워크 구축 연구가 시의적절하게 계획되었고 수행된 것이 아닌가 생각한다.

서울대 기후변화 탄소중립 연구와 교육 전문가를 파악해 가는 과정에서 서울대 기후변화 탄소중립 네트워크의 필요성을 학내에 확산시켰고 본부와의 협의를 통해 서울대 탄소중립 캠퍼스전환 정책과제(연구책임자 여명석 교수)가 실행하는 데 기여하였다. 이를 통해 정책과제 결과물에 대해 '탄소중립 캠퍼스전환 기획과제 설명회'를 갖게 되었고 이를 통해 서울대 구성원들과 소통하고 참여를 확대하였다. 더 나아가서 서울대 탄소중립 캠퍼스전환을 장기적으로 추

진할 '탄소중립 캠퍼스 추진단'까지 설립되는 성과를 거두었다. 또한 학부 융합 교육 혁신을 위해 2024년 3월부터 추진되는 되는 첨단 융합학부의 지속가능기술 분야에 서울대 기후변화 탄소중립 관련 현황들을 제공하여 서울대 내에서 관련 프로그램 발전이 정착하는데 부부적으로 도움을 주었다.

연구 주제 2인 '탄소중립과 과학기술의 역할'은 기술패권시대의 대한민국 탄소중립 기술개발 전략이라는 보고서로 작성되었다. 이 보고서에서는 녹색-디지털 두전환을 이끌 산업정책과 이를 추동할 새로운 과학기술 R&D의 가능성을 중점적으로 모색하고자 하였다. 탄소중립 전환과정에서 과학기술의 역할의 중요성을 인지하고 국가 차원의 탄소중립 전략을 개발하고 제안함으로써, 과학기술 중심의 탄소중립 국가전략 수립에 기여하고자 했다.

이를 위해 대한민국 과학기술계를 대표하는 서울대와 카이스트가 협력하여 '서울대 카이스트 공동 혁신기술 인력양성포럼'을 개최하였다. 또한 과학기술 R&D 정책을 기획하는 KISTEP과 협력하여 'KISTEP 정책포럼'도 진행하였다. 이런 과정에서 탄소중립 전환과정에서 많은 정부 관계자 및 학교, 출연연구소, 기업 등의 전문가들과 함께 과학기술의 역할을 광범위하게 논의할 기회를 가졌다. 이를 바탕으로 기술패권시대의 대한민국 탄소중립 기술개발 전략이라는 정책 보고서를 준비하게 되었다.

탄소중립은 비단 기후변화 분야만이 아니라 국내 산업과 에너지 안보, 국토 균형 발전, 일자리 창출, 나아가 인구 감소 등 한국 사회가 마주하고 있는 다양하고 큰 문제점들과 직간접적으로 연결된 주제다. 국민의 삶과 행복, 공공의 안보와도 직접적으로 연관을 가질 수 있다. 이를 성공적으로 혁신할 방안이 중요하다.

이 보고서에서는 탄소중립 기술을 다양하게 세분화해(공공기술, 성장 산업기술, 기초연구) 각각에 걸맞는 방식으로 지원하는 방안을 논의하고, 정부의 일관성과 지속성, 부처 간 협력을 도모하기 위한 방안을 다양하게 살펴보았다. 여기에는 스케일업 활성화를 통한 성공 사례 창출, 거버넌스의 설계, 부처별 분업, 국제 협력, 민간의 참여 확대와 대학의 역할 재고가 필요하다는 점을 지적하였다.

특히, 성공적인 퍼스트 무버 기술 육성하고, 이를 새로운 산업정책으로 키워나가기 위해서는 흔들림없는 중장기 전략을 수립하고 이끌 역량이 중요하다. 이러한 활동들은 탄소중립 과정의 과학기술계의 역할과 참여를 강조하고 주요 전문가들의 의견을 수렴하고 탄소중립 전환과정에서 서울대학교의 리더십을 제고하는데 크게 기여하였다고 생각된다.

연구 주제 3는 탄소중립을 위한 열에너지 정책개선안이다. 대한민국 최종에너지 중 열에너지 비중이 50%에 차지함에도 불구하고 열에너지 정책이 체계적으로 수립되지 못하는 점에 인지하고 관련 분야의 정책개선을 목적으로 연구를 수행하였다. 열에너지는 온도가 가지는 에너지를 의미하는 것으로 우리의 경제활동과 일상생활에 있어 사용하는 에너지 용도 중 상당수가 여기에 해당한다. 산업과 건물에서 공정 열과 냉난방 및 온수의 사용이 모두 열에너지 소비라고 할 수 있다. 에너지경제연구원의 2023년 연구에 따르면 국내 최종에너지 소비 중 열 소비 목적의 에너지소비 비중을 약 48%로 분석하고 있다. 특히, 열에너지의 80% 이상이 현재 화석 연료에 의존하고 있음을 고려하면 국가 에너지 및 탄소중립 정책에서 열에너지는 매우 중요하게 인식될 필요가 있다.

그동안 우리나라에서 수립해왔던 많은 에너지정책에서도 열에너지와 관련한 내용을 포함하고는 있지만 목표 설정이 부재하고 대부분 탈탄소화를 위한 방향성을 제시하는 수준에 그치고 있다. 이 때문에 신재생에너지 보급 실적과 집단에너지의 최근 상황을 보더라도 열에너지와 관련한 탄소중립 정책이 제대로 이행되지 못하고 있는 것이 현실이다. 열에너지 분야 전문가를 섭외하여 정책 TF 팀을 구성하고 '탄소중립을 위한 열에너지 정책개선안 발표회'를 통하여 열에너지 정책개선안 보고서를 준비하였다. 짧은 기간 TF 활동임에도 불구하고 탄소중립을 위한 열에너지 정책개선안이 정부 관계자는 물론 연구소와 학계 전문가들의 호응을 받게 되었고 언론에도 주목을 받게 되어 대한민국 열에너지 정책이 실제로 개선될 만한 환경을 일부 조성되고 있음에 큰 의미를 부여하고 싶다.

연구 주제 4은 서울대가 답하는 탄소중립과 과학기술의 역할이다. 본 보고서는 1차연도에는 미완성이다. 2차연도에 1차연도에 다루지 못한 탄소중립 기술 분야의 전문가를 포함하여 기존 보고서를 보다 서울대 학생들을 포함하여 더욱 많은 독자가 쉽게 접근할 수 있도록 가독성을 높이기 위해 수정과 편집을 할 예정이다.

서울대가 답하는 탄소중립과 과학기술의 역할 보고서는 서울대 기후변화 탄소중립 교육과 연구 네트워크를 구축하는 과정에서 관련 많은 전문가를 파악하게 되었고 이러한 인적 기반을 기반으로 서울대 전문가가 답하는 탄소중립 기술의 현황과 당면과제 등을 담은 보고서를 준비하게 되었다. 서울대 내 탄소중립 기술 전문가들을 대상으로 기술개발의 중요성, 현황, 당면과제, 국제 협력에 대한 의견을 수렴하고, 부문별 기술 정책과 핵심 인력양성을 위한 교육의 방향성을 제시하고자 하였다.

기후위기에 대응하여 대한민국의 탄소중립 목표를 달성하기 위해서는 기술 개발과 함께 정책에 따른 환경 조성, 산학연의 협력, 미래를 위한 핵심 인재양성이 이루어져야 한다. 본 보고서를 통해 서울대학교 전문가들의 탄소중립 기술개발 및 정책의 현황과 문제점 및 해결방안에 대한 의견을 수렴하고, 향후 교육의 방향성에 대해 제안되었다. 추후 관련 내용을 책으로 출간하여 고등학생과 같은 미래의 핵심 인재를 위한 탄소중립 기술에 관한 기초를 제공하고, 공부 방향성을 제시해주는 길잡이 역할을 제공할 예정이다.

II. 연구결과

국가 미래전략원 탄소중립 클러스터에서는 네 가지 주요 연구를 수행하였다.

탄소중립 클러스터가 처음에 제안한 연구 주제는 두 개 분야로 첫 번째 연구 주제는 '서울대학교 탄소중립 네트워크 플랫폼'으로, 서울대 내의 탄소중립을 위한 다양한 주체들이 협력할 수 있는 네트워크 플랫폼을 구축하고 운영하는 방안을 모색했다. 두 번째 연구 주제는 '탄소중립과 과학기술의 역할'로, 탄소중립을 달성하기 위한 과학기술의 중요성과 그 역할을 탐구했다.

이를 연구하는 과정에서 두 개의 연구 주제로 확대 개편하여 연구를 수행하게 되었다. 세 번째 연구 주제로 '탄소중립 열에너지 정책개선안'이라는 주제로, 탄소중립을 위한 열에너지 정책의 현황을 분석하고 개선 방안을 제시하고자 하였다. 네 번째 연구 주제는 서울대가 답하는 탄소중립과 과학기술의 역할로 서울대 전문가들이 다양한 탄소중립 기술에 대해 심도 있는 논의를 펼쳤다. 네 번째 주제는 미완성으로 2차연도에 1차연도에 다루지 못한 탄소중립 기술 분야의 전문가를 포함한 보고서를 서울대 구성원은 물론 더 많은 독자가 쉽게 접근할 수 있도록 수정과 편집을 할 예정이다.

1. 연구 주제 1 : 서울대학교 기후변화 탄소중립 융합 교육 및 연구 네트워크 구축

탄소중립을 달성하기 위한 연구와 실천은 단일 학문 분야에서 접근할 수 있는 문제가 아니며, 자연과학, 공학, 인문사회과학 등 다양한 학문 분야의 융합적이고 종합적인 연구가 필수적이다. 이에 따라 탄소중립 달성을 위한 추진 과정에는 기후변화에 대한 과학적인 이해와 해결책, 추진 체계 등 자연과학, 공학, 인문사회과학 등을 망라하는 다학제적이고 융복합적 연구가 필요하다. 그럼에도 불구하고 교내 다양한 조직 단위에서 진행되는 탄소중립과 관련된 교육, 연구 및 정책 활동은 학과/학부 아니면 단과대학 차원의 제한적인 공간에서 진행되는 경우 많아 대학 차원의 종합적이고 포괄적인 접근은 부족한 상황이다. 따라서 세계적 수준의 연구중심대학이자 종합대학을 추구하는 서울대학교는 기후변화 탄소중립 교육 및 연구 네트워크 구축이 크게 필요한 시점이다.

본 연구는 서울대 국가미래전략원 탄소중립 클러스터에서 기후변화 탄소중립 융합 교육 및 연구 네트워크 구축을 위한 기본 정보를 확보하기 위해서 수행되었다. 본 연구는 크게 세 가지 방향으로 진행되었다. 첫째로 서울대학교 전체 전문가를 대상으로 설문조사하는 방법을 활용했다. 둘째로는 서울대학교 학내 기후변화 탄소중립 관련 조직 조사를 하였고, 셋째로는 해외 유수 대학 탄소중립 다학제 연구 기관 사례를 검토하는 방법을 활용했다. 서울대 기후변화 탄소중립 전문가를 조사하기 위해서 서울대 전체 구성원을 대상으로 2023년 12월 2일부터 2024년 1월 22일(54일)까지 설문조사 형식으로 진행되었으며 총 128인의 전문가가 설문조사에 응하였다.

설문 조사로부터 도출한 주요 결과로는 첫째, 서울대학교 내 기후변화 탄소중립 분야 128명 전문가 절반 이상이 탄소중립 기술개발 연구에 참여하고 있으며, 정책분석, 기후과학, 인문사회과학적 접근과 관련한 연구도 적지 않게 진행되고 있음을 알 수 있었다. 단과대학별로는 공과대학이 61명으로 가장 많고 농업생명과학대학(16명)과 자연과학대학(15명), 환경대학원(8명)이 뒤를 이었다. 기후변화 대응 탄소중립에 관한 교육과 연구가 기술적, 과학적 해결방안을 모색하는 분야에 대해 중점적으로 이루어지고 있고, 이에 관한 관심과 참여가 활발하다는 점을 알 수 있었다. 연구 주제는 중복선택을 포함하여 기술개발이 53%로 가장 많고, 정책분석(38%), 기후과학(26%), 인문사회학적 접근(23%) 순이었다.

둘째로 공과대학부터 인문대학까지 다양한 학부/학과에서 기후변화 탄소중립 관련 교과가 운영되고 있음을 확인했다. 설문에 응한 전문가 128인 중, 기후변화 탄소중립 관련된 교과를 가르친다고 응답한 전문가는 총 83인이었고 1과목 이상 관련된 교과목을 담당하는 전문가를 포함하여 기후변화 탄소중립 관련 교과의 수는 총 96개였다.

셋째, 학과 학부 프로그램 단위의 활발한 연구 및 교육 활동에도 불구하고, 해당 전문가 또는 학과 학부 단위로 연구와 교육이 분절화되어 상호 간의 정보 공유와 협력은 제한되어 있음을 확인할 수 있었다.

넷째, 서울대의 분절화된 기후변화 탄소중립 교육 및 연구 구조하에서, 탄소중립 관련 전문가들이 참여하는 플랫폼 구축의 필요성에 대한 요구가 많음을 확인했다.

본 연구를 바탕으로 서울대학교 기후변화 탄소중립 교육 및 연구 네트워크 활성화를 위해 다음과 같은 제안을 하고자 한다.

첫째, 이번 조사를 통해 파악된 서울대 기후변화 탄소중립 전문가들의 교육 및 연구 정보는 학내 기후위기 탄소중립 분야에 전문가들은 물론 관심 있는 학부생과 대학원생들에게 적극적으로 제공하여 기후변화 탄소중립 관련 교육과 협동 연구의 기회를 높이고 확대하는데 활용되는 것이 필요하다.

둘째 단순 정보 공유와 소통을 넘어서 지식과 경험을 공유하고 새로운 협력 기회를 모색할 수 있는 탄소중립 다학제 연구 네트워크 또는 플랫폼을 구성할 필요가 있다. 기후변화 탄소중립 다학제 연구 네트워크는 탄소중립 연구 및 교육과 관련된 다양한 분야의 전문가들을 연결함으로써, 지식과 경험을 공유하고 활성화하는 계기가 될 것으로 기대한다.

셋째로 더 나아가서 기후변화 탄소중립 연구 플랫폼은 가상대학의 플랫폼으로의 확장을 적극적으로 검토할 필요가 있다. 가상대학을 통해 제공되는 온라인 교육 프로그램과 협업 플랫폼은 시간과 공간 제약 없이 연구자들이 수시로 소통하고, 공동연구 프로젝트를 기획하며, 최신 연구 동향과 아이디어를 공유할 수 있도록 할 것이다. 이는 더 나아가서 기후변화 탄소중립에 대한 교육 및 연구 범위를 학교 벽을 넘어 확장하는 데 서울대가 중요한 역할을 할 수 있을 뿐만 아니라 서울대가 지향하는 지속 가능한 미래를 향한 리더십을 발휘하고, 인류 공동의 난제 해결에 있어 중추적인 역할을 할 수 있을 것으로 기대한다.

넷째 이번 조사를 통해 파악된 서울대 전문가들의 잠재적 역량은 국가미래전략원 탄소중립 클러스터가 추구하는 대한민국 탄소중립 비전과 전략 제시에 활용될 필요성이 있다.

2. 연구 주제 2 : 탄소중립과 과학기술의 역할

탄소중립과 과학기술의 역할이라는 주제는 기술패권시대의 대한민국 기술개발 전략이라는 보고서 준비하게 되었다. 이 보고서에서는 녹색-디지털 두전환을 이끌 산업정책과 이를 추동할 새로운 과학기술 R&D의 가능성을 중점적으로 모색하고자 하였다. 탄소중립은 전 세계가 공통으로 처음 겪는 전 지구적 문제인 기후변화를 극복하려는 방안으로, 과학과 기술의 도움이 적극적으로 필요한 분야라는 특징이 있다. 이런 특징은 탄소중립 실현을 어려운 과업으로 만들기도 한다. 하지만, 탄소중립 기술 가운데 상당수는 세계 시장을 창출하고 국가의 성장 동력으로까지 이어질 수 있는 잠재적 산업기술이다. 탄소중립 기술개발을 위한 시도와 투자는 국제사회에서 한국이 강점을 가질 역설적 기회를 제공할 수 있다. 바뀌고 있는 세계정세 속 기술패권주의와 보호주의(신냉전주의) 시대에 반드시 달성해야 할 과제이기도 하다. 이런 기회를 잡을 수 있도록 탄소중립 정책을 설계하고 지속해 기술의 성공 사례를 최대한 확보하기 위해 노력할 필요가 있다. 탄소중립 과학기술 정책의 주요 목표를 기후변화 해결에만 두지 않고 산업의 활성화로도 확대해야 할 이유다.

이 보고서는 급변하는 시대적 상황에서 탄소중립을 연구하는 과학기술계가 어떤 전략을 세워야 할지를 짚는다. 학계와 산업계, 정부와 국제 협력 전문가의 시선에서 시급히 결정하고 시행해야 할 탄소중립 과학기술 분야와 정책을 추리고, 한정된 시간과 자원을 최대한 활용해 기후와 산업의 지속가능한 발전 방향을 가늠한다.

2022년 말 기준, 세계 133개국이 탄소중립을 선언했다. 이들은 전 세계 국내총생산(GDP)의 91%, 온실가스 배출량의 83%를 차지한다. 유럽연합(EU)은 배출이 정점을 기록했던 1990년 대비 55%를 감축하는 목표를 세웠다. 정점인 1991년 대비 68%를 감축하겠다는 계획이다. 미국은 2007년 대비 51% 감축, 일본은 2013년 대비 46% 감축이 목표다. 주요국은 이 같은 감축을 성공적으로 이행하고 탄소중립을 달성하기 위해 자국의 실정을 고려한 정책과 지원책을 마련 중이다. 특히 미국은 인플레이션 감축법(IRA), 유럽연합은 탄소국경조정제도(CBAM)과 탄소중립산업법을 시행 중이며 이들 제도는 한국의 산업에도 직접적인 영향을 미칠 예정이다. 한국은 탄소중립녹색성장기본법 하 여러 전략과 과제, 핵심기술을 선정해 추진 중이다.

한국 탄소중립 기술의 개발 과정에서는 여러 가지 약점이 드러나고 있다. 산업적으로도 성공한 새로운 탄소중립 기술개발 사례가 적다는 점은 가장 뼈 아픈 지점이다. 전기차 배터리같이 국제사회에서도 통하는 글로벌 성공 사례가 이 분야에서 충분하지 않고, 탄소중립 달성을 위해서는 물론, 산업적 성공 기회를 확보하기 위해서도 만족스러운 결과를 낳지 못하고 있다.

여기에는 선택과 집중을 고려하지 않은 나열식 연구 주제, 스케일업을 위한 정책의 부재 등이 중장기 난제인 탄소중립 기술 개발과 적용의 가장 큰 문제점으로 꼽힌다. 일관성과 지속성이 부족하다는 약점도 한국의 탄소중립 기술개발을 가로막고 있다. 퍼스트 무버로 새롭게 개척해야 할 분야다. 긴 안목에서 지속성과 일관성으로 연구개발에 임해야 하지만, 정부 교체에

따른 잦은 정책 변화, 전략의 부재, 연구비의 불안정성, 그에 따른 민간의 연구개발 참여 감소, 부처 간 경쟁과 독주 등 문제점을 노출하고 있다. 여기에 세계는 녹색 전환과 디지털 전환이라는 거대한 두 전환의 시대에 돌입했다.

또, 국제적 보호주의의 득세와 기술 패권주의의 등장은 한국을 안팎에서 조여오고 있다. 세계는 새로운 정부의 산업정책을 통해 자국이 새 시대에 적합한 경쟁력을 갖도록 지원하는 한편, 수십 년간 지속할 긴 안목의 전략을 세우느라 분주하다. 한국은 이런 상황에서 단순히 탄소중립에 수동적으로 적응하는 게 아니라, 적극적으로 시장을 선도할 방안을 찾을 필요가 있다.

두 전환 시대에 탄소중립 달성과 기후변화 극복이라는 커다란 과제를 해결하고, 동시에 국내 산업의 새로운 전환기를 맞이해야 한다. 탄소중립은 비단 기후변화 분야만이 아니라 국내 산업과 에너지 안보, 국토 균형 발전, 일자리 창출, 나아가 인구 감소 등 한국 사회가 마주하고 있는 다양하고 큰 문제점들과 직간접적으로 연결된 주제다. 국민의 삶과 행복, 공공의 안보와도 직접적으로 연관을 가질 수 있다. 이를 성공적으로 혁신할 방안이 중요하다.

이 보고서에서는 탄소중립 기술을 다양하게 세분화해(공공기술, 성장 산업기술, 기초연구) 각각에 걸맞는 방식으로 지원하는 방안을 논의하고, 정부의 일관성과 지속성, 부처 간 협력을 도모하려는 방안을 다양하게 살펴보았다. 여기에는 스케일업 활성화를 통한 성공 사례 창출, 거버넌스의 설계, 부처별 분업, 국제 협력, 민간의 참여 확대와 대학의 역할 재고가 포함된다. 특히, 성공적인 퍼스트 무버 기술 육성하고, 이를 새로운 산업정책으로 키워나가기 위해서는 흔들림없는 중장기 전략을 수립하고 이끌 역량이 중요하다. 과거 냉전 시대에는 국가(정부)가 그 역할을 주도했고, 글로벌 기업이 기술과 시장 장악력을 바탕으로 이 역할을 일부 구현한 시대도 있다.

하지만 디지털 전환과 녹색 전환이 동시에 일어나는 새로운 시대에, 일관성을 갖기 어려운 정부나 기업만으로는 중장기 전략과 지속성을 담보하기 어렵다. 다양한 역량을 보유하고 적절한 독립성을 확보하고 있어 싱크탱크 역할을 수행할 수 있으며, 인력을 동시에 양성하며 미래를 설계할 수 있는 대학을 이 역할을 수행할 잠재적 역량을 지닌 기관으로 고려할 필요도 있다는 사실도 새롭게 제기한다.

세계화 시대가 끝을 향해 가고 새로운 보호주의와 기술 패권주의 시대가 다가오고 있다. 산업 다방면에서 도전이 끊이지 않고 있고 앞으로 도전은 더욱 많아질 것이다. 하지만 그 중심에는 기후위기 극복과 에너지 안보 확보를 위한 탄소중립을 주요 축으로 하는 녹색 전환과, 반도체와 인공지능(AI), 양자 기술을 중심으로 한 디지털 전환이 자리하고 있다. 두 전환의 성공적 기틀을 마련하는 데 보고서가 활용되길 기대한다.

3. 연구 주제 3 : 탄소중립을 위한 열에너지 정책개선안

열에너지는 온도가 가지는 에너지를 의미하는 것으로 우리의 경제활동과 일상생활에 있어 사용하는 에너지 용도 중 상당수가 여기에 해당한다. 산업과 건물에서 공정 열과 냉난방 및 온수의 사용이 모두 열에너지 소비라고 할 수 있다. 에너지경제연구원의 2023년 연구에 따르면

국내 최종에너지 소비 중 열 소비 목적의 에너지소비 비중을 약 48%로 분석하고 있다. 특히, 열에너지의 80% 이상이 현재 화석연료에 의존하고 있음을 고려하면 국가 에너지 및 탄소중립 정책에서 열에너지는 매우 중요하게 인식될 필요가 있다.

그동안 우리나라에서 수립해왔던 많은 에너지정책에서도 열에너지와 관련한 내용을 포함하고는 있지만 목표 설정이 부재하고 대부분 탈탄소화를 위한 방향성을 제시하는 수준에 그치고 있다. 이 때문에 신재생에너지 보급 실적과 집단에너지의 최근 상황을 보더라도 열에너지와 관련한 탄소중립 정책이 제대로 이행되지 못하고 있는 것이 현실이다.

그렇다면 해외에서는 열에너지 정책에 대해 어떠한 시각을 가지고 있으며 어떻게 수립하고 있는지를 살펴볼 필요가 있을 것이다. 세계 재생에너지기구(IRENA)에서도 열에너지를 전 세계 최종에너지에서 49%를 차지하고 있어 시급한 탈탄소화가 필요한 영역으로 보고 있다. 이와 같은 인식을 가지고 있는 EU에서는 2015년 파리기후협약의 후속 조치로 2016년 에너지안보패키지(Energy Security Package)를 수립하면서 열 전략(Heating and Cooling Strategy)을 중요한 구성요소로 포함하였으며 이를 통해 EU 차원에서 회원국들에게 요구하는 열에너지의 탈탄소화 방향성을 명확히 하였다. 그리고 이를 에너지효율지침(EED), 건물에너지성능지침(EPBD), 재생에너지지침(RED)의 개정에 반영하여 열에너지의 더욱 구체적인 탈탄소화 목표를 설정함과 동시에 실효성 있는 이행 방안을 제시하였다. 특히, EU 열 전략에서는 회원국들에게 국가에너지기후계획(NECP) 수립 시 열 부문을 포함하도록 하였다. 이에 따라 회원국들과 최근 EU를 탈퇴한 영국에서도 열에너지의 탈탄소화 정책을 중요한 비중으로 다루고 있을 뿐 아니라 탈탄소화를 위한 지원 정책도 적극적으로 마련하고 있다.

이러한 열에너지 부문에 대한 정책적 노력은 비단 유럽에서만 아니라 최근에는 미국에서도 발견할 수 있다. 미국에서는 2022년 인플레이션감축법(IRA)을 통해 기후변화 대응 및 친환경 에너지 보급에 대한 기조가 강화되었다. 그 과정에서 열에너지 탈탄소화를 위한 수단으로써 히트펌프 보급을 핵심과제로 설정하고 많은 주들이 2030년까지 히트펌프 2천만 대 보급을 위한 협약에 자발적으로 참여하고 있다. 또한 산업 공정 열 생산과정에서 배출되는 온실가스를 2035년까지 85% 감축한다는 목표를 설정하기도 하였다. 따라서 열에너지 탈탄소화에 대한 관심은 세계적인 추세로 자리를 잡아가고 평가할 수 있을 것이다.

그렇다면 우리는 열에너지 정책을 어떤 과정을 통해 제대로 수립할지에 대해 심도 있는 고민이 필요할 것이다. 먼저 열에너지를 소비하는 부문별 용도별로 수요를 구분하여 파악하고 어떠한 대안 기술이 가능할지를 명확히 규명해야 한다. 이러한 기술들의 비용과 성능이 현재와 미래 관점에서 분석되는 것도 중요하다. 그리고 열에너지 탈탄소화 수단으로 해외에서 주목하고 있는 미활용 열에 대해서도 국내 잠재량을 파악하는 것이 필요하다. 이러한 정보들은 합리적이고 효과적인 열에너지 정책을 수립하기 위해 필요한 기반으로 열에너지 정보통계 체계를 구축을 통해 실현할 수 있을 것이다. 이를 보다 구체화하면 열에너지 정보통계를 전제로 열에너지의 탄소중립 목표와 방향성을 설정하는 열에너지 탄소중립 기본계획이 수립되어야 한다. 그리고 기본계획을 일정에 따라 구체적으로 이행하기 위한 열에너지 탄소중립 로드맵도 수립하는 한편, 이를 실현하기 위한 지원 제도도 도입되어야 할 것이다.

4. 연구 주제 4 : 서울대가 답하는 탄소중립과 과학기술의 역할

대한민국의 산업·수송·건물 부문은 탄소 중심의 에너지 집약적인 사회적인 구조를 형성하고 있어 탄소중립 달성을 위해서는 기술 발전이 필수적이다. 현재 탄소중립 녹색성장 기술혁신 전략(‘22)과 탄소중립 기술혁신 로드맵(‘23)을 통해 한국형 탄소중립 100대 핵심기술을 발표하여 혁신적인 기술개발을 위한 토대가 마련된 상황이다. 기술개발의 활성화를 위해서는 산학연의 지속적인 연구 협력이 중요하다. 하지만 산연과는 달리 학계 전문가들의 탄소중립 관련 기술에 대한 종합적인 견해를 확인할 수 있는 창구는 한정적이다. 따라서 본 보고서를 통해 서울대학교 내 전문가들을 대상으로 기술개발의 중요성, 현황, 당면과제, 국제 협력에 대한 의견을 수렴하고, 부문별 기술 정책과 핵심 인력양성을 위한 교육의 방향성을 제시하고자 하였다.

본 보고서는 총 10분의 서울대학교 탄소중립 전문가를 대상으로 대면 인터뷰를 진행하여 작성되었다. 철강, 수소, 전력 산업 및 건물 등 다양한 분야의 탄소중립 기술을 연구하고 계신 교수님들의 의견을 종합하였다. 산업 부문에서는 이경우 교수님의 경우 철강생산, 성영은 교수님과 강상규 교수님은 수소생산 및 수소응용시스템에 관한 전반적인 산업기술 개요와 국내외 현황을 설명하였다. 특히 산업 부문의 기술개발은 실제 산업에 즉각적인 적용이 가능해야 되기 때문에 산학연 간의 협력 중요성이 강조되었다. 건물 부문에서는 김민수 교수님의 경우 히트펌프 기술 개요와 환경적 효과를, 여명석 교수님의 경우 건물시스템의 탄소중립을 위한 히트펌프, 복사 냉방 등 다양한 기술 소개와 현황을 설명하였다. 또한, 정훈영 교수님의 경우 CCS에 관한 기술 개요와 저장소 확보 현황, 향후 기술개발 방향성을, 최장욱 교수님의 경우 연료전지에 관한 기술개발 국내외 현황 및 문제점을 확인하였다. 이외에도 정수종 교수님의 경우 환경 부문에서의 기술테크 산업 현황을, 윤용태 교수님의 경우 전력 산업에서의 전력시스템에 대한 전반적인 기술 개요를, 남기태 교수님의 경우 부문별 정책 현황 및 개선 방안에 대해 논의하였다. 인터뷰 결과, 모든 부문의 전문가들 공통적인 견해는 정부의 정책 일관성, 핵심적인 기술에 대한 집중 투자, 산학연의 긴밀한 협력 관계 형성이 중요하다는 것이었다. 또한, 무엇보다 각 분야의 탄소중립 핵심 인재양성을 위한 학문 융합적 교육과 탄소중립 기술로의 전환을 위한 재교육이 필요하다는 것을 제안하였다.

표1. 탄소중립 전문가 인터뷰 대상 정보

전문 분야	세부 전문 분야	대상
철강산업	철강생산	이경우 교수 (서울대 재료공학부)
수소산업	수소생산	성영은 교수 (서울대 화학생물공학부)
	수소응용시스템	강상규 교수 (서울대 조선해양공학과)
건물	히트펌프	김민수 교수 (서울대 기계공학부)
	건물시스템	여명석 교수 (서울대 건축학과)
CCUS	CCS	정훈영 교수 (서울대 에너지자원공학과)
배터리	연료전지	최장욱 교수 (서울대 화학생물공학부)
환경	기후테크	정수종 교수 (서울대 환경대학원)

전력 산업	전력시스템	윤용태 교수 (서울대 전기정보공학부)
정책	R&D정책	남기태 교수 (서울대 재료공학부)

기후위기에 대응하여 대한민국의 탄소중립 목표를 달성하기 위해서는 기술 개발과 함께 정책에 따른 환경 조성, 산학연의 협력, 미래를 위한 핵심 인재양성이 이루어져야 한다. 본 보고서를 통해 서울대학교 전문가들의 탄소중립 기술개발 및 정책의 현황과 문제점 및 해결방안에 대한 의견을 수렴하고, 향후 교육의 방향성에 대해 제안되었다. 추후 관련 내용을 책으로 출간하여 고등학생과 같은 미래의 핵심 인재를 위한 탄소중립 기술에 관한 기초를 제공하고, 공부 방향성을 제시해주는 길잡이 역할을 제공할 예정이다.

III. 정책제안

정책제안은 대외와 교내로 나누어 정리되었다. 대외적으로는 두 가지 주요 정책제안이 있다. 첫 번째는 '탄소중립과 과학기술의 역할'에 관한 것으로, 기술패권 시대의 탄소중립 기술개발 전략 보고서에서 정책제안을 하였다. 녹색-디지털 두전환을 이끌 산업정책과 이를 추동할 새로운 과학기술 R&D 가능성을 살펴보았다. 두 번째는 탄소중립을 위한 열에너지 정책의 개선 방안을 포함하고 있다. 관련된 정책발표회와 보고서를 통해서 정책제안을 하였다. 교내 정책제안으로는 서울대학교 탄소중립 네트워크 구축과 관련된 사항을 포함한다. 서울대학교 기후변화 탄소중립 교육 및 연구 전문가 네트워크 구축을 위하여 관련 정보를 수집 공개하고 협동 연구를 활성화하는 **할 것을 보고서를 통해서 제안하였다. 기본적인 네트워크 구축을 넘어 제안한 네트워크 형식으로** 가상대학을 통해 제공되는 온라인 교육 프로그램과 협업 플랫폼은 시간과 공간의 제약 없이 연구자들이 소통하고, 공동연구 프로젝트를 기획하며, 최신 연구 동향과 아이디어를 공유할 수 있을 것으로 기대된다.

1. 대외

1-1. 기술패권 시대의 탄소중립기술개발 전략으로 정책제안

탄소중립은 전 세계가 공통으로 처음 겪는 전 지구적 문제인 기후변화를 극복하려는 방안으로, 과학과 기술의 도움이 적극적으로 필요한 분야라는 특징이 있다. 이런 특징은 탄소중립 실현을 어려운 과업으로 만들기도 한다. 하지만, 탄소중립 기술 가운데 상당수는 세계 시장을 창출하고 국가의 성장 동력으로까지 이어질 수 있는 잠재적 산업기술이다.

두 전환 시대에 탄소중립 달성과 기후변화 극복이라는 커다란 과제를 해결하고, 동시에 국내 산업의 새로운 전환기를 맞이해야 한다. 탄소중립은 비단 기후변화 분야만이 아니라 국내 산업과 에너지 안보, 국토 균형 발전, 일자리 창출, 나아가 인구 감소 등 한국 사회가 마주하고 있는 다양하고 큰 문제점들과 직간접적으로 연결된 주제다. 국민의 삶과 행복, 공공의 안보와도 직접적으로 연관을 가질 수 있다. 이를 성공적으로 혁신할 방안이 중요하다. 여기에는 스케일업 활성화를 통한 성공 사례 창출, 거버넌스의 설계, 부처별 분업, 국제 협력, 민간의 참여 확대와 대학의 역할 재고가 포함된다. 특히, 성공적인 퍼스트 무버 기술 육성하고, 이를 새로운 산업정책으로 키워나가기 위해서는 흔들림없는 중장기 전략을 수립하고 이끌 역량이 중요하다 (표 참조).

세계화 시대가 끝을 향해 가고 새로운 보호주의와 기술 패권주의 시대가 다가오고 있다. 산업 다방면에서 도전이 끊이지 않고 있고 앞으로 도전은 더욱 많아질 것이다. 하지만 그 중심에는 기후위기 극복과 에너지 안보 확보를 위한 탄소중립을 주요 축으로 하는 녹색 전환과, 반도체와 인공지능(AI), 양자 기술을 중심으로 한 디지털 전환이 자리하고 있다. 두 전환의 성

공적 기틀을 마련하는 데 보고서가 활용되길 기대한다.

문제		제언
성공 사례의 부재: 성공률 낮은 기술 현실화	→	스케일업과 집중화를 통한 기술 현실화 성공 사례 창출
일관성과 지속성이 부족한 과기 R&D 정책 리스크	→	일관성과 지속성을 회복하는 탄소중립 거버넌스 구축
신냉전: 기술패권 시대의 도래	→	국제 협력 통한 차별화된 민관 선도기술 육성
부족한 리더십		종합적 리더십: 민간 참여 확대와 대학 역할 재고

1-2. 탄소중립을 위한 열에너지 정책제안

탄소중립을 위한 열에너지 정책제안은 정책제안 워크숍이나 열에너지 정책 보고서를 통해 이루어졌다. 보고서의 제시한 탄소중립을 위한 열에너지 주요 정책은 다음과 같은 과정을 수립될 수 있다.

먼저 열에너지를 소비하는 부문별 용도별로 수요를 구분하여 파악하고 어떠한 대안 기술이 가능할지를 명확히 규명해야 한다. 이러한 기술들의 비용과 성능이 현재와 미래 관점에서 분석되는 것도 중요하다. 그리고 열에너지 탈탄소화 수단으로 해외에서 주목하고 있는 미활용 열에 대해서도 국내 잠재량을 파악하는 것이 필요하다. 이와 함께 열 부문 탄소중립을 위한 중요한 열원으로써 미활용 열의 지역별 통계도 열에너지 통계체계를 통해 구축되어야 한다.

이러한 정보들은 합리적이고 효과적인 열에너지 정책을 수립하기 위해 필요한 기반으로 열에너지 정보통계 체계를 구축을 통해 실현할 수 있을 것이다. 그러나 국내 에너지 통계 중 열에너지 관련 통계체계가 부재하여 효율적이고 효과적인 열에너지 정책 수립에 한계가 있는 상황이다. 이를 보다 구체화하면 열에너지 정보통계를 전제로 열에너지의 탄소중립 목표와 방향성을 설정하는 열에너지 탄소중립 기본계획이 수립되어야 한다.

열에너지 탈탄소화 수단들을 수요 목적에 적절하고 체계적이며 효율적으로 보급하기 위해서는 국가 탄소중립 정책에 열에너지 부문을 매우 중요한 비중으로 반영하는 것이 필요하다. 이에 대한 사회적 합의가 가능해지면 열에너지에 대해서도 탄소중립 기본계획을 수립할 필요성이 있으며 이는 국가적으로 열 소비 탈탄소화의 기본적인 원칙과 방향성을 제시하고, 우리나라의 탄소중립 달성을 촉진하고 이행의 효율성을 높이는 것을 목적으로 해야 한다.

이에 따라, 열에너지 탄소중립 기본계획은 독립적으로 수립할 수도 있겠지만 국가 에너지기본

계획 또는 탄소중립녹색성장 기본계획에 핵심 정책과제 중 한가지로 포함하는 방안도 있다. 이 계획의 성공적 수립 및 이행은 국가적인 열 소비 구조 및 특성에 기반한 효율적이고 효과적인 열 공급 기술의 개발 및 이를 통한 탄소중립 시대의 신산업을 육성하는 효과를 가져올 것이다. 그리고 기본계획을 일정에 따라 구체적으로 이행하기 위한 열에너지 탄소중립 로드맵도 수립하는 한편, 이를 실현하기 위한 지원 제도도 도입되어야 할 것이다.

열에너지 탄소중립 기본계획이 수립되면 계획을 구체적인 일정에 맞추어 실행하기 위한 열에너지 탄소중립 로드맵이 필요하다. 열에너지 탄소중립 로드맵은 부문별 용도별 열 소비의 온실가스 감축 일정을 구체적으로 제시한다.

이러한 과정을 통해 로드맵에서는 산업 부문과 건물 부문에서 장·단기적으로 유망한 기술들을 선정하고 기술별 보급 잠재량 및 비용과 합리적인 기술들의 포트폴리오 전략을 도출해야 한다. 뿐만 아니라, 해당 기술들의 국내 연구개발 전략을 수립하는 것도 필요하며, 기간별 달성 목표와 예산을 설정하는 것이 내용으로 포함되어야 하며, 이를 위한 정부의 기술 지원 방안에 대해서도 재정 지원 수준 및 기간 등을 명확하게 하여 제시할 필요가 있다.

이와 같이 에너지총조사, 에너지사용량 통계 등에서 우리나라 전체 에너지 수급에 관한 통계는 존재하나, 이들 통계에서 일부 조사하는 것 외에 열에너지 전략 수립을 위한 열에너지 소비 관점에서의 종합적인 통계는 부재한 실정이다. 국내 에너지 관련 통계 중 석유수급통계, 전력통계 등 열에너지 외에 다른 부문에서는 개별적인 통계가 작성되고 있으며, 전력부문의 경우 발전설비현황, 전력시장통계 등 다양한 세부 통계가 작성되고 있으나 열에너지는 별도의 공식 통계가 없는 상황이다.

열에너지를 활성화하기 위한 법적 체계를 마련해야 한다. 효과적인 입법활동을 위해서는 유관 법률들에서 열에너지 관련 사항을 명시해야 할 것이다. 이를 위해 최우선적으로 수행해야 할 입법과제로서 세 가지를 소개하고자 한다. 첫째, 에너지법을 비롯한 에너지 유관 법에서 열에너지를 정의하는 조항을 추가하고 열에너지의 종류와 개념을 정립할 필요가 있다. 둘째, 열에너지 부문 전략 수립에 필요한 통계 구축 및 이를 위한 법적 기반 마련이 필요하다. 셋째, 열에너지를 위한 법정 종합계획을 수립하고 이를 위한 법적 근거가 마련되어야 한다.

2. 교내

2-1. 서울대학교 기후변화 탄소중립 융합 교육 및 네트워크 구축 관련

탄소중립 클러스터 연구를 통해 파악한 서울대학교 내 탄소중립 연구 및 교육의 특징은 서울대학교에서의 탄소중립 연구와 교육을 위한 시너지 창출을 위해서는 학내외의 전문가들 간의 긴밀한 교류가 필수적임을 보여주었다. 현재 서울대학교 내 다양한 단과대학에 소속된 전문가들이 탄소중립과 관련된 연구를 활발히 진행하고 있음에도 불구하고, 이러한 노력이 상대적으로 제한된 범위 내에서만 공유되고 있다는 점에서, 보다 포괄적이고 혁신적인 접근 방식의 필요성이 대두된다. 본 연구는 이러한 문제를 극복하고 탄소중립 관련 연구와 교육의 효율성을 높이려는 방안으로 두가지 해결책, 즉 탄소중립 다학제 연구 네트워크 및 탄소중립 가상대학의 구축을 제안한다.

첫째, 탄소중립 다학제 연구 네트워크는 탄소중립 연구 및 교육과 관련된 다양한 분야의 전문가들을 연결함으로써, 지식과 경험을 공유하고 새로운 협력의 기회를 모색할 수 있는 플랫폼을 제공할 것이다. 또한, 이러한 네트워크는 정기적인 워크숍, 세미나, 컨퍼런스 등을 통해 연구자들이 서로를 알고, 협력의 가능성을 탐색할 기회를 마련할 것으로 기대된다.

둘째, 탄소중립 가상대학의 구축은 탄소중립에 대한 교육 및 연구의 범위를 학교 벽을 넘어 확장하는 데 중요한 역할을 할 것으로 예상된다. 가상대학을 통해 제공되는 온라인 교육 프로그램과 협업 플랫폼은 시간과 공간의 제약 없이 연구자들이 소통하고, 공동연구 프로젝트를 기획하며, 최신 연구 동향과 아이디어를 공유할 수 있도록 할 것이다.

해외 우수 대학의 탄소중립 다학제 연구 기관 사례를 참고하면, 이러한 네트워크와 가상대학의 구축이 얼마나 효과적일 수 있는지에 대한 실마리를 제공받을 수 있다. 실제로 스탠퍼드 대학의 지속가능성 학교(Doerr School of Sustainability)나 MIT의 에너지 이니셔티브(MIT Energy Initiative)와 같은 기관들은 세계적 수준의 연구와 교육 프로그램을 통해 기후변화와 탄소중립 목표 달성에 중요한 기여를 하고 있다. 이러한 기관들은 다학제적 접근을 통해 연구와 교육을 진행함으로써, 복잡한 기후변화 문제에 대한 혁신적인 해결책을 제시하고 있다. 서울대학교 역시 이러한 글로벌 선례들을 참고하여, 탄소중립 다학제 연구 네트워크와 가상대학의 운영을 통해 국내외에서의 연구 및 교육 협력을 강화하고, 탄소중립 목표 달성을 위한 국제적인 노력에 기여할 수 있을 것이다.

IV. 정책 반영 성과

1. 대외

1-1. 탄소중립을 위한 열에너지 정책개선안

연구 주제 3인 탄소중립을 위한 열에너지 정책개선안이다. 탄소중립을 위한 열에너지 정책 개선안은 정책제안 워크숍과 보고서 등을 통해 관련 정부 관계자 연구소 및 학계 전문가들의 공감대를 확산시키고 정책제안에 대한 수용성을 크게 확대하는 등 국가 열에너지 정책개선 환경을 조성 하였다는 점에서 큰 의의가 있다.

대한민국 최종에너지 중 열에너지 비중이 50%에 차지함에도 불구하고 열에너지 정책이 체계적으로 수립되지 못하는 점에 인지하고 관련 분야의 정책개선을 목적으로 연구를 수행하였다. 열에너지 분야 전문가를 섭외하여 정책 TF 팀을 구성하고 '탄소중립을 위한 열에너지 정책 개선안 발표회'를 통하여 열에너지 정책개선안 보고서를 준비하였다. 이와 같은 과정에서 일부 열에너지 정책이 실제로 개선될 만한 환경을 조성하였다.

열에너지 정책개선을 위해 서울대 국가미래전략원 탄소중립 클러스터는 '탄소중립을 위한 열에너지 정책 발전방안' 토론회를 열어 열에너지 정책의 현황과 개선 방안을 논의했다. 주요 발표 내용으로는 우리나라는 열에너지에 대한 명확한 인식 기반이 부족해 국가 탄소중립에 기여하기 위한 목표 설정이 부재한 실정이라고 지적하고 온실가스 감축 역시 산업-전환-건물-수송으로 구분해 수립할 뿐 열에너지는 기술 방향성만 제시하는 수준으로 미흡하다고 점이 지적되었고 또한 최종에너지에서 많은 비중을 차지하는 열 에너지를 방치해선 탄소중립을 달성할 수 없다며 열에너지 관련 법제화 및 종합적인 국가계획 수립이 필요하다고 점이 제안되었다. 토론회에 참석한 많은 정부 관계자 및 연구소 학계 전문가들은 탄소중립을 위한 열에너지 정책을 개선 필요성에 공감하였다.

주요 논의된 정책적 포인트로는 열에너지 정책개선을 위한 법적 제도적 개선을 위해 최종에너지의 절반가량이 쓰이는 열에너지에 대한 개념과 범위를 정할 수 있도록 법적 근거를 마련하고 종합계획을 법제화가 제안되었다. 법적 근거는 개별법을 제정하기보다는 에너지 정책을 총괄하는 에너지법을 개정하는 것이 바람직하다고 의견을 제시해주었다. 더불어 에너지이용합리화법, 집단에너지사업법, 신재생에너지법 등 유관 법도 개정해 열에너지 관련 개념을 반영 및 연계해야 한다는 지적이다. 산업부 관계자로부터 "열거래시장 활성화를 위해 인센티브 부여 및 미활용열을 신재생열과 동등하게 인정, 배출권 적정 보상 등을 관계부처와 협의하고 있다"라고 말했다. 이어 "에너지 사용 및 관리기준을 강화하고, 궁극적으로 열사용 협의·사용 의무화 등의 규제가 일부 필요하다고 보고 있다. 우선 공공부문부터 도입, 정책의 방향성을 찾도록 할 것"이라고 말했다.

2. 교내

2-1. 기후변화 탄소중립 연구 및 교육 네트워크 구축

연구 주제 1인 서울대 기후변화 탄소중립 연구와 교육 전문가를 파악해 가는 과정에서 서울대 기후변화 탄소중립 네트워크의 필요성을 학내에 확산시켰고 본부와 협의를 통해 서울대 탄소중립 캠퍼스전환 정책과제(연구책임자 여명석 교수)를 실행하는 데 기여하였다. 이를 통해 정책 결과물에 대해 서울대 구성원들의 소통과 참여를 위해 '탄소중립 캠퍼스전환 기획과제 설명회'를 갖게 되었고 서울대 탄소중립 캠퍼스전환을 장기적으로 추진할 '탄소중립 캠퍼스 추진단'까지 설립되는 성과를 거두었다. 또한 학부 융합 교육 혁신을 위해 2024년 3월부터 추진되는 되는 첨단 융합학부의 지속가능기술 분야에 서울대 기후변화 탄소중립 관련 현황들을 제공하여 서울대 내에서 관련 프로그램 발전이 정착하는데 부분적으로 도움을 주었다. 다음에 서울대 탄소중립 캠퍼스 추진 설립 배경과 추진단을 간단하게 소개하였다.

탄소중립 캠퍼스 추진단 설립

□ 추진 배경

○ 탄소중립에 대한 사회적 요구 강화

- 국내 최대 온실가스 배출대학(서울시 단일기관 중 최대 에너지 소비기관)으로서 기후변화 이슈에 대한 보다 적극적인 대응목표로서 탄소중립 이행에 대한 내외부적 요구 증가
- QS 대학평가 상위 50위 이내 대학의 80% 이상이 2050년 이전을 목표로 한 탄소중립 목표 선언 및 이행 중으로 서울대학교의 국제적인 명성을 위한 적극적인 대응 필요

○ 기후 재난의 시기, 고등교육기관의 사회적 책무 이행

- 고등교육기관으로서의 기후위기 시대에 대응하는 혁신적 리더 양성과 탄소중립을 주제로 한 원천기술 개발 도모
- 인구·산업 구조의 급변과 지방 소멸 위기를 탄소중립 생태계 전환으로 극복할 수 있는 대학캠퍼스 기반 탄소중립 인프라 구축과 사회적 수용성 검증 및 확산 기여

○ 서울대학의 에너지 소비 여건 변화에 대비한 탄소중립 계획 필요

- 에너지 소비와 탄소 발생량이 꾸준히 증가하고 있으며, 최근 에너지 비용 증가 등 탄소 배출 관련 부담 완화 필요
- 서울대학교 캠퍼스 노후화와 에너지 및 탄소중립에 대한 적극적 대응 필요
- 심야 시간대 연구 장비의 가동 등에 의한 에너지 소비 증가 등 기저부하 중심의 소비 특성에 적합한 효율적인 탄소 저감 전략 수립과 이행 필요

그림 1. 탄소중립캠퍼스 추진단

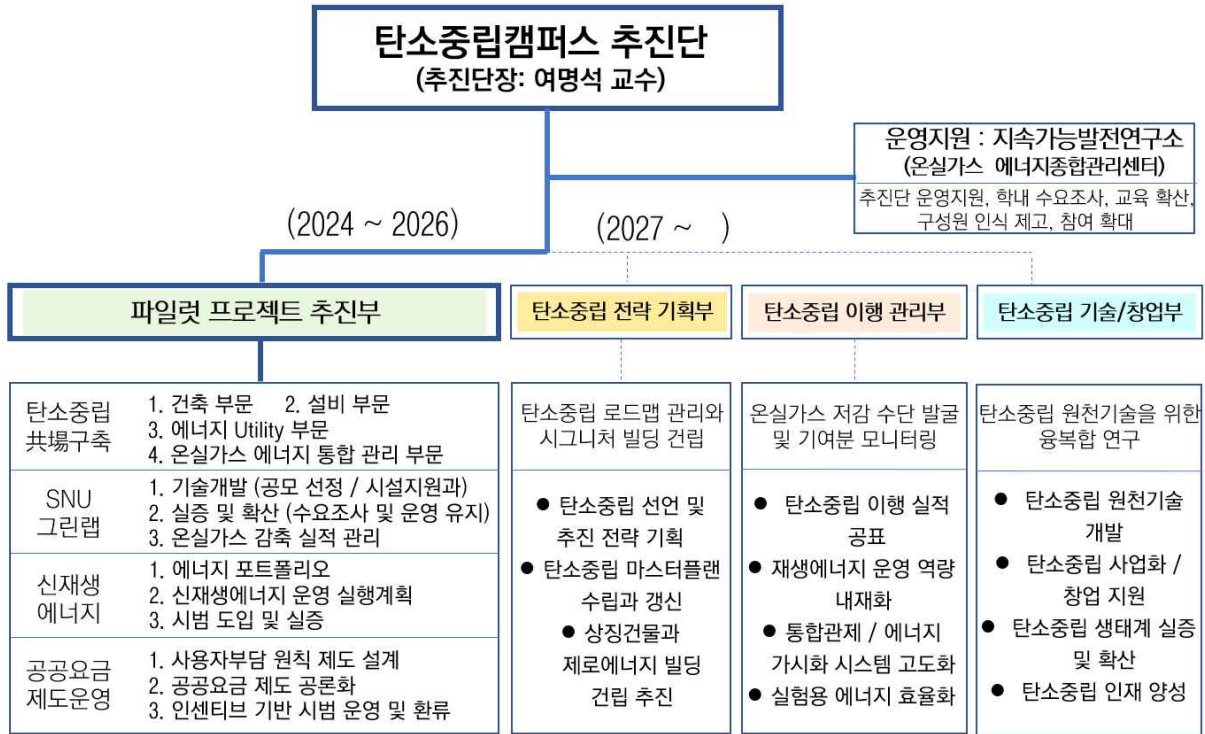


그림 2. 서울대 탄소중립 캠퍼스 기획과제 결과 공유회 포스터

서울대 탄소중립 캠퍼스 기획과제 결과 공유회

국가미래전략원과 지속가능발전연구소에서는
교내 기획과제로 수행된 서울대학교 탄소중립 캠퍼스
기획 설계(연구주관: 지속가능발전연구소)의 연구 결과
공유 세미나를 개최하고자 하오니,
관심 있는 구성원의 참여를 부탁드립니다.

일시: 2024년 4월 26일(금) 10:00~12:00
장소: 우석경재단(223동) 107호

내 용	발 표 자
주최	윤영호 기획부총장
개회	여명석 교수(건축학과, 연구책임)
발제1	해의 주요대학의 탄소중립 캠퍼스 전환 특징
발제2	서울대 탄소중립 여건과 시나리오
발제3	탄소중립 파일럿 프로젝트 - 건물부문
발제4	탄소중립 파일럿 프로젝트 - 인프라부문
발제5	탄소중립 캠퍼스 로드맵과 추진계획
토론	강창우 교수(인문대학 학장), 유재준 교수(자연과학대학 학장), 신영기 교수(시흥캠퍼스 추진본부장), 이규섭 교수(전기정보공학부), 유현서 부의장(환경동아리 연합회)

서울대학교 국가미래전략원
Institute for Future Strategy, Seoul National University

SNU ISO
Institute for Sustainable Development
서울대학교 지속가능발전연구소

서울대학교
교수사회공헌단

이 연구를 통해 서울대 탄소중립 캠퍼스전환 로드맵과 이를 추진할 정책제안이 도출되었다. 탄소중립 캠퍼스 로드맵으로는 프로젝트별 추진 일정과 2050년 감축 기여량, 서울대학교의 부하특성에 기반한 감축 기여 전략 종합, 투자비 대비 2050 누적 감축 효과가 포함되어 있다.

2-2. 서울대 탄소중립 국제 협력 활성화에 기여

서울대 기후변화 탄소중립 연구 및 교육 네트워크 구축 과정에서 본부 관계자와 협의 과정에서 서울대 탄소중립 분야 국제 협력 방안에 대한 논의를 추진하였다. 이러한 노력을 통해 SNU-MIT 탄소중립을 위한 공동 워크숍(SNU-MIT Joint Workshop for Carbon Neutrality) 개최와 같이 국제 협력에도 탄소중립 부문이 만들어져 기후위기를 극복하고 탄소중립 전환을 위해 기술 개발과 인력양성을 위해 협력하는 성과를 보였다.

과학기술은 국가경쟁력을 떠받치는 인재, 자본, 기술이라는 새 기둥을 관통하는 핵심이며, 세계 각국은 21세기 기술경쟁의 풍랑에 맞서 협력과 경쟁의 진영을 다듬고 있다. 서울대학교 국가미래전략원과 연구처는 이 흐름에서 국제 협력 공동연구 지원사업 계획(SNU-MIT Collaborative Research Program)을 추진하고 있다. 해당 국제 협력사업의 일환으로 서울대와 MIT가 'SNU-MIT 탄소중립을 위한 공동 워크숍'을 2024년 1월 18일(목)에 MIT Landau Building(66-360)에서 진행하였다.

본 행사를 통해 SNU와 MIT의 공동 연구자 교류 세션을 통해 협력사업 발굴 및 국제공동연구를 위한 기초를 다졌다. 장기적으로 국제 협력 연구를 통하여 전 세계적으로 이슈화되고 있는 탄소중립 관련 (수전해, 연료전지, 수소 저장 운송, 이산화탄소 포집/저장/전환 등) 산업 적용 가능 연구 주제를 발굴하고 이에 대한 원천기술을 공동 개발하는 것을 목표로 하였다.

공동포럼에는 국제 협력 공동연구 지원사업 추진계획에 포함된 참여 연구진 (서울대: 박정원 교수, 류재윤 교수, 장호원 교수, MIT: Alan Hatton 교수, Yogesh Surendranath 교수) 및 협력 연구 지원을 위한 양 기관의 보직교수 (서울대: 김재영 연구부총장, 강병철 연구처장, 이우인 연구부처장, MIT: Robert Stoner MIT 에너지 이니셔티브 디렉터)가 참여하였다. Electrochemical Approaches to Environmental Carbon Dioxide Mitigation (MIT Alan Hatton 교수), Nanoscale Imaging of Catalysts in Chemical-Energy Conversion Systems (서울대 박정원 교수), Electrolyte Design for Efficient CO₂ to Fuels Catalysis (MIT Yogesh Surendranath 교수, 서울대 류재윤 교수), Single atom catalysts for (photo)electrochemical water splitting (서울대 장호원 교수)에 대한 주제로 발제하고 관련 논의를 진행하였다.

서울대학교는 세계 최고 수준의 연구, 실력으로 경쟁하는 연구, 가치를 공유하는 국가와 함께 하는 연구를 통해 성장 동력을 창출하고 국가경쟁력의 핵심인 인재를 키워내는 등 연구개발에 대한 노력을 기울이고 있는 만큼, 국제 협력 공동연구 지원사업의 목적은 국내를 넘어 해외 협업구조로 개편하기 위한 국제 협력 연구 활성화에 있다. 탄소중립에 대한 국제 협력 공동연구를 통해 서울대학교 국가미래전략원과 연구처는 탄소중립 클러스터의 역할을 수행하며 융합

연구 기반 연구 사업으로 확장하여 개발된 원천기술의 스케일업, 기술이전, 창업화로 추진하는 것을 본 사업의 중장기 목표로 한다.

그림 3. SNU-MIT 탄소중립을 위한 공동 워크숍 일정



**SNU-MIT Joint Workshop
for Carbon Neutrality**

Date January 18th, 2024 **Location** MIT Landau Building 66-360

14:00 – 14:15	Opening remarks	Robert Stoner (MIT)/ Jae-Young Kim (SNU)
14:15 – 14:30	Introduction for Seoul National University	Woojin Lee (SNU)
14:30 – 14:45	Break (photo)	
14:45 – 15:15	Talk 1: Electrochemical Approaches to Environmental Carbon Dioxide Mitigation	Alan Hatton (MIT)
15:15 – 15:45	Talk 2: Nanoscale Imaging of Catalysts in Chemical-Energy Conversion Systems	Jungwon Park (SNU)
15:45 – 16:00	Break	
16:00 – 16:30	Talk 3: Electrolyte Design for Efficient CO2 to Fuels Catalysis	Yogesh Surendranath (MIT)/ Jaeyune Ryu (SNU)
16:30 – 17:00	Talk 4: (online) Single atom catalysts for (photo)electrochemical water splitting	Ho Won Jang (SNU)



서울대학교 국가미래전략원
Institute for Future Strategy, Seoul National University

V. 행사 및 소통

1. 행사

서울대학교 국가미래전략원 탄소중립 클러스터는 2023년에 두 차례 2024년에 두 차례 외부 행사를 진행하였다. 2023년 행사는 주로 탄소중립과 과학기술의 역할을 심층 논의하는 행사로 준비되었다. 2023년 5월에 진행된 '서울대 KAIST 공동 탄소중립 혁신기술 인재양성 포럼'은 서울대학교와 KAIST가 공동으로 지속가능한 미래를 위한 탄소중립 과학기술혁신과 미래 인재 양성을 다루었다. 탄소중립 혁신 과학기술에 대한 소개와 발표, 탄소중립 미래 인재 양성을 위한 분석과 발표, 산-학-연에서 모두 참여하여 탄소중립에 대해 논의하는 종합토론이 진행되었다.

2023년 12월에 진행된 KISTEP과의 공동포럼에서는 '탄소중립을 위한 혁신기술'이란 주제로 대한민국의 탄소중립 혁신기술의 R&D를 위한 혁신적 산학연 시스템의 필요성에 대해 논의하였다. 2024년도에도 현시점까지 4월과 5월에 두 차례 외부 포럼을 진행하였다. 2024년 4월에 진행된 '서울대 탄소중립 캠퍼스전환 기획과제 설명회' 서울대 기후변화 탄소중립 교육 및 연구 네트워크 구축 과제를 수행하는 과정에서 형성된 광범위한 논의 과정에서 서울대 탄소중립 캠퍼스 전환에 관한 기획과제를 만들어 낼 수 있었고 성과물을 서울대 구성원들에게 설명하고 소통하는 목적으로 추진되었다. 2024년 5월에 진행된 '탄소중립을 위한 열에너지 정책개선안 발표회'는 열에너지 정책개선안 TF팀의 성과를 정부 부처는 물론 관련 연구소분들을 모시고 정책개선안에 대해 공유하고 논의하는 과정에서 준비되었다.

표 2. 국가미래전략원 탄소중립 클러스터 중요 포럼 (2023 & 2024)

	탄소중립 클러스터 중요 포럼
2023년도 5월 14일	서울대-KAIST 공동 탄소중립 혁신기술 인재양성 포럼
2023년도 12월 13일	서울대 국가미래전략원과 KISTEP 탄소중립을 위한 혁신기술 공동포럼
2024년도 4월 26일	서울대 탄소중립 캠퍼스전환 기획과제 설명회
2024년도 5월 7일	탄소중립을 위한 열에너지 정책개선안 발표회

1-1. 서울대-카이스트 공동 혁신기술 인력양성포럼

탄소중립 클러스터에서는 서울대학교(총장 유홍림)와 KAIST(총장 이광형)를 필두로 5월 19일 (금) 과학기술회관(서울 강남구)*에서 「탄소중립 혁신기술 인재양성 공동포럼」(이하 '기술-인재 공동포럼')*을 2050 탄소중립녹색성장위원회(공동위원장 : 한덕수 국무총리, 김상협 카이스트

부총장, 이하 '탄녹위')와 함께 개최하였다. 이 공동포럼은 두 대학 총장이 탄소중립을 위해 벽을 허물고 힘을 모아야 한다는 점에 인식을 같이한 결과로, 두 대학의 주요 교수 16명이 참여해 '탄소중립 혁신기술'과 '탄소중립 미래 인재'에 대한 심도 있는 발표와 토론을 하였다. 아울러 이 자리에는 원희룡 국토부 장관과 주영창 과학기술혁신본부장이 '지속가능한 국가 인프라'와 '탄소중립 R&D'를 주제로 기조사를 하며, 삼성전자, 현대자동차, LG화학, SK E&S의 최고경영자들이 종합토론에 참여하였다.

공동포럼의 1부는 이재우 KAIST 교수의 사회로 「탄소중립 혁신과학기술」을 주제로 진행되었으며, 2부는 윤제용 서울대 교수의 진행으로 「탄소중립 미래 인재」에 대해 논의했다. 1부에서는 재생에너지분야 기술인 '태양전지'에 대해 서울대 김진영 교수가 발표하였고, 미래 탄소중립에 있어 매우 중요한 분야 중 하나인 '탄소 제거' 분야에 대한 KAIST 고동연 교수의 발제가 있었다. 2부에서는 조홍식 서울대 교수가 '인재양성을 위한 제도기반'에 대해 발표하고, 서용석 KAIST 교수는 '기초과학기술 분야 인재양성 중요성'을 발표하였다. 또한, 정부 측에서는 인재정책을 총괄하는 교육부 이정규 서기관과 과학기술정보통신부 임채권 서기관이 '교육과 과학기술 분야 인력양성'에 대한 정부의 미래 인력양성 정책을 소개했다. 3부 종합 세션에서는 김상협 탄녹위 공동위원장이 좌장을 맡아, 반기문 제8대 UN사무총장의 축사에 이어 이광형 KAIST 총장, 유홍림 서울대 총장, 원희룡 국토교통부장관, 주영창 과학기술혁신본부장이 참여하는 기조사가 발표되었다.

'지속가능한 미래'를 주제로 한 종합토론에서 이상엽 KAIST 부총장은 기후변화 대응을 위한 파괴적 도전 기술을, 남기태 서울대 교수는 탄소중립 미래 인재 양성방안을 논의하고 신학철(LG화학 부회장), 추형욱(SK E&S 사장), 남석우(삼성전자 반도체 제조 부문 사장), 김동욱(현대자동차 전략기획 부사장)는 '기업과 정부, 대학의 역할'에 대해 집중적으로 토론했다. 서울대학교 유홍림 총장은 기조사에서 "격화되는 글로벌 경쟁에서 탄소중립과 같은 미래기술을 선도하고 활력 넘치는 혁신 생태계를 만들기 위해서는 기업-정부-대학을 연결하는 산-관-학 연구혁신 플랫폼이 필요하다"라고 강조하며, "대학은 연구결과를 대학 울타리 너머로 확장하고, 현장과 꾸준히 교류하여 원천기술을 빠르게 스케일업하고 실증을 통해서 상용화해야 한다"고 강조했다. KAIST 이광형 총장은 기조사에서 "KAIST는 탄소중립을 실현하기 위한 혁신 과학기술과 이를 이끌어 나갈 미래 인재를 양성하는 일에 매진하고 있다"라며, "이번 공동포럼은 탄소중립 사회를 구현하기 위해 두 대학은 물론 정부와 산업계까지 유기적으로 힘을 합쳐 대응해나가는 유의미한 계기가 될 것"이라고 말했다.

반기문 사무총장은 이와 관련, "자원 하나 없는 한국이 여기까지 온 것은 사람을 키웠기 때문"이라며, "탄소중립 녹색성장 시대에는 한국은 물론 글로벌 무대에서 새로운 사고, 새로운 지식, 새로운 기술로 세상을 변화시킬 인재가 절대적으로 필요"하다며 이번 공동포럼의 의미를 평가했다. 김상협 탄녹위 공동위원장은 "미국 스탠포드와 하버드를 비롯한 선진국의 주요 대학들이 경쟁적으로 녹색 기술 개발과 인재 육성에 나서고 있다"라며 "이번 서울대와 카이스트의 공동포럼을 계기로 대한민국 대학가 전반에도 새로운 혁신의 바람이 불기를 기대한다"고 말했다. 탄녹위는 이와 관련, 관련 부처 및 산업계와 함께 지속 가능한 발전에 관심을 두는 국내외 대학과 협력을 확대해

나갈 방침이다. 서울대-카이스트 인력양성 포럼행사 전체 일정과 세부 일정은 아래와 같다.

표 3. 서울대-카이스트 인력양성포럼행사 전체 일정 (2023년 5월)

시 간	주 요 내 용	비 고
제1부: 탄소중립 혁신 과학기술		
14:00~16:15 (135')	주제발표: 사회(1인), 서울대/KAIST 교수(9인)	사회: 이재우 KAIST 교수 (각 10분 발표/5분 질문과 답변)
제2부: 탄소중립 미래 인재		
16:15~17:00 (45')	주제발표: 사회(1인), 서울대/KAIST 교수(2인), 정부 관계자(2인)	사회: 윤제용 서울대 교수 (학계 각 5분 발제)
제3부: 종합 토론(진행자: 김상협 탄녹위 공동위원장)		
17:00~17:40 (40')	축사: 반기문 제8대 유엔사무총장(5') 기조사: 이광형 KAIST 총장(10'), 유홍림 서울대 총장(10'), 원희룡 국토교통부장관(7'), 주영창 과기혁신본부장(7')	
17:40~17:45	기념촬영	주요 인사 및 참석자
17:45~18:35 (50')	종합 패널토론: 좌장(1인), 서울대/KAIST 교수(2인), 산업계(4인)	좌장: 김상협 위원장 (각 기조 발언 7분 내외)
18:35~18:40	마무리 말씀 김명자 제19대 과총 회장	
18:30~	저녁 식사 건배사: 이경호(지속가능발전기업협의회 회장)	참석자

표 4. 서울대-카이스트 인력양성포럼행사 세부 일정

① 제1부: 탄소중립 혁신 과학기술(발표)			
14:00 ~ 16:15 (135')	탄소 중립 혁신 과학기술	(사회) 이재우(KAIST 생명화학공학과 교수)	
		-기초 -에너지 -교통 -인프라 -산업	① 송현준(KAIST 화학과): 기초과학 ② 성영은(서울대 화학생물공학부): 수소기술 ③ 김형준(KAIST 문술미래전략대학원): 지구 메타버스 기술 ④ 박주영(서울대 건설환경공학부): 순환경제 ⑤ 김경수(KAIST 조천식 모빌리티대학원): 모빌리티 인프라 ⑥ 김진영(서울대 재료공학부): 태양전지 ⑦ 고동연(KAIST 생명화학공학과): 탄소 제거 ⑧ 정훈영(서울대 에너지자원공학부): CCS 기술과 산업
② 제2부: 탄소중립 미래 인재(발표)			
16:15 ~ 17:00 (45')	탄소 중립 미래 인재	(사회) 윤제용 교수(서울대 화학생물공학부)	
		(발표) ① 조홍식(서울대 법학전문대학원 교수): 인재양성 제도기반 ② 서용석(KAIST 문술미래전략대학원 교수):기초과학 인재양성 ③ 이정규(교육부 인재양성정책과 서기관): 교육과 인재양성 ④ 임채권(과기부 미래인재정책과 서기관): 과학기술인력양성	
③ 제3부: 종합토론(사회자: 김상협 탄녹위 공동위원장)			
17:00 ~17:40 (40')	축사	반기문 제8대 유엔사무총장(5')	
	기조사 (총장 임명순)	이광형 KAIST 총장(10')	
		유홍림 서울대학교 총장(10')	
		원희룡 국토교통부장관(7')	
		주영창 과학기술정보통신부 과학기술혁신본부장(7')	
17:40~17:45 기념촬영			
17:45 ~18:35 (50')	종합 패널 토론	(좌장)	김상협 2050 탄소중립녹색성장위원회 공동위원장
		(주제)	지속가능한 미래를 위한 녹색 기술 혁신, 인재양성
		(패널)	① 이상엽(KAIST 생명화학공학과): 기후변화 대응 미래도전기술 ② 남기태(서울대 재료공학부): 대한민국 탄소중립 미래 인재양성 ③ 신학철(LG화학 부회장), 추형욱(SK E&S 사장), 남석우(삼성전자 반도체 제조 부문 사장), 김동욱(현대자동차 전략기획 부사장) :기업, 정부 그리고 대학의 역할
18:35 (5')	마무리 말씀	김명자 전 환경부 장관(제19대 한국과학기술단체총연합회 회장)	
18:40~ 저녁 식사 (건배사: 이경호 지속가능발전기업협의회 회장)			

그림 4. 서울대-카이스트 인력양성포럼행사 포스터

서울대-KAIST 공동 탄소중립 혁신기술 인재양성 포럼

2023. 5. 19.(금) 14:00
한국과학기술원 대회의실 2(B1)

INVITATION

서울대학교와 KAIST가 공동으로
지속가능한 미래를 위한 탄소중립 과학기술혁신과
미래인재 양성을 위해 처음으로 개최하는 포럼에
여러분을 초대합니다.

프로그램 소개

14:00 제1부 - 탄소중립 혁신 과학기술

기초과학

송현준 (KAIST 화학과)

수소 기술

성영은 (서울대 화학생물공학부)

지구 메타버스 기술

김형준 (KAIST 문술미래전략대학원)

순환경제

박주영 (서울대 건설환경공학부)

모빌리티 인프라

김정수 (KAIST 조형식 모빌리티대학원)

태양전지

김진영 (서울대 재료공학부)

탄소 제거

고동연 (KAIST 생명화학공학과)

CCS 기술과 산업

정훈영 (서울대 에너지자원공학과)

16:15 제2부 - 탄소중립 미래인재

인재양성 제도 기반

조홍식 (서울대 법학전문대학원 교수)

기초과학 인재양성

서용석 (KAIST 문술미래전략대학원 교수)

교육과 인재양성

이정규 (교육부 인재양성정책과 서기관)

과학기술 인력양성

임채권 (과학기술부 미래인재정책과 서기관)

17:00 제3부 - 종합토론

축사

반기문 제8대 유엔사무총장

기조사

이광철 KAIST 총장
유홍희 서울대학교 총장
원희룡 국토교통부장관
주영창 과학기술정보통신부 과학기술혁신본부장

종합패널 토론

기후변화 대응 미래도전 기술

이상엽 (KAIST 생명화학공학과 교수)

대한민국 탄소중립 미래 인재양성

남기태 (서울대 재료공학부 교수)

기업, 정부 그리고 대학의 역할

신학철 LG화학 부회장, 추형욱 SK E&S 사장,
남석우 삼성전자 반도체 제조본부 사장,
김동욱 현대자동차 전략기획 부사장

마무리 말씀

김명자 제19대 한국과학기술단체총연합회 회장

18:30 만찬

아나이스홀 (T2층)

★ 주최/주관측에서 초청한 분들에게 한해 가능합니다.

건배사

이태식 제21대 한국과학기술단체총연합회 회장
이경호 지속가능발전기업협의회 회장

행사 일정은 사항상 일부 변경될 수 있습니다.

한국과학기술원
서울특별시 강남구 테헤란로 7길 22
대회의실 2(지하 1층)

대중교통 이용시
강남역 12번 출구에서 역삼역 방향으로 걸어가시다가
국기원 방향으로 올라가시면 됩니다.

한국과학기술원

주최/주관: 서울대학교, KAIST, 한국과학기술원

후원: SKIIS 10 Initiative, KAIST 녹색성장지속가능대학원, KAIST 인공광합성 탄소중립 추진단

참여기관: 서울대 공대탄소중립에너지니메이션 이니셔티브, 서울대학교 국가미래전략원

문의처

02-880-8285

이메나 서울대 공대 소프트웨어 연구소

042-350-3953

장형문 KAIST 생명화학공학과

035

Institute for Future Strategy
Seoul National University

1-2. 서울대 KISTEP 탄소중립 혁신기술 포럼

서울대학교 국가미래전략원 탄소중립 클러스터는 한국과학기술기획평가원(KISTEP)과 공동으로 <탄소중립을 위한 혁신기술>이라는 주제로 2023년 12월 13일(수) 14:00에 서울대학교 교수회관 2층 컨벤션홀에서 개최하였다. 해당 행사는 유튜브를 통해 생중계되었다. (<https://www.youtube.com/KISTEPTV>)

본 행사를 통해 2050년 넷제로 달성을 위한 우리나라의 노력을 짚어보고, 혁신기술 개발을 통한 탄소중립 실현을 위하여 우리나라 탄소중립 연구·개발 정책이 나아가야 할 방향을 논의하였다. 특히, 2050년 넷제로 실현에 필수적인 혁신기술을 확보하기 위해 산·학·연·관은 어떻게 준비해야 할지, 2050년까지의 단기·장기 탄소중립 R&D 정책 방향은 어떻게 수립해야 할지를 중점적으로 다루었다.

공동포럼에서는 정부의 탄소중립 기술 혁신 전략과 향후 과제 (KISTEP 황지호 본부장), 탄소중립 실현을 위한 과학기술 국제 협력 방안 (GGGI 전덕우 박사, 순환경제 섹터), 탄소중립을 위한 과학기술의 역할 (서울대 남기태 교수)에 대한 주제로 발제하였다. 황지호 본부장은 탄소중립 관련 국내외 동향과 그간 우리 정부가 추진해온 탄소중립 기술 혁신 정책 동향을 소개하며, 혁신적 탄소중립 기술 혁신을 위한 향후 정책과제를 제시하였다. 전덕우 박사는 기술 혁신 과정에서의 국제 협력의 중요성과 개도국과의 기술협력 사업을 공적개발원조(ODA)에서 R&D 중심으로 전환 필요성에 대해 제언하였다. 남기태 교수는 탄소중립을 둘러싼 국제적 상황에 대하여 진단하고, 우리나라의 새로운 탄소중립 R&D 시스템의 필요성과 산·학·연 탄소중립 얼라이언스 구축방안에 대해 제언하였다.

패널토론에는 윤제용 서울대 교수의 진행으로 구윤모 서울대 부교수, 권기영 효성 전무, 민병권 KIST 본부장, 성영은 서울대 교수, 정기석 삼성물산 상무가 참여하였다. 구윤모 부교수는 정부의 기후변화 정책과 탄소가격의 변동성에서 오는 불확실성을 낮춰 민간의 과감한 투자를 유인할 수 있도록 탄소차액계약제도, 저탄소 기술 공공구매 확대, 감축 기술 R&D 세제 혜택 등을 확대하고 민간 기술 실증 지원, 혁신기술 상용화를 위한 규제 개선이 필요함을 제언하였다. 권기영 전무는 수소와 재생에너지로 시작하는 에너지 시스템 진화가 모든 산업 공정과 국민 에너지 이용에 영향을 미치기 때문에, 탄소중립 기술확보를 위해서는 정부와 민간이 밀접하게 협력해 역할을 분담하고 연구개발(R&D) 투자를 늘려야 할 때임을 강조하였다. 민병권 본부장은 우리나라 탄소중립 구현을 위해 경쟁력 있는 CCU(탄소포집전환) 기술 보유의 중요성을 강조하고, CCU 기술의 구현을 위해 필요한 제반 사항 및 실증연구의 중요성에 대해 제언하였다. 성영은 교수는 국내 대학들의 탄소중립 원천기술들은 세계 최고 수준이나 지속적인 연구를 통한 스케일업 기술로 이어지지 못하고 논문 연구에 그치는 현실을 지적하고, 대학의 탄소중립 원천기술이 스케일업과 실증까지 이어지는 과정에 리더십을 발휘할 수 있도록 기존의 산학연 연구개발 시스템을 넘어서는 전략이 필요하다고 제언하였다. 정기석 상무는 EU, 미국 및 중국 등은 청정 수소의 생산기술 확보와 실증에 집중하며 산업 부분의 탈탄소화를 목표로 하고 있다는 점을 강조하고, 기술 리더십의 확보, 시장 규칙의 선도를 위하여 수소 거래에 대한 규칙, 표준 및 거버넌스를 주도하는 것의 중요성에 대해 제언하였다.

김준기 서울대 국가미래전략원 원장과 정병선 KISTEP 원장은 “탄소중립은 이제 우리가 모두 반드시 가야 할 시대적 과제가 되었다”며, “기후위기에 대응하기 위해서는 정책적 노력뿐만 아니라 신재생에너지, CCUS 등 온실가스 감축·활용 기술, 산업 연료 및 원료 대체 기술을 빠르게 확보하고, 개발된 기술들의 상용화를 위한 적극적인 방안 모색이 필요한 시기”라고 포럼 개최 의의를 밝혔다.

그림 5. 서울대 KISTEP 탄소중립 혁신기술 포럼 포스터

INVITATION

탄소중립을 위한 혁신기술 포럼

일시 2023년 12월 13일(수), 14:00~17:00

장소 서울대학교 교수회관(2층 컨벤션홀)

사전 참여 및 등록

안녕하십니까?
서울대 국가미래전략원 원장 김준기, 한국과학기술기획평가원 원장 정병선입니다.

올해 11월 28일 아랍에미리트 두바이에서 개최되는 기후변화협약(UNFCCC) 제28차 당사국총회(COP28)에서는 2015년 파리기후협약 체결 이후 최초로 글로벌 이행점검(Global Stocktake, GST)을 실시하며 궤도를 벗어난 파리기후협약 목표 이행 상황을 다시 궤도에 올려놓는 계기가 될 것인 전망입니다. 최근 국제에너지기구(IEA)는 “2023년 넷제로 로드맵 보고서(Net Zero Roadmap A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach)”를 발표하며, 지구 온난화를 1.5도 이하로 제한하기 위해서는 혁신적인 기술개발을 통한 에너지 집약도 2배 증가, 전기차 및 히트펌프 기술 발전 등 ‘기술 혁신’이 핵심 열쇠임을 강조하였습니다.

앞으로 우리 사회는 새로운 기술 혁신에 의해 고탄소에서 저탄소로 산업 구조가 변경되고, 수소 등 무탄소 전원 중심으로 전원믹스가 바뀌는 탄소중립 대전환 시대를 맞이하게 될 것입니다. 우리나라에서 탄소중립 실현을 위한 혁신기술 개발이 더 시급한 이유는 우리나라가 세계 7위의 에너지 다소비 국가이지만 육상풍력 및 수력 최대 한계 등 재생에너지 제한이 불리하여 주요국 대비 재생에너지 비중이 상당히 낮고, 철강·정유·화학·시멘트 등 탄소 다배출 산업이 많아 탄소 제감에 불리한 산업구조를 가지고 있기 때문입니다.

서울대 국가미래전략원과 KISTEP이 함께 개최하는 이번 포럼에서는 ‘탄소중립을 위한 혁신기술’이라는 주제로, 2050년 넷제로 달성을 위한 우리나라의 지난 노력들을 살펴보고, 혁신기술 개발을 통한 탄소중립 실현을 위하여 우리나라 탄소중립 R&D 정책이 나아가야 할 방향을 함께 모색하는 자리를 갖고자 합니다.

많은 참여와 관심 부탁드립니다.
감사합니다.

2023년 12월
서울대 국가미래전략원 원장 김준기, 한국과학기술기획평가원 원장 정병선

세부일정

구분	시간	주요내용
1부 개회식	14:00~14:30 (30분)	개회식 김준기 서울대 국가미래전략원 원장 정병선 한국과학기술기획평가원 원장 축사 주영장 과학기술정보통신부 과학기술혁신본부장 유종원 서울대 총장 반기문 보다 나은 미래를 위한 반기문재단 이사장 사진촬영 주요 참석자
		차의 정리 및 Coffee Break (10)
2부 공동포럼	14:40~16:50 (130분)	발제1 정부의 탄소중립 기술혁신 전략과 향후 과제 (출처: 한국과학기술기획평가원 내부자료) 발제2 탄소중립 실현을 위한 과학기술 국제협력 (한국연구재단 연구책임자 리포트) 발제3 탄소중립을 위한 과학기술의 역할 (과학기술정책연구원 연구책임자 리포트) 토론 윤석용 서울대학교 화학생명공학부 교수(의장) 장기적 성장성 산업별 미래기술추진팀 상무 권기영 삼성중공업 전력PU 전무 성영민 서울대학교 화학생명공학부 교수 구본모 서울대학교 공학전문대학원 부교수 민병관 한국과학기술연구원 연구원
		폐회 (5)

I 문의처
gilsocjo@kistep.re.kr 043-750-2496

I 주최
KISTEP 한국과학기술기획평가원

I 후원
서울대학교 국가미래전략원
과학기술정보통신부
과학기술정책연구원

1-3. 서울대 탄소중립 캠퍼스전환 기획과제 설명회

지난 2024년 4월 26일 미래전략원과 지속가능발전연구소 서울대 교수사회공헌단 합동으로 서울대 탄소중립 캠퍼스 기획과제 설명회를 개최하였다. 기후위기에 대응하는 국가들의 참여와 노력이 확산되어 과정에서 대학의 탄소중립 전환이 주목받고 있다. 특히 서울대는 국내 최대 온실가스 배출 대학으로 기후변화 이슈에 대해 더욱 적극적인 대응을 요구받는 상황에서 기획과제 설명회가 추진되었다. 서울대학교가 2030 NDC 건물 분야 목표만큼의 온실가스 감축과 2050캠퍼스 탄소중립을 달성하고자 하는 경우 서울대학교 자체의 에너지 효율화와 전체 에너지 증가량을 잘 관리하는 것도 중요하지만

서울대 탄소중립 캠퍼스 로드맵의 초안을 담고 있는 정책 보고 내용을 서울대 구성원들과 공유하고 소통하는 중요한 행사이다. 서울대 구성원 모두의 이해와 참여를 전제로 하는 서울대 탄소중립을 위한 첫걸음은 에너지 사용 특성을 파악해야 한다. 사용하는 건물이나 시설의 에너지 특성만 알아도 자연스럽게 10~20% 에너지 절감이 된다는 연구도 있다. 여기에 대학의 경우 이공계 연구와 교육시설들이 있어 주요한 에너지 사용기관으로 대학의 탄소중립은 새로운 친환경 건물의 설계와 운영, 각종 첨단 에너지 센서 기술 개발과 도입, 태양광과 수소기술 등 혁신적인 에너지 기술 개발과 적용 등 핵심기술을 도입하고 테스트하고 실증해 캠퍼스를

넘어 우리 사회 전반에 확산될 수 있는 지적 실험의 산실이 될 수 있다. 대학의 탄소중립 노력은 혁신기술 개발뿐만 아니라 교육체계 확립과 핵심 인력양성이라는 보다 적극적인 역할을 수행해야 한다. 더 나아가 탄소중립 사회로의 전환은 단순히 기술적 측면을 넘어 인문사회적 성찰을 포함하는 행동 양식의 변화를 추구해야 한다. 따라서 대학은 탄소중립 전환 사회의 통합적 근거지가 돼야 한다. 본 행사를 계기로 서울대 탄소중립 캠퍼스 추진단을 구성하는 모멘텀을 얻는 데 일부 기여하였다고 여겨진다.

그림 6. 서울대 탄소중립 캠퍼스전환 기획과제 설명회 (2024년 4월)



**서울대 탄소중립 캠퍼스
기획과제 결과 공유회**

국가미래전략원과 지속가능발전연구소에서는
교내 기획과제로 수행된 서울대학교 탄소중립 캠퍼스
기획 설계(연구주관: 지속가능발전연구소)의 연구 결과
공유 세미나를 개최하고자 하오니,
관심 있는 구성원의 참여를 부탁드립니다.

일시: 2024년 4월 26일(금) 10:00~12:00
장소: 우석경제관(223동) 107호

내 용	발 표 자
축사	윤영호 기획부총장
개회	여명석 교수(건축학과, 연구책임)
발제1	해외 주요대학의 탄소중립 캠퍼스 전환 특징
발제2	서울대 탄소중립 여건과 시나리오
발제3	탄소중립 파일럿 프로젝트 - 건물부문
발제4	탄소중립 파일럿 프로젝트 - 인프라부문
발제5	탄소중립 캠퍼스 로드맵과 추진계획
토론	강창우 교수(인문대학 학장), 유재준 교수(자연과학대학 학장), 신영기 교수(시흥캠퍼스 추진본부장), 이규섭 교수(전기정보공학부), 유원서 부의장(환경동아리 연합회의)

서울대학교 국가미래전략원
Institute for Future Strategy, Seoul National University

SNUI
Institute for Sustainable Development
서울대학교 지속가능발전연구소

SNU
서울대학교
교수사회공헌단

1-4. 탄소중립을 위한 열에너지 정책개선안 발표회

서울대 국가미래전략원은 2024년 5월 7일 서울대 우석경제관에서 ‘탄소중립을 위한 열에너지 정책 발전방안’ 토론회를 열어 열에너지 정책의 현황과 개선 방안을 논의했다. 이 자리에는 열 에너지 관련 학계, 연구계, 산업계 등의 관계자 40여 명이 참석했다. 최종에너지의 절반가량이 쓰이는 열에너지에 대한 개념과 범위를 정할 수 있도록 법적 근거를 마련하고 종합계획을 법 제화해야 한다는 주장이 제기됐다. 법적 근거는 개별법을 제정하기보다는 에너지 정책을 총괄 하는 에너지법을 개정하는 것이 바람직하다고 제안했다.

더불어 에너지이용합리화법, 집단에너지사업법, 신재생에너지법 등 유관 법도 개정해 열에너지

관련 개념을 반영 및 연계해야 한다는 지적이다. 여기에 전력 위주로 된 분산에너지특별법 역시 전기와 열을 같이 갈 수 있도록 개정해야 한다는 의견도 나왔다. 특히 산업부 에너지정책실, 에너지효율과, 탄소중립녹색성장위원회에서도 실무책임자가 참석하는 등 정부도 상당한 관심을 표명했다. 전문가들은 최종에너지에서 많은 비중을 차지하는 열에너지를 방치해선 탄소중립을 달성할 수 없다며 열에너지 관련 법제화 및 종합적인 국가계획 수립이 필요하다고 입을 모았다.

그림 7. 탄소중립을 위한 열에너지 정책 발전방안 (2024년 5월)



탄소중립을 위한 열에너지 정책 발전 방안

주최 | 서울대 국가미래전략원
일시 | 2024년 5월 7일 오후 2시 ~ 5시
장소 | 서울대 우석경제관 5층 국제회의실(504호)

시간	내 용
2:00 ~ 2:10	인사말 김준기 원장(서울대 미래전략원)
2:10 ~ 3:10	주제발표 사회 김정운 교수(서울대 자연과학대학) 1 오세진 박사(에너지 경제 연구원) - 열에너지 정책이 왜 중요한가? 2 정훈 박사(국회 미래연구원) - 열에너지 정책 개선을 위한 법적 개선 방안은 무엇인가? 3 김민수 교수(서울대 공과대학) - 히트펌프는 열에너지 정책에서 왜 중요한가?
3:10 ~ 4:10	토론 좌장 윤재용 교수(서울대 미래전략원) - 조진화 팀장(산업부 에너지정책소통TF(에너지정책실 직속)) - 김태환 실장(에너지 공단) - 유정민 박사(서울연구원) - 권팔석 박사(녹색에너지전략 연구소) - 조용성 교수(고려대) - 채덕홍 편집국장(이투뉴스)
4:10 ~ 5:00	종합토론


 서울대학교 국가미래전략원
 Institute for Future Strategy, Seoul National University

2. 소통

탄소중립 클러스터 소통부문은 탄소중립 클러스터 월례회의와 관련 포럼 및 전문가 초청세미나로 크게 2가지 형태로 운영되었다. 클러스터 월례회의는 탄소중립 클러스터에 소속된 교수들이 중심으로, 외부 전문가 초청세미나는 필요한 경우 해당 전문가를 초청하여 진행하였다.

2-1. 탄소중립 클러스터 연구참여자 세미나

클러스터 연구참여자 세미나를 통해 매달 각 부문에서의 탄소중립 현황, 문제점, 해결방안, 향후 계획 등에 대해 발표 및 토론을 진행하였다. 탄소중립 클러스터 행사가 있는 달에는 클러스터 연구참여자 세미나를 행사로 대체하였다.

표 5. 서울대 국가미래전략원 탄소중립클러스터 연구참여자 세미나

월	일시	발표자	발표 제목	지정토론자
2023년				
7월	7월 21일(금) 8시	정수종 교수 (서울대 환경계획학과)	탄소중립 이행 평가를 위한 과학기술	클러스터 구성원
		김현석 교수 (서울대 자연과학대학)	기후변화와 산림의 역할	
9월	9월 14일(목) 16시	박상욱 교수 (서울대 과학학과)	탈탄소 전환과 전환적 혁신정책	클러스터 구성원
10월	10월 19일(목) 16시	김현석 교수 (서울대 산림과학부)	건물부문 탄소중립 이행을 위한 이슈와 과제	클러스터 구성원
		김정은 (서울대 공과대학)	지속가능한 에너지 전환과 기술혁신 정책	
11월	11월 23일(목) 16시	Ram Oren 교수 (美 Duke 대학교)	Mechanisms regulating water uptake in a patchy woodland-grass system and consequences to net ecosystem carbon exchange	클러스터 구성원
2024년				
1월	1월 31일(수) 12시	정수종 교수 (서울대 환경계획학과)	기후테크 우리나라가 집중육성 해야 할 분야는?	클러스터 구성원
		조홍식 교수 (서울대 법학과)	제28차 유엔기후변화협약 당사국총회 (COP28) 결과와 과제	
3월	3월 14일(금) 9시	이종수 교수 (서울대 공과대학)	에너지 정책의 현재와 미래	클러스터 구성원
		정수종 교수 (서울대 환경계획학과)	수소시대의 메탄 우리가 주목해야 할 또 하나의 불편한 진실	

○ 7월 21일(금) (환경계획부문 : 정수종 교수, 산림 부문: 김현석 교수)

‘탄소중립 이행 평가를 위한 과학기술’을 주제로 탄소 배출을 줄이고 지속 가능한 환경을 조

성하는 데 필요한 혁신적인 기술과 정책의 발전 검토를 소개하고, 관련 기술 발전 방향성을 주제로 토론하였다.

‘기후변화와 산림의 역할’을 주제로 기후변화에 대응하여 산림이 어떻게 탄소 흡수원으로 기능할 수 있는지 소개하고, 향후 산림의 저감 효과 및 기후변화 탄소중립 기여 방안을 주제로 토론하였다.

○ 9월 14일(목) (혁신전환부문: 박상욱 교수)

‘탈탄소 전환과 전환적 혁신정책’이라는 주제로 과학기술혁신정책의 발전과정 및 현황을 소개하고, 이를 적용한 수소 경제 및 철강 산업 부문의 탈탄소 전략에 관해 토론하였다.

○ 10월 19일(목) (산림 부문: 김현석 교수, 전환부문: 김정은 교수)

‘기후변화와 산림의 역할’이라는 주제로 산림 부문의 탄소중립 세계 현황 및 전반적인 산림의 탄소중립 역할을 소개하고, 향후 산림의 탄소중립 기여 방안 및 저감효과에 대해 토론하였다.

‘지속가능한 에너지 전환과 기술확산정책’이라는 주제로 지속가능한 에너지전환에 소개하고, 신재생에너지 기술확산 정책에 대한 연구 동향을 설명하여 향후 신재생에너지에 대한 정책 과정에 관해 토론하였다.

○ 11월 23일(목) (산림 온실가스 플렉스 부문: 듀크대 Ram Oren 교수)

‘Mechanisms regulating water uptake in a patchy woodland-grass system and consequences to net ecosystem carbon exchange’라는 주제로 기후변화에 따른 산림 부문에서 물 관리 메커니즘 옵션 제한 설정 및 탄소 교환에 관해 토론하였다.

○ 1월 31일(수) (환경계획부문 : 정수종 교수, 법학 부문: 조홍식 교수)

‘기후테크 우리나라가 집중육성 해야 할 분야는?’이라는 주제로 탄소중립 및 기후변화에 대응하기 위해 국내에서 집중적으로 육성해야 할 기후기술 분야를 소개하고, 향후 관련 기술 분야의 잠재력과 중요성에 관해 토론하였다.

‘제 28차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP28) 결과와 과제’라는 주제로 COP28의 주요 합의 사항을 소개하고, 글로벌 기후 목표에 기여하기 위해 국내외에서 시급히 해결해야 할 과제와 전략을 주제로 토론하였다.

○ 3월 14일(금) (공학 부문: 이종수 교수, 환경계획부문 : 정수종 교수)

‘에너지 정책의 현재와 미래’라는 주제로 현재 진행 중인 에너지 정책과 미래의 지속 가능한 에너지 전략을 소개하고, 이러한 노력이 미래의 에너지 수급 및 경제에 어떻게 영향을 미칠지를 토론하였다.

“수소 시대의 메탄” 우리가 주목해야 할 또 하나의 불편한 진실’이라는 주제로 수소 생산과정에서 발생할 수 있는 메탄 배출 문제와 그에 따른 환경 영향을 소개하고, 이를 관리하기 위한 적절한 조치를 주제로 토론하였다.

2-2. 탄소중립 클러스터 외부 전문가 초청세미나

매달 첫째 주 금요일마다 외부 전문가 초청세미나를 통해 전환, 수송, 건물, 산림 부문 등의 전문가들을 섭외하여, 각 부문에서의 탄소중립 현황, 문제점, 해결방안, 향후 계획 등에 대해 발표 및 토론을 진행하였다. 탄소중립 클러스터 행사가 있는 달에는 클러스터 연구참여자 세미나를 행사로 대체하였다.

표 6. 탄소중립 클러스터 외부 전문가 초청세미나

월	일시	발표자	발표 제목	지정토론자
2023년				
8월	8월 28일(금) 17시	주대영 사무처장 (탄소중립녹색 성장 위원회)	탄소중립을 향한 경주	-
9월	9월 1일(금) 17시	이승언 박사 (건설기술 연구원)	건물부문 탄소중립 이행을 위한 이슈와 과제	여명석 교수(서울대), 박덕준 박사(건설생활환경시 험연구원)
10월	10월 6일(금) 17시	이규진 교수 (아주대 교통공학과)	교통 탄소중립의 기술과 비용 내재화	안영환 교수(숙명여대), 김광일 처장(녹색교통)
11월	11월 10일(금) 17시	김현제 원장 (에너지경제연 구원)	글로벌 에너지시장 변환과 청정에너지 인프라 구축	조영탁 교수(한밭대), 정은호 전문위원 (푸른아시아)
2024년				
1월	1월 26일(수) 17시	신동원 연구실장 (한국환경연구 원)	글로벌 기후정책 동향과 시사점	정예름 연구원 (숲과 나무), 박경원 연구원 (상공회의소)

○ 8월 18일 (탄녹위 주대영 사무처장)

‘탄소중립을 향한 경주’라는 주제로 한국의 넷제로 추진 방향 및 향후 개선사항과 각국의 탄소중립 추진 사례를 소개하였다.

○ 9월 1일(금) (건물부문: 건기원 이승언 연구원)

‘건물부문 탄소중립 이행을 위한 이슈와 과제’라는 주제로 건물부문의 탄소중립 녹색성장 기본계획, 에너지 소비 특성, 해외동향 등을 소개하고, 향후 한국의 기후위기 이슈 발생과 이에 대한 대응방안을 주제로 토론하였다.

○ 10월 6일(금) (수송부문: 아주대 이규진 교수)

‘교통 탄소중립의 기술과 비용 내재화’라는 주제로 수송부문의 탄소중립 현황, 해외 성과 사업 및 정책(전략) 사례를 소개하고, 억제와 지원의 균형을 맞춘 지속가능한 정책의 필요성을

주제로 토론하였다.

○ 11월 10일(금) (전력부문: KEEI 김현제 원장)

‘글로벌 에너지시장변환과 청정에너지 인프라 구축’이라는 주제로 글로벌 에너지시장의 전망 및 환경 변화를 소개하고, 한국의 전력부문 현황 및 도전과제, 이에 따른 청정에너지 구축 방향을 주제로 토론하였다.

○ 1월 26일(수) (KEI 신동원 연구실장)

‘기후정책 동향과 시사점’이라는 주제로 주요 기후정책 이슈와 이를 해결하기 위한 국가 및 국제 차원의 노력을 소개하고, 향후 지속 가능한 발전을 위한 방향성을 주제로 토론하였다.

VI. 기타

향후 연구 계획

I. 2차연도 연구 계획

서울대학교 국가미래전략원 탄소중립 클러스터는 2차연도에 1차연도의 연구 연장선 하에서 다음 세 가지 주요 연구 주제를 중심으로 탄소중립 실현을 위한 연구와 정책 개발에 추진할 계획이다. 첫째로 AI 기반 탄소중립 기술개발 정책을 제안할 예정이다. 기후변화는 인류가 직면한 가장 큰 위기 중 하나이며, 화석연료 사용으로 인한 온실가스 배출이 지구 온난화의 주된 원인이다. 이를 해결하기 위해서는 탄소중립을 달성해야 하며, 인공지능(AI) 기술은 이를 위한 강력한 과학기술적 해결책이 될 수 있다.

AI는 데이터 분석, 최적화, 자동화 등의 능력을 갖추고 있어 에너지 효율성 향상, 재생에너지 확대, 탄소 포집 및 저장 등 다양한 분야에 활용될 수 있다. (1) AI 기반 기술을 활용하면 에너지 수요와 공급을 실시간으로 예측하고 최적화할 수 있다. 이를 통해 에너지 낭비를 최소화하고 효율적인 에너지 관리가 가능해집니다. (2) AI 알고리즘을 활용하여 국내 많은 제조업의 화석연료 기반 공정을 분석하고 탄소 배출을 최소화하는 방안을 제시할 수 있다. 이를 통해 기존 산업 공정의 친환경성을 높일 수 있습니다. (3) AI 기술은 차세대 배터리, 태양전지, 탄소 포집 기술 등의 개발을 가속화할 것입니다. AI 기반 시뮬레이션과 최적화를 통해 신소재 및 신기술 개발 과정에서 시행착오를 줄일 수 있다.

결과적으로 AI 기반 탄소중립 기술은 에너지 효율성과 재생에너지 활용을 극대화하고, 탄소 배출을 최소화함으로써 기후위기 극복과 지속가능한 미래를 앞당길 수 있을 것으로 기대된다. 이를 위해서는 AI 기술 혁신과 탄소중립 기술개발을 위한 정책을 잘 만들 필요가 있다. 이를 바탕으로 정부와 민간이 협력하여 AI 기반 탄소중립 기술 연구개발에 적극적으로 나서야 합니다. 또한 AI 전문가와 에너지/환경 전문가 간 융합 연구를 촉진하고, 관련 인력양성에도 힘써야 할 필요성이 있다.

이와 같은 연구를 통해 AI 기반 탄소중립 기술개발을 위한 구체적인 정책을 마련할 예정이다. 하반기에는 AI 기반 탄소중립 R&D 정책 보고서를 작성하고, 정책 간담회 또는 포럼을 개최하여 다양한 이해관계자의 의견을 수렴할 계획이다. 이를 바탕으로 필요한 경우 서울대학교의 관련 교육과 연구혁신 방안도 제안할 예정이다. AI와 친환경 기술의 융합을 통해 차세대 성장 동력을 확보하고, 기후위기 극복을 위한 실질적인 해결책을 제시할 수 있을 것으로 기대한다.

두 번째 연구 주제는 글로벌 탄소중립에서의 대한민국의 전략적 선택에 관한 것이다. 기후변화와 탄소중립 이슈는 글로벌 차원에서 다루어져야 할 중요한 문제이다. 유럽, 미국, 중국 등

주요 국가들이 적극적으로 탄소중립을 추진하고 있는 가운데, 한국 역시 전략적인 선택을 해야 할 때이다. 탄소중립을 추진하지 않을 경우, 한국은 국제사회에서 고립될 수 있으며, 주요 교역국들과의 무역 갈등이 발생할 수 있다. 또한, 친환경 산업 및 기술 발전에 뒤처져 장기적으로 경제적 손실을 볼 수 있다. 반면, 적극적인 탄소중립 정책을 통해 새로운 성장 동력을 확보하고 글로벌 시장에서 경쟁력을 갖출 수 있다.

그러나 탄소중립 전환에는 큰 비용과 이해관계 충돌이 예상된다. 특히, 산업 구조조정과 에너지 전환 과정에서 발생할 수 있는 사회적 갈등을 최소화하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 정부, 기업, 시민사회 등 다양한 이해관계자들의 협력이 필수적이다. 한국은 탄소중립 전환을 위해 단계적이고 체계적인 접근이 필요하다. 먼저, 국가 차원의 장기 로드맵을 수립하고, 이를 바탕으로 산업별, 부문별 세부 계획을 수립해야 한다. 또한, 기술 개발과 인프라 구축에 대한 투자를 확대하고, 규제 개선 및 인센티브 제도를 마련해야 한다.

무엇보다 중요한 것은 주요 글로벌 플레이어들과의 협력이다. 한국은 탄소중립 기술과 정책 경험을 공유하고, 국제 협력 프로젝트에 적극적으로 참여함으로써 글로벌 리더십을 확보해야 한다. 이를 통해 한국은 탄소중립 전환과정에서 발생할 수 있는 위험을 최소화하고, 새로운 기회를 창출할 수 있을 것으로 기대된다.

세 번째 연구 주제는 1차연도 연구에 완성하지 못한 보고서들의 완성도를 높이고 정책 결과물의 공유와 홍보 활동 등을 통하여 정책적 임팩트를 극대화하기 위한 노력을 할 예정이다. 특히 '서울대학교 교수 탄소중립 기술에 대해서 말하다' 책자 완성할 예정이다. 본 보고서를 통해 서울대학교 전문가들의 탄소중립 기술개발 및 정책의 현황과 문제점 및 해결방안에 대한 의견을 수렴하고, 향후 교육의 방향성에 대해 제안할 것이다. 추후 관련 내용을 책으로 출간하여 고등학생과 같은 미래의 핵심 인재를 위한 탄소중립 기술에 관한 기초를 제공하고, 공부 방향성을 제시해주는 길잡이 역할을 제공할 예정이다.

2차연도에는 상반기에 서울대학교 교수들의 탄소중립 기술과 정책에 대한 의견을 종합하여 보고서를 완성하고, 이를 바탕으로 책자를 제작하여 출간하며, 고등학생과 같은 미래의 핵심 인재를 위한 탄소중립 기술 교육 프로그램을 개발하고 배포할 것이다.

이번 2차연도 연구 주제 계획과 의의는 단순히 학문적 연구와 기술개발에 그치는 것이 아니라, 대한민국이 글로벌 탄소중립 선도국가로 자리매김할 수 있는 전략을 마련하는 데 있다. AI 기반 기술을 통해 혁신적인 해결책을 제시하고, 글로벌 기후정책 환경에서 한국의 전략적 위치를 확립하며, 미래 인재들에게 탄소중립 기술과 정책에 대한 명확한 방향성을 제시함으로써, 탄소중립 실현을 위한 구체적이고 실질적인 변화를 만들어나갈 것이다.

이러한 연구 계획은 기후변화 대응을 위한 국제적인 협력과 기술 혁신을 촉진하며, 탄소중립을 달성하기 위한 길잡이 역할을 할 것이다. 이를 통해 서울대학교 국가 미래전략원 탄소중립 클러스터는 지속 가능한 미래를 향한 글로벌 리더로서의 역할을 다하며, 인류의 지속 가능한

발전에 기여하고자 한다.

첨부 (별도 파일)

1. 논문
2. 발표문
3. 기사
4. 웹사이트
5. 포스터와 사진
6. 동영상