미래예측

# 탄소중립 녹색기술의 환경적 영향

KISTEP 기술예측센터 · KEITI 기술산업기획실







#### 요약

#### ◈ 연구 배경 및 목적

- 정부는 기후변화 대응을 위한 2050년 탄소중립 목표를 제시하였으며, 이를 달성하기 위해 탄소중립 녹색기술 개발에 대한 투자를 확대하고 있음
- 하지만, 탄소중립 녹색기술 개발은 기술 적용 과정에서 생태환경에 대한 부정적인 영향이 발생하고 있으며, 진정한 의미의 탄소중립 녹색기술 개발을 위해서는 기술 적용 과정에서 발생하는 환경적 영향을 최소화하기 위한 노력이 필요
- 따라서, 탄소중립 녹색기술 개발이 초래하는 불확실한 미래 환경변화에 대응하기 위해서 기술예측 전문기관인 KISTEP과 환경 분야의 연구관리 전문기관인 KEITI와의 공동예측을 통한 장기적인 대응방안 마련 필요

#### ◈ 연구 방법 및 절차

- 국내외 문헌 조사, 전문가 워크숍, 설문조사 및 시나리오 플래닝 등을 활용하여 미래이슈 수집·분석 및 대응방안 마련
  - 시나리오 플래닝의 경우에 주제에 크게 영향을 미치는 변화동인 중 영향력과 불확실성이 큰 2개의 핵심 불확실성 축을 도출하여 4가지 시나리오를 구성하는 고전적인 2×2 시나리오 작성 방식 적용
- 3단계 추진절차를 통해 '탄소중립 녹색기술의 환경적 영향'에 대한 전망 및 분석 수행
  - (1단계) 국·내외 문헌 분석 및 전문가 워크숍을 통한 미래이슈 및 대응방안 도출
  - (2단계) 시나리오 기본 축 도출 및 챗GPT를 활용하여 4가지 시나리오 작성
  - (3단계) 시나리오와 미래이슈 간의 연관성 분석, 환경 R&D 전문가 대상 설문조사 등을 통해 미래이슈 및 대응방안에 대한 심층분석 수행

#### ◈ 주요 결과 및 시사점

- 모든 미래이슈는 "사회경제적 파급효과"와 "시급성" 측면에서 보통(3.0)보다 높게 평가되었지만, "우리의 대응역량" 측면에서는 "전력부족 및 정전"을 제외한 모든 미래이슈에 대해서 보통(3.0)보다 낮게 평가됨
  - "에너지 가격 상승에 따른 취약계층 증가", "에너지 전환으로 에너지 가격 상승 및 원자재 수급 부족", "탄소중립 정책 불확실성 이슈", "해외 기술과의 기술력 차이로 인한 수입 의존성 증가 및 국내 기술개발 위축"이 가장 중요한 미래이슈로 평가됨
- 탄소중립 녹색기술의 부정적 영향에 대한 대응방안으로 응답자들은 "탄소중립 장기 로드맵 마련 및 정책적 일관성 유지"을 가장 중요하게 평가했으며, 경제적 측면의 "에너지 믹스 최적화"를 다음으로 중요하게 평가함
  - 기술적 측면의 대응방안 중 '저에너지·고효율 저감기술/장치 개발'이 가장 중요하게 평가됨
- 기후변화 대응을 위해서는 생태환경 훼손을 감수해서도 탄소저감이 우선이라는 주장과 탄소저감을 위해서 생태환경을 훼손할 수 없다는 생태환경 우선의 2개의 주장이 대립되는 미래모습 각각에서 에너지 공급 전환 우선과 에너지 소비 절감 우선을 구분하여 총 4개의 시나리오를 도출
  - 4개 시나리오와 미래이슈 간의 연관성 평가에서 미래이슈 중 '에너지 가격 상승에 따른 취약계층 증가'와 '탄소중립 녹색기술의 환경성 논쟁'은 미래의 어떤 시나리오와 상관없이 항상 발생할 것으로 전망
- 탄소중립 녹색기술 적용이 초래하는 환경적 영향에 대한 미래예측 연구 결과는 향후 탄소중립 이행을 위한 환경 R&D사업 기획·추진시 기초자료로 활용

# 목 차

1. 연구 배경 및 방법
2. 탄소중립 녹색기술의 환경적 영향 사례 4
3. 탄소중립 녹색기술의 환경적 영향 미래모습 11
4. 설문조사 결과분석 26
5. 결론 및 향후 과제
참고문헌 33
[붙임 1] 워크숍 및 자문 전문가 명단 34
[붙임 2] 설문조사(안)35

# 1 연구 배경 및 방법

#### ♥ 연구배경

- 정부는 기후변화 대응을 위한 2050년 탄소중립 목표를 제시하였으며, 이를 달성하기 위해 탄소중립 녹색기술 개발에 대한 투자를 확대하고 있음
  - 전세계적으로 탄소배출 감축을 위해 총 136개국에서 탄소중립 선언하였으며, 우리나라도 국제사회의 기후위기 대응에 동참하기 위하여 2020년 10월에 2050 탄소중립을 선언하고, 2030 온실가스 감축 목표(NDC)도 상향\*
  - \* 2030년 감축 목표를 기존 '18년 대비 26.3% 감축에서 '18년 대비 40% 감축(총배출량 기준)으로 개선
  - 정부는 탄소중립 핵심 100대 기술을 선정하였으며, 연구개발 투자를 확대하고 탄소중립 기술혁신 전략 로드맵도 수립 중1)
- 하지만, 탄소중립 녹색기술 개발은 기술 적용 과정에서 생태환경에 대한 부정적인 영향이 발생하고 있음
  - 무분별한 태양광 패널의 설치는 생태계 훼손 및 태양광 폐패널의 해체·처리 과정에서 유해 중금속 등이 배출되고 있으며, 해상 풍력 발전기 설치 및 송전케이블 매설 과정에서 주변 해역 생태계에 악영향 유발
  - 폐플라스틱의 열분해·가스화 등으로 인해 온실가스 및 염소, VOC 등의 오염물질이 배출되고 있으며, 친환경 모빌리티로 각광받는 전기자동차는 배터리로 인한 차량 무게가 증가하여 타이어 마모로 미세먼지 배출량 증가
- 진정한 의미의 탄소중립 녹색기술 개발을 위해서는 기술 적용 과정에서 발생하는 환경적 영향을 최소화하기 위한 노력이 필요하며, 이를 위해서는 미래에 탄소중립 녹색기술이 초래할 수 있는 다양한 부정적 이슈를 살펴보고 대응방안을 마련하는 것이 필요

<sup>1)</sup> 관계부처합동(2022), "탄소중립 녹색성장 기술 혁신 전략".

- 향후 탄소중립 녹색기술이 널리 활용되었을 때 발생할 수 있는 문제점을 사회적, 기술적, 경제적, 환경적, 정책적 등 다양한 측면에서 살펴보고 평가하는 노력 필요
- 탄소중립 녹색기술 개발이 초래하는 불확실한 미래 환경변화에 대응하기 위해서는 기술예측 전문기관인 KISTEP과 환경 분야의 연구관리 전문기관인 KEITI와의 공동예측을 통한 장기적인 대응방안 마련 필요
  - 공동예측을 통한 협력 증진 및 경험을 공유함으로써 각 기관의 미래예측 및 중장기 전략 수립 역량 강화 필요
  - 환경적 이슈가 가지고 있는 복잡성 및 불확실성으로 인해 중장기적인 시계를 가지고 대응방안을 마련하는 것이 필요하며, 이런 측면에서 환경 분야에서 기술예측의 적용 확대 기대
- 본 미래예측 브리프에서는 향후 10년의 탄소중립 녹색기술 개발이 초래하는 환경적 영향에 대한 다양한 미래 가능성을 탐구하고 대응방안을 마련하여 향후 탄소중립 이행을 위한 환경 R&D사업 기획·추진을 위한 기초자료로 활용
  - 특정 세부기술에 국한하기보다는 전체 부문에서 환경과 관련된 내용으로 폭넓게 설정하여 미래이슈 탐색 및 대응방안 마련

## ◈ 연구 방법 및 절차

- 본 연구에서는 과학기술 혁신정책 전문기관인 KISTEP과 환경R&D 전문관리 기관인 KEITI가 협력하여 국내외 문헌 조사, 전문가 워크숍, 설문조사 및 시나리오 플래닝 등을 활용하여 미래이슈 수집·분석 및 대응방안 마련
  - 시나리오 플래닝은 불확실성이 큰 주제에 대해 다양한 미래 가능성을 탐구하고 대응방안을 만드는 방법으로, 본 연구에서는 주제에 크게 영향을 미치는 변화동인 중 영향력과 불확실성이 큰 2개의 핵심 불확실성 축을 도출하여 4가지 시나리오를 구성하는 고전적인 2×2 시나리오 작성 방식 적용2)

<sup>2)</sup> 임현(2009), "미래전망과 유망기술발굴 기능고도화에 관한 연구"

○ 3단계 추진절차를 통해 '탄소중립 녹색기술의 환경적 영향'에 대한 전망 및 분석 수행

#### 〈표 1〉 탄소중립 녹색기술의 환경적 영향 관련 추진 절차

#### 주요 내용 세부 내용 • 국·내외 문헌 분석을 통해 녹색기술과 환경적 영향 관련된 자료 조사·분석 (1) - 미래이슈 후보 초안 도출 미래이슈 수집 • 전문가 워크숍을 통한 미래이슈 보완 및 대응방안 도출 및 분석 - Futures wheel 방법론 등을 활용한 워크숍 진행 $\blacksquare$ • 탄소저감 우선 vs. 생태환경 우선 축과 에너지 공급 전환 우선 vs. 에너지 소비 (2)절감 우선 축을 중심으로 4가지 시나리오 구성 시나리오 작성 • 챗GPT를 활용한 시나리오 스토리 작성 ▼ • 미래이슈 및 대응방안에 대한 평가 (3)- 미래이슈와 시나리오 간의 연관성 평가 대응방안 평가 - 환경 R&D 전문가 대상 설문조사 수행

- (1단계) 국·내외 문헌 분석을 통해 탄소중립 녹색기술의 환경적 영향 관련된 미래이슈 후보 초안 도출
  - 전문가 워크숍을 통한 미래이슈 수정·보완 및 대응방안 도출
- (2단계) 시나리오 기본 축 도출 및 시나리오 작성
  - 전문가 워크숍을 통하여 탄소저감 우선 vs. 생태환경 우선 축과 에너지 공급 전환 우선 vs. 에너지 소비 절감 우선 축을 중심으로 4가지 시나리오 구성
  - 챗GPT를 활용하여 4가지 시나리오별 스토리 작성
- (3단계) 미래이슈 및 대응방안에 대한 심층분석
  - 1단계에서 도출한 미래이슈와 4가지 시나리오의 연관성 분석
  - 환경 R&D 전문가 대상 설문조사를 통해 우선적으로 고려해야 할 핵심 미래이슈 및 대응방안 도출

# 2 탄소중립 녹색기술의 환경적 영향 사례

- ◈ 정부는 2050 탄소중립 목표 달성을 위해 탄소중립 핵심 100대 기술 선정
  - 탄소중립 핵심 기술은 크게 에너지전환부문, 산업부문, 수송·교통부문, 건물·도시 부문, 환경부문 등 크게 5개 부문으로 분류되며, 탄소감축 기여도, 탄소감축 비용 효과, 실현 가능성 등을 검토하여 한국형 탄소중립 100대 기술 선정
    - \* 태양광, 풍력, 수소공급, CCUS, 석유화학(폐플라스틱), 환경 분야의 탄소중립 기술

〈표 2〉 탄소중립 핵심 기술(100대 기술)

부문	분야	탄소중립 핵심 기술	
	태양광	초고효율 태양전지, 폐태양광 재활용 기술 등 3개 기술	
	풍력	초대형 풍력터빈, 해상풍력 발전·운영·관리 기술 등 4개 기술	
	수소공급	수소 저장 및 운송, 수전해 수소 생산 기술 등 3개 기술	
에너지	무탄소 신전원	수소 혼소방식 가스발전, 미분탄 보일러 암모니아 혼소 기술 등 6개 기술	
에니시   전환	전력저장	단주기 에너지 저장 시스템, 사용후 배터리 ESS 시스템 기술 등 3개 기술	
	전력망	실시간 전력거래 플랫폼, 지능형 송배전 시스템 기술 등 3개 기술	
	에너지 통합 시스템	히트펌프, 전력-열-수소 하이브리드 시스템 기술 등 4개 기술	
	원자력	소형모듈형원자로, 선진 원자력 시스템 기술 등 3개 기술	
	철강	수소환원제철 제조, 탄소저감형 고로 및 전로 기술 등 8개 기술	
	석유화학	전기 가열로 시스템, 폐플라스틱 열분해/가스화/해중합 기술*등 15개 기술	
산업	시멘트	비탄산염 원료 전처리, OPC 內 혼합재 함량 증대 기술 등 7개 기술	
	CCUS	연소 후 포집, 육해상 저장소 탐사 및 평가, 광물탄산화 기술 등 11개 기술	
	산업일반	화석연료 대체 전기화 기술, 高 GWP 공정가스 대체기술 등 7개 기술	
건물/도시	제로에너지 건물	건축물 에너지 시스템 효율화, 그린 리모델링 기술 등 9개 기술	
수송/교통	친환경자동차	차세대 이차전지 기술, 구동모터 성능 향상 기술 등 5개 기술	
十古/业古	무탄소 선박	무탄소 연료 활용 내연기관, 전기 모터 추진 시스템 기술 등 4개 기술	
환경	환경	폐기물 발생저감 대체 소재, 폐자원 금속자원 회수, 블루카본 증진 기술 등 5개 기술	

※ 출처 : 탄소중립 녹색성장 기술 혁신 전략, 관계부처 합동(2022)

- ▼ 탄소중립 핵심 기술로 선정된 기술들의 경우 탄소감축 효과는 높으나, 특히, 환경분야와 연관성이 높은 분야의 기술의 경우 기술 적용 과정에서 발생하는 환경적 영향까지도 최소화가 가능한 진정한 의미의 탄소중립 녹색기술인지에 대한 평가는 부족한 실정
  - (태양광) 태양광 패널의 무분별한 설치로 인한 생태계 훼손 및 설치 후 태양광 폐패널의 해체·처리 과정에서 유해 중금속 배출 등 환경오염 문제 발생
    - 신·재생에너지 보급 확대 정책에 따라 태양광 시설이 급속하게 증가하면서, 무분별한 설치로 인해 산지 훼손 등 생태계 파괴를 유발
      - ※ '17~'20년 태양광 발전설비 설치로 인한 산지 훼손 면적 5,131ha(여의도 면적의 약 18배)<sup>3)</sup>
    - 태양광 패널에는 인체에 유해한 중금속(납, 카드뮴, 크롬 등)이 포함되어 있어 폐패널 폐기 및 유가자원(알루미늄, 은, 구리, 실리콘 등) 회수를 위한 재활용 과정에서 적절한 처리가 이루어지지 않을 경우 환경오염 유발



※ 출처 : 에너지데일리



※ 출처 : 환경이슈신문

#### [그림 1] 태양광 폐패널 방치

- 또한, 태양광 설비는 전력계통을 차단하더라도, 패널에서 발전이 지속돼 감전, 화재의 위험성이 있어 폐기를 위한 해체 과정에서 안전사고의 위험성도 상존

<sup>3)</sup> 중앙일보(2022.09.16.) 문정부 태양광에 뭉텅뭉텅... 나무 265만그루 잘려나갔다.

- (육상/해상 풍력) 풍력 발전기 설치로 인한 환경 파괴, 풍력 터빈에서 발생하는 소음·진동으로 인한 인체 및 생태계 영향 문제 유발
  - 풍력 발전기의 경우 날개 크기가 중형은 50m, 대형은 150m가 넘으며, 회전반경을 고려하면 수백미터의 범위의 산림을 훼손하여 설치하여야 하기 때문에 육상 생태계 훼손이 불가피하며, 발전기 주변에는 전기에너지 저장장치와 연계 운영되는 경우가 많아 화재 발생시 산림 화재로 확산될 우려도 큼4)
  - 해상 풍력 발전의 경우 해상 풍력 발전기 설치 및 송전케이블 매설 과정에서 해저면 교란으로 인한 부유사 발생으로 저서생물 서식처가 훼손되어 주변 해역 생태계에 악영향 유발
  - 윈드 터빈 신드롬(wind turbine syndrome)이라고 불리는 풍력 발전기 터빈이 회전하는 과정에서 발생하는 저주파 소음으로 인해 인근 주민 뿐만 아니라 가축 생육, 식물 성장, 어류 양식 등에도 피해를 유발5)
  - ※ 풍력발전시 발생하는 260dB의 소음은 어종의 청각장애 및 생태계 변화 초래<sup>6)</sup>



※ 출처 : 경향신문

※ 출처: https://www.windturbinesyndrome.com

#### [그림 2] 풍력발전 생태계 훼손(좌) 및 윈드 터빈 신드롬(우)

- 또한, 고전압 전력선에서 발생하는 자기장으로 인해 인근 해역을 이동하는 해양 생물에 영향을 미치며, 전파 교란으로 인해 어선의 안전 조업을 위협하여 조업지역 축소에 따른 조업감소 문제 유발

<sup>4)</sup> 한국안전뉴스(2022.12.) 풍력발전설비의 반복되는 화재사고와 문제점

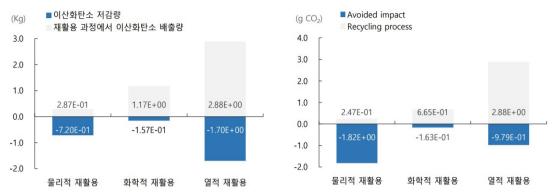
<sup>5)</sup> 데일리안(2022.06.08.) 무색무취 바람마저 환경파괴·소음공해라니

<sup>6)</sup> 한국수산경제(2021.06.28.) 해상풍력발전 현황 및 문제점

- **(수소저장 및 운송)** 생산된 수소를 운송(액체 수소 운송) 과정에 필요한 전력 소비 과다로 인한 온실가스 배출량 증가
  - 액체 수소 운송방식 중에서 액화 방식은 수소를 대기압 기준 영하 253℃까지 냉각하여 액체 상태로 탱크로리를 통해 운송하는 방식으로, 1~2bar 압력 이하로 대량 운송이 가능하다는 장점으로 대도시 내 수소공급에 적합한 방식
  - 그러나, 수소를 액화하는 데 많은 전력이 소비되어, 이에 따른 온실가스 배출량이 증가하는 문제 발생
- (무탄소 신전원) 에너지 전환을 위한 수소와 암모니아를 활용한 혼소 발전 기술의 경우 대기오염(NO<sub>x</sub>, 미세먼지) 유발
  - 암모니아에 포함된 질소로 인해 혼소 발전시 질소산화물 $(NO_x)$ 의 배출량이 증가할 가능성 높음
  - 연구결과에 따르면,  $NO_x$  배출량은 혼소율이 낮을 때 가장 많고 혼소율이 증가함에 따라 점차 감소하는 경향을 나타냄 $^{7}$
  - 그러나, 혼소율이 40%를 초과하면 불연소 암모니아 발생이 증가하며, 불연소 암모니아는 NO<sub>x</sub> 및 SO<sub>2</sub>와 반응하여 미세먼지(2차 미세먼지)를 발생시킴 ※ 가스상으로 배출된 NH<sub>3</sub>는 NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> 등과 반응하여 미세먼지를 생성하며 이를 2차 미세먼지라고 함
- (폐플라스틱 순환이용) 폐플라스틱의 열분해·가스화 등에 소비되는 에너지 과다로 인한 온실가스 배출량 증가 및 오염물질(염소, VOC 등) 배출 문제 발생
  - 페플라스틱 열분해 및 가스화 기술을 활용하여 연료나 화학재료 등의 원료로 전환하는 경우 많은 양의 에너지가 필요하며, 부산물(염소, VOCs 등)이 발생
  - 페플라스틱 열분해, 가스화, 해중합 등 화학적 재활용 기술에 대한 LCA 평가 결과 CO<sub>2</sub> 배출량 및 환경 영향이 단순 물리적 재활용에 비해 큰 것으로 나타남8)

<sup>7)</sup> Ishirara et.al., Numerical calculation with detailed chemistry of effect of ammonia co-firing on NO emissions in a coal-fired boiler, Fuel, 26(15), 2020

<sup>8)</sup> 교보증권 리서치센터(2022), "플라스틱 재활용 당위성과 기술 현황"



※ 출처 : 플라스틱 재활용 당위성과 기술현황, 교보증권 리서치센터(2022)

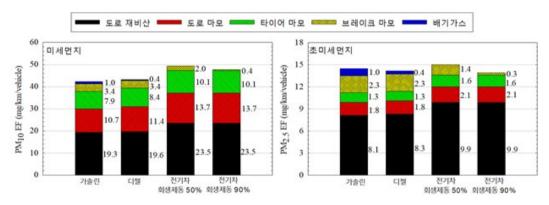
#### [그림 3] 폐플라스틱 재활용 방법별 CO<sub>2</sub> 배출량 및 저감량(좌)과 환경영향 결과 값(우)

- 폐플라스틱 열분해를 통한 연료유 생산 과정에서 발생하는 부산물인 염소와 휘발성 유기화합물(VOCs)로 인한 반응기 부식 및 2차 환경오염 문제 발생 가능
- (CCUS) 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)의 포집·저장·활용 과정에서 용수 사용 과다, CO<sub>2</sub> 누출 위험, 저장·활용에 사용되는 에너지 소모량 과다로 인한 온실가스 배출량 증가 등의 문제 발생
  - 습식 포집 기술의 경우 용해제의 공급과 재생에 많은 양의 물이 필요하며, 포집제 재생과정에서 대량의 냉각수가 필요하여 수자원 손실을 유발, 모노 에탄올 아민법을 이용한 습식방식의 경우 흡수액의 누출 위험성이 존재
  - CO<sub>2</sub> 운송 및 저장시설의 경우 누출 사고의 위험성이 상존하며, 저장시설에서 누출사고 발생시 고농도의 CO<sub>2</sub>가 지하수와 토양에 영향을 미칠 수 있으며, 지층에 고압의 CO<sub>2</sub>를 주입하면 지진활동을 유발할 가능성도 존재<sup>9)</sup>
    - ※ 2020년 2월 美 미시시피주 사타티아 마을  $CO_2$  운송파이프 파열 사고 발생
  - 2020년 기준 전세계에 설치된 4천만 톤 규모의 CCUS 설비 대부분(75%)은 포집된 이산화탄소를 지중 주입하는 압력을 활용해 원유를 추출하는 원유회수증진 (Enhanced Oil Recovery, EOR) 설비로 온실가스를 배출하는 화석연료를 생산한다는 점에서 진정한 탄소중립 녹색기술로 보기에는 한계10)

<sup>9)</sup> 포스코경영연구원 이슈 리포트(2022), 탄소포집·저장활용(CCUS)를 바라보는 두 가지 시각

<sup>10)</sup> 기후솔루션(2021), 탄소포집, 이용 및 저장기술(CCUS) 현황과 문제점

- CO<sub>2</sub>를 전환·활용하여 탄화수소 및 합성가스 등의 원료·연료를 생산하는 경우 온실가스 감축 효과는 크나, 전환·활용에 막대한 양의 열에너지가 필요하여 이를 확보하는 과정에서 다시 CO<sub>2</sub>를 발생시킬 수 있음
- (친환경 자동차) 전기차, 수소차 등 수송·이동 수단의 친환경 모빌리티로의 전환에 따른 새로운 대기오염물질 발생 및 차세대 배터리 개발·활용으로 인한 자원 고갈
  - 기존 내연기관에서 배출되는 대기오염물질과는 달리 배터리 등으로 기존보다 차량 무게가 증가하여 마찰 강도가 높아지면서 타이어 마모 등으로 인해 미세먼지 배출량 증가



※ 출처 : 한국기계연구원

[그림 4] 내연기관과 전기자동차 발생 배출원별 미세먼지 측정 결과

- 기존 리튬이온 배터리보다 안전성과 효율성이 높은 전고체 배터리 등 새로운 배터리의 개발 및 활용으로 인한 원료물질 고갈
- (폐기물 발생저감) 석유계 플라스틱 발생 저감 및 대체를 위한 바이오 플라스틱 생산으로 인한 생태계 파괴 및 식량 부족 문제 발생 가능
  - 플라스틱의 원료를 화석연료에서 식물 등 바이오 원료로 급격하게 전환할 경우 바이오 원료 조달을 위한 유전자 변형식물 문제, 농경지 감소로 인한 식량 부족 등의 문제 발생 가능
    - ※ 현재 사용되는 플라스틱을 모두 바이오 플라스틱으로 대체하는 경우 원료 공급을 위해 전 세계 농지의 11%가 필요<sup>11)</sup>

- (폐자원 유가금속 회수) 전기차 폐배터리, 폐전기·전자제품 등으로부터 유가금속을 회수하는 과정에서 유해물질 배출 및 많은 에너지 소비
  - 폐배터리, 폐전기·전자제품 등 폐자원으로부터 유가금속을 회수하는 방식은 대량의 화학물질(습식제련) 또는 높은 온도로 가열하여 회수(건식제련) 하는 방식이 이용되며, 이 과정에서 유해물질 배출(폐수, 폐기물 등) 및 막대한 에너지 소비 문제 발생

<sup>11)</sup> LIFEIN(2021), 바이오플라스틱은 플라스틱의 대안이 될수 있을까?

# ▍ 탄소중립 녹색기술의 환경적 영향 미래모습

#### ♥ 미래이슈 및 대응방안 도출

- 전문가 워크숍에서 "Futures Wheel"이란 방법을 활용하여 탄소중립 녹색기술이 미래에 널리 활용될 때 등장할 수 있는 부정적인 미래이슈 및 대응방안 도출
  - Futures Wheel은 다양한 아이디어를 쏟아내는 브레인스토밍의 과정을 하나의 그림으로 구조화한 것으로 현재 잠재적인 문제점, 기회, 새로운 시장, 제품, 서비스 파악 및 대안의 전략 평가 등에 광범위하게 쓰이고 있음
- 전문가 워크숍에서 참석한 전문가들을 A, B의 2그룹으로 분류한 후에 그룹별로 논의를 진행하였으며, 각 그룹에서 도출한 부정적인 미래이슈 및 대응방안을 통합하고 정리함
  - 도출된 미래이슈는 STEEP 분석을 활용하여 다음 표와 같이 사회적, 경제적, 환경적, 정치적, 기술적 측면으로 구분하여 정리

#### 〈표 3〉 탄소중립 녹색기술의 부정적 영향 관련 도출된 미래이슈 및 대응방안

	미래이슈	대응방안
		• 취약계층 에너지 바우처 지급
	• 에너지 가격 상승에 따른 취약계층 증가	• 저소득층 주거 환경 개선 지원(단열재, 창호 시공 등)
	• 연료전지 사용 증가 등에 따른 화재 발생 증가	• 전고체 배터리 등 화재위험 낮은 배터리 기술개발
	5/1	• 화재 요인별 소방안전 방안 마련
		• 녹색산업으로 이직 등을 통한 고용유지 방안
비취제	• 내연기관 자동차, 화력발전소 등 전통 산업	모색
사회적 측면	대체 분야 일자리 감소 및 지역 경기 침체	• 경력 개발(업종전환 교육 훈련)
		• 해당 산업단지 지역에 녹색기술 클러스터 유치
	• 녹색소비를 위한 소비자 역량 미흡12)	• 녹색소비 인센티브 제도 개선 및 교육 확대
	• 사회적 불만 누적 및 반/비판적 환경주의자 확산(비용 증가, 불편 증가 유발하는 규제에 대한 일부 시민들의 반발)	• 환경 캠페인 및 시민 교육 확대
	• 기업/지자체들의 그린 워싱 일상화 (ex. 폭스바겐 디젤 게이트 등)	• ESG 투명성 강화 조치 (독립적 검증기구 활용 포함) • 비용효율적이고 객관적인 지표 도입

#### ●○● 탄소중립 녹색기술의 환경적 영향

	미래이슈	대응방안
기스터	• 해외 기술과의 기술력 차이로 인한 수입 의존성 증가 및 국내 기술개발 위축	• 국내 제품 인센티브 강화
기술적 측면	(ex. 태양광, 풍력은 현재 중국이 세계 1위로 해상풍력에서 중국산 터빈 잠식 이슈 부각, 전기 버스 시장은 사실상 중국제 제품 위주)	• 미국 IRA 법, 유럽 CRMA법 급의 전략적 자국 산업 보호 필요
	• 농업 생산성 및 면적 감소	• 공익직불제 확대 도입, 농가 단위 재해 정책 보험가입자 확대
		• 스마트 농업 확대
	• 탄소중립 녹색전환에 따른 농작물 피해,	• 취약계층 복지 확대
	에너지 가격 상승 등에 기인한 물가 상승	• 농산물 가격품목에 대한 조기방출과 해외도입 등 수급관리
경제적	• 에너지 전환으로 에너지 가격 상승 및 원자재 수급 부족	• 에너지 믹스 최적화
측면	. ᅯ려 비즈 미 저저	• 스마트 에너지 그리드
	• 전력 부족 및 정전	• 전기설비 안전등급제 적용
	• 전통에너지 설비(석탄,석유 발전설비 등) 폐기 문제	• 효과적인 에너지 설비 대체 프로그램 개발
	• 수소에너지 생산원료 수급 및 과다 에너지 필요	• 수소 제조 시 전력비용 산출 필요(기존 coke 활용과 환경성 비교)
	• 수소에너지 운반 시 효율 감소 및 손실 발생	• 수소 생산원료물질 안정적 확보
	• 태양광, 풍력 등 신재생에너지 보급 확대에	• 생태계 피해 최소화 최적 입지 선정
	따른 생태계 교란 증가	• 보호구역 설정 또는 설치 지역 지원금 지원
	• 초고효율 태양전지 등 새로운 태양광 폐기물 발생 증가	• 태양광 폐패널의 친환경 재활용 기술 및 함유 유해물질 대체물질 개발
	20 0/1	• 태양전지 함유 유해물질 제한 제도 도입
	• 전고체 배터리 등 새로운 배터리 개발 및	• 친환경 폐배터리 순환이용(원료물질 재활용) 기술개발
환경적	활용으로 인한 원료 물질 고갈	• 배터리 제작시 재활용 원료물질 사용 의무화 등 제도 개선
측면	• 수소나 암모니아 혼소/전소 발전 등 발전	• 저에너지·고효율 저감기술/장치 개발
	부문 에너지 전환에 따른 새로운 대기오 염물질 발생 증가(예, NOx 배출량 증가)	• 혼소/전소 발전 부분 오염물질 규제 강화
	• 저탄소·친환경 수송전환에 따른 신규 대기오염물질 발생(예, 전기차 비배기계	• 신규 오염물질 발생량 예측 및 측정 기술개발
	미세먼지 배출 등)	• 오염물질 배출 저감 소재 및 저감 기술개발
	• 탄소포집용 흡수제(아민 등) 재생에 필요한 용수 사용량 증가로 용수 부족 문제 및	• 재이용수 등 대체 수자원 활용
	흡수제 누출시 환경오염 발생	• 생분해성 용해제 개발·사용

미래이슈		대응방안
	• 대기 중의 탄소포집(직접공기포집 등)에	• 포집 효율 향상 기술개발
	필요한 에너지 사용량 증가	• 저탄소 에너지원 활용 확대
	• 포집·저장 시설의 CO <sub>2</sub> 누출에 의한 탄소 감축량 감소 및 환경·생태계 위해	• 환경영향평가, 모니터링 기술개발 및 제도 강화
	• 수소 저장시설의 안정성 논란	• 저장시설 안정성 평가/향상 기술개발
	· 구소 시청시골의 한성성 논년	• 수소 저장시설 안전기준 강화
	• 바이오플라스틱 사용량 증가에 따른 식량	• 유기성폐자원 등 비식량자원 활용 바이오 플라스틱 생산기술개발
	자원 감소/가격 상승, 생태계 파괴	• 바이오플라스틱 순환이용 기술개발
	• 생태계 흡수원(습지, 산림 등)의 경우 CO <sub>2</sub> 재배출로 탄소중립 효과 감소	• 생태계 흡수원 탄소흡수 모니터링 및 감축량 산정 기술 고도화
	• 탄소중립 녹색기술의 환경성 논쟁	Carbon Footprint
	• 후발국들의 녹색기술에서의 해외 의존도	• 국내 기업의 해외 진출 추진
정치적 측면	심화	•국내 기업 육성 및 필수자원 확보
	• 기술이 필요한 곳과 기술 역량의 불일치	• 녹색기술 국제 협력 프로그램 활성화
	환경 보호 국수주의 심화	• 범지역 협력 프로그램
	• 탄소중립 정책 불확실성 이슈 (ex. 탈원전 vs. 친원전, RE100 vs CF100)	• 탄소중립 장기 로드맵 마련 및 정책적 일관성 유지

#### ◈ 시나리오 작성을 위한 기본구조

- 기후변화가 가속화되면서 탄소중립 녹색기술 개발의 필요성이 강조되고 있는 미래사화를 시나리오 작성의 전제 조건으로 가정함
- 하지만, 기후변화 대응을 위해서는 생태환경 훼손을 감수해서도 탄소저감이 우선이라는 주장과 탄소저감을 위해서 생태환경을 훼손할 수 없다는 생태환경 우선의 2개의 주장이 대립되는 미래모습 상정
- 2개의 상반되는 미래모습 각각에서 에너지 공급 전환 우선과 에너지 소비 절감 우선을 구분하여 총 4개의 시나리오를 고려

<sup>12)</sup> 과학기술기반의 새로운 탄소중립 녹색기술이 등장하여 '안전성'은 과학적으로 입증되었으나 소비자들이 아직 '안심'하고 받아들이지 못하는, 즉 소비역량이 부족한 상태 (ex. GMO 식품이 아직도 표시제 못하고 있는 한국의 상황)

Digital Divide처럼 탄소중립 녹색기술은 발전하는데 그 소비역량, 활용역량이 불충분하여 환경영향 감소도 개인적 이득도 취하지 못하는 상태

#### ●○● 탄소중립 녹색기술의 환경적 영향

- 에너지 공급 전환 우선은 탄소배출 주원인은 화석연료 사용이므로, 에너지 공급에서 신재생에너지로 전환을 가속해 탄소저가 목표 달성
- 에너지 소비 절감 우선은 신재생에너지 공급 비중이 높아져도 에너지 소비 증가가 계속되면, 탄소저감 곤란하므로 탄소배출의 근본 원인인 에너지 소비에서도 대대적 절감 추진

#### 4개의 시나리오 시나리오 변수 및 조합 탄소저감 우선 에너지 공급 전환 우선 S1: 화석연료 - 탄소배출 주원인은 화석 연료 사용이 X 없는 - 기후변화는 인류 생존을 위협하 므로, 에너지 공급에서 신재생에너지 세계를 향해 는 가장 중요한 이슈로, 기후변 로 전환을 가속해 탄소저감 목표 달성 화의 핵심 원인인 탄소 배출량 증가를 최우선적으로 저지해야 한다는 국제적 분위기 형성 S2: 에너지 소비 절감 우선 에너지 소비 절감 강화로 - 신재생에너지 공급 비중이 높아져도 X 에너지 소비 증가가 계속되면, 탄소 탄소 중립 사회 구현 저감 곤란. 탄소 배출의 근본 원인인 에너지 소비에서도 대대적 절감 추진 생태 환경 우선 S3: 에너지 공급 전환 우선 기후-생태가 - 탄소저감 수단이 다양해진 상황 - 탄소배출 주원인은 화석 연료 사용이 조화로운 에서, 단순히 양적인 탄소 감축 X 므로, 에너지 공급에서 신재생에너지 에너지 공급 만 추구해서는 안 되며, 기술 전 로 전환을 가속해 탄소저감 목표 달성 전환 주기 관점에서 실제적 탄소 저 감량과 생태계 영향을 종합적으 로 고려해 현명하게 정책 Mix를 S4: 에너지 소비 절감 우선 기후-생태 가져가야 한다는 인식이 확산 상생의 - 23년 9월 TNFD의 '자연공시' - 신재생에너지 공급 비중이 높아져도 순환 경제 X 권고안 공개 등 Biodiversity, 에너지 소비 증가가 계속되면, 탄소 커뮤니티 Nature Positive가 ESG 핫 저감 곤란. 탄소 배출의 근본 원인인 사회 이슈로 부각 에너지 소비에서도 대대적 절감 추진

[그림 5] 시나리오의 기본구조

# ○ 4개의 시나리오 간 차별점은 다음 표와 같음

〈표 4〉 4가지 시나리오의 요약

	제목	기본 축	설명
시나리오 1	화석연료 없는 세계를 향해	탄소저감 우선/ 에너지 공급 전환 우선	생태환경이 훼손되더라도 탄소저감을 위해 공급부문, 산업부문의에너지 전환 강조  ▷ (정책 방향) 탄소배출을 최대한 줄이는 것을 목표로, 에너지 공급원에서 화석연료를 최대한 배제하고 신재생에너지로 전환하기 위한 노력을 집중 강화 ▷ (R&D 방향) 에너지원들의 발전 효율 극대화에 초점(ex. 탠덤태양전지, 우주 태양광 발전) ▷ (투자 우선순위) 대형 태양광 및 해상풍력, 원자력 발전 등 대용량 고출력 친환경 발전소
시나리오 2	에너지 소비 절감 강화로 탄소중립 사회 구현	탄소저감 우선/ 에너지 소비 절감 우선	생태환경이 훼손되더라도 탄소저감을 위해 시민이나 가계와 같은 최종소비자의 소비활동, 수요활동의 변화 강조 ▷ (정책 방향) 탄소 배출량의 근원적 감축을 위해 개인과 기업의에너지 소비량을 줄이는데 초점 ▷ (R&D 방향) 친환경, 고효율 제품/기술개발(ex. 전기차,바이오플라스틱,히트펌프,고효율 수소 촉매),에너지 절약기술 (ex. EMS, HMS) 등에 초점 ▷ (투자 우선순위) 친환경/저에너지기기/기술 확산 위한 보조금지급과 인프라 확충
시나리오 3	기후-생태가 조화로운 에너지 공급 전환	생태환경 우선/ 에너지 공급 전환 우선	생태환경을 훼손하는 탄소저감 노력 반대하며, 생태환경을 보존을 중심으로 산업부문의 에너지 공급방식의 변화 추구 ▷ (정책 방향) 탄소중립과 함께 Nature Positive를 동시 추구하며 전주기 관점에서 에너지 공급원의 친환경 전환을 설계·전개 ▷ (R&D 방향) 에너지 효율 증대와 생태환경 보호의 적절한 trade-off 지점탐색, 환경성을 고려한 신재생에너지 개발 ▷ (투자 우선순위) 전체 에너지 공급망 및 사회 시스템의 에너지 효율 최적화 등 (ex. 대규모 친환경 해양 풍력과 도시형 소형 풍력의 다양한 Mix, 에너지 스마트 시티, 스마트그리드와 VPP 등)
시나리오 4	기후-생태 상생의 순환경제 커뮤니티 사회	생태환경 우선/ 에너지 소비 절감 우선	생태환경을 훼손하는 탄소저감 노력 반대하며, 시민이나 가계와 같은 최종소비자의 소비활동, 수요활동의 변화가 생태환경 보존 중심으로 이루어짐  > (정책 방향) 기후변화 대응과 생태다양성 보호라는 사회 공동체적 가치 실현을 위해 에너지뿐만 자원의 소비 방식, 나아가 생산 방식이나 생활방식도 근본적인 변화 추구  > (R&D 방향) 탄소배출 및 생태 영향 전주기 평가, 자급자 족형 에너지 시스템(ex. 1리터 패시브 하우스, 제로 에너지 커뮤니티), 자원 리사이클링 등  > (투자 우선순위) Circular Economy 구축을 위한 관련 기술개발 및 인프라 조성

#### ●○● 탄소중립 녹색기술의 환경적 영향

#### ♦ 시나리오 스토리 작성

- 챗GPT를 활용하여 시나리오 스토리를 작성했으며, 각 시나리오에서 정책 방향, R&D 방향, 투자우선순위 등을 제시해서 차별성이 잘 드러나도록 시도함
  - 작성 시나리오는 내부 검토를 통하여 수정·보완함
- 4개 시나리오 스토리의 차이점을 쉽게 이해할 수 있도록 Dalle-3를 활용하여 2050년 도시의 미래모습을 그림으로 제시
  - 챗GPT를 통해 작성된 프롬프트를 활용하여 Dalle-3가 그림을 그리도록 유도

# 〈표 5〉 4가지 시나리오 스토리

	I오 제목	시나리오 제목
전 세계는 공급 및 산업 부문에서 에너지 전환을 강조하는 혁신적인 여정을 시작했으며, 일부 생태적 손상을 감수하다는  한소 배출량을 줄이는 데 우선순위를 두고 있습니다. 이러한 대담한 노력은 우리 사회, 경제, 환경의 근간을 재편했습이러한 미래를 이끄는 원동력은 기후변화를 완화하고 탄소배출이 지구에 미치는 파괴적인 영향을 억제하기 위한 형의지입니다. 생대환경 보존을 위해 어느 정도는 탈탄소화의 명령에 양보해야 하는 현실입니다. 이러한 선택은 어린취약하고 불안정한 기후가 선택적이고 계산된 생태적 희생보다 자연계에 훨씬 더 심각한 위험이 된다는 것을 이해하고 결정입니다. 한때 산업화의 생명증이었던 화석연료는 에너지 환경에서 점진적으로 퇴출되고 있습니다. 그 대신 전 제생 에너지원으로 눈을 돌렸고, 전례 없이 활발하게 재생 에너지원의 잠재력을 활용하기 위해 노력하고 있습니다. 대규모 태양광 발이제 광활한 대지 위에 펼쳐져 있으며, 태양광 패널은 강렬한 태양 아래에서 반짝입니다. 해상 풍력 발전 단지는 해안 가지평선에 존재하고 있으며, 거대한 터빈은 거센 바닷바람을 우아하게 활용하고 있습니다. 해내 공학적인 시각으로 여기에 광활한 대지 위에 펼쳐져 있으며, 태양광 패널은 강렬한 태양 아래에서 반짝입니다. 해나 풍력 발전 단지는 해안 공자력은 탈탄소화 전략의 중요한 축으로 부상했습니다. 첨단 원자력 기술은 안전성과 폐기물 최소화를 보장하며, 함환전소는 이제 탄소 제약이 있는 세상을 위한 신환경적인 고출력 솔루션으로 인식되고 있습니다. 이러한 미래 비전을 각국은 이러한 새로운 에너지원을 위한 인프라를 구축하고 공유하기 위해 전례 없는 협력에 나서고 있습니다. 국격을 함에너지 그리드는 대륙을 가로지르며 한 지역에서 생산된 양여 전력을 다른 지역과 즉시 공유할 수 있게 해줍니다. 상호 연결된 네트워크 덕분에 전 세계적으로 재생 에너지원으로의 전환이 더욱 안정적이고 탄력적으로 이루어지고 있습니라 변화의 이점은 분명합니다. 탄소 배출량이 극적으로 감소하고 치명적인 기후변화의 위협이 완화되었습니다. 당한 연결된 네트워크 덕분에 전 세계적으로 재생 에너지원으로의 전환이 더욱 안정적이고 탄력적으로 이루어지고 있습니다 개당하게 다른 강조는 연구, 개발 및 재생에너지 부문에서 수백만 개의 일자리를 창출하기도 했습그라나 도전이 없는 미래는 아닙니다. 재생 에너지원으로의 전환에 납타함의 비용이 수반됩니다. 대규모 태양광 발전소와 해상품력 발전소의 설치는 일부생태계에 영향을 미쳤으며, 환경운동가들은 원자력의 낮은 탄소 배출량에도 불구하고 여전히 치명적인 사고의 위험에 불신의 눈길을 거두지 않고 있습니다. 환경운동가들은 원자력의 낮은 탄소 배출량에도 불구하고 여전히 치명적인 사고의 위험에 불신의 눈길을 거두지 않고 있습니다. 환경운동가들은 원자력의 낮은 탄소 배출량에도 불구하고 여전히 치명적인 사고의 위험에 불신의 눈길을 거두지 않고 있습니다. 환경운동가들은 원자력의 낮은 탄소 배출량에도 불구하고 여전히 치명적인 사고의 위험에 불신의 눈길을 거두지 않고 있습니다. 환경운동가들은 원자력의 낮은 탄소 배출량에도 불구하고 여전히 치명적인 사고의 위험에 불신의 눈길을 거두기 않고 있습니다. 환경운동가들은 원자력의 낮은 탄소 배출량에도 불구하고 여전히 치명적인 사고의 위험에 불신의 눈길을 거두지 않고 있습니다. 환경운동가들은 원자력의 낮은 단소 배출량에도 불건의 기명적인 사고의 위험에 불신의 눈길을 거두기 않고 있습니다. 환경운동가들은 원자력의 낮은 전략 보험으로 작업되었습니다.	탄소         이라         의지         결정         채택         이지         원조         1         보고         에 상이         의지         발조         이더         기장         의조         이더         기장         이너         기장         이너         이너         기자         이너         이너         기자         이너         이너 <th>한소 배출량을 줄이는 데 우선순위를 두고이러한 미래를 이끄는 원동력은 기후변화의지입니다. 생태환경 보존을 위해 어느 취약하고 불안정한 기후가 선택적이고 계신결정입니다. 한때 산업화의 생명줄이었던 재생 에너지원으로 눈을 돌렸고, 전례 없이 채택하는 것뿐만 아니라 이러한 에너지원의이제 광활한 대지 위에 펼쳐져 있으며, 태양지평선에 존재하고 있으며, 거대한 터빈은원자력은 탈탄소화 전략의 중요한 축으로발전소는이제 탄소 제약이 있는 세상을 약각국은이러한 새로운에너지원을 위한 인택에너지 그리드는 대륙을 가로지르며 한 지상호 연결된 네트워크 덕분에 전 세계적으로이러한 변화의 이점은 분명합니다. 탄소 바더 깨끗해졌고 스모그로 가득 찬 도시는 되었습니다.에너지 전환에 대한 강조는 연고러나 도전이 없는 미래는 아닙니다. 재생 에너지원으로의 전환에는 생태학적 비생태계에 영향을 미쳤으며, 환경운동가들은불신의 눈길을 거두지 않고 있습니다. 환경</th>	한소 배출량을 줄이는 데 우선순위를 두고이러한 미래를 이끄는 원동력은 기후변화의지입니다. 생태환경 보존을 위해 어느 취약하고 불안정한 기후가 선택적이고 계신결정입니다. 한때 산업화의 생명줄이었던 재생 에너지원으로 눈을 돌렸고, 전례 없이 채택하는 것뿐만 아니라 이러한 에너지원의이제 광활한 대지 위에 펼쳐져 있으며, 태양지평선에 존재하고 있으며, 거대한 터빈은원자력은 탈탄소화 전략의 중요한 축으로발전소는이제 탄소 제약이 있는 세상을 약각국은이러한 새로운에너지원을 위한 인택에너지 그리드는 대륙을 가로지르며 한 지상호 연결된 네트워크 덕분에 전 세계적으로이러한 변화의 이점은 분명합니다. 탄소 바더 깨끗해졌고 스모그로 가득 찬 도시는 되었습니다.에너지 전환에 대한 강조는 연고러나 도전이 없는 미래는 아닙니다. 재생 에너지원으로의 전환에는 생태학적 비생태계에 영향을 미쳤으며, 환경운동가들은불신의 눈길을 거두지 않고 있습니다. 환경

시나리오 제목	시나리오 스토리
<b>시나리오 2</b> 에너지 소비 절감 강화로 탄소중립 사회 구현	임박한 기후 위기에 대한 전 세계의 인식이 높아지면서 정부, 기업, 개인은 탄소배출을 원천적으로 억제하는 것이 중요하다는 것을 인식했습니다. 개인과 기업의 책임이 강조되면서 일상생활에서 환경을 고려한 선택을 장려하게 되었습니다. 단소 저강 이니셔티브는 출퇴근 방식부터 사용하는 제품, 심지어 집에 전력을 공급하는 방식에 이르기까지 일상생활의 근간을 형성하기 시작했습니다. 가장 중요한 변화 중 하나는 자동차 산업의 변화입니다. 전기 자동차(EV)는 기존의 화석연료 자동차에 대한 찬항정적이고 지속 가능한 대안을 제시하며 각광을 받고 있습니다. 정부의 넉벽한 보조금과 광범위한 충전소 네트워크 덕분에 전기자는 거리에서 흔히 볼 수 있게 되었습니다. 고효율 수소 촉매는 연료전지 자동차에 활용되어 전기 혁명을 보완하는 깨끗하고 효율적인 에너지원을 제공합니다. 또한 제조 부문에서도 자체적인 친환경 혁명이 일어나고 있습니다. 이제 제품에는 혁신적인 저탄소 공정을 통해 제조되었음을 일리는 '친환경 미래로 만든' 라벨이 부착되어 있습니다. 바이오 플라스틱은 한때 비디작 매립지를 괴롭혔던 기존 플라스틱을 대체하여 포장재의 필수품으로 자리 잡았습니다. 가정 에너지 분야에서는 히트 펌프가 기존의 냉난방 시스템을 대체하는 표준으로 자리 잡았습니다. 시민들은 에너지 소비를 최적화하기 위해 에너지 관리 시스템(EMS)과 홈 관리 시스템(HMS)을 도입했습니다. 이러한 기술을 통해 주택 소유자는 에너지 사용량을 실시간으로 추적하고 데이터에 기반한 의사결정을 내려 탄소 발자국을 최소화할 수 있습니다. 정부의 인센티브는 모든 가정에서 이러한 기술을 이용할 수 있도록 하는 데 중추적인 역할을 했습니다. 탄산배출에 만리한 미래에서 기업들은 지속가능성이 책임검뿐만 아니라 수익성까지 보장한다는 사실을 깨닫고 관행을 핵신하고 있습니다. 탄소배출을 줄이기 위한 경쟁으로 인해 에너지 절약 기술과 관행이 놀랍도록 급증했습니다. 이러한 기술을 이용할 수 있도록 하는 데 중추적인 역할을 했습니다. 먼거 수익성까지 보장한다는 사실을 깨닫고 관행을 핵신하고 있습니다. 탄소배출을 줄이기 위한 경쟁으로 인해 에너지 절약 기술과 관행이 놀랍도록 급증했습니다. 이러한 기술을 이용한 수 있다를 통해 에너지 소비를 모니터리하고 크게 줄일 수 있게 되었습니다. 이러한 기업들은 친환경 제조업의 선구자로서 생태 보존과 탄소 감축의 균형을 맞추는 것이 가능하다는 것을 보여주고 있습니다. 인프라에 대한 정부의 지원과투자는 이러한 변화를 가능하게 하는 데 중요한 역할을 했습니다. 친환경 및 제에너지 기기 및 기술에 대한 보조금을 통해 모든 시민과 기업이 이러한 제품을 저렴하게 구매할 수 있게 되었으며, 지속 가능한 미래로의 전환에서 누구도 뒤치지지 않도록 보장하고 있습니다. 녹색 채권과 같은 이나셔티브는 재생에너지 발전소 및 대중교통 시스템 개선과 같은 친환경 프로젝트와 인프라에 대한 두자를 장려했습니다. 하지만 탄소배출을 원천적으로 줄이겠다는 약속에 도전 과제가 없는 것은 이납니다. 탄소 감축을 최수선 과제로 삼고 있지만, 생태환경에 대한 잠재적 피해에 대한 우려도 커지고 있습니다. 이러한 상품을 시작이 표정을 맞추는 것은 중요한 과제였습니다. 이를 위해서는 신중한 계획과 생태 복원 노력에 대한 지속적인 노력이 필요했습니다.

시나리오 제목 시나리오 스토리 |전 세계는 탄소배출을 줄이는 데에만 초점을 맞추기보다는 자연을 긍정적으로 생각하는 방향으로 접근 방식을 전환하고 있습니다. 이러한 패러다임의 변화는 우리의 행동이 지구에 해를 끼치는 것을 멈출 뿐만 아니라 우리를 지탱하는 생태계를 |적극적으로 육성하고 재생해야 한다는 것을 인식하고 있습니다. 이러한 상황에서 인류는 탄소중립과 생태계 보호 사이의 미묘한 균형을 찾았습니다. 한때 생태계 파괴의 주범이었던 기술과 혁신이 이제는 환경 복원과 보호의 원동력이 되는 세상이 되었습니다. 에너지 부문은 생태 보존에 대한 확고한 의지를 바탕으로 급격한 변화를 겪고 있습니다. 더이상 자연을 희생하면서까지 에너지 효율성을 추구하지 않습니다. 대신 자연과 조화를 이루는 방식으로 에너지 효율을 달성하여 생산되거나 절약되는 모든 킬로와트시가 더 건강한 지구에 기여할 수 있도록 합니다. 재생 에너지원은 환경을 최우선으로 고려하여 개발되었습니다. |풍력| 터빈과 태양광| 패널은 지역 생태계에 미치는 영향을 최소화하기 위해 재설계되었습니다. 한때 논란의 대상이 되었던 해상 풍력 발전 단지는 이제 해양 생물과 원활하게 공존하며 생물 다양성을 지원하는 인공 산호초 역할을 하고 있습니다. 도시 지역에서는 소규모 풍력 및 태양광 발전 설비를 수용하여 도시 구조에 통합하고 있습니다. 옥상은 녹지로 장식되고 |창문은 태양 에너지를 생산하여 도시를 번성하는 생태계로 변화시킵니다. 또한 전체 에너지 공급망과 사회 시스템이 지속 |가능성을 위해 최적화되었습니다. 스마트 그리드와 가상 발전소(VPP)의 지원을 받는 대규모 친환경 해상풍력과 도시 소규모 시나리오 3 |풍력의 다양한 조합은 환경에 미치는 영향을 줄이면서 안정적이고 신뢰할 수 있는 전력 공급을 보장합니다. 도시는 모든 건 기후-생태가 물과 교통 시스템이 전력망에 기여하고 에너지 낭비를 최소화하는 에너지 스마트 시티로 전환하고 있습니다. 건물은 최첨단 조화로운 에너지 |기술을 활용하여 태양, 바람, 심지어 사람들의 움직임으로부터 에너지를 활용하는 자립형 건물입니다. 상호 연결된 에너지 공급 전환 시스템은 실시간 조건에 따라 다양한 소스에서 전력을 끌어와 공급과 수요의 균형을 지능적으로 조절합니다. 바람이 강할 때는 |풍력| 터빈이| 에너지를 생산하고, 바람이 잔잔할 때는 태양광 패널이 그 역할을 대신합니다. 잉여 에너지는 저장되었다가 필요에 따라 재분배됩니다. 이러한 유연성은 안정적이고 탄력적인 에너지 공급을 보장합니다. 하지만 에너지 생산에만 국한 된 것은 아닙니다. 센서 네트워크는 지역 생태계를 모니터링하고 머신러닝 알고리즘은 잠재적인 생태계 교란을 예측합니다. 특정 지역의 조류 개체수가 위험에 처하면 터빈이 일시적으로 정지됩니다. 태양이 밝게 비추면 VPP는 남는 전력을 조림 활동을 지원하거나 가뭄이 심한 지역에 관개를 제공하는 데 사용합니다. 이러한 시스템은 효율성뿐만 아니라 환경 개선에도 |기여합니다. 이 미래에는 기술의 힘을 활용하여 지구를 보호하고 복원할 수 있습니다. 에너지 부문이 생태 보존의 원동력이 되는 세상, 탄소중립은 더 큰 퍼즐의 한 조각에 불과합니다. 인류가 자연과 공존하는 법을 배우고 에너지 효율과 생태 보호 사이의 균형을 찾은 세상입니다. 사람들은 번성하는 생태계가 번영하는 사회의 토대라는 것을 인식하고 환경의 관리자가 되었습니다. 이러한 미래 비전은 우리가 자연 세계의 아름다움과 다양성을 동시에 기념하는 탄소 중립적인 세상이라는 모든 것을 가질 수 있다는 것을 가르쳐 줍니다. 탄소 감축과 생물 다양성 보존을 위한 우리의 노력이 더 푸르고 밝은 내일로 이어질 것이라는 희망을 품고 지평선을 바라볼 수 있는 세상입니다.

시나리오 제목	시나리오 스토리
<b>시나리오 4</b> 기후-생태 상생의 순환경제 커뮤니티 사회	전 세계의 초점이 무분별한 소비에서 소중한 생태환경 보존으로 옮겨가는 놀라운 변화가 일어났습니다. 기후변화와 생물 다양성 손실에 대한 심각한 경고는 한때 인류를 먹구름처럼 덮었지만, 이제는 의미 있는 변화를 위한 촉매제 역할을 하고 있습니다. 사람들은 소비 습관과 라이프 스타일 선택의 근본적인 변화를 중심으로 기후변화 완화와 생물 다양성 보존의 융합이라는 새로운 패러다임을 받아들였습니다. 개인, 지역사회, 국가 전체가 환경 보호에 동참하는 세상을 상상해 보세요. 거리는 사람들로 북적거리지만, 공해를 내뿜는 차량의 소음이 대기를 가득 채우는 것은 아닙니다. 대신 도시에는 전기 자동차가 넘쳐나고, 대중교통은 재생 에너지원으로 구동되며, 수많은 녹지 공간과 도시 숲이 도시민에게 신선한 공기와 휴식을 제공합니다. 가장 주목할 만한 변화 중 하나는 자원을 소중히 여기고 소비하는 방식입니다. 더이상 물질적 소유를 촉적하거나 지속적인 업그레이드를 추구하는 것이 중요하지 않습니다. 이러한 미래에는 시민과 가정이 환경을 고려한 선택에 자부심을 갖게 됩니다. '적은 것이 더 좋다'는 사고방식이 뿌리를 내리고 있으며, 사람들은 낭비를 줄이고 자원 소비를 줄이며 생물 다양성을 지원하는 미니멀한 라이프 스타일에서 성취감을 찾습니다. 이러한 세상은 우리가 환경과 상호 작용하는 방식을 포괄적으로 재구성하는 것을 의미합니다. 이는 단순히 기후변화를 완화하는 것뿐만 아니라 생물 다양성을 육성하고 보존하는 것을 포함합니다. 환경 보호 노력은 일상생활의 일부가 되었으며, 모든 개인은 이 거대한 노력에서 자신의 역할을 이해하고 있습니다. 아이들은 어릴 때부터 지구의 풍부한 생명체를 유지하는 것의 중요성에 대해 교육을 받습니다. 첨단기술과 인프라의 개발은 지속 가능한 세상으로의 전환에 중추적인 역할을 해왔습니다. 단소 배출량과 생태계에 미치는 영향에 대한 수명 주기 평가는 모든 산업의 지침이 되어 생산 방식이 환경적으로 책임감 있게 이루어지도록 보장합니다. 제로 에너지 커뮤니티와 리터 패시브 하우스는 재생에너지와 효율적인 설계 원칙의 혁신적인 적용을 보여주는 표준이 되었습니다. 순한 경제로의 전환은 세계의 모든 곳에서 분명하게 나타나고 있습니다. 전원 재활용이 완벽하게 이루어지고 폐기물은 버려지는 것이 아니라 재활용할 수 있는 귀중한 자원으로 인식되고 있습니다. 전 세계는 방대한 재활용 및 업사이클링 허브 네트워크를 통해 서로 연결되어 지구의 유한한 자원에 대한 부담을 줄이고 있습니다.

〈표 6〉 4가지 시나리오의 2050년 미래상 및 그림

시나리오 제목	미래상	시나리오 그림
<b>시나리오 1</b> 화석연료 없는 세계를 향해	2050년 도시 외곽의 풍경은 크게 변했다. 거대한 규모의 태양광 농장이 넓은 평원과 사막 지역을 가득 채워넣었다. 수많은 태양 전지판들이 일괄된 방향으로 태양을 향하고 있어, 최대한의 효율로 태양의 에너지를 흡수하고 있다. 바다의 수평선 너머로는 거대한 해상 풍력 발전기들이 줄지어 서 있다. 각 발전기는 현대적인 디자인과 함께, 바람의 에너지를 최대한 효율적으로 전력으로 변환하고 있다. 안전한 위치에는 최신 기술을 탑재한 원자력 발전소가 운영되고 있다. 발전소는 최소한의 폐기물만을 생성하며, 고출력의 전력을 안정적으로 공급하고 있다. 이들 모든 에너지 원들은 첨단의 에너지 그리드를 통해 서로 연결되어 있다. 에너지는 필요한 곳에 실시간으로 효율적으로 전달되며, 에너지의 손실은 극소화되어있다. 이 그리드는 지능적인 에너지 관리 시스템에 의해 운영되어, 각 지역의 에너지 수요와 공급을 균형 있게 조절한다	
시나리오 2 에너지 소비 절감 강화로 탄소중립 사회 구현	2050년, 대도시의 풍경은 지금과는 크게 달라졌다. 도시에는 친환경 에너지 절약 기술이 도입된 스마트 건물들이 많아졌다. 투명한 태양광 패널 유리창이 적용되어 건물 스스로 전기를 생산하며, 건물 내부의 조명과 기기들은 에너지를 자동 조절하는 EMS(에너지 관리 시스템)와 HMS(가정 에너지 관리 시스템)에 연결되어 있다. 도로 위에는 거의 모든 차량이 전기차다. 이들 전기차는 고효율의 배터리와 에너지 절약 기술로 매우 높은 주행 거리를 보장하며, 길가의 고속 충전기를 통해 쉽게 에너지를 공급받는다. 또한, 많은 자동차는 태양광 패널이 장착되어 주간에는 자체 에너지를 생산하며 주행한다. 대중교통은 수소 연료전지를 활용한 버스와 철도가 주를 이룬다. 그리고 도시 전체에는 히트펌프와 고효율 수소 촉매를 활용한 에너지 시스템이 구축되어, 에너지 소비량을 크게 줄여 탄소중립 사회를 구현하고 있다. 정부 및 지자체는 친환경 및 저에너지 기기와 기술의 확산을 위해 개인과 기업에게 다양한 보조금과 혜택을 제공하고 있고, 이에 따라 도시 전체에서 에너지 절약 문화가 확산되어 있다.	

시나리오 제목	미래상	시나리오 그림
<b>시나리오 3</b> 기후-생태가 조화로운 에너지 공급 전환	2050년, 지구의 균형이 아름답게 재탄생했다. 기후변화를 가속하지 않는 경제 발전이 이루어지고, 인간과 자연 생물들은 서로 어우러져 살아간다. 미래 도시는 생태와의 조화를 중심으로 구축되고, 에너지의 소비와 생산이 동시에 이루어진다. 고층 빌딩에는 건물 일체형 태양광 패널이 설치되고 다양한 에너지 절약 기술이 도입되었다. 빌딩들 사이로 중소형 풍력터빈들이 전기를 생산한다. 그 주변은 수목원과 같은 녹색 공간으로 꾸며져 도심에서도 생태계와 교감할 수 있다. 도시의 외곽과 인근 바다에는 대규모 해양 풍력터빈들이 스마트 그리드를 통해 도시로 에너지를 효율적으로 공급한다. 도시 내에서는 VPP(가상 전력 공급망)를 통해 에너지 최적화가 진행되며, 에너지 소비 패턴에 따라 에너지 공급과 저장이 동적으로 조절된다. 교통 인프라는 전체에너지 최적화를 중심으로 설계되었다. 전기 버스와 자율주행 전기차와 수소 연료전지 차량이 주행한다. 도로 구조 역시 스마트 기술을 적용하여 차량의 이동 패턴과 에너지 소비에 맞게 신호와 도로 사용을 최적화한다. 이처럼 첨단 기술을 통해 에너지 효율을 극대화하면서도, 생태계의 중요성을 강조하는 미래 도시의 모습이 구현되고 있다.	
<b>시나리오 4</b> 기후-생태 상생의 순환경제 커뮤니티 사회	2050년 미래 도시의 풍경은 생태 자연과 조화를 이룬다. 탁 트인 가을 하늘 아래, 도시 건물들은 높이나 디자인에서 통일감을 가지면서도 각각 독특한 특색을 지녔다. 건물들은 햇빛, 비, 바람과 같은 자연의 힘을 활용하는 초고효율의 에너지 시스템을 탑재한다. "1리터 패시브 하우스" 컨셉의 주택들은 적은 에너지 소비로도 편안한 생활을 제공한다. 거리에는 수소 버스나 전기 차량, 자전거나 전동 킥보드가 평화롭게 공존한다. 도시 내 커뮤니티 센터에서는 주민들이 자원 리사이클링을 학습하거나, 재활용품을 교환하며 공동체 활동을 함께 한다. 소공원과 정원에서 주민들은 휴식을 취하거나 가족들과 즐거운 시간을 보낼 수 있다. 이러한 공간들은 다양한 동식물과의 교감의 장소로도 활용된다. 상점가나 시장은 지역의 농산물과 재활용품을 중심으로 운영되며, 물건 구매 대신 교환하는 방식의 상점도 자주 보인다. 사람들은 필요한 것을 나누고, 필요 없는 물건은 커뮤니티에 반환하는 방식을 선호한다. 도시 외곽에는 제로 에너지 커뮤니티가 형성되어 있다. 이곳에서는 주민들이 자급자족하는 에너지 시스템을 통해 일상을보내며, 에너지를 생산하고 저장하는 시설이 공동체의 중심에 위치하고 있다. 주민들은 에너지와 자원의 가치를 중시하며 지구와 자연과 인간이 함께 사는 세상을 만들어간다.	

#### ♦ 시나리오와 미래이슈 간의 연관성 평가

- 4가지 시나리오와 전문가 워크숍 등을 통해 도출한 30개의 미래이슈 간의 연관성 평가를 진행
  - 평가를 진행한 전문가들의 과반수가 관련성이 있다고 평가한 것만 연관성을 인정
- 시나리오 1인 '화석연료 없는 세계를 향해'가 대부분의 미래이슈와 연관성이 있다고 평가된 반면에, 시나리오 4인 '기후-생태 상생의 순환경제 커뮤니티 사회'가 가장 낮게 평가됨
  - 미래이슈 중 '에너지 가격 상승에 따른 취약계층 증가'와 '탄소중립 녹색기술의 환경성 논쟁'은 미래의 어떤 시나리오와 상관없이 항상 발생할 것으로 전망
  - 사회적 및 정치적 측면의 미래이슈는 경제적 및 환경적 측면의 미래이슈보다 더 많은 시나리오와 연관되어 있음
  - 시나리오3인 '기후-생태가 조화로운 에너지 공급 전환'은 '생태환경 우선'이라는 기본 축을 바탕으로 시나리오가 제시되고 있지만, '에너지 공급 전환 우선' 축으로 인해 여전히 많은 미래이슈와 연관되어 있음

〈표 7〉 미래이슈와 4가지 시나리오 간의 연관성 평가 결과

		시나리오				
			시나리오2	시나리오3	시나리오4	
미래이슈		탄소저감 우선/ 에너지 공급 전환 우선	탄소저감 우선/ 에너지 소비 절감 우선	생태환경 우선/ 에너지 공급 전환 우선	생태환경 우선/ 에너지 소비 절감 우선	
	• 에너지 가격 상승에 따른 취약계층 증가	1	1	1	✓	
사회적 측면	• 연료전지 사용 증가 등에 따른 화재 발생 증가	<b>√</b>	<b>✓</b>	✓		
	• 내연기관 자동차, 화력발전소 등 전통 산업 대체 분야 일자리 감소 및 지역 경기 침체	1	1	✓		
	• 녹색소비를 위한 소비자 역량 미흡 <sup>13)</sup>		1		1	

		시나리오			
		시나리오1	시나리오2	시나리오3	시나리오4
	미래이슈		탄소저감 우선/ 에너지 소비 절감 우선	생태환경 우선/ 에너지 공급 전환 우선	생태환경 우선/ 에너지 소비 절감 우선
	• 사회적 불만 누적 및 반/비판적 환경주의자 확산 (비용 증가, 불편 증가 유발하는 규제에 대한 일부 시민들의 반발)		<b>√</b>	1	<b>/</b>
	• 기업/지자체들의 그린 워싱 일상화 (ex. 폭스바겐 디젤 게이트 등)	1	1	1	
	• 농업 생산성 및 면적 감소	✓			
	• 탄소중립 녹색전환에 따른 농작물 피해, 에너지 가격 상승 등에 기인한 물가 상승	1	<b>√</b>		
	• 에너지 전환으로 에너지 가격 상승 및 원자재 수급 부족	1		1	
경제적 측면	• 전력부족 및 정전	1		1	
	• 전통에너지 설비(석탄, 석유 발전 설비 등) 폐기 문제	1	1	1	
	• 수소에너지 생산원료 수급 및 과다 에너지 필요	✓		✓	
	• 수소에너지 운반 시 효율 감소 및 손실 발생	1		1	
	• 태양광, 풍력 등 신재생에너지 보급 확대에 따른 생태계 교란 증가	1			
	• 초고효율 태양전지 등 새로운 태양광 폐기물 발생 증가	1		1	
환경적 측면	• 전고체 배터리 등 새로운 배터리 개발 및 활용으로 인한 원료 물질 고갈	1	✓	1	
	• 수소나 암모니아 혼소/전소 발전 등 발전부문 에너지 전환에 따른 새로운 대기오염물질 발생 증가 (예, NOx 배출량 증가)	1	✓		
	• 저탄소·친환경 수송전환에 따른 신규 대기오염물질 발생(예, 전기차 비배기계 미세먼지 배출 등)	1	1		

		시나리오			
		시나리오1	시나리오2	시나리오3	시나리오4
미래이슈		탄소저감 우선/ 에너지 공급 전환 우선	탄소저감 우선/ 에너지 소비 절감 우선	생태환경 우선/ 에너지 공급 전환 우선	생태환경 우선/ 에너지 소비 절감 우선
	• 탄소포집용 흡수제(아민 등) 재생에 필요한 용수 사용량 증가로 용수 부족 문제 및 흡수제 누출시 환경 오염 발생	1	✓		
	• 대기 중의 탄소포집(직접공기포집 등)에 필요한 에너지 사용량 증가	✓	✓		
	• 포집·저장 시설의 CO <sub>2</sub> 누출에 의한           탄소 감축량 감소 및 환경·생태계           위해	1	<b>√</b>		
	• 수소 저장시설의 안정성 논란	✓		✓	
	• 바이오플라스틱 사용량 증가에 따른 식량자원 감소/가격 상승, 생태계 파괴	<b>√</b>	✓		<b>√</b>
	• 생태계 흡수원(습지, 산림 등)의 경우 CO <sub>2</sub> 재배출로 탄소중립 효과 감소			✓	<b>✓</b>
	• 탄소중립 녹색기술의 환경성 논쟁	✓	✓	✓	<b>√</b>
	• 후발국들의 녹색기술에서의 해외 의존도 심화	1	1	1	
정치적 측면	• 기술이 필요한 곳과 기술 역량의 불일치	1	1	1	
	• 환경 보호 국수주의 심화		✓	✓	✓
	• 탄소중립 정책 불확실성 이슈 (ex. 탈원전 vs. 친원전, RE100 vs CF100)	✓	✓		
기술적 측면	• 해외 기술과의 기술력 차이로 인한 수입 의존성 증가 및 국내 기술개발 위축 (ex. 태양광, 풍력은 현재 중국이 세계 1위로 해상풍력에서 중국산 터빈 잠식 이슈 부각, 전기 버스 시장은 사실상 중국제 제품 위주)	/	V	V	
	합계	26	21	19	7

<sup>13)</sup> 과학기술 기반의 새로운 탄소중립 녹색기술이 등장하여 '안전성'은 과학적으로 입증되었으나 소비자들이 아직 '안심'하고 받아들이지 못하는, 즉 소비역량이 부족한 상태(ex. GMO 식품이 아직도 표시제 못하고 있는 한국의 상황)이며, Digital Divide처럼 탄소중립 녹색기술은 발전하는데 그 소비역량, 활용역량이 불충분하여 환경영향 감소도 개인적 이득도 취하지 못하는 상태

# 4 설문조사 결과분석

#### ◈ 조사 개요

- 탄소중립 녹색기술의 환경적 영향 관련 전문가 워크숍을 통해 도출한 미래이슈 및 대응방안에 대해 환경R&D 전문가를 대상으로 설문조사 수행 (붙임 2)
  - 구조화된 설문지를 이용한 온라인 조사를 통해 총 128명 응답
- 응답자 특성은 다음과 같음

〈표 8〉 응답자 특성

		응답수	비율 (%)
	전체	128	100.0
	20대	0	0.0
 연령대	30대	4	3.1
인당네 	40대	56	43.8
	50대 이상	68	53.1
성별	남성	123	96.1
(0) 글	여성	5	3.9
	정부출연연구소	23	18.0
	공공기관	21	16.4
소속	대학	33	25.8
	일반 기업	49	38.3
	기타	2	1.6

#### ♥ 미래이슈에 대한 분석 결과

- 30개의 모든 미래이슈는 "사회경제적 파급효과"와 "시급성" 측면에서 보통(3.0)보다 높게 평가됨
  - 하지만, "우리의 대응역량" 측면에서는 "전력부족 및 정전"을 제외한 모든 미래이슈에 대해서 보통(3.0)보다 낮게 평가됨

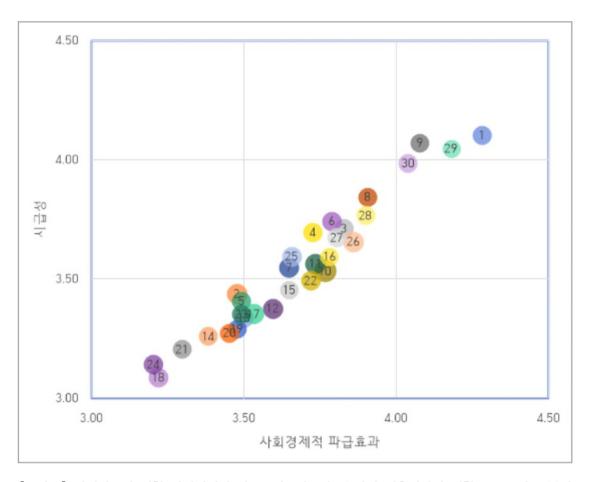
- "사회경제적 파급효과"와 "시급성" 기준에 의한 포트폴리오 분석에 따르면, "에너지 가격 상승에 따른 취약계층 증가", "에너지 전환으로 에너지 가격 상승 및 원자재 수급 부족", "탄소중립 정책 불확실성 이슈", "해외 기술과의 기술력 차이로 인한 수입 의존성 증가 및 국내 기술개발 위축"이 가장 중요한 미래이슈로 평가됨
  - 특히, 미래의 어떤 시나리오에서도 반드시 발생하는 미래이슈인 "에너지 가격 상승에 따른 취약계층 증가"는 "사회경제적 파급효과"와 "시급성" 기준 모두에서 가장 중요하게 평가됨

〈표 9〉 미래이슈에 대한 3가지 기준에 의한 평가 결과

번호	미래이슈	사회경제적 파급효과	시급성	우리의 대응역량
1	에너지 가격 상승에 따른 취약계층 증가	4.28	4.10	2.75
2	연료전지 사용 증가 등에 따른 화재 발생 증가	3.48	3.44	2.95
3	내연기관 자동차, 화력발전소 등 전통 산업 대체 분야 일자리 감소 및 지역 경기 침체	3.83	3.71	2.78
4	녹색소비를 위한 소비자 역량 미흡	3.73	3.70	2.78
5	사회적 불만 누적 및 반/비판적 환경주의자 확산	3.49	3.41	2.74
6	기업/지자체들의 그린 워싱 일상화	3.79	3.74	2.81
7	농업 생산성 및 면적 감소	3.65	3.55	2.87
8	탄소중립 녹색전환에 따른 농작물 피해, 에너지 가격 상승 등에 기인한 물가 상승	3.91	3.84	2.72
9	에너지 전환으로 에너지 가격 상승 및 원자재 수급 부족	4.08	4.07	2.69
10	전력부족 및 정전	3.77	3.53	3.20
11	전통에너지 설비 폐기 문제	3.73	3.56	2.94
12	수소에너지 생산원료 수급 및 과다 에너지 필요	3.59	3.38	2.90

#### ●○● 탄소중립 녹색기술의 환경적 영향

번호	미래이슈	사회경제적 파급효과	시급성	우리의 대응역량
13	수소에너지 운반 시 효율 감소 및 손실 발생	3.50	3.34	2.86
14	태양광, 풍력 등 신재생에너지 보급 확대에 따른 생태계 교란 증가	3.38	3.26	2.71
15	초고효율 태양전지 등 새로운 태양광 폐기물 발생 증가	3.65	3.45	2.66
16	전고체 배터리 등 새로운 배터리 개발 및 활용으로 인한 원료 물질 고갈	3.78	3.59	2.64
17	수소나 암모니아 혼소/전소 발전 등 발전부문 에너지 전환에 따른 새로운 대기오염물질 발생 증가	3.53	3.35	2.91
18	저탄소·친환경 수송전환에 따른 신규 대기오염물질 발생	3.22	3.09	2.83
19	탄소포집용 흡수제 재생에 필요한 용수 사용량 증가로 용수 부족 문제 및 흡수제 누출시 환경오염 발생	3.48	3.29	2.70
20	대기 중의 탄소포집(직접공기포집 등)에 필요한 에너지 사용량 증가	3.45	3.27	2.74
21	포집·저장 시설의 CO <sub>2</sub> 누출에 의한 탄소 감축량 감소 및 환경·생태계 위해	3.30	3.20	2.71
22	수소 저장시설의 안정성 논란	3.72	3.49	2.84
23	바이오플라스틱 사용량 증가에 따른 식량자원 감소/가격 상승, 생태계 파괴	3.49	3.35	2.69
24	생태계 흡수원(습지, 산림 등)의 경우 $CO_2$ 재배출로 탄소중립 효과 감소	3.20	3.14	2.79
25	탄소중립 녹색기술의 환경성 논쟁	3.66	3.59	2.86
26	후발국들의 녹색기술에서의 해외 의존도 심화	3.86	3.66	2.95
27	기술이 필요한 곳과 기술 역량의 불일치	3.80	3.67	2.80
28	환경 보호 국수주의 심화	3.90	3.77	2.75
29	탄소중립 정책 불확실성 이슈	4.18	4.05	2.62
30	해외 기술과의 기술력 차이로 인한 수입 의존성 증가 및 국내 기술개발 위축	4.04	3.98	2.73



[그림 6] 미래이슈에 대한 사회경제적 파급효과, 시급성, 우리의 대응역량에 의한 포트폴리오 분석 (원의 크기는 '우리의 대응역량'의 크기를 나타내며, 원 안의 숫자는 미래이슈 번호를 나타냄)

### 대응방안에 대한 우선순위

- 탄소중립 녹색기술의 부정적 영향에 대응방안으로서 응답자들의 10% 이상의 선택을 받은 우선순위가 높은 상위 20개는 다음 표와 같음
  - 응답자들은 "탄소중립 장기 로드맵 마련 및 정책적 일관성 유지"을 가장 중요하게 평가했으며, 경제적 측면의 "에너지 믹스 최적화"를 다음으로 중요하게 평가함
  - 기술적 측면의 대응방안인 "저에너지·고효율 저감기술/장치 개발"은 세 번째로 중요하게 평가됨

- 상위 20개의 대응방안 중 기술적 측면의 대응방안으로 6개가 제시됨
  - '저에너지·고효율 저감기술/장치 개발', '오염물질 배출 저감 소재 및 저감 기술개발', '친환경 폐배터리 순환이용(원료물질 재활용) 기술개발', '환경영향평가, 모니터링 기술개발 및 제도 강화', '전고체 배터리 등 화재위험 낮은 배터리 기술개발', '신규 오염물질 발생량 예측 및 측정 기술개발'의 순으로 기술개발 필요

〈표 10〉 우선적으로 고려해야할 상위 20개의 대응방안

대응방안	응답자 수	백분율
탄소중립 장기 로드맵 마련 및 정책적 일관성 유지	44	34.4
에너지 믹스 최적화	34	26.6
저에너지·고효율 저감기술/장치 개발	29	22.7
녹색소비 인센티브 제도 개선 및 교육 확대	28	21.9
오염물질 배출 저감 소재 및 저감 기술개발	26	20.3
녹색산업으로 이직 등을 통한 고용유지 방안 모색	25	19.5
ESG 투명성 강화 조치 (독립적 검증기구 활용 포함)	24	18.8
친환경 폐배터리 순환이용(원료물질 재활용) 기술개발	24	18.8
저탄소 에너지원 활용 확대	24	18.8
환경영향평가, 모니터링 기술개발 및 제도 강화	24	18.8
전고체 배터리 등 화재위험 낮은 배터리 기술개발	23	18.0
스마트 에너지 그리드	23	18.0
취약계층 에너지 바우처 지급	22	17.2
스마트 농업 확대	19	14.8
생태계 피해 최소화 최적 입지 선정	18	14.1
신규 오염물질 발생량 예측 및 측정 기술개발	17	13.3
국내 기업 육성 및 필수자원 확보	17	13.3
저소득층 주거 환경 개선 지원(단열재, 창호 시공 등)	16	12.5
재이용수 등 대체 수자원 활용	14	10.9
환경 캠페인 및 시민 교육 확대	13	10.2

# 5 결론 및 향후 과제

- ▼ 탄소중립 녹색기술의 환경적 영향 관련 전문가 워크숍을 통해 도출된 미래이슈 및 대응방안에 대해 환경 R&D 전문가를 대상으로 설문조사를 수행하여 다음과 같은 결과를 도출
  - 30개의 모든 미래이슈는 "사회경제적 파급효과"와 "시급성" 측면에서 보통(3.0)보다 높게 평가되었지만, "우리의 대응역량" 측면에서는 "전력부족 및 정전"을 제외한 모든 미래이슈에 대해서 보통(3.0)보다 낮게 평가됨
  - "에너지 가격 상승에 따른 취약계층 증가", "에너지 전환으로 에너지 가격 상승 및 원자재 수급 부족", "탄소중립 정책 불확실성 이슈", "해외 기술과의 기술력 차이로 인한 수입 의존성 증가 및 국내 기술개발 위축"이 가장 중요한 미래이슈로 평가됨
    - 특히, "에너지 가격 상승에 따른 취약계층 증가"는 "사회경제적 파급효과"와 "시급성" 기준 모두에서 가장 중요하게 평가됨
  - 탄소중립 녹색기술의 부정적 영향에 대한 대응방안으로 응답자들은 "탄소중립 장기 로드맵 마련 및 정책적 일관성 유지"을 가장 중요하게 평가했으며, 경제적 측면의 "에너지 믹스 최적화"를 다음으로 중요하게 평가함
  - 기술적 측면의 대응방안으로 '저에너지·고효율 저감기술/장치 개발', '오염물질 배출 저감 소재 및 저감 기술개발', '친환경 폐배터리 순환이용(원료물질 재활용) 기술개발', '환경영향평가, 모니터링 기술개발 및 제도 강화', '전고체 배터리 등 화재위험 낮은 배터리 기술개발', '신규 오염물질 발생량 예측 및 측정 기술개발'의 순으로 6개의 기술개발이 중요하게 평가됨

#### ▼ 탄소중립 녹색기술의 환경적 영향 관련 미래 시나리오 작성

- 기후변화 대응을 위해서는 생태환경 훼손을 감수해서도 탄소저감이 우선이라는 주장과 탄소저감을 위해서 생태환경을 훼손할 수 없다는 생태환경 우선의 2개의 주장이 대립되는 미래모습 각각에서 에너지 공급 전환 우선과 에너지 소비 절감 우선을 구분하여 총 4개의 시나리오를 도출
- 챗GPT를 활용하여 4개의 시나리오 스토리를 작성했으며, 4개 시나리오 스토리의 차이점을 쉽게 이해할 수 있도록 Dalle-3를 활용하여 2050년 도시의 미래모습을 그림으로 제시
- 4개 시나리오와 미래이슈 간의 연관성 평가에서 시나리오 1인 '화석연료 없는 세계를 향해'가 대부분의 미래이슈와 연관성이 있다고 평가된 반면에, 시나리오 4인 '기후-생태 상생의 순환경제 커뮤니티 사회'가 가장 낮게 평가됨
  - 사회적 및 정치적 측면의 미래이슈는 경제적 및 환경적 측면의 미래이슈보다 더 많은 시나리오와 연관되어 있음
  - 미래이슈 중 '에너지 가격 상승에 따른 취약계층 증가'와 '탄소중립 녹색기술의 환경성 논쟁'은 미래의 어떤 시나리오와 상관없이 항상 발생할 것으로 전망

## ▼ 탄소중립 녹색기술의 적용이 초래하는 환경적 영향에 대한 미래예측 연구 결과는 향후 탄소중립 이행을 위한 환경 R&D 기획·추진시 기초자료로 활용

- 탄소중립 녹색기술이 가지는 환경적 영향에 대한 미래예측 결과는 향후 탄소중립 이행을 위한 환경 R&D 사업 기획·추진시 활용하여 탄소감축 뿐만 아니라 기술 적용 과정에 발생하는 환경적 영향까지도 최소화가 가능한 진정한 의미의 탄소중립 녹색기술 개발 필요

# 참 고 문 헌

관계부처합동(2022), "탄소중립 녹색성장 기술 혁신 전략"

교보증권 리서치센터(2022). "플라스틱 재활용 당위성과 기술 현황"

국회미래연구원(2022), "순환경제 미래산업 전략"

기후솔루션 이슈 브리프(2021), "탄소포집, 이용 및 저장기술(CCUS) 현황과 문제점"

송예원, 오채운(2022), "직접대기탄소포집·저장(DACCS) 기술에 대한 우리나라 R&D 정책 방향성 연구: DAC 기술 중심으로", 한국기후변화학회지, 13, 76~96

임현(2009), "미래전망과 유망기술발굴 기능고도화에 관한 연구"

포스코경영연구원 이슈 리포트(2022), "탄소포집·저장활용(CCUS)를 바라보는 두 가지 시각" 한국산업기술진흥협회 기술과 혁신(2019), "수소의 저장, 운송 및 충전"

KISTEP 기술동향 브리프(2021), "태양광 폐패널 재활용 기술"

Ishirara et.al.(2020), Numerical calculation with detailed chemistry of effect of ammonia co-firing on NO emissions in a coal-fired boiler, Fuel, 26(15)

Transition Zero(2022), 막다른 골목에 몰린 석탄

# [붙임 1] 워크숍 및 자문 전문가 명단

## ❤ 전문가(성명 가나다 순)

성명	소속	직위
나준호	LG경제연구원	책임연구원
류현숙	한국행정연구원	선임연구위원
박병원	과학기술정책연구원	선임연구위원
오재일	중앙대학교	교수
윤성택	고려대학교	교수
임홍탁	서울대학교	교수
정은진	포항산업과학연구원	수석연구원
채여라	한국환경연구원	선임연구위원

# [붙임 2] 설문조사(안)

#### 안녕하십니까?

한국과학기술기획평가원(KISTEP)과 한국환경산업기술원(KEITI)에서는 탄소중립 녹색기술의 환경적(부정적) 영향 관련 공동 예측연구를 진행하고 있습니다. 전문가 워크숍을 통해 도출된 <u>탄소중립 녹색기술의 개발 및 적용으로 인해 발생이 예상되는</u> 미래 이슈 및 대응방안의 평가를 위한 설문조사를 실시하고자 합니다.

이번 조사를 통해 평가된 결과는 **향후 탄소중립 녹색기술의 부정적 영향을 최소화하기 위해 필요한 기술 발굴 및 관련 정책·제도 개선**에 매우 큰 **도움**이 되리라 생각됩니다.

바쁘시더라도 우리나라의 과학기술 발전을 위해 응답해 주시기를 부탁드리며, 아울러 본 조사에 응답해 주신 모든 응답내용은 통계법 제33조에 의거하여 비밀이 보장될 것임을 약속드립니다.

감사합니다.

2023년 10월 13일 한국과학기술기획평가원

조사기간 :	2023년 1	0월 23일(월)	~	10월	31일(화)	
대 상 자 :	환경분야 건	전문가				

□ 방 법:웹사이트 방문 후 응답

□ 문 의 : 한국과학기술기획평가연구원 임현 선임연구위원(043-750-2380)

※ 제출해주시는 자료는 본 조사 목적을 위해서만 활용될 것이며, 응답해주시는 정보는 법률 제12504호 개인 정보보호법 제15조(개인정보 수집/이용)에 의거 보호 받을 수 있으며, 동법 제21조(개인정보의 파기)에 의거 조사 종료 후 파기됩니다.

문1.	귀하의 연령대는 어떻게 되십니까? (	)
	가. 20대 나. 30대 다. 40대	
문2.	귀하의 성별은 무엇입니까? ( ) 가. 남성 나. 여성	
문3.	귀하의 소속은 어떻게 되십니까?( )	
	가. 정부출연연구소	
	나. 공공기관(정부부처, 정부산하기관, 협회 등	<del>;</del> )
	다. 대학	
	마. 일반기업	
	바. 기타 (	)

문4. 다음은 탄소중립 녹색기술의 개발 및 적용으로 인해 발생이 예상되는 부정적인 미래 이슈를 정리한 표입니다. 각 이슈를 **향후 10년 이내의 <u>사회경제적 파급효과, 시급성,</u> 우리의 대응역량** 등의 기준에 대해 5점 척도로 평가해 주시기 바랍니다.

라. 50대 이상

매우 낮음	낮음	보통	높은	매우 높음
1	2	3	4	5

〈평가 예시〉

미래이슈		평가기준	
	사회경제적 파급효과	시급성	우리의 대응역량
에너지 가격 상승에 따른 취약계층 증가	4	4	2

			평가기준	
	미래이슈	사회경제적 파급효과	시급성	우리의 대응역량
	• 에너지 가격 상승에 따른 취약계층 증가			
	• 연료전지 사용 증가 등에 따른 화재 발생 증가			
	• 내연기관 자동차, 화력발전소 등 전통 산업 대체 분야 일자리 감소 및 지역 경기 침체			
사회적	• 녹색소비를 위한 소비자 역량 미흡14)			
측면	• 사회적 불만 누적 및 반/비판적 환경주의자 확산 (비용 증가, 불편 증가 유발하는 규제에 대한 일부 시민들의 반발)			
	• 기업/지자체들의 그린 워싱 일상화 (ex. 폭스바겐 디젤 게이트 등)			
	• 농업 생산성 및 면적 감소			
	• 탄소중립 녹색전환에 따른 농작물 피해, 에너지 가격 상승 등에 기인한 물가 상승			
경제적	• 에너지 전환으로 에너지 가격 상승 및 원자재 수급 부족			
측면	• 전력부족 및 정전			
	• 전통에너지 설비(석탄, 석유 발전설비 등) 폐기 문제			
	• 수소에너지 생산원료 수급 및 과다 에너지 필요			
	• 수소에너지 운반 시 효율 감소 및 손실 발생			
	• 태양광, 풍력 등 신재생에너지 보급 확대에 따른 생태계 교란 증가			
	• 초고효율 태양전지 등 새로운 태양광 폐기물 발생 증가			
	• 전고체 배터리 등 새로운 배터리 개발 및 활용 으로 인한 원료 물질 고갈			
환경적 측면	• 수소나 암모니아 혼소/전소 발전 등 발전부문에너지 전환에 따른 새로운 대기오염물질 발생증가(예, NOx 배출량 증가)			
	• 저탄소·친환경 수송전환에 따른 신규 대기 오염물질 발생(예, 전기차 비배기계 미세먼지 배출 등)			
	• 탄소포집용 흡수제(아민 등) 재생에 필요한 용수 사용량 증가로 용수 부족 문제 및 흡수제 누출시 환경오염 발생			
	• 대기 중의 탄소포집(직접공기포집 등)에 필요한 에너지 사용량 증가			

			평가기준	
	미래이슈	사회경제적 파급효과	시급성	우리의 대응역량
	• 포집·저장 시설의 CO <sub>2</sub> 누출에 의한 탄소 감축량 감소 및 환경·생태계 위해			
	• 수소 저장시설의 안정성 논란			
	• 바이오플라스틱 사용량 증가에 따른 식량자원 감소/가격 상승, 생태계 파괴			
	•생태계 흡수원(습지, 산림 등)의 경우 CO <sub>2</sub> 재배출로 탄소중립 효과 감소			
	• 탄소중립 녹색기술의 환경성 논쟁			
	• 후발국들의 녹색기술에서의 해외 의존도 심화			
정치적	• 기술이 필요한 곳과 기술 역량의 불일치			
측면	• 환경 보호 국수주의 심화			
	• 탄소중립 정책 불확실성 이슈 (ex. 탈원전 vs. 친원전, RE100 vs CF100)			
기술적 측면	• 해외 기술과의 기술력 차이로 인한 수입 의존성 증가 및 국내 기술개발 위축 (ex. 태양광, 풍력은 현재 중국이 세계 1위로 해상풍력에서 중국산 터빈 잠식 이슈 부각, 전기 버스 시장은 사실상 중국제 제품 위주)			

### 문5. 탄소중립 녹색기술의 부정적 영향 관련 문4의 표에서 제시된 미래이슈 외에 <u>추가적</u> 으로 제시하고 싶은 미래이슈를 아래 칸에 적어주세요.

미래이슈 (추가)	설명

<sup>14)</sup> 과학기술기반의 새로운 탄소중립 녹색기술이 등장하여 '안전성'은 과학적으로 입증되었으나 소비자들이 아직 '안심'하고 받아들이지 못하는, 즉 소비역량이 부족한 상태 (ex. GMO 식품이 아직도 표시제 못하고 있는 한국의 상황)

Digital Divide처럼 탄소중립 녹색기술은 발전하는데 그 소비역량, 활용역량이 불충분하여 환경영향 감소도 개인적 이득도 취하지 못하는 상태

### 문6. 다음은 탄소중립 녹색기술의 부정적 영향 관련 도출된 미래이슈에 대한 대응방안을 도출한 표입니다. **정부가 우선적으로 고려해야 할 대응방안을 5개 선택해 주세요**.

	미래이슈	대응방안	선택
		• 취약계층 에너지 바우처 지급	
	• 에너지 가격 상승에 따른 취약계층 증가	• 저소득층 주거 환경 개선 지원(단열재, 창호 시공 등)	
	• 연료전지 사용 증가 등에 따른 화재 발생	• 전고체 배터리 등 화재위험 낮은 배터리 기술 개발	
	증가	• 화재 요인별 소방안전 방안 마련	
		• 녹색산업으로 이직 등을 통한 고용유지 방안 모색	
사회적	• 내연기관 자동차, 화력발전소 등 전통 산업 대체 분야 일자리 감소 및 지역 경기 침체	• 경력 개발(업종전환 교육 훈련)	
측면	""	• 해당 산업단지 지역에 녹색기술 클러스터 유치	
	• 녹색소비를 위한 소비자 역량 미흡15)	• 녹색소비 인센티브 제도 개선 및 교육 확대	
	<ul> <li>사회적 불만 누적 및 반/비판적 환경주의자 확산 (비용 증가, 불편 증가 유발하는 규제에 대한 일부 시민들의 반발)</li> </ul>	• 환경 캠페인 및 시민 교육 확대	
	• 기업/지자체들의 그린 워싱 일상화 (ex. 폭스바겐 디젤 게이트 등)	• ESG 투명성 강화 조치(독립적 검증기구 활용 포함)	
	(0). ¬—Чё Чё ЖЫ— 6)	• 비용효율적이고 객관적인 지표 도입	
	• 농업 생산성 및 면적 감소	• 공익직불제 확대 도입, 농가 단위 재해 정책보험가입자 확대	
		• 스마트 농업 확대	
	• 탄소중립 녹색전환에 따른 농작물 피해,	• 취약계층 복지 확대	
	에너지 가격 상승 등에 기인한 물가 상승	• 농산물 가격품목에 대한 조기방출과 해외 도입 등 수급관리	
경제적	• 에너지 전환으로 에너지 가격 상승 및 원자재 수급 부족	• 에너지 믹스 최적화	
측면	• 전력 부족 및 정전	• 스마트 에너지 그리드	
		• 전기설비 안전등급제 적용	
	• 전통에너지 설비(석탄,석유 발전설비 등) 폐기 문제	• 효과적인 에너지 설비 대체 프로그램 개발	
	• 수소에너지 생산원료 수급 및 과다 에너지 필요	• 수소 제조 시 전력비용 산출 필요 (기존 coke 활용과 환경성 비교)	
	• 수소에너지 운반 시 효율 감소 및 손실 발생	• 수소 생산원료물질 안정적 확보	

#### ●○● 탄소중립 녹색기술의 환경적 영향

	미래이슈	대응방안	선택
	• 태양광, 풍력 등 신재생에너지 보급 확대에	• 생태계 피해 최소화 최적 입지 선정	
	따른 생태계 교란 증가	• 보호구역 설정 또는 설치 지역 지원금 지원	
	<ul> <li>초고효율 태양전지 등 새로운 태양광 폐기물 발생 증가</li> </ul>	• 태양광 폐패널의 친환경 재활용 기술 및 함유 유해물질 대체물질 개발	
	20 0/1	• 태양전지 함유 유해물질 제한 제도 도입	
	• 전고체 배터리 등 새로운 배터리 개발 및 활용으로 인한 원료 물질 고갈	• 친환경 폐배터리 순환이용(원료물질 재활용) 기술 개발	
		• 배터리 제작시 재활용 원료물질 사용 의무화 등 제도 개선	
	<ul> <li>수소나 암모니아 혼소/전소 발전 등 발전부문 에너지 전환에 따른 새로운 대기오염물질</li> </ul>	• 저에너지·고효율 저감기술/장치 개발	
	발생 증가(예, NOx 배출량 증가)	• 혼소/전소 발전 부분 오염물질 규제 강화	
	• 저탄소·친환경 수송전환에 따른 신규 대기 오염물질 발생(예, 전기차 비배기계 미세먼지	• 신규 오염물질 발생량 예측 및 측정 기술 개발	
환경적	포함물을 걸청(예, 선기자 미메기계 미제단자 배출 등)	• 오염물질 배출 저감 소재 및 저감 기술 개발	
측면	• 탄소포집용 흡수제(아민 등) 재생에 필요한	• 재이용수 등 대체 수자원 활용	
	용수 사용량 증가로 용수 부족 문제 및 흡수제 누출시 환경오염 발생	• 생분해성 용해제 개발·사용	
	• 대기 중의 탄소포집(직접공기포집 등)에	• 포집 효율 향상 기술 개발	
	필요한 에너지 사용량 증가	• 저탄소 에너지원 활용 확대	
	• 포집·저장 시설의 CO <sub>2</sub> 누출에 의한 탄소 감축량 감소 및 환경·생태계 위해	• 환경영향평가, 모니터링 기술 개발 및 제도 강화	
	• 수소 저장시설의 안정성 논란	• 저장시설 안정성 평가/향상 기술개발	
	12 710/125 200 22	• 수소 저장시설 안전기준 강화	
	• 바이오플라스틱 사용량 증가에 따른 식량자원 가소/가격 사수, 생태계 파괴	• 유기성폐자원 등 비식량자원 활용 바이오 플라스틱 생산기술 개발	
	감소/가격 상승, 생태계 파괴	• 바이오플라스틱 순환이용 기술 개발	
	• 생태계 흡수원(습지, 산림 등)의 경우 CO <sub>2</sub> 재배출로 탄소중립 효과 감소	• 생태계 흡수원 탄소흡수 모니터링 및 감축량 산정 기술 고도화	
	• 탄소중립 녹색기술의 환경성 논쟁	Carbon Footprint	
		• 국내 기업의 해외 진출 추진	
저키저	• 후발국들의 녹색기술에서의 해외 의존도 심화	•국내 기업 육성 및 필수자원 확보	
정치적   측면	• 기술이 필요한 곳과 기술 역량의 불일치 환경 보호 국수주의 심화	• 녹색기술 국제 협력 프로그램 활성화	
'-		• 범지역 협력 프로그램	
	• 탄소중립 정책 불확실성 이슈 (ex. 탈원전 vs. 친원전, RE100 vs CF100)	• 탄소중립 장기 로드맵 마련 및 정책적 일관성 유지	

	미래이슈	대응방안	선택
기술적	• 해외 기술과의 기술력 차이로 인한 수입 의존성 증가 및 국내 기술개발 위축	•국내 제품 인센티브 강화	
측면	(ex. 태양광, 풍력은 현재 중국이 세계 1위로 해상풍력에서 중국산 터빈 잠식 이슈 부각, 전기 버스 시장은 사실상 중국제 제품 위주)	• 미국 IRA 법, 유럽 CRMA법 급의 전략적 자국 산업 보호 필요	

# 문7. 탄소중립 녹색기술의 부정적 영향 관련 문6의 표에서 제시된 대응방안 외에 <u>추가적으로</u> 제시하고 싶은 대응방안을 아래 칸에 적어주세요.

미래이슈	대응방안

<sup>15)</sup> 과학기술기반의 새로운 탄소중립 녹색기술이 등장하여 '안전성'은 과학적으로 입증되었으나 소비자들이 아직 '안심'하고 받아들이지 못하는, 즉 소비역량이 부족한 상태 (ex. GMO 식품이 아직도 표시제 못하고 있는 한국의 상황)

Digital Divide처럼 탄소중립 녹색기술은 발전하는데 그 소비역량, 활용역량이 불충분하여 환경영향 감소도 개인적 이득도 취하지 못하는 상태

## 저 자

#### 한국과학기술기획평가원(KISTEP)

임현, hyim@kistep.re.kr, (Tel)043-750-2380, 한국과학기술기획평가원 선임연구위원 정의진, ejin@kistep.re.kr, (Tel)043-750-2443, 한국과학기술기획평가원 연구위원 조아라, acho@kistep.re.kr, (Tel)043-750-2511, 한국과학기술기획평가원 부연구위원 이성훈, sh0916@kistep.re.kr, (Tel)043-750-2768, 한국과학기술기획평가원 연구원

#### 한국환경산업기술원(KEITI)

조기숙, kscho@keiti.re.kr, (Tel)02-2284-1310, 한국환경산업기술원 기술산업기획실장하동윤, piter@keiti.re.kr, (Tel)02-2284-1316, 한국환경산업기술원 책임연구원 최성만, smanc@keiti.re.kr, (Tel)02-2284-1312, 한국환경산업기술원 선임연구원 김다솔, dasol1018@keiti.re.kr, (Tel)02-2284-1317, 한국환경산업기술원 전임연구원 심혜인, shi1970@keiti.re.kr, (Tel)02-2284-1319, 한국환경산업기술원 전문 연구원

# [ KISTEP 브리프 발간 현황 ]

발간호 (발행일)	제목	저자 및 소속	비고
57 (23.01.06.)	MZ세대를 위한 미래 기술	지수영·안지현 (KISTEP)	미래예측
– (23.01.20.)	KISTEP Think 2023, 10대 괴학기술혁신정책 아젠다	강현규·최대승 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제341호)
58 (23.02.02.)	세계경제포럼(WEF) Global Risks 2023 주요내용 및 시사점	김다은·김유신 (KISTEP)	혁신정책
59 (23.02.07.)	미국의 「오픈사이언스의 해」 선포와 정책적 시사점	이민정 (KISTEP)	혁신정책
– (23.02.21.)	'데이터 보안' 시대의 10대 미래유망기술	박창현·임현 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제342호)
60 (23.03.06.)	연구자산 보호 관련 주요국 정책 동향 및 시사점	유지은·김보경 (KISTEP)	혁신정책
61 (23.03.20.)	美「과학적 진실성 정책 및 실행을 위한 프레임워크」의 주요 내용 및 시사점	정동덕 (KISTEP)	혁신정책
– (23.03.29.)	우리나라 바이오헬스 산업의 주력산업화를 위한 정부 역할 및 지원방안	홍미영·김주원 안지현·김종란 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제343호)
62 (23.03.30.)	2021년 한국의 과학기술논문 발표 및 피인용 현황	한혁 (KISTEP)	통계분석
63 (23.03.30.)	2021년 신약개발 정부 R&D 투자 포트폴리오 분석	강유진·김종란 (KISTEP)	통계분석
– (23.04.03.)	국방연구개발 예산 체계 진단과 제언	임승혁·안광수 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제344호)
64 (23.04.06.)	2023년 중국 양화의 주요 내용 및 과학기술외교 시사점	강진원·장지원 (KISTEP)	혁신정책
65 (23.04.10.)	2023 인공자능 반도체	채명식·이호윤 (KISTEP)	기술동향
66 (23.04.13.)	생성형 AI 관련 주요 이슈 및 정책적 시사점	고윤미·심정민 (KISTEP)	혁신정책

발간호 (발행일)	제목	저자 및 소속	비고
_	STI 인텔리전스 기능 강화 방안	변순천 외	이슈페이퍼
(23.04.17.)	-12대 과학기술혁신 정책 이슈를 중심으로-	(KISTEP)	(제345호)
67	「OECD Science, Technology, Innovation Outlook	홍세호·심정민	혁신정책
(23.04.17.)	2023」의 주요 내용 및 시사점	(KISTEP)	
–	임무지향형 사회문제해결 R&D 프로세스 설계 및 제언	박노언·기지훈·김현오	이슈페이퍼
(23.04.19.)		(KISTEP)	(제346호)
68 (23.05.02.)	전기차 배터리 핵심광물	이승필·여준석·조유진 (KISTEP)	기술동향
–	기업 혁신활동 제고를 위한 R&D 조세 지원 정책 연구	구본진	이슈페이퍼
(23.05.03.)	: 국가전략기술 연구개발 기업을 중심으로	(KISTEP)	(제347호)
69	하위·조작정보 대응을 위한 OECD 원칙 및 과학기술	배용국·정미나	혁신정책
(23.05.04.)	사사점	(KISTEP)	
70 (23.06.08.)	OECD MSTI 2023-March의 주요 결과	정유진 (KISTEP)	통계분석
71 (23.06.09.)	2022년 지역 과학기술혁신 역량평가	한혁·안지혜 (KISTEP)	통계분석
72 (23.06.23.)	일본, 『시이언스 맵 2020』의 주요내용 및 정책적 시시점	이미화·심정민 (KISTEP)	혁신정책
–	국가연구사발 성과정보 관치계 개선 제언	김행미	이슈페이퍼
(23.06.27.)		(KISTEP)	(제348호)
_	신입과학기술인 직무역량에 대한 직장상사-신입간 인식	박수빈	이슈페이퍼
(23.06.28.)	비교 분석	(KISTEP)	(제349호)
73 (23.06.30.)	2021년도 국가연구개발사업 내 여성과학가술인력 현황	한혁 (KISTEP)	통계분석
74 (23.07.03.)	2022년 국가 과학기술혁신역량 분석	김선경·한혁 (KISTEP)	통계분석
_ (23.07.05.)	기술패권경쟁시대 한국 과학기술외교 대응 방향	강진원·김진하 (KISTEP). 이정태(KIST)	0슈페이퍼 (제350호)
–	학문분이별 기초연구 지원체계에 대한 중장기 정책제언	안지현·윤성용·함선영	이슈페이퍼
(23.07.06.)	(국내외 지원현황의 심층분석을 기반으로)	(KISTEP)	(제351호)

발간호 (발행일)	제목	저자 및 소속	비고
75 (23.07.14.)	美 2023 국방과학기술전략서(NDSTS)의 주요 내용 및 시사점	유나리·최충현·임승혁· 한민규(KISTEP)	혁신정책
76 (23.07.27.)	2023년 IMD 세계경쟁력 분석	한혁 (KISTEP)	통계분석
77 (23.07.27.)	2021년 미국 박사학위 취득자 현황 분석	한혁 (KISTEP)	통계분석
78 (23.07.26.)	제 5차 과학기술기본계획과 과학기술분야 중장기계획 간 연계현황 및 시사점	홍정석·심정민 (KISTEP)	혁신정책
79 (23.08.01.)	일본 『통합혁신전략 2023』의 주요 내용 및 시시점	양은진·심정민 (KISTEP)	혁신정책
80 (23.08.21.)	일본 『2023 우주기본계획』의 주요 내용 및 시사점	최충현·문태석·이재민· 강현규(KISTEP)	혁신정책
81 (23.08.29.)	미국의 R&D와 혁신 현황	한혁 (KISTEP)	통계분석
82 (23.08.30.)	2023년 유럽혁신자수 분석과 사사점	한웅용 (KISTEP)	통계분석
83 (23.09.01.)	희토류 화수 및 재활용 기술	박정원·문윤실·이현경 (KISTEP)	기술동향
84 (23.09.20.)	화합물 전력반도체	유형정·김기봉 (KISTEP)	기술주권
85 (23.09.21.)	『OECD Artificial Intelligence in Science: Challenges, Opportunities and the Future of Research』의 주요 내용 및 시사점	정하선·심정민 (KISTEP)	혁신정책
86 (23.09.22.)	우주쓰레기 제거 기술	문성록·최충현·한민규 (KISTEP)	기술동향
87 (23.10.04.)	2023년 The Global Al Index 결과 분석	한혁 (KISTEP)	통계분석
_ (23.10.17.)	중소기업 경쟁력 강화를 위한 고경력 과학기술인 활용 조사 및 시사점	김인자·김가민·이원홍 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제352호)
88 (23.10.24.)	스마트양식	이선명 (KISTEP)	기술동향

발간호 (발행일)	제목	저자 및 소속	비고
89 (23.10.25.)	지구관측위성	최충현 (KISTEP)	기술동향
90 (23.10.31.)	2023년 세계혁신지수(GII) 분석	한혁 (KISTEP)	통계분석
91 (23.11.02.)	2022년도 국가연구개발사업 집행 현황	김한울·한혁 (KISTEP)	통계분석
92 (23.11.02.)	2022년도 국가연구개발사업 협력 현황	한혁·김한울 (KISTEP)	통계분석
93 (23.11.10.)	최근 전쟁 양상 분석을 통한 국방 R&D 시사점 제언	김상준·한민규 (KISTEP)	혁신정책
94 (23.11.16.)	국내 과학기술 전공 학생 현황 분석	김가민·박수빈 (KISTEP)	통계분석
- (23.11.20.)	대학의 기술사업화 전담 조직 현황진단과 개선 방안	이길우·방형욱(KISTEP) 정영룡(전남대학교) 김성근(부산대학교) 이지훈(서울과학기술대학교) 김태현(과학기술사업화진흥원)	이슈페이퍼 (제353호)
95 (23.11.21.)	일본 지역 과학기술혁신정책의 발전 및 시사점 - 『과학기술혁신백서 2023』을 중심으로 -	김다희·심정민 (KISTEP)	혁신정책
96 (23.11.22.)	차세대 이차전지	김선교 (KISTEP)	기술주권
97 (23.11.24.)	주요국 양자정보과학기술 인력양성정책 동향 및 시시점	권재영·임승혁 (KISTEP)	혁신정책
98 (23.11.27.)	2021년도 세계 R&D 투자 상위 기업 현황	한혁 (KISTEP)	통계분석
99 (23.11.28.)	2021년도 우리나라 민간기업의 연구개발활동 현황 분석	김한울·이새롬·한혁 (KISTEP)	통계분석
100 (23.11.30.)	폐플라스틱 화학적 재활용 기술	이연진·여준석 (KISTEP)	기술동향
- (23.12.04.)	플라스틱 국제협약 대응을 위한 과학기술의 역할	유새미·고진원·박노언 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제354호)
101 (23.12.07.)	청정 암모니아 생산·활용	이소희·정두엽 (KISTEP)	기술동향

발간호 (발행일)	제목	저자 및 소속	비고
102 (23.12.13.)	지진재난 대응 기술	유현지(KISTEP), 윤혜진(KICT)	기술동향
103 (23.12.15.)	탄소중립 녹색기술의 환경적 영향	임현·정의진·조아라·이성훈 (KISTEP), 조기숙·하동윤·최성만·김다솔· 심혜인(KEITI)	미래예측