

경제·인문사회연구회 협동연구총서 19-08-01

“지속가능발전과 에너지·산업전환: 기후변화 정책목표 1.5℃ 대응을 중심으로”

한국환경정책·평가연구원 이창훈 외

경제 · 인문사회연구회 협동연구총서

“지속가능발전과 에너지 · 산업전환:
기후변화 정책목표 1.5℃ 대응을
중심으로”

1. 협동연구총서 시리즈

협동연구총서 일련번호	연구보고서명	연구기관
19-08-01	지속가능발전과 에너지·산업전환: 기후변화 정책목표 1.5℃ 대응을 중심으로	한국환경정책·평가 연구원

2. 참여연구진

연구기관		연구책임자	참여연구진
주관 연구기관	한국환경정책· 평가연구원	이창훈 선임연구위원 (총괄책임자)	김태현 연구위원 박현주 연구원 김태현 연구원
협력 연구기관	에너지경제연구원	김남일 선임연구위원	박명덕 연구위원 이민찬 전문원

제 출 문



경제·인문사회연구회 이사장 귀하

본 보고서를 “지속가능발전과 에너지·산업전
환: 기후변화 정책목표 1.5℃ 대응을 중심으로”
의 최종보고서로 제출합니다.

2019년 3월

한국환경정책·평가연구원
원장 윤 제 용

국문요약

본 연구는 '지속가능발전'이라는 국가 및 사회발전 프레임을 통해 에너지전환 전략을 친환경에너지원으로 전환과 함께, 사회적, 산업적 전환과 통합적으로 제시하였다. 구체적으로 첫째, 국제사회에서 논의되고 있는 1.5°C 기후변화대응목표를 달성하기 위한 2050년 에너지전환 전략을 제시하였다. 둘째, 산업부문 에너지이용 비중이 매우 높은 우리나라 특수상황을 고려하여 산업전환의 핵심인 산업부문 에너지전환전략을 제시하였다. 셋째, 지속가능한 에너지전환정책을 위하여 시민들의 인식변화와 합의과정을 형성해 나가는 중장기적 전략을 제시하였다.

2018년 발간된 'IPCC Special Report on 1.5°C'에서는 1.5°C 달성(50% 가능성)을 위한 전지구 탄소예산을 770GtCO₂로 제시하고 있다. 온실가스의 배출책임, 온실가스 감축역량 및 형평성이라는 유엔기후변화협약의 원칙을 반영하여 전지구 탄소예산을 각국에 배분할 경우 우리나라의 2050년 탄소예산은 대부분의 경우 음의 배출을 나타낸다. 온실가스 감축로드맵 수정안 및 제3차 에너지기본계획 민간워킹그룹 권고안에 따른 2030년 및 2040년의 이산화탄소 배출량은 1.5°C 목표에 상응하는 우리나라 탄소예산을 초과하여 4°C에 가까운 온난화를 유발하는 매우 불충분(highly insufficient)한 수준이다. 본 연구에서는 배분방식별 우리나라 탄소예산 및 IPCC 1.5°C 특별보고서의 제안을 고려하여, 1.5°C 목표달성을 위한 2050년 이산화탄소 목표 순배출량을 0으로 설정하고, 기술적이나 정책적으로 실현 가능할 것으로 판단되는 분야별(수요, 공급) 대안들을 종합한 심층에너지전환 시나리오를 제시하였다. 1.5°C 달성을 위하여 우리나라는 에너지효율의 획기적 개선(연간 3%), 탈탄소 잠재량이 높은 전력비중 증가(63.7%, 2050), 재생에너지 이용의 대폭 확대(발전량의 85.7%, 2050)를 통해 국내 이산화탄소배출량을 2017년 592백만톤CO₂에서 2050년 50백만톤CO₂로 91.5% 줄이고 개발도상국 온실가스 감축지원(5천만톤CO₂)을 통해 순배출 0을 달성하여야 한다.

전체 에너지소비의 61%를 상회하는 산업부문의 탈탄소화는 심층에너지전환의 관건이다. 에너지전환을 주체인 에너지산업의 혁신과 더불어, 우리나라의 대표적 에너지다소비 산업인 철강과 석유화학에서의 탈탄소화가 필요하다. 철강산업에서는 온실가스 외부비용 반영 등 확고한 정부정책 의지가 필요하며, 미래 철강기술을

주도할 Mega R&D 사업을 지속적으로 개발하고 이를 국가 R&D 로드맵에 반영하여 강력하게 추진할 필요가 있다. 수소환원제철공법의 경우 저가의 수소제조 공급원 확보가 관건이므로 정부의 수소경제 추진 정책과 연계할 필요가 있다. 석유화학산업에서는 철강산업과 마찬가지로 온실가스 감축기술에 대한 신규 투자를 유도하기 위해 저탄소 설비투자 세제지원, 융자지원 및 온실가스 정책의 불확실성을 해소해야하며, 미래 석유화학 기술을 주도할 바이오 연료전환 선진 기술 동향을 주목하고, 국가 R&D 로드맵에 반영하여 강력하게 추진할 필요가 있다. 에너지 고효율 설비개선에 대한 기술투자나 R&D 투자에 대해서는 세액공제 지원 확대가 필요하다.

더 나아가 에너지전환의 성공적인 이행을 위해서는 정치적 지향점을 넘어서는 국민적 합의와 시민들의 인식변화와 함께 사회적 합의과정을 형성해 나가는 중장기적 전략이 요구된다. 이를 위해서는 가칭 ‘에너지전환 공론화위원회’를 구성하여 에너지전환정책의 방향과 속도에 대한 사회적 합의를 도출할 필요가 있으며, 사업의 갈등관리를 위한 중립적 전문기구의 설립도 추진하여야 한다. 또, 덴마크와 같이 지역소유제에 기반한 이익공유를 제도화하고 영농형 태양광과 같은 지역주민이 주도하는 재생에너지사업을 우선 지원하여야 한다. 지역 에너지 정책 및 사업에 대한 모니터링/평가/지원 체계를 구축하고, 중앙정부 차원의 지원 프로그램 마련을 통하여 지방정부와 시민사회의 에너지 정책 역량을 강화하여야 한다.

Abstract

This study suggested an energy transition strategy focusing on an environmentally-friendly change of energy sources, integrated with the social and industrial transformation, through the national and social development framework called 'sustainable development'. Specifically, the 2050 energy transition strategy is proposed to achieve the 1.5°C climate change target which is currently being discussed in the international community. Also, considering the circumstances in Korea which has a high share of energy use in the industrial sector, the energy transition strategy in the industrial sector is presented. Finally, we proposed a mid- to long-term strategy to form a consensus process and promote changes in citizens' perception for sustainable energy transition policies.

In the IPCC Special Report on 1.5°C published in 2018, the carbon budget to achieve 1.5°C is 770 GtCO₂. If this carbon budget is to be allocated according to the 'fair burden sharing' principles, the Korea's national budget of the year 2050 cannot exceed 0 emission of carbon dioxide. In context of the climate target of the 1.5°C, the Korea's GHG reduction roadmap and the 3rd Energy Basic Plan are regarded as "highly insufficient", because they explicitly and implicitly suggest an emissions of carbon dioxide near the 4°C rise. This study proposes a deep energy transition scenario compatible to the 1.5°C climate target. Here Korea will have to reduce its domestic CO₂ emissions by 91.5% from 592 million tons of CO₂ in 2017 to 50 million tons in 2050, which are to be reduced to zero through the linkage between the support for developing countries and the reduction of greenhouse gas emissions. Main options of the reduction strategy are a drastic improvement of energy efficiency(3.0% annually), an overarching electrification of energy demand(63.7%, 2050), and the dominating renewable energy in the power generation sector(85.7%, 2050), the development and diffusion of the innovative decarbonization technologies.

For the industrial sector that uses over 61% of the final energy, it is necessary not only to innovate the energy market structure and the energy industry, but also to decarbonize steel and petrochemical industries, which are Korea's representative energy intensive industries. In the steel industry, it is necessary to have government policies reflecting the external cost of greenhouse gas, and to promote aggressively the sustainable development of Mega R & D business that will lead future steel technology. In the case of the hydrogen reduction steelmaking method, a linkage with the government's hydrogen economy policy is to be made since it is the most crucial to secure a cheap hydrogen production source. In the petrochemical industry, it is necessary to eliminate uncertainty in the low-carbon investment tax system, the loan support system, and greenhouse gas policies in order to induce new investments in the greenhouse gas reduction technology. Also, it is necessary to pay close attention to technological trends and to apply them to the national R & D roadmap. It is also required to expand tax credit support for technology investment and R & D investment to improve energy efficient facilities.

Successful implementation of energy transition requires a mid- to long-term strategy to form a social consensus process along with changes in people's consciousness and citizens' consensus. To this end, it is necessary to establish a tentative 'Energy Transition Committee' to draw up social consensus on the direction and speed of the energy transition and a neutral institution to coordinate conflicting parties over the renewable energy facilities. In addition, it is necessary to institutionalize sharing profits of renewable energy with neighboring residents following the danish 'local ownership' model and to assist them do renewable energy business such as 'solar sharing' project. Also, monitoring, evaluation, and support systems for local energy policies and projects should be developed and the capacity of local governments and the civil society in energy policy should be strengthened through support programs provided by the central government.

정책 제안

- 1) 에너지효율의 획기적 개선, 탈탄소 잠재량이 높은 전력비중 증가, 재생에너지 이용의 대폭 확대를 통해 국내 이산화탄소배출량을 2017년 592백만톤CO₂e에서 2050년 50백만톤CO₂e로 91.5% 줄이고 개발도상국 온실가스 감축지원을 통해 순배출 0 달성이 필요함
 - 2018년 이후 에너지효율성을 매년 3.0% 개선하여 에너지집약도(TOE/백만원)를 2017년 0.114에서 0.042로 줄이고, 최종에너지소비는 2017년 172.6백만TOE에서 2050년 114.4백만TOE로 33.7% 절감
 - 에너지수요의 전기화를 통하여 최종에너지 중 전기비중은 2017년 25.3%에서 2050년 63.7%로 증가
 - 전기화와 더불어 전력생산에서 태양광, 풍력 등 재생에너지 이용을 대폭 확대하여 발전부문의 탄소집약도를 최소화하며, 재생에너지 비중을 최대 85%까지 제고하고, LNG 발전 및 에너지저장기술(배터리, 수소, P2G 등)을 통해 전력계통의 유연성을 확보
 - 에너지전환 효율 40% 이상을 달성하는 태양광모듈, 부유식 해상풍력 등 혁신적 재생에너지발전기술을 개발하여 저비용, 고효율 전력생산구조 확립
 - 전기분해 수소, 배터리 등 고효율, 저비용 전력저장장치의 개발 및 전력수급관리체계의 업그레이드를 통해 재생에너지전력의 간헐성 극복
 - 잉여 재생에너지전력으로 전기분해를 통해 생산된 수소를 이용한 수소환원제철기술, 수소기반 화학제품 생산기술 등 에너지다소비산업의 탈탄소 신기술 개발 적용
 - 개도국의 지속가능발전을 지원하고, 상대적으로 낮은 비용으로 온실가스 감축목표를 달성하기 위해 5천만톤의 이산화탄소는 해외감축 추진하며, 해외감축은 온실가스 배출사업자의 직접적인 투자 또는 정부의 ODA 사업으로 진행
 - 발전부문 배출량은 2017년 233백만톤CO₂를 2050년 16백만톤CO₂로 감축하고, 탈탄소화로 전력의 탄소집약도(tCO₂e/MWh, 소비단) 2017년 0.4046에 0.0194로 개선
 - 발전부문 전력믹스는 탄소집약도가 높은 석탄발전 비중을 지속적으로 낮추고 이를 태양광, 풍력 등 재생에너지로 대체

- 재생에너지전력의 간헐성을 보완하는 전력운영시스템의 재설계가 필요하며, 특히 잉여 재생에너지전력의 효율적인 저장(배터리, 수소생산, 메탄생산) 및 활용이 필요
- 전기차의 배터리는 특히 재생에너지전력의 간헐성을 보완할 수 있는 주요 수단으로, 적절한 가격결정메카니즘을 통해 전기차 배터리를 잉여 재생에너지전력의 저장수단으로 활용가능

2) 2050년 산업부문 탈탄소화를 위해서는 우리나라의 대표적 에너지다소비 산업인 철강과 석유화학에서의 탈탄소화가 필요

- 철강산업
 - (정책 불확실성 해소) 대규모 투자가 필요한 장치산업으로서 새로운 비가역적 투자를 유도하기 위해서는 온실가스 외부비용 반영 등 확고한 정부정책 의지가 전제되어야 함 (배출권 거래가격 등)
 - (R&D 지원) 미래 철강기술을 주도할 Mega R&D 사업을 지속개발하고, 국가 R&D 로드맵에 반영하여 강력 추진 (선진기술 동향 파악)
 - (혁신기술 세액공제 지원) 기업차원의 저탄소 기술투자나 R&D 투자에 대해서는 대기업·중소기업 차별 없이 지원
 - (수소경제 추진과 연계) 수소환원제철공법의 경우 저가의 수소제조 공급원 확보가 관건이므로 정부의 수소경제 추진 정책과 연계
- 석유화학산업
 - (정책불확실성 해소) 철강산업과 마찬가지로 온실가스 감축기술에 대한 신규 투자를 유발하기 위해서는 저탄소 설비투자 세제지원, 융자지원 및 온실가스 정책의 불확실성 해소
 - (R&D 지원) 미래 석유화학 기술을 주도할 바이오 연료전환 선진 기술 동향을 주목하고, 국가 R&D 로드맵에 반영하여 강력 추진
 - (혁신기술 세액공제 지원) 에너지 고효율 설비개선에 대한 기술투자나 R&D 투자에 대해서는 세액공제 지원 확대

- 3) 에너지전환의 성공적인 이행을 위해서는 정치적 지향점을 넘어서는 국민적 합의가 필요하며, 시민들의 인식변화와 함께 사회적 합의과정을 형성해 나가는 중장기적 전략 필요
- 가칭 ‘에너지 전환 공론화 위원회’를 구성하여 사회적 합의 도출
 - 정부-지자체 거버넌스 구축
 - 중앙정부 내에 지역에너지 전담조직을 설치하고, 중앙정부-지자체 간 에너지정책협의회 구성/운영 및 활동지원을 통한 사회적 수용성 강화
 - 수요관리, 에너지공급, 산업과 일자리 등 지역 분담 영역에 대한 업무 조정 과 재분배 촉진
 - 주민참여 및 이익공유 제도화
 - 에너지전환사업 인허가 절차에 주민수용성 적극 도입
 - 정부차원에서 각 지자체의 에너지전환사업과 관련한 주민민원에 대한 법적, 제도적 가이드라인을 일원화
 - 에너지전환에 투자하는 국가비용의 이익주체가 국민이 되는 제도 개선
 - 지방정부의 에너지 정책 책임을 강화하고 에너지 정책 혁신을 촉진하기 위한 적절한 지원 및 인센티브 제도
 - 에너지 정책 및 사업에 대한 모니터링/평가/지원 체계 구축
 - 중앙정부와 지방정부 등에서 추진하고 있는 정책과 사업의 추진 현황, 성과, 특징, 모범 사례 등의 정보를 담고 있는 플랫폼 구축
 - 타 지역의 에너지 사업과 비교/평가 가능한 모니터링 및 평가 시스템 개발
 - 지방정부와 시민사회의 에너지 정책 역량 강화
 - 지방정부 에너지조례 등에서 규정하고 있는 지역에너지계획, 에너지위원회, 에너지 통계 구축 및 에너지 백서 제작, 에너지기금, 에너지전담조직 등을 실현하기 위한 중앙정부 차원의 지원 프로그램 마련



제1장 서론 3

제1절 연구 배경 3

제2절 연구 목적 및 수행체계 9

1. 연구 필요성 및 목적 9
2. 연구 체계 11

제2장 지속가능한 심층 에너지전환 13

제1절 지속가능발전과 기후변화 13

1. 지속가능발전과 기후변화와의 관계 13
2. 기후변화 영향 15
3. 1.5℃ 기후변화 정책목표 17

제2절 1.5℃ 대응 전지구 탄소예산 19

1. 탄소예산의 의미 19
2. 전 지구 탄소예산 22

제3절 1.5℃ 대응 우리나라 온실가스 배출량 26

1. 국제협약의 감축부담 배분원칙: 공정성(Fair sharing of Burden) 26
2. 1.5℃ 대응 우리나라 탄소예산 분석 28

제4절 심층 에너지전환 비전 및 전략 51

1. 우리나라 에너지 이용 및 온실가스 배출 현황 51
2. 심층 에너지전환 시나리오 62
3. 부문별 심층 에너지전환 전략 70

제3장 에너지전환과 산업 전환 79

제1절 에너지부문 전환의 달성가능성 79

1. 현재 에너지 부문의 목표 79
2. 「2050 저탄소경제 비전 연구」 시나리오 결과 81

제2절 지속가능발전을 위한 에너지산업 구조 전환 84

1. 에너지 산업구조의 현재 84
2. 에너지 산업구조의 미래 비전(2050년 모습) 86
3. 에너지 산업구조의 제도개혁 중간목표(당면과제) 88

제3절 지속가능발전을 위한 산업구조의 전환 89

1. 기존 2040년 산업구조 전망 89
2. 1.5℃ 달성을 위한 에너지·산업구조 전환: 수요의 전기화와 전력원의 저탄소화 94
3. 산업부문의 탈탄소화 전망 95

제4장 에너지전환과 사회 전환 107

제1절 에너지전환의 사회적 함의 107

1. 지속가능한 에너지·사회전환 개요 107
2. 지속가능한 에너지·사회전환 이론적 배경 110
3. 지속가능한 에너지·사회전환 분석방법론 114

제2절 에너지전환정책의 사회적 수용성 117

1. 에너지전환정책에 대한 시민인식 117
2. 에너지전환정책 찬반의 사회적 지형 120
3. 에너지전환정책의 사회적 수용성 124

제3절 에너지전환사업의 사회적 수용성 131

1. 에너지전환사업에 대한 사례 131
2. 에너지전환사업의 사회적 수용성 136

제4절 환경·사회의식과 사회전환	143
--------------------------	------------

제5절 사회적으로 지속가능한 에너지전환	149
------------------------------	------------

1. 에너지전환정책을 위한 시사점	149
2. 에너지전환사업을 위한 시사점	150
3. 환경·사회의식과 지속가능한 에너지·사회전환	151
4. 정책적 활용방안 및 제언	152
5. 소결	154

제5장 결론	157
---------------	------------

제1절 연구요약	157
-----------------	------------

1. 1.5℃ 대응 심층 에너지전환 시나리오	157
2. 에너지전환과 산업 전환	159
3. 에너지전환과 사회 전환	160

제2절 연구의 한계 및 향후 연구방향	162
-----------------------------	------------

■ 참고문헌	163
■ 부록	169

표 차례

〈표 1〉 주요 국가의 온실가스 배출량	4
〈표 2〉 주요 국가의 1인당 에너지소비	6
〈표 3〉 주요 국가의 에너지집약도	6
〈표 4〉 주요 국가의 재생에너지 비중(1차 에너지 기준)	7
〈표 5〉 주요 국가의 에너지소비 중 산업부문 비중 변화 추이(원료용 포함)	7
〈표 6〉 기후변화로 인한 위험요인의 원인과 영향 및 피해	16
〈표 7〉 IPCC Special Report 1.5의 온난화 수준별 탄소예산 추정치	23
〈표 8〉 국가별 탄소예산 산정에 활용한 데이터	29
〈표 9〉 Climate Action Tracker의 시나리오별 한국 온실가스 배출량	36
〈표 10〉 1.5℃ 대응 분담방식별 1인당 탄소예산	39
〈표 11〉 2℃ 대응 분담방식별 1인당 탄소예산	44
〈표 12〉 1.5℃ 대응 분담방식별 OECD 회원국과 비회원국의 탄소예산	45
〈표 13〉 1.5℃ 대응 분담방식별 OECD 회원국과 비회원국의 1인당 탄소예산	47
〈표 14〉 2℃ 대응 분담방식별 OECD 회원국과 비회원국의 탄소예산	49
〈표 15〉 2℃ 대응 분담방식별 OECD 회원국과 비회원국의 1인당 탄소예산	50
〈표 16〉 2017년 에너지 소비 부문별/에너지원별 사용량	52
〈표 17〉 2017년 에너지원별 부문 비중(연료용)	52
〈표 18〉 2017년 부문별 에너지원 비중(연료용)	52
〈표 19〉 2017년 에너지 소비 부문별 석탄 사용량	53
〈표 20〉 2017년 에너지 소비 부문별 석유 사용량	54
〈표 21〉 주요 국가의 온실가스 배출량	55
〈표 22〉 우리나라 연도별/부문별 온실가스 배출량	56
〈표 23〉 우리나라 온실가스별 배출량 및 증감률	57
〈표 24〉 2016년 우리나라 배출원별/온실가스별 배출량	58
〈표 25〉 2030 국가 온실가스 감축 로드맵 수정안	59
〈표 26〉 제3차 에너지기본계획의 핵심가치 달성을 위한 정량목표(안)	61
〈표 27〉 에너지 집약도	64
〈표 28〉 2017년 연료별 주행거리 및 연비	67
〈표 29〉 최종에너지 중 전기 비중	67
〈표 30〉 발전믹스	69

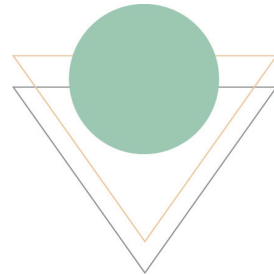
〈표 31〉 연료별 발전 및 배출량 믹스 변화	70
〈표 32〉 제3차 에너지기본계획 에너지 목표수요 주요 지표	80
〈표 33〉 주요 업종 부가가치 증가율	90
〈표 34〉 영국 주요 산업의 탈탄소화 전략과 목표치	98
〈표 35〉 철강산업의 현황 (기술개발 수준 및 애로사항)	101
〈표 36〉 철강산업의 2050년 비전 (저탄소 신기술 채택)	102
〈표 37〉 석유화학산업의 현황 (기술개발 수준 및 애로사항)	103
〈표 38〉 석유화학산업의 2050년 비전 (저탄소 신기술 채택)	104
〈표 39〉 산업부문 에너지소비 용도별 전략 (열수요의 전기화 및 저탄소화)	104
〈표 40〉 제3차 에너지기본계획 갈등관리·소통분과 권고안(2018.9.)	108
〈표 41〉 포용국가, 사회혁신, 사회적 자본의 정의	112
〈표 42〉 포용국가, 사회혁신, 사회적 자본의 구성요인	113
〈표 43〉 에너지전환정책의 사회적 수용성 조사 설계	114
〈표 44〉 에너지전환정책의 사회적 수용성 조사 내용	114
〈표 45〉 에너지전환사업의 사회적 수용성 조사 설계	115
〈표 46〉 원고청탁 분석틀	116
〈표 47〉 현 정부 신뢰도에 따른 에너지전환정책 찬반정도	122
〈표 48〉 응답자 특성에 따른 에너지전환정책 찬성 정도	127
〈표 49〉 응답자 특성에 따른 1.5℃ 제한 목표 찬성 정도	128
〈표 50〉 도심지 태양광사업 반대 민원내용	131
〈표 51〉 에너지전환사업 사례 주요 쟁점	132
〈표 52〉 에너지전환사업 주요 성공 및 갈등 요인	132
〈표 53〉 에너지전환사업 사례 요약 및 사례지 선정	133
〈표 54〉 태양광·풍력발전 시설 사회적 수용성 요인	138
〈표 55〉 태양광·풍력발전 시설 유형별 성공·갈등요인 예시	139
〈표 56〉 시설 관련 여부에 따른 시설 찬성정도 차이(D5, D6)	140
〈표 57〉 응답자 특성에 따른 재생에너지시설 설치 찬반 입장	141
〈표 58〉 시설 설치 사업 중요도 및 현재 수준 관련 우선순위	142
〈표 59〉 환경의식, 사회의식과 정부 신뢰도와의 상관관계(N=2000)	145
〈표 60〉 정부 신뢰도 및 정치적 성향에 따른 환경의식, 사회의식 차이 분석(ANOVA)	145
〈표 61〉 에너지전환정책 및 1.5℃ 제한 목표 찬성여부와 정치적 성향과의 상관관계(N=2000)	146
〈표 62〉 1.5℃ 제한 목표 달성을 위한 관련 사항 동의여부와 정치적 성향과의 상관관계	146
〈표 63〉 정치적 성향(D4)에 따른 1.5℃ 제한 목표 달성 관련 사항 동의 정도(A5)	147
〈표 64〉 환경의식, 사회의식과 정책 및 시설 찬반 정도와의 상관관계(N=2000)	148

■ 그림 차례 ■

[그림 1] 육상, 해상 평균 온도편차 변화 추이	3
[그림 2] 주요 국가의 대기오염으로 인한 초과 사망자수(2010년, 2060년)	5
[그림 3] 신고리 5·6호기 공론화위원회 숙의 과정의 진행에 따른 원전에 대한 인식 변화	5
[그림 4] 연구체계도	11
[그림 5] 2018년 전지구적 리스크 전망	14
[그림 6] 국제기온변화와 인위적 배출량 및 복사강제력 경로	19
[그림 7] 전지구 CO ₂ 배출 경로(좌, GtCO ₂ /yr)에 따른 누적 CO ₂ 배출량(우, GtCO ₂)	20
[그림 8] 누적배출량과 전지구 평균기온과의 관계	21
[그림 9] 1.5°C 66%에 대한 남은 탄소예산 관련 연구 결과	22
[그림 10] UNEP Emissions Gap 2018 보고서에 따른 시나리오별 온실가스 배출경로 및 NDC와의 차이 ...	24
[그림 11] Climate Action Tracker의 2030 Emissions Gaps 및 온난화 전망	25
[그림 12] 노력분담방안의 범주	27
[그림 13] 1.5°C, 50% 시나리오와 2°C, 50% 시나리오의 배출경로	29
[그림 14] 1인당 동일 누적 배출량 분담방식에 따른 우리나라 배출경로	31
[그림 15] 1인당 동일배출량 수렴 방식에 따른 우리나라 배출경로	33
[그림 16] 책임역량지수 분담방식에 따른 우리나라 배출경로	35
[그림 17] 1.5°C 대응 이산화탄소 배출량 비교	37
[그림 18] 2°C 대응 이산화탄소 배출량 비교	37
[그림 19] 기존 정책 유지 시 2040년 이후 배출경로	38
[그림 20] 1.5°C 대응 1인당 동일 누적 배출 분담방식에 따른 국가별 1인당 배출경로	40
[그림 21] 1.5°C 대응 C&C 분담방식에 따른 국가별 1인당 배출경로	41
[그림 22] 1.5°C 대응 RCI 분담방식에 따른 국가별 1인당 배출경로	42
[그림 23] 1.5°C 대응 CAT의 국가별 1인당 배출경로	43
[그림 24] 1.5°C 대응 1인당 동일누적배출 분담방식에 따른 OECD 회원국과 비회원국의 배출 경로	46
[그림 25] 1.5°C 대응 C&C 분담방식에 따른 OECD 회원국과 비회원국의 배출 경로	46
[그림 26] 1.5°C 대응 RCI 분담방식에 따른 OECD 회원국과 비회원국의 배출 경로	46
[그림 27] 1.5°C 대응 1인당 동일누적배출 분담방식에 따른 OECD 회원국과 비회원국의 1인당 배출 경로 ·	48
[그림 28] 1.5°C 대응 C&C 분담방식에 따른 OECD 회원국과 비회원국의 1인당 배출 경로	48
[그림 29] 1.5°C 대응 RCI 분담방식에 따른 OECD 회원국과 비회원국의 1인당 배출 경로	48
[그림 30] 2030 국가 온실가스 감축 로드맵 감축 경로	60

[그림 31] 에너지원별 이산화탄소 배출경로	63
[그림 32] 부문별 이산화탄소 배출경로	63
[그림 33] 연료별 최종에너지 소비	64
[그림 34] 부문별 최종에너지 소비	65
[그림 35] 연료별 소비비중 : 2017년, 2030년, 2050년	66
[그림 36] 부문별 소비비중 : 2017년, 2030년, 2050년	66
[그림 37] 부문별 전기화 비중	68
[그림 38] 연료별 발전량	70
[그림 39] 발전부문 연료별 배출량	71
[그림 40] 수송부문 연료별 배출량	72
[그림 41] 수송부문 연료별 에너지이용	73
[그림 42] 가정·상업·공공부문 연료별 배출량	74
[그림 43] 가정·상업·공공부문 연료별 사용량	75
[그림 44] 산업부문 연료별 배출량	76
[그림 45] 산업부문 연료별 사용량	77
[그림 46] 제3차 에너지기본계획 기준수요 대비 목표수요 부문별 절감 기여도	80
[그림 47] METER 모형의 전체적 구조	81
[그림 48] 온실가스 배출량 분석 시나리오	82
[그림 49] 전 부문의 시나리오별 온실가스 배출량 전망	83
[그림 50] 전력부문의 시나리오별 온실가스 배출량 전망	83
[그림 51] 에너지 산업규제로 인한 에너지시장의 상호왜곡	84
[그림 52] 에너지 시장(전기, 가스, 열) 거래흐름과 독점적 구조	85
[그림 53] 세계 전력 유틸리티 산업의 발전단계	86
[그림 54] Utility 3.0의 특징 : 분산기술과의 완전한 융합	86
[그림 55] 재생에너지 관련 사업모델 : 프로슈머화 및 분산형 자급자족 시스템 활성화	87
[그림 56] 전력회사와 非전력회사의 에너지 플랫폼 비즈니스 영역	87
[그림 57] 에너지 산업 개편의 당면 과제	88
[그림 58] 연도별 연령별 인구구성비	89
[그림 59] 인구, 가구 및 국내총생산 증가율	90
[그림 60] 주요 업종 부가가치 증가율, 조원	91
[그림 61] 부문별 에너지 소비 변화 2017-2040	91
[그림 62] 산업부문 최종 소비 증가의 주요 업종별 비중 2017-2040	92
[그림 63] 에너지소비 구성비 변화 : 2040년 전력비중 최고 (원료용 제외)	93
[그림 64] 미래 에너지소비구조: 1.5℃ 목표 탈탄소화로 가는 길	94

[그림 65] 산업부문의 시나리오별 배출량 전망	95
[그림 66] McKinsey & Company(2018)의 산업부문 CO ₂ 저감을 위한 기술 옵션 메뉴 (Toward 2050)	96
[그림 67] McKinsey & Company(2018)의 대표 산업별 탈탄소화 옵션의 가능 범위 (Toward 2050)	97
[그림 68] 주요 에너지다소비 산업의 탈탄소화 목표치	99
[그림 69] 지속가능성과 에너지·사회전환 연계 개념도	109
[그림 70] 에너지전환정책 인지 여부(A1) 결과	117
[그림 71] 에너지전환정책 찬반 정도	121
[그림 72] 1.5℃ 제한 목표 찬반 정도 결과	122
[그림 73] 1.5℃ 제한 목표 달성 관련 사항 동의 정도 결과	123
[그림 74] 에너지전환정책에 대한 중요도(B1-1) 및 성과도(B1-2) 결과	126
[그림 75] 에너지전환정책 주제 역할에 대한 중요도(B2-1) 및 성과도(B2-2) 결과	127
[그림 76] 에너지전환정책에 대한 중요도(B1-1) 및 성과도(B1-2) 매트릭스 분석	129
[그림 77] 에너지전환정책 주체의 중요도 및 성과 매트릭스 분석	130
[그림 78] 거금에너지테마파크 및 동광면 수상태양광 현장	134
[그림 79] 재생에너지 시설 설치 찬반 정도	136
[그림 80] 재생에너지 시설 유형에 따른 설치 찬반 정도	137
[그림 81] 시설 설치 사업 성공여부 관련 사항 중요도 및 현재 수준	141
[그림 82] 환경의식 동의 정도(C4)	143
[그림 83] 사회의식 동의 정도	144
[그림 84] 계획입지제도 추진절차(안)	152
[그림 85] 지속가능한 에너지·사회전환 개념도	156



**지속가능발전과 에너지·산업전환 :
기후변화 정책목표 1.5℃ 대응을 중심으로**

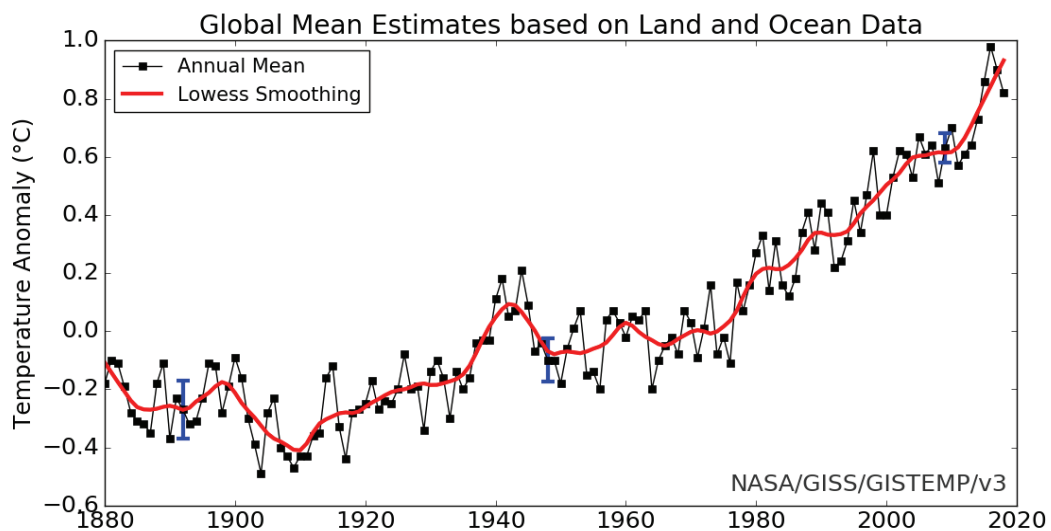
이 창 훈

제1장 서론

제 1 절 연구 배경

- 화석연료에 기반한 산업혁명 이래, 인간의 인위적인 활동으로 지구온난화가 가속화됨에 따라 기후변화는 인류의 지속가능발전을 위협하는 가장 큰 위험으로 간주되고 있음
- 지난 5년(2014~2018)은 기상관측 이래 가장 더운 5년이었고, 산업화 이전(1880-1920년 평균) 대비 1.1℃ 상승하였고, 현재 정책이 지속된다면 2100년에는 '특이점'인 1.5℃ 또는 2℃를 넘어 3℃를 넘어설 것으로 전망(UNEP, 2018)

[그림 1] 육상, 해상 평균 온도편차 변화 추이



자료: NASA Goddard Institute for Space Studies 홈페이지

- World Economic Forum의 ‘The Global Risks Report 2018’에 따르면 기후변화 관련 리스크인 극한기후현상, 자연재해, 기후변화 완화 및 적응의 실패를 발생가능성도 확실하고 영향력도 매우 높은 리스크로 평가(World Economic Forum, 2018)
- 우리나라는 총량기준, 1인당 기준 모두 세계12위 온실가스 다배출국으로 온실가스 감축노력이 요구되고 있음

〈표 1〉 주요 국가의 온실가스 배출량

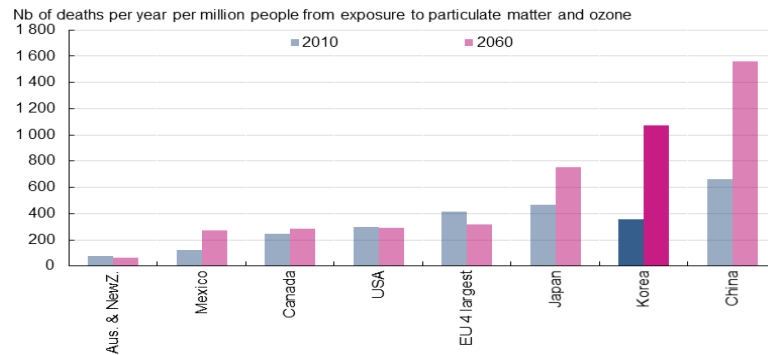
국가	배출량 (MtCO ₂ e) LULUCF 포함	순위	1인당 배출량 (tCO ₂ e)	순위	GDP당배출량 (tCO ₂ e/백만 USD)	순위	1850-2014 CO ₂ 누적배출 량 (MtCO ₂)	순위
중국	11,601	1	9	54	666	60	168,762	2
미국	6,319	2	20	19	383	106	374,584	1
인도	3,202	3	2	137	459	90	39,332	7
인도네시아	2,472	4	10	46	968	38	10,098	24
러시아	2,030	5	14	27	559	76	105,236	3
브라질	1,357	6	7	70	432	96	12,373	19
일본	1,322	7	10	39	278	138	52,688	6
캐나다	867	8	24	10	568	74	29,101	9
독일	817	9	10	42	232	150	86,025	4
이란	801	10	10	41	621	67	13,381	17
멕시코	729	11	6	84	357	118	16,003	13
한국	632	12	12	32	372	112	14,263	16

자료: World Resources Institute, CAIT Climate Data Explorer.

□ 국민들의 건강 및 안전에 대한 우려로 친환경 에너지원 요구 증가

- 2013년 이후 미세먼지 개선추세가 정체 및 악화로 급격하게 전환하면서 국민들의 체감 오염도는 증가하고 건강우려 심화
- OECD는 우리나라의 대기오염으로 인한 초과사망자수가 2060년 까지 두 배 이상 증가하여 회원국 중 최고를 기록할 것으로 전망

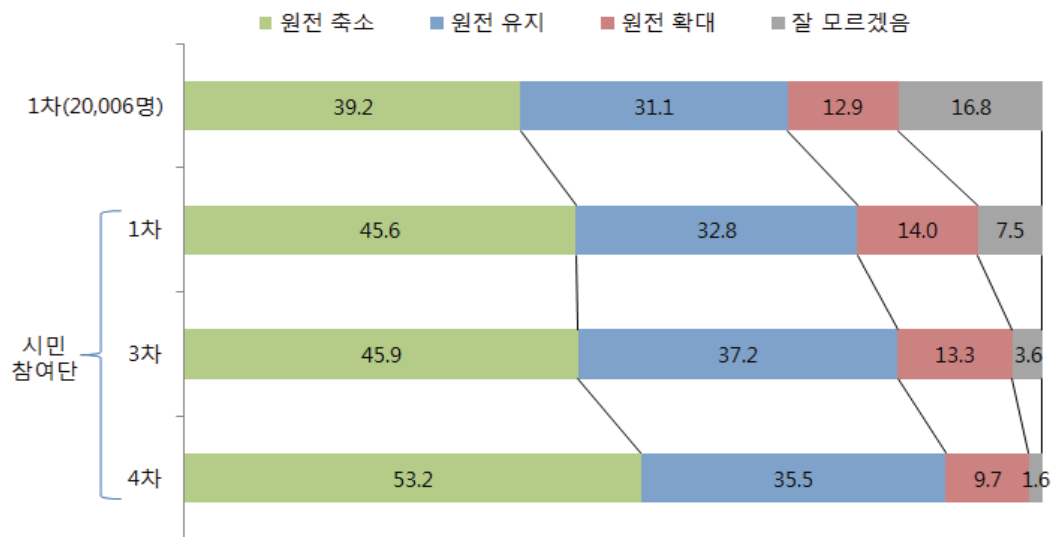
[그림 2] 주요 국가의 대기오염으로 인한 초과 사망자수(2010년, 2060년)



자료: OECD(2017)

○ 후쿠시마 원전사고 이후 원자력에 대한 불신이 증가하여 국민들은 원자력의 단계적 폐지를 지지

[그림 3] 신고리 5·6호기 공론화위원회 속의 과정의 진행에 따른 원전에 대한 인식 변화



자료: 신고리 5·6호기 공론화 위원회(2017), p. 285.

□ 우리나라는 압축적 경제성장을 지원하기 위해 구축된 기존 대규모 중앙집중형 에너지공급정책으로 에너지다소비, 온실가스 및 오염물질 다배출 경제구조가 정착

○ 1인당 에너지소비가 1990년에 OECD 평균의 50% 수준이었으나 2017년에는 140% 수준으로 증가하였으며, 일본과 독일을 각각 2001년, 2002년에 추월하고, 2008년에는 OECD 평균을 추월

- 현재의 에너지정책이 지속되는 경우(제2차 에너지기본계획) 한국은 일본이나 유럽국가와는 다른 미국과 유사한 에너지다소비형 경제구조로 고착화가 전망됨

〈표 2〉 주요 국가의 1인당 에너지소비

단위: TOE/인

	한국	독일	미국	일본	OECD
1990	2.17	4.43	7.66	3.55	4.23
2000	4.00	4.13	8.05	4.08	4.59
2005	4.36	4.15	7.83	4.08	4.63
2010	5.05	4.07	7.16	3.90	4.38
2015	5.35	3.77	6.81	3.39	4.13
2016	5.51	3.77	6.70	3.35	4.11
2017	5.73	3.79	6.56	3.39	4.10

자료: International Energy Agency(2018), p. III. 143.를 바탕으로 저자 재구성.

- 에너지집약도(에너지사용량/GDP)가 미국, 일본, 독일, OECD 등 선진국들에 비해 높아 비효율적으로 에너지를 이용하고 있으며, 에너지효율 개선속도도 상대적으로 느림.

〈표 3〉 주요 국가의 에너지집약도

단위: TOE/천2010-USD

	한국	독일	미국	일본	OECD
1990	0.186	0.146	0.211	0.118	0.16
2000	0.193	0.115	0.179	0.123	0.143
2005	0.171	0.112	0.161	0.117	0.133
2010	0.166	0.102	0.148	0.111	0.124
2014	0.158	0.088	0.131	0.097	0.116
2015	0.156	0.088	0.131	0.091	0.109
2016	0.157	0.087	0.128	0.089	0.108
2017	0.159	0.086	0.123	0.089	0.105
변화율(90-17)	-0.58%	-1.94%	-1.98%	-1.04%	-1.55%

주: GDP는 constant prices and PPPs 기준

자료: International Energy Agency(2018), p. III. 141.를 바탕으로 저자 재구성.

- 경제성 위주의 에너지정책 추진으로 인하여 석탄 및 원자력 위주로 전원이 구성
 - 전력공급의 45.3%(2017)를 차지하는 석탄은 온실가스 및 대기오염물질을 다량 배출
 - 전력공급의 30.3%(2017)를 차지하는 원자력은 방사능 누출 위험뿐만 아니라 사회적 수용성 논란으로 인한 가동 중단 등의 정책적 리스크도 상존하고 있음
 - * 부품안전성 등 문제로 원전 이용률 감소: 90.7%(11년) → 82.3%(12년) → 75.5%(13년)
 - 국산에너지원이자 소규모 분산형 친환경에너지원인 재생에너지는 2017년 1차 에너지기준 2.0%에 불과, OECD 회원국 중 최소임

〈표 4〉 주요 국가의 재생에너지 비중(1차 에너지 기준)

연도	한국	독일	미국	일본	OECD
1990	1.1%	1.5%	5.0%	3.4%	6.0%
2000	0.4%	2.7%	4.5%	3.1%	6.0%
2005	0.5%	5.1%	4.5%	3.2%	6.3%
2010	0.7%	8.4%	5.7%	3.7%	7.8%
2015	1.5%	12.4%	6.9%	5.1%	9.6%
2016	1.5%	12.5%	7.2%	5.2%	9.9%
2017	2.0%	13.4%	7.7%	5.5%	10.2%

자료: International Energy Agency(2018), pp. III. 56., III. 59.를 바탕으로 저자 재구성.

- 기후변화, 환경, 안전 문제에 대응하여 우리사회의 지속가능발전을 지원하기 위해서는 에너지효율 및 재생에너지 기반 에너지전환이 필요하며, 특히 산업부문의 에너지효율개선이 필요
- 2017년 기준 우리나라의 전체 에너지소비 중 산업부문의 비중은 61.7%(원료용 포함)로 OECD 평균에 비해 매우 높은 수준이며, 감소세를 보이는 다른 나라와 달리 지속 상승 중
- 가정 및 수송부문의 에너지이용효율은 OECD 평균 수준이나, 산업부문 효율은 OECD 평균의 두 배 이상임

〈표 5〉 주요 국가의 에너지소비 중 산업부문 비중 변화 추이(원료용 포함)

	한국	독일	미국	일본	OECD
1990	40.0%	36.8%	30.8%	48.5%	36.0%
2000	49.6%	32.8%	31.1%	41.3%	34.9%
2005	48.9%	34.0%	27.7%	41.1%	32.8%
2010	52.4%	33.9%	26.8%	39.9%	31.4%
2015	54.7%	34.6%	25.7%	40.5%	31.3%
2016	54.4%	34.3%	26.0%	40.0%	31.3%

자료: International Energy Agency(2018), p. III. 98., p. III. 113.를 바탕으로 저자 재구성.

□ 에너지전환은 신성장동력이자 일자리 창출의 기회로 대두

- 우리나라뿐만 아니라 세계도 에너지전환의 시대로 진입하여, 새로운 시장창출의 기회가 대두
 - 전 세계 재생에너지 시장규모가 2016년 약 2,416억 달러에 달했으며, 태양광과 풍력은 2040년까지 전 세계 발전시장에 투자되는 10.2조 달러의 72%를 차지할 것으로 전망(BNEF, 2017)
- 재생에너지 산업은 원자력, 화력발전과 같은 장치산업과는 다르게 소규모, 분산형이므로, 일자리 창출효과가 더욱 큼
 - 2016년 기준 약 전 세계 980만 명이 재생에너지관련 일을 하고 있고, 2030년까지 2400만 명 이상으로 일자리 증가가 전망됨(IRENA, 2018)
 - 정부계획인 '재생에너지 3020 이행계획'이 실현되면, 매년 6,000개의 신규 일자리가 창출되어, 재생에너지분야 일자리가 2015년 15,000명에서 2030년 10만 명으로 증가 전망

제 2 절 연구 목적 및 수행체계

1. 연구 필요성 및 목적

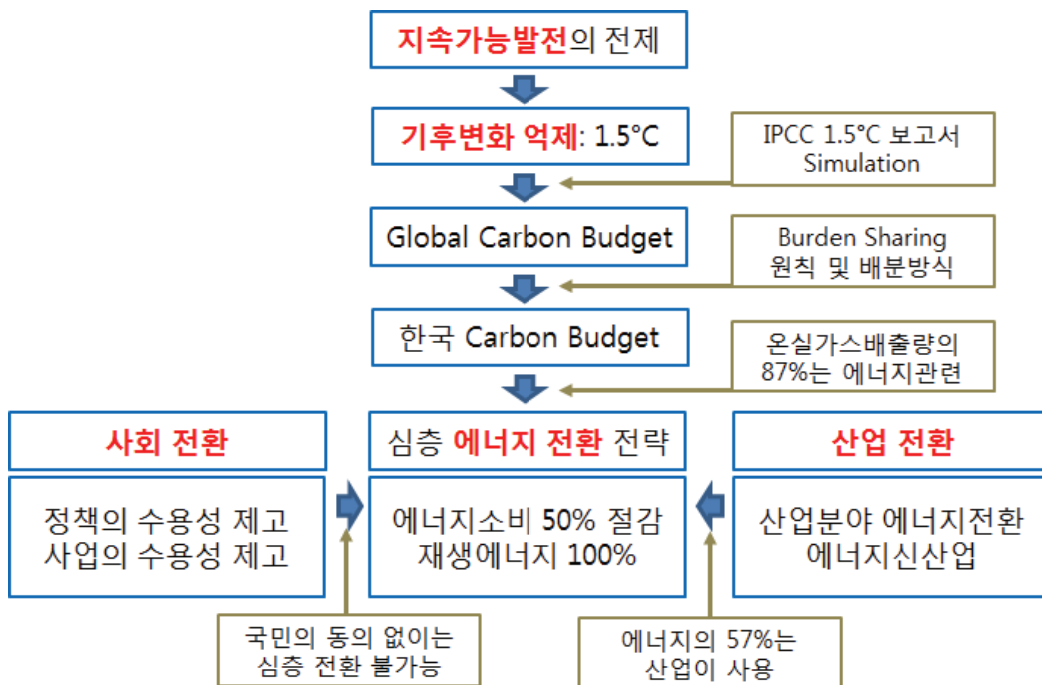
- 문재인 정부는 친환경 에너지전환을 공약으로 제시하였으며, 취임 이후 공론화 과정을 통해 신규원전의 건설계획을 폐기하고, 2030년 발전부문 신재생에너지 비중을 20%까지 달성하겠다는 ‘재생에너지 3020 이행계획’ 발표
 - 원전과 석탄을 재생에너지로 전환하고, 전환기에 LNG의 활용을 높이는 ‘에너지원’의 전환에 초점을 맞추고 있으며, 이 때 전환기준은 온실가스, 미세먼지 등 환경요인과 원전사고 등 안전요인임
- 정부는 2019년 상반기까지 수립 중인 에너지 분야 최상위 국가계획인 ‘제3차 에너지기본계획’을 통해 에너지전환정책의 비전 및 전략방향을 제시할 예정이나, 산업통상자원부 중심인 국가계획의 성격 상 다음과 같은 한계를 지님
 - 제3차 에너지기본계획은 목표연도가 2040년이나, 현재 까지 수립된 온실가스 감축목표는 2030년으로, 온실가스 감축측면에서 에너지기본계획상의 수요관리 및 에너지믹스는 보수적
 - 에너지전환을 주어진 것으로 보고, 이의 이행을 위한 제도적 개선방안 중심이라, 에너지전환 정책 자체에 대한 사회적 합의 필요성 및 과정에 대한 논의는 상대적으로 부족
 - 국가계획이자 장기계획의 특성상, 사회적 논란이 많고 합의가 되지 않은 분야의 경우 계획에서 다루기 어려움. 새로운 시장기회 창출 및 재생에너지 활성화를 위해 자유로운 시장진입이 가능하여야 하나, 에너지사업간 칸막이, 시장독점구조 등의 걸림돌 해소방안 논의가 부족
- 본 연구는 ‘지속가능발전’이라는 국가 및 사회발전 프레임을 통해 에너지전환전략을 친환경에너지원으로의 전환을 넘어, 사회적, 산업적 전환과 통합적으로 제시하고자 함
 - 지속가능발전은 환경, 경제, 사회의 상호작용 및 연계성에 주목하고 있어, ‘친환경’ 에너지원으로의 전환이 사회적, 경제적 차원의 전환도 동반해야 함을 의미
- 국제사회에서 논의되고 있는 1.5°C 기후변화정책목표를 달성하기 위한 2050년 에너지전환 전략 제시
 - 1.5°C 달성을 위한 2050년 국내 온실가스감축목표를 도출하고, 이 목표에 부합하는 에너지 수요 및 에너지믹스 제시
 - 이러한 에너지전환을 달성하기 위한 핵심정책과제 제안

- 다수의 다양한 에너지생산자와 소비자를 연계 시키는 과정에서 효율성을 제고하고 다양한 사업기회를 창출하기 위해, 시장과 산업의 자율성을 제고하고 규제혁신 전략 제시
- 산업부문 지속가능발전의 관건이 환경친화적 에너지이용에 있고, 산업부문 에너지이용 비중이 매우 높은 우리나라 특수상황을 고려하여, 산업부문 에너지전환전략 제시
- 에너지전환정책이 이번 정부를 넘어서 지속가능하기 위해서는 시민들의 에너지이용에 대한 인식이 변화하고, 이해당사자들의 사회적 합의과정이 요구되므로 시민들의 인식변화와 합의과정을 형성해 나가는 중장기적 전략 제시
- 현재 재생에너지 이용 확대의 가장 큰 걸림돌인 사회적 수용성문제를 해결하기 위해, 지역주민 및 지역주민들의 공동체(협동조합, 사회적기업 포함)의 주도적 참여유도

2. 연구 체계

- 제2장에서는 국제사회의 1.5°C (및 2°C) 기후변화 정책목표에 상응하는 전지구 탄소예산(추가배출 허용량)을 검토하고, UN 기후변화협약상의 원칙을 준용 우리나라에 할당 가능한 탄소예산을 산정
 - 국내 탄소예산을 달성하기 위한 에너지분야 탈탄소 에너지전환 시나리오를 제시하고 이를 달성하기 위한 핵심 요인을 검토
- 제3장에서는 전체 에너지의 60% 이상(원료용 포함)을 사용하는 산업부문의 에너지전환 방향 제시
 - 우선 에너지전환의 주체인 에너지산업의 구조전환 및 효율성 개선방안을 검토하고, 에너지다소비 산업구조의 전환, 에너지다소비 산업 특성별 탈탄소화, 산업 공통의 탈탄소화 가능성을 진단하고 정책방향을 제시
- 제4장에서는 에너지전환의 지속적 추진을 위해 정책 및 사업의 수용성제고 방안을 사회전환 관점에서 제시
 - 설문조사 및 사례조사를 통해 국민 및 주민들의 에너지전환 정책 및 사업에 대한 의견을 검토한 뒤 수용성제고방안을 제시

[그림 4] 연구체계도



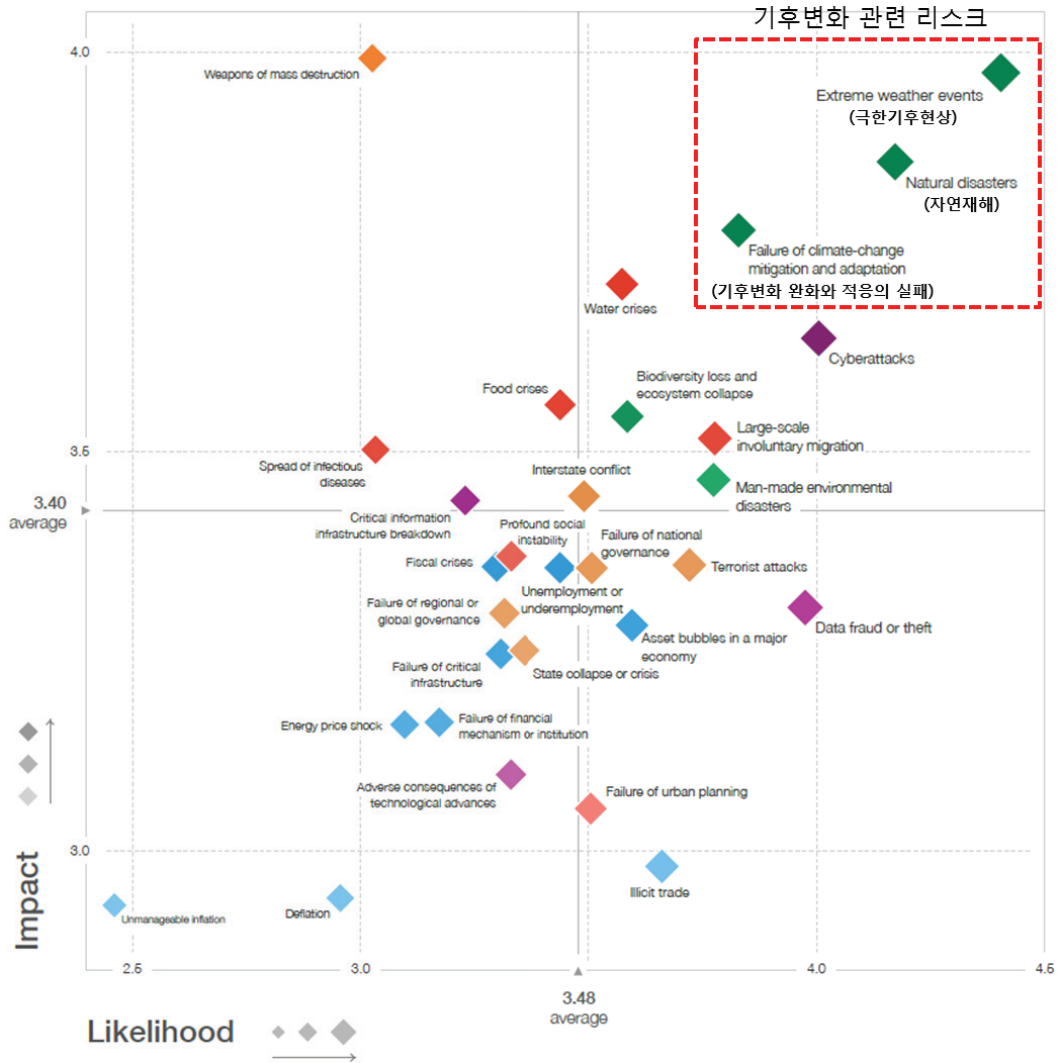
제2장 지속가능한 심층 에너지전환

제 1 절 지속가능발전과 기후변화

1. 지속가능발전과 기후변화와의 관계

- 지속가능발전은 ‘미래 세대가 그들의 요구를 충족할 수 있는 능력을 저해하지 않으면서 현재 세대의 요구를 충족하는 발전’(WCED, 1987)으로 정의됨
 - 환경, 경제, 사회 세 분야의 조화를 바탕으로 환경보호, 경제성장, 사회적 포용을 균형 있게 고려하며 발전하는 것을 의미함
- 기후변화는 지속가능발전을 위협하는 가장 중요하고 확실한 위험으로, 기후변화의 완화는 인류의 지속가능한 발전의 전제조건임
 - World Economic Forum의 The Global Risks Report 2018에 따르면 기후변화 관련 리스크인 극한기후현상, 자연재해, 기후변화 완화 및 적응의 실패는 발생가능성과 영향력 측면에서 다른 리스크에 비해 더욱 위험한 것으로 나타남(World Economic Forum, 2018)

[그림 5] 2018년 전지구적 리스크 전망



자료: World Economic Forum(2018), 저자 수정.



2. 기후변화 영향

- 현재 기후변화는 모든 대륙과 나라에서 경제 혼란을 유발하고, 생태계와 인간, 지역사회, 그리고 국가에 심각한 영향을 미치고 있음
 - 기후변화는 ‘인간의 활동에 의한 온실 효과 등의 인위적인 요인과 화산폭발, 성층권 에어로졸의 증가 등의 자연적 요인에 의한 효과를 포함하는 전체 자연의 평균 기후변동’으로 정의됨¹⁾
 - 자연과 인간시스템에 긍정적인 영향과 부정적인 영향을 모두 끼치지만 일반적으로 부정적인 영향이 더 큼
- 기후변화 현상으로는 해수면 상승, 온도증가, 토지 및 숲 저하, 생물다양성 손실, 사막화, 빙하 후퇴 및 관련 영향, 해양 산성화염류화 등이 있으며, 다음과 같이 자연과 인간사회에 부정적인 영향을 미침(이승준·안병옥, 2016)
 - 해수 팽창과 해빙으로 인한 해수면 상승 및 연안 지역의 구조 변화로 인하여 육지 및 생산 가능한 토지, 식량생산 능력 및 식수, 핵심 해양 생태계, 자연재방 및 관광자원이 손실됨
 - 온실가스 배출로 인한 지구의 평균온도 상승과 최고/최저 온도의 변화는 토양의 수분손실을 유발하여 생산성을 감소시키고, 거주 가능 지역을 손실시키며, 동식물 생산성 저하를 유발하고, 농업 종사자의 생계에 영향을 미침
 - 해양 산성화는 어류자원의 손실과 산호초 생태계 피해를 유발하며, 관광경제에 피해를 입혀 지역사회의 생계에 부정적인 영향을 미침
 - 빙하 후퇴는 식수, 전기생산, 관개 등을 위한 필수 수자원의 손실을 유발함
 - 토양 및 내수의 염도상승은 생산토지와 식량생산 및 식수에 손실을 유발함
 - 온도증가와 가뭄으로 인한 토지 및 숲 저하는 식생 생산을 감소시켜 기아, 빈곤 등을 유발하며, 이에 따라 사회적 비용이 증가하고, 화재빈도 증가로 거주지 손실을 발생시킴
 - 기후변동에 따른 생물다양성의 손실은 생태계를 파괴하고, 그에 따른 자원기반의 사회경제체계 불안을 가중시킴
 - 인간 활동, 기상패턴 변화 등에 따른 사막화는 지대의 손실, 생산 토지 및 생계의 손실을 유발함

1) IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)는 기후변화를 ‘장기간에 걸친 기간(수십년 또는 그 이상)동안 지속되면서, 기후의 평균상태나 그 변동 속에서 통계적으로 의미 있는 변동’으로 정의하고 있으며, UNFCCC는 ‘전 지구 대기의 조성을 변화시키는 인간의 활동이 직접적 또는 간접적으로 원인이 되어 일어나고, 충분한 기간 동안 관측된 자연적인 기후변동성에 추가하여 일어나는 기후의 변화’로 정의하고 있음.
(국가기후변화적응정보포털)

〈표 6〉 기후변화로 인한 위험요인의 원인과 영향 및 피해

현상(위험요인)	원인	영향 및 피해
해수면 상승 (Sea Level Rise)	온도증가에 따른 해수 팽창 및 해빙으로 해수면 상승과 연안 지역 구조변화	· 염수 침입에 따른 식량생산 능력 및 식수 손실 · 육지 및 생산 가능 토지 손실 · 핵심 해양생태계 손실 · 자연재방 및 관광자원 손실
온도증가 (Increasing Temperature)	온실가스 배출에 따른 온실효과로 지구의 평균온도 상승 및 최고/ 최저온도 변화	· 토양수분 손실에 따른 생산성 감소 · 온도변화로 거주 가능 지역 손실 · 고온으로 동식물 생산성 저하 및 농업 종사자 의 생계에 영향
해양 산성화 (Ocean Acidification)	공기 중 이산화탄소 농도 증가로 해수에 용해되는 이산화탄소가 증가하고 이에 따 라 해수 산성화	· 해양생물에 영향을 주며, 탄산염의 감소로 해 양생물의 껍질 형성에 악영향 · 어류자원의 손실 · 산호초 생태계의 손실/피해 · 관광경제 피해/생계 손실
빙하 후퇴/관련 영향 (Glacial Retreat and Related Impacts)	온도증가 및 지역적 온도와 강수량 변화 로 빙하 후퇴	· 식수, 전기생산, 관개 등을 위한 필수 수자원 손실
염류화 (Salinization)	해수면 상승에 의한 해수침입과 그에 따 른 토양 및 내수의 염도 상승, 강수량 감소 에 따른 지하수 감소는 내수의 염류화를 더욱 악화시킴	· 생산토지와 식량생산, 식수의 손실
토지 및 숲 저하 (Land and Forest Degradation)	온도증가와 가뭄 등의 영향에 의한 토양 질 저하와 그에 따른 숲 저하	· 식생 생산 감소와 기아, 사회적 비용 증가, 담 수의 질 저하, 빈곤 및 정치적 불안 등 · 건조에 따른 화재증가로 거주지 및 생계 손실
생물다양성 손실 (Loss of Biodiversity)	기후변동에 따른 생물의 멸종 및 생물다 양성 손실	· 생태계 파괴 및 그에 따른 자원 기반의 사회경 제계 불안 가중
사막화 (Desertification)	기후변화에 따른 기상 패턴 변화와 인간 활동 등에 따른 토지 저하	· 지대의 손실, 생산토지 손실, 생계의 손실과 그 에 따른 이주 증가

자료: Stabinsky and Hoffmaister(2012): 이승준·안병욱(2016). p. 54. 〈표 2-4〉 재인용.

3. 1.5℃ 기후변화 정책목표

- 기후변화의 위험이 국제사회에서 명시적으로 인식된 1990년대 이후, 산업화 이전 대비 지구 평균온도의 2℃ 상승은 지구온난화를 되돌릴 수 없는 특이점(tipping point)으로 간주됨
 - 2℃ 이내로 지구온난화를 제한하더라도, 기후변화의 영향이 매우 심각할 것이라는 연구결과가 지속됨에 따라, 2014년 IPCC 제5차 평가보고서는 2℃ 목표를 1.5℃로 강화하기 위한 노력의 필요성을 제기하였고, 2015년 제21차 파리 당사국총회에서 지구 평균기온 상승을 2℃, 나아가 1.5℃로 제한하는 것을 범지구적 장기목표로 규정
 - 과거의 기후변화 데이터를 분석할 경우, 1.5℃도 기후변화 정책목표로는 너무 높다는 의견도 있음(이창훈, 2018)
 - 이전 간빙기인 에미안기의 평균기온이 현재와 비슷하고 그 당시 해수면이 지금보다 평균 6~9m 높았기 때문에, 특이점을 1℃ 이내로 보아야한다는 것임
- 2018년 IPCC는 특별보고서를 통해 지구평균온도의 지구 평균온도 2℃ 제한은 안전선이 아닌 최후의 보루이며, 2℃ 제한과 1.5℃ 제한은 자연과 인간시스템에 미치는 영향력에 큰 차이가 있기 때문에 1.5℃ 제한의 필요성을 주장(IPCC, 2018a)
 - 2100년 지구평균온도가 1.5℃ 지구 평균 해수면은 2℃일 때의 전 지구 평균 해수면보다 0.1m 낮음
 - 전 지구 평균 해수면 상승의 0.1m 감소는 2010년 인구와 적응 노력이 없다고 하였을 때 관련 위험에 노출되는 사람을 1,000만 명 감소시킴.
 - 2100년에 1.5℃ 제한을 달성하여도 해수면 상승은 지속되지만, 해수면 상승 속도가 느려지기 때문에 염류화, 홍수 및 인프라 손상 등으로 인한 위험이 줄어들어 연안 생태계 및 인프라를 보강하고 복원하는 등의 적응 기회가 증가함
 - 1.5℃ 제한할 경우 육지, 담수 및 연안 생태계에 미치는 영향이 감소하고 자연이 인간에게 제공되는 서비스가 더 많이 유지됨
 - 1.5℃ 상승하는 경우, 알려져 있는 생물 105,000종 중 척추동물의 4%, 곤충의 5%, 식물의 8%가 기후학적으로 결정된 지리적 경계(geographic range)의 절반을 잃을 것으로 예측되며, 2℃ 상승하는 경우에는, 이 비율이 척추동물의 8%, 곤충의 18%, 식물의 16%로 증가
 - 1.5℃ 상승할 때 전 세계 육생지역 중 약 4%에서 생태계의 변화가 발생하고, 2℃ 상승할 경우에는 13%로 심각해지며, 1.5℃ 상승 시 2℃ 상승 시에 비해 위험지역이 약 50% 감소함

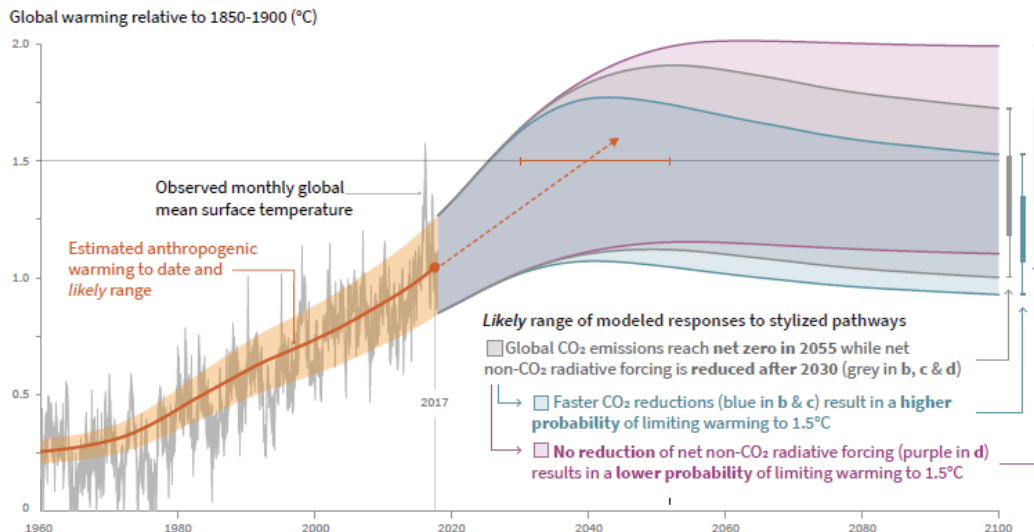
- 건강, 생태계, 식량안보, 물 공급, 인류안보, 경제성장 관련 위험이 지구온난화를 1.5℃로 제한하더라도 증가하며, 2℃에서는 더욱 증가할 것으로 전망됨.
- 하지만 지구온난화를 1.5℃로 제한하면 2℃일 때 보다 기후관련 위험에 노출되고 빈곤에 취약한 사람들의 수를 최대 수억 명까지 줄일 수 있음

제 2 절 1.5℃ 대응 전지구 탄소예산

1. 탄소예산의 의미

- 현재 인간의 활동은 산업화 이전 대비 약 1℃의 온난화를 유발한 것으로 평가되며, 현재의 배출 증가율을 유지할 때 2030년에서 2052년 사이에 1.5℃가 상승할 것으로 예측됨(IPCC, 2018b)
- 산업화 시작 이후 장기적인 온난화 경향을 반영하면 2006~2015년에 관측된 전 지구 평균 표면 온도(Global mean surface temperature, GMST)는 1850~1900년의 평균보다 0.87℃ 높으며, 과거 및 현재의 배출로 인한 인위적 전지구 온난화는 10년당 0.2℃씩 증가하고 있는 것으로 추정됨
- 현재까지의 인위적 배출로 인한 온난화는 수세기동안 지속될 것이며, 해수면 상승 등 기후시스템의 장기적인 변화와 관련 영향을 초래
 - 현재까지의 온실가스, 에어로졸, 지구물질을 포함한 인위적 배출량은 다음 2~30년 동안 0.5℃ 이상의 온난화를 유발

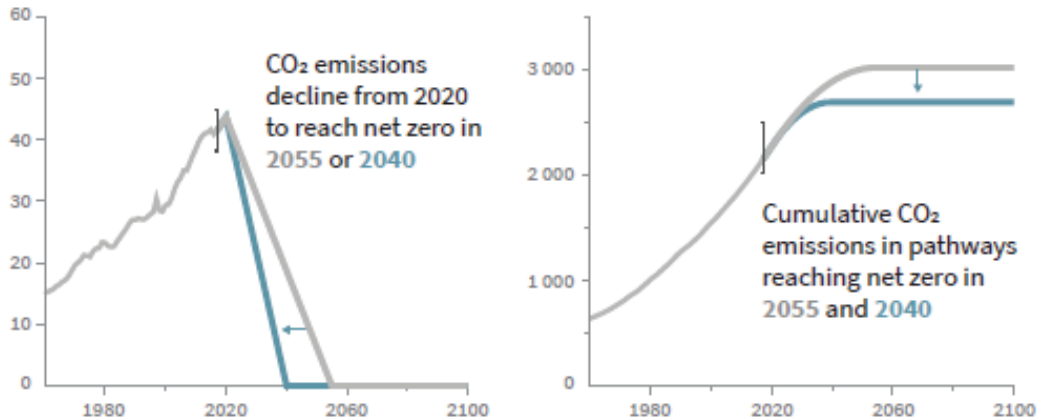
[그림 6] 국제기온변화와 인위적 배출량 및 복사강제력 경로



자료: IPCC(2018b). p. 6.

- CO₂ 배출량을 빠르게 줄일수록 누적 CO₂배출량이 감소하여 1.5℃ 달성 가능성을 높임
 - CO₂ 순배출 0 달성연도를 2055년에서 2040년으로 당길 경우 누적 CO₂ 배출량이 약 300GtCO₂ 감소함

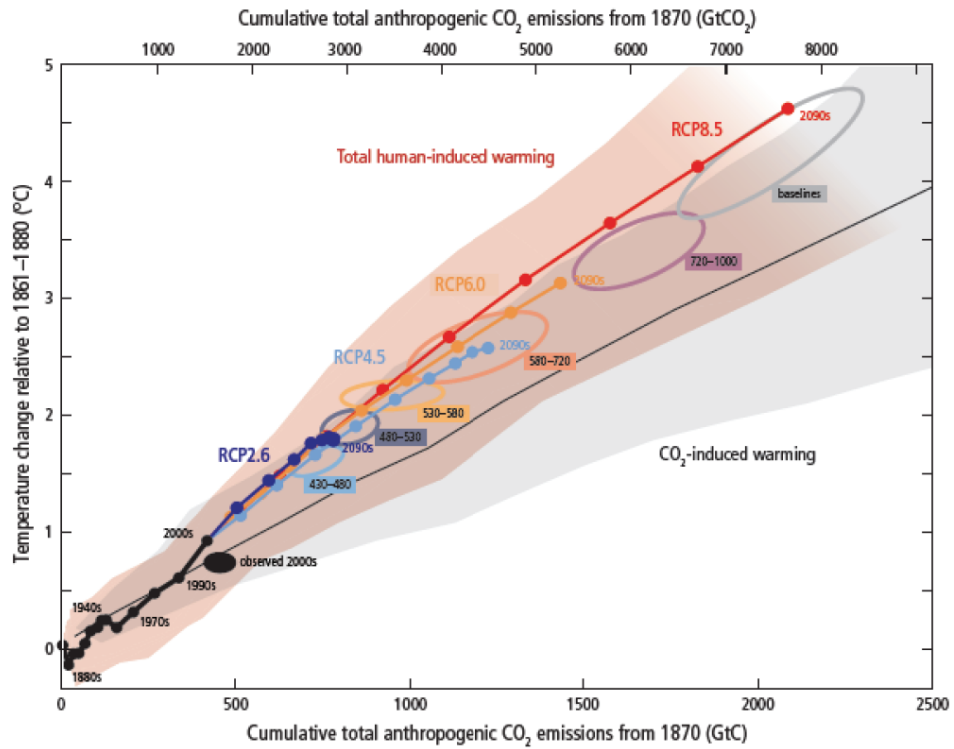
[그림 7] 전지구 CO₂ 배출 경로(좌, GtCO₂/yr)에 따른 누적 CO₂ 배출량(우, GtCO₂)



자료: IPCC(2018b). p. 6.

- 1.5℃로 지구 온난화를 제한하기 위해 허용 가능한 온실가스 최대배출량인 '탄소예산(Carbon budget)'을 산정하고 향후 탄소 배출을 탄소예산 이내로 엄격하게 제한할 필요
 - 1.5℃ 온난화 제한 가능성은 누적 탄소배출량(Cumulative Emissions)과 미래의 non-CO₂ 복사강제력에 의하여 결정됨(IPCC, 2018a)
 - 미래의 에너지 공급과 수요 예측은 불확실성이 존재하며, 현재의 정책에 의하여 초래되는 결과라는 점에서 1.5℃라는 미래의 목표를 정하고 후방적(Backcasting)으로 접근하여 온실가스 배출경로를 규정할 필요(이상엽·전호철·김이진, 2017)

[그림 8] 누적배출량과 전지구 평균기온과의 관계

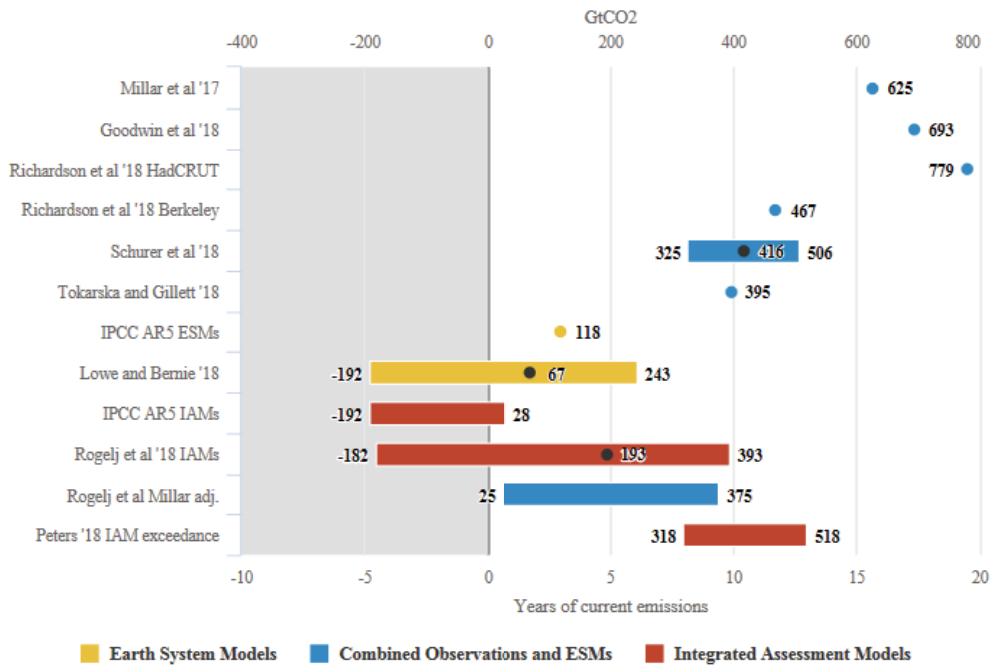


자료: IPCC(2018a). p. 2-1

2. 전지구 탄소예산

- 누적탄소배출량과 전 지구 평균기온 간 비례관계를 바탕으로 1.5℃ 및 2℃에 대응하는 탄소예산 추정 접근법이 다수 있음
- 방법론, 시간틀, 온난화에 대한 예측 및 기타 요인들로 인하여 추정치의 차이가 큼
- 현재까지의 배출량으로 이미 1.5℃ 탄소예산을 초과하였다고 하는 연구가 있는 반면, 현재의 배출율이 유지되었을 때 탄소예산이 15년 이상 많이 남았다고 하는 연구도 있음

[그림 9] 1.5℃ 66%에 대한 남은 탄소예산 관련 연구 결과



자료: Hausfather(2018)

- 본 연구에서는 IPCC의 1.5℃ 특별보고서 상의 전지구 탄소예산을 기반으로 국내 탄소예산을 산정함(IPCC, 2018a)
- 50%의 가능성을 가지고 1.5℃ 목표 달성을 위해서 2018년 이후 남은 전지구 탄소예산은 770GtCO₂임
- 모든 온실가스 대신 비교적 안정적인 추정이 가능한 이산화탄소만을 대상으로 함
- 1.5℃ 목표 달성을 위해서는 2050년 전후에 순배출 0을 달성하여야 하며, 2030년에는 2010년 대비 45% 감축하여야 함
- 2℃ 목표 달성을 위해서는 2070년 전후에 순배출 0을 달성하여야 하며, 2030년에는 2010년 대비 20% 감축하여야 함

〈표 7〉 IPCC Special Report 1.5의 온난화 수준별 탄소예산 추정치

단위: GtCO₂

2006-2015년 대비	1850-1900년 대비	남은 탄소 예산		
		33%	50%	67%
0.3		290	160	80
0.4		530	350	230
0.5		770	530	380
0.6		1010	710	530
0.63	1.5	1080	770	570
0.7		1240	900	680
0.8		1480	1080	830
0.9		1720	1260	980
1		1960	1450	1130
1.1		2200	1630	1280
1.13	2	2270	1690	1320
1.2		2440	1820	1430

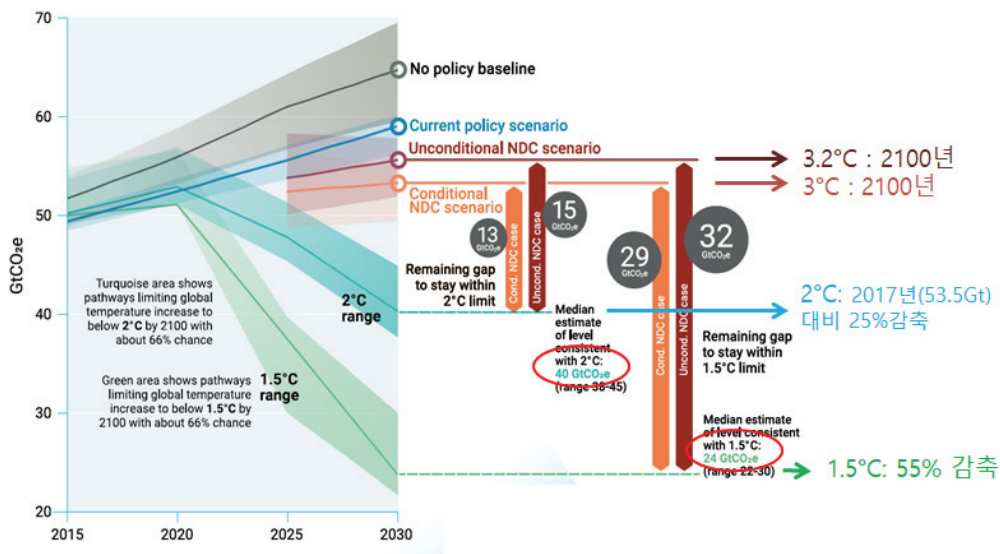
자료: IPCC(2018a). Special Report Global Warming of 1.5℃. p. 2-22.

□ 상향식 접근법을 통해 각국이 설정·제출한 NDC(Nationally Determined Contribution)를 합산한 배출경로와 1.5℃ 달성을 위한 배출경로는 큰 차이가 있음

○ UNEP(유엔환경기구)가 매년 발간하는 ‘Emissions Gap Report 2018’에 따르면, 1.5℃ 목표에 상응하는 2030년 온실가스 배출량과 조건부 NDC의 배출량은 29GtCO₂e의 차이가 있으며, 조건없는 NDC와는 32GtCO₂e의 차이가 있음

- 2℃ 목표에 상응하는 2030년 온실가스 배출량과의 차이는 각각 13GtCO₂e, 15GtCO₂e
- 조건부 또는 조건없는 NDC의 배출경로가 유지되는 경우 2100년에 지구온난화는 각각 3℃ 또는 3.2℃까지 진행 가능

[그림 10] UNEP Emissions Gap 2018 보고서에 따른 시나리오별 온실가스 배출경로 및 NDC와의 차이



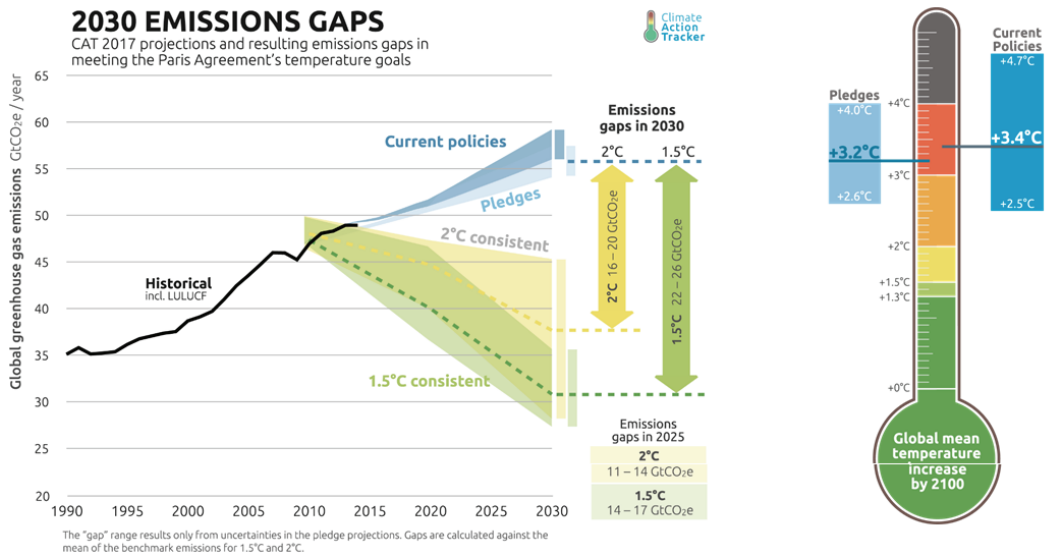
자료: UNEP(2018). p. 20.

○ 2030년 탄소예산과 개별국가들의 온실가스 저감목표를 정기적으로 평가하는 또 다른 비영리 국제단체인 ‘Climate Action Tracker’도 유사한 평가 결과 제시(Climate Action Tracker 홈페이지 참조)

- 현재 정책 시나리오 하에서 2100년까지 3.4℃ 상승하며, NDC 이행 시에는 3.2℃ 상승할 것으로 전망하고 있음
- 1.5℃ 및 2℃ 목표에 상응하는 2030년 온실가스 배출량과 NDC의 배출량은 각각 22-26GtCO₂e 및 16-20GtCO₂e의 차이가 있음

- 주요국가의 NDC는 대부분 1.5°C뿐만 아니라 2°C 달성도 어려운 수준으로, 다른 국가들의 더 많은 감축과 노력 없이는 1.5°C 달성이 어려움(Climate Action Tracker)
- 미국은 트럼프 정부가 파리협정을 철회함에 따라 4°C를 초과하는 수준으로 전망됨
 - 중국의 CO₂ 배출량은 지속적으로 상승하고 있으며, 중국의 NDC는 매우 불충분한(Highly insufficient)²⁾ 수준임.
 - EU의 NDC는 2030년 순온실가스 배출량을 1990년 대비 40% 감축하는 것이며, 2018년 6월에 채택된 재생에너지와 에너지효율 목표를 고려하였을 때 47.5%~49.7% 감축할 것으로 전망되나, 1.5°C 달성에는 부족

[그림 11] Climate Action Tracker의 2030 Emissions Gaps 및 온난화 전망



자료: ClimateActionTracker 홈페이지

2) ClimateActionTracker의 매우 불충분한(Highly Insufficient) 수준은 모든 국가들이 매우 불충분한 수준에 있을 때 3~4°C의 온난화가 발생함을 의미함.

제 3 절 1.5℃ 대응 우리나라 온실가스 배출량

1. 국제협약의 감축부담 배분원칙: 공정성(Fair Sharing of Burden)

- 유엔기후변화협약(UNFCCC) 제3조에서는 책임(Responsibilities), 상대적인 역량(Respective Capabilities), 형평(Equity)을 기초로 현재 및 미래 세대의 이익을 위하여 기후시스템을 보호하여야함을 제시함(UN, 1992)

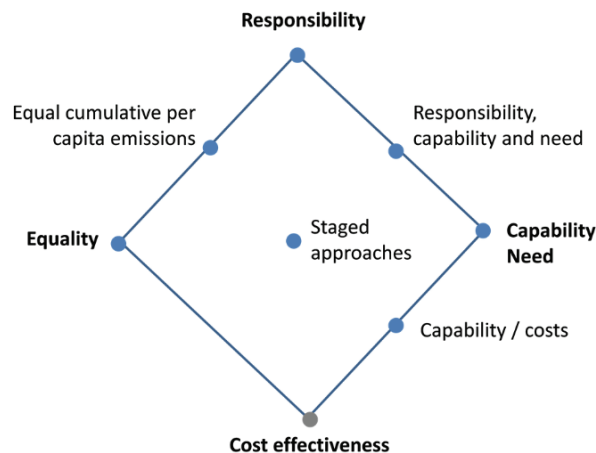
〈UNFCCC 제3조〉:

당사국들은 그들의 공통 및 차별화된 책임(Responsibilities), 상대적인 역량(Respective Capabilities), 형평(Equity)을 기초로 현재 및 미래 세대의 이익을 위하여 기후시스템을 보호하여야한다(The Parties should protect the climate system for the benefit of present and future generations of humankind, on the basis of equity and in accordance with their common but differentiated responsibilities and respective capabilities.)(UN, 1992)

- 책임, 역량, 형평성은 전지구 탄소예산의 각국별 배분의 기준으로도 작용하며, 이 원칙에 따라 주로 활용되는 변수는 다음과 같음
 - 형평(Equity) : 1인당온실가스배출량
 - 책임(Responsibilities) : 누적온실가스배출량(1850~, 1950~, or ?)
 - 역량(respective capabilities) : 국민소득, 1인당 GDP, HDI, 소득분포
- 협약 제3조3항에, 비용효과성(Cost-Effectiveness)도 원칙으로 제시되고 있으나, 비용효과성은 국가간 '배출권'거래를 통해 달성할 수 있다는 점에서 부차적 원칙임
 - 하지만 이를 통해 개발도상국의 지속가능발전을 촉진할 수 있다는 점에서 부담의 국별 할당 시에는 고려하지 않더라도, 부담의 국별 이행 시에는 고려할 필요
- 감축부담 분담방식은 자원분담접근법, 노력분담접근법으로 구분할 수 있음(IPCC, 2014)
 - 자원분담접근법(Resource Sharing)은 배출권을 자원으로 보고, 전지구 탄소예산을 각국에 배분하는 방식임
 - 자원분담접근법의 장점은 임의적인 BAU(Business As Usual) 배출량 전망이 불필요하다는 점임
 - 단점은 개별국가 또는 국민들의 '역량'을 고려하지 못하다는 점임

- 대표적 자원분담접근법 방식으로는 전지구 탄소예산을 1인당 동일누적배출량을 기준으로 배분하는 방식과 특정연도에 1인당 동일배출량으로 수렴(Contraction and Convergence) 하도록 배분하는 방식이 있음
- 노력분담접근법(Effort Sharing)은 BAU 배출량에서 전지구 탄소예산을 뺀 감축량을 각국에 배분하는 방식
 - 노력분담접근법의 장점은 배분의 다양한 원칙을 고려할 수 있다는 점임
 - 단점은 임의적인 BAU 배출량 산정이 필요하다는 점임
- IPCC(2014) 및 IPCC와 유사한 방식으로 각국별 탄소예산을 산정하는 Climate Action Tracker는 기존 문헌의 메타분석을 통하여 개별 배분원칙 및 배분원칙의 조합에 따른 결과를 제시
 - 책임(Responsibility): 한 국가의 누적배출량 정도에 따라 분담량 배분
 - 역량/필요(Capability/Need): 주로 Human Development Index 또는 1인당 GDP로 측정되는 한 국가의 경제적 수준에 따라 분담량 배분
 - 균등(Equality): 모든 국가들의 1인당 배출량이 동일하도록 배분
 - 1인당 동일누적배출(Equal cumulative per capita emissions): 1인당 누적 배출량 동일 배분
 - 책임/역량/필요(Responsibility, capability and need): 감축량 분배 기반으로 책임과 역량 사용
 - 역량/비용(Capability/Costs): 동일비용 또는 GDP당 복지손실을 기반으로 하며, 감축 잠재력과 역량의 조합
 - 단계적 접근(Staged): 각국의 단계 분류와 이행은 다수의 형평성 원칙에서 사용되는 지표로 결정

[그림 12] 노력분담방안의 범주



* 비용효율에 대한 개념은 역량/비용 범주에 포함됨
 자료: ClimateActionTracker 홈페이지

2. 1.5℃ 대응 우리나라 탄소예산 분석

가. 활용 데이터

- 분담방식별 각국의 탄소예산의 차이를 검토하기 위해 GDP, 인구, CO₂ 배출량 데이터는 Climate Equity Reference Calculator³⁾의 데이터를 활용⁴⁾
- Climate Equity Reference Calculator는 책임역량지표(RCI, Responsibility Capability Index)를 제공하고 있으며, 195개국(UNFCCC 195개국 중 안도라와 남수단을 제외한 193개국과 타이완, 팔레스타인)를 대상으로 DB를 구축
- GDP 데이터
 - 1960~2016: World Bank의 World Development Indicators Online과 CIA World Factbook, Maddison data set 데이터
 - 2017~2022: IMF의 World Economic Outlook
 - 2023~2050: IPCC AR5 시나리오 데이터베이스에 기록된 EMF27-Base-FullTech baseline 시나리오 양상블 모델의 GDP 성장률 평균치
- 인구 데이터는 UN Population Division의 중앙값
- CO₂ 배출량 데이터
 - 1950~1958: 계자원연구소(WRI, World Resource Institute)의 CAIT(Climate Access Indicators Tool) 데이터
 - 1959~2013: Carbon Dioxide Information and Analysis Center(CDIAC)의 데이터를 기반으로 한 Global Carbon Project의 데이터
 - 2014~2050: IPCC AR5 시나리오 DB 중 EMF27Base-FullTech 시나리오에서 모델링된 탄소강도 변화의 중앙값을 기반으로 한 데이터임

3) ClimateActionTracker 홈페이지. (<https://calculator.climateequityreference.org/>)

4) 각 데이터별 구체적인 구축방안은 다음 링크 참조

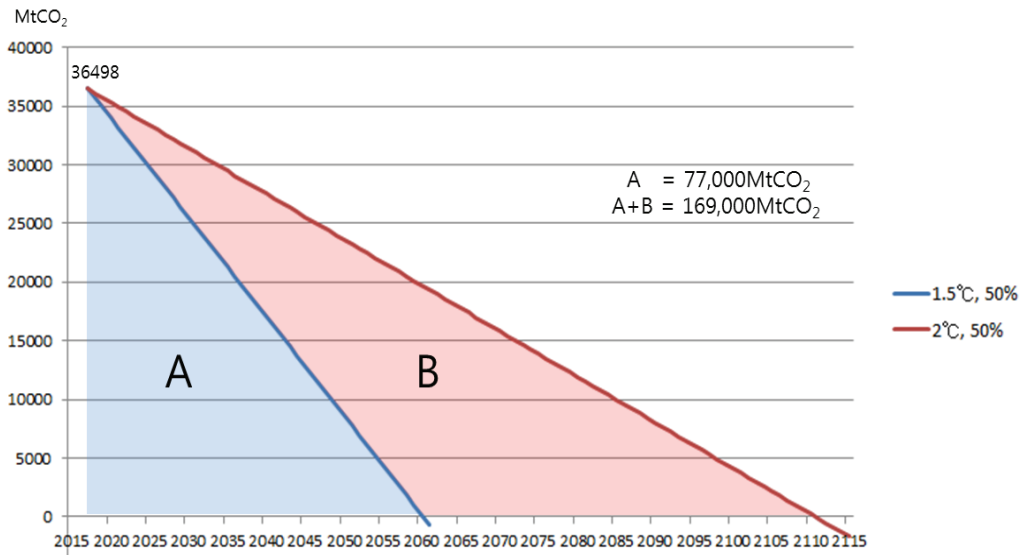
(<https://climateequityreference.org/calculator-information/the-climate-equity-reference-calculator-database/>)

□ 전지구 탄소예산은 IPCC(2018a)에서 제시하고 있는 전지구 탄소예산 중 1.5℃ 및 2℃ 50% 시나리오에 대한 탄소예산임

○ 1.5℃, 50% 시나리오에 따른 전지구 탄소예산인 770GtCO₂와 2℃, 50% 시나리오에 따른 1,690GtCO₂를 기준으로 하였으며, 2017년 이후 바로 감축을 시작하여 탄소예산을 모두 소진할 때까지 일정한 변화율로 배출량이 감소한다고 가정함

- 1.5℃, 50% 시나리오: 2050년 배출량은 8.6GtCO₂이며, 2060년경 순배출량이 0
- 2℃, 50% 시나리오: 2050년 배출량은 23.6GtCO₂이며, 2110년경 순배출량이 0

[그림 13] 1.5℃, 50% 시나리오와 2℃, 50% 시나리오의 배출경로



<표 8> 국가별 탄소예산 산정에 활용한 데이터

변수	단위	시간범위	출처	
GDP(PPP, MEX)	십억 2010 dollars	1950-2015	CERP (Climate Equity Reference Project)	World Bank, World Economic Outlook
인구	천명			UN Population Division
CO ₂ 배출량	MtCO ₂			WRI, CDIAC, IPCC AR5 scenario DB
Global Carbon Budget	MtCO ₂	2018-	IPCC 1.5 Report	

나. 탄소예산 분석 결과

- 본 연구에서는 자원분담방식과 노력분담방식을 모두 활용하여 탄소예산 산정
- 자원분담방식으로는 1인당 동일누적배출량 방식과 1인당 동일 배출량 수렴 방식을 적용하고, 노력분담방식으로는 책임성과 역량을 동시에 고려하는 책임역량지수 적용
- 기존 연구결과와 비교를 위해 Climate Action Tracker가 제공하는 우리나라 탄소예산 제시

1) 1인당 동일 누적 배출량

- 1인당 동일 누적 배출량 기준의 자원분담방식은 책임과 형평을 고려한 분담방식으로, 모든 나라의 1950년부터 2050년까지의 1인당 누적배출량이 동일하도록 2018~2050년 탄소예산을 국가별로 할당하는 방식임
- 국가별 2018년부터 2050년까지의 1인당 CO₂ 배출량을 도출하는 식은 다음과 같음

$$CEC_{ij} = \frac{\sum_{k=1950}^j E_{ik}}{\sum_{k=1950}^j P_{ik}}, \quad (i = \text{미국, 중국, } \dots, \text{한국}, \quad j = 1950, 1951, \dots, 2050)$$

CEC_{ij} = i 국가의 1950년부터 j 년까지의 1인당 CO₂ 배출량

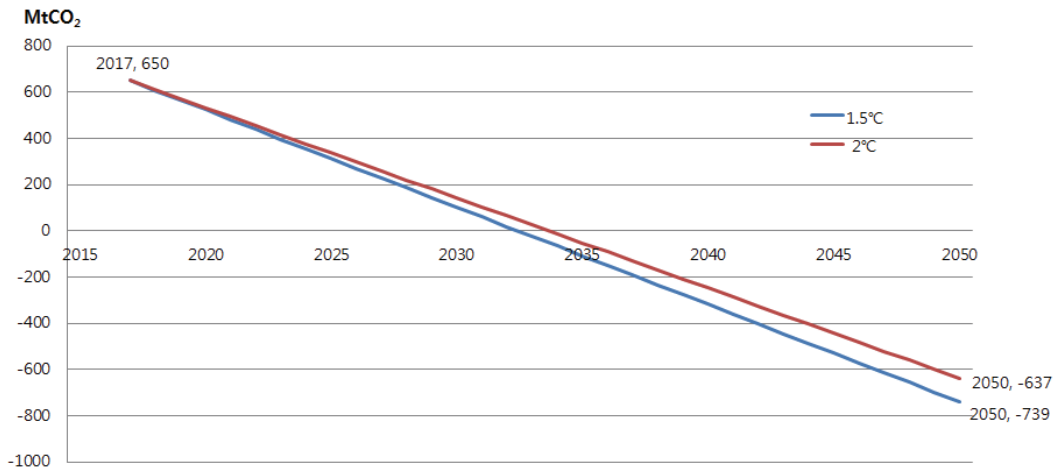
E_{ik} = i 국가의 k 년도 CO₂ 배출량

P_{ik} = i 국가의 k 년도 인구

- 즉, $CEC_{\text{미국}, 2050} = CEC_{\text{중국}, 2050} = \dots = CEC_{\text{한국}, 2050}$ 을 만족하도록 국가별 carbon budget을 할당함
- 위의 1인당 누적 배출량 도출식에서 확인할 수 있듯이 배출량이 많더라도 누적인구가 많을 경우 감축 부담이 적어지며, 우리나라처럼 배출량 대비 인구가 적을 경우 감축 부담이 많아짐
- 1인당 동일 누적 배출량 기준의 자원분담방식 분석 결과 우리나라는 1.5℃와 2℃ 모두에 대하여 강한 감축이 요구되는 것으로 나타남
- 1.5℃ 시나리오의 경우 2032년과 2033년 사이에 순배출량이 0이 되어야 하며, 2050년에는 739MtCO₂ 만큼 음의 배출을 달성해야함

- 음의 배출은 공기 중의 이산화탄소를 직접제거하거나, CCS 기술이 적용된 바이오에너지 활용, 외국으로부터 배출권 구매 등을 통해 달성 가능
- 2℃ 시나리오의 경우 2033년과 2034년 사이에 순배출량이 0이 되어야 하며, 2050년에는 637MtCO₂만큼의 음의 배출을 달성해야함

[그림 14] 1인당 동일 누적 배출량 분담방식에 따른 우리나라 배출경로



	2020	2025	2030	2040	2050
1.5℃	524	313	103	-318	-739
2℃	533	338	143	-247	-637

2) 1인당 동일배출량 수렴

□ 1인당 동일배출량 수렴(C&C, Contraction & Convergence) 기준의 자원분담방식은 형평을 고려한 분담방식으로 2050년 기준 모든 국가의 1인당 CO₂ 배출량이 동일하도록 국가별 분담량을 산정하는 방식임

○ i 국가의 2050년 1인당 CO₂ 배출량을 $EC_{i, 2050}$ 라 하고, 모든 국가의 2050년 1인당 CO₂ 배출량이 동일할 때의 배출량을 EC_{2050} 이라 할 때, i 국가의 j 년도 1인당 CO₂ 배출량인 $EC_{i,j}$ 는

$$EC_{i,j} = EC_{i, 2017} + \frac{(EC_{2050} - EC_{i, 2017})(j - 2017)}{2050 - j}$$

이며, i 국가의 j 년도 CO₂ 배출량인 $E_{i,j}$ 는

$$E_{i,j} = EC_{i,j} \times P_{i,j}, \quad (P_{i,j} \text{는 } i \text{ 국가의 } j \text{ 년도 인구})$$

로 정의됨

○ 또한 배출량이 0이 되는 연도를 Y , 이 때의 Global Carbon budget을 GCB 라고 할 때, i 국가의 2051년부터 Y 까지의 총 배출량인 $E_{i,Y}$ 는

$$E_{i,Y} = \frac{E_{i, 2050} \times (Y - 2051)}{2}$$

이며, 따라서 GCB 는

$$GCB = \sum_i \sum_j E_{i,j} + \sum_i E_{i,Y}$$

로 나타낼 수 있음

□ 분석 결과 1.5℃의 경우 2050년에 38MtCO₂ 배출을 달성해야하며, 2℃의 경우 2050년에 124MtCO₂ 배출을 달성해야함

○ 1.5℃와 2℃에 대하여 2018년부터 일정한 비율로 탄소배출이 줄어들 경우 1.5℃ 경우 2060년경에, 2℃ 경우 2111년경에 순배출량이 0이 됨

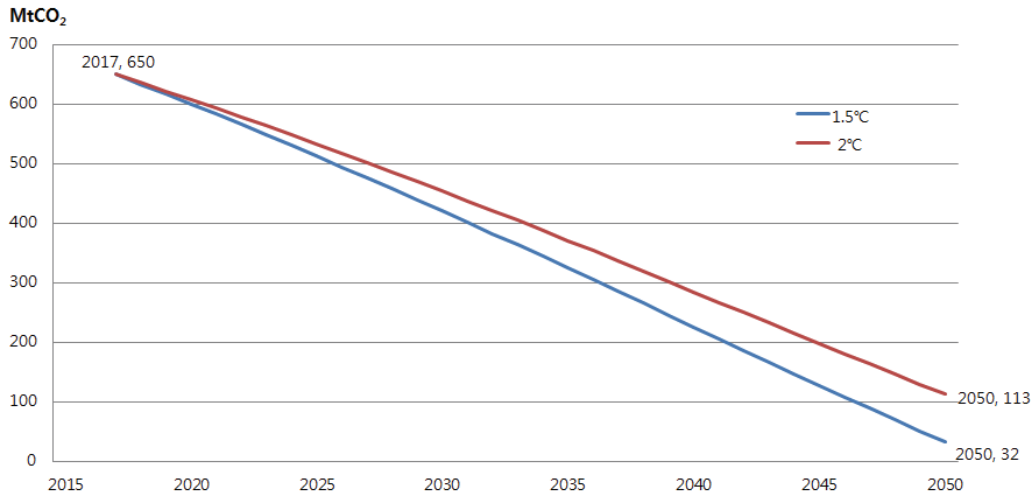
○ 이 때 모든 국가의 2050년 1인당 CO₂ 배출량이 동일할 때의 배출량인 EC_{2050} 값이 1.5℃일 때 0.63tCO₂/명, 2℃일 때 2.24tCO₂/명으로 나타남

○ 우리나라의 2050년 배출량은 EC_{2050} 과 2050년 인구전망치의 곱으로 표현됨

○ 2050년 인구 전망치가 50.45백만 명이므로, 1.5℃의 경우 2050년에 32MtCO₂ 배출을 달성

해야하며, 2℃의 경우 2050년에 113MtCO₂ 배출을 달성해야함

[그림 15] 1인당 동일배출량 수렴 방식에 따른 우리나라 배출경로



	2020	2025	2030	2040	2050
1.5℃	600	512	420	226	32
2℃	608	533	454	284	113

3) 책임역량지수

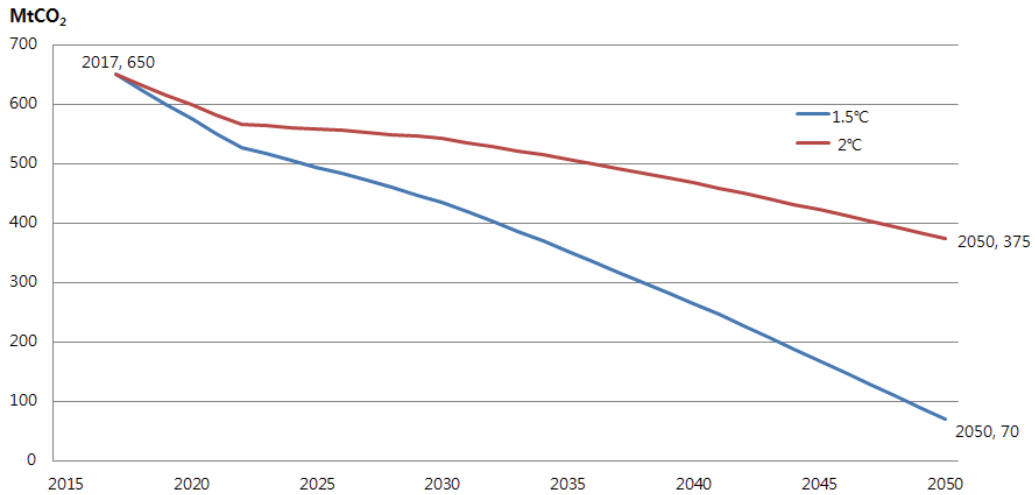
- 책임역량지수(RCI, Responsibility and Capability Index)⁵⁾는 배출의 책임뿐만 아니라 자원분담방식에서 적용하기 어려운 감축의 역량을 종합적으로 고려할 수 있음

$$RCI = aR + bC$$

- 책임지표 R 은 오염자부담원칙에 따른 책임을 의미하며, 본 연구에서는 1인당 누적배출량을 바탕으로 결정됨
 - 역량지표 C 는 통상 1인당 소득수준에 따라 결정되며, 본 연구에서는 일정 소득이상일 경우에만 감축여력이 있다는 전제 하에, 연간 소득수준이 7,500달러 이상인 인구가 배출하는 배출량과 소득만을 고려
 - 상수 a 와 b 는 각각 책임지표와 역량지표에 대한 가중치로, $a + b = 1$ (단, $0 \leq a \leq 1$)을 만족하며, 본 연구에서는 각각 동일한 가중치를 부여($a=b=0.5$)하여 책임역량지수값을 도출하며, 이때 이 값은 감축노력 분담량에 대한 국가별 비중을 의미
- 분석결과 1.5℃, 2℃ 목표달성을 위한 2050년 탄소예산은 각각 70MtCO₂ 375MtCO₂
- Climate Equity Reference Calculator에서 제시하는 우리나라 책임역량 지수는 2020년 0.0175, 2030년 0.0187, 2040년 0.0199, 2050년 0.0208임
 - 1.5℃ 목표달성을 위한 연간 탄소예산은 2020년 78MtCO₂, 2030년 400MtCO₂, 2040년 750MtCO₂, 2050년 1106MtCO₂임
 - 2℃ 목표달성을 위한 연간 탄소예산은 2020년 55MtCO₂, 2030년 292MtCO₂, 2040년 547MtCO₂, 2050년 801MtCO₂임

5) Climate Equity Reference Calculator 홈페이지

[그림 16] 책임역량지수 분담방식에 따른 우리나라 배출경로



	2020	2025	2030	2040	2050
1.5°C	575	494	434	264	70
2°C	599	558	542	468	375

4) Climate Action Tracker의 온실가스 배출량⁶⁾

□ Climate Action Tracker가 다양한 문헌의 메타분석을 통해 우리나라 탄소예산으로 제시한 값들은 대부분의 기준에서 1.5℃ 목표 달성을 위해서는 2050년에는 음의 배출을 요구

○ 2℃ 목표 달성을 위해서도 책임, 역량 지표의 경우 음의 배출이 요구됨

〈표 9〉 Climate Action Tracker의 시나리오별 한국 온실가스 배출량⁷⁾

단위: MtCO₂e

	2020	2025	2030	2040	2050
1.5℃ 시나리오					
책임	491	348	226	-13	-252
역량	491	294	168	-20	-209
1인당 동일 배출	490	356	253	156	58
1인당 동일누적배출		328	216	46	-125
책임_역량_필요	482	301	113	-179	-470
단계적 접근	504	363	243	148	52
평균	491	332	203	23	-158
2℃ 시나리오					
책임	542	384	228	-35	-298
역량	469	361	239	-52	-344
1인당 동일 배출	524	452	370	243	117
1인당 동일누적배출	331	190	94	47	0
책임_역량_필요	513	340	170	-87	-344
단계적 접근	570	504	390	253	117
평균	492	372	249	62	-125

* 위 값들은 CAT의 각 범주별 중앙값임

* 2040년 값은 2030년과 2050년의 산술평균임

* '평균'은 각 범주별 중앙값의 산술평균임

□ 자체 계산한 탄소예산과 Climate Action Tracker(모든 기준의 평균치)의 탄소예산을 비교하면, 2050년 기준 1인당 동일 누적 배출량 기준의 자원분담방식이 가장 강한 감축을, 책임역량지수로 도출되는 노력분담방식은 가장 약한 감축을 요구⁸⁾

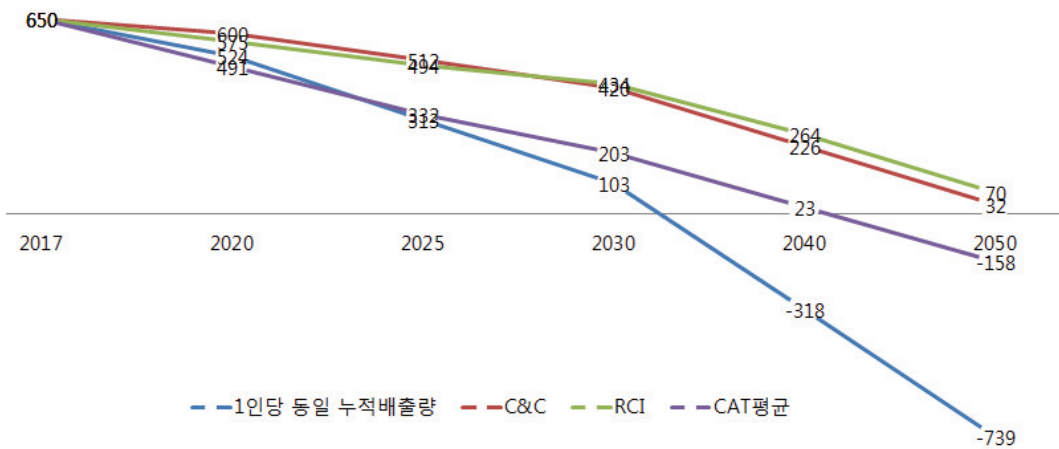
6) 이하에서 Climate Action Tracker의 수치를 언급하는 경우, Climate Action Tracker의 홈페이지에서 제공하는 데이터를 의미함.

7) 몇몇 기준의 경우 1.5℃보다 2℃ 탄소예산이 적게 나타나고 있는데, 이는 1.5℃ 와 2℃ 연구들이 각각 다르기 때문에 발생하는 비정상적인 경우로 메타분석의 한계이기도 함

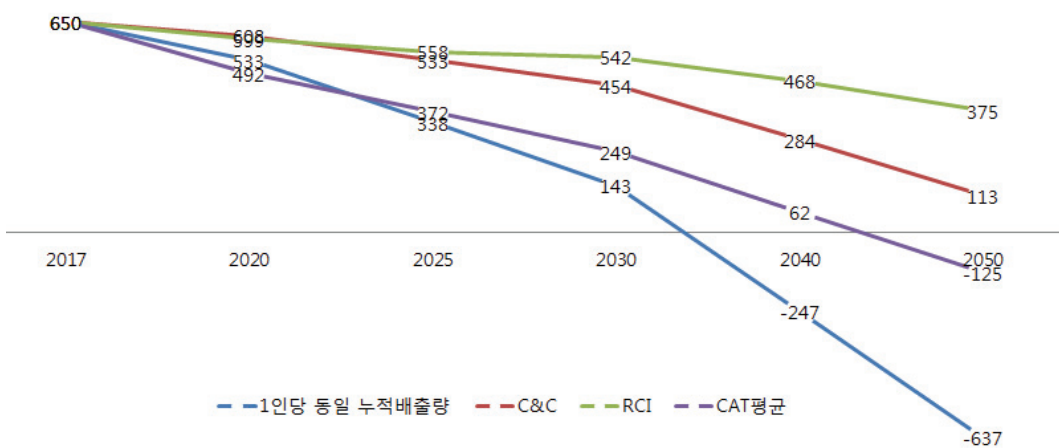
8) 본 연구의 자체계산은 이산화탄소만을 대상으로 하고 있고, Climate Action Tracker의 경우 모든 온실가스 배출량을 대상으로 하고 있어 정확한 비교는 어려우나, 이산화탄소가 전체 온실가스 배출량의 90% 이상을 차지하고 있어 전체적인 경향은 비교 가능

- 2℃ 시나리오의 2050년 배출량은 1인당 동일누적배출량(-637MtCO₂) < CAT 평균(-125MtCO₂e) < C&C(113MtCO₂) < RCI(375MtCO₂)임
- 1.5℃ 시나리오의 2050년 배출량은 1인당 동일누적배출량(-739MtCO₂) < CAT 평균(-158MtCO₂e) < C&C(32MtCO₂) < RCI(70MtCO₂)임
- 1인당 동일누적배출량과 CAT 평균은 2050년에 1.5℃ 시나리오와 2℃ 시나리오 모두에서 음의 배출을 요구하는 것으로 나타남

[그림 17] 1.5℃ 대응 이산화탄소 배출량 비교



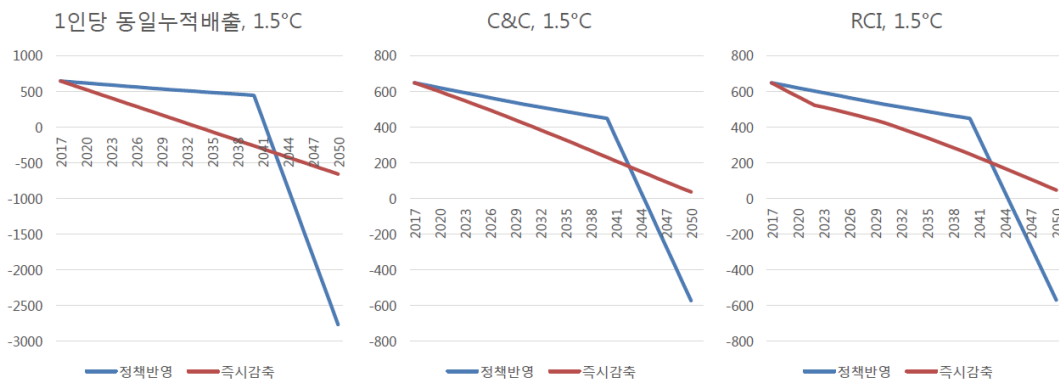
[그림 18] 2℃ 대응 이산화탄소 배출량 비교



5) 제3차 에너지기본계획 및 온실가스 감축 로드맵 평가

- 국가계획에 명시적, 묵시적으로 제시된 배출량은 우리나라 탄소예산에 비해 높은 수준
 - ‘온실감축로드맵’에 따른 2030년 온실가스 국내배출량은 574MtCO₂e이며, ‘제3차 에너지기본계획’의 에너지믹스로는 2040년 배출량이 5억톤 수준일 것으로 추산됨
 - 이산화탄소의 경우 온실가스 감축로드맵에서는 따로 제시하지 않고 있으나, 국내 온실가스 배출량 중 이산화탄소 비중을 고려할 때, 2030년 530MtCO₂, 2040년 450MtCO₂, 이상 배출될 것으로 추정됨
- Climate Action Tracker의 감축목표 평가방식에 따라 경우 우리나라의 온실가스 감축로드맵 및 제3차 에너지기본계획의 배출량 전망치는 4°C에 가까운 ‘매우 불충분(Highly Insufficient)’한 수준임
 - 2050년까지의 탄소예산을 지켜야하는 경우, 현행 정책을 2040년까지 지속 시, 2040년이후에는 온실가스 감축이 비현실적으로 급격하게 이루어져야 함

[그림 19] 기존 정책 유지 시 2040년 이후 배출경로



다. 분담방식별 주요국가의 1인당 탄소예산 비교

1) 1.5°C 목표

□ 1.5°C 목표달성을 위해, 누적배출량이 많은 미국, OECD유럽, 일본은 C&C를 제외한 나머지 분담 방식 모두에서 2050년에 음의 배출이 요구됨

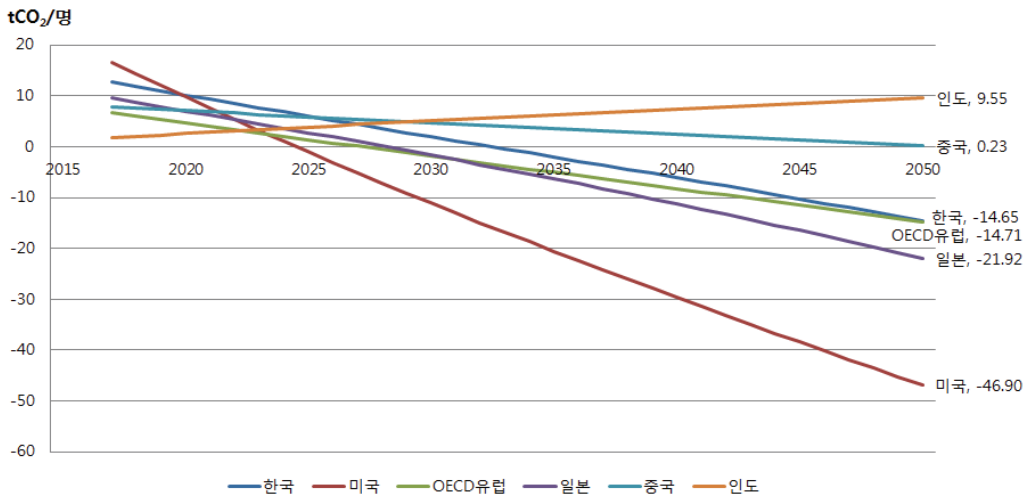
○ 인구가 많은 중국과 인도는 모든 분담방식에서 양의 배출로 나타남. 우리나라는 1인당 동일 누적배출 분담방식과 CAT 분석 결과를 따를 때 2050년에 음의 배출이 요구됨

〈표 10〉 1.5°C 대응 분담방식별 1인당 탄소예산

분담방식	국가	2020	2030	2040	2050
1인당 동일누적배출 (tCO ₂ /명)	한국	10.17	1.95	-6.07	-14.65
	미국	9.74	-11.07	-29.66	-46.90
	OECD유럽	4.72	-1.83	-8.25	-14.71
	일본	7.04	-1.66	-11.22	-21.92
	중국	7.10	4.75	2.52	0.23
	인도	2.60	5.07	7.33	9.55
C&C (tCO ₂ /명)	한국	11.65	7.98	4.30	0.63
	미국	15.10	10.28	5.46	0.63
	OECD유럽	6.21	4.35	2.49	0.63
	일본	8.74	6.04	3.33	0.63
	중국	7.22	5.02	2.83	0.63
	인도	1.66	1.32	0.98	0.63
RCI (tCO ₂ /명)	한국	11.17	8.24	5.04	1.39
	미국	12.34	-0.90	-10.23	-16.66
	OECD유럽	4.76	-1.69	-6.69	-10.50
	일본	6.80	-1.59	-8.82	-15.02
	중국	8.30	9.43	9.66	9.28
	인도	1.95	2.39	2.52	2.53
CAT (tCO _{2e} /명)	한국	8.90	4.06	-0.99	-6.24
	미국	6.86	4.89	-0.73	-5.81
	EU	5.45	1.47	-3.24	-8.06
	일본	4.27	-1.43	-8.08	-15.52
	중국	6.82	5.93	4.93	3.99
	인도	2.65	2.98	2.41	1.95

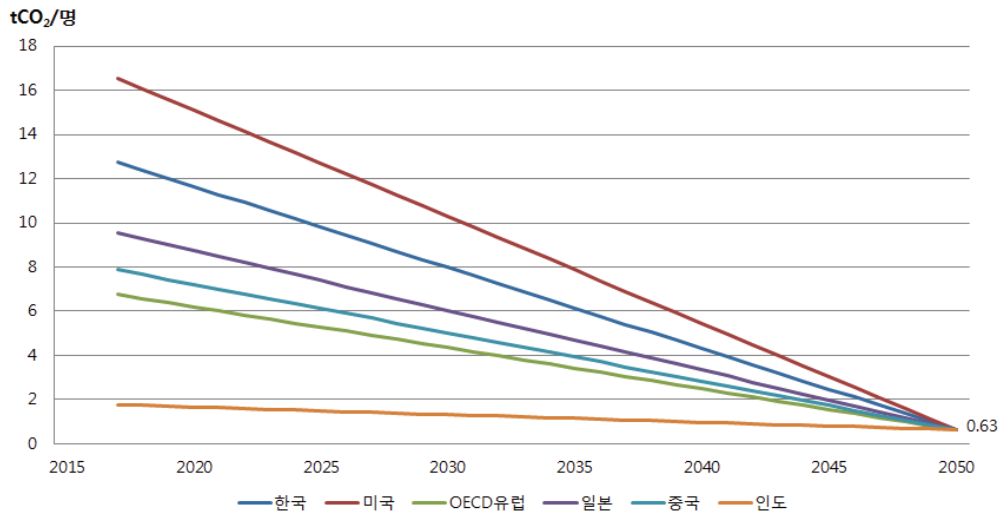
- 1.5℃ 목표 하에서 1인당 동일 누적 배출 분담방식을 적용할 경우, 2050년에 한국, 미국, OECD유럽, 일본은 음의 배출을 달성해야하며, 배출량 대비 인구가 많은 중국과 인도는 상대적으로 부담이 적은 것으로 나타남
- 미국은 2024~2025년, OECD유럽은 2027~2028년, 일본은 2028~2029년, 우리나라는 2032~2033년 사이에 순배출 0를 달성해야함
- 2050년 기준 1인당 배출량은 미국(-46.9tCO₂/명), 일본(-21.92tCO₂/명), OECD유럽(-14.71tCO₂/명), 한국(-14.65tCO₂/명), 중국(0.23tCO₂/명), 인도(9.55tCO₂/명) 순으로 나타남

[그림 20] 1.5℃ 대응 1인당 동일 누적 배출 분담방식에 따른 국가별 1인당 배출경로



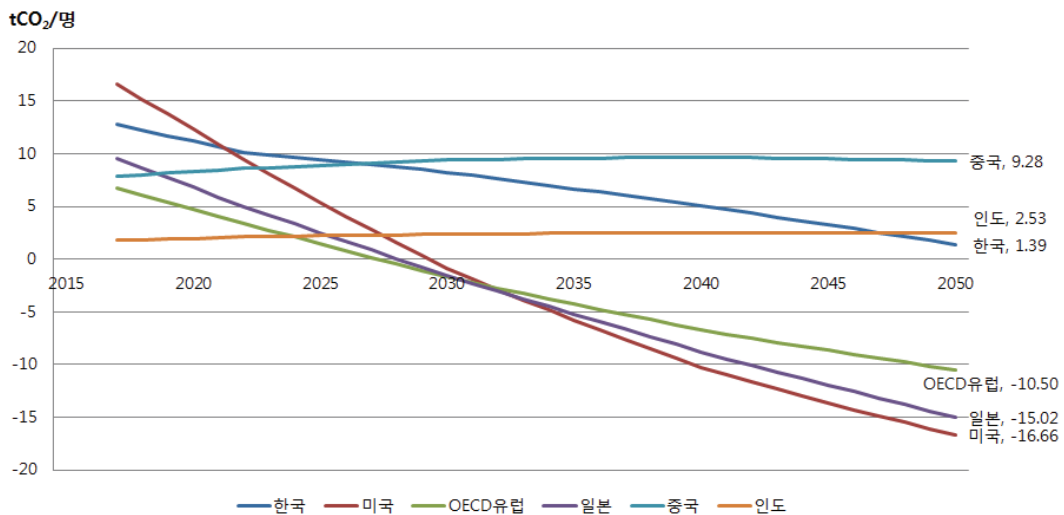
- 1.5°C 목표 하에서 C&C 분담방식을 적용할 경우 2050년에 모든 국가의 1인당 배출량이 0.63tCO₂/명에 수렴하며, 이후 일정한 변화율로 감소하여 2060년경에 순배출 0를 달성하여야 하는 것으로 나타남
- 2017년 기준 1인당 배출량이 높을수록 강한 감축 노력이 요구됨에 따라 인구 대비 배출량이 많은 우리나라는 미국을 제외한 다른 국가에 비해 많은 감축부담을 지게 됨

[그림 21] 1.5°C 대응 C&C 분담방식에 따른 국가별 1인당 배출경로



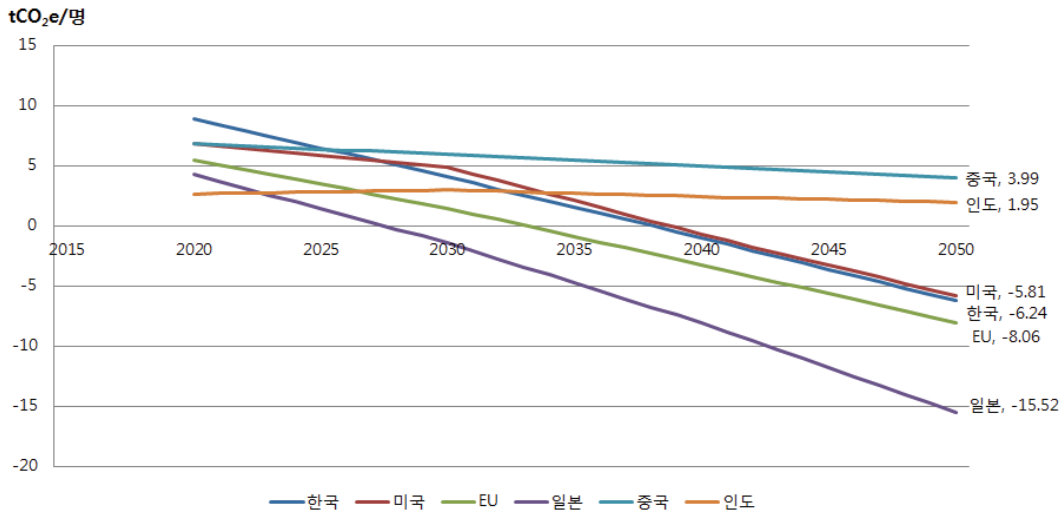
- 1.5℃ 목표 하에서 책임역량지수를 적용할 경우, 2050년 미국, OECD유럽, 일본은 음의 배출을 달성해야하며, 우리나라, 중국, 인도는 상대적으로 부담이 적은 것으로 나타남
- 미국은 2029~2030년, OECD유럽은 2027~2028년, 일본은 2028~2029년 사이에 순배출 0를 달성해야함
- 2050년 기준 1인당 배출량은 미국(-16.66tCO₂/명), 일본(-15.02tCO₂/명), OECD유럽(-10.5tCO₂/명), 한국(1.39tCO₂/명), 중국(2.53tCO₂/명), 인도(9.28tCO₂/명) 순으로 나타남

[그림 22] 1.5℃ 대응 RCI 부담방식에 따른 국가별 1인당 배출경로



- Climate Action Tracker가 제시하는 1.5°C목표에 상응하는 국가별 2050년 온실가스 배출량에 따르면 2050년에 미국, EU, 일본, 한국은 음의 배출을 달성해야함
- 우리나라와 미국은 2038~2039년, EU는 2033~2034년, 일본은 2027년~2028년 사이에 순배출 0을 달성해야함
- 2050년 기준 1인당 배출량은 일본(-15.52tCO₂e/명), EU(-8.06tCO₂e/명), 한국(-6.24tCO₂e/명), 미국(-5.81tCO₂e/명), 인도(1.95tCO₂e/명), 중국(3.99tCO₂e/명) 순으로 나타남

[그림 23] 1.5°C 대응 CAT의 국가별 1인당 배출경로



2) 2℃ 목표

□ 2℃ 목표 달성을 위한 국가별 1인당 탄소예산은 1.5℃ 목표와 유사하나, 전지구 탄소예산이 더 많기 때문에 감축부담은 적음

○ 1.5℃일 때와 유사하게, 누적배출량이 많은 미국, OECD유럽, 일본은 C&C를 제외한 나머지 분담방식 모두에서 2050년에 음의 배출이 요구됨

○ 인구가 많고 누적배출량이 상대적으로 낮은 중국과 인도는 모든 분담방식에서 양의 배출이 허용됨

〈표 11〉 2℃ 대응 분담방식별 1인당 탄소예산

분담방식	국가	2020	2030	2040	2050
1인당 동일누적배출 (tCO ₂ /명)	한국	10.35	2.71	-4.72	-12.63
	미국	9.92	-10.33	-28.41	-45.18
	OECD유럽	4.91	-1.00	-6.79	-12.62
	일본	7.23	-0.76	-9.55	-19.38
	중국	7.28	5.51	3.88	2.25
	인도	2.76	5.72	8.40	11.05
C&C (tCO ₂ /명)	한국	11.79	8.61	5.42	2.24
	미국	15.25	10.91	6.58	2.24
	OECD유럽	6.35	4.98	3.61	2.24
	일본	8.88	6.67	4.45	2.24
	중국	7.36	5.66	3.95	2.24
	인도	1.81	1.95	2.10	2.24
RCI (tCO ₂ /명)	한국	11.62	10.29	8.92	7.43
	미국	13.57	3.72	-3.09	-7.66
	OECD유럽	5.36	0.66	-2.90	-5.52
	일본	7.56	1.55	-3.43	-7.54
	중국	8.40	10.00	10.91	11.46
	인도	1.95	2.43	2.63	2.73
CAT (tCO _{2e} /명)	한국	10.31	8.07	2.79	-2.56
	미국	11.96	9.69	4.39	-0.36
	EU	6.64	3.71	0.16	-3.46
	일본	6.47	2.52	-2.35	-7.79
	중국	8.34	7.55	6.77	6.08
	인도	3.32	4.21	3.49	2.92

라. 분담방식별 OECD 회원국과 비회원국의 탄소예산 비교

1) 1.5°C 목표

(1) 총 배출량

□ 1.5°C 목표에 상응하는 2050년 탄소예산은 선진국인 OECD 국가의 경우 C&C 방식을 제외하면 음의배출이 요구됨

○ 1인당 동일누적배출, RCI 분담방식 하에서 OECD는 2020~2030년 사이에 음의 배출을 필요로 함

○ 2050년에 OECD는 1인당 동일누적배출 분담방식 하에서 -32,276MtCO₂, RCI 분담방식 하에서 -15,130MtCO₂의 음의 배출을 달성하여야함

□ 하지만 비회원국의 탄소예산은 여전히 양의 크기를 지니고 있어, OECD 회원국이 상대적으로 감축비용이 낮은 비회원국의 배출감축을 지원할 경우, 비용효과적인 감축과 개도국인 비회원국의 지속가능발전을 동시 달성 가능

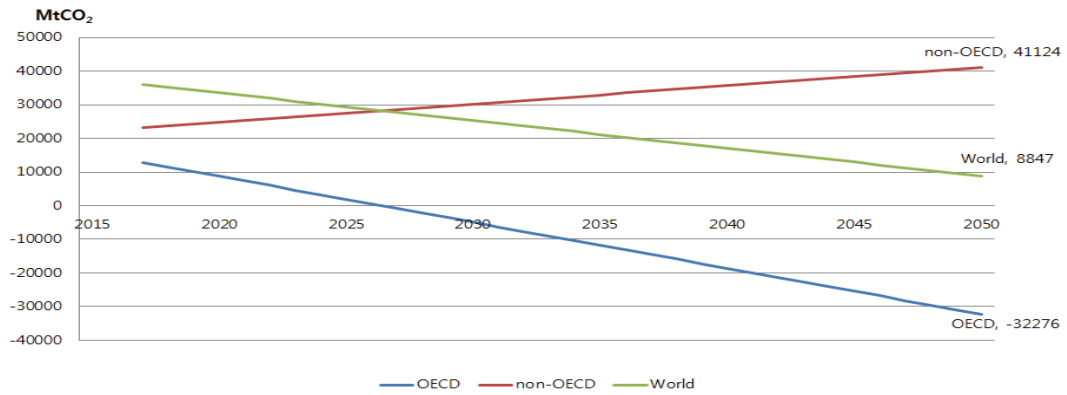
○ 2050년 기준 OECD와 non-OECD의 배출량 차이는 1인당 동일누적배출 분담방식일 때 73,400MtCO₂으로 가장 크며, RCI 분담방식일 때 39,107MtCO₂, C&C 분담방식일 때 4,376MtCO₂임

〈표 12〉 1.5°C 대응 분담방식별 OECD 회원국과 비회원국의 탄소예산

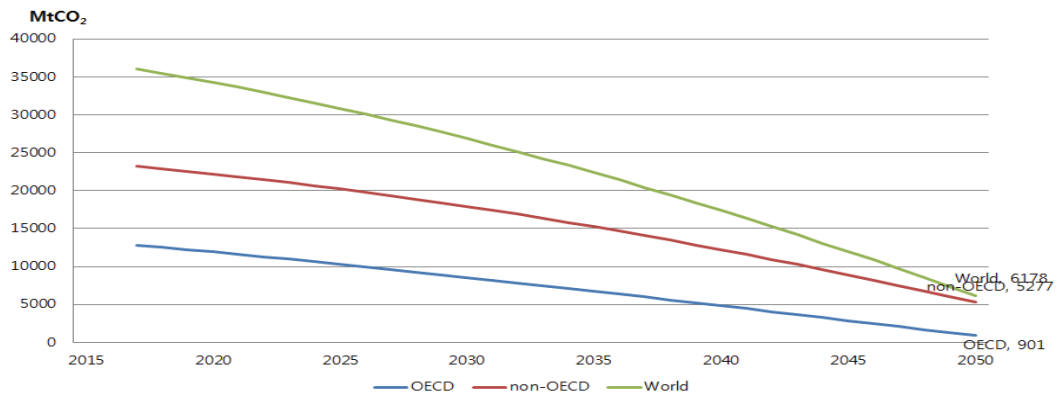
단위: MtCO₂

분담방식	구분	2020	2030	2040	2050
1인당 동일누적배출	OECD	8,751	-4,925	-18,601	-32,276
	non-OECD	24,809	30,247	35,686	41,124
	WORLD	33,560	25,323	17,085	8,847
C&C	OECD	11,942	8,559	4,832	901
	non-OECD	22,201	17,925	12,209	5,277
	WORLD	34,268	26,862	17,378	6,178
RCI	OECD	9,743	-550	-8,775	-15,130
	non-OECD	23,817	25,873	25,860	23,977
	WORLD	33,560	25,323	17,085	8,847

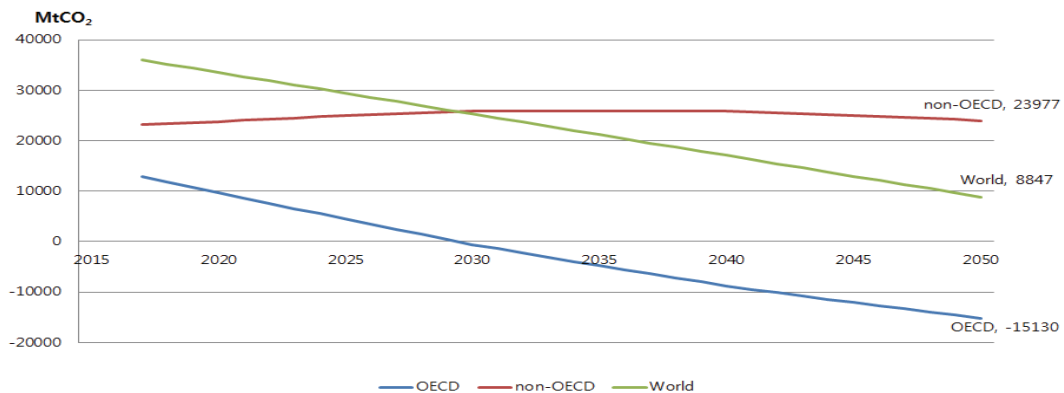
[그림 24] 1.5℃ 대응 1인당 동일누적배출 분담방식에 따른 OECD 회원국과 비회원국의 배출 경로



[그림 25] 1.5℃ 대응 C&C 분담방식에 따른 OECD 회원국과 비회원국의 배출 경로



[그림 26] 1.5℃ 대응 RCI 분담방식에 따른 OECD 회원국과 비회원국의 배출 경로



(2) 1인당 배출량

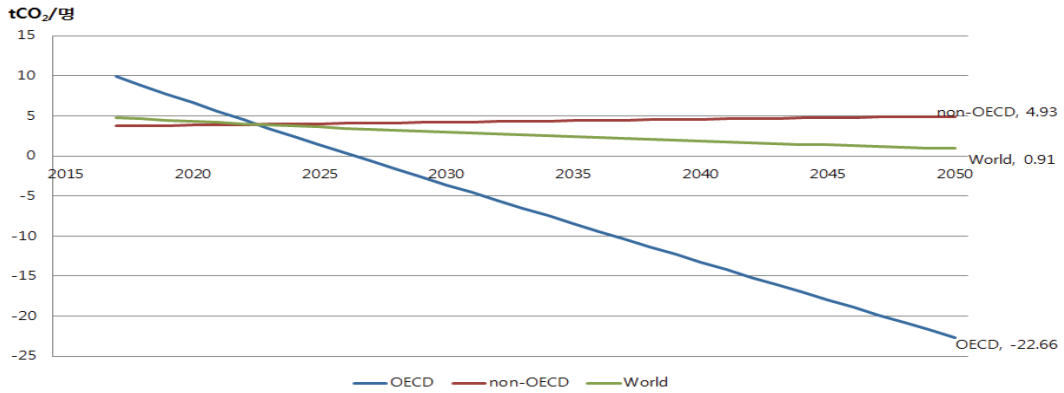
- 1.5°C 달성을 위한 OECD 회원국과 비회원국의 1인당 탄소예산은 인구의 차이로 인하여 배출총량 인 경우보다 더 큰 차이를 보임
- 1인당 동일누적배출, RCI 분담방식 하에서 OECD 회원국은 2020~2030년 사이에 음의 배출을 필요로 함
 - 2050년 OECD는 1인당 동일누적배출 분담방식 하에서 $-22.66\text{tCO}_2/\text{인}$, RCI 분담방식 하에서 $-10.62\text{tCO}_2/\text{인}$ 의 음의 배출을 달성해야 함
 - 2050년 OECD 회원국과 비회원국의 1인당 배출량 차이는, 1인당 동일누적배출 분담방식일 때 $27.59\text{tCO}_2/\text{인}$, RCI 분담방식일 때 $13.5\text{tCO}_2/\text{인}$ 임

〈표 13〉 1.5°C 대응 분담방식별 OECD 회원국과 비회원국의 1인당 탄소예산

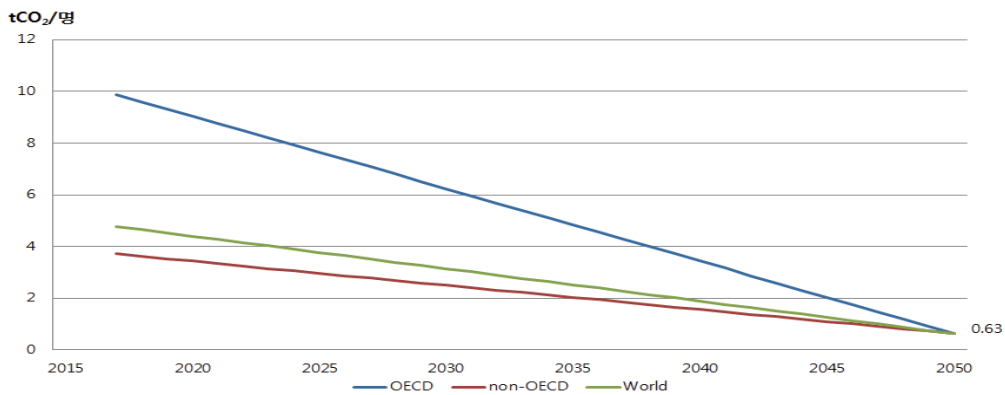
단위: $\text{tCO}_2/\text{인}$

분담방식	구분	2020	2030	2040	2050
1인당 동일누적배출	OECD	6.63	-3.59	-13.23	-22.66
	non-OECD	3.84	4.22	4.58	4.93
	WORLD	4.31	2.96	1.86	0.91
C&C	OECD	9.05	6.24	3.44	0.63
	non-OECD	3.43	2.50	1.57	0.63
	WORLD	4.40	3.14	1.89	0.63
RCI	OECD	7.38	-0.40	-6.24	-10.62
	non-OECD	3.68	3.61	3.32	2.88
	WORLD	4.31	2.96	1.86	0.91

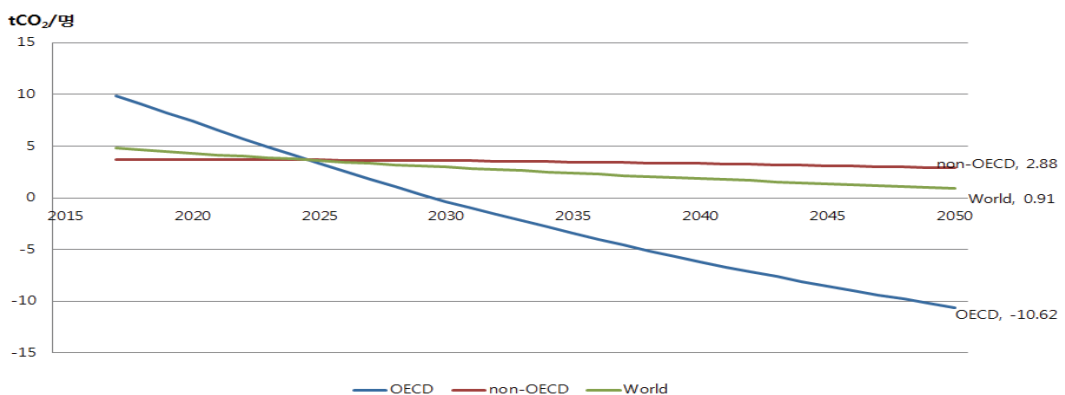
[그림 27] 1.5℃ 대응 1인당 동일누적배출 분담방식에 따른 OECD 회원국과 비회원국의 1인당 배출 경로



[그림 28] 1.5℃ 대응 C&C 분담방식에 따른 OECD 회원국과 비회원국의 1인당 배출 경로



[그림 29] 1.5℃ 대응 RCI 분담방식에 따른 OECD 회원국과 비회원국의 1인당 배출 경로



2) 2°C 목표

(1) 배출량

□ 2°C 시나리오에도 1.5°C 시나리오와 마찬가지로 OECD 회원국은 비회원국보다 강한 감축이 요구됨

- OECD 회원국은 1인당 동일누적배출 분담방식 하에서 2020~2030년, RCI 분담방식 하에서 2030~2040년 사이에 음의 배출을 필요로 함
- 2050년 OECD 회원국은 1인당 동일누적배출 분담방식 하에서 -29,564MtCO₂, RCI 분담방식 하에서 -6,649MtCO₂의 음의 배출을 달성하여야함
- 2050년 OECD 회원국과 비회원국의 탄소예산의 차이는 1인당 동일누적배출 분담방식일 때 83,618MtCO₂으로 가장 크며, RCI 분담방식일 때 36,787MtCO₂, C&C 분담방식일 때 15,483MtCO₂임

〈표 14〉 2°C 대응 분담방식별 OECD 회원국과 비회원국의 탄소예산

단위: MtCO₂

분담방식	구분	2020	2030	2040	2050
1인당 동일누적배출	OECD	8,998	-3,856	-16,710	-29,564
	non-OECD	25,893	34,947	44,001	53,054
	WORLD	34,891	31,091	27,290	23,490
C&C	OECD	12,135	9,427	6,407	3,190
	non-OECD	23,146	22,463	20,937	18,673
	WORLD	35,405	32,269	27,681	21,862
RCI	OECD	10,708	3,360	-2,361	-6,649
	non-OECD	24,183	27,730	29,652	30,138
	WORLD	34,891	31,091	27,290	23,490

(2) 1인당 배출량

□ 2℃ 목표에 상응하는 OECD 회원국과 비회원국의 1인당 탄소예산은 인구의 차이로 인하여 배출총량의 경우에 비해

- OECD는 1인당 동일누적배출 분담방식 하에서 2020~2030년, RCI 분담방식 하에서 2030~2040년 사이에 음의 배출을 필요로 함
- 2050년 OECD는 1인당 동일누적배출 분담방식 하에서 $-20.76\text{tCO}_2/\text{인}$, RCI 분담방식 하에서 $-4.67\text{tCO}_2/\text{인}$ 의 음의 배출을 달성해야함
- 2050년 기준 OECD와 non-OECD의 1인당 배출량 차이는 1인당 동일누적배출 분담방식일 때 $-27.59\text{tCO}_2/\text{인}$, RCI 분담방식일 때 $-8.28\text{tCO}_2/\text{인}$ 임

〈표 15〉 2℃ 대응 분담방식별 OECD 회원국과 비회원국의 1인당 탄소예산

단위: (tCO₂/인)

분담방식	구분	2020	2030	2040	2050
1인당 동일누적배출	OECD	6.82	-2.81	-11.88	-20.76
	non-OECD	4.00	4.87	5.65	6.36
	WORLD	4.48	3.64	2.97	2.41
C&C	OECD	9.19	6.87	4.56	2.24
	non-OECD	3.58	3.13	2.69	2.24
	WORLD	4.55	3.78	3.01	2.24
RCI	OECD	8.11	2.45	-1.68	-4.67
	non-OECD	3.74	3.87	3.80	3.61
	WORLD	4.48	3.64	2.97	2.41

제 4 절 심층 에너지전환 비전 및 전략

1. 우리나라 에너지 이용 및 온실가스 배출 현황

가. 우리나라 에너지 이용 현황

□ 부문별 최종에너지소비 현황

- 산업부문은 2017년 우리나라 연료용으로 사용되는 최종에너지의 48.1%를 사용하고 있고 원료용을 포함할 경우 61.7%로 가장 큰 에너지소비 부문임
 - 산업부문의 원별 에너지소비는 원료용을 포함할 경우 석유(48.4%), 석탄(22.8%), 전력(16.5%) 순이며, 원료용을 제외하면, 석탄(39.5%), 전력(28.6%), 신재생에너지(10.8%) 순임
 - 산업부문 신재생에너지 비중이 높게 나타나는 이유는 석유화학 등 산업공정에서 사용되는 부생가스의 이용에 기인하며, 하지만 부생가스는 재생가능하지않은 폐기물에너지를 재생 에너지분류에서 제외시키는 IEA 등 국제기준에는 재생에너지가 아님
- 수송부문은 연료용 최종에너지의 24.8%를 소비하고 있으며, 원료용을 포함할 경우 18.3%를 소비
 - 수송용 에너지의 95.5%는 석유류이며, 도시가스 및 신재생에너지가 각각 2.9% 및 1%를 차지
- 가정부문은 연료용 최종에너지의 13.0%를 소비하고 있으며, 원료용을 포함할 경우 9.6%를 소비
 - 가정부문의 원별 에너지소비는 난방용 및 취사용으로 사용되는 도시가스(45.5%), 전력(25.4%), 석유(16.2%) 순
- 상업부문은 연료용 최종에너지의 10.0%를 소비하고 있으며, 원료용을 포함할 경우 7.5%를 소비
 - 상업부문의 원별 에너지소비는 전력(64.3%), 도시가스(21.1%), 석유(11.7%) 순
- 공공부문은 연료용 최종에너지의 3.0%를 소비하고 있으며, 원료용을 포함할 경우 4.0%를 소비
 - 공공부문의 원별 에너지소비는 전력(38.9%), 신재생에너지(38.2%), 석유(21.0%) 순
 - 공공부문의 신재생에너지 비중이 높은 이유는 공공부문 신규건축물에 대한 신재생에너지 의무설치 규정이 크게 작용

〈표 16〉 2017년 에너지 소비 부문별/에너지원별 사용량

(단위: 천TOE)

구 분	산 업	가 정	상 업	공 공	수 송	합 계
석탄	32,846	512	0	0	0	33,358
석유-연료	8,646	3,635	1,957	1,456	40,858	56,552
석유-원료	61,188	14	84	14	5	61,305
도시가스	8,805	10,238	3,680	77	1,253	24,053
전력	23,794	5,720	11,212	2,693	246	43,665
열에너지	0	2,105	280	55	0	2,440
신재생	8,981	254	214	2,643	428	12,520
최종에너지(총량)	144,260	22,478	17,427	6,938	42,790	233,893
최종에너지(연료용)	83,072	22,464	17,343	6,924	42,785	172,588

자료: 산업통상자원부/에너지경제연구원(2018), 2018 에너지통계연보. pp. 352-253.

〈표 17〉 2017년 에너지원별 부문 비중(연료용)

구 분	산 업	가 정	상 업	공 공	수 송	합 계
석탄	98.5%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
석유	15.3%	6.4%	3.5%	2.6%	72.2%	100.0%
도시가스	36.6%	42.6%	15.3%	0.3%	5.2%	100.0%
전력	54.5%	13.1%	25.7%	6.2%	0.6%	100.0%
열에너지	0.0%	86.3%	11.5%	2.3%	0.0%	100.0%
신재생	71.7%	2.0%	1.7%	21.1%	3.4%	100.0%
합 계	48.1%	13.0%	10.0%	4.0%	24.8%	100.0%

자료: 산업통상자원부/에너지경제연구원(2018), 2018 에너지통계연보, 저자 수정.

〈표 18〉 2017년 부문별 에너지원 비중(연료용)

구 분	산 업	가 정	상 업	공 공	수 송	합 계
석탄	39.5%	2.3%	0.0%	0.0%	0.0%	19.3%
석유	10.4%	16.2%	11.3%	21.0%	95.5%	32.8%
도시가스	10.6%	45.6%	21.2%	1.1%	2.9%	13.9%
전력	28.6%	25.5%	64.6%	38.9%	0.6%	25.3%
열에너지	0.0%	9.4%	1.6%	0.8%	0.0%	1.4%
신재생	10.8%	1.1%	1.2%	38.2%	1.0%	7.3%
합 계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

자료: 산업통상자원부/에너지경제연구원(2018), 2018 에너지통계연보, 저자 수정.

□ 에너지원별 에너지이용

- 2017년 총 석탄 사용량은 33,358천TOE으로 우리나라 최종에너지 소비량 233,893천TOE의 14.3%를 차지하며, 이 중 98.5%는 산업부문, 1.5%는 가정부문에서 소비
 - 산업부문에서 유연탄-원료로 25,294천TOE를 소비하고 있으며, 연료로 4,079천TOE를 소비
 - 가정부문에서는 국내-무연탄 477천TOE, 수입 무연이 35천TOE를 소비

〈표 19〉 2017년 에너지 소비 부문별 석탄 사용량

(단위: 천TOE)

구 분	산 업	가 정	상 업	공 공	수 송	합 계
무연탄-국내	0	477	0	0	0	477
무연탄-수입	3,473	35	0	0	0	3,508
유연탄-원료	25,294	0	0	0	0	25,294
유연탄-연료	4,079	0	0	0	0	4,079
합계	32,846	512	0	0	0	33,358

자료: 산업통상자원부/에너지경제연구원(2018), 2018 에너지통계연보. pp. 352-253.

- 2017년 총 석유 사용량은 117,857천TOE(연료: 56,552천TOE, 원료: 61,305천TOE)로 우리나라 최종에너지 소비의 50.4%를 차지하며, 산업부문에서의 소비가 전체의 59%로 가장 많으며 수송(35%), 가정(3%), 상업(2%), 공공(1%) 순
 - 석유 사용량 중 에너지유(휘발유, 등유, 경유, 연료유, 항공유, 프로판, 부탄)가 56,552천TOE로 48%를 차지하며, 비에너지유(나프타, 아스팔트, 용제, 윤활기유 등)가 61,305천TOE로 52%를 차지
 - 에너지유에서는 경유사용량이 23,799천TOE로 가장 많으며, 비에너지유에서는 나프타사용량이 56,192천TOE로 가장 많음

〈표 20〉 2017년 에너지 소비 부문별 석유 사용량

(단위: 천TOE)

구 분		산 업	가 정	상 업	공 공	수 송	합 계
에너지유	휘발유	186	10	24	40	9,625	9,885
	등유	133	1,903	341	150	0	2,527
	경유	2,306	984	316	746	19,447	23,799
	연료유	1,227	50	122	10	3,055	4,464
	항공유	0	0	9	487	4,801	5,297
	프로판	4,117	666	978	23	2	5,786
	부탄	677	22	167	0	3,928	4,794
	합계	8,646	3,635	1,957	1,456	40,858	56,552
비에너지유	나프타	56,183	0	0	0	0	56,183
	아스팔트	1,859	0	0	0	0	1,859
	용제	186	9	22	0	0	217
	윤활기유	743	0	0	0	0	743
	기타	2,217	5	62	14	5	2,303
	합계	61,188	14	84	14	5	61,305
석유유 합계		69,834	3,649	2,041	1,470	40,863	117,857

자료: 산업통상자원부/에너지경제연구원(2018), 2018 에너지통계연보. pp. 352-253.

- 도시가스 소비량은 24,053천TOE로 최종에너지 소비의 10.3%를 차지
 - 가정부문 소비량이 42.6%(10,238천TOE)로 가장 많고, 산업부문 36.6%, 상업부문 15.3%, 수송부문 5.2% 순
- 전력소비량은 43,665천TOE로 최종에너지 소비의 18.7%를 차지
 - 산업부문이 54.5%로 가장 많고, 상업부문 25.7%, 가정부문 13.1%, 공공부문 6.2% 순
- 열에너지 소비량은 2,440천TOE로 최종에너지 소비의 1.0%를 차지
 - 가정부문 비중이 86.3%로 가장 높고, 상업부문 11.5%, 공공부문 2.3% 순
- 신재생에너지 소비량은 12,520천TOE로 최종에너지 소비의 5.4%를 차지
 - 산업부문 비중이 71.7%로 가장 높고, 공공 21.1% 수송 3.4%, 가정 2%, 상업 1.7% 순

나. 온실가스 배출량

□ 국가별 온실가스 배출량

○ 2015년 기준 온실가스 총배출량이 많은 상위 3개 국가는 중국, 미국, 인도이며, 우리나라는 전 세계 12위, OECD 회원국 중 6위임.

〈표 21〉 주요 국가의 온실가스 배출량

(단위: 백만tCO₂eq.)

국가	'90년	'00년	'13년	'14년	'15년	'14년 대비 증감률(%)	'90년 대비 증감률(%)	출처
1 중국	3,154	4,480	11,733	11,912	11,912 ²	0.002	277.6	WRI, IEA
2 미국 ³	6,356	7,217	6,709	6,763	6,638	-1.8	4.4	UNFCCC
3 인도	1,189	1,679	2,909	3,080	3,152 ²	2.3	165.1	WRI, IEA
4 러시아	3,734	2,249	2,615	2,620	2,630	0.4	-29.6	UNFCCC
5 일본 ³	1,267	1,372	1,407	1,360	1,321	-2.8	4.3	UNFCCC
6 브라질	556	722	1,018	1,051	998 ²	-5.1	79.3	WRI, IEA
7 독일 ³	1,252	1,045	942	903	907	0.5	-27.6	UNFCCC
8 인도네시아	380	539	745	789	802 ²	1.6	111.0	WRI, IEA
9 멕시코 ³	427	584	733	722	735 ²	1.9	72.3	WRI, IEA
10 이란	251	443	715	734	728 ²	-0.7	190.6	WRI, IEA
11 캐나다 ³	603	732	716	716	714	-0.3	18.3	UNFCCC
12 대한민국 ³	293	501	697	691	693	0.3	136.5	-
13 사우디 아라비아	188	278	546	583	612 ²	4.9	226.4	WRI, IEA
14 호주 ³	420	485	533	527	538	1.9	28.0	UNFCCC
15 남아공	307	352	510	525	516 ²	-1.6	68.1	WRI, IEA

1. UNFCCC : 의무감축국이 UNFCCC에 제출한 온실가스 통계(2018년 CRF, 2006 IPCC GL 적용), WRI : 세계자원연구소(World Resources Institute)에서 산정한 국가별 온실가스 총배출량('90-'14년)

2. 세계자원연구소(WRI), 국제에너지기구(IEA) 자료를 활용하여 추정

3. 경제협력개발기구(OECD) 회원국

자료: 환경부(2018.9.21.)

□ 우리나라 온실가스 배출량 변화 추이⁹⁾

- 2016년 우리나라 온실가스 총배출량은 694.1MtCO₂e이며, 에너지 부문 87.1%(604.8MtCO₂e), 산업공정 7.4%(51.5MtCO₂e), 농업 3.1%(21.2MtCO₂e), 폐기물 2.4%(16.5MtCO₂e)를 차지함
- 2016년 배출량은 전년대비 0.2% 증가하였으며, 1990년 대비 136.9% 증가
 - 전년 대비 배출량이 증가한 부문은 에너지 부문의 도로수송(4.4MtCO₂e, 4.9%), 가정(1.8MtCO₂e, 6.0%), 화학(1.4MtCO₂e, 3.8%), 석유정제(1.3MtCO₂e, 8.1%), 제조업·기타(1MtCO₂e, 2.3%)임
 - 전년 대비 배출량이 감소한 항목은 철강(7.8MtCO₂e, -7.7%), 반도체·액정(2.3MtCO₂e, -32%)임
- 온실가스 배출량이 1990~1997년에 연평균 8% 증가하였으며, 1998년 금융위기로 전년대비 14% 급감한 후 1999년부터 증가세로 전환되어 2013년 최고치인 696.7MtCO₂e을 배출

〈표 22〉 우리나라 연도별/부문별 온실가스 배출량

(단위: MtCO₂e)

부문	'90년	'00년	'10년	'14년	'15년	'16년	'15-'16년 증감률	'90-'16년 증감률
총배출량 (LULUCF제외)	292.9	501.4	657.4	690.9	692.9	694.1 (100%)	0.2%	136.9%
순배출량 (LULUCF포함)	254.7	442.2	603.0	648.3	650.1	649.6 (93.6%)	-0.1%	155.1%
에너지	241.5	410.8	565.8	598.8	602.4	604.8 (87.1%)	0.4%	150.5%
산업공정	19.8	50.2	54.4	56.0	53.3	51.5 (7.4%)	-3.4%	160.2%
농업	21.3	21.6	22.2	20.8	20.9	21.2 (3.1%)	1.6%	-0.1%
LULUCF	-38.2	-59.3	-54.4	-42.7	-42.9	-44.5 (-6.4%)	3.7%	16.2%
폐기물	10.4	18.8	15.0	15.4	16.4	16.5 (2.4%)	1.0%	58.8%

자료: 환경부(2018.9.21.)

9) 환경부(2018.9.21.) 보도자료 내용을 정리함

□ 온실가스별 배출량 및 증감률

- 2016년 CO₂ 국가 배출량은 637.6MtCO₂e로 총 배출량 694.1MtCO₂e의 91.9%를 차지함.
- non-CO₂ 온실가스별 비중은 CH₄ 3.7%(26MtCO₂e), N₂O 2.1%(14.8MtCO₂e), HFCs 1.1%(7.4MtCO₂e), SF₆ 1.0%(6.8MtCO₂e), PFCs 0.2%(1.5MtCO₂e)임

〈표 23〉 우리나라 온실가스별 배출량 및 증감률

(단위: MtCO₂e)

온실가스		1990	2000	2010	2014	2015	2016	1990년 대비 증감률(%)	2015년 대비 증감률(%)
CO ₂	배출량	252.3	441.6	594.7	629.7	634.5	637.6	152.7	0.5
	비중(%)	86.1	88.1	90.5	91.1	91.6	91.9		
CH ₄	배출량	30.3	27.5	26.9	26.0	26.0	26.0	-14.2	0.02
	비중(%)	10.3	5.5	4.1	3.8	3.8	3.7		
N ₂ O	배출량	9.2	18.3	13.6	13.9	14.3	14.8	62.0	3.6
	비중(%)	3.1	3.7	2.1	2.0	2.1	2.1		
HFCs	배출량	1.0	8.4	8.1	8.5	7.9	7.4	649.5	-7.1
	비중(%)	0.3	1.7	1.2	1.2	1.1	1.1		
PFCs	배출량	-	2.2	2.3	2.4	1.5	1.5	539,488.7	-2.1
	비중(%)	0.0	0.4	0.3	0.4	0.2	0.2		
SF ₆	배출량	0.2	3.2	11.9	10.4	8.7	6.8	3,810.5	-21.8
	비중(%)	0.1	0.6	1.8	1.5	1.3	1.0		
총배출량 (LULUCF 제외)		292.9	501.4	657.4	690.9	692.9	694.1	136.9	0.2

* PFCs는 최초 통계가 수집된 1992년도를 기준으로 증감률을 계산함.

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2018). p. 9.

□ 2016년 온실가스별/배출원별 배출량

- 에너지 부문에서 배출되는 온실가스 604.84MtCO₂e 중 CO₂가 98.5%(595.83MtCO₂e)를 차지하며, CH₄는 1%(5.88MtCO₂e), N₂O는 0.5%(3.14MtCO₂e)를 차지함
- 산업공정에서 배출되는 온실가스 51.46MtCO₂e 중 CO₂가 67.8%(34.91MtCO₂e)를 차지하며, HFCs 14.3%(7.37MtCO₂e), SF₆ 13.2%(6.79MtCO₂e), PFCs 2.9%(1.49MtCO₂e), CH₄ 1.1%(0.58MtCO₂e), N₂O 0.6%(0.33MtCO₂e)를 차지함
- 농업부문에서 배출되는 온실가스 21.25MtCO₂e는 CH₄와 N₂O이며, 각각 54.1%(11.5MtCO₂e), 45.9%(9.75MtCO₂e)를 차지함
- 폐기물부문에서 배출되는 온실가스 16.52MtCO₂e 중 CH₄가 48.7%(8.04MtCO₂e)를 차지하며, CO₂ 41.5%(6.86MtCO₂e), N₂O 9.8%(1.62MtCO₂e)를 차지함

〈표 24〉 2016년 우리나라 배출원별/온실가스별 배출량

(단위: MtCO₂e)

온실가스 배출원 및 흡수원	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	합계
에너지	595.83	5.88	3.14	0	0	0	604.84
산업공정	34.91	0.58	0.33	7.37	1.49	6.79	51.46
농업	0	11.50	9.75	0	0	0	21.25
토지이용, 토지이용 변화와 산림	-44.79	0.30	0.04	0	0	0	-44.45
폐기물	6.86	8.04	1.62	0	0	0	16.52
합계	592.81	26.29	14.87	7.37	1.49	6.79	649.61

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2018). p. 391.

□ 2030 국가 온실가스 감축 로드맵 수정안¹⁰⁾

- 2015년 국가 온실가스 감축목표로 '2030년까지 BAU 대비 37% 감축'을 제시하고 2016년에 감축로드맵을 마련
 - 국외감축량의 크기, 에너지산업의 감축 잠재량 등에 대한 논란을 반영하고 경제성장률 전망의 수정에 따라 로드맵 수정안을 2018년 마련
 - 목표배출량은 536백만톤(BAU 대비 37% 감축, '15년 대비 22.3% 감축)으로 그대로 이나, 에너지수요감소를 반영하여 국외감축분 대폭 줄임
 - 전환부문 추가감축잠재량 34.1백만톤은 감축량에는 포함되나 감축수단을 명확히 확정하지는 못함

〈표 25〉 2030 국가 온실가스 감축 로드맵 수정안

(단위: 백만톤, %)

부문		배출 전망(BAU)	수정안	
			감축후 배출량(감축량)	BAU 대비 감축률
배출원 감축	산업	481.0	382.4	20.5%
	건물	197.2	132.7	32.7%
	수송	105.2	74.4	29.3%
	폐기물	15.5	11.0	28.9%
	공공(기타)	21.0	15.7	25.3%
	농축산	20.7	19.0	7.9%
	탈루 등	10.3	7.2	30.5%
감축수단 활용	전환	(333.2) ¹	(확정 감축량) -23.7	-
			(추가감축잠재량) -34.1 ²	
	E산업/CCUS	-	- 10.3	-
	산림흡수원	-	- 38.3	4.5%
	국외감축 등	-		
기존 국내감축			574.3	32.5%
합계		850.8	536.0	37.0%

1. 전환부문 배출량(333.2백만톤)은 전기 및 열 사용량에 따라 부문별 배출량에 할당하여 전체 합계에서는 제외함

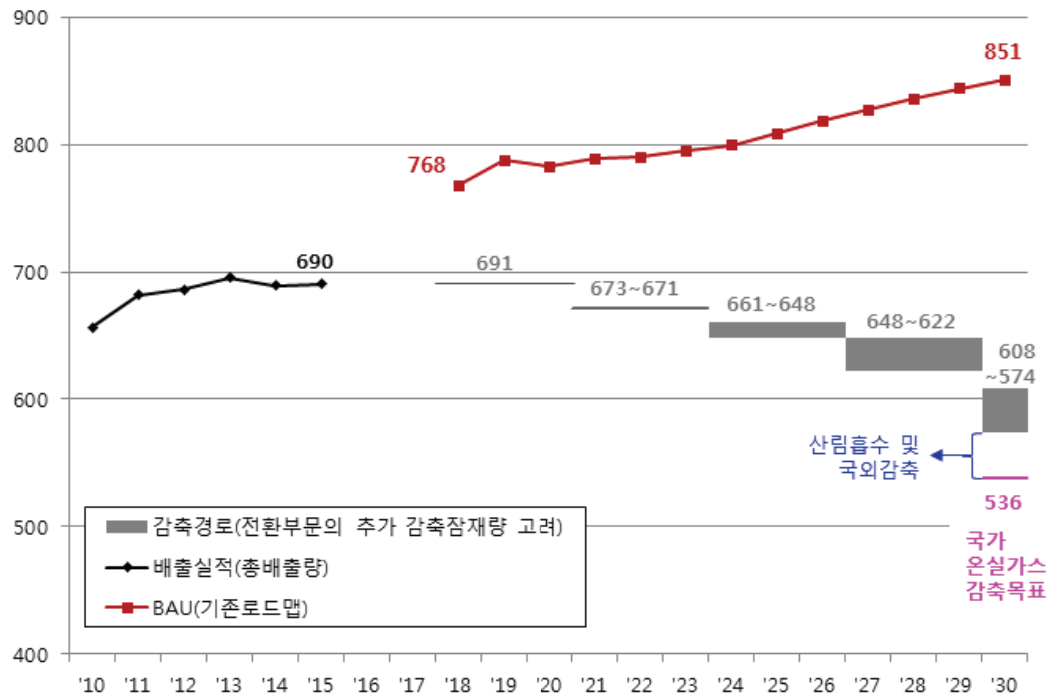
2. 전환부문 감축량 23.7백만톤 확정, 추가감축 잠재량은 '20년 NDC 제출전까지 확정

자료: 관계부처합동(2018). p. 6.

10) 관계부처합동(2018). p. 6.을 바탕으로 연구진 재정리함

- 감축정책의 예측가능성을 제고하고, 감축목표의 이행관리를 강화하기 위하여 3년 단위로 감축경로(중간목표)를 제시(관계부처합동, 2018)
 - 목표연도인 2030년까지 남은 기간, 배출권거래제 할당기간과의 연계, 경로목표 이행관리 가능성 등을 고려하여 3년 단위로 관리기간 설정

[그림 30] 2030 국가 온실가스 감축 로드맵 감축 경로



자료: 관계부처합동(2018). p. 7.

□ 제3차 에너지기본계획¹¹⁾

- 제3차 에너지기본계획의 권고안을 작성한 민간위탁 그룹은 2040년을 대상으로 부문별 최종 에너지 목표소비량 및 원별 최종에너지 목표소비량 제시
 - 부문별 원별 수요추정 및 결정방식(예, 수송용 석유류 수요)에 따라 전력을 제외한 모든 최종에너지원의 부문별 믹스는 결정됨
- 발전부문은 재생에너지의 확대에 대한 정책적, 시장적, 기술적 걸림돌의 극복가능성을 시나리오로 설정하고, 2040년 재생에너지 목표비중을 25~40%로 설정
 - 발전부문 온실가스 배출량 산정에 결정적 역할을 하는 가스발전과 석탄발전의 비중은 제시하지 않고 2033년을 목표연도로 하는 제9차 전력수급기본계획에 위임하였으나, 에너지기본계획이 상위계획이고, 목표연도가 2040년이라는 점에서 부적절
- 위탁그룹 권고안에 따른 온실가스 배출량은 발전부문 재생에너지 비중을 최대 40%로 가정하더라도 5억톤에 근접할 것으로 추정됨
 - 온실가스 국가목표가 2030년으로 국한되어 있어 2040년을 대상으로 하는 에너지기본계획에 영향을 미칠 수 없는 한계 노출

〈표 26〉 제3차 에너지기본계획의 핵심가치 달성을 위한 정량목표(안)

		2017년	2030년	2040년
수요	최종에너지소비(백만 TOE)	176.0	179.5	176.6
	최종소비 원단위(TOE/백만원)	0.113	0.084	0.072
공급	재생에너지 발전비중(% , 국내기준)	7.6	20	25~40
환경	에너지연소 온실가스 배출량(백만톤)	601.0	536.5	
	발전부문 미세먼지 배출량(천톤)	34	13	
	수송부문 미세먼지 배출량(천톤)	34	27	21
참여	재생에너지 보급개소(만 개소)	43	471	611~1,039

※ 최종에너지소비는 원료용 에너지수요를 제외한 수치

※ '40년 전기차 보급대수를 500만대(누적기준)로 가정하고 산출한 목표치

자료: 제3차 에너지기본계획 위탁그룹(2018). p. 6.

11) 제3차 에너지기본계획 위탁그룹(2018) 참조

2. 심층 에너지전환 시나리오

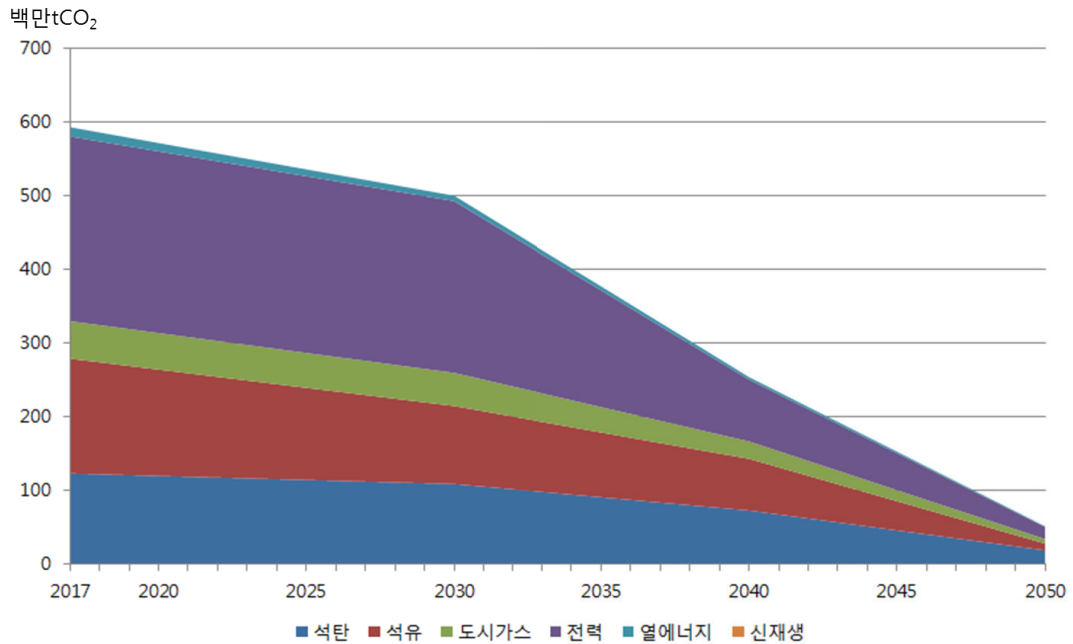
□ 심층 에너지전환 시나리오의 의의

- 본 연구에서는 배분방식별 우리나라 탄소예산 및 IPCC 1.5℃ 특별보고서의 제안을 고려하여, 1.5℃ 목표달성을 위한 2050년 이산화탄소 목표 순배출량을 0으로 설정
- 이산화탄소 순배출량을 0으로 만드는 에너지소비 및 공급시나리오는 다양
 - 예를 들어, 100% 재생에너지 시나리오는 순배출량 0을 만족하나 실현하기 위해서는 매우 도전적인 시나리오임
- 본 연구에서는 기술적이나 정책적으로 실현 가능할 것으로 판단되는 분야별(수요, 공급) 대안들을 종합한 시나리오 제시
 - 2050년을 대상으로 하는 시나리오이므로, 개별 대안들의 실현 가능성에 대한 비판적인 의견이 있을 수 있고 본 연구에서 제시하는 시나리오보다 더 현실적이고 효과적인 시나리오도 가능
 - 본 연구에서 제시하는 시나리오는 이산화탄소 순배출 0을 달성할 수 있는 심층 에너지전환 경로가 존재한다는 것을 예시한다는 의의를 지님

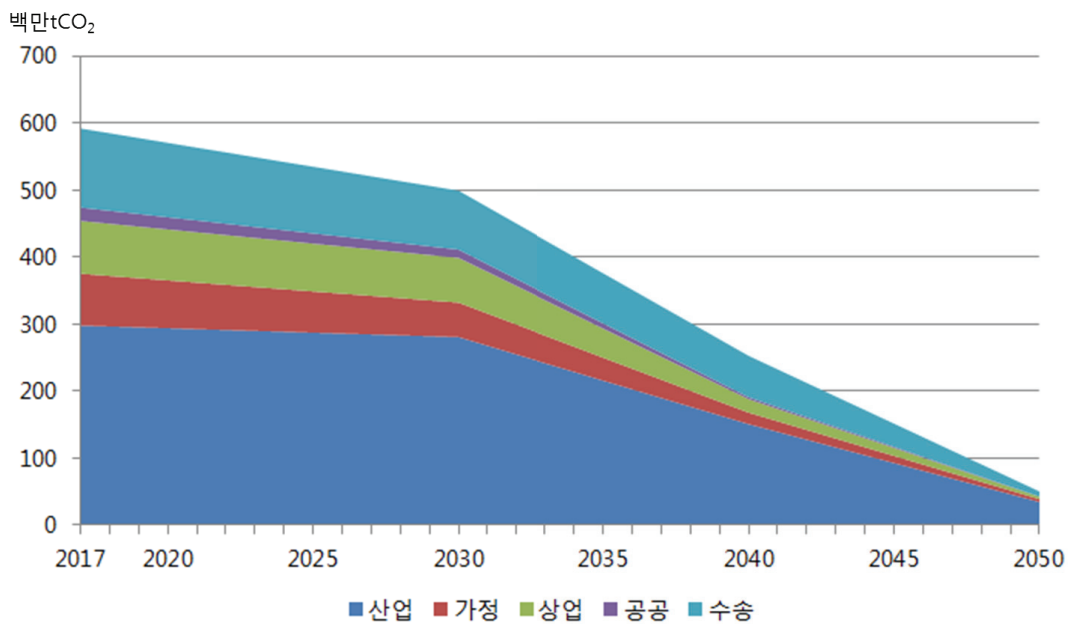
□ 심층 에너지전환 시나리오의 내용

- 에너지효율의 획기적 개선, 탈탄소 잠재량이 높은 전력비중 증가, 재생에너지 이용의 대폭 확대를 통해 국내 이산화탄소배출량을 2017년 592백만톤에서 2050년 50백만톤으로 91.5% 줄이고 개발도상국 온실가스 감축지원을 통해 순배출 0 달성

[그림 31] 에너지원별 이산화탄소 배출경로



[그림 32] 부문별 이산화탄소 배출경로



□ 에너지효율의 획기적 개선

- 2018년 이후 에너지효율성을 매년 3.0% 개선하여 에너지집약도(TOE/백만원)를 2017년 0.114에서 0.042로 줄이고, 최종에너지소비는 2017년 172.6백만TOE에서 2050년 114.4백만TOE로 33.7% 절감

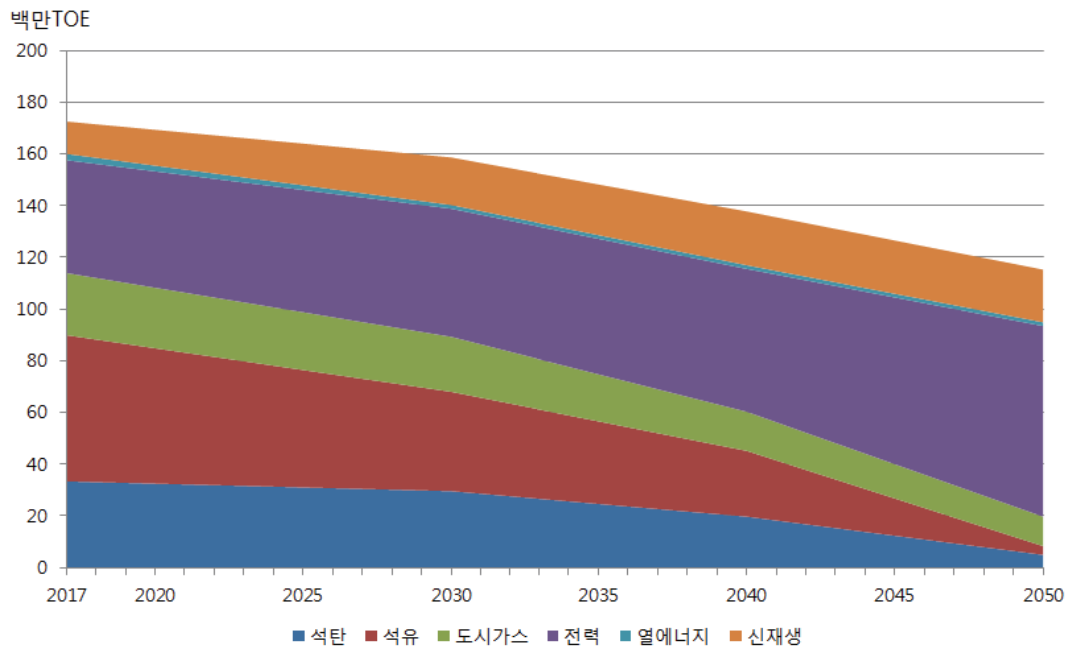
〈표 27〉 에너지 집약도

	단위	2017	2030	2040	2050
실질GDP	십억원	1,541,373	2,065,143	2,432,213	2,738,416
에너지집약도	TOE/백만원	0.114	0.077	0.057	0.042
최종에너지	백만TOE	176.0	158.7	137.8	114.4

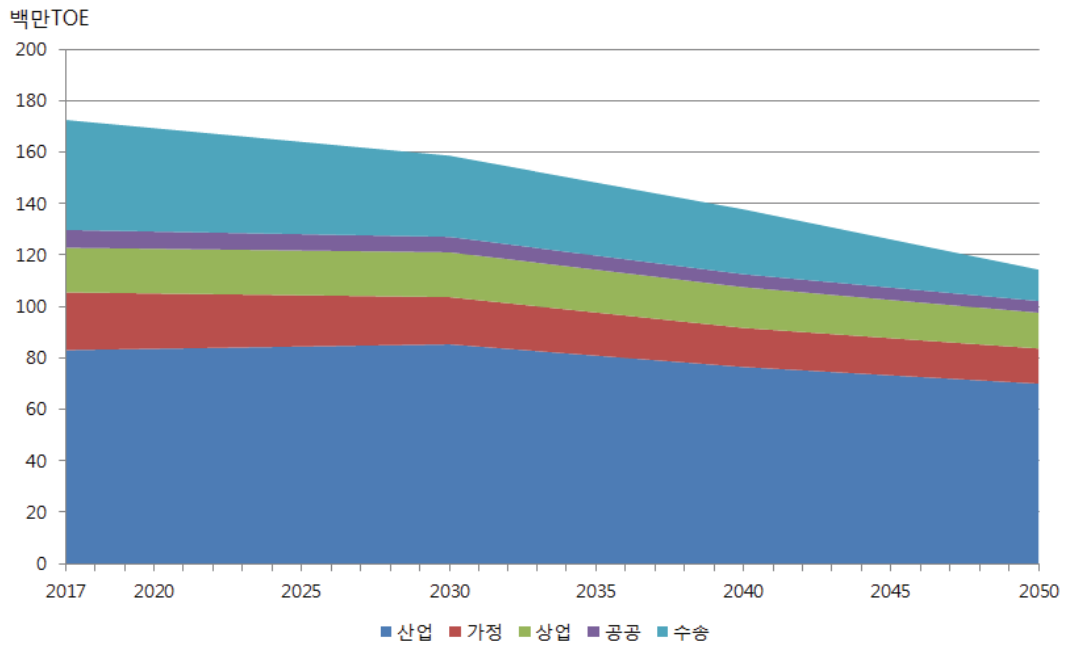
*원료용 미포함

자료: GDP전망은 안영환 외(2017), 2017년 최종에너지는 산업통상자원부/에너지경제연구원(2018)

[그림 33] 연료별 최종에너지 소비

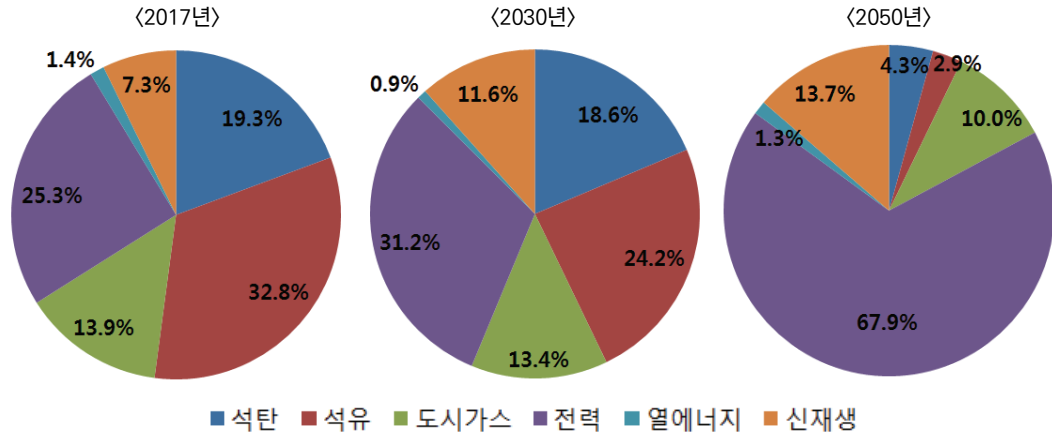


[그림 34] 부문별 최종에너지 소비

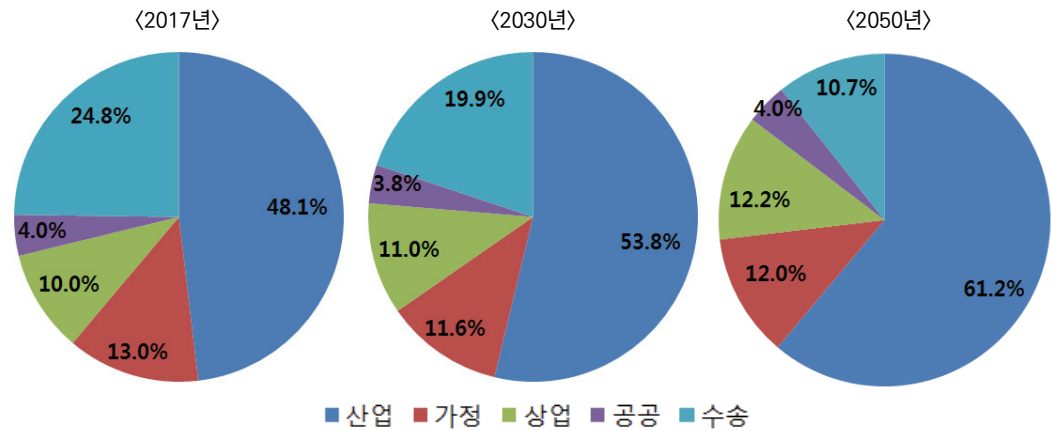


○ 에너지소비의 절감은 화석연료 및 수송부문 중심으로 발생

[그림 35] 연료별 소비비중 : 2017년, 2030년, 2050년



[그림 36] 부문별 소비비중 : 2017년, 2030년, 2050년



□ 에너지수요의 전기화

- 탄소 무배출 에너지원은 원자력과 재생에너지이며, 이들 에너지원은 에너지 이용형태 중 열이나 수송용 보다는 발전부문의 잠재량이 높아, 탈탄소 에너지전환은 필수적으로 전기화를 동반
- 특히, 수송부문은, 내연기관은 전기차에 비해 에너지효율이 낮아, 최종에너지 기준 4배 이상 에너지를 소비하므로, 전기화 자체가 에너지사용량을 직접 줄일 수 있음

〈표 28〉 2017년 연료별 주행거리 및 연비

	주행거리(백만km)	에너지사용량(천TOE)	연비(천km/TOE)
휘발유차	116,952	9,617	12.160
경유차	156,827	18,865	8.313
LPG차	37,938	3,928	9.658
승용전기차(5km/kWh)			58.139

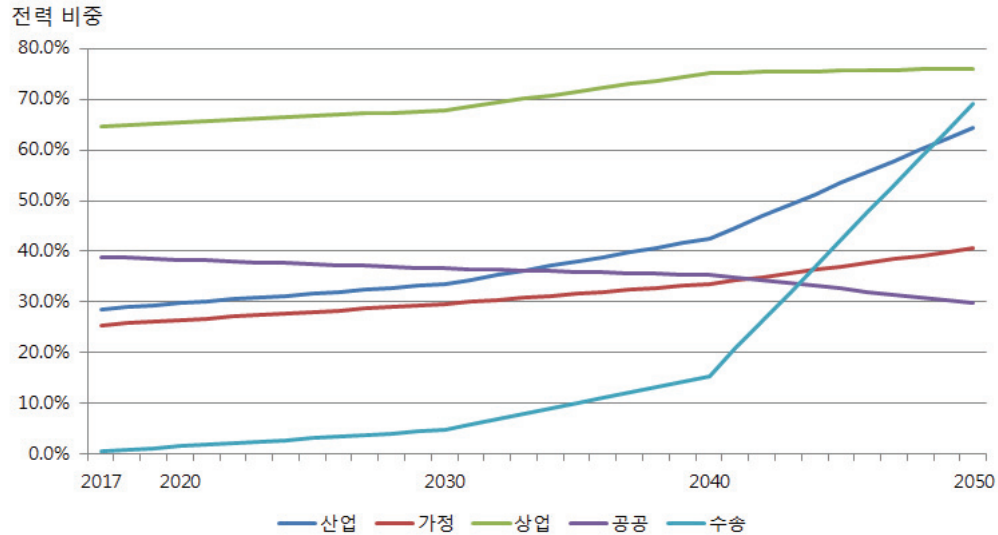
자료: 주행거리는 한국교통안전공단(2018), 에너지사용량은 산업통상자원부/에너지경제연구원(2018)

- 발전량은 2017년 553.5TWh에서 935.1TWh로 68.9% 증가하고, 최종에너지 중 전기비중은 2017년 25.3%에서 2050년 63.7%로 증가

〈표 29〉 최종에너지 중 전기 비중

	단위	2017	2030	2040	2050
최종에너지	백만 TOE	172.6	158.7	137.8	114.4
전기소비량	백만 TOE	43.7	49.6	55.3	72.9
전기 비중	%	25.3	31.2	40.1	63.7
전기생산량	TWh	553.5	628.4	700.5	935.1

[그림 37] 부문별 전기화 비중



□ 발전부문 재생에너지 확대

- 전기화와 더불어 전력생산에서 태양광, 풍력 등 재생에너지 이용을 대폭 확대하여 발전부문의 탄소집약도를 최소화
- 재생에너지 비중을 최대 85%까지 제고하고, LNG 발전 및 에너지저장기술(배터리, 수소, P2G 등)을 통해 전력시스템의 유연성을 확보
- 2040년까지 발전부문 탈석탄, 탈석유를 완료하고, 원자력은 현 정부의 정책을 반영하여 수명연한 40년 또는 60년 보장(2050년 기준 12.4GW 용량 발전)

〈표 30〉 발전믹스

	단위	2017	2030	2040	2050
발전량	TWh	553.5	628.4	700.5	935.1
연료별 비중					
- 석탄	%	43.1%	36.1%		
- 석유	%	1.6%	1.2%		
- 천연가스	%	22.2%	18.8%	33.6%	5.0%
- 원자력	%	26.8%	23.9%	16.4%	9.3%
- 재생에너지	%	6.3%	19.9%	50.0%	85.7%

주1: 2017년 소내소비용 및 송배전손실율 3.92%, 3.27% 적용

2: 2030년 발전믹스는 제8차 전력수급기본계획 기준, 원자력 비중은 정부의 에너지전환시나리오(수명연한 40년, 60년 이후 폐쇄)를 적용하고, 이용률 80% 가정하여 발전량 산정

□ 탈탄소 기술의 개발 및 확산

- 에너지전환 효율 40% 이상을 달성하는 태양광모듈, 부유식 해상풍력 등 혁신적 재생에너지 발전기술을 개발하여 저비용, 고효율 전력생산구조 확립
- 전기분해 수소, 배터리 등 고효율, 저비용 전력저장장치의 개발 및 전력수급관리체계의 업그레이드를 통해 재생에너지전력의 간헐성 극복
- 잉여 재생에너지전력으로 전기분해를 통해 생산된 수소를 이용한 수소환원제철기술, 수소기반 화학제품 생산기술 등 에너지다소비산업의 탈탄소 신기술 개발 적용
- 탄소포집 및 저장/이용(CCSU)기술 개발의 실현가능성은 크지 않아 시나리오에서 제외

□ 개도국 지원과 온실가스 감축의 연계

- 개도국의 지속가능발전을 지원하고, 상대적으로 낮은 비용으로 온실가스 감축목표를 달성하기 위해 5천만톤의 이산화탄소는 해외감축 추진
- 해외감축은 온실가스 배출사업자의 직접적인 투자 또는 정부의 ODA 사업으로 진행

3. 부문별 심층 에너지전환 전략

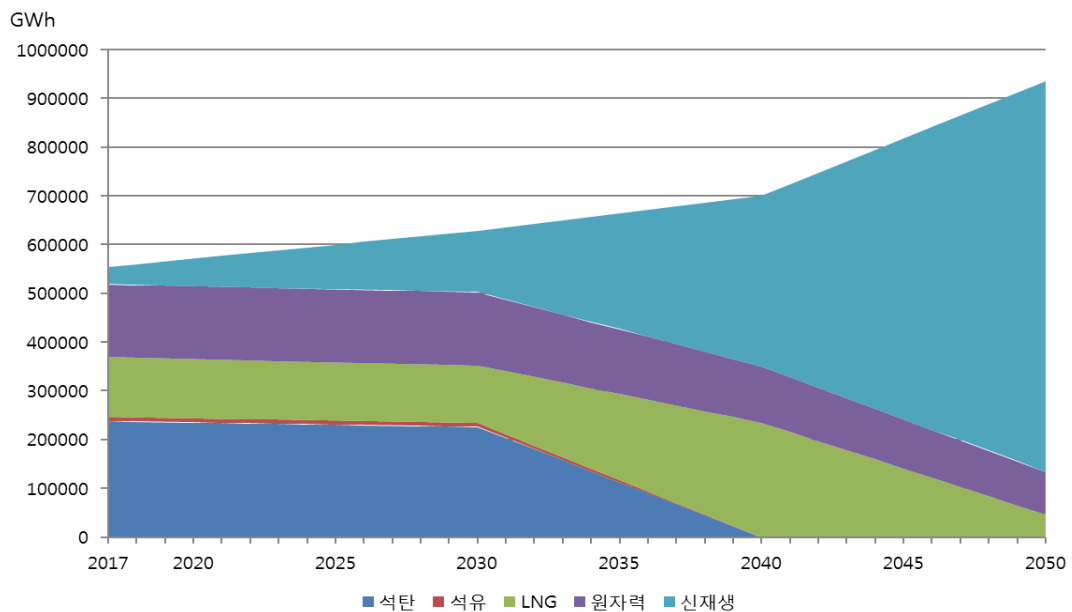
□ 발전부문

- 발전부문 배출량은 2017년 233백만톤CO₂를 2050년 16백만톤CO₂로 감축하고, 탈탄소화로 전력의 탄소집약도(tCO₂e/MWh, 소비단) 2017년 0.4046에 0.0194로 개선
- 발전부문 전력믹스는 탄소집약도가 높은 석탄발전 비중을 지속적으로 낮추고 이를 태양광, 풍력 등 재생에너지로 대체

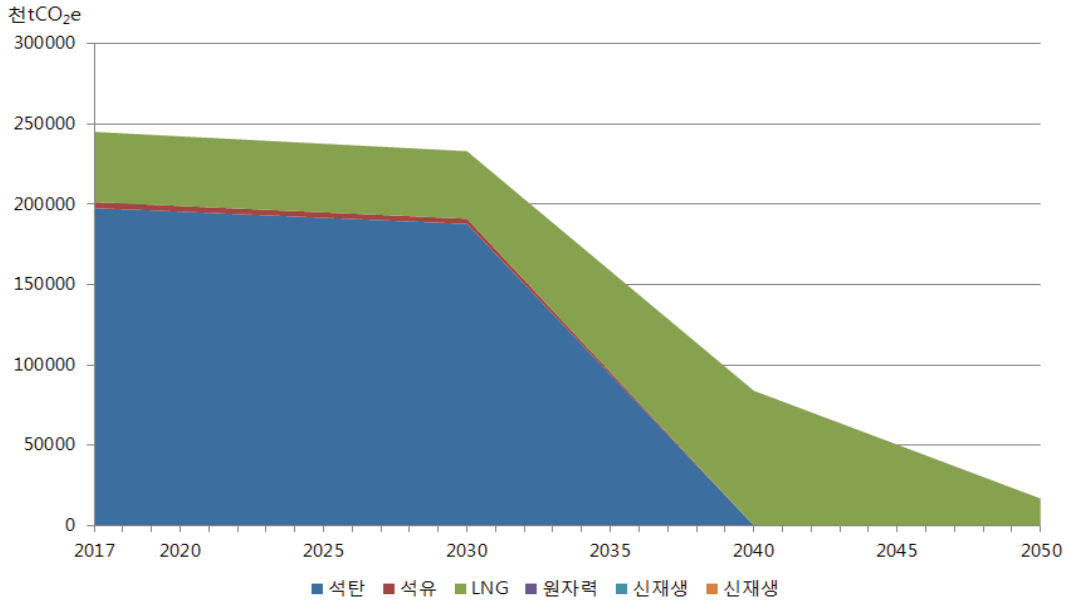
〈표 31〉 연료별 발전 및 배출량 믹스 변화

발전연료	발전량(TWh)		발전량 믹스		배출량 믹스	
	2017	2050	2017	2050	2017	2050
석탄	238.8		43.1%		80.7%	
석유	8.7		1.6%		1.5%	
천연가스	122.8	46.8	22.2%	5.0%	17.8%	100%
원자력	148.4	86.9	26.8%	9.3%		
재생에너지	34.9	801.5	6.3%	85.7%		
합계	553.5	935.1	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

[그림 38] 연료별 발전량



[그림 39] 발전부문 연료별 배출량



○ 재생에너지 발전량 확보 가능성

- 2050년 재생에너지 발전량을 육상 태양광과, 해상 풍력 (부유식 포함)을 통해 50%씩 달성한 다고 하면, 각각의 이용률 15%, 30% 가정 하에, 305GW, 152GW가 필요
- 2050년 필요 태양광 시설용량의 3/4정도(229GW)를 영농형태양광(기존 농업수확량이 20% 이하로 감소하도록 태양광패널을 농지에 설치)으로 할 경우, 설치면적은 기존 나대지태양광 시설에 비해 1.5배가 필요하며, 전체 경지면적 15,563km²(2017년말)의 약 20%인 3,050km²를 차지¹²⁾
- 이창훈 외(2014, 81쪽)에 따르면 수심 50m 이내, 해안으로부터 50km 이내이면서 풍력밀도가 300W/m² 이상인 해양면적은 88,829km²로 이 지역의 20%에 풍력발전기를 설치할 경우 약 88GW를 확보할 수 있으며, 부유식 해상풍력시설을 수심이 깊은 동해안에 설치하면, 2050년 해상풍력 필요용량 확보 가능
- 육상태양광과 해상풍력 설치요구량은 기술적, 경제적으로 달성 가능하나, 모두 대규모 설치 면적을 요구하여 농촌 및 해양 경관을 근본적으로 바꾸므로, 새로운 경관에 대한 인식 전환 및 적응이 필요

12) 태양광효율이 평균 30%로 개선된다는 가정이며, 효율개선이 이루어지지 않아 20% 수준에 머물 경우 시설 설치를 위해 전체 경지면적의 30%가 요구됨

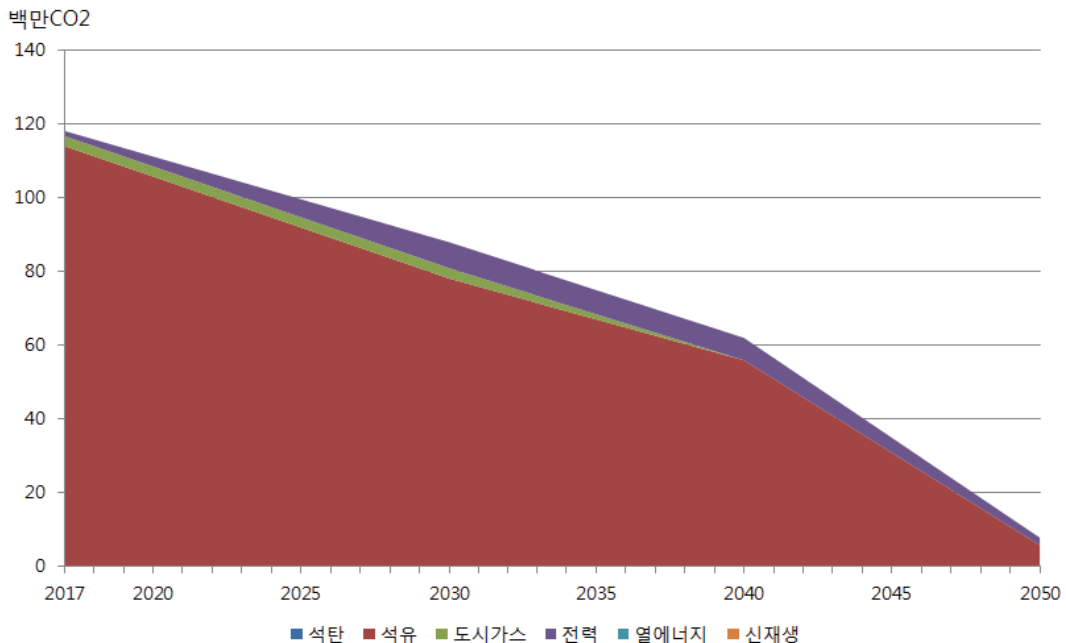
○ 재생에너지전력의 간헐성 보완방안

- 태양광, 풍력의 재생에너지전력은 자연에너지로 기상조건에 따라 발전량을 인위적으로 통제할 수 없고, 또 이용률이 낮아 재생에너지 발전비중이 높을수록 필연적으로 잉여전력 이 발생
- 재생에너지전력의 간헐성을 보완하는 전력운영시스템(보상체계 포함)의 재설계가 필요하며, 특히 잉여 재생에너지전력의 효율적인 저장(배터리, 수소생산, 메탄생산) 및 활용이 요구됨
- 이들 저장장치의 활용에 따른 전환손실을 고려하면, 2050년 재생에너지 필요 발전용량은 더욱 증가할 수 있음

□ 수송부문

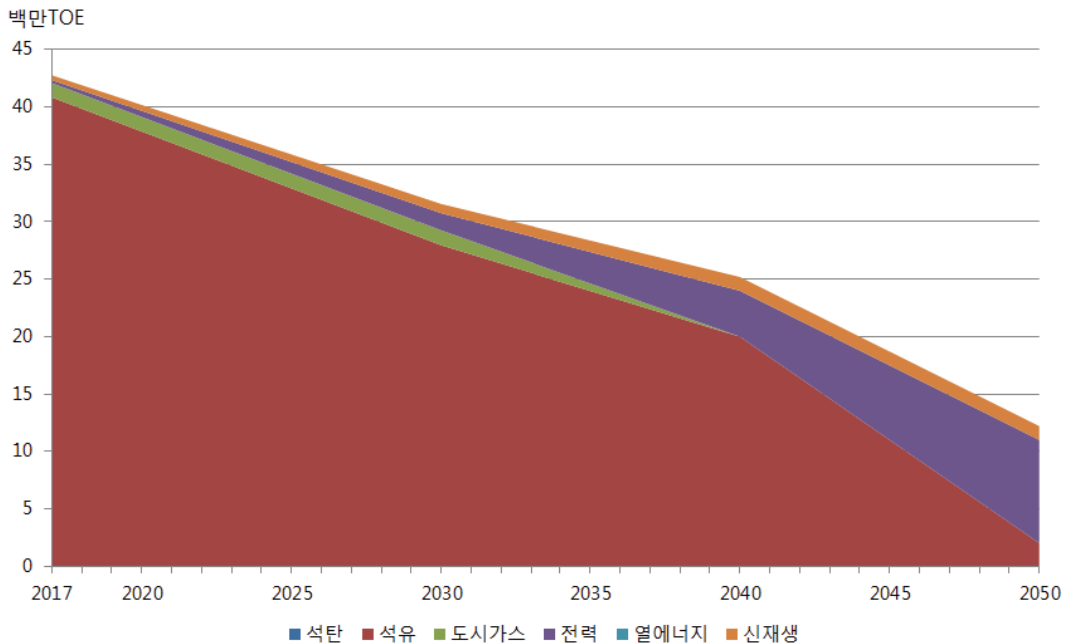
- 수송부문 배출량 2017년 118.0백만톤CO₂를 2050년 7.6백만톤CO₂로 감축하고, 이는 수송 연료를 발전부문 저탄소화와 함께 석유에서 전기로 대체하면서 발생

[그림 40] 수송부문 연료별 배출량



- 전기모터의 에너지효율이 내연기관에 비해 4배 이상이므로, 전기화가 진행됨에 따라 수송용 최종에너지소비도 2017년 42.8백만TOE에서 13.0TOE로 대폭 감소
 - 2050년 육상 및 해상운송의 대부분은 전기화하고, 일부 항공운송 등은 기존 화석연료 및 바이오연료 혼합사용
 - 2030년 400만대, 2040년 1,500만대 전기차 이용 가정

[그림 41] 수송부문 연료별 에너지이용

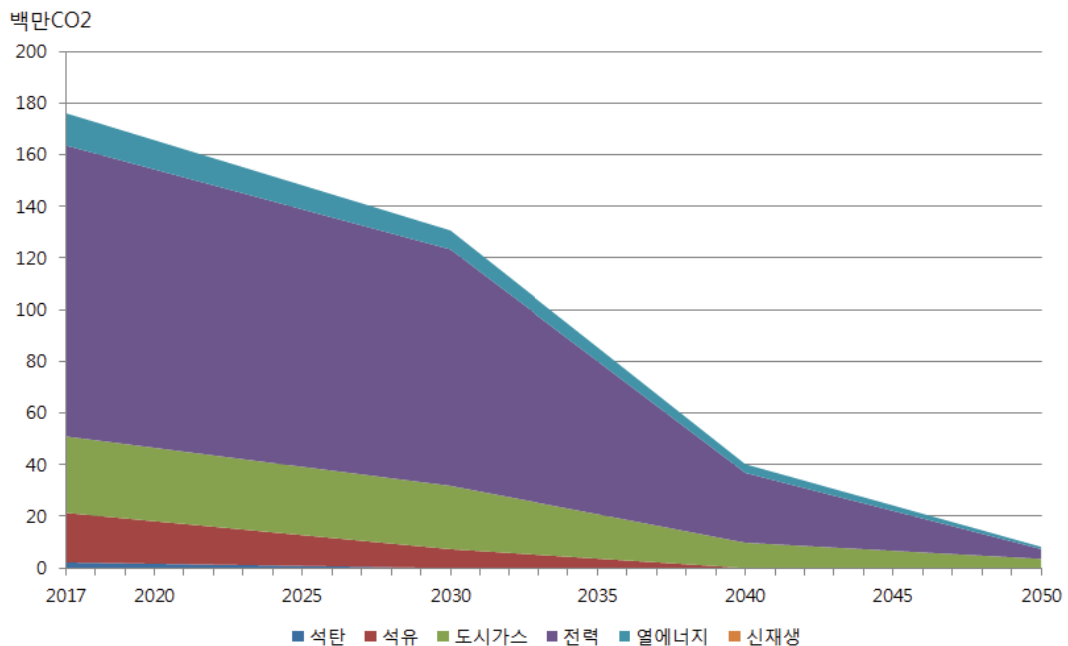


- 수송용 에너지로 수소의 활용은 별도 고려하지 않음
 - 배터리 전기차에 비해 수소연료전지전기차는 인프라, 가격, 안정성, 효율 등에서 떨어지며, 버스, 트럭 등 대형 운송수단에서 경쟁력을 일부 가질 수 있으나, 에너지믹스 상 큰 비중은 차지하지 않을 것으로 가정
- 전기차의 배터리는 특히 재생에너지전력의 간헐성을 보완할 수 있는 주요 수단
 - 적절한 가격결정메카니즘을 통해 전기차 배터리를 잉여 재생에너지전력의 저장수단으로 활용가능
 - 승용차 2,000만대의 배터리 용량(대당 100kWh 기준)은 2TWh로, 이 중 50%만 활용해도 최소 2시간 이상의 재생에너지 잉여전력 저장 가능

□ 가정·상업·공공부문

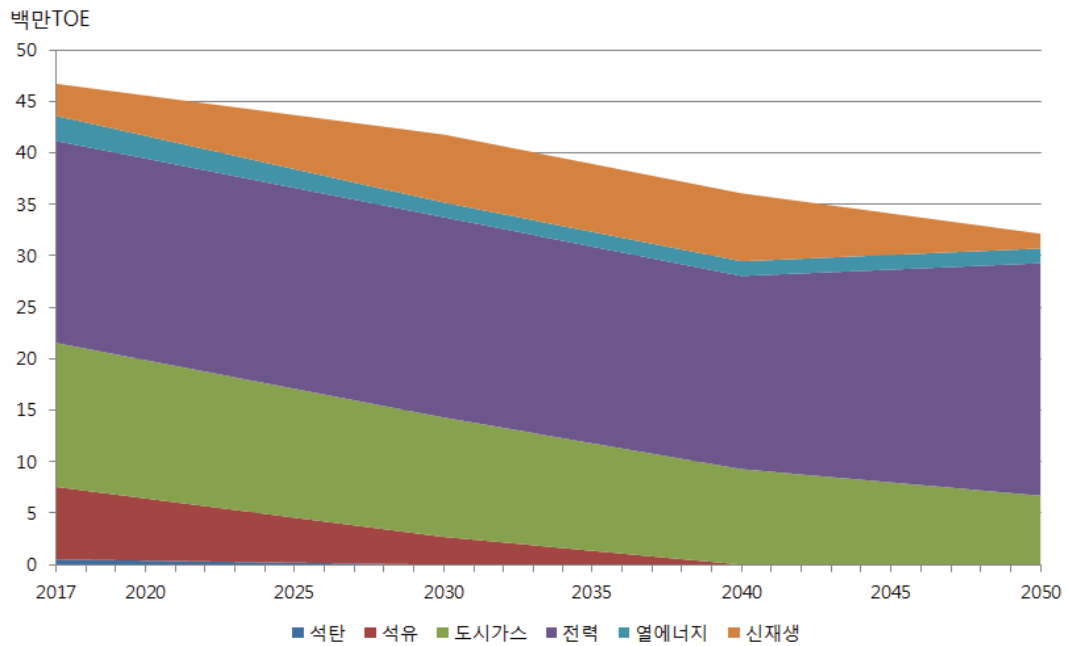
- 가정·상업·공공부문 전체 이산화탄소 배출량은 2017년 176.2백만톤으로 전체 배출량의 29.7%이며, 탈탄소화 에너지전환에 따라 2050년 8.2백만톤으로 95.3% 저감되며, 2050년 전체 배출량의 16.2% 차지

[그림 42] 가정·상업·공공부문 연료별 배출량



- 가정·상업·공공부문 최종에너지 소비는 2017년 46.7백만TOE로 전체 최종에너지 소비의 27.1%이며, 2050년 31.6백만TOE로 32.4% 감소
 - 사용연료 중 전력사용량이 가장 많으며, 전기화의 진행으로, 전력 비중은 2017년 42.0%에서 2050년 56.1%로 증가

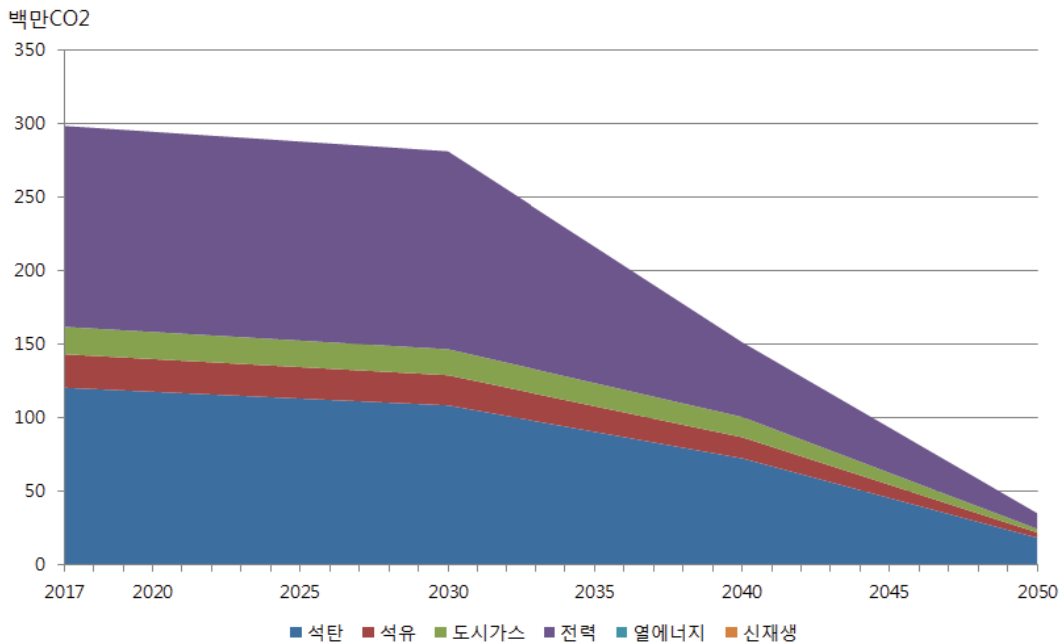
[그림 43] 가정·상업·공공부문 연료별 사용량



□ 산업부문

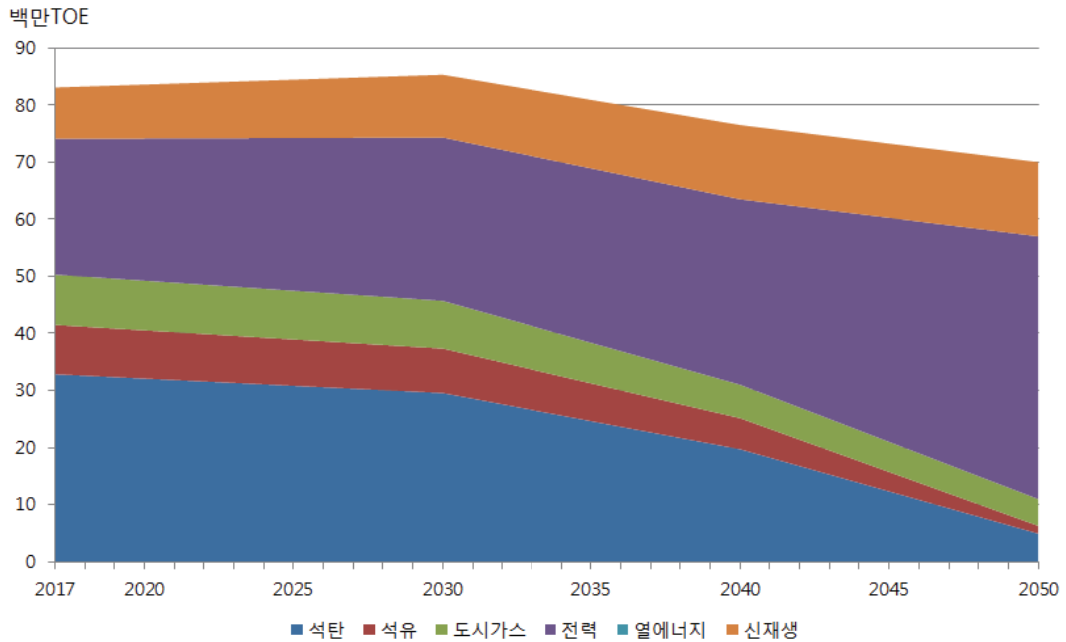
- 산업부문 이산화탄소 배출량은 탈탄소 에너지전환 시나리오에서 2017년 298.2백만톤에서 2050년 34.7백만톤으로 저감
 - 2017년 대비 2050년 저감율은 88.4%로 평균 저감률 91.5%보다 낮으며, 따라서 전체 이산화탄소 배출량 대비 배출비중은 2017년 50.3%에서, 2050년 68.7%로 증가
 - 이는 산업공정에서 범용으로 사용되는 저온 보일러 및 동력엔진용 연료는 저탄소화된 전력으로 대체가 쉬우나, 제철공정에서 환원제로 사용되는 석탄 등은 대체가 쉽지 않기 때문임

[그림 44] 산업부문 연료별 배출량



- 산업부문 최종에너지 소비는 2017년 83.1백만TOE로 전체 최종에너지 소비의 48.1%이며, 2050년 73.0백만TOE로 12.1% 감소
 - 2017년 산업부문 사용연료 중 제철공정에서 환원제 및 연료로 사용되는 석탄의 사용량이 32.8백만 TOE(39.5%)로 가장 많으나, 전기화의 진행으로 전기소비량이 2017년 23.8백만 TOE(28.6%)에서 2050년 47.0백만TOE(64.4%)로 2배 증가하여 최대 에너지원이 됨

[그림 45] 산업부문 연료별 사용량



○ 산업부문의 탈탄소화의 가장 중요한 요인은 철강, 석유화학, 시멘트 등 에너지다소비업종의 탈탄소화임

- 특히 각 업종별 고유한 에너지사용패턴에 대한 대체재 마련이 필요

제3장 에너지전환과 산업 전환

제 1 절 에너지부문 전환의 달성가능성

1. 현재 에너지 부문의 목표

□ 3차 에너지기본계획 및 온실가스 감축 로드맵 배출량 현황

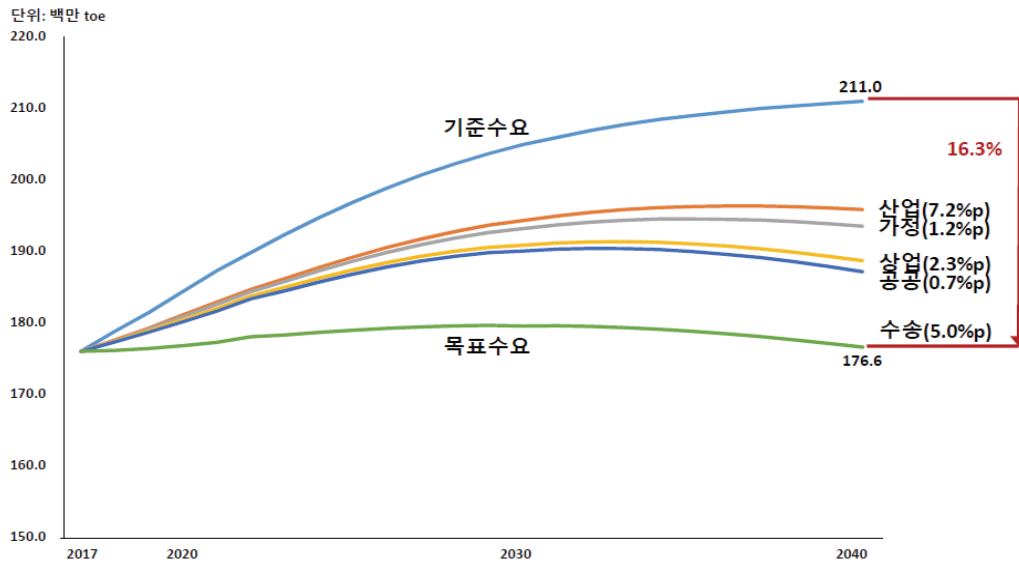
- 온실가스 감축로드맵에서는 2030년 이산화탄소 배출량을 약 530백만톤으로 제시하고 있으며, 제3차 에너지기본계획(권고안)에서는 2040년 이산화탄소 배출량을 약450백만톤으로 추정
 - 이와 같은 배출량 전망치는 약4℃에 가까운 ‘매우 불충분(Highly Insufficient)’한 수준
- 3차 에너지기본계획의 에너지 목표수요 전망치는 2040년까지의 인구, 경제성장률, 산업구조 전망 하에서 도출
 - 최종 소비 목표수요는 2040년 기준수요 대비 16.3% 절감 달성 (신재생 제외시 최종소비절감은 강화되어 기준수요 대비 20.9% 절감)
 - 절감 시나리오는 기존 정부계획에서 발표된 부문별 목표 감안, 4차 산업혁명의 증감요인을 반영함

【표 32】 제3차 에너지기본계획 에너지 목표수요 주요 지표

구분	2017년	2030년	2040년	연평균 증가율	
				2017년~2030년	2030년~2040년
기준수요					
최종 소비(백만 TOE)	176.0	204.9	211.0	1.18%	0.26%
최종 소비 원단위(TOE/백만원)	0.113	0.096	0.087	△1.24%	△1.05%
1인당 최종 소비(TOE/명)	3.421	3.870	4.041	0.95%	0.43%
목표수요					
최종 소비(백만 TOE)	176.0	179.5	176.6	0.15%	0.16%
절감률	-	△12.4%	△16.3%	-	-
최종 소비 원단위(TOE/백만원)	0.113	0.084	0.072	△2.24%	△1.50%
1인당 최종 소비(TOE/명)	3.421	3.391	3.383	△0.07%	△0.02%

자료: 에너지경제연구원(2019a)

【그림 46】 제3차 에너지기본계획 기준수요 대비 목표수요 부문별 절감 기여도



자료: 에너지경제연구원(2019a)

2. 「2050 저탄소경제 비전 연구」시나리오 결과¹³⁾

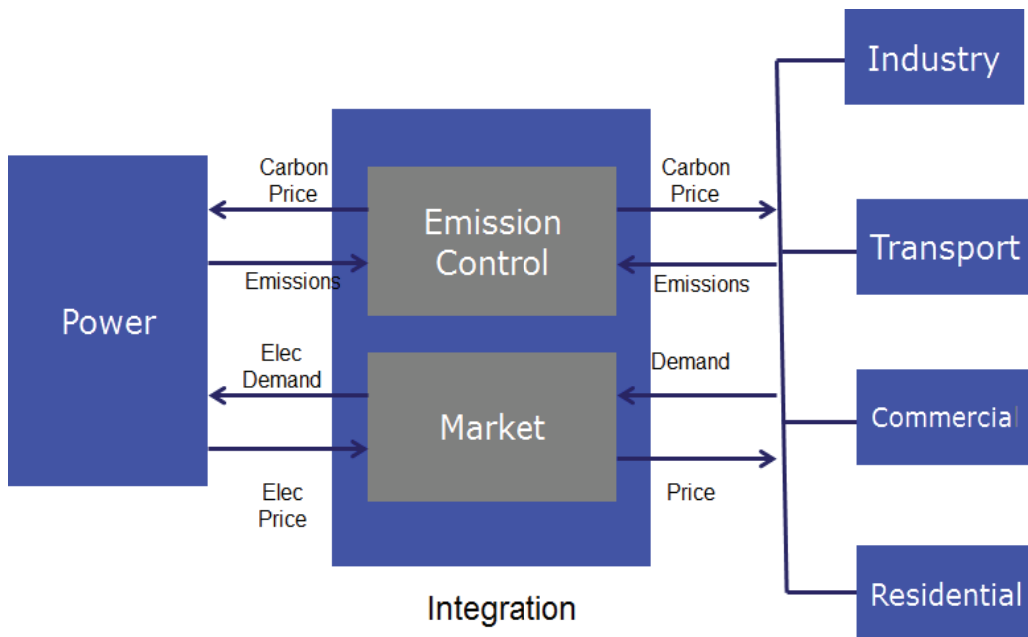
□ 기존 계획의 목표 온도치와 1.5℃ 비교

- 우리나라의 온실가스 감축로드맵 및 제3차 에기본의 배출량 전망치는 거의 4℃에 가까운 수치로서 1.5℃ 달성과는 매우 거리가 있는 것임
- 제2장의 분석에서 제시된 대로, CAT에 따르면, 우리나라는 2040년경에 책임, 역량, 책임_역량_필요 시나리오에서 음(-)의 배출량 달성이 요구되며, 2050년경에는 1인당 동일누적배출 시나리오에서도 1.5℃일 때 음(-)의 배출이 요구되고 2℃일 때 순배출 0가 요구됨

□ 기존의 「2050 저탄소경제 비전 연구」시나리오 결과

- 동 연구에서는 2050년 온실가스 감축잠재량을 분석하기 위해서 하이브리드 에너지모형(METER, Model for Energy Transition and Emission Reduction)을 사용

[그림 47] METER 모형의 전체적 구조

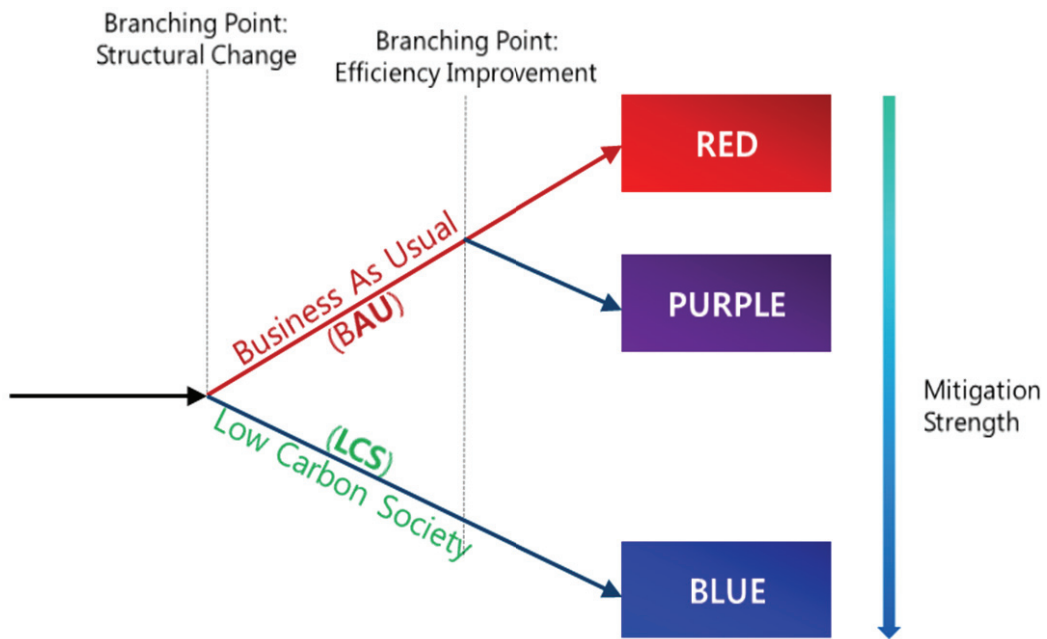


자료: 에너지경제연구원, '2050 저탄소경제 비전 연구' 경제인문사회연구회 미래사회 협동연구 총서; 안영환 외(2017), p. 250. 재인용

13) 안영환 외(2017), "저탄소경제 비전 연구"에서 제시하고 있는 연구결과를 정리함

- 동 연구에서 제시하고 있는 2050년 온실가스 배출량 시나리오별 전망 (전부문)
 - Blue 1시나리오에서는 온실가스 배출량은 2014년 대비 단기에서 약간의 상승 후 가장 빠르게 지속적으로 감소하여, 2050년 360백만톤 정도로 감소
 - Blue 2시나리오는 2029년까지 전체적으로 다소 증가하다가 이후 빠르게 감소하여 2050년 약395백만톤 정도로 감소¹⁴⁾
- 동 연구에서 제시하고 있는 가장 적극적이고 낙관적인 블루(blue) 시나리오(저탄소경제 시나리오)의 결과 조차 1.5℃~2℃와 격차가 있음.
 - 블루 시나리오란 저탄소경제로의 구조적 변화가 높은 정책적 의지와 함께 수반되어 나타나는 경우를 말함

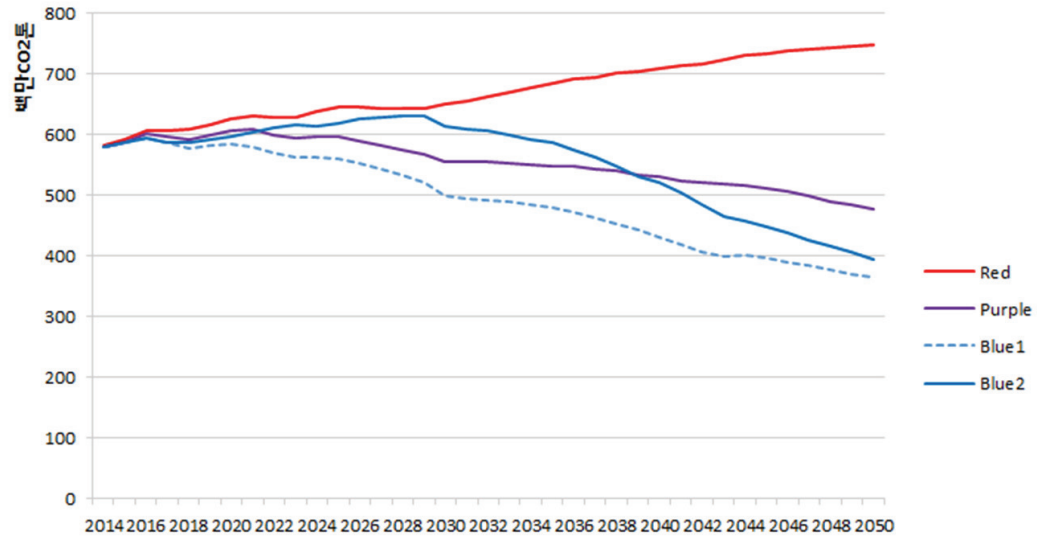
[그림 48] 온실가스 배출량 분석 시나리오



자료: 안영환 외(2017). p. 242.

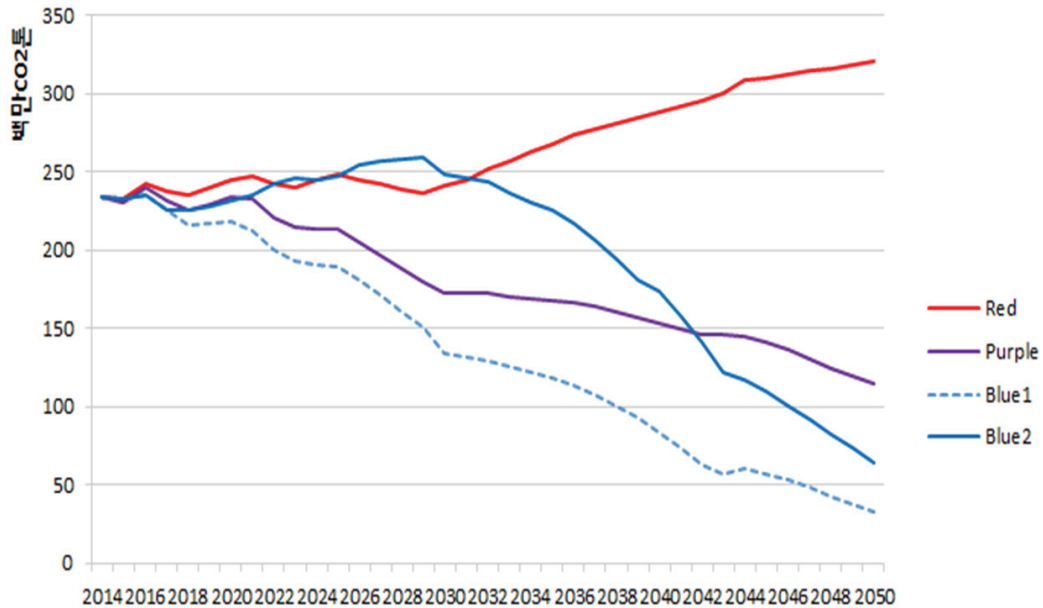
14) Blue2 시나리오는 2017년 기준으로 신규원전 불허, 기존 원전의 수명연장도 하지 않은 것 가정. 신재생에너지 발전비중은 2050년 50%까지 증가하는 것 가정. (Blue1 시나리오는 원전이 일정한 증가, 신재생에너지 발전비중은 2050년 40%까지 증가 가정)

[그림 49] 전 부문의 시나리오별 온실가스 배출량 전망



자료: 안영환 외(2017). p. 262.

[그림 50] 전력부문의 시나리오별 온실가스 배출량 전망



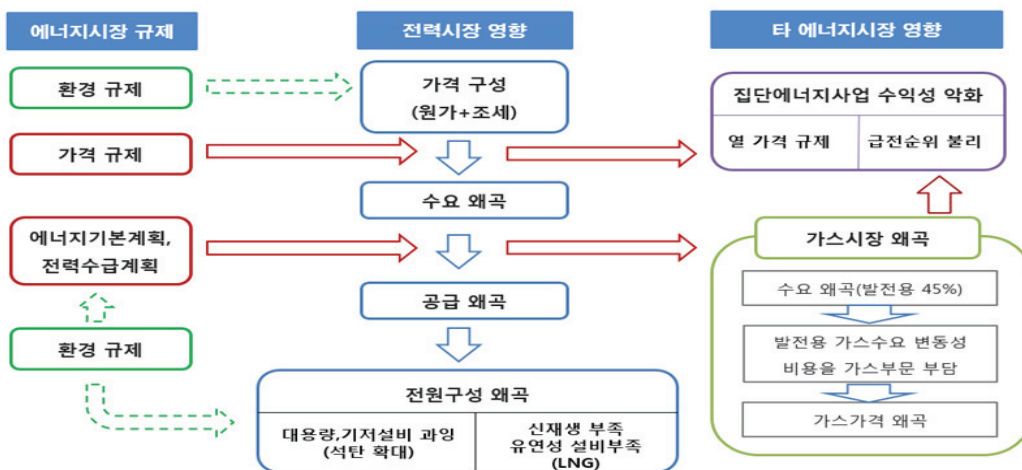
자료: 안영환 외(2017). p. 260.

제 2 절 지속가능발전을 위한 에너지산업 구조 전환

1. 에너지 산업구조의 현재

- 현재 한국의 에너지산업은 석유산업을 제외한 네트워크 산업에서는 엄격한 가격규제 및 독점적 산업구조에 따른 진입제한이라는 문제를 안고 있음
- 특히, 전력 및 가스산업은 오랜 가격왜곡과 구조적 문제에 봉착해 있어, 단편적인 정책조치로 해결하기 어려운 상황
- 공기업 독점의 산업구조에 따른 과도한 가격통제로 가격이 시장가치나 비용을 반영하지 못하는 기형적 소비구조를 낳고 있으며, 가격 인상에 대한 저항이나 대기업 전기요금 특혜시비 등 에너지 공기업 관련 사회적 갈등도 존재
- 경직적 산업구조 및 가격왜곡으로 인해 시장진입이 제한되고 에너지 신기술 개발 도입 및 ICT 융복합 시대의 새로운 시장창출의 기회에 빠르게 적용하지 못함
- 이처럼 가격규제와 수급계획으로 인한 왜곡현상을 특히, 전기, 가스, 열 등 에너지시장에 대해 보다 구체적으로 묘사하면 [그림 51]과 같음
 - 향후 환경규제의 요소가 추가되어 더욱 복잡한 양상을 보일 것임

[그림 51] 에너지 산업규제로 인한 에너지시장의 상호왜곡



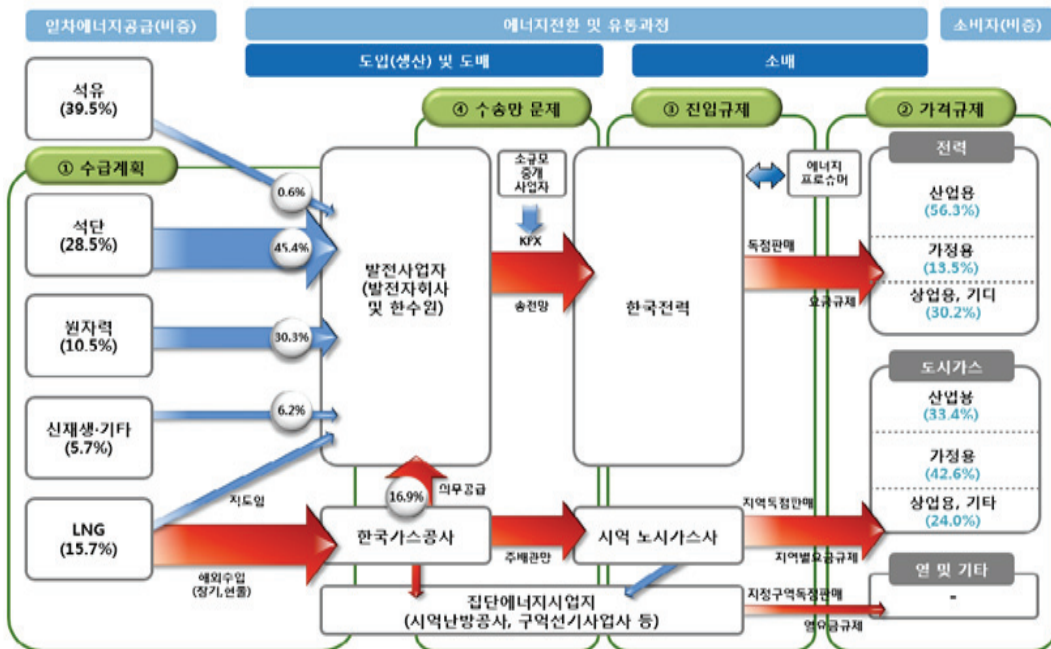
자료: 에너지경제연구원 내부자료 작성

□ 전력산업과 가스산업이 독점적으로 운영되는 상황은 비단 그 자체에 그치지 않고, 국내 에너지 수급흐름 전반에 영향을 주고 있음

○ [그림 52]에서 보듯이, 국내 에너지 네트워크 산업은 소비자 기준으로 거의 100% 가격통제를 받고 있음

- 전력부문의 경우, 2004년 구조개편이 중단된 이래, 전력판매 부문은 한국전력의 독점적 영역으로 남아 있으며, 최근 소규모 중개사업자 및 에너지프로슈머 등 일부의 거래만이 새로이 허용됨
- 한편, 가스부문의 도입 및 판매는 일부 직도입부문을 제외하면 한국 가스공사가 독점하여 발전사업자와 도시가스사업자 및 집단에너지사업자에게 공급되며, 최종소비자에게 유통되는 과정에서 발전 및 도시가스부문 등 각 부문에서 시장가치의 반영이 제한되는 구조임

[그림 52] 에너지 시장(전기, 가스, 열) 거래흐름과 독점적 구조



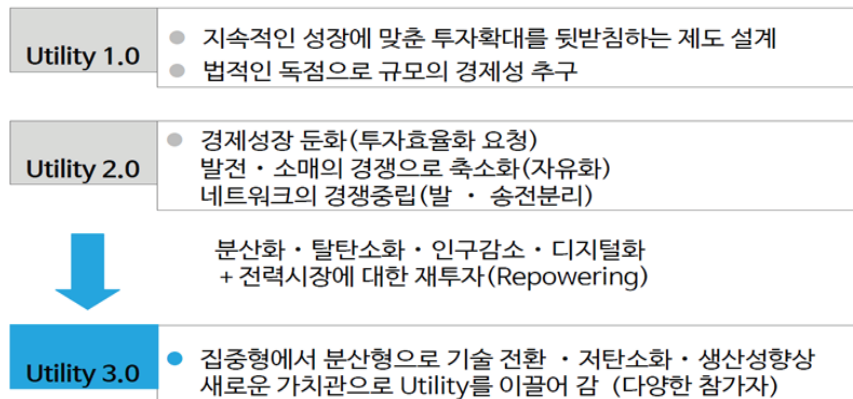
주: 붉은 색 계열의 화살표는 독점적 거래구조를 의미하며, 거래당사자를 선택하는 것이 불가능하거나, 정부가 가격을 통제하는 거래이기 때문에 가격기능이 작동하지 않음

자료: 에너지경제연구원 내부자료 작성

2. 에너지 산업구조의 미래 비전 (2050년 모습)

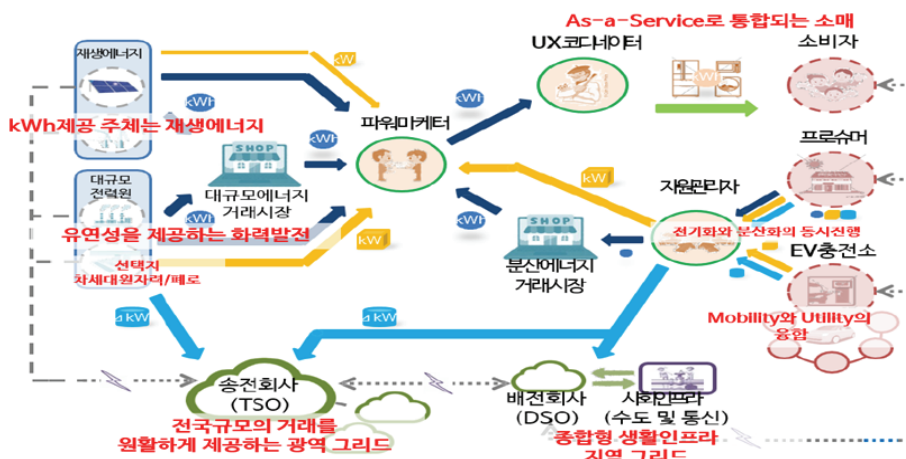
- 현재 한국의 전력산업은 Utility 1.0→Utility 2.0 으로 가는 중간단계에 있으며, 2050년까지 Utility 3.0으로 진화해 나아가야 함
- 전력산업의 자유화를 이미 이룬 선진국은 ICT와 융복합되는 전력부문의 신조류에 발맞추어 Utility 2.0→Utility 3.0으로 이행하는 과정에 있다고 봄

[그림 53] 세계 전력 유틸리티 산업의 발전단계



자료: 東京電力(2018)

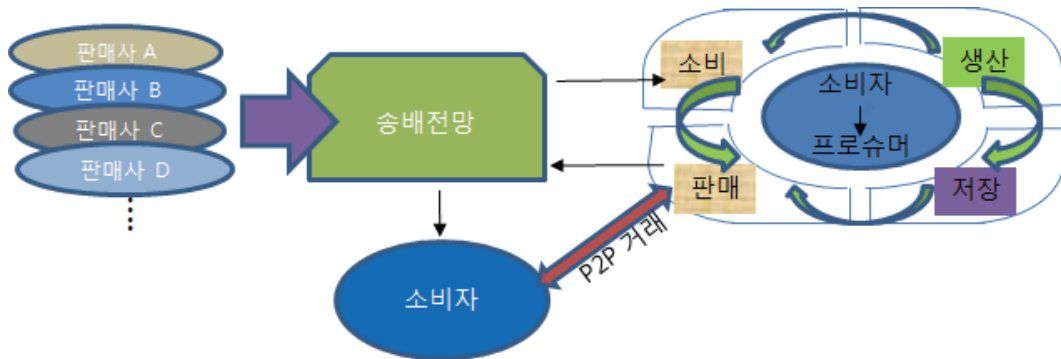
[그림 54] Utility 3.0의 특징 : 분산기술과의 완전한 융합



자료: 東京電力(2018)

- 먼저, 재생에너지 관련 사업모델을 보면 분산형 자급자족 시스템을 활성화함으로써 소비자들이 에너지 프로슈머로 전환될 수 있도록 유도할 수 있음
- 분산형 자급자족 시스템 구축으로 소비자들이 전력생산에 참여하고, 잉여전력을 저장 및 판매하는 등 소비자들의 소비패턴 변화가 예상되고 향후 전력공급사의 경쟁상태로까지 진화할 것으로 예상

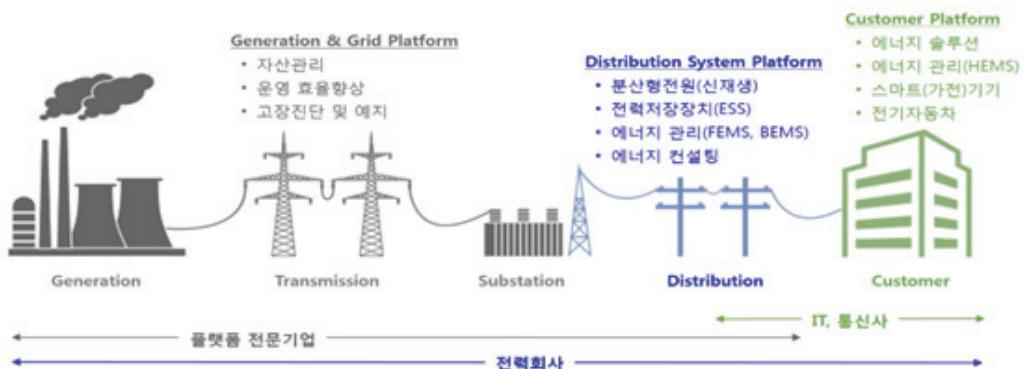
[그림 55] 재생에너지 관련 사업모델 : 프로슈머화 및 분산형 자급자족 시스템 활성화



자료: 에너지경제연구원(2019b)

- 다음으로, 플랫폼 전문기업의 비즈니스 영역 정착을 위한 노력을 기울여야 함
- 기존 전력회사는 전력망 및 고객서비스를 포함한 전 사업영역에서 플랫폼을 활용하며, 플랫폼 전문기업은 발전-송배전 영역의 플랫폼을 개발해 플랫폼 이용료(수수료) 취득으로 수익을 창출하게 됨

[그림 56] 전력회사와 비전력회사의 에너지 플랫폼 비즈니스 영역

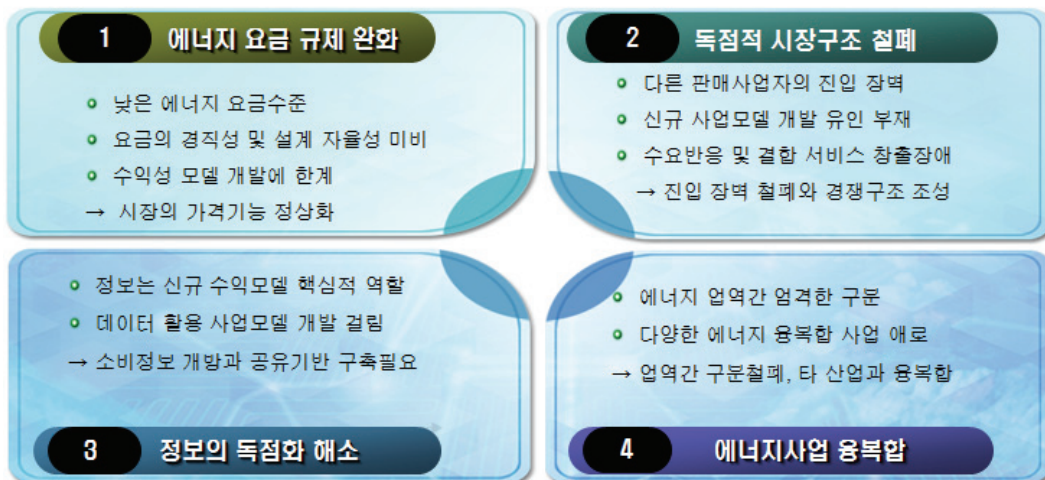


자료: 에너지경제연구원(2019b)

3. 에너지 산업구조의 제도개혁 중간목표 (당면과제)

- 현재 한국의 전력산업은 Utility 1.0→Utility 2.0 으로 가는 중간단계인 Utility 1.5 수준에 머물러 있으므로, 빠른 시간 내에 일차적으로 현재의 선진국 수준인 Utility 2.0에 이르기 위한 제도개편을 서둘러야 함
- 과도한 에너지 요금 규제로 인해 요금이 시장에서 자율적으로 결정되지 못하고 낮은 수준에 머무르고 있으므로, 수익성 모델 개발을 촉진하기 위해서 규제를 완화할 필요가 있음
- 높은 진입장벽으로 다른 판매사업자의 시장 진입이 어려워 신규 사업모델 개발 유인이 부족하고 신규 서비스 창출에도 어려움이 있는 만큼, 현재의 독점적 시장구조 철폐를 위해 노력해야 함
- 소비정보 개방 및 공유기반 구축을 통해 정보 독점을 해소하여 데이터를 활용한 신규 수익모델 개발을 유도해야 함
- 에너지사업 융복합을 추진하여 에너지 업역 간 엄격한 구분을 해소하고 타 산업과의 융복합을 추진해야 함

[그림 57] 에너지 산업 개편의 당면 과제



자료: 에너지경제연구원(2019b)

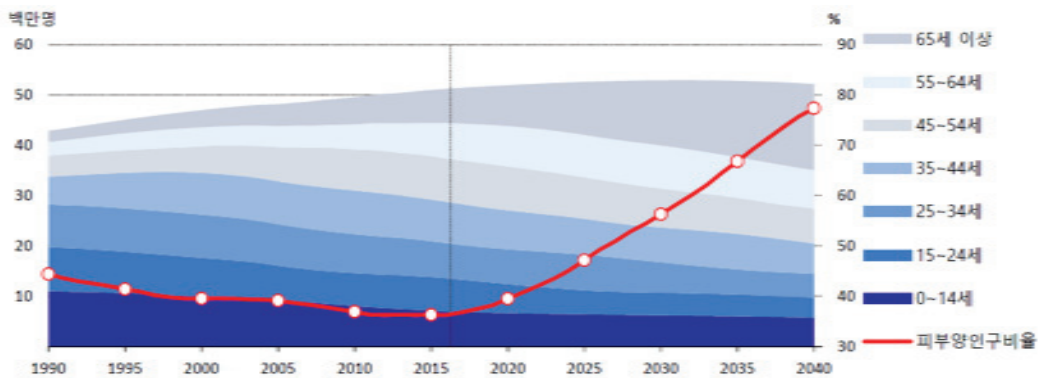
제 3 절 지속가능발전을 위한 산업구조의 전환

1. 기존 2040년 산업구조 전망

□ 제3차 에너지기본계획의 주요 전제로 활용된 산업구조 전망¹⁵⁾

- 인구 : 전망 기간('17~'40년) 연평균 0.1% 증가, '31년 정점을 기록한 후 점차 감소
 - 급격히 낮아진 출산율로 생산가능인구는 지속적으로 감소, 고령인구가 빠르게 증가하여 초고령사회로 진입

[그림 58] 연도별 연령별 인구구성비

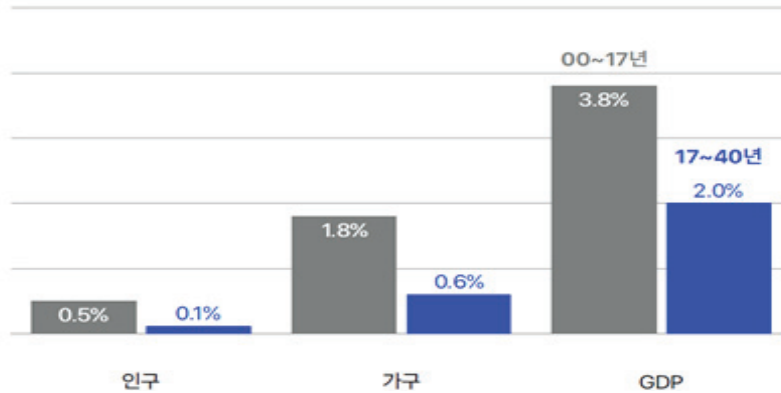


자료: 에너지경제연구원(2019a)

- 경제성장률 : 연평균 2.0% 성장('00~'17, 연평균 3.8%)
 - 생산가능인구의 감소, 피부양인구 증가, 자본스톡 증가율 둔화, 총요소생산성의 하락으로 장기 잠재성장률이 크게 둔화

15) 에너지경제연구원(2019a)을 재인용하여 작성함

[그림 59] 인구, 가구 및 국내총생산 증가율



자료:에 너지경제연구원(2019a)

- 산업구조 : 서비스업 비중이 확대되는 가운데 제조업에서는 기계류와 석유화학이 양호하게 성장
 - 고령화, 디지털 경제 확산, 여가활동 증가 등으로 서비스 수요의 고급화 및 다양화가 진행되면서 서비스('17~'40년, 연평균 2.3%)의 비중이 확대
 - 탈공업화 진행으로 제조업 비중이 축소되는 가운데 기계류(연평균 2.1%)와 석유화학(연평균 1.5%)이 비교적 양호하게 성장, 철강(연평균 0.6%)과 수송장비(연평균 1.0%) 성장은 둔화

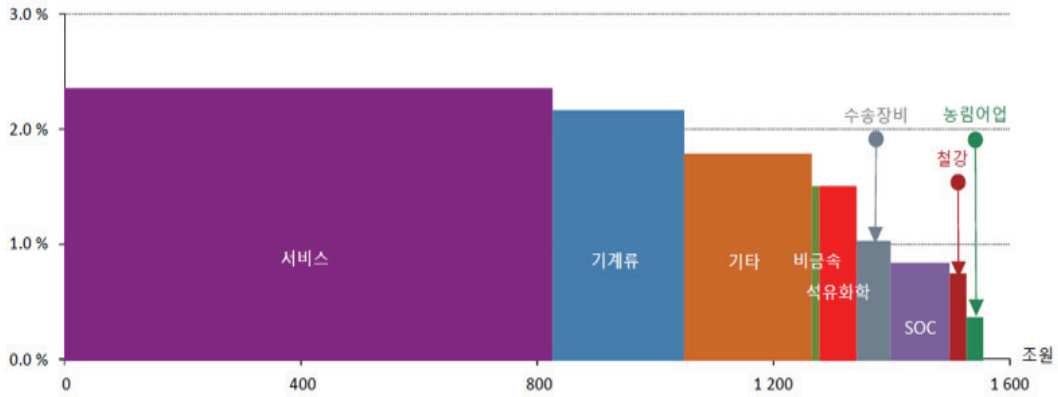
〈표 33〉 주요 업종 부가가치 증가율

	연평균 증가율						
	2000	2017	2020	2030	2040	'00~'17	'17~'40
농림어업, 광업	27.2	30.6	31.4	33.0	32.5	0.7%	0.3%
제조업	200.3	452.2	489.5	585.5	656.8	4.9%	1.6%
- 석유화학, 비금속, 철강	58.6	104.3	111.7	128.3	140.0	3.5%	1.3%
- 조립금속	90.8	280.3	305.6	375.7	430.4	6.9%	1.9%
SOC(건설업 등)	65.5	100.2	102.4	117.9	123.0	2.5%	0.9%
서비스업	464.4	827.0	917.0	1,191.8	1393.2	3.5%	2.3%

* 인구/가계, 수요/공급, 가격/기술, 대외, 거시 블록으로 구성된 '산업 거시계량 모형(KIET-DIMM)'을 이용하여 업종별 부가가치 및 산출액을 전망

자료: 산업연구원 내부자료를 바탕으로 에너지경제연구원 작성

[그림 60] 주요 업종 부가가치 증가율, 조원

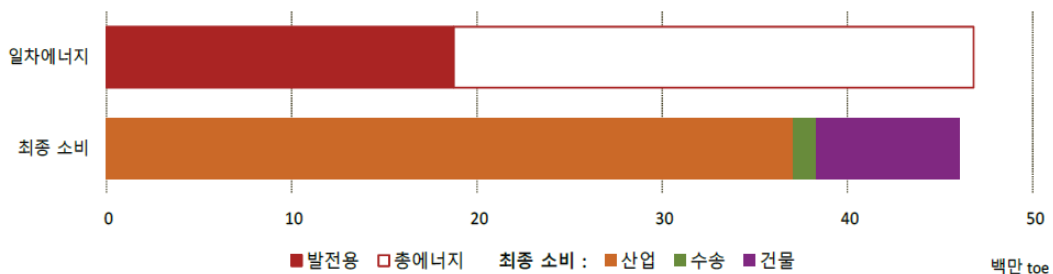


주: x축 : 업종별 부가가치(2017년기준), y축: 업종별 증가율 전망(2040년까지)
 자료: 산업연구원 내부자료를 바탕으로 에너지경제연구원 작성

□ 기존 산업구조 전망과 관련된 에너지소비 구조 특징

- 산업부문 에너지수요가 최종 소비증가의 80%인 37백만TOE를 차지하며, '40년 181백만 TOE에 도달 (연평균 1.0%)
 - 산업부문은 철강 및 비금속의 에너지 수요 증가 둔화에도 불구하고 석유화학 및 조립금속의 에너지 수요가 지속 증가
 - 기계류를 중심으로 한 조립금속이 성장을 주도하면서 산업부문 전력 소비가 연평균 1.5%로 빠르게 증가

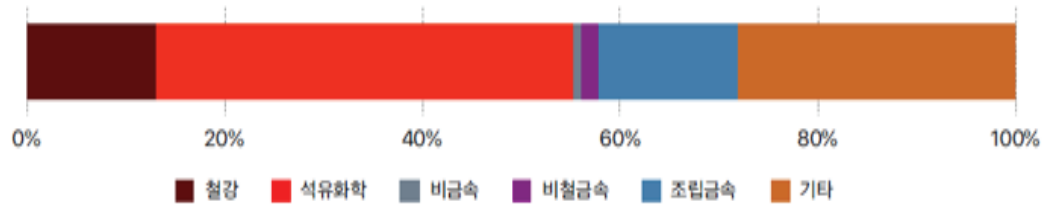
[그림 61] 부문별 에너지 소비 변화 2017-2040



자료: 에너지경제연구원(2019a)

- [그림 62]에서 보는대로 산업부문 내 업종별 비중 전망을 보면, 석유화학(원료용) 소비증가 비중이 가장 높고, 다음으로 철강 및 조립금속 순으로 증가될 전망

[그림 62] 산업부문 최종 소비 증가의 주요 업종별 비중 2017-2040



자료: 에너지경제연구원(2019a)

□ 기존 에너지소비 및 산업구조 전망 하에서 전기화 추세 확인

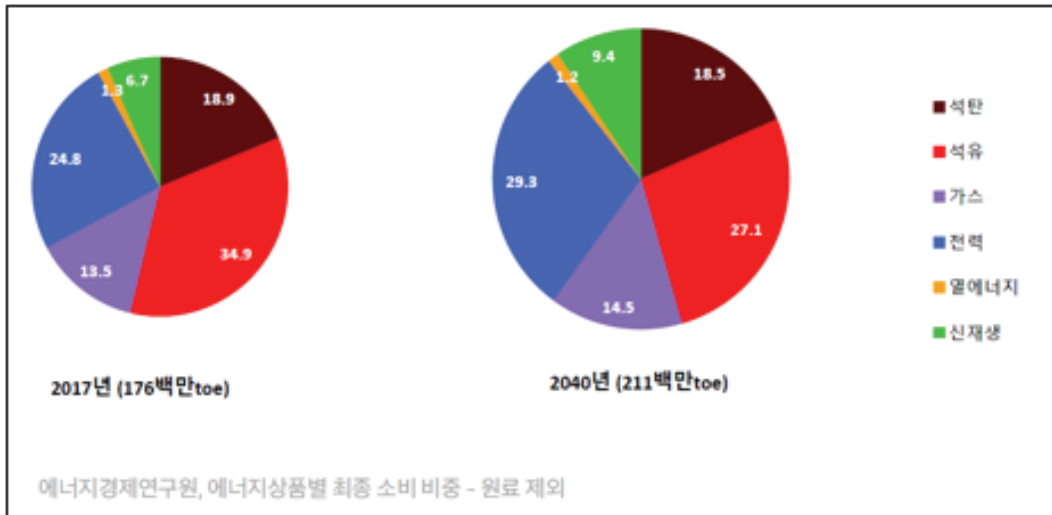
- 2040년까지의 산업구성을 보이고 있는 [그림 62]에서 확인할 수 있듯이, 성장주도 산업은 서비스 업종이 될 것으로 보이는데, 서비스 업종은 에너지원단위는 낮은 반면 상대적으로 전기소비가 많은 부문임
- 제조업(기계, 수송장비 등)의 내용을 좀 더 세부적으로 보면, 반도체, 통신장비, 전기전자 등 전기소비가 큰 부문에서 빠르게 성장할 것으로 전망
- 한편, 수송부문에서도 석유의 비중은 지속적으로 하락하게 될 것이며, 전기자동차의 빠른 보급으로 전력의 비중이 확대될 전망¹⁶⁾
- 또한, 가정부문에서도 냉방기기를 중심으로 한 가전기기의 보급확대 및 다양화 등으로 전력 수요는 증가될 전망¹⁷⁾
- 기존의 정부계획 및 4차 산업혁명 관련된 연구를 종합할 때, 4차 산업혁명은 모든 에너지원에 서 절감요인으로 작용할 것이지만, 증가는 주로 전력분야에서 발생될 것으로 예상¹⁸⁾
- [그림 63]은 2040년 에너지소비 구성에서 원료용을 제외하면, 전력비중이 최고 수준이 될 것을 보여주고 있음 (2017년 석유비중 최고)

16) 에너지경제연구원(2019a)

17) 에너지경제연구원(2019a)

18) 제3차 에너지기본계획 워킹그룹(2018)

[그림 63] 에너지소비 구성비 변화 : 2040년 전력비중 최고 (원료용 제외)

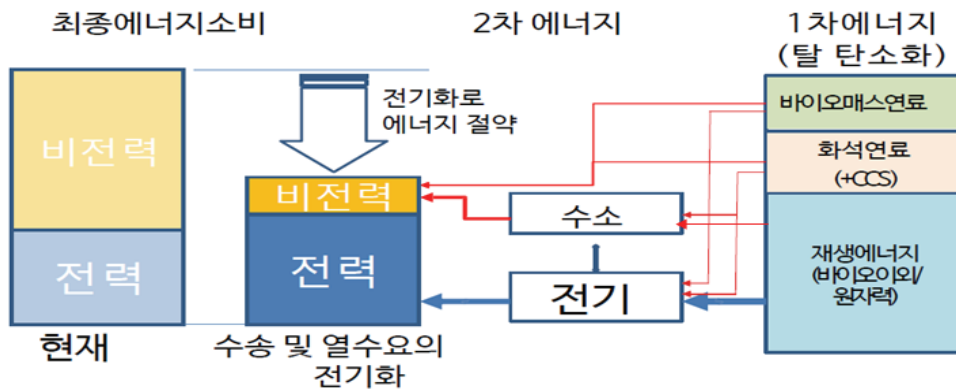


자료: 에너지경제연구원(2019a)

2. 1.5℃ 달성을 위한 에너지·산업구조 전환 : 수요의 전기화와 전력원의 저탄소화

- 기존 정책의 단순 연장만으로는 ‘2050년 1.5℃’ 달성은 불가능
 - 현재 상태로는 2030년 및 2040년 에너지믹스 및 CO₂ 감축목표의 달성조차 결코 쉽지 않으며, 현재 정부가 추진하고 있는 저탄소 에너지정책은 지속해 나가면서도 획기적 조치가 필요함
- 획기적 조치의 핵심: ‘수송·열 수요의 전기화’와 ‘전력원의 저탄소화’
 - 제3차 에너지기본계획에서는 2040년 최종에너지 소비중 약80%가 비전력 부문으로 전망
 - 수송용 연료나 산업체 연료의 대부분이 전력 이외의 에너지원 사용
 - ‘수송연료 및 산업체 열수요의 전기화’, 그리고 전기를 생산하는 ‘전력원의 저탄소화’가 핵심
- ‘2050년 1.5℃’ 달성을 위해서는 발전부문, 가정·상업부문, 수송부문의 에너지소비를 가능한 zero-emission에 가깝게 하고, 산업부문에서도 최대한 에너지절약 및 저탄소화를 추진해야 함
- 이산화탄소 포집 및 저장(CCS) 및 수소이용, 바이오에너지의 대규모 도입 등 현재 기준으로 비용이 높거나 이용가능성이 불투명한 에너지의 이용을 포함한 대책이 필요

[그림 64] 미래 에너지소비구조: 1.5℃ 목표 탈탄소화로 가는 길



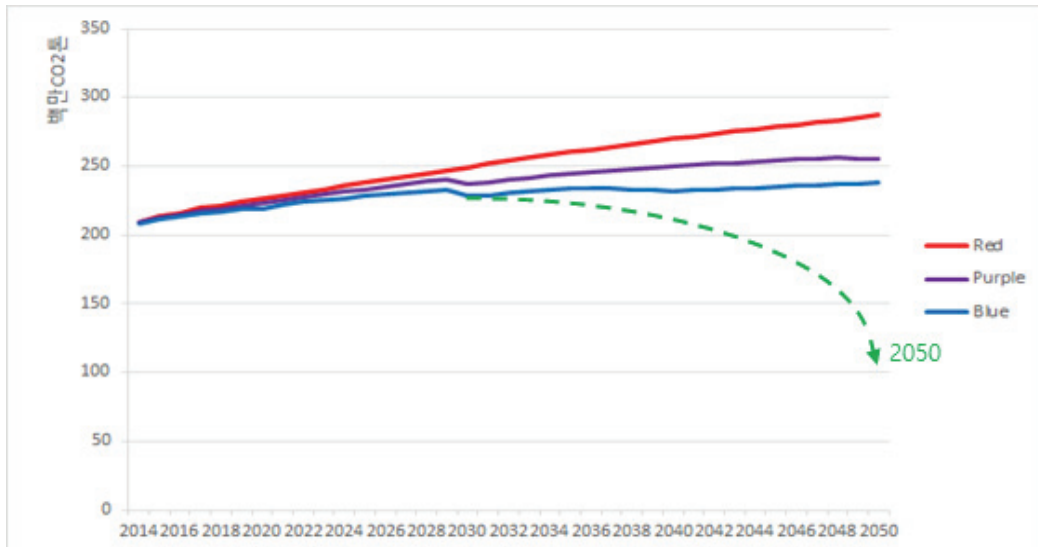
자료: 竹内純子(2018)을 참고하여 연구진 작성

3. 산업부문의 탈탄소화 전망

□ 1.5℃ 달성을 위한 산업부문 2050 비전 (한국)

- 산업부문의 온실가스 배출량은「2030 국가 온실가스 감축 로드맵 수정안」을 기준으로 2030년 총배출량 536백만톤 중 산업부문 직접배출량은 278백만톤 정도로 51.9% 차지
- [그림 65]에서 보는데로, 산업부문 온실가스 배출량을 1.5℃ 수준으로 감축하기 위해서는 에너지다소비산업(철강, 석유화학 등) 부문에서 새로운 공정도입, 기술혁신 등 획기적 조치가 필요한 것으로 전망

[그림 65] 산업부문의 시나리오별 배출량 전망

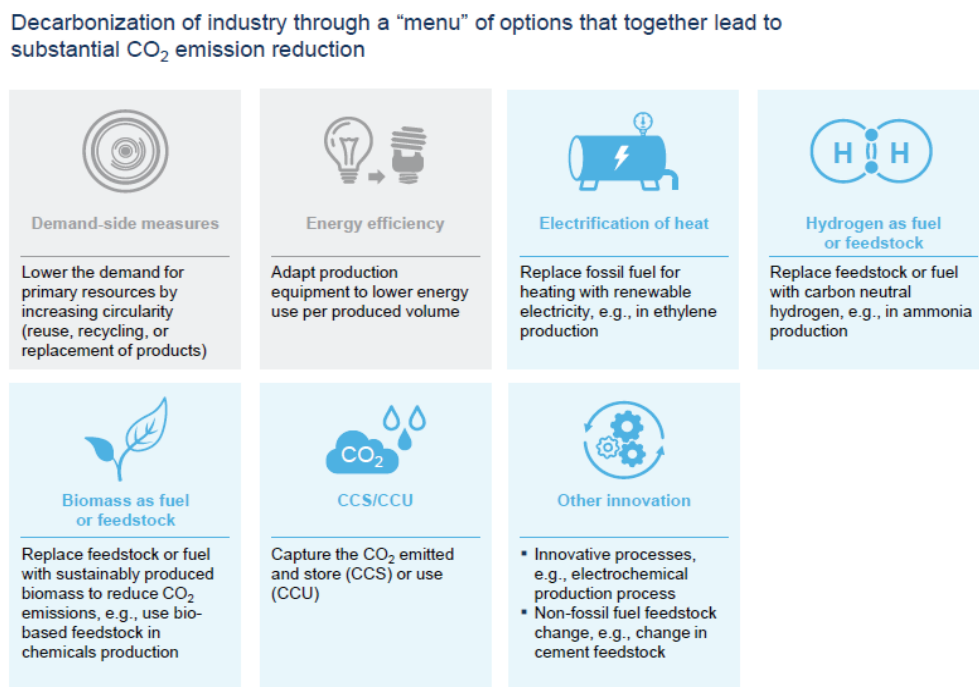


자료: 안영환 외(2017). p. 256. 참조하여 연구진 작성.

□ 산업부문 탈탄소화 전망 (2050년) : 글로벌 전략

- 2050년 1.5℃ 목표달성을 위해서는 에너지다소비 산업의 탈탄소화 전략을 적극 추진할 필요가 있음
 - 우리의 대표적 에너지다소비 산업인 철강, 석유화학, 시멘트 등에서 에너지 효율화가 쉽지 않은 과제임에는 틀림없지만, 향후 30년 미래를 보고 기술혁신과 정책지원을 해 나아가야 할 것임
- McKinsey & Company(2018)는 산업부문에서 CO₂를 획기적으로 절감할 수 있는 기술옵션의 메뉴를 제시하고 있음

[그림 66] McKinsey & Company(2018)의 산업부문 CO₂ 저감을 위한 기술 옵션 메뉴 (Toward 2050)



자료: McKinsey & Company(2018). p. 26.






- 위의 [그림 66]에서는 7가지 범주를 제시하고 있는데, 수요측면 수단(Demand-side measures), 에너지효율 향상(Energy-efficiency improvements), 열의 전기화(Electrification of heat), 수소 사용(Hydrogen usage), 바이오매스 사용(Biomass usage), 탄소 포집(Carbon capture), 기타 혁신(Other innovations) 등

○ 한편, McKinsey & Company(2018)는 각 대표적 산업별로 탈탄소화 옵션의 가능한 범위를 제시하고 있는데, 다음 [그림 67]이 이를 보여주고 있음

[그림 67] McKinsey & Company(2018)의 대표 산업별 탈탄소화 옵션의 가능 범위 (Toward 2050)

Decarbonization options for industry

✓ Applied at industrial scale sites
 ✓ Technology (to be applied) in pilot site
 ✓ (Applied) research phase

		 Electrification of heat	 Hydrogen as fuel or feedstock	 Biomass as fuel or feedstock ²	 CCS	 Other innovations ³
Feedstock and fuel	Cement	✓	✓	✓	✓	Alternative feedstocks ⁴ ✓ ✓ ✓
	Iron and steel		✓	✓	✓	Electrical reduction of iron ✓
	Ammonia		✓	✓	✓	Methane pyrolysis for hydrogen production ✓
	Ethylene	✓	✓	✓	✓	Electrochemical processes for monomer production ✓
Fuel	Other industry ¹ (heat)	✓	✓	✓	✓	Medium temperature heat pumps ✓

¹ Includes heat demand in other sectors, such as manufacturing, construction, food and tobacco, etc.

² Type of biomass depends on the sector and process: Cement (mostly solid or gaseous biomass), iron and steel (charcoal or biogas), ammonia (biogas), ethylene (biodiesel, sugar, bioethanol)

³ Not exhaustive

⁴ Technological maturity depends on the type of alternative feedstock

자료: McKinsey & Company(2018). p. 27.

- 위의 [그림 67]는 각 기술을 산업체에 상용화될 수 있는 경우(Applied at industrial scale sites), 파일럿 단계의 기술(Technology (to be applied) in pilot site), 연구단계((Applied) research phase) 등으로 분류하여, 대표적 에너지다소비 산업인 시멘트, 철강, 암모니아, 에틸렌 및 여타 산업(열) 등에 적용한 것임

□ 산업부문 탈탄소화 전망 (2050년) : 영국 사례

○ WSP(2015)은 기준연도(2012) 기준으로 영국 주요 산업의 2050년까지 탈탄소화 전략과 목표치를 제시한 바 있음

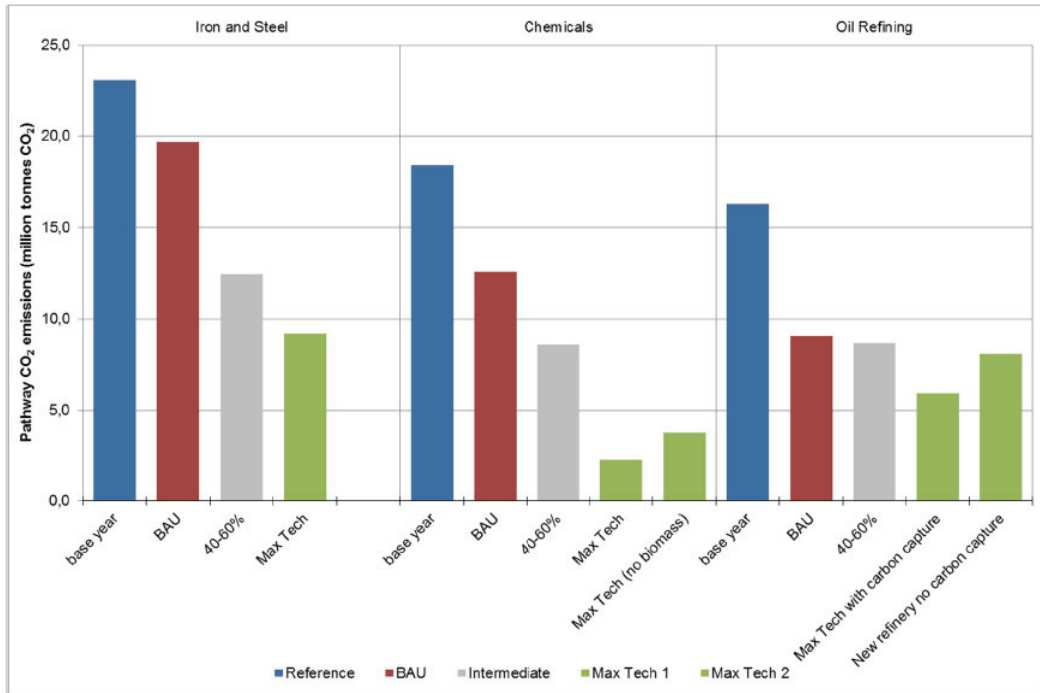
〈표 34〉 영국 주요 산업의 탈탄소화 전략과 목표치

Sector	Pathway	Base year (2012) emissions (million tonnes CO ₂)	Relative emissions reduction in 2050 (relative to 2012)	Absolute emissions reduction in 2050 ³ (million tonnes CO ₂)	Technology groups (in descending order of relative contribution)
Cement	BAU	7.5	12%	0.9	Others; Energy Efficiency
	Max Tech - with or without carbon capture		33-62%	2.5-4.7	(CCS); Biomass; Others; Energy Efficiency; Fuel Switching
Ceramics	BAU	1.3	27%	0.3	Energy Efficiency; Others; Material Efficiency; Fuel Switching; Biomass
	Max Tech		60%	0.8	Electrification of Heat; CCS; Energy Efficiency; Biomass; Others; Material Efficiency; Fuel Switching
Chemicals	BAU	18.4	31%	5.8	Biomass; Energy Efficiency; CCS; Fuel Switching; Clustering; Others
	Max Tech – with and without biomass		79-88%	14.6-16.1	CCS; (Biomass); Others; Energy Efficiency; Clustering; Fuel Switching
Food and Drink	BAU	9.5	40%	3.8	Energy Efficiency; Biomass; Electrification of Heat; Material Efficiency; CCS; Others; Fuel Switching
	Max Tech - with and without electrification of heat		66-75%	6.2-7.2	(Electrification of Heat); Energy Efficiency; Biomass; Others; Material Efficiency; CCS; Fuel Switching
Glass	BAU	2.2	36%	0.8	Energy Efficiency; Material Efficiency; Others; Fuel Switching
	Max Tech – with or without carbon capture		90-92%	2.0-2.0	(CCS); Electrification of Heat; Fuel Switching; Material Efficiency; Energy Efficiency; Others
Iron and Steel	BAU	23.1 ⁴	15%	3.4	Energy Efficiency; Material Efficiency; Fuel Switching
	Max Tech		60%	13.9	CCS; Energy Efficiency; Clustering; Material Efficiency; Fuel Switching
Oil Refining	BAU	16.3	44%	7.2	Energy Efficiency; Fuel Switching
	Max Tech		64%	10.4	Energy Efficiency; CCS; Fuel Switching
Pulp and Paper	BAU	3.3	32%	1.0	Energy Efficiency; Electrification of Heat
	Max Tech – clustering and electrification		98%	3.2	Energy Efficiency; Clustering; Electrification of Heat
	Max Tech - biomass		98%	3.2	Biomass; Energy Efficiency; Electrification of Heat

자료: WSP(2015). p. 6.

○ 위의 <표 34> 중에서 주요 에너지다소비 산업만을 그림으로 표현한 것이 [그림 68]임

[그림 68] 주요 에너지다소비 산업의 탈탄소화 목표치



자료: WSP(2015). p. 7.

□ 한국의 2050년 산업부문 탈탄소화 전략

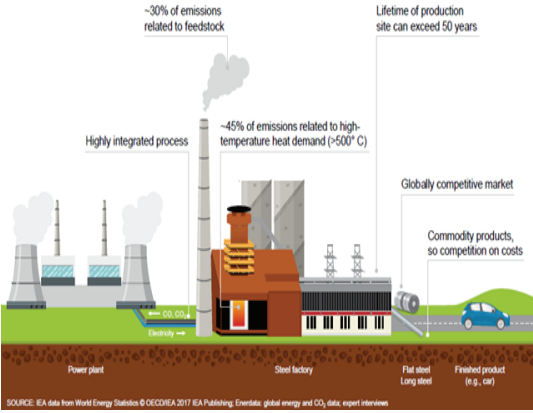
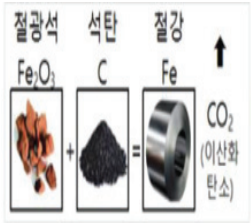
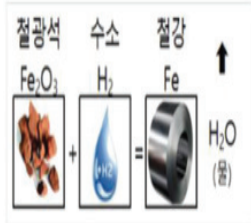
- 제3장의 제1절에서 본 바 대로, 현재 한국의 3차에너지기본계획, 2050년 산업구조 전망, 혹은 장기에너지수요전망 등에 의하면, 가장 낙관적인 시나리오 하에서도 2050년 1.5℃ 목표달성은 매우 어려운 과제임
- 산업부문의 저탄소화 전략은 앞의 [그림 68]에서 묘사한 미래에너지소비 구조를 달성하는 중요한 한 축이 될 것임
 - ‘전력원의 저탄소화’를 지향하면서, 미래 에너지소비 구조는 산업부문 공정의 에너지효율 향상, 열 소비의 저탄소화 내지 전력화가 매우 중요한 과제
- 본 절에서는 한국의 대표적 에너지다소비 산업인 철강과 석유화학에서 어떻게 2050년 탈탄소화를 이루어 나아갈 지에 대한 방향성을 제시하고자 함
 - 철강산업
 - (정책 불확실성 해소) 대규모 투자가 필요한 장치산업으로서 새로운 비가역적 투자를 유도하기 위해서는 온실가스 외부비용 반영 등 확고한 정부정책 의지가 전제되어야 함 (배출권 거래가격 등)
 - (R&D 지원) 미래 철강기술을 주도할 Mega R&D 사업을 지속개발하고, 국가 R&D 로드맵에 반영하여 강력 추진 (선진기술 동향 파악)
 - (혁신기술 세액공제 지원) 기업차원의 저탄소 기술투자나 R&D 투자에 대해서는 대기업·중소기업 차별 없이 지원
 - (수소경제 추진과 연계) 수소환원제철공법의 경우 저가의 수소제조 공급원 확보가 관건 이므로 정부의 수소경제 추진 정책과 연계
 - 석유화학산업
 - (정책불확실성 해소) 철강산업과 마찬가지로 온실가스 감축기술에 대한 신규 투자를 유발 하기 위해서는 저탄소 설비투자 세제지원, 융자지원 및 온실가스 정책의 불확실성 해소
 - (R&D 지원) 미래 석유화학 기술을 주도할 바이오 연료전환 선진 기술 동향을 주목하고, 국가 R&D 로드맵에 반영하여 강력 추진
 - (혁신기술 세액공제 지원) 에너지 고효율 설비개선에 대한 기술투자나 R&D 투자에 대해서는 세액공제 지원 확대

〈표 35〉 철강산업의 현황 (기술개발 수준 및 애로사항)

	현 기술 개발 수준	애로사항
철강	<ul style="list-style-type: none"> • 포스코 <ul style="list-style-type: none"> ① 에너지 효율 개선을 위해 조업에 필요한 에너지의 대부분을 공정에서 발생하는 부생가스로 충당, 잉여 부생가스는 자가 발전에 활용 ② 공정상에서 발생하는 폐열·폐가스 회수 기술 적용 → 폐열 회수를 통해 생산된 에너지(스팀, 전기)의 수익성 보장 및 폐열 회수에 대한 정책적 인센티브 도입 필요 • 철강산업의 미래 대표 기술 <ul style="list-style-type: none"> ① 수소환원제철법 : 석탄 대신 수소를 철광석 환원에 이용하여 철을 생산하는 기술. 현재 초기개발단계로, 정부는 2023년 기술 상용화 목표 ② 차세대 코크스 제조 기술 : 석탄을 미리 350℃에서 신속하게 가열한 후 전통적인 1200℃ 코크스 오븐 대신 850℃ 오븐 속에 넣어 줌으로써 상당한 에너지 절감. 현재 가발 중이나 상업화 되지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> • 지속적인 에너지 효율 개선 노력으로 이미 세계 최고 수준의 에너지 효율. 임계점에 도달한 상황 • 온실가스 감축 투자의 지속 추진 → 이미 투자된 시설의 수명이 많이 남아 신규 기술 및 공정 도입이 쉽지 않음 • 철강 설비들은 원료 장입부터 제품 출고까지 가장 효과적인 방식으로 일괄 배치 → 부분적인 설비·공정 교체 어려움 • 장비집약형 산업 특성상 설비 교체를 위한 비용 大, 회수 기간 ↑ → 검증되지 않은 혁신 설비 도입 리스크 ↑ • 상대적으로 큰 투자비 → 현재와 같은 저성장·침체기에 는 투자비 회수 기간 ↑, 기업의 투자 리스크 ↑

자료: 에너지경제연구원(2016) 참조하여 연구진 작성

〈표 36〉 철강산업의 2050년 비전 (저탄소 신기술 채택)

2050년 비전	Decarbonization of industrial sectors : the next frontier	
<p>[한국 철강산업 탈탄소화 비전]</p> <ul style="list-style-type: none"> • 한국의 철강산업도 30년 이후를 내다보고 탈탄소화된 과감한 선진 공정기술 도입하도록 유도하기 위한 기반 조성 • (정책 불확실성 해소) 대규모 투자가 필요한 장치산업으로서 새로운 비가역적 투자를 유도하기 위해서는 온실가스 외부비용 반영 등 확고한 정부정책 의지가 전제되어야 함 (배출권 거래가격 등) • (R&D 지원) 미래 철강기술을 주도할 Mega R&D 사업을 지속개발하고, 국가 R&D로드맵에 반영하여 강력 추진 (선진기술 동향 파악) • (혁신기술 세액공제 지원) 기업차원의 저탄소 기술투자나 R&D 투자에 대해서는 대기업·중소기업 차별 없이 지원 • (수소경제 추진과 연계) 수소환원제철 공법의 경우 저가의 수소제조 공급원 확보가 관건이므로 정부의 수소경제 추진정책과 연계 <p>[EU 추진 ULCOS 프로그램]</p> <ul style="list-style-type: none"> • EU의 ULCOS (Ultra Low CO₂ Steel-making) 프로그램 하에서 철강공정의 탈탄소화가 추진되고 있음 • ULCOS 계획 : 2040년경에는 전기분해 방식(Electrolysis based) 기술이 상용화 • ULCOS 계획에 따르면 2030년경에는 첨단 DRI-EAF 철강제조 기술 개발 전망 • ULCOS의 하나인 Hlsama 공정도 코킹 및 소결과정의 직접배출을 피할 수 있는 첨단 공정(네덜란드 Tata 제철소 최초 파일럿 성공) 	<p>Why are the steel, cement, ammonia, and ethylene sectors hard to abate?</p> <p>Steel process example</p>  <p>~30% of emissions related to feedstock</p> <p>~45% of emissions related to high-temperature heat demand (~500° C)</p> <p>Lifetime of production site can exceed 50 years</p> <p>Globally competitive market</p> <p>Commodity products, so competition on costs</p> <p>Power plant, Steel factory, Flat steel (Long steel), Finished product (e.g., car)</p> <p>SOURCE: IEA data from World Energy Statistics & OECD/IEA 2017 IEA Publishing. Excludes global energy and CO₂ data, expert interviews</p>	
	<p>〈기존 공법〉</p> 	<p>〈수소환원제철공법〉</p> 

자료: 에너지경제연구원(2016) 및 McKinsey & Company(2018)을 참조하여 연구진 작성

〈표 37〉 석유화학산업의 현황 (기술개발 수준 및 애로사항)

	현 기술 개발 수준	애로사항
석유화학	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 효율향상 가이드(지속가능경영원, 2014)를 통한 에너지 효율 개선 기술 총 193개 <ol style="list-style-type: none"> ① 공정 개선을 통한 효율 개선(100개) ② 공정 발생 폐열을 회수해 재활용(72개) ③ 고효율 설비 도입(20개) ④ 바이오가스 활용(1개) 2030 온실가스 감축 기본 로드맵(2016) 상 감축수단 및 도입 가능 시기 <ol style="list-style-type: none"> ① 설비에서 발생하는 고온 재활용(~2020) ② 에너지 고효율 설비 활용(~2020) ③ 공정효율 개선(~2020) ④ 상시적 신기술 대체(~2025) ⑤ 고부가 제품으로의 전환(~2025) ⑥ 바이오가스 활용(~2020) 	<ul style="list-style-type: none"> 감축목표 달성 과정에서의 애로사항 <ol style="list-style-type: none"> ① 온실가스 감축 관련 정책의 불확실성(각종 법·제도 등) ② 내부 온실가스 감축 여력 부족 ③ 외부 감축사업 발굴의 어려움 ④ 기업의 지속적인 성장으로 생산량 증가 → 온실가스 배출량 증가 ⑤ 배출권 거래 시장의 불확실성 : 배출권 가격 변동, 시장 전망 불확실성 기술투자에서의 애로사항 <ol style="list-style-type: none"> ① 감축기술 상용화가 이루어지지 않아 적용이 어려움 ② 신규 온실가스 감축기술의 발굴이 어려움 ③ 적용가능한 기술의 한계감축비용이 높음 ④ 적용가능한 감축기술의 감축량이 크지 않음

자료: 에너지경제연구원(2017)을 참조하여 연구진 작성

〈표 38〉 석유화학산업의 2050년 비전 (저탄소 신기술 채택)

2050년 비전	에너지원별 석유화학 업종 온실가스 배출 비중 (2015년 기준)
<p>[한국 석유화학산업 탈탄소화 비전]</p> <ul style="list-style-type: none"> 한국의 석유화학 산업의 탈탄소화를 위해서는 온실가스 감축수단으로서 가능성이 높은 '설비에서 발생하는 고온 재 활용', '에너지 고효율 설비 활용', '공정효율 개선' 등에 주안점을 둔 미래 정책추진 (정책 불확실성 해소) 철강산업과 마찬가지로 온실가스 감축 기술에 대한 신규투자를 유발하기 위해서는 저탄소 설비투자 세제지원, 융자지원 및 온실가스 정책의 불확실성 해소 (R&D 지원) 미래 석유화학 기술을 주도할 바이오 연료전환 선진기술 동향을 주목하고, 국가 R&D로드맵에 반영하여 강력 추진 (혁신기술 세액공제 지원) 에너지 고효율 설비개선에 대한 기술투자나 R&D 투자에 대해서는 세액공제 지원 확대 <p>[EU 등 선진국 동향]</p> <ul style="list-style-type: none"> EU 등 선진국에서는 석유화학 생산에서 획기적 온실가스 감축(deep mitigation)은 첫째, 원료(feedstock)를 바이오매스(biomass)로 대체, 둘째, 리사이클링(recycling)을 통한 방식에 주목 한국은 사탕수수(sugar cane) 등의 바이오 에탄올 원료가 부족하지만, 미래의 세로로직 에탄올 기술개발 등에 주안점을 두어야 함 	<p>석유화학업종 에너지 효율개선 기술(개수)</p>

자료: 에너지경제연구원(2017)을 참조하여 연구진 작성

〈표 39〉 산업부문 에너지소비 용도별 전략 (열수요의 전기화 및 저탄소화)

	현황	2050년 비전
가열용	<ul style="list-style-type: none"> 공정스팀(열)이 대부분 2040년까지 산업부문 최종소비 증가 중 약 50% 차지 	<ul style="list-style-type: none"> 저온열(100℃ 이하)의 경우 전기히트펌프로 전환 중온열(100℃ ~ 500℃)의 경우 저탄소 보일러 타입으로 전환 <ul style="list-style-type: none"> - 음식료, 제지산업 등
동력용	<ul style="list-style-type: none"> 동력용은 모터기술에 좌우되며, 전기 사용 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 효율증가 여력이 가장 높아, IEA 등 국제기구에서 정책주안점을 두도록 권고 향후 전기모터 효율 향상 예상



자료: 에너지경제연구원(2019.1.4.)을 참조하여 본 연구진 작성

□ 산업부문 탈탄소화 전망 : 4차 산업혁명으로 인한 전력화

- 4차 산업혁명 5대 요소기술 간 연계를 통해 산업과 사회의 각 부문이 빠르게 디지털화될 것으로 예상됨(제3차 에너지기본계획 워킹그룹, 2018)
 - * 5대 요소기술 : 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터, 인공지능, 로봇
- 4차 산업혁명으로 인해 나타나게 될 제조업 분야의 미래는 크게 3가지로 요약됨
 - 제조공정의 혁신 : 3D 프린팅 기술 도입으로 인해 누구든지 혁신적인 아이디어만 있다면 소규모 자본으로도 생산이 가능하며, 맞춤형 소량생산을 통해 온디맨드(On-Demand) 경제 구조에 대응
 - 스마트공장 확산 : IoT를 통해 빅데이터를 수집·공유하여 상황을 분석하는 것이 가능해지면 생산공정을 자동화·지능화할 수 있게 됨. 생산공정의 사전 검증 및 실시간 관리를 통해 유지관리를 고도화하고, 제품 판매 후에도 소비자에게 대한 유지/보수 서비스를 포괄적으로 제공
 - 제조의 서비스화 : 제조업 가치사슬에 ICT기반 서비스를 결합하여 제품을 차별화함으로써 현재의 고객 다변화, 글로벌 시장 경쟁 심화 현실 극복 가능
- 4차 산업혁명으로 인해 ICT-에너지시스템 간 융합과 전력화 현상 심화 예상(제3차 에너지기본계획 워킹그룹, 2018)
 - 4차 산업혁명은 전력소비 증가와 여타 에너지소비의 감소 요인으로 동시에 작용
 - 전기차, IoT, 로봇, 데이터 센터 등 4차 산업혁명 관련 재화·서비스의 생산과 소비가 증가한다는 점은 전력소비를 증가시키는 요인
 - 반면, 4차 산업혁명 요소기술을 활용한 스마트공장, (B/H)EMS, AMI 등으로 인해 생산·소비 효율성이 제고된다는 점은 에너지 소비의 감소 요인

제4장 에너지전환과 사회 전환

제 1 절 에너지전환의 사회적 합의

1. 사회전환의 의의

- 에너지전환은 기후변화를 억제하고 우리 경제의 효율성 제고를 위한 필요조건이나, 성공적으로 이행되기 위해서는 정치적 지향과 관계없이 국민적 합의가 요구됨
 - 에너지전환정책이 이번 정부를 넘어서 지속가능하기 위해서는 시민들의 에너지이용에 대한 인식이 변해야 하고, 이해당사자들의 사회적 합의과정이 필수임
 - 에너지전환의 핵심 사업인 재생에너지시설의 확산도 지역주민들의 참여 및 동의 없이는 현실적으로 불가능
 - 따라서 시민들의 인식변화와 함께 사회적 합의과정을 형성해 나가는 중장기적 전략이 필요함
- 정부의 에너지전환 전략의 핵심을 담고 있는 제3차 에너지기본계획을 수립하는 과정에서 민간전문가들도 정책 및 사업 수립 과정에서의 소통과 참여의 중요성을 강조하였으며, 다음과 같은 권고안을 제시한 바 있음

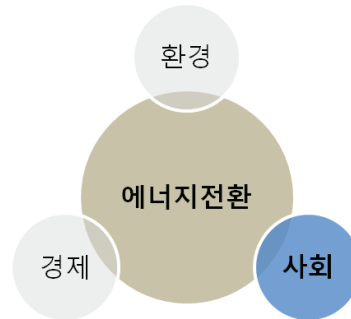
〈표 40〉 제3차 에너지기본계획 갈등관리·소통분과 권고안(2018.9.)

구분	주요 사항
에너지 민주주의 정착·확산	정부·지자체·기업·시민이 함께 참여하고 협력하는 에너지민주주의
	정의로운 에너지전환 추진
	시민들의 에너지 주권 확립
	적극적 시민 참여와 속의민주주의 활성화
	에너지 기본권 실현과 에너지 복지 강화
에너지 갈등의 효과적 예방·해결	조속한 갈등해결을 위한 독립적인 상설 갈등해결 기구 마련
	에너지전환 관련 석탄 및 원전 감축 영향 최소화를 위한 노력
	적극적인 정보제공 체계 마련과 기존 법제도 정비로 통해 갈등 유발 요인 최소화
	주민참여·이익공유제 등 사회적 경제 활성화를 통한 갈등 예방
공정하고 책임성 있는 에너지 분권 추진	지자체 에너지 관련 권한·조직 강화
	중앙-지역 정책조율 체계 구축을 통한 지역에너지정책 추진
	지역의 책임성이 강화된 형태의 지역 예산 지원
	지역에너지 계획 반영 및 영향 평가 강화
	지역 에너지분권의 실효성을 제고하기 위한 법제도 보완
에너지 시장의 공정성·투명성 제고	에너지 시장의 투명하고 공정한 운영
	에너지 시장 감독기구의 독립성 확보

자료: 강영진 외(2018)

- 환경, 경제, 사회의 상호작용 및 관계를 개념화한 '지속가능성' 이론을 에너지전환에 적용하여 해석할 때, 에너지전환정책과 사업의 사회적 수용성은 '사회전환' 관점에서 접근 가능
- 에너지사용의 60%까지 차지하는 산업부문의 전환이 에너지전환의 목표인 '친환경'을 달성하기 위한 핵심 수단이라면, 사회적 수용성도 수단적 성격을 지님
 - 물론, 지속가능성 개념의 핵심인 환경, 경제, 사회의 상호작용을 고려할 때, 친환경 에너지전환이 한편으로는 수단적 요소로 작용하여, 경제적 풍요 및 사회적 연대에 기여할 수 있다는 점도 확인 가능

[그림 69] 지속가능성과 에너지·사회전환 연계 개념도



- 우리나라의 정책담론에서도 지속가능발전의 요소별 관계에 대한 논의는 존재
 - 환경과 사회의 관계에서, 환경약자(사회적, 경제적 민감·취약인구)를 고려하여 형평성(equity)을 추구하는 환경정의(environmental justice) 논의가 최근 활발함
 - 환경과 경제의 관계에서는 OECD 중심의 경제성장과 환경오염의 탈동조화전략, 이명박 정부의 저탄소 녹색성장(green growth)전략이 있음
 - 경제와 사회의 관계에서는 노무현 정부의 동반성장 전략이 대표적으로, 사회자본의 형성 및 복지확대가 경제성장에 긍정적이라는 판단에 근거
- 본 연구에서 ‘에너지전환’은 지속가능성의 세 가지 요소들을 직접적으로 고려할 때 성공할 수 있다는 인식에 기반하고 있음
 - 제2장과, 제3장에서 환경과 경제에 초점을 맞추고 있다면, 제4장에서는 사회에 초점을 맞추고 에너지전환을 위한 사회전환 관점에서 에너지전환정책 및 사업의 수용성 제고 방안을 도출하고자 함

2. 사회전환의 이론적 배경

- 최근 경제적 불평등을 줄이고 공정하고 통합적인 사회로 나아가기 위한 국정과제로서 혁신적 포용국가(inclusive state), 사회혁신(social innovation)의 개념이 논의되고 정책화되고 있음
 - 이들 개념은 노무현 정부의 동반성장을 계승하여, 국민들의 사회적 역량 강화가 경제 성장과 일자리 창출로 이어지고 이것이 다시 사회적 역량을 강화하는 선순환 구조를 추구하고 있음
 - ‘사회성’의 강조는 이 장에서 초점을 맞춘 사회전환과도 연계되어 있어, 포용국가, 사회혁신, 사회적 자본 등의 정의 및 구성요인을 조사하고 시사점을 도출하고자 함(표 41), (표 42) 참조
- 포용국가(Inclusive State)는 모든 국민들이 공정한 기회와 권리, 최소한의 생활기반을 보장하여 집단적 창의성과 혁신역량을 발휘할 수 있는 국가를 의미함(정동일, 2018)
 - 2015년 UN에서 SDGs(지속가능발전목표)의 17개 목표 및 169개 세부목표 등 총 300개 지표 발표 이후, 2017년 UNDP를 통해 양질의 일자리, 재분배 프로그램 등 포용적/지속가능한 성장전략을 수립하기 위해 ‘포용적이고 지속가능한 성장(Inclusive and Sustainable Growth)’의 개념이 등장함
 - 포용적 성장(inclusive growth), 포용국가(inclusive state), 포용적 녹색성장(inclusive green growth) 등의 유사 개념이 이미 존재
 - 포용국가를 구성하는 요인들로는 국가-시장-사회 협력, 역량-고용-소득의 선순환, 포용성, 혁신성, 유연성, 사람중심기업, 사회적 대화, 시장참여 기회 확대, 노동 존중, 중산층, 불평등 감소, 출산율 증가, 자살률 감소, 성장잠재력, 지속가능성 등이 있음
- 사회혁신(Social Innovation)은 정부(국가)와 기업(시장)이 해결하지 못하는 사회적 난제를 시민이 자율적, 주도적 참여를 통해 새로운 방식으로 해결하는 활동을 의미함(정미나, 2016)
 - 에너지전환과 관련된 사회혁신의 국외 사례로는 덴마크, 독일 등, 국내 사례로는 성북구 삼덕에너지자립마을 등이 있음
 - 덴마크: 지역소유제(local ownership), 풍력발전의 계획단계에서부터 참여케 하는 guarantee fund 등의 제도적 장치로 지역 주민들에게 풍력발전시설이 거부감 없이 받아들여지게 되는데 큰 기여(이유진, 2018)
 - 독일: 풍력발전 등 재생에너지 사업에 지역사회와 주민들의 참여 중시
 - 성북구 삼덕에너지자립마을: 태양광, 빗물재활용 등



- 사회혁신을 구성하는 요인들로는 다양한 영역 간 교차, 구체적인 상황 반영, 사회적 가치 내제, 측정 가능한 구체적 결과 도출, 사회적 관계 및 권력관계 변화, 시민 역량 강화, 사회적 배제 감소, 소득양극화 감소, 시민 주도성, 참신함, 아이디어에서 실행으로, 사회적 요구의 충족, 효과성, 시민의 자율적 참여, 지방분권화, 공공행정 혁신(관리 축소, 지원 확대), 공공성, 포용성 등이 있음
- 사회적 자본(Social Capital)은 사회 구성원들 간 공유된 제도, 규범, 네트워크 신뢰를 의미함(정기환·심재만, 2004)
 - 사회적 자본은 사람들 사이의 협력을 가능케 하는 구성원들의 공유된 제도, 규범, 네트워크, 신뢰 등 일체의 사회적 자산을 포괄하여 지칭하는 것으로, 이중 사회적 신뢰가 사회적 자본의 핵심임
 - 사회적 자본을 구성하는 요인들로는 교환과 보상(신뢰, 규범, 생활 만족도, 경제적 도움, 일상적 도움, 공동발전 노력), 협동(실천 정도, 참여 정도, 공동행사), 경쟁(경제 경쟁, 평판 경쟁, 리더 경쟁), 갈등해소(경제갈등 해소, 평판갈등 해소, 리더갈등 해소) 등이 있음

〈표 41〉 포용국가, 사회혁신, 사회적 자본의 정의

개념	정의	출처
포용적 성장 (Inclusive Growth)	사회 전반에 걸쳐 공정하게 분배되고 모든 사람들에게 기회를 창출하는 경제 성장	OECD
	소외계층이 경제활동에 적극 참여하면서 충분한 보상을 받을 기회가 확대되는 경제성장	구인회 외(2018)
	경제성장, 빈곤 해소, 불평등 축소를 동시에 추구하는 성장 아젠다	구인회 외(2018)
	성장기회 확대를 통해 불평등을 줄이고 지속적 성장을 동시에 달성하는 성장	홍성민(2018)
포용국가 (Inclusive State)	정치, 사회, 경제 등 모든 영역에서 차별과 배제를 극복하고 포용성을 증진시킴으로써 모든 국민들에게 공정한 기회, 기본적 권리, 최소한의 생활기반을 보장하며, 각자 자신의 개성과 창의성을 발휘할 수 있는 진정한 의미의 자유를 확장하는 국가	정동일(2018)
	다양성과 이질성을 변증법적으로 융합하여 새로운 집단적 창의성과 혁신역량을 발휘할 수 있는 역동적 국가	정동일(2018)
포용적 녹색성장 (Inclusive Green Growth)	포괄적인 녹색 성장은 정치 경제적 제약을 극복하고, 깊이 정착된 행동과 사회적 규범을 극복하며, 인센티브를 바꾸고 혁신을 촉진시키는 혁신적인 금융 수단을 개발하여 자연 자산의 과도한 사용으로 이어지는 시장, 정책 및 제도적 실패를 해결해야함	Worldbank
	더 공정하고, 더 깨끗하며, 더 강한 경제, 환경 및 사회적 센스를 창출하는 새로운 성장요소를 찾는 데 있어서 최적의, 실질적인 대안	OECD; 추장민(2018)
녹색포용 사회 (Green and Inclusive Society)	모든 국민이 환경위기로부터 보호받고 건강하고 안전하며 쾌적한 환경을 향유하는 동시에 빈곤 해소 및 삶의 질을 개선하고 양질의 일자리와 사회적 평등을 지향하는 민주적 생태공동체	추장민(2018)
사회혁신 (Social Innovation)	‘혁신’을 경제 영역뿐만 아니라 사회혁신을 포괄하는 용어로 사용할 것을 주장	정미나(2016)
	기술 및 산업 혁신까지 모두 포괄하여 “사람을 위한(for), 그리고 사람과 함께(with)”하는 혁신	정미나(2016)
	‘기존의 방식’으로 해결되지 않는 ‘사회적 난제’를 해결하기 위한 ‘새로운 방식’	Caulier-Grice(2012); 정미나(2016)
	시민(또는 주민)이 주체가 되어 새로운 방법으로 사회문제를 해결하는데 기여하는 것	행정안전부
	주민, 시민사회, 기업 등 다양한 주체가 참여하여 창의적인 해결방안을 통해 혁신사업을 추진	
사회적 자본 (Social Capital)	사람들 사이의 협력을 가능케 하는 구성원들의 공유된 제도, 규범, 네트워크, 신뢰 등 일체의 사회적 자산을 포괄하여 지칭하는 것. 이중 사회적 신뢰가 사회적 자본의 핵심	이유진(2015); 정기환·심재만(2004); 정기환(2006)

〈표 42〉 포용국가, 사회혁신, 사회적 자본의 구성요인

개념	요인	출처
포용국가 (Inclusive State)	국가-시장-사회 협력, 역량-고용-소득의 선순환, 포용성, 혁신성, 유연성, 사람중심기업, 사회적 대화, 시장참여 기회 확대, 노동 존중, 중산층, 불평등(↓), 출산율, 자살률(↓), 성장잠재력, 지속가능성	성경룡(2017); 정동일(2018)
사회혁신 (Social Innovation)	다양한 영역 간 교차, 구체적인 상황 반영, 사회적 가치 내재, 측정 가능한 구체적 결과 도출, 사회적 관계 및 권력관계 변화, 시민 역량 강화, 사회적 배제(↓), 소득양극화(↓), 시민 주도성, 참신함, 아이디어에서 실행으로, 사회적 요구의 충족, 효과성, 시민의 자율적 참여, 지방분권화, 공공행정 혁신(관리↓, 지원↑), 공공성, 포용성	정미나(2016); OECD; Caulier-Grice(2012); Tepsie(2014); 행정안전부
사회적 자본 (Social Capital)	교환과 보상(신뢰, 규범, 생활 만족도, 경제적 도움, 일상적 도움, 공동발전 노력), 협동(실천 정도, 참여 정도, 공동행사), 경쟁(경제 경쟁, 평판 경쟁, 리더 경쟁), 갈등해소(경제갈등 해소, 평판갈등 해소, 리더갈등 해소)	이유진(2015); 정기환·심재만(2004); 정기환(2006)

□ 시사점

- 사회의 변화는 사회구성원의 변화와 구성원간의 관계의 변화를 의미하며, 변화를 주도하는 구성원의 개인적, 사회적 역량의 강화가 요구됨
- 역량은 인적자원을 기반으로 지역기반 사회적, 경제적 자원을 형성하는 능력을 의미하며 사회적, 경제적 자원이 형성되는 과정에서 다시 역량이 강화되는 기회를 얻을 수 있음
- 포용국가, 사회혁신, 사회적 자본 모두 개인, 시민, 국가의 역량을 강화하는 것에 초점을 둔 개념으로, 에너지전환 시 주체별 역량을 강화하고 관계망을 형성, 사회적 대화를 형성하는 등의 노력이 필요함
 - 인적자본뿐만 아니라 사회적 자본까지 통합한 포용적 역량 증진 필요
- 본 연구에서는 사회전환을 “에너지전환에 대한 인식 변화, 역량증진 및 사회적 합의의 과정”으로 정의함
 - 사회적 합의과정에서 형성된 사회적 연대가 역으로 사회적 지속가능성을 제고하여, 환경과 사회적 지속가능성의 긍정적 피드백 효과 발생

3. 사회전환 분석방법론

- 에너지전환정책 및 사업에 대한 시민들의 인식 및 수용성을 진단하기 위해 온라인 설문조사 수행 및 인터뷰를 실시

〈표 43〉 에너지전환정책의 사회적 수용성 조사 설계

구분	내용
조사대상	- 전국 만 15~69세 성인 남녀
표본크기	- 2,000명(표본오차 95% 신뢰구간에서 $\pm 2.19\%$)
조사방법	- 구조화된 웹설문을 통한 온라인 조사
표본 추출방법	- 지역별, 성별, 연령별 비례배분 방법 ※ 2019년 2월 주민등록인구통계(행정안전부) 기준
조사기간	- 2019년 2월 27일 ~ 3월 5일
조사기관	- 마크로밀엠브레인

- 설문의 전체적인 구성은 에너지전환 및 정책에 대한 인식 및 동의 여부, 에너지전환사업(재생 에너지 설치사업)에 대한 인식 및 동의여부임(〈표 44〉 참조)
- 응답자의 특성에 따른 인식 및 동의의 차이를 알아보기 위해 통상적인 응답자 특성 문항(연령, 성별, 거주 지역, 최종학력, 월평균 소득)이외에도, 에너지전환정책과 밀접한 관계를 지니는 특성항목도 추가
 - 현 정부 신뢰도, 정치적 성향, 에너지 사업 관련 여부, 관련 종사 직업, 재생에너지 시설 근처 거주 여부, 환경의식, 사회의식

〈표 44〉 에너지전환정책의 사회적 수용성 조사 내용

구분	내용
에너지전환에 대한 이해	1. 에너지전환정책 인지 여부 2. 에너지전환정책 찬반 정도 3. 정부 주장 에너지 정책 동의 정도 3.1. 전력수급 3.2. 원전 3.3. 태양광 3.4. 풍력 4. 1.5℃ 제한 목표 찬반 정도 5. 1.5℃ 제한 목표 달성 관련 동의 정도
에너지전환정책에 대한 인식	1. 에너지전환정책 사항 중요도 및 성과 2. 에너지전환정책 관련 주체들의 역할 중요도 및 현재 수준
에너지전환사업에 대한 인식	1. 재생에너지 시설 설치 찬반 정도 2. 재생에너지 시설별 설치 찬반 정도 3. 시설 설치 사업 성공여부 관련 사항 중요도 및 현재 수준

□ 사례분석 및 현장 인터뷰를 통해 에너지전환사업의 구체적 갈등 및 해결과정을 조사(〈표 45〉, 〈표 46〉 참조)

- 갈등 및 갈등해결 사례는 구체적인 갈등의 당사자 또는 갈등조정자로 기능을 한 지역환경운동연합의 활동가들이 작성하고 연구진이 평가
- 사례조사의 주요 내용
 - 성공 및 실패 사례에 대한 개요
 - 이해관계대립, 사실관계, 구조적 측면, 가치관 대립 등 관점의 차이에 의한 주요 쟁점 및 시간적인 전개 과정
 - 주요 갈등 당사자가 제기하는 문제점이나 입장의 차이, 관계
 - 갈등 발생 및 해소 요인

〈표 45〉 에너지전환사업의 사회적 수용성 조사 설계

구분	내용
조사대상	- 환경운동연합
사례건수	- 17건(태양광발전 10건, 풍력발전 7건)
조사방법	- 원고청탁 및 전문가 인터뷰, 현장 답사
조사지역	- 고흥보성, 마산창원진해, 광주, 대전, 안양군포의왕, 사천, 서울, 시흥, 강남서초, 거제, 원주, 제주, 포항
조사기간	- 2019년 3월 11일 ~ 3월 22일

〈표 46〉 원고청탁 분석틀

I. 사례명

예시: 000 육상/수상/해상 태양광/풍력발전시설 설치 갈등/성공 사례

II. 갈등/성공 배경 및 발달/해소과정

⇒ 해당 사례에 대한 개략적인 설명과 시간적인 전개 과정 기술

1. 사업개요

- 사업 취지와 목적, 시행주체, 위치와 규모(위치도 또는 도면), 주요 이해관계자 등

2. 주요 쟁점과 갈등 전개과정

- 이해관계대립, 사실관계, 구조적 측면, 가치관 대립 등 관점의 차이에 의한 쟁점들

- 발아, 증폭, 교착, 축소, 해소, 잠복기를 거친 양급, 재발 등 진행 경과(도표화)

III. 갈등/조정 주체 및 발생/해소 요인

⇒ 갈등 당사자가 제기하는 문제점이나 입장 차이, 당사자 간 관계, 갈등 요인 기술

1. 주요 갈등/조정 주체

- 주요 당사자(사업주체, 반대자, 제3자 등)의 입장, 실익/관심사, 요구(needs) 등

- 주요 당사자들 간 관계(대립, 중립, 협조), 서로에 대한 태도, 문제 해결 의지 등

2. 갈등 발생/해소 요인

- 시설안전성, 환경/경제적 피해/보상, 경관/생태계훼손, 절차적 하자, 지역 여건 등

- 의사소통 통로나 방법, 갈등 중재 노력, 제3자 개입여부, 조정 주체의 역할 등

제 2 절 에너지전환정책의 사회적 수용성

1. 에너지전환정책에 대한 시민인식

- 시민들을 대상으로 현재 정부가 추진하는 에너지전환정책에 대한 인지여부를 조사한 결과¹⁹⁾ 연령, 성별, 가구소득별로 차이는 있지만 에너지전환정책에 대한 시민들의 전반적인 이해 정도는 높지 않음
- 현재 정부가 추진하는 에너지전환정책에 대해 ‘알고 있다’(약간 알고 있는 편임+알고 있음+잘 알고 있음)는 비율은 29.3%로 나타났으며, ‘모르고 있다’(다소 모르는 편임+모름+전혀 모름)는 비율 35.0% 보다 낮음
 - 연령별로는 60대의 인지율이 48.3%로 가장 높게 나타났으며, 대체로 연령이 높아질수록 인지율이 증가하는 경향을 보임
 - 성별로는 남성의 인지율이 36.8%로 여성(21.4%) 보다 높은 것으로 나타남
 - 가구소득별로는 5백만 원 이상 소득자의 인지율이 39.0%로 높게 나타났으며, 가구 소득이 증가할수록 인지율이 증가하는 경향을 보임

[그림 70] 에너지전환정책 인지 여부(A1) 결과



19) 설문조사 결과는 부록의 마크로밀엠브레인(2019), “사회전환 관련 시민의식 설문조사” 참조.

□ 전력수급, 원전, 태양광, 풍력과 관련하여 정부가 주장하는 사항들에 대해 시민들이 동의하는 정도²⁰⁾는 항목별로 차이를 보임

○ 전력수급과 관련한 정부의 주장에 대한 동의 정도를 질문한 결과 다음 주장들에 대해서는 대체로 동의하는 편으로 나타남(중립 4점 이상)

- ‘에너지저장장치를 활용하면 신재생 발전도 날씨에 따른 에너지공급 변동은 크지 않다’(4.29점), ‘2080년경까지 완만하게 원전을 감축하므로 여유설비가 충분하여 정전 가능성은 적다’(4.26점), ‘전기차, 에너지고효율제품 등 신기술 확산으로 인한 전력수요 변동은 크지 않다’(4.16점) 등

- 반면 ‘재생에너지 단가 하락, 효율 향상 등으로 장기적 전기요금 인상은 크지 않을 것이다’(3.90점), ‘에너지전환정책에도 전력공급은 충분하므로 당장 전기요금 인상은 크지 않을 것이다’(3.82점)라는 주장에는 동의하지 않는 편으로 나타남

○ 원전과 관련한 정부의 다음 주장들에 대해서는 모두 동의하는 편으로 나타남

- ‘전 세계적으로 원전건설은 감소, 원전해체는 증가 추세이다’는 4.57점, ‘해외 신규 원전 건설보다 노후 원전 해체 시장 전망이 더 낫다’는 4.31점, ‘환경/사회적 비용을 반영하면 원전보다 신재생 발전원가가 경제적이다’는 4.30점으로 나타남

○ 태양광과 관련한 정부의 주장에 대한 동의 정도를 질문한 결과 다음 주장들에 대해서는 대체로 동의하는 편으로 나타남

- ‘태양광 발전설비의 전자파는 생활가전보다 낮아 인체에 나쁜 영향을 주지 않는다’(4.19점), ‘태양광 발전설비가 주변 환경에 주는 영향(일조량, 자외선, 온/습도 등)은 미약하다’(4.11점), ‘태양광패널 소재 및 세척제는 독성이 없어 토양 및 지하수 오염 가능성은 적다’(4.07점), ‘태양광 발전설비의 빛 반사율은 건물 외장 유리 반사율보다 적어 눈이 부시진 않다’(4.07점) 등

- 반면 ‘수상태양광 설치로 인한 주변 수질 및 생태계 영향은 거의 없다’(3.93점), ‘전환 목표달성에 필요한 태양광 설치 필요 부지면적 및 산림훼손은 그다지 크지 않다’(3.82점)라는 주장에는 동의하지 않는 편으로 나타남

○ 풍력과 관련한 정부의 주장에 대한 동의 정도를 질문한 결과 다음 주장들에 대해서는 대체로 동의하는 편으로 나타남

- ‘풍력 발전기의 소음은 생활소음 규제기준보다 낮아 인체에 피해를 주지는 않는다’(4.08점),

20) 척도는 1점 매우 비동의(2점, 3점 동의하지 않는 편), 4점 중립, 7점 매우 동의(5점, 6점 동의하는 편) 등 7점 척도로 구성됨.



‘해상풍력으로 인한 생태계 변화는 거의 없다’(4.05점), ‘풍력 발전기 주변은 환경영향평가 실시로 산림, 생태계를 훼손시키지 않는다’(4.02점) 등

- 반면 ‘풍력 발전기는 야생조류(새)의 충돌에 큰 영향을 주지 않는다’(3.70점)라는 주장에는 동의하지 않는 편으로 나타남

□ 전력수급, 태양광, 풍력 및 원전과 관련된 사항에 대한 동의 정도는 연령대별로 다르게 나타남

○ 연령대별로 60대의 경우 전력수급, 태양광, 풍력과 관련된 사항에 모두 4점미만으로 나타나 타 연령대에 비해 동의율이 낮은 것으로 나타났고, 원전의 경우 30대, 40대의 동의율이 타 연령대에 비해 높게 나타남

2. 에너지전환정책 찬반의 사회적 지형

- 검증되지 않은 정보의 확산²¹⁾ 시, 에너지전환정책에 대한 적절한 평가를 기대하기 어려워, 정책에 대한 진실과 오해에 대한 논의가 에너지관련 기관 및 단체, 언론을 중심으로 진행²²⁾
 - 예를 들어 한국에너지공단은 “태양광&풍력발전 바로알기”라는 온라인 간행물을 통해 다음과 같은 내용에 대한 정보 제시
 - 태양광 발전설비의 전자파로 인한 인체 영향
 - 태양광 발전설비의 빛 반사로 인한 눈부심 유발
 - 태양광 발전설비가 주변 환경에 주는 피해영향
 - 태양광 모듈 세척으로 인한 주변 토양 및 지하수 오염
 - 수상태양광 설치로 인한 수질오염 등의 환경문제 발생
 - 풍력 발전기의 소음으로 인한 인체 피해영향
 - 풍력 발전기의 주변 산림 훼손
 - 풍력 발전기가 야생조류에게 주는 피해영향
 - 해상풍력 설치로 인한 주변 생태계 문제
 - 패널의 제조(에너지 과다 소비, 독극물), 설치(산림·농지·저수지 환경 파괴), 활용(생태계 파괴), 폐기(재활용 불가) 과정에서의 반환경성 등에 대한 언론보도도 증가²³⁾
- 언론과 전문가의 팩트 체크로 태양광에 대한 인식이 점증적으로 변화하는 추세임
 - 태양광산업협회의 인식조사 중, 태양광패널에 중금속·발암성 물질 등이 함유되어 있다는 질문에 대한 동의는 2차 조사 시 16.8%로 나타났으며, 이는 1차 조사 당시 21.1%에 비해 낮아진 추세임²⁴⁾
- 시민들의 에너지전환정책에 대한 찬성 및 반대 입장을 조사하고, 수용성을 저해하는 요인이 무엇인지 파악하여 관련 주장 및 뉴스의 진실과 오해를 명확히 할 필요가 있음

21) 임송택(2018)

22) 에너지전환정보센터, “이거 맞나요?”, (<https://www.etrans.go.kr/qna/list.php>, 검색일: 2018.12.17.); 한국태양광산업협회, “기자 간담회(세종청사 산업부 기자실)”, (<http://www.kopia.asia/>, 검색일: 2018.12.3.); 한국에너지공단, “태양광&풍력발전 바로알기”, (<https://www.knrec.or.kr/pds/book.aspx>, 검색일: 2018.12.5.).

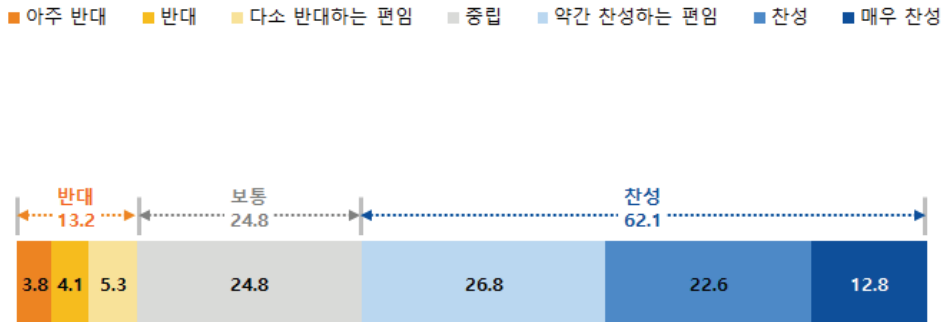
23) 에너지경제(2018.12.4.), “탈핵 에너지전환은 일방통행...대만사례 교훈 삼아야”, (<https://blog.naver.com/moonjinforum/221412151748>, 검색일: 2019.1.4.).

24) 서울신문(2019.3.14.), “태양광산업協, 2차 여론조사서도 국민 86.8%“태양광 확대·유지””, (http://www.seoul.co.kr/news/newsView.php?id=20190314034001&wlog_tag3=naver, 검색일: 2019.3.14.).

□ 이에 따라 에너지전환정책²⁵⁾ 및 지구온난화 1.5°C 제한 목표²⁶⁾에 대한 정보를 제공하고 시민들의 찬성 및 반대 입장을 조사

- 설문조사 결과 현재 정부가 추진하는 에너지전환정책에 대해 ‘찬성한다’(약간 찬성하는 편임 +찬성+매우 찬성)는 비율은 62.1%로 ‘반대한다’(다소 반대하는 편임+반대+아주 반대)는 비율 13.2% 보다 매우 높음
- 연령별로는 찬성한다는 비율이 40대(66.4%), 50대(63.4%)에서는 비교적 높게 나타난 편이 나, 60대(56.1%)에서는 낮게 나타남

[그림 71] 에너지전환정책 찬반 정도



- 현 정부에 대해 신뢰하고 있는 응답자의 찬성 비율(82.8%)이 불신하고 있는 응답자의 찬성 비율(43.0%) 보다 약 40% 정도 큰 것으로 나타나, 정부에 대한 신뢰도가 에너지전환정책 추진 찬반에 미치는 영향이 큰 것으로 보임(D3)

25) 에너지전환정책: 안전하고 깨끗한 에너지로의 전환을 위해 원전을 단계적으로 감축하고, 재생에너지를 확대 공급하며, 지역과 산업 활성화를 위한 대책을 마련하는 것.

26) 지구의 기온상승을 1900년 이전에 비해 1.5도내로 제한할 경우 기후변화로 인한 피해를 크게 감소시킬 수 있음. 지구기온은 이미 1.1도 상승한 상황이며, 현재 우리나라 에너지전환정책 수준으로는 3도 이상 증가시킬 가능성이 매우 높음. 1.5도 제한 목표를 달성하기 위해서는 온실가스를 87% 이상 배출하는 에너지부문의 급격한 전환이 필요함.

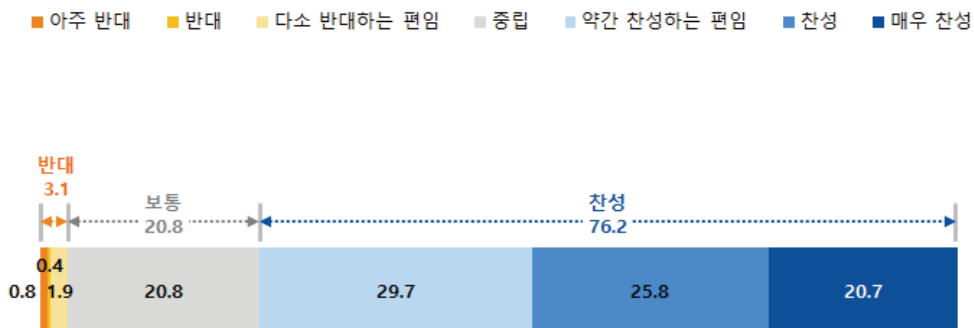
〈표 47〉 현 정부 신뢰도에 따른 에너지전환정책 찬반정도

구분	아주 반대	반대	다소 반대하는 편임	중립	약간 찬성하는 편임	찬성	매우 찬성	BOT3	TOP3	7점 평균
불신	11.5	10.0	10.0	25.5	19.4	14.9	8.7	31.5	43.0	4.11
중립	0.6	1.7	4.4	31.1	31.7	20.8	9.6	6.8	62.1	4.92
신뢰	0.0	1.1	1.2	14.9	27.7	33.5	21.6	2.3	82.8	5.56

○ UN을 중심으로 국제사회가 추진하고 있는 “지구온난화 1.5℃ 제한” 목표에 대한 찬반 정도를 조사한 결과 지구온난화 1.5℃ 제한 목표에 대해 찬성(약간 찬성하는 편임+찬성+매우 찬성)하는 비율이 76.2%로 높게 나타났으며, 상대적으로 반대(다소 반대하는 편임+반대+아주 반대)하는 비율은 3.1%로 낮게 나타남

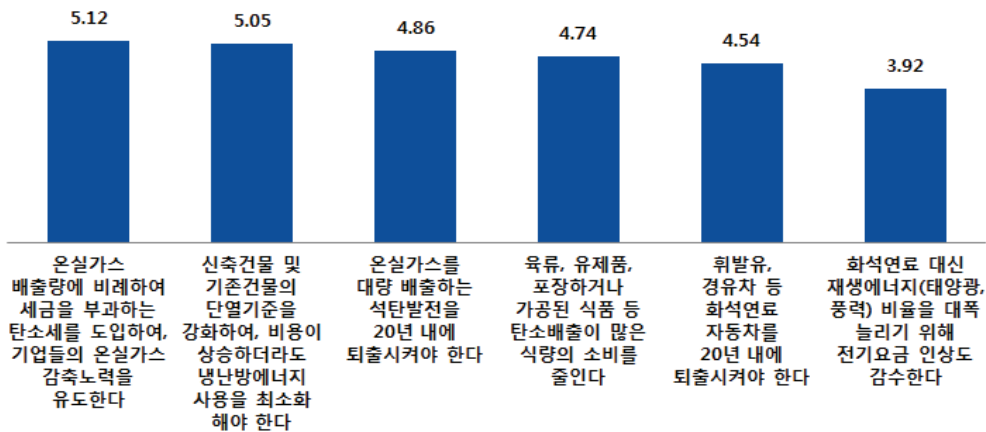
- 정부의 에너지전환정책보다 1.5℃ 정책목표가 훨씬 강한 목표임에도 불구하고 1.5℃목표에 대한 찬성비율이 더 높게 나타남
- 연령별로는 40대(80.7%), 50대(81.1%), 60대(79.9%)에서 찬성 비율이 높게 나타난 편이며, 20대의 찬성 비율(68.8%)이 가장 낮게 나타남
- 가구소득별로는 소득이 높아질수록 찬성하는 비율이 높게 나타남

[그림 72] 1.5℃ 제한 목표 찬반 정도 결과



- 1.5℃ 제한 목표 달성을 위한 방안에 대하여 동의 정도를 7점 척도로 질문한 결과, ‘온실가스 배출량에 비례하여 세금을 부과하는 탄소세를 도입하여, 기업들의 온실가스 감축노력을 유도한다’가 5.12점, ‘신축건물 및 기존건물의 단열기준을 강화하여, 비용이 상승하더라도 냉난방에너지사용을 최소화해야 한다’가 5.05점으로 5점 이상으로 높게 나타남
- 반면 ‘화석연료 대신 재생에너지(태양광, 풍력)비율을 대폭 늘리기 위해 전기요금 인상도 감수한다’는 방안은 3.92점으로 가장 낮게 나타나서, 실제 기후변화 목표달성을 위한 비용 지불의사는 낮음
 - ‘온실가스 배출량에 비례하여 세금을 부과하는 탄소세를 도입하여, 기업들의 온실가스 감축 노력을 유도한다’ 방안에 대해서는 가구소득이 증가할수록 동의율이 높아지는 경향을 보임

[그림 73] 1.5℃ 제한 목표 달성 관련 사항 동의 정도 결과



3. 에너지전환정책의 사회적 수용성

□ 에너지전환정책에 대한 사회적 수용성 조사 설계를 위해 에너지시설 입지 갈등과 사회적 수용성, 환경거버넌스 및 공공참여 관련 선행연구들을 검토

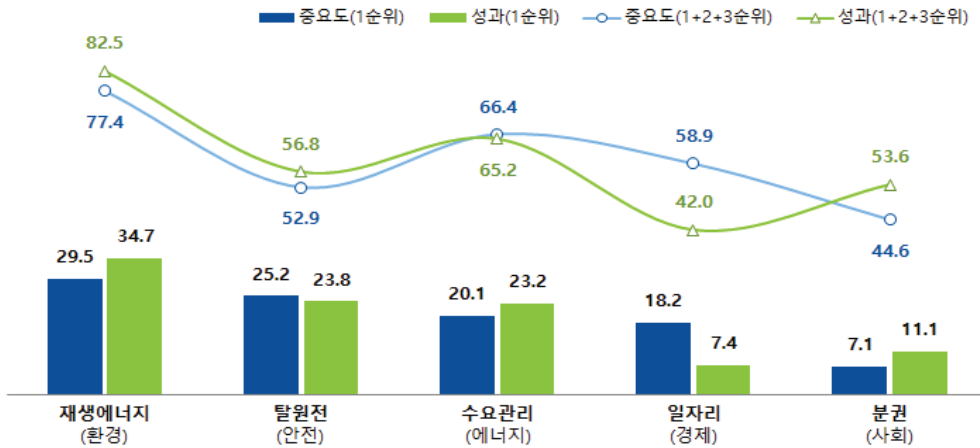
- 김태현 외(2018b)는 정부의 에너지전환정책에 의해 재생에너지 시설의 확대가 불가피할 것으로 전망됨에 따라 재생에너지 시설 입지와 관련된 주민수용성 개선 방안을 마련함
 - 국내외에서 태양광, 풍력발전시설 등 친환경 신재생에너지 시설 입지와 관련된 지역 갈등사례가 빈번하게 발생함에 따라 입지 선정기준에 사회적 기준 마련 필요
 - 이에 따라 시민참여를 통한 주민수용성 및 사회적 수용성 증진 대안을 제시함
- 김태현 외(2016)은 주민에게 부정적인 영향을 미칠 잠재위험이 큰 지역기피시설을 대상으로 주민수용성을 고려한 구조화된 주민의견수렴 및 공간정보구축 방법론을 개발함
 - 지역수용성 결정요인으로 환경성, 경제성, 사회성, 위험성을 도출하였으며, 조절효과 검증을 통해 성별과 소득 수준에 따라 중요하게 생각하는 지역수용성 결정요인과 중요성 정도에 차이가 있음을 밝힘
 - 설문응답자의 인식유형별로 지역수용성을 결정하는 각 요인의 영향력이 우선순위에서 차이를 보이는 것을 확인함
- 이밖에도 김태현 외(2018a)는 한중 환경거버넌스 및 공공참여 관련 제도를 비교하고 한국과 중국의 실제 사례를 심층분석하는 연구를 한국과 중국이 공동으로 수행함으로써 환경거버넌스 강화를 위한 정책적 시사점을 찾고 양국 간의 협력 과제를 도출함
 - 한국과 중국에서 발생한 환경갈등 및 조정, 공공참여, 정보공개 관련 사례는 환경거버넌스 및 공공참여 추진과 관련하여 환경 갈등을 사전에 예방하고 효과적으로 관리하기 위한 참여적 의사결정, 환경영향평가의 객관성과 신뢰성 확보, 제3자의 중재와 조정 등과 같은 향후 과제와 시사점을 제공함

□ 실제 대국민 논의를 통해 에너지정책에 대한 사회적 합의를 이끌어 낸 사례도 있음

- 대통령 공약 사항인 ‘신고리 5·6호기 공사 중단’에 대한 사회적 논의를 위해 공론화위원회를 구성(‘17.7.17. 국무총리훈령 제 690호)한 것은 시민참여를 강조한 사례임
 - ‘시민 참여형 조사’ 결과 건설재개에 대한 보완조치로 1) 원자력발전 축소 에너지 정책 추진, 2) 신재생에너지 비중을 늘리기 위한 투자 확대, 3) 사용후핵연료 해결방안 마련 등을 담은 정책권고안(‘17.10.20)을 발표한 바 있음(김태현 외, 2018b)
 - 공론화위원회와 같이 제도적인 참여를 통하여 갈등에 대한 대립성의 정도를 낮춘 환경거버넌스 사례는 환경기피시설 입지 결정을 위한 참여 유형으로 참고할 만함

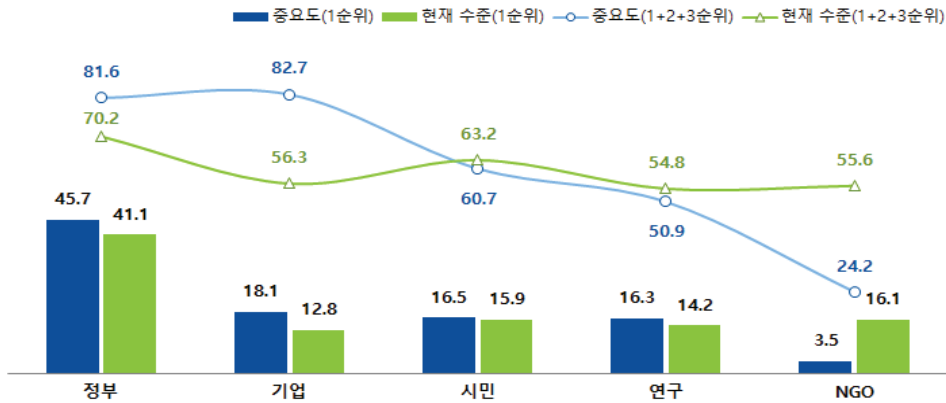
- 본 연구에서는 에너지전환정책 사항에 대한 중요도 및 성과도와 주체들의 역할에 대한 질문을 통해 정책결정사항 중 시민들의 우선순위를 파악함
- 에너지전환정책에 대한 주요 이슈는 다음과 같이 탈원전(안전), 분권(사회), 일자리(경제), 수요관리(에너지) 등으로 구분함
- 탈원전(안전): 원자력발전 비중을 줄여 잠재적 위험(사고, 인체영향 등)을 줄이는 것
 - 재생에너지(환경): 화석연료 비중을 줄이고 재생에너지 비율을 늘리는 것
 - 분권(사회): 시민 또는 지역 공동체가 참여하여 고르게 에너지를 생산하고 소비하는 것
 - 일자리(경제): 에너지전환을 통해 신산업 및 일자리를 발굴하여 경제적 발전을 도모하는 것
 - 수요관리(에너지): 에너지 소비를 줄이고 에너지 생산 효율을 개선하는 것(기술혁신)
- 에너지전환정책 이슈별 중요도와 성과를 질문한 결과, 1순위 기준으로 중요도(29.5%)와 성과(34.7%) 모두 재생에너지가 가장 높게 나타남
- 중요도: 재생에너지(환경)>수요관리(에너지)>일자리(경제)>탈원전(안전)>분권(사회)
 - 성과: 재생에너지(환경)>수요관리(에너지)>탈원전(안전)>분권(사회)>일자리(경제)
 - 전환정책 사항 중 중요도에 있어서 20세 미만은 일자리를 가장 중요하게 생각하고, 60세 이상은 재생에너지를 가장 중요하게 여기며 탈원전 우선순위를 가장 낮게 인식
 - 정부를 신뢰하고, 진보적 성향을 가진, 정책을 찬성하는 응답자들이 상대적으로 탈원전(안전)을 중요시하는 것으로 나타남
 - 중요도와 성과의 차이(1순위 기준)가 상대적으로 가장 큰 정책 사항으로는 일자리로서 중요도(18.2%) 대비 성과도(7.4%)가 10.8% 낮게 나타남
 - 한편 중요도를 3순위까지 비교하면 수요관리나 일자리가 탈원전에 비해 중요도가 더 높게 평가됨

[그림 74] 에너지전환정책에 대한 중요도(B1-1) 및 성과도(B1-2) 결과



- 주체별 역할은 정부, 기업, 시민, NGO, 연구 등 다섯 가지로 제시함
 - 정부: 정부의 적극적인 홍보, 정보공개, 소통을 위한 제도 마련(공론화위원회 설치 등)
 - 기업: 적극적인 투자를 통한 신산업 시장 및 일자리 창출
 - 시민: 온·오프라인을 통한 시민들의 직접적인 의견 개진 및 참여(국민청원, 공청회 등)
 - NGO: 비정부 시민사회단체(NGO)에 의한 간접적인 참여 및 협의(단체 대표의 참여)
 - 연구: 객관적이고 과학적인 연구에 기반 한 정책 형성(공공·민간·대학 연구기관 참여)
- 에너지전환정책이 성공적으로 자리 잡기 위한 주체들의 중요도와 현재 수준을 각각 측정한 결과, 1순위 기준으로 중요도(45.7%)와 현재 수준(41.1%) 모두 정부가 가장 높게 나타남
 - 에너지전환정책 주체 중요도: 정부>기업>시민>연구>NGO
 - 에너지전환정책 주체 성과: 정부>>시민>NGO>기업>연구
 - 중요도와 성과의 차이(1순위 기준)가 상대적으로 가장 큰 주체로 NGO로서 중요도(3.5%) 대비 현재 수준(16.1%)이 12.6% 높게 나타남
 - 1+2+3순위 기준 결과에 의하면 기업(82.7%)에 대한 중요도는 정부(81.6%)와 함께 높은 편이나, 현재 수준은 정부 대비 13.7% 낮은 수준으로 나타남

[그림 75] 에너지전환정책 주제 역할에 대한 중요도(B2-1) 및 성과도(B2-2) 결과



□ 정책에 대한 사회적 수용성 요인 분석결과 차이를 보인 연령 및 성별, 학력, 소득, 정부 신뢰도, 정치적 성향, 정책 찬반 입장에 따른 맞춤형 정책을 구상할 필요가 있음

○ 성별에 따라 정책 찬반 입장에 차이가 있는지 t-test를 통해 분석하였고, ANOVA 분석을 통해 연령, 학력, 소득, 정부 신뢰도, 정치적 성향에 따라 정책 찬반 입장에 차이가 있는지 분석함

○ 분석 결과, 에너지전환정책 찬반 여부에 차이가 있는 요인은 성별, 연령, 정부 신뢰도, 정치적 성향 등이 유의한 것으로 나타남

- 여성이 남성에 비해 에너지전환정책에 찬성하는 정도가 높은 것으로 나타남
- 60대에 비해 40대, 30대, 10대, 20대 순으로 찬성 정도가 높은 것으로 나타남
- 정부에 대한 신뢰도가 높을수록, 정치적 성향이 진보에 가까울수록 정책에 대한 찬성 정도가 높은 것으로 나타남

[표 48] 응답자 특성에 따른 에너지전환정책 찬성 정도

구분	관계(Mean)	F	Sig.	비고
성별 (SQ2)	여자(5.02) > 남자(4.69)	42.159(t값)	.000	등분산 X (t-test)
연령 (SQ1)	40대(5.06), 30대(4.95), 10대(4.92), 20대(4.87) > 60대(4.45)	6.746	.000	등분산 X (Dunnett T3)
학력 (DQ1)	차이 없음	1.439	.207	
소득 (DQ2)	차이 없음	.695	.627	
신뢰 (DQ3)	매우 신뢰(6.17) > 신뢰(5.43) > 중립(4.92) > 불신(4.49) > 매우 불신(3.26)	128.589	.000	등분산 X (Dunnett T3)
성향 (DQ4)	매우 진보적(5.49), 진보적(5.32) > 중도적(4.73) > 보수적(4.32)	30.416	.000	등분산 X (Dunnett T3)

- “지구온난화 1.5℃ 제한” 목표 찬반 여부에 통계적으로 유의한 차이가 있는 요인은 소득, 정부 신뢰도, 정치적 성향 등으로 나타남
 - 소득이 높을수록 1.5℃ 제한 목표에 찬성하는 정도가 높게 나타남
 - 에너지전환정책 찬반 여부와 마찬가지로 정부에 대한 신뢰도가 높을수록, 정치적 성향이 진보에 가까울수록 찬성 정도가 높은 것으로 나타남

〈표 49〉 응답자 특성에 따른 1.5℃ 제한 목표 찬성 정도

구분	관계(Mean)	F	Sig.	비고
성별 (SQ2)	차이 없음	.279(t값)	.598	
연령 (SQ1)	차이 없음	1.793	.111	
학력 (DQ1)	차이 없음	1.168	.322	
소득 (DQ2)	500만원 이상(5.48), 400~500만원 미만(5.41), 200~300만원 미만(5.37), 300~400만원 미만(5.36) > 100만원 미만(4.90)	4.240	.001	등분산 (Scheffe)
신뢰 (DQ3)	매우 신뢰(6.24) > 신뢰(5.70) > 불신(5.32), 중립(5.22), 매우 불신(4.98)	33.445	.000	등분산 X (Dunnett T3)
성향 (DQ4)	진보적(5.68) > 중도적(5.27), 보수적(5.22)	15.146	.000	등분산 X (Dunnett T3)

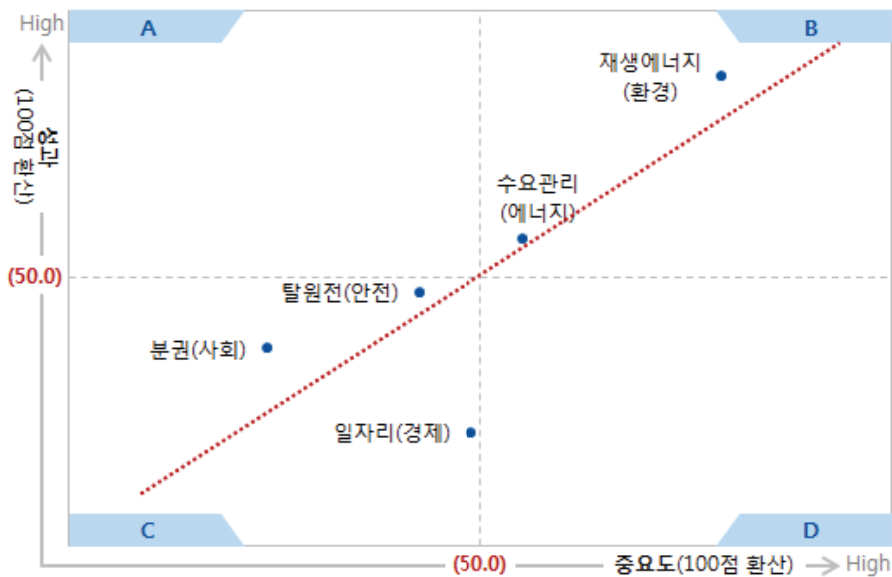
- 종합해보면 에너지전환정책 및 1.5℃ 제한 목표에 대한 찬반 여부는 현 정부 신뢰도와 정치적 성향에 따라 차이가 큰 것으로 나타남
 - 앞서 에너지전환정책 찬반 정도와 현 정부 신뢰도를 비교한 결과, 정부 신뢰도에 따른 정책의 ‘매우 찬성’ 정도가 39.9%(신뢰 21.6, 중립 9.6, 불신 8.7)로 나타남
 - 한편 에너지전환정책에 ‘매우 찬성’하는 정도는 62.1%로 나타나 정부 신뢰도에 비해 높은 편임
 - 에너지전환정책에 대한 찬성률이 높은 것을 보면 단순히 현 정부에 대한 신뢰도 및 정치적 성향을 변화시키기 보다는 정책에 대한 수용성을 높이는 방안으로 시민들이 중요하다고 생각하는 에너지전환정책 사항과 성공적인 주체들의 역할을 고려할 필요가 있음

□ 에너지전환정책 사항과 주체별 역할에 대한 중요도와 성과를 매트릭스 형태로 분석한 결과를 통해 정책결정사항의 우선순위를 정하고 수용성 제고방안을 논의할 필요가 있음

○ 에너지전환정책 사항에 대한 중요도 및 성과

- 중요도와 성과를 매트릭스 형태로 분석²⁷⁾한 결과 중요도와 성과가 비례하는 형태를 보이고 있으나 일자리(경제)의 경우 중요도 대비 성과의 점수가 상대적으로 낮게 나타나고 있어 성과를 실질적으로 제고할 수 있는 방안이 필요함
- 재생에너지(환경)와 수요관리(에너지)의 경우 상대적으로 중요도와 성과가 높아 지속적인 유지가 필요하며, 탈원전(안전)과 분권(사회), 일자리(경제)는 상대적으로 중요도와 성과가 낮아 점진적으로 성과가 개선될 필요가 있음

[그림 76] 에너지전환정책에 대한 중요도(B1-1) 및 성과도(B1-2) 매트릭스 분석

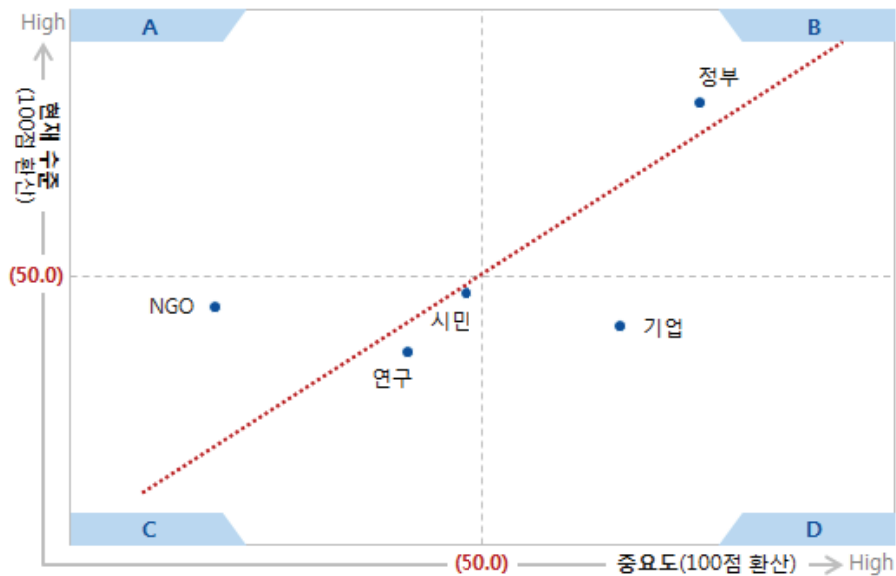


27) 1~5순위로 응답된 결과에 대해 순위별로 점수(1순위 100점, 2순위 75점, 3순위 50점, 4순위 25점, 5순위 0점)를 부여하여 중요도와 성과의 평균점수를 산출하였으며, 분석을 위해 매트릭스 형태로 구현하여 중요도 대비 성과 수준을 분석할 수 있도록 제시함

○ 에너지전환정책 주체별 역할에 대한 중요도 및 성과

- 중요도와 현재 수준을 매트릭스 형태로 분석한 결과 기업의 경우 중요도는 높으나 현재 수준은 낮아 에너지전환정책이 성공적으로 자리 잡기 위해 기업의 역할 개선이 우선적으로 필요한 사항임
- 정부의 경우 중요도와 현재 수준 모두 높은 수준을 나타내고 있어 지속적으로 유지할 수 있도록 관리하며, 시민, 연구, NGO의 경우 정부와 기업 대비 중요성이 낮아 점진적으로 현재 수준이 개선될 필요가 있음

[그림 77] 에너지전환정책 주체의 중요도 및 성과 매트릭스 분석



제 3 절 에너지전환사업의 사회적 수용성

1. 에너지전환사업에 대한 사례

- 에너지전환정책뿐만 아니라 사업 부문에서도 다양한 갈등이 발생하고 있음
 - 사업관련 민원 사례로, 서울에너지공사에서 2018년부터 추진하고 있는 도심지내 태양광설치 사업이 시민들의 반대로 진행에 어려운 상황이 발생함
 - 주요민원은 총 104건으로 서울대공원 태양광발전사업 추진을 반대하고 있고, 주된 이유는 근거리에 초등학교와 주택단지가 있기 때문임²⁸⁾

〈표 50〉 도심지 태양광사업 반대 민원내용

구분	반대 민원 사유
1	근거리에 초등학교와 주택단지가 있음(전자파 영향 우려)
2	이용하는 어린이의 안전과 환경의 악영향
3	중금속으로 이루어진 태양광 패널로 인한 건강 염려
4	태양광 폐패널의 처리방침 및 환경문제
5	서울시가 아닌 과천시에 와서 사업을 하나
6	태양광이 친환경적이지 않은 사업(빛반사, 중금속 등)

자료: 김희동(2018.11.15.)

- 이에 전국 환경운동연합 실무자 서면, 현장 인터뷰를 통해 지역별 에너지전환사업 관련 주요 쟁점과 함께 성공 및 실패 요인들을 검토하였음
 - 서면 인터뷰를 통해 수집한 에너지전환사업 갈등/성공 사례들을 갈등주체, 원인(쟁점), 해결(반대) 과정, 시행 여부 등으로 정리하고, 이 중 고흥보성, 마산창원진해 지역 환경운동연합 관계자와 현장을 방문하여 조사를 진행함
 - 조사 결과 에너지전환사업의 주요 쟁점 및 갈등발생 요인으로는 행정절차상 문제, 생활 피해, 환경 피해, 경제적 피해 등이 있음
 - 행정절차상 문제로는 행정절차에 대한 이해 부족, 주민과의 소통 부재 등이 논의됨
 - 생활 피해는 안전성, 건강 악화 등의 문제가 논의됨
 - 환경 피해로는 안전성과 함께 경관, 생태계, 산림 훼손 등의 요인이 있음
 - 경제적 피해로는 재산상의 불이익 등이 논의됨

28) 김희동(2018.11.15.)

〈표 51〉 에너지전환사업 사례 주요 쟁점

구분	주요쟁점	지역
행정절차상 문제	<ul style="list-style-type: none"> - 그린벨트내 허가 사례 / 그린벨트내 총수 문제 - 행정절차의 이해 부족 - 임대료, 임대기간 문제 - 시민들의 에너지 문제에 대한 인식과 정책의 부족 - 주민과 소통없는 일방적 사업추진 - 사업자의 허가과정의 위법 	강남서초, 거제, 시흥, 안양군포의왕, 포항, 사천, 원주, 제주
생활 피해	<ul style="list-style-type: none"> - 생활권 피해 / 안전사고 우려 / 주민 건강 악화 - 저주파 소음 문제 - 용수공급 차질 	거제, 안양군포의왕, 고흥보성, 포항, 사천
환경 피해	<ul style="list-style-type: none"> - 공사과정 토사유출, 비산먼지 발생 - 안전성-산사태문제 - 경관, 생태계, 산림 훼손 	고흥보성, 마산창원진해, 대전, 광주
경제적 피해	<ul style="list-style-type: none"> - 예산지원 불허 - 사업자간 이권 문제 - 재산상의 불이익 	마산창원진해, 서울, 제주, 고흥보성, 광주

○ 참여, 교육, 의사소통 등의 요인은 에너지전환사업의 사회적 수용성 성공요인인 동시에 갈등요인이기도 함

〈표 52〉 에너지전환사업 주요 성공 및 갈등 요인

구분	내용	요인	지역
성공	- 조합, 학교운영위, 구민들 민원으로 구청 행정 촉진	협력 참여(민원)	강남서초
	- 사업과정을 통해 시민들의 인식을 향상시키고, 에너지 문제에 대한 시민의식 향상	교육 의사소통(공청회, 홍보, 설명회)	시흥, 제주
	- 403명의 시민의 노력이 행정을 변화시킴	참여	안양군포의왕
갈등	<ul style="list-style-type: none"> - 사업자 및 지자체의 주민과의 사전 협의 및 정확한 정보공유 없이 사업 진행 - 의사결정구조에 주민들의 참여보장제도가 없음 - 주민인식증진 교육 없이 진행 - 주민들이 사업에 대한 신뢰를 갖지 못함 	정보공유 참여 교육 신뢰	고흥보성
	- 주민에 대한 동의 절차가 진행되지 않음	주민동의, 의사소통	대전, 포항
	<ul style="list-style-type: none"> - 사업자의 주민보상안 이행에 대한 낮은 신뢰성 - 갈등 중재를 위한 제3자 개입 없음 	신뢰 제3자 개입여부	광주, 제주

〈표 53〉 에너지전환사업 사례 요약 및 사례지 선정

지역	갈등주체	원인(쟁점)	해결(반대) 과정	시행 여부	비고
고흥 보성	지자체vs주민 (한전, 한국중부발전 중재)	안전우려	사전 주민설명회 보상(관광객 유치를 위한 공원 조성)	○	태양광
	사업자vs주민	환경훼손, 소음 및 진동	주민들의 사업에 대한 신뢰 부족	×	풍력
마산 창원 진해	사업자vs주민	전자파, 소음, 생활피해(건강), 안전우려, 생태계훼손	소송 소통 중재	○	풍력
광주	사업자vs주민	생태계훼손, 안전우려, 소음 및 진동, 저주파, 생활피해(건강), 지가하락, 규모확장문제 (40MW→51.6MW)	주민보상안 이행에 대한 낮은 신뢰 주민설명회 및 협의체, 중재자 부재	진행중	풍력
대전	사업자vs주민, 지자체, 환경운동연합	생태계훼손, 안전우려	주민동의 절차 부재	진행중	태양광
안양 군포 의왕	지자체	신뢰, 안전우려, 부지적합성	조례 제정 시민참여 홍보 간담회, 토론회	○	태양광
사천	사업자vs주민, 지자체, 환경청	안전우려, 생태계훼손, 보상	환경단체와 주민연대 협조	진행중	태양광
서울	반대자 없음	부지적합성, 신뢰	설명회, 간담회 홍보, 소통	○	태양광
시흥	주민vs지자체	인식 부재, 신뢰	시민주식회사 홍보, 교육, 설명회	○	태양광
강남 서초	사업자vs지자체	그린벨트 내 허가문제	조합과 학교 연대 협조 민원 법적근거 마련	○	태양광
	사업자vs지자체	임대료	정책에 대한 신뢰 부재로 철회	×	태양광
거제	사업자vs주민	안전우려, 생활피해(건강)	환경단체와 주민 연대 협조로 허가불가	×	풍력
원주	사업자, 지자체vs주민	안전우려, 신뢰, 소음	사업자의 선택적 주민 동의	○	태양광
제주	사업자, 주민vs지자체 (시민단체 중재)	위법행위, 신뢰, 보상	소송	○	풍력
	사업자vs주민, 시민단체	보상	보상 설명회, 공청회	○	풍력
포항	사업자vs주민, 지자체	생태계훼손, 생활피해	소송	×	태양광
	사업자vs주민, 환경단체	소통 부재, 신뢰	서명운동 캠페인 기자회견	×	풍력

- 고흥보성의 경우 지역 특성상 풍력발전보다는 태양광발전의 입지가 다양하게 이루어지고 있으며, 마산창원진해의 경우 도시화가 어느 정도 진행되어 고령보성에 비해 영농형 태양광의 입지가 많지 않음
 - 태양광의 경우 사례마다 반대하는 입장이 강하지만 반대 과정 속에서 얼마만큼 협의를 잘 하느냐에 따라 진행 여부가 결정됨
 - 당초에는 주민 인식이 태양광을 찬성하는 입장이 다수였으나, 기업 등 다양한 주체와의 대규모 갈등이 발생하면서 시설 입지에 대한 반대도 심해짐
 - 특히 학교 태양광 설치가 미비한 실정이며 안전성(감전사고 등 안전성, 전자파, 중금속 문제)에 대한 불안감이 주민에 넓게 퍼지면서 갈등은 심화되고 있는 실정임
 - 주민동의의 경우 지역 특색에 따라 다르기 때문에, 주민 보상에 따라 이루어지고 있음

[그림 78] 거금에너지테마파크 및 동광면 수상태양광 현장



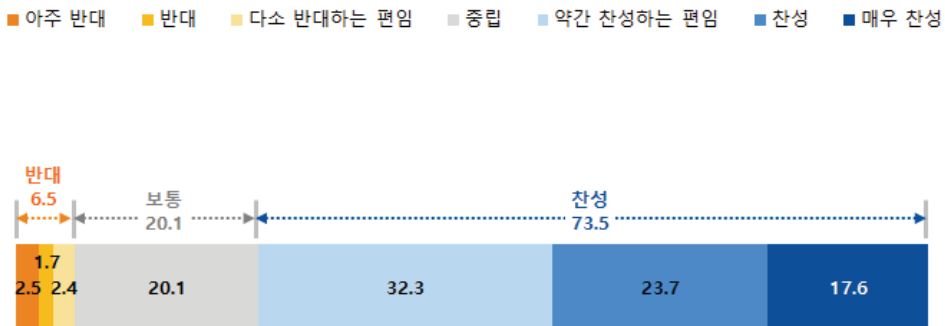
- 풍력발전의 경우 실제로 주민이 인식하는 소음 등의 피해가 있는 경우 반대 입장이 강한 편임
 - 존재산 풍력발전은 산자부 심의 신청을 했으나, 지역경제에 도움을 주지 못한다는 행정 군수의 반대 및 지역 주민 반대로 인해 실패로 이어진 사례에 해당함
 - 당초에는 주민토론회 등을 통한 사전 주민 동의 과정이 있었으나 보상에 치중 사업에 대한 정보제공 등이 부족
 - 의령풍력발전 단지는 ㈜유니슨과 의령군이 MOU를 체결하여 계획된 사례로 지자체의 적극 개입을 통해 추진
 - 저주파 소음, 산사태 등에 대한 주민들의 우려로 반대운동이 조직화되었고, 소송 등으로 비화되었으나, 계획의 일부 변경 등을 통해 추진 완료

- 이러한 주민운동 사례를 살펴보면 갈등 요인이 갈등으로 발화, 심화되어 표면적으로 드러나는 데는 오랜 시간이 걸리며, 민원이 제기된다고 해서 무조건 언론으로 공표되는 것이 아님
 - 주민운동이 조직화되기 위해서는 많은 시간과 재원이 요구되고, 따라서 실제 주민들의 반대가 조직되는 경우 1차적으로 존중하는 것이 필요
 - 주민의 수용성을 높이기 위해서는 중앙정부 뿐만 아니라, 갈등의 현장에 있는 기초지자체의 관심과 해결을 위한 지원이 필요
 - 갈등을 사전에 예방하기 위해서는 정부의 에너지전환정책이 지역에너지 정책 체계로 변환되어야 하며, 그 지역의 주민들이 참여할 수 있는 구조로 이어져야 함
 - 갈등 조정 전에 주민설명회, 공청회 등과 같은 소통 및 주민참여를 제도적으로 보장해주는 것이 방안 마련
 - 주민인식변화를 위해서는 재생에너지에 대한 우려를 정확한 정보를 통해 불식시키고, 재생에너지 시설이 주민들의 실질적인 소득원이 되고, 주민이 이해당사자가 되는 구조를 만들어야 함

2. 에너지전환사업의 사회적 수용성

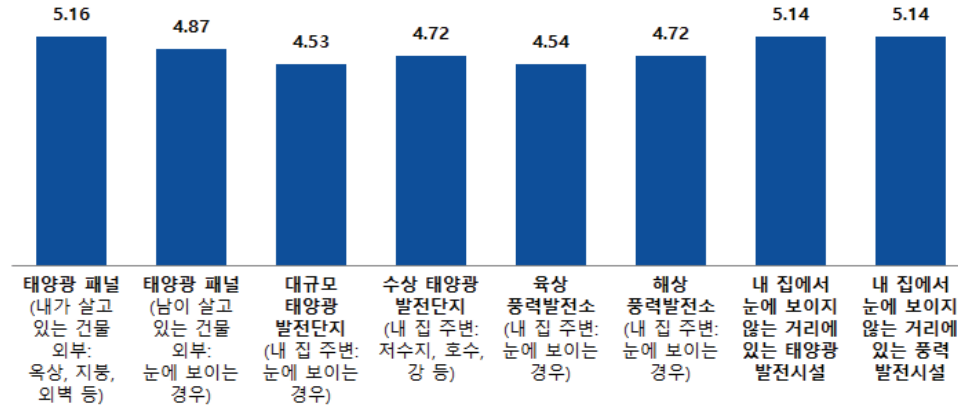
- 에너지전환사업에 대한 갈등이 지속적으로 발생하고 있지만 대체적으로 재생에너지 시설에 대한 필요성은 긍정적으로 인지하고 있음
- 재생에너지 시설 설치 찬반 정도에 대한 설문조사 결과 재생에너지 시설 설치에 찬성(약간 찬성하는 편임+찬성+매우 찬성)한다는 비율이 73.5%로 높게 나타났으며, 상대적으로 반대(다소 반대하는 편임+반대+아주 반대)하는 비율은 6.5%로 낮게 나타남
 - 연령별로는 40대(77.2%), 50대(78.8%)에서 찬성 비율이 높게 나타난 편이며, 60대의 찬성 비율(67.0%)이 가장 낮게 나타남

[그림 79] 재생에너지 시설 설치 찬반 정도



- 각 재생에너지 시설별 설치 찬반에 대해 7점 척도로 질문한 결과, '태양광 패널(내가 살고 있는 건물 외부: 옥상, 지붕, 외벽 등)'(5.16점), '내 집에서 눈에 보이지 않는 거리에 있는 태양광 발전시설'(5.14점), '내 집에서 눈에 보이지 않는 거리에 있는 풍력 발전시설'(5.14점)의 시설의 경우 5점 이상으로 높게 나타남

[그림 80] 재생에너지 시설 유형에 따른 설치 찬반 정도



□ 재생에너지 시설 설치에 대한 찬성 정도가 높은 수준임에도 불구하고 ‘내 집 주변 시설’ 설치와 ‘내 집에서 눈에 보이지 않는 거리에 있는 시설’ 설치를 비교해 보면, ‘내 집에서 눈에 보이지 않는 거리에 있는 시설’이 ‘내 집 주변 시설’에 비해 찬성 정도가 높게 나타남

○ 앞서 제시한 서울에너지공사 도심지내 태양광설치 사업 사례에서와 마찬가지로 내 집 주변 설치에 대해서는 시민들의 인식이 민감한 편임

□ 에너지전환사업 사례를 통해 사회적 수용성을 저해하는 요인으로 안전우려, 환경 훼손, 소음 및 진동, 전자파, 생활 피해(건강), 신뢰, 인식 부재, 소통 부재, 재산상 피해(보상, 지가 하락, 임대료) 등을 파악할 수 있음

○ 김태현 외(2018b)의 연구에서는 태양광·풍력발전 시설의 사회적 수용성 요인을 제시하고 있음
- 태양광·풍력발전 시설의 사회적 수용성 요인으로 시설의 안전성 우려, 생활 피해 발생 우려, 생태계 훼손 우려, 전자파 발생 우려, 경관 훼손 우려, 관광자원 손실 우려, 발전기 가동으로 인한 소음 및 진동 발생 우려, 산림 훼손 우려, 발전시설 설치로 인한 생활 터전 축소 우려, 공공갈등 요인, 지자체 인력난 및 외지인 개입, 지원 및 관리 방안, 이익공유 방식 등을 제시함

〈표 54〉 태양광·풍력발전 시설 사회적 수용성 요인

사회적 수용성 요인	
시설의 안전성 우려	저수지나 댐의 수위 변경, 또는 수면 온도 저하 시 시설 파손 우려
	기술적 설계 기준 미흡에 따른 안전성 담보의 어려움
생활 피해 발생 우려	태양광 패널 빛 반사에 의한 눈부심 우려
	농어업 피해 우려
	화재 발생 시 진화수 이용의 어려움
생태계 훼손 우려	시설 설치로 인한 환경오염 발생 우려
	패널 구성 물질의 유해성에 대한 우려
	생태계 서식지 파괴 우려
전자파 발생 우려	인체 유해 수준 초과 우려
	어선의 전자장비 교란 우려
	신체 이상 및 건강에 대한 우려
경관 훼손 우려	경관 침해, 주변 경관과의 부조화
	발전시설 설치로 인하여 경관을 해치게 될 경우 관광 수입 저하 우려
관광자원 손실 우려	수상레저문화 등 관광 콘텐츠 육성 저해로 인한 관광자원 손실 우려
발전기 가동으로 인한 소음 및 진동 발생 우려	생태계 위협으로 인한 생활 터전 축소, 어획량 감소 우려
	생태계 파괴 우려
산림 훼손 우려	계측기 설치 과정에서의 산림훼손 발생 우려
발전시설 설치로 인한 생활 터전 축소 우려	해상 풍력 발전단지 지역에서의 어류 포획 금지로 어업 종사자들의 생활터전 축소 우려
공공갈등 요인	재산가치의 하락, 지역경제권 확보, 기반시설 보장, 지역이미지 강화 또는 훼손 우려
	시설 자체의 안정성 확보, 운영의 안정성 확보, 자연환경 및 지역 경관 훼손, 지역주민의 건강성 훼손 우려
	중앙정부, 지방정부, 설치자, 지역주민의 역할 유무
	경제적 보상, 관련정보의 공개, 절차 및 기준 마련, 갈등 조정의 주도성
지자체 인력난 및 외지인 개입	절대인력 부족, 부족한 행정력과 권한으로 중재가 어려움, 행정 강화와 중간지원 조직 필요, 지자체 인센티브 부재
	주민들에게 신뢰할 수 있는 정보제공 검증, 중앙정부 갈등해결 정책과 가이드라인 제시
	정보공유와 수익공유형 모델 개발, 재생가능에너지가 경제에 도움이 된다는 경험 공유
지원 및 관리 방안	사후 관리 방안, 환경규제 완화 문제, 사업 과열에 따른 부작용
이익공유 방식	마을 기금, 지역 소유, 보상, 현물 편익, 지역 고용 및 조달, 에너지가격 인하, 간접적 편익 등에 대한 이해

자료: 김태현 외(2018b)

- 이 연구에서 조사한 재생에너지시설 설치 성공 및 갈등사례를 바탕으로 육상/수상(해상), 태양광/풍력 발전시설 유형별 성공요인과 갈등요인을 정리함

〈표 55〉 태양광·풍력발전 시설 유형별 성공·갈등요인 예시

유형	성공요인	갈등요인
육상	태양광	참여주민 수익 공유, 마을공모사업, 인센티브 수익 보장, 행정지원, 주민참여/보조금 지원 및 설치 제한 강화 조례
	풍력	개발이익 공유화제도(제주), 장기상생 프로젝트(전남 영광)
	공동	이익공유(간접, 직접, 간헐적)
수상 태양광	토지이용 효율성, 환경 오염 최소화	생활피해, 산림/경관 훼손, 행정절차
해상 풍력	설치비용 절감, 안전성	전자파로 인한 인체 피해 우려, 관광자원 손실 및 시설의 안전성 우려, 생태계 훼손
		소음 및 진동, 전자파로 인한 어선 전자장비 교란 및 인체 피해 우려, 안전성 우려, 산림(계측기)/경관훼손, 생활터전(어업) 축소

자료: 김태현 외(2018b)

- 선행연구 및 인터뷰를 통해 사업에 대한 사회적 수용성 요인들을 도출하고 각 요인들이 시설 설치 성공/실패에 얼마나 중요한지, 현재 수준은 어느 정도인지를 진단함

- 에너지전환사업에 대한 사회적 수용성 요인들
- 사전 정보공개 및 충분한 사업설명
 - 투명한 의사결정 및 참여기회 보장
 - 이해당사자들 간 소통 및 협력
 - 협동조합 등 공동체 주도의 사업 추진 및 참여
 - 개발이익 공유 및 경제적 보상
 - 산림, 해양, 생태계 등 자연환경 훼손방지
 - 주변 경관을 해치지 않는 것
 - 지역 환경 개선 및 일자리 창출
 - 시설의 안전성(사고, 재해 위험)
 - 인체에 미치는 영향 최소화
 - 철저한 운영관리 및 책임주체

- 기존 연구와 인터뷰를 통해 공통적으로 논의된 사회적 수용성을 제고하기 위해서 재생에너지 시설 설치 유형별 찬성정도를 조사하고 응답자 특성별 차이를 분석함
- 시설 설치 관련 지역에 거주하거나 눈에 보이는 거리에 재생에너지 시설이 입지해 있는지에 따라 에너지전환시설 찬성정도에 차이가 있는지 t-test를 통해 분석해본 결과 통계적으로 유의미한 차이는 없는 것으로 나타남

〈표 56〉 시설 관련 여부에 따른 시설 찬성정도 차이(D5, D6)

구분		N	Mean	t	Sig.
시설 설치 관련 여부 (D5)	X	1,804	5.19	-.061	.951
	O	196	5.20		
눈에 보이는 거리에 시설 입지 (D6)	X	1,639	5.18	-.712	.477
	O	361	5.24		

- 하지만 시설 및 입지 유형에 따른 수용성은 내 집 주변과 아닌 것에 차이가 있는 것으로 나타났고, 결과를 바탕으로 향후 사업 추진 방향을 제시할 필요가 있음
 - 재생에너지시설 설치에 대체로 찬성하나(7점 평균 5.19점) 내가 살고 있는 건물 외부 태양광 패널(5.16)이나 내 집에서 눈에 보이지 않는 거리에 있는 태양광 및 풍력 발전시설(5.14)에 대해서 주로 설치에 찬성함
 - 반면 내 집 주변 눈에 보이는 경우 대규모 태양광 발전단지(4.53)나 육상 풍력발전소(4.54)에 대한 수용성은 낮음
 - 하지만 내 집 주변 눈에 보이는 경우라도 남이 살고 있는 건물 외부 태양광 패널(4.87)이나 수상태양광 발전단지(4.72), 해상 풍력발전소(4.72)에 대한 수용성은 상대적으로 높게 나타남
- 또한 성별, 연령, 정부 신뢰도, 정치적 성향 등 응답자 특성에 따라 재생에너지시설 설치 찬반여부에 차이가 있는 것으로 나타나 이에 따른 맞춤형 정책 제안이 필요함
 - 재생에너지시설 설치에 반대하는 비율이 상대적으로 높은 남성과 60대, 현 정부에 대한 신뢰도가 낮고, 정치적 성향이 보수적인 시민들을 대상으로 수용성을 제고할 수 있는 방안을 지속적으로 논의하고 사회적 합의를 이끌어내야 함

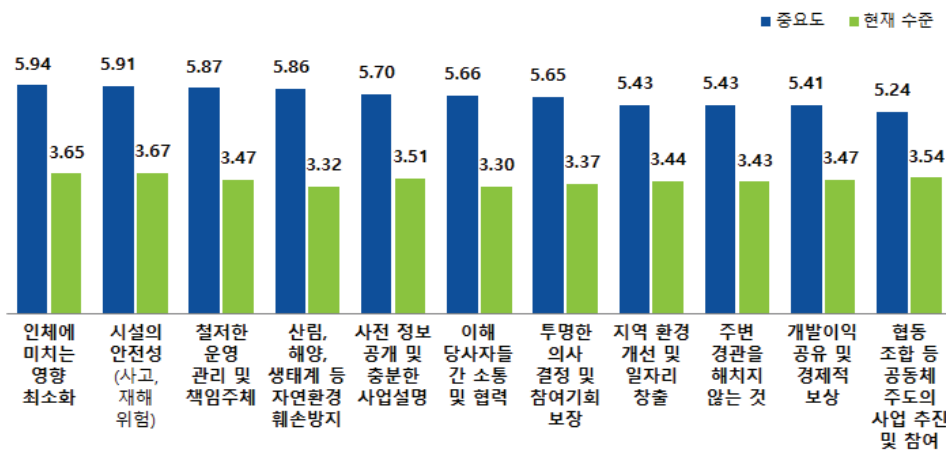
〈표 57〉 응답자 특성에 따른 재생에너지시설 설치 찬반 입장

구분	관계(Mean)	F	Sig.	비고
성별 (SQ2)	여자(5.26) > 남자(5.13)	5.043(t값)	.025	등분산 X (t-test)
연령 (SQ1)	10대(5.35), 40대(5.33), 30대(5.26) > 60대(4.88)	5.129	.000	등분산 X (Dunnett T3)
학력 (DQ1)	차이 없음	.860	.507	
소득 (DQ2)	차이 없음	1.252	.282	
신뢰 (DQ3)	매우 신뢰(6.19), 신뢰(5.71) > 중립(5.15), 불신(5.00) > 매우 불신(4.04)	83.029	.000	등분산 X (Dunnett T3)
성향 (DQ4)	매우 진보적(5.63) > 진보적(5.53) > 중도적(5.10), 보수적(4.89)	19.732	.000	등분산 X (Dunnett T3)

○ 현재 모든 사항에서 중요도 대비 현재 수준의 격차가 큰 것으로 보이며, 이러한 격차를 해소하기 위해 현재 수준을 제고할 수 있는 방안 마련이 필요함

- 시설 설치 사업 성공/실패와 관련된 사항에 대한 중요도와 현재 수준을 7점 척도로 질문한 결과, 중요도는 ‘인체에 미치는 영향 최소화’(5.94점), ‘시설의 안전성(사고, 재해 위험)’(5.91점), ‘철저한 운영관리 및 책임주체’(5.87점) 등의 순으로 모든 사항에서 5점 이상으로 나타났고, 현재 수준은 모든 사항에서 보통(4점) 보다 낮은 3점대의 수준으로 나타남

[그림 81] 시설 설치 사업 성공여부 관련 사항 중요도 및 현재 수준



○ 시설 설치 사업 성공여부 관련 중요도-현재 수준 분석 결과를 바탕으로 수용성 제고 우선순위를 고려하여야 함

- 향후 재생에너지 시설 설치 시 시민들이 중요도를 높게 인식하는 10) 인체에 미치는 영향 최소화나 9) 시설의 안전성(사고, 재해 위험)에 대하여 충분한 이해를 구할 필요가 있음
- 현재 수준을 낮게 평가하고 있는 3) 이해당사자들 간 소통 및 협력, 6) 산림, 해양, 생태계 등 자연환경 훼손방지, 2) 투명한 의사결정 및 참여기회 보장 등을 우선적으로 고려하여야 함

〈표 58〉 시설 설치 사업 중요도 및 현재 수준 관련 우선순위

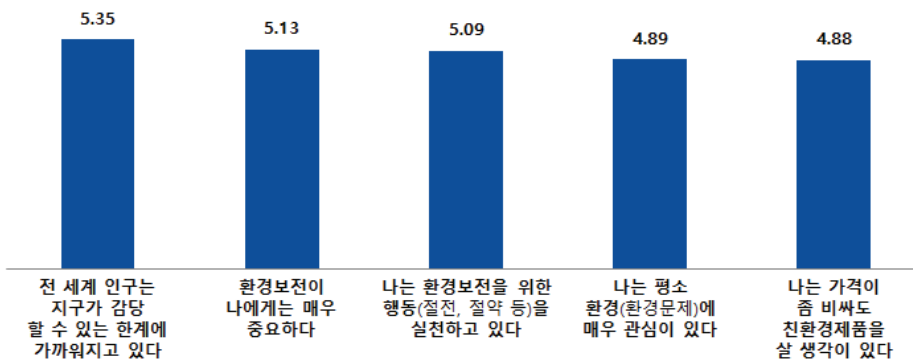
순위	중요도(높음→낮음)	현재 수준(낮음→높음)
1	10) 인체에 미치는 영향 최소화	3) 이해당사자들 간 소통 및 협력
2	9) 시설의 안전성(사고, 재해 위험)	6) 산림, 해양, 생태계 등 자연환경 훼손방지
3	11) 철저한 운영관리 및 책임주체	2) 투명한 의사결정 및 참여기회 보장
4	6) 산림, 해양, 생태계 등 자연환경 훼손방지	7) 주변 경관을 해치지 않는 것
5	1) 사전 정보공개 및 충분한 사업설명	8) 지역 환경 개선 및 일자리 창출
6	3) 이해당사자들 간 소통 및 협력	11) 철저한 운영관리 및 책임주체
7	2) 투명한 의사결정 및 참여기회 보장	5) 개발이익 공유 및 경제적 보상
8	8) 지역 환경 개선 및 일자리 창출	1) 사전 정보공개 및 충분한 사업설명
9	7) 주변 경관을 해치지 않는 것	4) 협동조합 등 공동체 주도의 사업 추진 및 참여
10	5) 개발이익 공유 및 경제적 보상	10) 인체에 미치는 영향 최소화
11	4) 협동조합 등 공동체 주도의 사업 추진 및 참여	9) 시설의 안전성(사고, 재해 위험)

제 4 절 환경·사회 의식과 사회 전환

□ 지속가능한 에너지·사회전환을 위한 기반으로 환경의식과 사회의식이 정부신뢰나 정치적 성향에 따라 달라지는지, 에너지전환정책 및 사업에 대한 찬성정도가 환경의식 및 사회의식에 영향을 받는지 진단

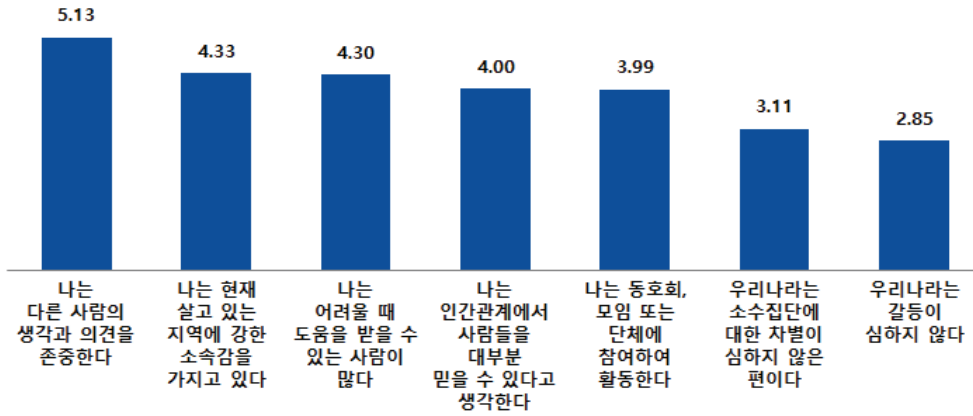
○ 환경의식 관한 항목들에 대해 얼마나 동의하는지를 7점 척도로 질문한 결과, '전 세계 인구는 지구가 감당할 수 있는 한계에 가까워지고 있다'(5.35점), '환경보전이 나에게서 매우 중요하다'(5.13점), '나는 환경보전을 위한 행동(절전, 절약 등)을 실천하고 있다'(5.09점)는 5점 이상으로 나타남

[그림 82] 환경의식 동의 정도(C4)



○ 사회의식 관한 항목들에 대해 얼마나 동의하는지를 7점 척도로 질문한 결과, '나는 다른 사람의 생각과 의견을 존중한다'는 5.13점으로 가장 높게 나타났으며, '나는 현재 살고 있는 지역에 강한 소속감을 가지고 있다'(4.33점), '나는 어려울 때 도움을 받을 수 있는 사람이 많다'(4.30점)의 순으로 높게 나타남

[그림 83] 사회의식 동의 정도



- 전반적으로 사회의식에 비해 환경의식이 높게 나타났으며, 대체로 연령대가 높아질수록 환경의식 동의 정도가 높아짐. 사회의식 동의 정도에 있어서도 상대적으로 ‘우리나라는 소수 집단에 대한 차별이 심하지 않은 편이다’(3.11점), ‘우리나라는 갈등이 심하지 않다’(2.85점)는 항목이 낮게 나타났으며, 이 결과에 따르면 대체로 우리나라는 차별과 갈등이 심하다고 인식하고 있음
- 특히 15-19세 연령대가 ‘우리나라는 갈등이 심하지 않다’(2.97)는 항목에서 가장 낮은 점수를 나타냄

□ 환경의식 및 사회의식과 정부 신뢰도 간 상관관계가 있는 것으로 나타남

- 환경의식 및 사회의식과 정부 신뢰도 간에 어떠한 관계가 있는지 살펴보기 위해 상관관계 분석을 진행함²⁹⁾
- 환경의식 관련 5문항(C4-1~C4-5)과 사회의식 관련 5문항(C5-1~C5-5)의 응답치에 대해 평균을 내어 분석을 진행함
- 정부 신뢰도와 관계를 살펴보면 환경의식은 0.146, 사회의식은 0.164로 유의수준 0.01 수준에서 상관관계가 약간 있는 것으로 나타남. 정부에 대한 신뢰도가 높아질수록 환경의식과 사회의식이 정(+)의 상관관계를 보임

29) 사회의식 관련 문항 중 ‘우리나라는 갈등이 심하지 않다(C5-6)’, ‘우리나라는 소수집단에 대한 차별이 심하지 않은 편이다(C5-7)’ 두 문항은 우리나라 상황에 대한 진단을 한 항목으로 제외하였음

〈표 61〉 에너지전환정책 및 1.5℃ 제한 목표 찬성여부와 정치적 성향과의 상관관계(N=2000)

	구분	에너지전환정책(A8)	1.5℃ 제한 목표(A10)	정치적 성향(D4)
에너지 전환 정책	Pearson Correlation	1		
	Sig.(2-tailed)			
1.5℃ 제한 목표	Pearson Correlation	.416**	1	
	Sig.(2-tailed)	.000		
정치적 성향	Pearson Correlation	-.236**	-.153**	1
	Sig.(2-tailed)	.000	.000	

주: ** 0.01수준에서 유의함.

- 한편 1.5℃ 제한 목표 달성을 위한 관련 사항 중 정치적 성향과의 상관관계를 분석한 결과, 전기요금 인상에 대한 상관관계가 가장 높은 것으로 나타났으며, 탄소배출 식량 소비 감소, 화석연료 자동차 퇴출, 온실가스 감축노력 유도 순으로 정치적 성향과 관계가 높은 것으로 나타남

〈표 62〉 1.5℃ 제한 목표 달성을 위한 관련 사항 동의여부와 정치적 성향과의 상관관계

	구분	정치적 성향(D4)	A5-1)	A5-2)	A5-3)	A5-4)	A5-5)	A5-6)
정치적 성향	Pearson Correlation	1						
	Sig.(2-tailed)							
A5-1)	Pearson Correlation	-.186**	1					
	Sig.(2-tailed)	.000						
A5-2)	Pearson Correlation	-.138**	.424**	1				
	Sig.(2-tailed)	.000	.000	.000				
A5-3)	Pearson Correlation	-.110**	.331**	.454**	1			
	Sig.(2-tailed)	.000	.000	.000	.000			
A5-4)	Pearson Correlation	-.137**	.413**	.455**	.649**	1		
	Sig.(2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000		
A5-5)	Pearson Correlation	-.109**	.354**	.488**	.516**	.528**	1	
	Sig.(2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
A5-6)	Pearson Correlation	-.136**	.351**	.454**	.528**	.511**	.650**	1
	Sig.(2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000

주: ** 0.01수준에서 유의함.

〈표 64〉 환경의식, 사회의식과 정책 및 시설 찬반 정도와의 상관관계(N=2000)

구분		환경의식(C4)	사회의식(C5)	정책 찬반(A2)	1.5℃ 목표 제한(A4)	시설 찬반(C1)
환경 의식	Pearson Correlation	1				
	Sig.(2-tailed)					
사회 의식	Pearson Correlation	.403**	1			
	Sig.(2-tailed)	.000				
정책 찬반	Pearson Correlation	.304**	.114**	1		
	Sig.(2-tailed)	.000	.000			
1.5℃ 목표 제한	Pearson Correlation	.466**	.219**	.416**	1	
	Sig.(2-tailed)	.000	.000	.000		
시설 찬반	Pearson Correlation	.378**	.181**	.578**	.501**	1
	Sig.(2-tailed)	.000	.000	.000	.000	

주: ** 0.01수준에서 유의함 / * 0.05 수준에서 유의함.

- 환경의식이 사회의식 보다 정책 및 시설 찬성 정도와 상관관계가 높게 나타난 것을 바탕으로 정치적 성향과 환경의식 간 관계를 고려한 수용성 제고 방안 마련 가능
- 정책 및 시설 찬성 정도가 상대적으로 낮은 보수 성향에서 환경문제 관심과 지구보호, 미래세대 보호 등 정치적 성향을 넘어서는 가치에 대한 환경인식이 높게 나타나므로 전환정책 및 재생에너지 시설 설치, 1.5℃ 제한의 환경적인 효과에 대한 객관적인 정보 전달과 긍정적인 피드백 제시를 통해 사회적 수용성을 제고할 수 있는 여지가 있음

제 5 절 사회적으로 지속가능한 에너지전환

1. 에너지전환정책을 위한 시사점

- 지속가능한 사회전환 관련 이론과 설문조사를 통한 현실의 인식 차이를 비교·분석함
 - 시민 또는 지역 공동체 참여에 의한 사회전환을 추구하는 이론과 달리 일반 시민들은 분권(사회) 보다 재생에너지(환경) 및 수요관리(에너지)를 더 중요하게 인식함
 - 1.5℃ 제한 목표에 대체로 찬성하지만 전기요금 인상에 대한 동의 정도는 상대적으로 낮고 탄소세 도입 같은 기업의 온실가스 감축 노력 유도에 대한 동의 정도가 큼
- 정책 사항 및 주체별 역할에 대한 중요도-성과 분석결과를 바탕으로 사회적 지속가능성 및 시민인식변화 등을 고려한 에너지전환정책 방향을 제시함
 - 재생에너지와 수요관리 관련 성과들을 바탕으로 지속적인 전환정책을 유지할 필요가 있음
 - 중요도에 비하여 성과가 낮은 일자리(경제) 부문에서 에너지전환을 통해 신산업 및 일자리를 발굴하여 경제적 발전을 도모하는 정책에 우선순위를 두어야 할 필요가 있음
 - 주체별 역할에 대한 분석결과에서 나타나듯이 기업 역할의 중요성에 비해 성과도가 부족하므로 재생에너지 분야에 대한 적극적인 투자를 통해 신산업 시장 및 일자리 창출 방안을 모색할 필요가 있음
- 에너지전환정책에 대한 사회적 수용성을 면밀히 고려한 정책 추진 필요
 - 남성, 60대, 현 정부에 대한 신뢰도가 낮은, 정치적 성향이 보수에 가까운 사람들이 에너지전환정책에 대한 찬성정도가 상대적으로 낮게 나타나므로 이와 같은 성별, 연령, 정부신뢰, 정치성향 등을 고려한 사회적 수용성 제고 방안이 필요함
 - 중요도 대비 성과가 낮게 인식되고 있는 일자리(경제) 부문에서 신산업 및 일자리를 발굴하고 경제적 발전을 도모하는 데에 에너지전환이 기여할 수 있도록 해야 함
 - 특히 사회전환을 위한 핵심요소인 분권(사회)에 대한 중요도가 가장 낮게 인식되고 있는 바, 시민 또는 지역 공동체가 참여하여 고르게 에너지를 생산하고 소비하는 것에 대한 국민적인 공감대 형성이 필요함
 - 주체별 역할에 있어서도 중요도 대비 성과가 낮게 인식되고 있는 기업의 적극적인 투자를 통한 신산업 시장 및 일자리 창출과 함께 현재 성과에 비하여 중요도가 가장 낮게 인식되고

있는 비정부 시민사회단체(NGO)에 의한 간접적인 참여 및 협의(단체 대표의 참여) 등을 종합적으로 고려하여 정책에 대한 사회적 합의를 이끌어 필요 있음

2. 에너지전환사업을 위한 시사점

□ 성공적인 에너지전환사업을 위한 연구와 인터뷰를 통한 현실의 차이를 비교·분석함

- 기존 문헌에서 재생에너지시설 설치 사업에 대한 사회적 수용성 요인으로 제시된 요인들과 현장 실무자 및 사업 관련자 인터뷰를 통해 도출한 요인들은 일부 일치하는 부분도 있으나 차이가 있는 부분도 존재함
- 재생에너지시설에 대한 연구논문과 보고서, 기사 등을 통해 도출한 사회적 수용성 요인으로 안전우려, 환경 훼손, 소음 및 진동, 전자파, 생활 피해(건강), 신뢰, 인식 부재, 소통 부재, 재산상 피해(보상, 지가 하락, 임대료) 등이 논의됨
- 현장 실무자 및 사업 관련자 인터뷰로부터 도출된 사업 성공 및 실패 요인과 일치하는 부분도 있었으나, 검증되지 않은 주장들로 인해 주제 간 갈등이 심화되는 사례가 다수 존재함
- 행정절차상 문제, 생활 피해, 환경 피해, 경제적 피해로 인해서만 쟁점이 발화되는 것은 아니라는 것을 확인할 수 있었음
- 재생에너지시설 입지 과정에서 단순히 보상의 문제로 인해 갈등이 발생하는 것이 아님
- 따라서 갈등에 대응할 수 있도록 정부는 주민운동을 존중하고, 소통을 통한 대책을 마련할 경우 충분히 합의점을 찾을 수 있음

□ 재생에너지시설 설치 사업에 대한 사회적 수용성을 고려한 사업 추진 필요

- 시설 설치 사업에 대한 사회적 수용성 진단 결과 시설 및 설치 유형에 따라 눈에 보이는 대규모 태양광 발전단지나 육상 풍력발전소에 대한 수용성이 상대적으로 낮게 나타나므로 눈에 보이지 않는 건물 외부 태양광 패널이나 발전단지, 수상/해상 발전 시설 등 수용성이 상대적으로 높은 시설유형 및 설치 방식에 대한 다각적 고려가 필요함
- 정책에 대한 수용성과 마찬가지로 남성, 60대, 현 정부에 대한 신뢰도가 낮은, 정치적 성향이 보수에 가까운 사람들이 재생에너지시설 설치 사업에 대한 수용성도 상대적으로 낮게 나타나므로 사업 추진 시 이에 대한 고려가 필요함
- 선행연구 및 인터뷰에서는 사업에 대한 개발이익 공유 및 경제적 보상, 협동조합 등 공동체 주도의 사업 추진 및 참여 등이 주요 성공/실패요인으로 제시되었으나 설문문을 통한 진단 결과에서는 중요도가 가장 낮게 나타나 기존과 다른 접근이 요구됨

- 인체에 미치는 영향과 시설의 안전성, 철저한 운영관리 및 책임주체에 대한 중요도를 가장 높게 인식하고 있는 한편 이해당사자들 간 소통 및 협력, 자연환경 훼손방지, 투명한 의사결정 및 참여기회 보장에 대한 현재 수준은 가장 낮게 판단하고 있으므로 사업 추진 시 이에 대한 고려를 우선순위에 둘 필요가 있음
- 안전에 관한 사항은 팩트 체크 문제에서 기인한 것으로 충분한 정보 제공과 주민 설명이 이루어져야 함

3. 환경·사회인식과 지속가능한 에너지·사회전환

□ 환경·사회인식을 고려한 에너지·사회전환의 지속가능성 제고 필요

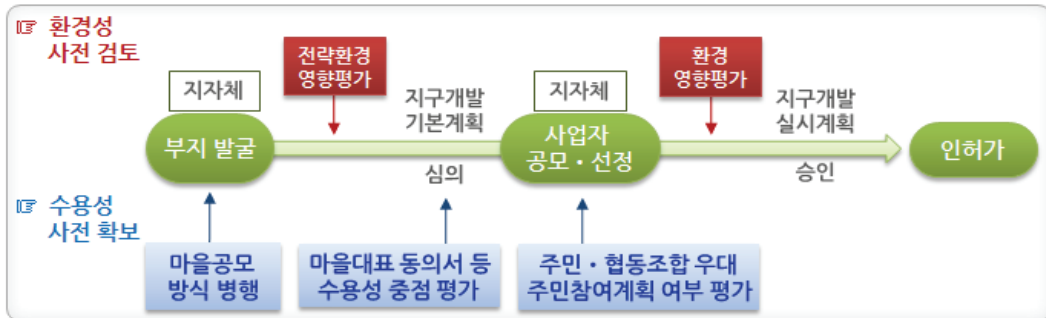
- 설문을 통한 진단 결과 에너지전환정책 및 사업에 대한 찬성정도는 환경의식 및 사회의식 수준에 영향을 받고 환경의식과 사회의식은 정부신뢰나 정치적 성향에 따라 달라지는 것으로 나타남
- 환경의식과 사회의식 수준이 높을수록 지구온난화 1.5℃ 제한 목표와 재생에너지 시설 설치, 에너지전환정책 순으로 찬성하는 정도가 높고, 이러한 상관관계는 사회의식 보다 환경의식이 더 높게 나타나므로 지속가능한 에너지·사회전환을 위해서는 환경의식 고취가 전제되어야 함을 알 수 있음
- 환경의식과 사회의식은 모두 정부 신뢰가 높은 그룹에서 높게 나타나지만 정치적 성향이 보수적인 그룹에서 환경의식이 높고 진보성향이 강한 그룹에서 사회의식이 높게 나타난 결과는 향후 환경 및 사회의식 고취를 통한 에너지·사회전환 추진 시 고려해볼 만한 이슈임
- 사회적으로 수용성을 저해하고 있는 요인들(재생에너지 시설 설치 문제 및 피해에 대한 언론 및 기사의 영향력, 소통 부재 등)에 대해 주민들로 하여금 신뢰를 얻을 수 있는 정보를 제공하고, 미래세대를 포함한 국민들의 긍정적 인식을 이끌어내 주인의식을 갖고 참여할 수 있도록 유도할 필요가 있음

4. 정책적 활용방안 및 제언

□ 단기적/중·장기적 제도 활용방안 제시

- 단기적으로 (가칭)‘지속가능한 에너지전환위원회’를 구성하여 사회적 합의 도출
 - 에너지전환정책 및 사업에 대한 사회적 수용성 진단을 통해 확인된 국민들의 이해와 인식정도의 차이를 고려하여 사회적 합의와 공론화 추진
- 중·장기적으로는 주민참여를 제도화하는 방안 마련
 - 2017년 12월 산업통상자원부에서 발표한 「재생에너지 3020 이행계획(안)」에 따르면 수용성과 환경성을 사전에 확보하고, 개발이익은 공유하는 계획입지제도 도입을 제시하고 있음

[그림 84] 계획입지제도 추진절차(안)



자료: 산업통상자원부(2017). p.5.

- 본 연구에서 도출한 수용성 요인들로 체크리스트를 마련하여 에너지전환 관련 제도 및 사업 인허가 절차에서 주민수용성 평가 시 적용

□ 지역주도 및 이익공유제도 국내 도입 방안 마련

- 덴마크 사례의 경우 지역소유제(local ownership)를 도입하여 풍력발전의 계획단계에서부터 참여케 하는 제도적 장치를 마련
 - 이는 지역 주민들로 하여금 풍력발전시설에 대한 거부감이 없도록 하고, 시설이 설치되는 지역 이내(4.5km)의 주민이 풍력발전기의 최대 20% 지분을 살 수 있는 권리를 보장받게 됨(이유진, 2018)
- 독일의 풍력발전 사례도 지역사회와 주민들의 참여를 중시
 - 독일 협동조합의 전통 강해 국민 4명 가운데 1명은 협동조합 구성원이며, 정부의 에너지전환 정책 시행 이후 재생 에너지 협동조합이 급격히 증가함(이유진, 2018)

- 재생에너지로 인한 환경갈등을 해소하기 위한 전담 비영리기관으로 KNE(Competence Centre for Nature Conservation and Energy Transition)를 설립 운영
- KNE 중재 사례에 제시된 사회적 수용성 요인을 살펴보면 환경가치에 대한 가치관 차이로 인한 것과 경제적 보상 두 가지 문제로 구분됨. 경제적 보상과 같은 사회갈등을 해소하기 위하여 지자체 차원에서 풍력발전에서 발생하는 세금을 공유하는 방안이나 일정 반경 지역 내 주민들에게 보상을 하는 방안 등을 적용하고 있음(김태현 외, 2018b)

○ 지역주민이 주도하고 이익을 공유하는 제도 도입 및 운영

- 농사와 태양광 발전을 병행하는 ‘영농형 태양광’ 과 같은 소규모 사업 및 지원 활성화
- 고령화를 대비하여 마을 단위의 공동체적인 협동조합 운영을 통해 재생에너지 시설을 설치하고 이익은 지분에 참여한 주민이 배분하는 방식으로 운영

□ 정부-지자체-주민 간 거버넌스 구축 및 역량 강화

○ 지역에너지 전담조직 설치를 통한 사회적 대화 지속

- 독일 KNE 사례에서처럼 갈등의 특성과 여건에 맞는 중앙정부 내에 갈등해결 조직을 설치하고, 중앙정부-지자체 간 에너지정책협의회 구성·운영 및 활동지원을 통한 사회적 수용성 강화 및 갈등비용 최소화
- 중앙정부와 지방정부 등에서 추진하고 있는 정책과 사업에 대한 모니터링 및 평가, 지원 체계를 구축

○ 시민 또는 지역 공동체가 고르게 참여하는 에너지 분권사회 조성

- 시민들이 인식하는 재생에너지(환경), 수요관리(에너지)의 중요성이 분권(사회) 보다 큰 것은 에너지 분권사회로의 전환에 있어 도전과제가 될 수 있음
- 자치분권의 제도적 기반 확보를 위해 주민발의, 주민소환, 주민투표, 설명회 및 공청회 등의 주민참여 제도를 실질적으로 보장할 필요가 있음
- 수요관리, 에너지공급, 산업과 일자리 등 지역차원에서 분담 영역에 대한 업무 조정과 재배분을 촉진해야 함
- 지자체가 지역에너지 전환 행정 주체로서 갈등해결을 중재하는 역할을 한다면, 사업자는 경제적 주체로서 수익을 보장해주고 지역상생을 위한 협업을 진행하는 역할을 수행해야 하며, 지역주민은 생산과 참여의 주체로 활동하여 환경과 경제, 사회가 지속가능하도록 하는 역할을 수행함

○ 지방정부와 시민사회의 에너지 정책 역량 강화

- 지방정부 에너지조례 등에서 규정하고 있는 지역에너지계획, 에너지위원회, 에너지 통제

구축 및 에너지 백서 제작, 에너지기금, 에너지전담조직 등을 실현할 수 있도록 중앙정부 차원의 지원 프로그램 마련(강영진 외, 2018)

- 관련 규정 마련, 정보 제공, 컨설팅, 교육, 예산 보조 등 새로운 일자리 제공, 전기요금 인하 등으로 지역사회 이익의 기회를 창출

5. 소결

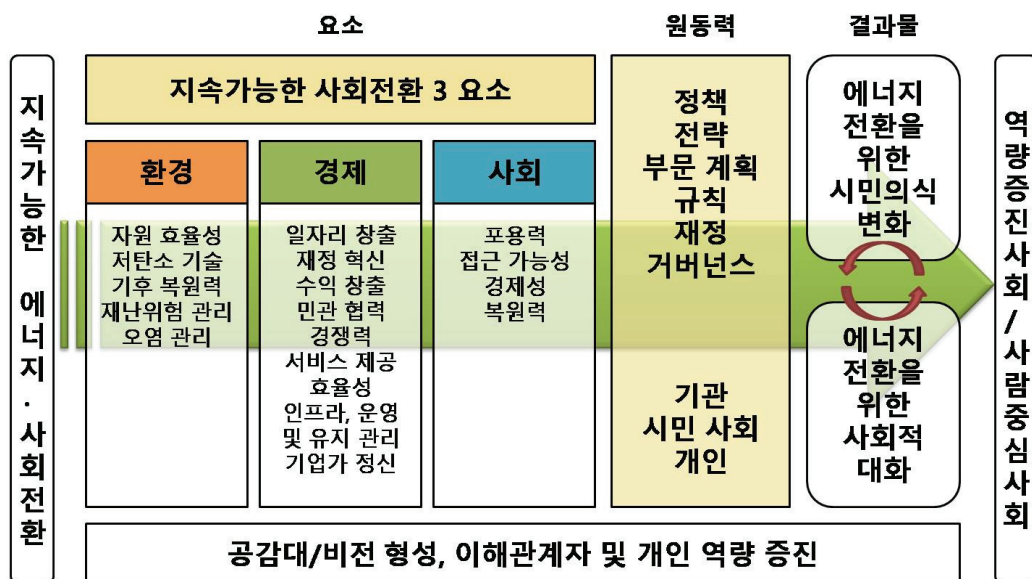
- 지구 온난화를 1.5℃ 이내로 제한하기 위해 에너지·사회전환이 불가피
 - 에너지전환의 목표는 깨끗하고 안전하고 저렴한 에너지 공급원을 만드는 것으로 성공적인 이행을 위해서는 사회적 합의를 통한 인식의 전환(사회전환)이 필요함
- 시민들의 인식변화와 함께 사회적 합의를 형성해 나가는 중장기적 전략이 필요
 - 포용국가, 사회혁신, 사회적자본 등 사회적으로 지속가능한 거버넌스 체계 속에서 에너지전환에 대한 인식 변화와 사회적 합의를 통해 역량증진사회, 사람중심사회를 형성하여 지속가능한 에너지·사회전환이 이루어지는 선순환 구조를 갖추어야 함
 - 포용에너지 관점에서 지구 자원을 수탈하지 않고 골고루 에너지 복지를 실현하는 혁신적 포용국가 기여 필요
 - 에너지전환정책 및 재생에너지시설 사업에 대한 사회적 수용성이 증가할 때 환경-경제-사회적으로 지속가능한 에너지·사회전환이 이루어질 수 있음
- 에너지전환정책 및 사업에 대한 사회적 수용성 진단을 통해 확인된 국민들의 이해와 인식정도의 차이를 면밀히 고려하여 사회적 합의와 공론화가 이루어져야 함
 - 환경 갈등을 사전에 예방하고 효과적으로 관리하기 위한 참여적 의사결정, 환경영향평가의 객관성과 신뢰성 확보, 제3자의 중재와 조정 등과 같은 환경거버넌스 구축
 - 공론화위원회에 의한 '시민 참여형 조사'와 같이 제도적인 시민참여를 통하여 갈등에 대한 대립성의 정도를 낮춘 경험을 토대로 에너지전환정책 및 사업에 대한 사회적 합의 도출이 필요
 - 주민 참여를 제도화 또는 공론화시킴으로써 역량 강화, 사회·경제적 지원이 환경, 경제, 사회라는 요소 안에서 선순환하는 구조가 되도록 해야 함

- 주민들의 의견을 배제한 채 사업자의 이익창출을 위한 목적으로 사업 진행 시 사회적 비용이 크게 증가할 수 있으므로 사회적 수용성을 고려한 방안들이 제시되어야 함
 - 에너지전환에 대한 호의적인 국민인식증진교육 및 홍보
 - 에너지전환에 투자하는 국가비용의 이익주체가 국민이 되는 제도 개선
 - 에너지전환사업 인허가 절차에 주민수용성을 적극 도입
 - 정부차원에서 각 지자체의 에너지전환사업과 관련한 주민민원에 대한 법적, 제도적 가이드 라인을 일원화
- 적절한 보상이 기본이 되지만 단순히 보상의 문제가 아니라 주민이 직접 참여하고, 신뢰할 수 있는 방안을 마련해야 함
 - 에너지전환에 있어 지역수용성과 연관된 '절차적 정의(공정성)'와 '분배적 정의(분배)' 문제를 논의하여야 함
 - 주민들에게 투명하고 제대로 된 정보를 제공하여 신뢰를 통한 합리적 참여로 이끌어내야 함
 - 직접적인 피해보상과 함께 지역사회 발전에 기여할 수 있는 방안을 찾고, 전기요금 인하, 새로운 일자리 제공, 에너지전환에 대한 홍보 및 교육 등으로 지역사회에 이익의 기회를 창출하는 등의 효과를 이끌어내야 함
- 사회적 합의를 통해 재생에너지 시설을 성공적으로 보급해 온 사례로 독일과 덴마크의 주민참여 및 이익공유 방식을 참고할만함
 - 독일은 풍력발전 입지 시 지역사회와 주민들의 참여를 중시하여 사업의 20% 지분을 지역주민들이 소유하도록 법으로 제정하여 의무화하고 있어 주민들이 풍력발전 투자로 이익을 보고 있음
 - 중앙정부가 입지 조건을 정하는 대신 주정부 차원의 권고안을 참고하되 각 지자체가 자율적으로 '풍력발전 우선지역'을 지정하고 입지 가이드라인을 제시하는 방식³⁰⁾
 - 덴마크도 풍력발전의 계획단계에서부터 참여할 수 있는 지역소유제를 통해 지역 주민들의 수용성을 높이는 데 기여함

30) OhmyNews(2015.5.22.), “풍력발전은 왜 지역에서 환영받지 못하나”, http://www.ohmynews.com/NWS_Web/View/at_pg.aspx?CNTN_CD=A0002107302, 검색일: 2019.3.17.

- 정부에 대한 신뢰도를 높이고 정책 만족도를 높이기 위해 사회적 대화 및 시민참여를 제도화 하는 방안을 지속적으로 논의하고, 갈등 감소 및 역량 증대를 위한 갈등관리 및 수용성 제고 방안을 체계화할 필요가 있음
- 특히 에너지전환은 장기적으로 이루어져야 하는 사안인 만큼 미래세대의 인식 변화와 참여가 매우 중요하며, 정부에 대한 신뢰를 높이고 갈등을 해결하려는 사회적 대화의 노력이 필요함
- 사회적 수용성이 제고되는 과정에서 사회적 지속가능성이 가능해질 것이고, 지속가능한 에너지전환을 통한 사회전환과 사회전환을 통한 에너지전환이 함께 선순환 구조를 이룰 때 에너지전환에 대한 시민들의 인식이 변화할 수 있고 참여를 통한 역량 증진이 가능해질 것임

[그림 85] 지속가능한 에너지·사회전환 개념도



자료: S. Sandhu et al.(2016), "Green Solutions for Livable Cities"를 재구성함.

제5장 결 론

제 1 절 연구요약

1. 1.5℃ 대응 심층 에너지전환 시나리오

- 기후변화는 지속가능발전을 위협하는 가장 중요하고 확실한 위험으로, 기후변화의 완화는 인류의 지속가능한 발전의 전제조건임
 - 현재 인간의 활동은 산업화 이전 대비 약 1℃의 온난화를 유발한 것으로 평가되며, 현재의 배출 증가율을 유지할 때 2030년에서 2052년 사이에 1.5℃가 상승할 것으로 예측됨
 - 2018년 IPCC는 특별보고서를 통해 지구평균온도의 지구 평균온도 2℃ 제한은 안전선이 아닌 최후의 보루이며, 2℃ 제한과 1.5℃ 제한은 자연과 인간시스템에 미치는 영향력에 큰 차이가 있기 때문에 1.5℃ 제한의 필요성을 주장
 - 50%의 가능성을 가지고 1.5℃ 목표 달성을 위해서 2018년 이후 남은 전지구 탄소예산은 770GtCO₂임
- 온실가스의 배출책임, 온실가스 감축역량 및 형평성이라는 유엔기후변화협약의 원칙을 반영하여 전지구 탄소예산을 각국에 배분할 경우 우리나라의 2050년 탄소예산은 대부분의 경우 음의 배출을 나타냄
 - ‘1인당 동일누적배출량 기준’ 하에서 2032년과 2033년 사이에 순배출이 0이 되고, 2050년에는 -739MtCO₂ 만큼 음(-)의 배출이 요구됨
 - ‘1인당 동일배출량수렴 기준’ 하에서는 Contraction & Convergence 기준 하에서 2050년 32MtCO₂ 배출 가능
 - 책임과 역량을 함께 고려하는 ‘RCI 노력분담방식 기준’ 하에서 2050년 70MtCO₂ 배출이 가능

- 온실가스 감축로드맵 수정안 및 제3차 에너지기본계획 민간워킹그룹 권고안에 따른 2030년 및 2040년의 이산화탄소 배출량은 1.5℃ 목표에 상응하는 우리나라 탄소예산을 초과하여 온 4℃에 가까운 온난화를 유발하는 매우 불충분(highly insufficient)한 수준
- 본 연구에서는 배분방식별 우리나라 탄소예산 및 IPCC 1.5℃ 특별보고서의 제안을 고려하여, 1.5℃ 목표달성을 위한 2050년 이산화탄소 목표 순배출량을 0으로 설정하고, 기술적이나 정책적으로 실현 가능할 것으로 판단되는 분야별(수요, 공급) 대안들을 종합한 시나리오 제시
- 에너지효율의 획기적 개선, 탈탄소 잠재량이 높은 전력비중 증가, 재생에너지 이용의 대폭 확대를 통해 국내 이산화탄소배출량을 2017년 592백만톤에서 2050년 50백만톤으로 91.5% 줄이고 개발도상국 온실가스 감축지원을 통해 순배출 0 달성
- 2018년 이후 에너지효율성을 매년 3.0% 개선하여 에너지집약도(TOE/백만원)를 2017년 0.114에서 0.042로 줄이고, 최종에너지소비는 2017년 172.6백만TOE에서 2050년 114.4백만TOE로 33.7% 절감
- 탄소 무배출 에너지원은 원자력과 재생에너지이며, 이들 에너지원은 에너지 이용형태 중 열이나 수송용 보다는 발전부문의 잠재량이 높아, 탈탄소 에너지전환은 필수적으로 전기화를 동반
 - 발전량은 2017년 553.5TWh에서 935.1TWh로 68.9% 증가하고, 최종에너지 중 전기비중은 2017년 25.3%에서 2050년 63.7%로 증가
- 전기화와 더불어 전력생산에서 태양광, 풍력 등 재생에너지 이용을 대폭 확대하여 발전부문의 탄소집약도를 최소화
 - 재생에너지 비중을 최대 85%까지 제고하고, LNG 발전 및 에너지저장기술(배터리, 수소, P2G 등)을 통해 전력계통의 유연성을 확보
- 에너지전환 효율 40% 이상을 달성하는 태양광모듈, 부유식 해상풍력 등 혁신적 재생에너지 발전기술을 개발하여 저비용, 고효율 전력생산구조 확립
 - 전기분해 수소, 배터리 등 고효율, 저비용 전력저장장치의 개발 및 전력수급관리체계의 업그레이드를 통해 재생에너지전력의 간헐성 극복
- 개도국의 지속가능발전을 지원하고, 상대적으로 낮은 비용으로 온실가스 감축목표를 달성하기 위해 5천만톤의 이산화탄소는 해외감축 추진
- 발전, 수송, 가정·상업·공공, 산업 부문별 비전 및 전략 제시
- 발전부문은 2017년 233백만톤CO₂를 2050년 16백만톤CO₂로 감축하고, 탈탄소화로 전력의 탄소집약도(tCO₂e/MWh, 소비단) 2017년 0.4046에 0.0194로 개선하는 것이며, 발전부문

전력믹스는 탄소집약도가 높은 석탄발전 비중을 지속적으로 낮추고 이를 태양광, 풍력 등 재생에너지로 대체

- 수송부문은 수송연료를 발전부문 저탄소화와 함께 석유에서 전기로 대체하여 배출량을 2017년 118.0백만톤CO₂에서 2050년 7.6백만톤CO₂로 감축하며, 전기모터의 에너지효율이 내연기관에 비해 4배 이상이므로, 전기화가 진행됨에 따라 수송용 최종에너지소비도 2017년 42.8백만TOE에서 13.0TOE로 대폭 감소
- 가정·상업·공공부문 전체 이산화탄소 배출량은 탈탄소화 에너지전환에 따라 2017년 176.2백만톤에서 2050년 8.2백만톤으로 95.3% 저감되며, 최종에너지 소비는 2017년 46.7백만TOE에서 2050년 31.6백만TOE로 32.4% 감소
- 산업부문 배출량은 2017년 298.2백만톤에서 2050년 34.7백만톤으로 저감하고, 최종에너지 소비는 2017년 83.1백만TOE에서 2050년 73.0백만TOE로 12.1% 감소하며, 산업부문의 탈탄소화의 가장 중요한 요인은 철강, 석유화학, 시멘트 등 에너지다소비업종의 탈탄소화임

2. 에너지전환과 산업 전환

- 현재 한국의 에너지산업은 석유산업을 제외한 네트워크 산업에서는 엄격한 가격규제 및 독점적 산업구조에 따른 진입제한이라는 문제를 안고 있으며, 전력산업과 가스산업이 독점적으로 운영되는 상황은 비단 그 자체에 그치지 않고, 국내 에너지 공급흐름 전반에 영향을 주고 있음
- 현재 한국의 전력산업은 Utility 1.0→Utility 2.0 으로 가는 중간단계인 Utility 1.5 수준에 머물러 있으므로, 빠른 시간 내에 일차적으로 현재의 선진국 수준인 Utility 2.0에 이르기 위한 제도개편을 서둘러야 하며, 2050년까지 Utility 3.0으로 진화
- 과도한 에너지 요금 규제로 인해 요금이 시장에서 자율적으로 결정되지 못하고 낮은 수준에 머무르고 있으므로, 수익성 모델 개발을 촉진하기 위해서 규제를 완화
- 높은 진입장벽으로 다른 판매사업자의 시장 진입이 어려워 신규 사업모델 개발 유인이 부족하고 신규 서비스 창출에도 어려움이 있는 만큼, 현재의 독점적 시장구조 철폐 노력
- 소비정보 개방 및 공유기반 구축을 통해 정보 독점을 해소하여 데이터를 활용한 신규 수익모델 개발을 유도
- 에너지사업 융복합을 추진하여 에너지 업역 간 엄격한 구분을 해소하고 타 산업과의 융복합추진

- 산업부문 탈탄소화의 관건은 철강, 석유화학 등 에너지다소비업종의 탈탄소화임
 - 대규모 투자가 필요한 장치산업으로서 새로운 비가역적 투자를 유도하기 위해서는 온실가스 외부비용 반영 등 확고한 정부정책 의지가 전제되어야 함 (배출권 거래가격 등)
 - 미래 철강기술인 수소환원제철법이나, 미래 석유화학 기술인 바이오연료전환 기술에 대한 Mega R&D 사업을 지속개발하고, 국가 R&D 로드맵에 반영하여 강력 추진
 - 기업차원의 저탄소 기술투자나 R&D 투자에 대해서는 대기업·중소기업 차별 없이 지원
 - 수소환원제철공법의 경우 저가의 수소제조 공급원 확보가 관건이므로 정부의 수소경제 추진 정책과 연계

3. 에너지전환과 사회 전환

- 에너지전환은 기후변화를 억제하고 우리 경제의 효율성 제고를 위한 필요조건이나, 성공적으로 이행되기 위해서는 정치적 지향과 관계없이 국민적 합의가 요구기 때문에 시민들의 인식변화와 함께 사회적 합의과정을 형성해 나가는 중장기적 전략이 필요함
- 에너지전환정책의 사회적 수용성과 에너지전환사업의 사회적 수용성 향상 방안을 도출하기 위하여 설문조사와 전문가 원고 청탁, 인터뷰 등을 수행
 - 정책에 대한 사회적 수용성 요인 분석결과 차이를 보인 연령 및 성별, 학력, 소득, 정부 신뢰도, 정치적 성향, 정책 찬반 입장에 따른 맞춤형 정책을 구상할 필요가 있음
 - 에너지전환정책 및 1.5℃ 제한 목표에 대한 찬반 여부는 현 정부 신뢰도와 정치적 성향에 따라 차이가 큰 것으로 나타남
 - 에너지전환정책 사항과 주체별 역할에 대한 중요도와 성과도를 매트릭스 형태로 분석한 결과를 통해 정책결정사항의 우선순위를 정하고 수용성 제고방안을 논의할 필요가 있음
 - 에너지전환사업에 대한 갈등이 지속적으로 발생하고 있지만 대체적으로 재생에너지 시설에 대한 필요성은 긍정적으로 인지하고 있음
 - 재생에너지 시설 설치에 대한 찬성 정도가 높은 수준임에도 불구하고 '내 집 주변 시설' 설치와 '내 집에서 눈에 보이지 않는 거리에 있는 시설' 설치를 비교해 보면, '내 집에서 눈에 보이지 않는 거리에 있는 시설'이 '내 집 주변 시설'에 비해 찬성 정도가 높게 나타남
 - 에너지전환사업 사례를 통해 사회적 수용성을 저해하는 요인으로 안전우려, 환경 훼손, 소음 및 진동, 전자파, 생활 피해(건강), 신뢰, 인식 부재, 소통 부재, 재산상 피해(보상, 지가 하락, 임대료) 등을 파악할 수 있음

□ 시민들의 인식변화 및 사회적 합의과정 형성을 위한 중장기적 전략 마련

- 가칭 '에너지 전환 공론화 위원회'를 구성하여 에너지전환정책 및 사업에 대한 사회적 합의와 공론화 추진
- 중앙정부 내에 지역에너지 전담조직을 설치하고, 중앙정부-지자체 간 에너지정책협의회 구성/운영 및 활동지원을 통한 사회적 수용성 강화
- 지역주민이 주도하고 이익을 공유하는 제도 도입 및 운영
 - 농사와 태양광 발전을 병행하는 '영농형 태양광' 과 같은 소규모 사업 및 지원 활성화
 - 덴마크와 같이 지역소유제에 기반한 이익공유의 제도화 추진
- 지방정부 및 지역주민의 역량을 강화하기 위해, 지역에너지계획, 에너지위원회, 에너지통계 구축 및 에너지 백서 제작, 에너지기금, 에너지전담조직 등을 실현하기 위한 중앙정부 차원의 지원 프로그램 마련

제 2 절 연구의 한계 및 향후 연구방향

- 본 연구는 1.5℃ 기후변화 정책목표에 상응하는 탄소예산을 배출목표로 설정하고 이를 달성하기 위한 심층에너지전환 시나리오를 제시하여 온실가스의 실질적 감축을 위한 논의의 토대를 마련하였다는 점에서 의의를 찾을 수 있음
 - 하지만 제시한 시나리오는 모든 가능한 시나리오의 기술적 검토, 사회적 논의를 통한 선별의 과정을 거쳐 채택된 것이 아니라, 기존 문헌 및 기술적 가능성에 대한 연구자의 주관성이 개입된 시나리오임
- 우리나라 에너지의 60% 이상을 소비하는 산업부문의 전환을 에너지전환의 관건으로 보고 에너지 산업의 혁신, 산업구조의 전환, 에너지다소비 업종의 탈탄소화 전략을 집중 검토
 - 연구기간 및 자료의 한계 상 우리나라 산업을 대상으로 정밀한 데이터 분석에 기반한 정책대안을 제시하는데 이르지 못하는 못하고 외국문헌에서 제시된 탈탄소화전략의 국내적용방안의 검토에 국한
- 에너지전환정책에 대한 논란이 언론 등을 통해 지속되고, 구체적인 재생에너지 설치사업은 지역주민들의 반대로 지연되는 상황에서 에너지전환을 사회적 관점에서 재검토하고 사회전환의 시각에서 수용성제고 방안 마련
 - 사회전환을 수용성 중심으로 논의를 진행함으로써, 에너지전환과정에서 에너지이용 및 생산 주체의 변화, 주체간의 사회적 관계의 전환이라는 관점에 대한 분석 및 대안 제시는 부족
- 현재 환경부를 중심으로 2050년 온실가스 감축목표를 포함하는 '저탄소발전전략'을 마련 중
 - 이해당사자 및 전문가들을 중심으로 '저탄소사회비전포럼'을 구성하고 사회적 논의를 시작하였으며, 관련부처의 추천을 받은 전문가로 구성된 '공동작업반'은 비전포럼을 기술적으로 뒷받침하고 있음
 - 본 연구결과 및 사용된 방법론을 정치화하여 우리나라 탄소예산을 사회적 논의과정을 통해 확정하고, 이를 달성하기 위한 에너지전환전략을 다양한 시나리오 및 대안분석을 통해 마련할 필요
 - 특히 본 연구의 한계로 제시된 산업부문의 온실가스 감축옵션을 데이터기반 하에 추가 검토하고, 지역주민이 에너지전환사업을 주도하는 과정에서 지역사회의 건강성을 강화하고 지속가능한 사회로 전환을 이루는 계기가 되는 방안에 대한 심층 연구 필요

참고문헌

[국내문헌]

- 강영진 외(2018), "제3차 에너지기본계획 WG 갈등관리·소통분과 기초보고서".
- 관계부처합동(2018), "2030 온실가스 감축로드맵 수정안".
- 구인회 외(2018), "포용국가와 소득주도성장, 사회정책", 혁신적 포용국가 심포지엄 발표자료(2018.12.20).
- 김태현 외(2016), "정부3.0 기반 지역기피시설 주민수용성 평가 방안(II)", 한국환경정책·평가연구원.
- 김태현 외(2018a), "동아시아 환경공동체 발전전략 개발 및 협력사업. 환경거버넌스 강화를 위한 공공참여제도 한중 비교연구", 한국환경정책·평가연구원.
- 김태현 외(2018b), "사회·환경영향을 고려한 태양광·풍력발전시설 입지 방안 연구", 한국환경정책·평가연구원.
- 김희동(2018), "도심지 태양광사업의 갈등과 해법", 태양광 가짜뉴스 오해와 진실 세미나 발표자료 (2018.11.15).
- 산업통상자원부(2017), "재생에너지 3020 이행계획(안)".
- 산업통상자원부/에너지경제연구원(2018), "2018에너지통계연보".
- 성경룡(2017), "포용국가", 경기: 21세기북스.
- 신고리 5·6호기 공론화 위원회(2017), "신고리 5·6호기 공론화 백서".
- 신중진 외(2013), "지역공동체 역량강화를 위한 마을만들기 추진방안 연구 - 2007~2009 살고싶은 마을만들기 시범사업을 중심으로", 국토연구원.
- 안영환 외(2017), "저탄소경제 비전 연구". 경제·인문사회연구회 미래사회 협동연구 총서(17-13-01).
- 에너지경제연구원(2016), "산업부문 에너지효율개선 국가전략 연구(1차년도)".
- 에너지경제연구원(2017), "산업부문 에너지효율개선 국가전략 연구(2차년도)".
- 에너지경제연구원(2019a), "제3차 에너지 기본수요 및 목표수요", 제3차 에너지 기본 공개세미나 발표 자료(2019.1.4.).
- 에너지경제연구원(2019b), "전력시장 개혁방향", 제3차 에너지 기본 공개세미나 발표자료(2019.1.17).
- 이상엽·전호철·김이진(2017), "신기후체제 대응을 위한 2050 저탄소 발전전략 연구 I", 한국환경정책·평가연구원.
- 이승준·안병옥(2016), "신기후체제의 기후변화적응 및 손실과 피해에 관한 대응방안", 한국환경정

책·평가연구원.

이유진(2015), "에너지자립마을의 사회적 자본에 관한 연구: 정부·주민 주도형 사례를 중심으로", 지방정부연구, 제19권 제3호, pp.153-176.

이유진(2018), "지역에너지 전환을 위한 시민사회 대응전략 ? 재생가능에너지 입지 갈등을 중심으로 -", 지역에너지전환 사회를 위한 지방정부·시민사회 공동 심포지엄 발표자료 (2018.10.1).

이창훈 외(2014), "화석연료 대체에너지원의 환경경제성 평가 II - 재생에너지 발전원을 중심으로", 한국환경정책·평가연구원.

이창훈(2018), "기후변화의 위험과 대응", 신안보연구, 제3권 제1호, pp.7-31.

임송택(2018), "태양광 가짜뉴스의 문제점과 개선방안", 태양광 가짜뉴스 오해와 진실 세미나 발표 자료(2018.11.15).

정기환(2006), "농촌지역의 사회적 자본과 지역사회 발전", 한국농촌경제연구원.

정기환·심재만(2004), "사회자본 측정지표 개발: 농촌 지역의 사회자본과 지역사회발전에 관한 연구", 한국농촌경제연구원.

정동일(2018), "포용국가의 헌법질서: 사람먼저, 국민성장, 시민창출", 혁신적 포용국가 심포지엄 발표자료(2018.12.20).

정미나(2016), "사회혁신이란 무엇인가: 사회혁신의 특성과 사회변화", 월간 사회혁신의 시선, 2016.10, 서울사회혁신센터.

제3차 에너지기본계획 워킹그룹(2018), "지속가능한 번영을 위한 대한민국 에너지비전 2040 - 제3차 에너지기본계획 수립방향에 대한 권고-".

채여라 외(2017), "신기후체제와 기후안전사회로의 전환", 경제·인문사회연구회 미래사회 협동연구총서 17-20-21.

추장민(2018), "녹색포용사회로의 지속가능한 발전 전략", Inclusive Korea 2018 컨퍼런스 발표자료(2018.5.25).

한국교통안전공단(2018), "2017 자동차주행거리통계".

홍성민(2018), "혁신적 포용성장을 위한 산업정책 추진 방안에 대하여", 혁신적 포용국가 심포지엄 발표자료.

환경부 온실가스종합정보센터(2018), "국가 온실가스 인벤토리 보고서".

환경부(2018), "2016년 온실가스 배출량 6억 9,410만톤, 전년 대비 0.2% 증가", 보도자료 (2018.9.21).

WWF(2018), "지속가능한 미래를 위한 대한민국 2050 에너지전략". WWF.

[국외문헌]

- BNEF(2017), "New Energy Outlook 2018".
- Caulier-Grice, J.(2012), "Social Innovation Overview: A deliverable of the project "The theoretical, empirical and policy foundations for building social innovation in Europe" (TEPSIE), European Commission 7th Framework Programme.
- Climate Transparency (2018): Brown to Green: The G20 Transition to a Low-Carbon Economy, Climate Transparency.
- Hausfather, Z.(2018), "Analysis: How much 'carbon budget' is left to limit global warming to 1.5°C", Carbon Brief.
- Höhne, N., den Elzen, M., & Weiss, M.(2006), "Common but differentiated convergence (CDC): a new conceptual approach to long-term climate policy". Climate Policy, 6(2), 181-199.
- International Energy Agency(2018), "World energy balances".
- IPCC(2014) "Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change".
- IPCC(2018a), "Special Report on 1.5°C".
- IPCC(2018b), "Global warming of 1.5°C Summary for policymakers".
- IRENA(2018), "Global Energy Transformation. A Roadmap to 2050".
- McKinsey & Company(2017), "Energy transition: mission (im)possible for industry? A Dutch example for decarbonization".
- McKinsey & Company(2018), "Decarbonization of industrial sectors: the next frontier(June 2018)".
- OECD(2017), "Environmental Performance Review - Korea".
- Sandbag(2018), "Barriers to Industrial Decarbonisation", Sandbag.
- Sandhu, S.C. et al.(2016), "Green Solutions for Livable Cities", ADB.
- TEPSIE(2014), "Social Innovation Theory and Research: A Summary of the Findings from TEPSIE(The theoretical, empirical and policy foundations for building social innovation in Europe)", European Commission - 7th Framework Programme.
- UN(1992), "United Nations Framework Convention on Climate Change".
- UN(2015), "UN Paris Agreement".

UNEP(2018), "Emissions Gap Report 2018".

WCED(1987), "Our Common Future".

World Economic Forum(2018), "The Global Risks Report 2018".

WSP & DNV-GL(2015), "Industrial Decarbonisation & Energy Efficiency Roadmaps to 2050: Cross-sector Summary", UK Department of Energy and Climate Change and the Department for Business, Innovation and Skills.

Wyns, T. & Axelson, M.(2016), "Decarbonising Europe's energy intensive industries. Realising long-term transitions", Institute for European Studies & Vrije Universiteit Brussel.

東京電力(2018), "Utility3.0 脱炭素化に向けたエネルギー産業の将来像", 발표자료(2018.5).

竹内純子(2018), "2050年のエネルギー産業-日本のエネルギー大転換-". 발표자료(2018.10).

[웹사이트]

국가기후변화적응정보포털. (<http://climateadapt.kei.re.kr/>, 검색일: 2019.2.12.).

녹색성장위원회, "에너지·환경관련 기술과 산업 등에서 미래 유망품목과 신기술을 개발하고, 기존 산업과 융합하면서 새로운 성장 동력과 일자리를 얻는 것", (<http://www.greengrowth.go.kr/>, 검색일: 2019.03.11.).

문화일보(2018.07.10.), "중금속 범벅 '폐 태양광 패널' 폭증... 무방비로 매립만", (<http://www.munhwa.com/news/view.html?no=2018071001070221326001>, 검색일: 2019.3.14.).

서울신문(2019.3.14.), "태양광산업協, 2차 여론조사서도 국민 86.8% "태양광 확대·유지", (http://www.seoul.co.kr/news/newsView.php?id=20190314034001&wlog_tag3=naver, 검색일: 2019.3.14.)

에너지경제(2018.12.4.), "탈핵 에너지전환은 일방통행...대만사례 교훈 삼아야", (<https://blog.naver.com/moonjinforum/221412151748>, 검색일: 2019.1.4.).

에너지전환정보센터 홈페이지, "이거 맞나요?", (<https://www.etrans.go.kr/qna/list.php>, 검색일: 2018.12.17.)

한국에너지공단, "태양광&풍력발전 바로알기", (<https://www.knrec.or.kr/pds/book.aspx>, 검색일: 2018.12.5.).

한국태양광산업협회, "기자 간담회(세종청사 산업부 기자실)", (<http://www.kopia.asia/>, 검색일:

- 2018.12.3.).
- 행정안전부 홈페이지. (www.mois.go.kr, 검색일: 2019.3.8.).
- 환경운동연합(2018.11.16.), "태양광 가짜뉴스 오해와 진실", (<http://kfem.or.kr/?p=195575>, 검색일: 2019.2.3.).
- Climate Equity Reference Calculator 홈페이지. (<https://calculator.climateequityreference.org/>, 검색일: 2019. 1. 25.).
- ClimateActionTracker 홈페이지. (<http://climateactiontracker.org>, 검색일: 2018.11.28.).
- GlobalCarbonProject 홈페이지. (<http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/17/highlights.htm>, 검색일: 2018. 12. 17.).
- IRENA 홈페이지. (<https://www.irena.org/newsroom/pressreleases/2017/May/Renewable-Energy-Employs-98-million-People-Worldwide-New-IRENA-Report-Finds>, 검색일: 2019.3.20.).
- NASA Goddard Institute for Space Studies 홈페이지. (<https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/customize.html>, 검색일: 2019.3.20.).
- OECD 홈페이지. (www.oecd.org, 검색일: 2019.3.2.).
- OhmyNews(2015.5.22.), "풍력발전은 왜 지역에서 환영받지 못하나". (http://www.ohmynews.com/NWS_Web/View/at_pg.aspx?CNTN_CD=A0002107302, 검색일: 2019.3.17.).
- UN Sustainable Development 홈페이지. (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/>, 검색일: 2019.3.5.).
- World Resources Institute. CAIT Climate Data Explorer. (<https://cait2.wri.org/>, 검색일: 2019.3.20.).
- Worldbank 홈페이지. (www.worldbank.org, 검색일: 2019.3.2.).

부 록

지속가능발전과 에너지·산업전환: 사회전환 관련 시민의식 조사(설문지)

지속가능발전과 에너지·산업전환: 사회전환 관련 시민의식 설문조사

SQ1. [QUOTA] 귀하의 연령은 어떻게 되십니까?

: _____년 생(태어난 해)

SQ2. [QUOTA] 귀하의 성별은 무엇입니까?

1) 남자 2) 여자

SQ3. [QUOTA] 귀하께서 현재 거주하고 계신 지역은 어디입니까?

(_____)

[prog : 17개 시도 지도 모양 선택]

SQ4. 귀하께서 현재 거주하고 계신 지역에 해당하는 우편번호를 "우편번호찾기"로 검색하여 입력해 주십시오.

우편번호(5자리) _____ [검색]

[prog : 시군구 등정보 입력 후 우편번호 선택할 수 있도록 구현]

A. 에너지전환에 대한 이해

A1. 귀하는 현재 정부가 추진하는 에너지전환 정책에 대해 얼마나 알고 있다고 생각하십니까?

전혀 모름	-----중립-----					잘 알고 있음
1	2	3	4	5	6	7

A2. 귀하는 현재 정부가 추진하는 에너지전환 정책에 대해 찬성하십니까?

※ 에너지전환 정책: 안전하고 깨끗한 에너지로의 전환을 위해 원전을 단계적으로 감축하고, 재생에너지를 확대 공급하며, 지역과 산업 활성화를 위한 대책을 마련하는 것

반대	-----중립-----					찬성
1	2	3	4	5	6	7

A3. 귀하는 정부가 주장하는 다음 사항들에 대해서 얼마나 동의하십니까?

구분	항목	비동의 ----- 중립 ----- 동의						동의
		1	2	3	4	5	6	
전력 수급	1) 2080년경까지 완만하게 원전을 감축하므로 여유설비가 충분하여 정전 가능성은 적다.							
	2) 에너지저장장치를 활용하면 신재생 발전도 날씨에 따른 에너지공급 변동은 크지 않다.							
	3) 전기차, 에너지고효율제품 등 신기술 확산으로 인한 전력수요 변동은 크지 않다.							
	4) 에너지전환 정책에도 전력공급은 충분하므로 당장 전기요금 인상은 크지 않을 것이다.							
	5) 재생에너지 단가 하락, 효율 향상 등으로 장기적 전기요금 인상은 크지 않을 것이다.							
원전	6) 환경·사회적 비용을 반영하면 원전보다 신재생 발전원가가 경제적이다.							
	7) 전 세계적으로 원전건설은 감소, 원전해체는 증가 추세이다.							
	8) 해외 신규 원전 건설보다 노후 원전 해체 시장 전망이 더 낫다.							
태양광	9) 전환목표달성에 필요한 태양광 설치 필요 부지면적 및 산림훼손은 그다지 크지 않다.							
	10) 태양광 발전설비의 전자파는 생활가전보다 낮아 인체에 나쁜 영향을 주지 않는다.							
	11) 태양광 발전설비의 빛 반사율은 건물 외장 유리 반사율보다 적어 눈이 부시진 않다.							
	12) 태양광 발전설비가 주변 환경에 주는 영향(일조량, 자외선, 온·습도 등)은 미약하다.							
	13) 태양광패널 소재 및 세척제는 독성이 없어 토양 및 지하수 오염 가능성은 적다.							
	14) 수상태양광 설치로 인한 주변 수질 및 생태계 영향은 거의 없다.							
풍력	15) 풍력 발전기의 소음은 생활소음 규제기준보다 낮아 인체에 피해를 주지는 않는다.							

16)	풍력 발전기 주변은 환경영향평가 실시로 산림, 생태계를 훼손시키지 않는다.							
17)	풍력 발전기는 야생조류(새)의 충돌에 큰 영향을 주지 않는다.							
18)	해상풍력으로 인한 생태계 변화는 거의 없다.							

A4. 귀하는 UN을 중심으로 국제사회가 추진하고 있는 “지구온난화 1.5℃ 제한” 목표에 찬성하십니까?

※지구의 기온상승을 1900년 이전에 비해 1.5도내로 제한할 경우 기후변화로 인한 피해를 크게 감소시킬 수 있습니다. 지구기온은 이미 1.1도 상승한 상황이며, 현재 우리나라 에너지전환정책수준으로는 3도 이상 증가시킬 가능성이 매우 높습니다. 1.5도 제한 목표를 달성하기 위해서는 온실가스를 87% 이상 배출하는 에너지부문의 급격한 전환이 필요합니다.

반대	중립					찬성
1	2	3	4	5	6	7

A5. 귀하는 1.5℃ 제한 목표 달성을 위한 다음 사항들에 대해서 얼마나 동의하십니까?

구분	항목	비동의	중립					동의
		1	2	3	4	5	6	7
1)	화석연료 대신 재생에너지(태양광, 풍력) 비용을 대폭 늘리기 위해 전기요금 인상도 감수한다.							
2)	육류, 유제품, 포장하거나 가공된 식품 등 탄소배출이 많은 식량의 소비를 줄인다.							
3)	온실가스를 대량 배출하는 석탄발전을 20년 내에 퇴출시켜야 한다.							
4)	휘발유, 경유차 등 화석연료 자동차를 20년 내에 퇴출시켜야 한다.							
5)	신축건물 및 기존건물의 단열기준을 강화하여, 비용이 상승하더라도 냉난방에너지사용을 최소화해야 한다.							
6)	온실가스 배출량에 비례하여 세금을 부과하는 탄소세를 도입하여, 기업들의 온실가스 감축노력을 유도한다							

B. 에너지전환 정책에 대한 인식

B1. 에너지전환 정책에서 다음 사항들이 얼마나 중요하고, 성과를 거두고 있다고 생각하시는지 응답해 주십시오.

※ 에너지전환 정책: 안전하고 깨끗한 에너지로의 전환을 위해 원전을 단계적으로 감축하고, 재생에너지를 확대 공급하며, 지역과 산업 활성화를 위한 대책을 마련하는 것

B1-1. 에너지전환 정책 사항 중 중요하다고 생각하시는 순서대로 5개를 선택해 주십시오.

	1순위	2순위	3순위	4순위	5순위
중요도					

- 1) 탈원전(안전): 원자력발전 비중을 줄여 잠재적 위험(사고, 인체영향 등)을 줄이는 것
- 2) 재생에너지(환경): 화석연료 비중을 줄이고 재생에너지 비율을 늘리는 것
- 3) 분권(사회): 시민 또는 지역 공동체가 참여하여 고르게 에너지를 생산하고 소비하는 것
- 4) 일자리(경제): 에너지전환을 통해 신산업 및 일자리를 발굴하여 경제적 발전을 도모하는 것
- 5) 수요관리(에너지): 에너지 소비를 줄이고 에너지 생산 효율을 개선하는 것(기술혁신)

B1-2. 에너지전환 정책 사항 중 성과를 많이 거두고 있다고 생각하시는 순서대로 5개를 선택해 주십시오.

	1순위	2순위	3순위	4순위	5순위
성과					

- 1) 탈원전(안전): 원자력발전 비중을 줄여 잠재적 위험(사고, 인체영향 등)을 줄이는 것
- 2) 재생에너지(환경): 화석연료 비중을 줄이고 재생에너지 비율을 늘리는 것
- 3) 분권(사회): 시민 또는 지역 공동체가 참여하여 고르게 에너지를 생산하고 소비하는 것
- 4) 일자리(경제): 에너지전환을 통해 신산업 및 일자리를 발굴하여 경제적 발전을 도모하는 것
- 5) 수요관리(에너지): 에너지 소비를 줄이고 에너지 생산 효율을 개선하는 것(기술혁신)

[prog : B1, B1-1, B1-2 한 화면에 구성할 것]

B2. 에너지전환 정책이 성공적으로 자리 잡기 위해서 다음 주체들의 역할이 얼마나 중요하고 현재 수준은 어느 정도라고 생각하시는지 응답해 주십시오.

B2-1. 에너지전환 정책이 성공적으로 자리 잡기 위한 주체들의 역할 중 중요한 순서대로 5개를 선택해 주십시오.

	1순위	2순위	3순위	4순위	5순위
중요도					

- 1) 정부: 정부의 적극적인 홍보, 정보공개, 소통을 위한 제도 마련(공론화위원회 설치 등)
- 2) 기업: 적극적인 투자를 통한 신산업 시장 및 일자리 창출
- 3) 시민: 온·오프라인을 통한 시민들의 직접적인 의견 개진 및 참여(국민청원, 공청회 등)
- 4) NGO: 비정부 시민사회단체(NGO)에 의한 간접적인 참여 및 협의(단체 대표의 참여)
- 5) 연구: 객관적이고 과학적인 연구에 기반 한 정책 형성(공공·민간·대학 연구기관 참여)

B2-2. 에너지전환 정책에 대한 주체들의 역할 중 현재 수준이 높은 순서대로 5개를 선택해 주십시오.

	1순위	2순위	3순위	4순위	5순위
현재 수준					

- 1) 정부: 정부의 적극적인 홍보, 정보공개, 소통을 위한 제도 마련(공론화위원회 설치 등)
- 2) 기업: 적극적인 투자를 통한 신산업 시장 및 일자리 창출
- 3) 시민: 온·오프라인을 통한 시민들의 직접적인 의견 개진 및 참여(국민청원, 공청회 등)
- 4) NGO: 비정부 시민사회단체(NGO)에 의한 간접적인 참여 및 협의(단체 대표의 참여)
- 5) 연구: 객관적이고 과학적인 연구에 기반 한 정책 형성(공공·민간·대학 연구기관 참여)

[prog : B2, B2-1, B2-2 한 화면에 구성할 것]

C. 에너지전환 사업에 대한 인식

C1. 귀하는 태양광, 풍력 등 재생에너지 시설 설치에 찬성하십니까?

반대	-----					찬성
1	2	3	4	5	6	7

C2. 귀하는 다음과 같이 재생에너지 시설이 설치되는 것에 대하여 어떻게 생각하십니까?

구분	항목	반대	중립						찬성
		1	2	3	4	5	6	7	7
1)	태양광 패널(내가 살고 있는 건물 외부: 옥상, 지붕, 외벽 등)								
2)	태양광 패널(남이 살고 있는 건물 외부: 눈에 보이는 경우)								
3)	대규모 태양광 발전단지(내 집 주변: 눈에 보이는 경우)								
4)	수상 태양광 발전단지(내 집 주변: 저수지, 호수, 강 등)								
5)	육상 풍력발전소(내 집 주변: 눈에 보이는 경우)								
6)	해상 풍력발전소(내 집 주변: 눈에 보이는 경우)								
7)	내 집에서 눈에 보이지 않는 거리에 있는 태양광 발전시설								
8)	내 집에서 눈에 보이지 않는 거리에 있는 풍력 발전시설								

C3. 시설 설치 사업 성공/실패에 다음 사항들이 각각 얼마나 중요하고 현재 수준은 어느 정도라고 생각하십니까?

구분	항목	중요도							현재 수준						
		낮음		--보통--			높음		낮음		--보통--			높음	
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1)	사전 정보공개 및 충분한 사업설명														
2)	투명한 의사결정 및 참여기회 보장														
3)	이해당사자들 간 소통 및 협력														
4)	협동조합 등 공동체 주도의 사업 추진 및 참여														
5)	개발이익 공유 및 경제적 보상														
6)	산림, 해양, 생태계 등 자연환경 훼손방지														
7)	주변 경관을 해치지 않는 것														
8)	지역 환경 개선 및 일자리 창출														
9)	시설의 안전성(사고, 재해 위험)														
10)	인체에 미치는 영향 최소화														
11)	철저한 운영관리 및 책임주체														

C4. 다음은 환경의식에 대한 질문입니다. 다음 각 항목에 대해 얼마나 동의하십니까?

구분	항목	비동의	-----중립-----						동의
		1	2	3	4	5	6	7	
1)	나는 평소 환경(환경문제)에 매우 관심이 있다.								
2)	환경보전이 나에게서는 매우 중요하다.								
3)	전 세계 인구는 지구가 감당할 수 있는 한계에 가까워지고 있다.								
4)	나는 가격이 좀 비싸도 친환경제품을 살 생각이 있다.								
5)	나는 환경보전을 위한 행동(절전, 절약 등)을 실천하고 있다.								

C5. 다음은 사회의식에 대한 질문입니다. 다음 각 항목에 대해 얼마나 동의하십니까?

구분	항목	비동의	-----중립-----						동의
		1	2	3	4	5	6	7	
1)	나는 인간관계에서 사람들을 대부분 믿을 수 있다고 생각한다.								
2)	나는 어려울 때 도움을 받을 수 있는 사람이 많다.								
3)	나는 다른 사람의 생각과 의견을 존중한다.								
4)	나는 현재 살고 있는 지역에 강한 소속감을 가지고 있다.								
5)	나는 동호회, 모임 또는 단체에 참여하여 활동한다.								
6)	우리나라는 갈등이 심하지 않다.								
7)	우리나라는 소수집단에 대한 차별이 심하지 않은 편이다.								

D. 응답자 특성

※ 마지막으로 통계처리를 위한 질문을 드리겠습니다.

D1. 귀하의 최종학력은 무엇입니까?

- 1) 초등학교 졸업 또는 중퇴
- 2) 중학교 졸업 또는 중퇴(재학 포함)
- 3) 고등학교 졸업 또는 중퇴(재학 포함)
- 4) 대학교 재학
- 5) 대학교 졸업
- 6) 대학원 재학 이상

D2. 귀하의 월평균 소득은 어느 정도입니까?

- | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1) 100만원 미만 | 2) 100~200만원 미만 | 3) 200~300만원 미만 |
| 4) 300~400만원 미만 | 5) 400~500만원 미만 | 6) 500만원 이상 |

D3. 귀하는 현 정부를 얼마나 신뢰하십니까?

- | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|----------|
| 1) 매우 불신 | 2) 불신 | 3) 중립 | 4) 신뢰 | 5) 매우 신뢰 |
|----------|-------|-------|-------|----------|

D4. 귀하의 정치적 성향은 어떠하십니까?

- | | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|-----------|
| 1) 매우 진보적 | 2) 진보적 | 3) 중도적 | 4) 보수적 | 5) 매우 보수적 |
|-----------|--------|--------|--------|-----------|

D5. 귀하는 에너지전환 정책 또는 재생에너지 시설 설치 사업과 관련이 있는 지역에 거주하시거나 또는 관련 직업을 가지고 계십니까?

- | | |
|--------|--------|
| 1) 아니다 | 2) 그렇다 |
|--------|--------|

D5-1. [D5. '2. 그렇다' 응답자만] 귀하는 에너지전환 정책 또는 재생에너지 시설 설치 사업과 어떠한 관련이 있습니까?

- | | | | | |
|--------|---------|--------|--------|--------------|
| 1) 사업자 | 2) 인근주민 | 3) 공무원 | 4) 연구원 | 5) 기타(_____) |
|--------|---------|--------|--------|--------------|



D6. 지금 살고 있는 집에서 눈에 보이는 거리에 재생에너지 시설이 있습니까?

- 1) 없다 2) 있다

D6-1. [D6. '2. 있다' 응답자만] 그렇다면 구체적으로 어떤 시설이 있습니까?

- 1) 태양광 발전단지 2) 풍력 발전단지 3) 기타(_____)

★ 설문에 응답해 주셔서 감사드립니다.

경제·인문사회연구회 협동연구총서 19-08-01

**지속가능발전과 에너지·산업전환:
기후변화 정책목표 1.5℃ 대응을 중심으로**

발행 2019년 4월
발행처 경제·인문사회연구회
주소 세종특별자치시 시청대로 370 세종국책연구단지 연구지원동 909호
전화 044) 211-1000
홈페이지 www.nrc.re.kr
ISBN 979-11-5567-297-6

* 연구회의 허락 없이 보고서 내용의 일부 또는 전체를 복사하거나 전재하는 행위를 금합니다.

