

2050

탄소중립 시나리오



2050
탄소중립위원회

CONTENTS

SECTION

01

기후위기와 국내외 대응노력	05
1-1. 기후위기의 심각성	06
1-2. 국제사회의 기후위기 대응노력	09
1-3. 우리나라의 온실가스 배출현황 및 저감노력	11

SECTION

02

2050 탄소중립 시나리오 수립배경 및 경과	17
2-1. 수립배경	18
2-2. 시나리오의 개념 및 의의	21
2-3. 시나리오 수립 경과	22

SECTION

05

탄소중립 실현을 위한 사회적 과제 제언	93
5-1. 제도적 기반 마련	94
5-2. 탄소중립 사회로의 공정하고 정의로운 전환	95
5-3. 탄소중립 핵심기술의 개발 및 투자 확대	96
5-4. 모든 사회구성원의 참여를 위한 소통·협력·교육	96

SECTION

06

부록	99
6-1. 대외 의견수렴 과정 및 결과	100
6-2. 탄소중립 시민사회 설문조사 결과	130
6-3. 청년이 제안하는 2040 기후중립 시나리오	133

SECTION

03

2050 탄소중립 시나리오 개요

25

3-1. 비전 및 원칙

26

3-2. 2050 탄소중립 시나리오 주요 내용

28

SECTION

04

부문별 탄소중립 시나리오 주요 내용

35

4-1. 전환 부문

36

4-2. 산업 부문

44

4-3. 건물 부문

51

4-4. 수송 부문

59

4-5. 농축수산 부문

67

4-6. 폐기물 부문

74

4-7. 수소 부문

80

4-8. 흡수원 부문

83

4-9. 이산화탄소 포집 및 저장·활용(CCUS) 부문

89





SECTION

01

기후위기와 국내외 대응노력

- 1-1. 기후위기의 심각성
- 1-2. 국제사회의 기후위기 대응노력
- 1-3. 우리나라의 온실가스 배출현황 및 저감노력

기후위기와 국내의 대응노력



1.1. 기후위기의 심각성

우리는 지금 기후위기 시대에 산다. 올해 여름으로만 국한해도 전 세계는 각종 기상재해를 경험했다. 올해 여름 독일, 벨기에 등지에서는 1,000년 만의 기록적 폭우로 200명 이상의 사상자가 발생했다. 캐나다는 역대 최고 온도 기록을 갱신하는 등 폭염이 지속되는 한편, 일본, 중국에서도 폭우로 많은 사상자가 발생했다. 개발도상국에서만 아니라 선진국에서도 기상재해가 빈발하고 있다.

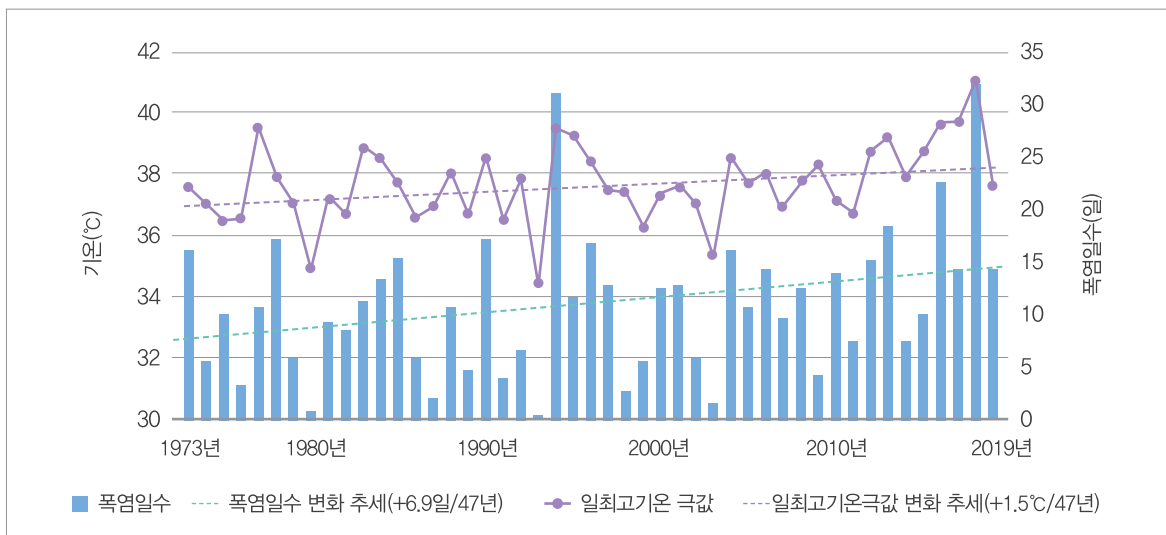
[그림 1-1] 2021년 세계의 기상재해(독일의 홍수(좌) 및 캐나다의 산불(우))



우리나라도 예외는 아니다. 1970년대 이후 폭염의 발생, 빈도 및 지속성이 꾸준히 증가하고 있다. 최근에는 기상 관측 이래 최장기간의 폭염과 최장기간의 장마를 기록하는 등 극단적인 기상 현상이 갈수록 빈번해지고 있다.¹⁾

1) 2018년 역대 최장기간의 폭염 기록, 2020년 중부지방·제주 역대 최장기간 장마 기록

[그림 1-2] 연도별 폭염 발생 빈도와 강도(1973~2019)



출처 : 한국환경정책·평가연구원(2020)에서 재인용

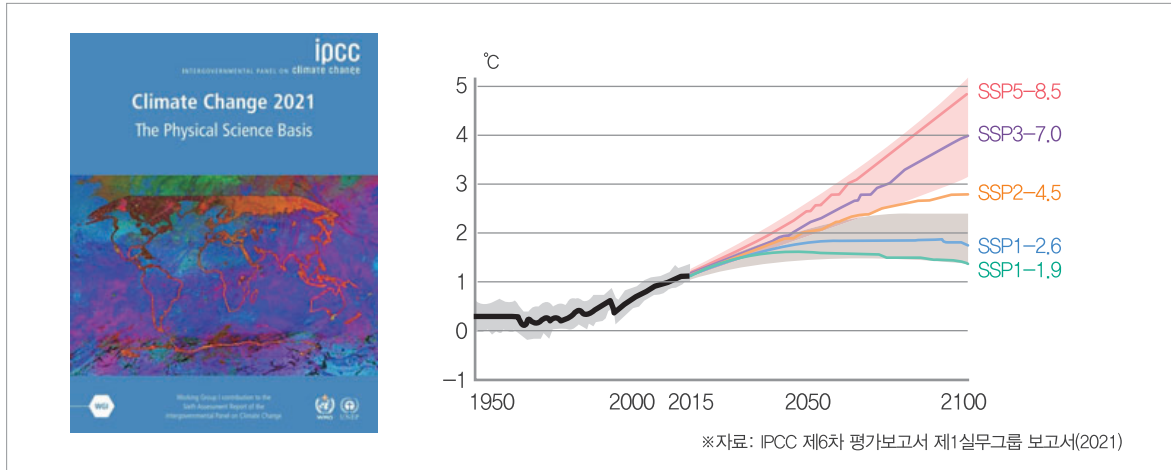
지난 10년간(2009년~2018년) 우리나라에서 기상재해로 20만 명의 이재민이 발생하고 약 12조원 가량의 경제적 손실을 기록한 가운데, 기후변화에 따른 피해는 향후 이보다 더욱 늘어날 것으로 예상된다.

기후변화의 속도는 점점 빨라지고 있다. 기후변화에 관한 정부 간 협의체(International Panel on Climate Change, IPCC)는 2018년 발표한 「지구온난화 1.5℃ 특별보고서」에서 지구 평균온도가 산업화 이전 대비 2017년 기준 약 1℃ 상승했으며,²⁾ 2030~2052년에는 산업화 이전 대비 1.5℃ 상승할 것으로 분석했다.

그런데 2021년에 발표한 「제6차 평가보고서」의 「제1실무그룹 보고서」에서는 산업화 이전 대비 1.5℃ 상승시점을 이전 분석보다 10년 가량 앞당긴 2021~2040년으로 예측하며, 국제사회에 보다 선제적인 대응을 요구했다.

2) 특별한 언급이 없을 시 산업화 이전 지구평균기온은 1850~1900년의 지구평균기온을 의미한다.

[그림 1-3] IPCC AR6 제1실무그룹보고서 표지(좌) 및 보고서 예측 향후 지구평균기온변화추이(우)



▶ 보고서에서는 지구 평균온도 변화 추이를 SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5의 다섯 가지 시나리오로 분석하였다. 이 시나리오들은 각각 미래의 다양한 사회경제적 상황을 가정한 것으로, 순서대로 SSP1-1.9가 가장 적은 온실가스 배출, SSP5-8.5가 가장 많은 온실가스를 배출한 사회를 의미한다. 보고서는 온실가스 감축 노력이 없을 경우 산업화 이전 대비 2100년 지구 평균 기온이 최대 5도까지 상승할 것으로 예측하고 있다.

[표 1-1] IPCC AR6와 AR5 제1실무그룹 보고서 간 분석 결과 비교

비교 요소	AR6 제1실무그룹 보고서 (2021년 발간)	AR5 제1실무그룹 보고서 (2013년 발간)
이산화탄소(CO ₂) 농도	410ppm (2019년)	391ppm (2011년)
전지구 평균 지표면 기온 (산업화 이전 대비)	1.09°C 상승 (2011~2020년)	0.78°C 상승 (2003~2012년)
2081~2100년 전지구 평균 지표면 온도 상승 범위	1.0~5.7°C (산업화 이전 대비)	0.3~4.8°C (1986~2005년 대비)



1.2. 국제사회의 기후위기 대응 노력

1.2.1. 파리협정 채택

국제사회는 기후변화문제를 해결하기 위해 1992년 유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)을 채택하였다. 그리고 1997년 12월 기후변화협약의 구체적 이행을 위해 교토의정서(Kyoto Protocol)를 채택하였다. 교토의정서는 부속서 I 국가(Annex I Parties)로 불린 선진국의 의무적인 온실가스 감축 목표치를 규정한 것으로 192개 국가가 가입하였으며 우리나라도 1998년 9월 25일에 가입하였다. 교토의정서에서는 공통적이지만 차별화된 책임원칙(common but differentiated responsibilities)에 따라 부속서 I 국가들이 2008~2012년 기간 동안 1990년 배출량 대비 평균 5.2%를 감축하도록 하였다.

교토의정서는 국가 단위의 온실가스 감축 의무를 처음으로 부여한 체계라는 점에서 의의가 있었다. 하지만 일부 선진국이 교토체제 참여를 거부하거나 탈퇴한 점, 개도국은 온실가스 감축 의무를 지니지 않는 점, 그 결과 전 세계 온실가스 배출량이 지속적으로 증가한 점 등이 한계로 지적되어 이전과는 다른 새로운 체제의 필요성이 제기되었다.

국제사회는 포스트 교토(Post-Kyoto)라 불린 2012년 이후 선진국만이 아니라 개도국도 참여하는 새로운 기후체제를 만들자는 합의를 담은 2007년 제13차 기후변화대응 당사국총회(COP13)의 발리 로드맵(Bali Roadmap)에 따라 2009년 덴마크 코펜하겐에서 열린 제15차 당사국총회까지 새로운 합의를 도출하기로 했으나 실패하였다. 이후 장기간의 협상 끝에, 선진국, 개도국 모두가 참여하는 파리협정(Paris Agreement)이 2015년에 채택되었다. 각국의 적극적인 호응으로 국가별 비준이 빠르게 이루어져 2016년 11월 4일 협정이 발효되었다. 우리나라는 2016년 11월 3일 파리협정을 비준하였다.

파리협정의 목표는 산업화 이전 대비 지구 평균온도 상승을 2°C보다 훨씬 아래(well below)로 유지하고 나아가 1.5°C로 억제하기 위해 노력하는 것이다. 그리고 이를 달성하기 위해 교토의정서와 달리 당사국 모두에게 온실가스 감축목표를 포함한 국가결정기여(Nationally Determined Contribution, NDC)를 자발적으로 정하도록 하였다.

모든 당사국은 파리협정의 목표를 고려하여 5년마다 NDC를 제출하여야 하며, 차기 NDC 제출 시 기존보다 진전된 목표를 제시하여야 한다. 아울러, 국가별 온실가스 배출 현황, 감축 정책 및 지원현황 등을 투명한 절차를 거쳐 국제사회에 보고하여야 하며, 국제사회는 글로벌 이행 점검을 통해 당사국이 제출한 NDC의 총체적 효과가 파리협정 목표에 부합하고 있는지 지속해서 점검한다.

1.2.2 탄소중립 논의 확산

파리협정을 채택한 2015년 제21차 기후변화대응 당사국총회는 산업화 이전 대비 1.5℃ 상승할 경우에 대한 과학적 예측을 IPCC에 요청하였다. IPCC는 2018년 「지구온난화 1.5℃ 특별보고서」를 통해, 산업화 이전 대비 지구 평균 온도가 2℃ 상승했을 때에는 1.5℃ 이하로 상승을 억제했을 때에 비해 기후변화로 인한 위험이 크게 늘어난다는 연구 결과를 내놓았다. 그렇기 때문에 온도 상승을 1.5℃로 억제할 것을 제안하면서 1.5℃ 목표를 달성하기 위해 2050년까지 전지구적인 탄소중립이 이루어져야 한다고 권고하였다.

이어 2019년, 안토니우 구테흐스 UN 사무총장은 기후행동정상회의(2019.9)를 개최해, 세계 각국의 적극적인 온실가스 감축 목표 설정을 독려했다. 그리고 칠레는 동 회의에서 탄소중립을 지향하는 국가, 기업 등으로 구성된 '기후목표 상향동맹(Climate Ambition Alliance)' 발족을 선언하였다. 민·관을 불문한 모든 부문의 협력을 강조하였고, 2021년 10월 현재 136개국, 4,468개 기업 등이 참여하고 있다.

세계 주요 선진국은 공식적으로 2050년 탄소중립을 선언하기 시작하였다. IPCC의 「지구온난화 1.5℃ 특별보고서」가 발표되기 이전에 세계 최초로 스웨덴이 2017년에 2045 탄소중립을 선언하고 이를 법제화했으며 2019년 6월에는 영국이 G7 국가들 가운데서는 최초로 2050 탄소중립을 선언하고 이를 반영하기 위해 기존 기후변화법을 개정하였다. 기후목표 상향동맹 출범 후 여러 국가들이 이러한 움직임에 동참하기 시작하여 2019년 12월 EU, 2020년 9월 중국(단, 중국의 목표년도는 2060년), 2020년 10월 일본과 한국, 2021년 1월 미국이 각각 2050년 탄소중립을 선언하였다.

시민사회의 움직임도 그 어느 때보다 활발하였다. 2018년 8월, 스웨덴의 그레타 툰베리는 매주 금요일 기후변화 대응을 촉구하는 등교 거부 캠페인(School Strike for Climate)을 벌이기 시작하여 전 세계적인 주목을 받았다. 이 운동은 많은 이들의 호응을 얻어, 2019년 3월과 5월에는 약 100여 개 국가에서 100만 명이 넘는 청소년이 동시다발로 참여하는 국제적인 활동으로 발전하였다.

기업도 탄소중립을 향해 적극적으로 나서고 있다. 애플, 구글, BMW 등 주요 글로벌 기업은 잇따라 RE100(100% 재생에너지 전력 사용)을 선언하였고, 이는 이들 기업뿐 아니라 이들과 계약 관계에 있는 전 세계 수많은 기업도 자연스럽게 탄소중립의 흐름에 합류하게 되는 결과로 이어졌다.

금융도 변화하고 있다. 세계 최대규모의 자산운용사 블랙록(Blackrock)이 기후변화와 지속가능성을 투자 포트폴리오의 최우선 고려요소로 제시하는 한편, JP모건과 골드만삭스 등 주요 투자은행들도 석탄 투자 중단을 선언하는 등 국제금융은 온실가스 감축을 촉구하는 방향으로 빠르게 나아가고 있다.



1.3. 우리나라의 온실가스 배출현황 및 저감노력

1.3.1. 배출현황

우리나라의 2018년 국가 온실가스 총 배출량은 727.6백만 톤CO₂eq이다.³⁾ 전년도(2017년) 배출량에 비해 2.5% 증가하였으며 1990년 총배출량 292.2백만 톤에 비해서는 149% 증가한 수치이다.

분야별로 구분해서 살펴보면, 전환 부문(발전 등)에서 269.6백만 톤(37%), 산업 부문에서 260.5백만 톤(36%)을 배출한다. 그리고 수송 부문에서 98.1백만 톤(13%), 건물 부문에서 52.1백만 톤(7%), 농축수산·폐기물 등 기타 부문에서 47.4백만 톤(6%)을 배출한다.

[표 1-2] 최근 5년간 국내 온실가스 배출량

(단위 : 백만톤CO₂eq)

구분	2014	2015	2016	2017	2018
전환	242.8	243.4	244.0	252.6	269.6
산업	266.3	259.4	253.4	259.8	260.5
건물	47.1	49.1	50.9	52.1	52.1
수송	88.7	94.2	98.8	98.3	98.1
폐기물	15.6	16.6	16.8	17.2	17.1
농축산	26.2	25.2	24.8	24.7	24.7
탈루 등	5.2	4.7	4.8	5.1	5.6
흡수원	-43.3	-44.4	-45.6	-41.5	-41.3
총배출량	691.9	692.5	693.5	709.7	727.6
순배출량	648.7	648.2	648.0	668.3	686.3

국제적으로 우리나라의 온실가스 총배출량은 2018년 기준 전세계 11위, 비중은 약 1.51%로 추정된다.⁴⁾ 우리나라 인구가 전 세계 인구의 0.7%임을 비추어본다면 인구 비중에 비해 온실가스 배출량 비중이 2배 이상 높은 상태임을 알 수 있다.

1750년부터 현재까지의 누적배출량 기준으로 우리나라의 비중은 1%이다.⁵⁾ 이는 미국, 중국, 러시아, 일본, 인도, 캐나다, 우크라이나, 남아공 등에 이어 세계 18번째에 해당한다.⁶⁾

3) 톤CO₂eq(tCO₂eq)는 온실가스의 양을 표기하는 대표적 단위로, 지구온난화 영향이 이산화탄소 1톤에 상응하는 온실가스의 양을 의미한다. 이하 온실가스 배출량에 대해 특별한 언급이 없을시 '톤'은 '톤CO₂eq'를 말한다.

4) 출처 : World Resources Institute

5) 출처 : Our World in Data

6) EU 회원국을 하나의 단위체로 볼 경우 14번째에 해당

직접 배출량과 간접 배출량

부문별 온실가스 배출량은 직접 배출량과 간접 배출량으로 구분해볼 수 있다. 직접 배출량이란 배출원에서의 활동으로 배출원 경계 내에서 배출되는 온실가스 양을 말한다. 반면 간접 배출량은, 배출원에서의 활동이 온실가스 배출의 원인이 되나, 실제 온실가스 발생은 배출원 경계 밖에서 일어나는 경우의 배출량을 말한다.

예를 들어 주택을 기준으로 본다면, 난방을 위해 가스보일러를 사용할 때 나오는 온실가스는 주택의 직접 배출이다. 그러나 TV, 냉장고, 에어컨 등 전기제품 사용을 위한 전력 생산단계에서 발생하는 온실가스의 경우 배출원인은 주택에 있으나 실제 배출은 발전소에서 일어난 것으로서 주택의 간접 배출에 해당한다.

부문별 온실가스 배출량을 직접 배출량과 간접 배출량을 합산하여 표시할 경우, 해당 부문의 활동이 직간접적으로 유발하는 온실가스 배출량 모두를 파악할 수 있기에 감축 이행 점검에 유용하다.⁷⁾ 다만 이번 시나리오에서는 에너지 전환(energy transition)의 중요성을 감안하여 전환 부문을 별도의 부문으로 분류함에 따라, 중복 계산을 피하기 위해 부문별 온실가스 배출량은 배출원의 직접 배출량만을 의미한다.

이하에서 특별한 추가 언급이 없을시 부문별 온실가스 배출량은 직접 배출량을 뜻한다.

간접 배출량을 고려한 2018년 온실가스 배출 현황

2018년 우리나라의 부문별 온실가스 배출량을 직접 배출량과 간접 배출량을 합산하여 표시할 경우 아래와 같다. 산업 부문이 전체 배출량의 54%로 가장 높은 배출량을 보이는 가운데, 건물이 25%로 두번째로 많은 배출을 유발하며, 이어 수송, 농축산, 폐기물 순으로 온실가스를 발생시킨다.

〈2018년 우리나라 온실가스 부문별 배출량(간접 배출량 포함)〉

(단위 : 백만톤CO₂eq)

구분	배출량	총배출량 대비 비율
(전환*)	269.6	37.0%
산업	392.9	54.0%
건물	179.2	24.6%
수송	99.6	13.7%
폐기물	17.1	2.3%
농축산	33.2	4.6%
탈루 등	5.6	0.8%
흡수원	-41.3	-
총배출량	727.6	
순배출량(흡수원 포함)	686.3	

* 전환은 합산에 포함되지 않음

7) 실제로 현재 우리나라의 2030 온실가스 감축 로드맵 이행점검 기준이 되는 부문별 배출량은 직접 배출량과 간접 배출량 모두를 포함한다.

1.3.2. 우리나라의 온실가스 감축 노력 및 성과

온실가스 감축 목표 수립

2009년 우리나라는 처음으로 국가 차원에서 2020년 국가 중장기 온실가스 감축목표를 수립했다. 교토의정서 상 감축의무국은 아니었음에도 2020년 BAU 대비 30% 감축 목표를 국제사회에 공표했다.⁸⁾

2015년에는 파리협정 체제에 신속하게 대응하기 위해 2030년 온실가스 감축목표를 새로이 수립했다. 2030년 BAU 대비 37% 감축하는 것을 목표로 했다. 또한 2030 온실가스 감축목표 이행을 구체화 하기 위해 2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵을 마련(2016.12)하였다.

2018년에는 2030 온실가스 감축 로드맵을 일부 수정하였다. 새로운 정부 출범 이후 적극적인 기후변화 대응을 위한 정책 의지를 반영하여 국내 감축 규모를 확대(25.7% ⇒ 32.5%)하고 해외 감축량을 축소(11.3% ⇒ 4.5%) 하는 등 실질적으로 감축을 강화하는 방향으로 수정하였다.

2019년에는 온실가스 감축목표를 임의 변동 가능성이 있는 BAU 기준이 아닌 2017년 절대치 기준으로 설정하는 등 감축목표 표기법을 변경하여 설정하였다.⁹⁾ 이는 온실가스 감축 의지를 명확화한 것으로 이후 2020년 UN에 해당 목표를 제출하였다.

우리나라는 온실가스 감축 목표 달성을 위해 2015년부터 온실가스 배출권거래제를 도입하여 시행하는 한편, 신재생에너지 비중을 확대하고 노후 석탄발전소를 폐지하거나 LNG 발전소로 전환을 추진하는 등의 노력을 하고 있다.

온실가스 배출권거래제 운영

온실가스 배출권거래제는 정부가 온실가스를 많이 배출하는 기업에게 배출권(배출 허용 총량)을 할당하고, 배출량에 따라 배출권이 남는 기업과 부족한 업체 간 거래를 자유롭게 허용하는 제도이다. 이는 배출권 거래라는 시장 기반의 경제유인을 활용함으로써 비용 효과적으로 온실가스 감축을 유도하는 제도로서 우리나라를 비롯하여 EU, 스위스, 뉴질랜드 등에서 시행 중이다. 우리나라 온실가스 배출량 중 배출권거래제가 적용되는 배출량은 약 73.5% 가량으로, 국내 온실가스 감축의 핵심적인 역할을 담당하고 있는 정책수단으로 볼 수 있다.

우리나라는 2012년 「온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률」을 제정하여 배출권거래제에 대한 법적 기반을 마련하고, 시범사업을 거쳐 2015년 1월부터 525개 업체를 대상으로 제1차 계획 기간(2015~2017) 배출권거래제를 본격적으로 실시하였다.

8) BAU(Business As Usual) : 온실가스를 감축하려는 노력이 이루어지지 않았을 때 미래에 배출될 것으로 예상되는 온실가스 양. 산정조건에 따라 변동이 가능하다는 한계점이 있다.

9) (당초) '30년 BAU 대비 37% 감축 ⇒ (변경) '17년 대비 24.4% 감축('18년 대비 26.3%)

온실가스 배출권거래제

배출권거래제 적용대상기업은 온실가스를 배출허용량보다 적게 배출하거나 감축하여 여유분이 있는 경우 남은 배출권을 판매하여 이익을 얻을 수 있고, 배출허용량보다 실제 배출량이 많을 경우 초과된 배출량을 구매할 수 있다.

정부는 배출권의 총량을 정한 뒤 배출권을 배분하여 배출권 시장에 공급하는데, 돈을 받고 유상으로 판매하는 유상할당과 무상으로 배분하는 무상할당 방식이 있다.

2021년 현재 온실가스 배출권거래제 제3차 계획기간(2021년~2025년)이 진행 중으로, 할당대상업체 684개사에 26억 8백만톤(5년 누적)이 할당되었다. 배출권 가격은 2021년 9월 29일 기준으로 29,750원/톤이다.

제2차 계획기간(2018~2020)에는 일부 업종에 대해 유상할당을 시작하고 배출권 할당 역시 기업의 과거 배출량 기준이 아닌 배출효율 기준 할당방식(Bench Mark, BM)을 도입하는 등 배출권거래제의 실효성 강화를 위해 제도를 개선하였다.

제3차 계획기간(2021~2025)에는, 2차 계획기간 대비 유상할당 비율을 10%로 상향하는 한편 BM 적용대상을 7개 업종에서 12개 업종으로 확대하였다.

배출권 할당의 기준

기업에 배출권을 할당하는 주요 기준으로는 '배출량 기준'과 '배출효율 기준'이 있다. 배출량 기준 할당방식(Grand Fathering, GF)은 기업의 과거 온실가스 배출량에 따라 배출권을 할당하는 방식을 말한다. 할당량을 산정하기에 용이하지만, 과거에 배출을 많이 하는 기업일수록 더 많은 배출권을 할당받게 되고, 기업이 온실가스 감축을 위해 노력해서 배출량이 감소하면 할당량이 같이 감소해 기업의 감축을 유도하는데 한계가 있다.

배출효율 기준 할당방식(Bench Mark, BM)은 업종 단위 생산량 대비 평균 배출량을 기준으로 활용하여 배출권을 할당하는 방식을 말한다. 기준점보다 온실가스 배출량이 적은 기업에게는 더 많은 배출권이 할당되고, 배출 효율이 낮은 기업에게는 적은 배출권이 할당된다.

배출효율 기준 할당방식은 온실가스 감축기술과 설비에 투자하고, 효율적으로 생산하는 업체에 혜택을 부여하여 온실가스 감축을 유도한다. 다만 기준점 산정이 쉽지 않아 일부 업종에만 적용되고 있다.

이러한 단계적 추진으로 온실가스 배출권거래제는 성공적으로 안착하였으며, 산업 부문의 온실가스 배출량이 2018년 이후 감소 추세로 전환되는 등 실질적인 성과를 도출하기도 하였다(2019년 할당대상업체 배출량 2018년 대비 2.3% 감축).

신재생에너지 비중 확대, 노후석탄발전 폐지 및 LNG 전환

문재인 정부 출범 이후 우리나라는 적극적인 기후·대기(미세먼지) 정책 추진을 통해 노후 석탄화력발전 가동중단 및 상한제약을 시행하였다.¹⁰⁾ 이를 통해 2019년 약 1,100만 톤, 2020년 약 800만 톤의 온실가스를 감축하는 성과를 달성하였다. 향후 우리나라는 2034년까지 노후 석탄발전소 30기 중 6기를 폐지하고 24기를 LNG 발전소로 전환할 계획이다.

재생에너지 발전 비중을 높이는 친환경 에너지 전환정책에도 힘을 기울이고 있다. 2017년 12월에는 2030년까지 발전량 비중의 20%를 재생에너지로 공급하겠다는 “재생에너지 3020 이행계획”을 수립하였다. 이후 2019년에는 「제3차 에너지 기본계획」 수립을 통해 2040년까지 재생에너지 발전량 비중을 30~35%까지 확대하는 목표를 제시하였다.

재생에너지 보급확산을 위한 정책지원도 다각화하였다. 2012년 발전사업자의 재생에너지 보급을 의무화하는 신재생에너지 공급의무화(Renewable Portfolio Standard, RPS)제도를 도입하고 2026년까지 의무 공급비율을 최대 25%까지 확대 계획(2021년 9% → 2026년 25%) 중이며, 소규모 재생에너지 사업자들의 시장 참여를 위한 한국형 발전차액지원제도(FIT)도 한시적으로 도입하여 운영하고 있다.¹¹⁾

이러한 노력의 결과, 2017년 대비 2020년 신재생에너지의 설비용량(비재생폐기물 제외)은 대폭 증가(12.2GW→24.6GW)하였으며 전력시장의 신재생에너지 발전비율(폐기물 제외) 역시 큰 폭으로(3.6%→6.6%) 증가하는 성과를 도출하였다.

온실가스 감축 성과

지속적으로 증가 추세였던 우리나라의 온실가스 배출량은 온실가스 감축목표의 수립 및 강화, 그리고 이를 달성하기 위한 주요 감축수단의 추진으로 2018년을 정점으로 소폭 감소·정체 추세로 돌아섰다.

2020년 온실가스 배출량(잠정)은 2018년 대비 10% 이상 감축하는 등의 성과를 나타냈다. 비록 2020년에는 코로나19 발생에 따른 경기침체효과도 일부 있으나 적극적인 온실가스 감축정책의 효과도 상당한 부분을 차지한다. 이는 적극적인 정책 추진으로 온실가스 배출을 줄일 수 있음을 실제로 확인한 것으로, 심각해지는 기후위기 대응을 위해 향후 온실가스 감축노력을 가속화 할 필요가 있다.

10) 상한제약 : 발전출력을 정격용량(안전하게 계속 내보낼 수 있는 출력의 상한선)의 80%까지 제한하는 것

11) 한국형 발전차액지원제도(FIT) : 소규모 태양광 발전사업자들이 고정가격으로 전력을 판매할 수 있도록 하여 수익의 안정성을 보장하는 제도



SECTION
02

2050 탄소중립 시나리오 수립배경 및 경과

- 2-1. 수립배경
- 2-2. 시나리오의 개념 및 의의
- 2-3. 시나리오 수립 경과

2050 탄소중립 시나리오 수립배경 및 경과



2.1. 수립배경

서두에서 언급한 바와 같이, 우리나라는 온실가스 배출에 따른 책임에서 자유롭지 않다. 또한 폭염과 폭우로 인한 피해는 해마다 증가하고 있다. 2021년 유엔무역개발회의(United Nations Conference on Trade and Development, UNCTAD)가 우리나라의 지위를 선진국으로 변경함으로써 우리나라는 명실공히 선진국으로서의 위상을 가지게 되었다. 이제 우리나라는 국제사회 구성원으로서 책임을 다함과 동시에, 이상기후로 인한 국내 피해를 최소화하기 위하여 온실가스 감축에 적극적으로 나서야 한다.

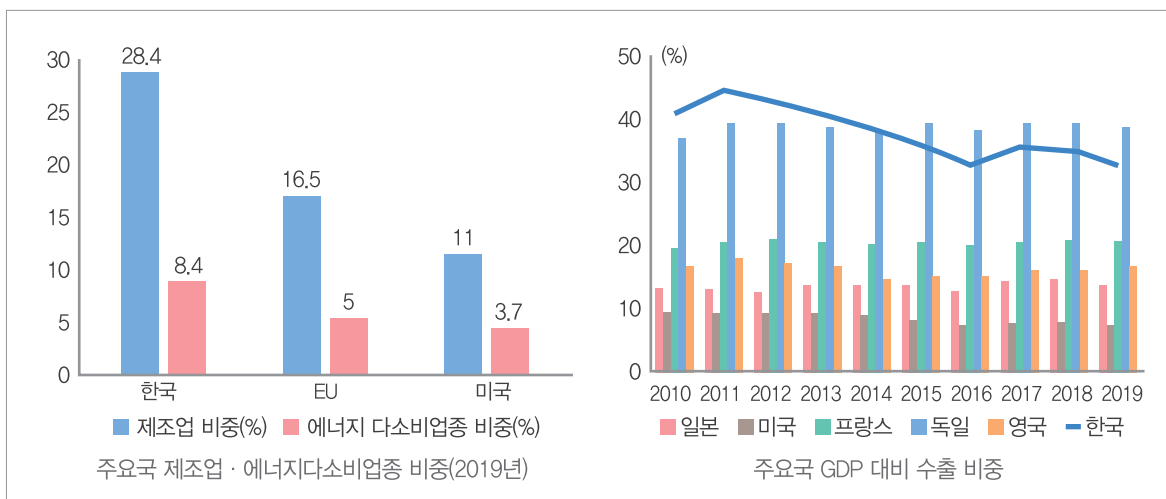
온실가스 감축 즉 탄소중립을 위한 노력은 비단 기후변화 피해 최소화에만 국한되지 않는다. 탄소중립을 향한 국제사회의 빠른 변화 속에서 준비가 늦어진다면 국가 경쟁력의 하락이 불가피하며 경제위기로도 연결될 수 있다.

최근 EU에서는 '탄소국경조정제도(Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM)' 도입 계획을 발표하였다. 온실가스 다배출 국가의 제품을 수입할 때 별도 배출권을 구입하도록 하여 수입품에 탄소 비용이 포함되도록 하는 것을 주요 내용으로 한다. 미국 역시 유사한 제도 도입을 검토 중이다. 이 같은 제도가 선진국 중심으로 확산될 경우 국내 기업제품의 수출단가가 인상되거나 수출량이 감소될 것으로 예측된다.¹²⁾

글로벌 기업들의 탄소중립 선언은 해당 기업에 부품, 원료 등을 납품하는 국내 연관 업계에도 영향을 미치고 있다. 글로벌 자본시장 역시 탄소중립으로 전환 중이다. 주요 투자자들은 기업에 '기후위기 대응'을 주요 투자조건으로 제시하고 있다. 우리나라는 무역의존도가 주요국 대비 높아 글로벌 시장경제 질서의 변화에 큰 영향을 받는다. 따라서 이러한 국제적 흐름에 신속하게 대응할 필요가 있다.

12) 출처 : EU 탄소국경조정제도 주요 내용 및 시사점, 전국경제인연합회(2021.7.21)

[그림 2-1] 주요국 제조업·에너지다소비업종 비중(좌) 및 주요국 GDP 대비 수출 비중(우)



출처 : 2050 탄소중립 추진전략

우리나라의 그간 온실가스 배출 경향을 고려할 때 지속적인 온실가스 감축을 위해서는 발전 산업 부문 등의 감축이 전제되어야 한다. 하지만 우리나라는 제조업 및 에너지 다소비 업종의 비중이 높고, 주요국 대비 석탄발전 비중이 높은 구조임에 따라 전반적인 구조 전환이 없는 온실가스의 획기적인 감축은 쉽지 않다.

“한국판 그린 뉴딜”(2020.7)은 우리나라의 기존 경향을 전환하는 시발점이 되었다. 코로나19로 인한 경제위기 속에, 우리 정부는 오히려 이를 기회로 여기고 저탄소 사회를 위해 과감한 투자를 감행하여, 탄소중립 시대의 선도국가로 나아가고자 했다. 그린 뉴딜 종합계획에서는 우리나라 정책 중 최초로 탄소중립을 지향한다는 표현을 사용하였고, 신재생에너지, 수소, 전기차 등 저탄소 유망산업 육성을 적극 추진하는 계획을 담았다.

하지만 우리나라의 산업구조, 에너지 생산·이용체계, 생활 양식 등 전 사회적인 구조의 획기적 전환을 위해서는 보다 장기적 관점에서 우리나라가 나아가야 할 방향성을 제시하여야 했다.

우리 정부는 이에 그린 뉴딜에서 한발짝 더 나아가, 같은 해 10월 2050년 탄소중립 목표를 공식 선언하였다. 전 세계적 기후위기 대응에 우리나라도 적극 동참하겠다는 의지를 표명함과 동시에 글로벌 新 패러다임에도 선제적으로 대응하겠다는 방향성을 제시한 것이다.

이후 2020년 12월, 정부 합동 2050 탄소중립 추진 전략을 발표함과 동시에 부문별 세부 전략 마련을 위한 밑그림으로 2050 탄소중립 시나리오 마련 계획을 발표하였다.

[그림 2-2] 2050 탄소중립 추진전략('20.12.7) 주요 내용

비전

"적응적(Adaptive) 감축"에서 "능동적(Proactive) 대응"으로
: 탄소중립·경제성장·삶의 질 향상 동시 달성

3+1 전략 추진

3대
정책
방향

적응

경제구조의
저탄소화

기회

新유망
저탄소산업
생태계 조성

공정

탄소중립
사회로의
공정전환

10대
과제

- ① 에너지 전환 가속화
- ② 고탄소 산업구조 혁신
- ③ 미래모빌리티로 전환
- ④ 도시·국토 저탄소화

- ① 新유망 산업 육성
- ② 혁신 생태계
저변 구축
- ③ 순환경제 활성화

- ① 취약 산업·계층 보호
- ② 지역중심의
탄소중립 실현
- ③ 탄소중립 사회에
대한 국민인식 제고



탄소중립
제도적
기반강화

· 재정 · 녹색금융 · R&D · 국제 협력
⇒ 탄소가격 시그널 강화 + 탄소중립 분야 투자 확대 기반 구축

추진
체계

(조직) 2050 탄소중립위원회 + 2050 탄소중립위원회 사무처
(운용) 사회적 합의 도출 + 전략적 우선순위 설정 → 단계적 성과 확산

출처 : 2050 탄소중립 추진전략



2.2. 시나리오의 개념 및 의의

2050 탄소중립 시나리오란 탄소중립이 실현되었을 때 우리 사회의 미래상과 부문별 전환내용을 전망한 것으로, 사회 각 부문별 세부적인 정책 방향과 전환 속도 등을 가늠할 수 있는 나침반 역할을 할 수 있다.

시나리오를 수립할 때는 다양한 요소들을 고려하게 된다. 탄소중립을 위한 기술 혁신 및 상용화와 국민 인식 및 생활 양식 변화를 전제로 하고 경제적 부담과 편익, 식량·에너지 안보, 국제사회에서의 역사적 책임 등을 종합적으로 고려하여 시나리오를 수립하였다.

이번에 발표한 시나리오는 두 개의 시나리오로 구성되어 있다. 시나리오는 여러 가지 전제를 바탕으로 한 2050년 우리 미래 사회상에 대한 예측(projection)으로서, 먼 미래인만큼 미래를 정확하게 예측하기에는 한계가 있다. 따라서 탄소중립에 이르는 다양한 방식을 아우르는 차원에서 두 개의 다른 시나리오(A안, B안)를 제시하였다.

이번 시나리오는 법적(국내, 국제법)으로 이행에 대한 구속력을 발휘하지는 않는다. 다만 2050 탄소중립 달성을 위한 중간목표(2030년 NDC), 후속 계획(중장기 에너지 계획 등)과 온실가스 감축 기술 개발 지원 방향, 사회 전환의 속도 등 부문별 세부 정책에 대한 방향성을 제시할 수 있다.

탄소중립과 관련된 사회적·경제적·기술적 여건이 날로 급격하게 변하고 있기 때문에, 시나리오는 일정 기간마다 변화된 상황을 반영하여 갱신할 필요가 있다.

타국의 시나리오 수립 사례 : EU와 영국

EU

EU는 파리협정 목표에 도달하기 위한 8개의 시나리오를 제시한 바 있다. 그리고 그 중 2개의 시나리오('1.5°C 기술', '1.5°C 지속가능 생활방식')는 온실가스 순배출량을 0으로 하는 탄소중립 시나리오이다. '1.5°C 기술' 시나리오는 기술의 혁신, '1.5°C 지속가능 생활방식' 시나리오는 식단 변화, 항공여행 축소 등 생활 방식의 변화에 따른 온실가스 감축에 초점을 두고 있다.

영국

영국은 2019년 기후변화위원회(CCC)에서 2050년 탄소중립을 위한 3개의 시나리오를 제시하였고, 2020년 제6차 탄소예산에서 순배출량을 0으로 하는 5개 시나리오를 제시하였다. 각 시나리오는 저탄소기술 발달정도, 생활방식의 변화정도, CCS 인프라 의존도 등에서 차이를 보인다.

2.3. 시나리오 수립 경과

2.3.1. 탄소중립 시나리오 기술작업반 운영

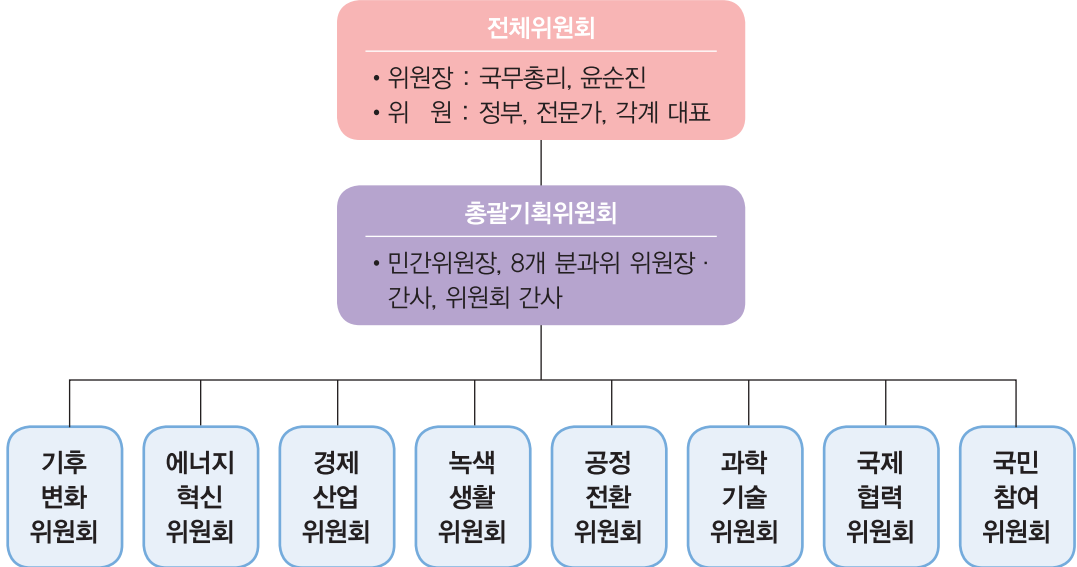
2020년 10월 문재인 대통령의 탄소중립 선언 이후 정부에서는 탄소중립 시나리오를 마련하기 위해 기술작업반을 구성(2021.1)하였다. 기술작업반은 온실가스종합정보센터에서 총괄 운영하였으며, 11개 부처가 추천한 10개 분과 72명의 전문가가 기술작업반에 참여하였다.¹³⁾ 이들은 6개월간 탄소중립 관련 국내외 최신 정책 및 기술개발동향과 2050년의 경제·사회 전망, 정부에서 발표한 에너지 기본계획 등의 관련 장기계획을 토대로 온실가스 감축 잠재량을 분석하였다.

그리고 기술작업반의 분석 결과를 바탕으로 관계부처와 분야별 감축 수단에 대해 논의, 조정하여 2050 탄소중립 시나리오 기술작업반(안)을 마련(2021.6)하였다.

2.3.2. 탄소중립위원회 출범

2021년 5월, 탄소중립정책의 수립, 이행, 평가 등의 관제탑(control tower) 역할을 수행하는 대통령 탄소중립위원회(이하 위원회)가 출범하였다.

[그림 2-2] 2050 탄소중립위원회 조직도



13) 45개 국책 연구기관, 10개 분과(총괄, 전환, 산업, 수송, 건물, 농축수산, 폐기물, 흡수원, CCUS, 수소)로 구성

위원회는 김부겸 국무총리와 윤순진 서울대학교 교수를 공동위원장(2인)으로 하고, 경제·사회 전 분야의 폭넓은 논의를 위해 18개 관계부처 장관과 기후, 에너지, 산업, 노동, 경제, 갈등관리, 교육, 소통 등 다양한 분야 전문가 및 시민사회, 청년, 노동자·농민, 지자체 등 각계를 대표하는 민간위원 77명으로 구성되었다(위원장 포함 총 97명).

탄소중립 관련 다양한 영역에 대한 효율적인 논의를 위해 총 8개의 분과위원회를 두었으며,¹⁴⁾ 전문적인 심층검토가 필요한 사항은 ‘전문위원회’에서 분석·논의하여 위원회에 자문할 수 있도록 하였다.

2.3.3. 시나리오 검토 및 초안 발표

위원회는 분과위원회 중심으로 기술작업반의 탄소중립 시나리오를 검토하였다. 분과위원회별 4차례 회의를 통해 탄소중립 시나리오의 비전, 원칙을 우선 수립하고, 분야별 온실가스 감축량 및 감축수단을 마련하였다. 또한 이를 달성하기 위해 정부에서 추진해야 할 정책과제 등을 발굴하였다. 농림수산 분야, 이산화탄소 포집 및 저장·활용(CCUS), 수소, e-fuel 등 추가 논의가 필요한 특정 분야에 대해서는 전문위원회를 구성, 전문위별로 약 2~4차례 회의를 진행하였다.

위원회에서는 정부 안을 기초로 분과위원회의 논의 결과와 전문위원회의 세부 쟁점사항 검토 결과를 취합 정리하여 2021년 8월 2050 탄소중립 시나리오 초안을 발표하였다.

[표 2-1] 분과위별 시나리오 검토 주요 내용

분과위	주요 논의 내용
기후변화	탄소중립 시나리오 비전과 원칙, 농림수산 전문위, 타 분과 논의사항 종합 검토
에너지혁신	석탄발전, 연료전지, 수소 등 시나리오 내 에너지전환 부문 종합 검토
경제산업	산업 부문 에너지 수요, 기술 로드맵, 녹색금융 등 쟁점 사항 검토
녹색생활	건물·국토·도시, 수송, 폐기물 부문 종합 검토
공정전환	정의로운 전환을 위한 원칙 논의 및 관계부처 협력 사항 검토
과학기술	CCUS, 수소·e-fuel 전문위 논의 결과 검토
국제협력	국제사회 탄소중립 정책 추진 동향 기반 시나리오 보완 방안 검토
국민참여	지자체, 시민사회, 산업계, 미래세대 등 향후 국민의견 수렴 추진 방향 논의

14) ▲기후변화 ▲에너지혁신 ▲경제산업 ▲녹색생활 ▲공정전환 ▲과학기술 ▲국제협력 ▲국민참여

[표 2-2] 전문위별 시나리오 검토 주요 내용

전문위	주요 논의 내용
농림수산	농축수산 부문 탄소 배출량, 산림 등 흡수원의 탄소 흡수량 검토
에너지혁신	수소발전, 동북아 그리드, 태양광·풍력 등 잠재량 등 에너지 부문 쟁점 검토
경제산업	산업구조 변화, 산업 부문 에너지 수요, 기술 로드맵 등 산업 부문 쟁점 검토
건물·도시·국토	건물 내·외 감축 수단, 도시에너지자립률 등 쟁점 사항 검토
수송	e-fuel의 기술적 가능성, 친환경차 보급 목표 등 수송 부문 쟁점 검토
폐기물	폐기물 감량·재활용 및 그에 따른 감축잠재량, 매립지 등 폐기물 부문 검토
공정전환	석탄발전, 수송 등 부문별 공정전환 정책 심층 검토 및 정의로운 전환 원칙 논의
CCUS	CCS 목표의 실현 가능성, CCU 기술개발 산출 근거의 적절성 등 검토
수소·e-fuel	부생·추출 수소 및 e-fuel 관련 쟁점 검토

2.3.4. 분야별 협의체 의견 수렴

위원회는 다양한 이해관계자의 의견을 수렴하기 위해 분야별로 간담회를 개최하였다. 두 달간 산업계, 노동·농민계, 시민사회(교육·종교·소비자·생협·환경·에너지), 청년, 지자체 등 총 115개 협회·기관 등을 대상으로 20회의 간담회를 개최하는 한편, 94개 단체의 의견서를 공식 접수하였다. 주요 의견 요지는 시나리오의 부록에 수록하였으며,¹⁵⁾ 이 중 8개 청년단체가 중심이 되어 제출한 「2040 기후중립 시나리오」는 적극적 탄소중립 추진을 촉구하는 제언의 성격으로 부록에 전문을 수록하였다.

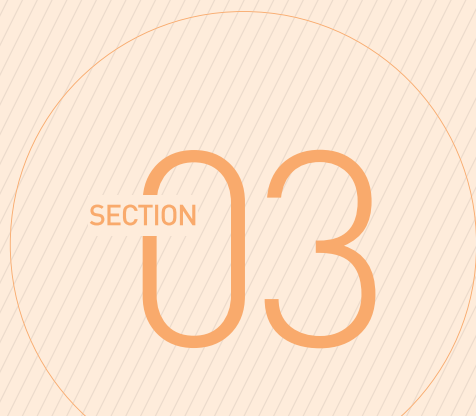
2.3.5. 탄소중립 시민회의 운영

위원회는 탄소중립 시나리오에 대하여 직접 소통하고 의견을 듣기 위해 '탄소중립 시민회의'를 구성, 운영하였다. 탄소중립 시민회의는 지역별, 성별, 연령별로 일반 국민을 대표할 수 있도록 하기 위해 전국 15세 이상 남녀를 대상으로 무작위 선정 절차를 거쳐 500여 명으로 최종 구성되었다.

기후위기의 영향은 개인이나 집단에 따라 차별적이며 기후위기를 야기한 책임의 정도도 같지 않다. 그럼에도 불구하고 누구도 기후위기로부터 안전할 수 없고 어떤 개인이나 집단도 기후위기 야기의 책임으로부터 자유롭지 않다. 또한 기후위기는 온실가스 배출에 대해 별다른 비용을 지불하지 않아 야기되는 문제이기에, 기후위기의 파국적 상황을 피하기 위해서는 비용 지불이 필요하다. 따라서 이런 비용의 부담자가 될 일반 국민이 어느 정도의 지불 용의를 가질 수 있는지 살펴보고 일반 국민들이 적절한 비용 부담 용의를 가질 수 있도록 하는 노력도 필요하다.

참여한 시민들에게는 탄소중립에 대한 교육, 토의, 전문가 질의응답 등을 통해 학습과 숙의 기회를 제공하였고, 4차례의 설문조사 등으로 탄소중립과 관련된 쟁점들에 대한 의견을 수렴하였다. 탄소중립 시민회의에서 제기된 주요 의견 및 설문조사 결과 등은 부록에 수록하였다.

15) 의견서 전문은 2050 탄소중립위원회 홈페이지에 게재



2050 탄소중립 시나리오 개요

3-1. 비전 및 원칙

3-2. 2050 탄소중립 시나리오 주요 내용

2050 탄소중립 시나리오 개요



3.1. 비전 및 원칙

3.1.1 비전

대한민국 2050 탄소중립 시나리오는 “기후위기로부터 안전하고 지속가능한 탄소중립 사회”를 비전으로 한다.

3.1.2. 원칙 : 책임성, 포용성, 공정성, 합리성, 혁신성

대한민국 2050 탄소중립 시나리오는 책임성, 포용성, 공정성, 합리성, 혁신성의 다섯 가지 원칙에 기반하여 수립되었다.

가. 책임성의 원칙

우리나라는 파리협정 당사국이자 국제사회의 책임 있는 구성원으로서 파리협정 목표 달성(산업화 이전 대비 지구 평균기온 상승을 2℃ 이내로 유지하며, 1.5℃로 제한하기 위한 노력)을 위한 강력한 행동을 추진해야 한다. 2050 탄소중립에 동참할 것을 선언한만큼 이를 지키기 위해 노력해야 한다.

또한, 온실가스 배출에 대해 동일하지는 않다 하더라도 사회구성원 모두에게 일정한 책임이 있다. 공통적이지만 차별화된 책임 원칙은 국가들 사이에서만 아니라 한 국가 내 다양한 집단과 개인 사이에도 적용된다. 사회구성원 모두는 자신의 배출에 대해 책임을 져야 한다. 정부와 산업계는 물론 일반시민도 탄소중립을 위한 주체로서 정당한 비용의 부담과 행동양식의 변화를 통해 탄소중립을 위한 기후행동에 참여해야 한다.

나. 포용성의 원칙

현 세대 사회 구성원들은 물론 미래세대와 모든 생물종의 생존할 권리를 보장해야 한다. 감축 시기를 미룸으로써 미래세대에 더 큰 감축부담을 주는 것을 지양하고, 기후위기 야기에 책임이 없거나 덜한 미래세대의 생존권과 자기결정권을 보장해야 한다.

뿐만 아니라 지구 생태계를 구성하는 생물종의 생존권을 보장하고, 생물다양성을 보전하여 인간과 자연이 상생하는 탄소중립 사회를 지향해야 한다.

다. 공정성의 원칙

탄소중립을 위한 전환 과정에서 누구도 소외되거나 배제되지 않도록 하기 위해 기후영향, 에너지·산업구조 전환에 따른 취약 산업·계층·노동·지역을 보호하고 불평등을 줄이는 공정하고 정의로운 전환을 추구해야 한다.

또한, 전환과정에서 불이익을 받거나 소외된 이해관계자가 없도록 모두가 참여하는 사회적 대화에 기반하여 탄소중립이 이루어져야 한다.

라. 합리성의 원칙

합리적 예측이 가능한 타당하고 명확한 조건과 전제를 근거로 하여 실현 가능성이 높은 시나리오를 수립해야 한다.

또한, 시나리오에 포함되는 탄소 배출량 및 감축량은 객관적 자료, 입증 가능한 과학적 방법론에 기반하여 산정된 것이어야 한다.

마. 혁신성의 원칙

과학기술의 발전과 시장의 창의적 대응, 정부의 제도혁신을 통한 온실가스 감축으로 신산업을 육성하고, 기업의 경쟁력을 강화하며, 미래성장동력이 발굴될 수 있어야 한다.

기후위기 대응 최적화 정책·기술의 선제적 개발과 생활양식의 혁신적 변화를 통해 우리 사회의 기후변화 회복탄력성을 강화하고, 기후위기에 안전한 사회를 지향해야 한다.

3.2. 2050 탄소중립 시나리오 주요 내용

[그림 3-1] 2050 탄소중립 사회 부문별 미래상



3.2.1. 2050 탄소중립 시나리오의 전제

2050년의 에너지 수요량 및 온실가스 배출량 등을 예측하기 위해서는 몇 가지 전제가 필요하다. 2050 탄소중립 시나리오 수립 이전, 우리나라는 「2050 장기저탄소발전전략(LEDS)」을 마련한 바 있다(2020.12). 이번 시나리오에서는 2050 LEDS 수립 과정에서 2050년 전망치를 산정하기 위해 활용한 주요 변수의 전망치를 차용하였다.

인구 추이는 통계청의 「장래인구추계 : 2015~2065」 등에 근거하고 있다. 이에 따르면 우리나라의 인구는 2031년까지 점차 늘다가 정점을 기록하고(5,296만명), 이후 서서히 감소하여 2050년에는 4,943만명이 될 것으로 예측된다.

GDP 성장률의 추이는 한국개발연구원(KDI) 추정치에 근거하고 있다. 본 추정치에서는 우리나라의 GDP는 2018년부터 2040년까지 연평균 1.9%, 2040년부터 2050년까지 연평균 1.0% 성장하고, 2050년의 GDP 성장률은 0.9%일 것으로 예측된다.

국제유가 전망은 제3차 에너지기본계획(2019)의 전제조건이 2050년까지 유지된다는 가정 하에 2050년 전망치를 도출하였다. 이에 따르면 2050년 국제유가는 배럴당 136달러이다.

산업구조 전망은 산업연구원의 전망치(2019)에 근거하고 있다. 2050년 국내 산업구조에서 서비스업의 비중이 높아지는 가운데(2018년 65.9% → 2050년 69.6%), 제조업 비중은 다소 하락하나(2018년 32.0% → 2050년 29.2%), 생산액은 증가세를 유지할 것으로 보인다(2018년 511조원 → 786조원).

3.2.2. 2050년 에너지 수요전망

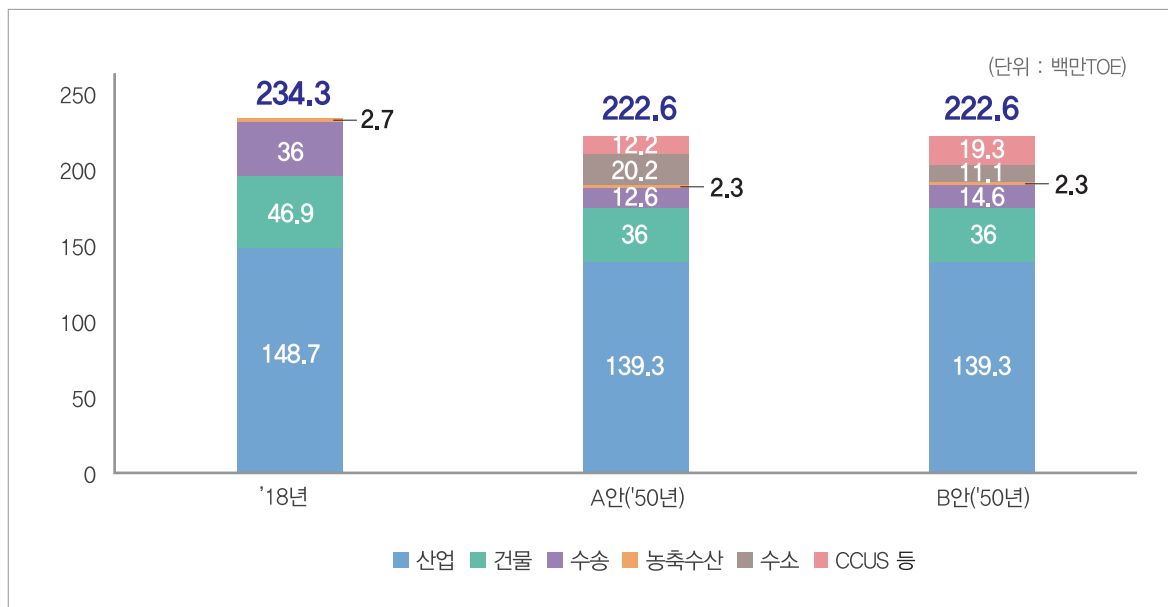
2018년 우리나라의 에너지 수요량은 총 225.8백만TOE이다.¹⁶⁾ 부문별로 보자면 산업 부문이 가장 많은 에너지를 사용하는 가운데(62.1%), 건물(20.8%), 수송(15.9%), 농축수산(1.2%) 순으로 에너지를 많이 사용했다. 최종에너지 기준으로 볼 경우, 석유가 가장 큰 비중을 차지하고 있으며(48.7%), 전력(20.1%), 석탄(14.2%), 도시가스(11.7%), 신재생에너지(4.0%), 열에너지(1.2%) 순으로 높은 비중을 차지하고 있다.

2050년에는 에너지 수요가 2018년 대비 5.0% 가량 감소하여 222.6백만TOE이 될 것으로 가정하였다. 주로 건물, 수송 분야에서 에너지 수요가 감소할 것으로 예측되는 가운데, 2050년에는 이산화탄소의 포집 및 저장·활용(CCUS), 수소 생산과 같은 신기술에서 에너지수요가 늘어날 것으로 보인다. 최종에너지 기준으로는, 온실가스를 배출하는 석탄·석유·도시가스 소비는 대폭 감소하고, 전력 및 신재생에너지, 수소의 수요가 크게 증가할 것으로 전망된다.¹⁷⁾

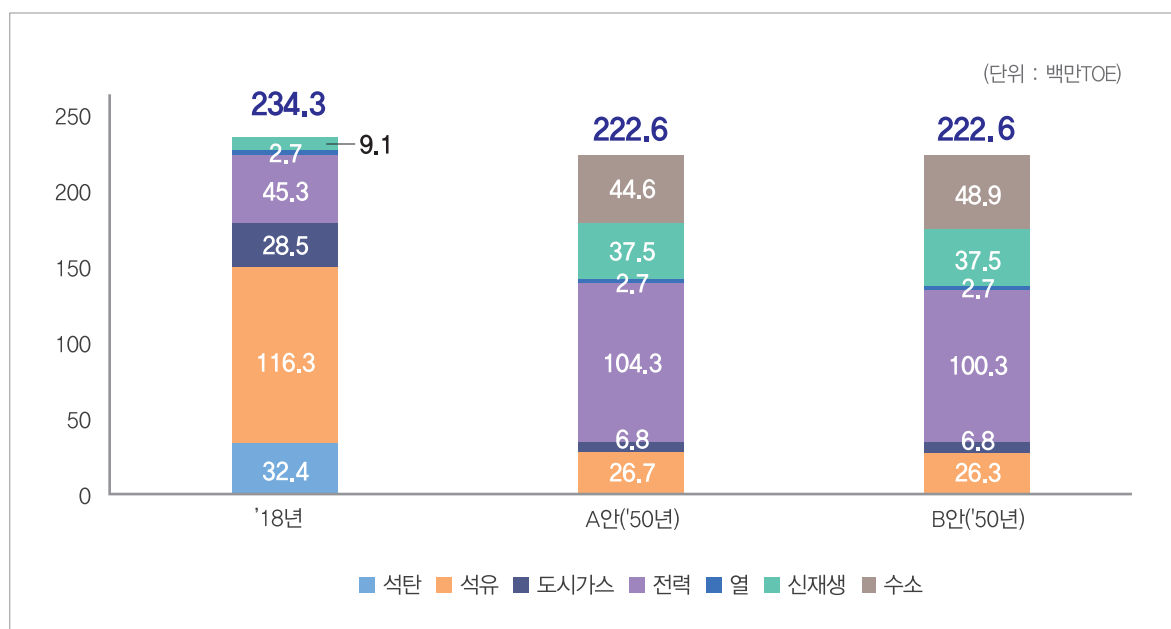
16) TOE(tonnage of oil equivalent) : 어떤 물질에서 나오는 에너지의 양을 석유 1톤을 연소시킬 때 발생하는 에너지로 환산하여 표준화한 단위. 예를 들어 장작 5톤이 석유 1톤과 에너지가 같다면, 장작 5톤은 1TOE이다. 우리말로 '석유환산톤'이라 한다.

17) 여기에서의 신재생에너지는 태양열, 지열, 수열, 바이오매스 등(다만, 전력생산에 사용되는 태양광, 풍력 등은 '신재생'이 아닌 '전력'으로 포함)

[그림 3-2] 2018년 대비 2050년 부문별 에너지 수요



[그림 3-3] 2018년 대비 2050년 최종에너지원별 에너지 수요

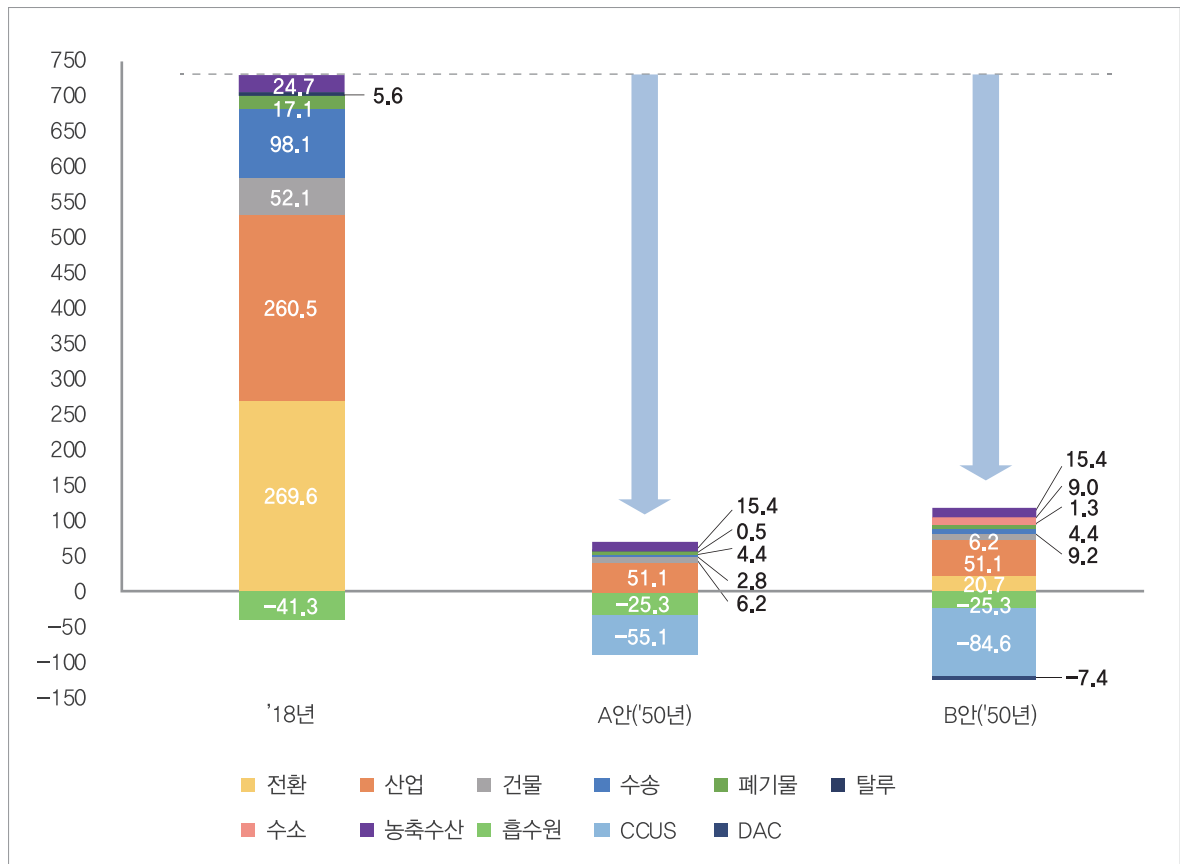


3.2.3. 2050년 온실가스 배출량 전망

※ 배출량의 기준과 관련하여, 본 시나리오는 전환 부문을 배출 부문의 일종으로 분류하는 체계를 채택함에 따라 이하에서 특별한 언급이 없을시 부문별 배출량은 직접 배출량만을 의미한다.

2050년 온실가스 순배출량은 영(0)으로 설정하였다. 다만, 순배출량 영(0)을 구성하는 부문별 배출량·흡수(제거)량은 다양할 수 있고, 이번 2050 탄소중립 시나리오는 앞서 밝혔듯 크게 두 개의 시나리오를 제시하였다.

[그림 3-4] 2018년 대비 2050년 온실가스 배출량



첫번째 시나리오(A안)는 온실가스 총배출량을 최소화하였다(80.4백만톤). 특히 화석연료 발전을 전면 중단해 전환 부문의 온실가스 배출이 없으며, 그 외 수송, 수소 부문에서도 온실가스 배출을 최소화하는 것을 상정하였다. 2050년에도 일부 남아 있는 배출량에 대해서는 산림 등 흡수원과 CCUS 등 제거기술을 통해 온실가스를 흡수·제거하여, 최종 순배출량은 영(0)이 되는 것으로 가정하였다.

두번째 시나리오(B안)는 A안보다 온실가스 배출량이 많은 2050년을 상정하였다(117.3백만톤). A안과

마찬가지로 석탄발전은 중단되었으나 유연성 전원 용도로 LNG 발전은 일부 유지되는 것을 가정하였다. 또한 수송 부문에서는 대체연료(e-fuel 등) 개발이 이루어져 내연기관차도 일부 남아 있는 것을 가정하였다. 다만 B안은 CCUS 등의 흡수·제거 기술이 충분히 발전하여 이를 적극적으로 활용함으로써, 최종 순배출량은 A안과 마찬가지로 영(0)이 될 것으로 보았다.

[표 3-2] 2018년 대비 2050년 온실가스 배출량 총괄표

☞ A안 : 화력발전 전면 중단, 수전해 수소(그린 수소) 생산 등 온실가스 배출을 최대한 줄여 순배출 제로 달성
 ☞ B안 : A안보다 온실가스 배출량이 많으나 CCUS 등을 적극 활용하여 순배출 제로 달성

(단위 : 백만톤CO₂eq)

구분	부문	'18년	A안	B안	비고
배출량		686.3	0	0	
배출	전환	269.6	0	20.7	A안은 화력발전 전면중단, B안은 화력발전 중 LNG 일부 잔존 가정
	산업	260.5	51.1	51.1	
	건물	52.1	6.2	6.2	
	수송	98.1	2.8	9.2	A안은 전기·수소차 등 무공해차로의 전면적인 전환, B안은 내연기관차의 대체연료(e-fuel 등) 사용 가정
	농축수산	24.7	15.4	15.4	
	폐기물	17.1	4.4	4.4	
	수소	-	0	9	A안은 국내생산 수소 전량을 수전해 수소(그린 수소)로, B안은 부생·추출수소 일부 생산 가정
	탈루	5.6	0.5	1.3	
흡수 및 제거	흡수원	-41.3	-25.3	-25.3	
	이산화탄소 포집 및 저장·활용(CCUS)	-	-55.1	-84.6	
	직접공기포집(DAC)	-	-	-7.4	포집 탄소는 차량용 대체연료로 활용 가정

2050년 탄소중립의 경제적 영향

탄소중립 정책 추진 시 우리나라의 2050년 GDP는 탄소중립 정책을 추진하지 않았을 때에 비해 0.57%~2.42% 가량 감소할 것으로 추산된다. 일자리의 경우, 탄소가격부과(배출권 유상할당 등 온실가스 배출에 대해 비용을 부과하는 것)에 따른 정부 수입을 고용 부문에 전량 재투자한다면 2050년 전망 고용 대비 0.26~1.0% 가량의 일자리 증가가 예측된다(KEI 분석 잠정치, 추후 변동 가능).

탄소중립의 경제적 비용에 영향을 미치는 변수는 크게 두 가지로 볼 수 있다. 첫째, 기술혁신이다. 이번 시나리오의 탄소중립 비용(전환비용, transition cost) 분석 모델에 따르면, 사회가 쓰는 최종에너지 중 전기 또는 수소 비중이 높아질 것을 가정할 경우 전환비용은 감소하는 결과가 도출된다. 전기·수소화를 위한 기술발전뿐 아니라, CCUS 등 신기술의 발전도 온실가스 감축비용을 낮추는 데 기여하므로, 탄소중립 추진시 관련 기술에 대한 선제적이고 과감한 투자가 필요하다. 영국도 「제6차 탄소예산 보고서(2020)」에서 탄소중립정책이 2050년에 전망 GDP 대비 3%의 경제적 이득을 줄 것으로 전망하면서 그 주요 요인으로 기술발전에 의한 발전단가 하락을 언급하고 있다.

두 번째 변수는 정부의 적절한 재투자이다. 이번 분석은 정부가 탄소가격에 대한 수입을 고용 증대에 활용할 경우 일자리 증가 효과가 있을 것으로 예측하였다. 박경훈 등(2021)도 탄소중립 정책은 GDP 감소 효과가 있을 것으로 예측하면서도, 정부의 탄소가격 수입 중 50%가 재투자된다면 오히려 탄소중립 정책을 하지 않았을 때보다 GDP가 증가될 것으로 분석한 바 있다.¹⁸⁾

이상의 분석 결과는 탄소중립의 경제적 효과가 기업의 과감한 기술 투자, 정부의 효과적 재정 운용 등 경제 주체의 적절한 대응에 따라 긍정적인 방향으로 이어질 수도 있음을 보여준다.

다만, 이번 시나리오 경제적 효과 분석은 기후변화로 인해 발생하는 피해비용이 고려되지 않았다는 점에서 탄소중립 정책의 종합적인 효과를 보는 데에는 한계가 있다. 온실가스 감축을 위한 노력이 없다면 이산화탄소 농도가 급증함에 따라 기후변화 속도가 빨라지며, 이에 따라 잦은 기상이변 등 다양한 경제적 피해가 예상된다. 한국환경연구원(KEI)은 최근 보고서에서 기후변화를 방치하였을 경우(No Action 시나리오) 2020년부터 2100년까지 누적 피해액이 3,128조원으로 예상되며, 탄소중립 추진시 피해규모가 1,667조원으로 47% 가량 감소할 수 있다는 분석 결과를 내놓은 바 있다.¹⁹⁾

이와 같은 피해 예방 효과도 고려되어야 비로소 탄소중립의 종합적 효과를 볼 수 있을 것이며, 향후 통합적인 관점의 후속 연구가 필요할 것이다.

18) 「BOK(한국은행) 이슈노트: 기후변화 대응이 거시경제에 미치는 영향」(박경훈 등, 2021)

19) 「KEI 포커스 : 온실가스 배출경로에 따른 기후변화 피해비용 분석」(채여라 등, 2020)



SECTION 04

부문별 탄소중립 시나리오 주요 내용

- 4-1. 전환 부문
- 4-2. 산업 부문
- 4-3. 건물 부문
- 4-4. 수송 부문
- 4-5. 농축수산 부문
- 4-6. 폐기물 부문
- 4-7. 수소 부문
- 4-8. 흡수원 부문
- 4-9. 이산화탄소 포집 및 저장·활용(CCUS) 부문

부문별 탄소중립 시나리오 주요 내용



4.1. 전환 부문

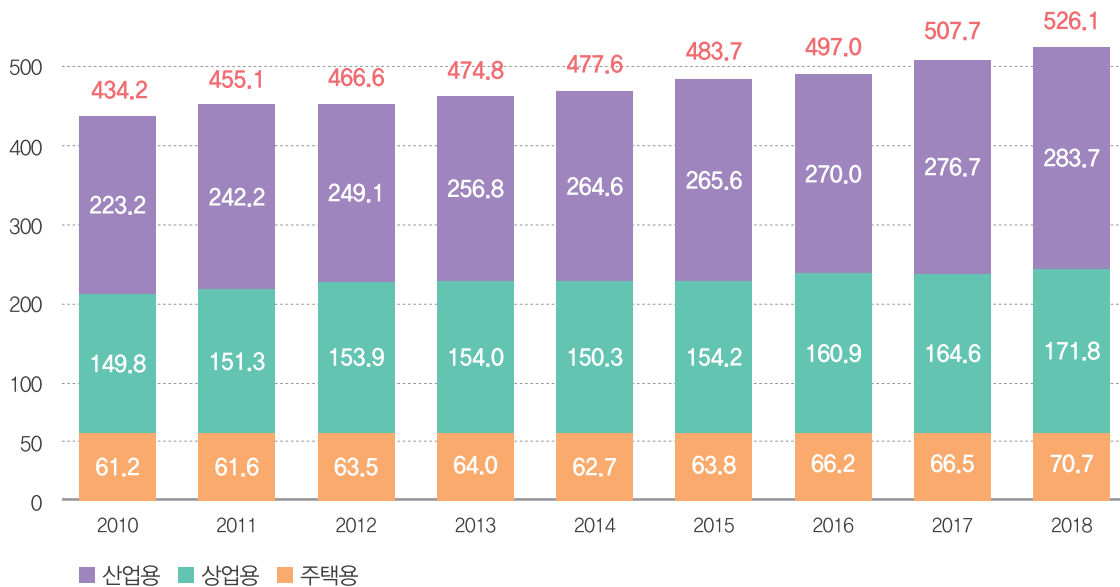
4.1.1. 현황

가. 전력 소비 및 발전 현황

우리나라의 전체 전력소비량은 꾸준히 증가하고 있다. 2017년 500TWh를 넘어선 가운데, 2018년에는 약 526.1TWh를 기록하였다.²⁰⁾ 용도별로 살펴보면 전체 전력소비량 중 산업용이 50%대 비중을 차지하고 있으며, 그다음으로 상업용, 주택용이 각각 30%대, 10%대를 차지하고 있다.

[그림 4-1] 국내 전력소비량

(단위 : TWh)

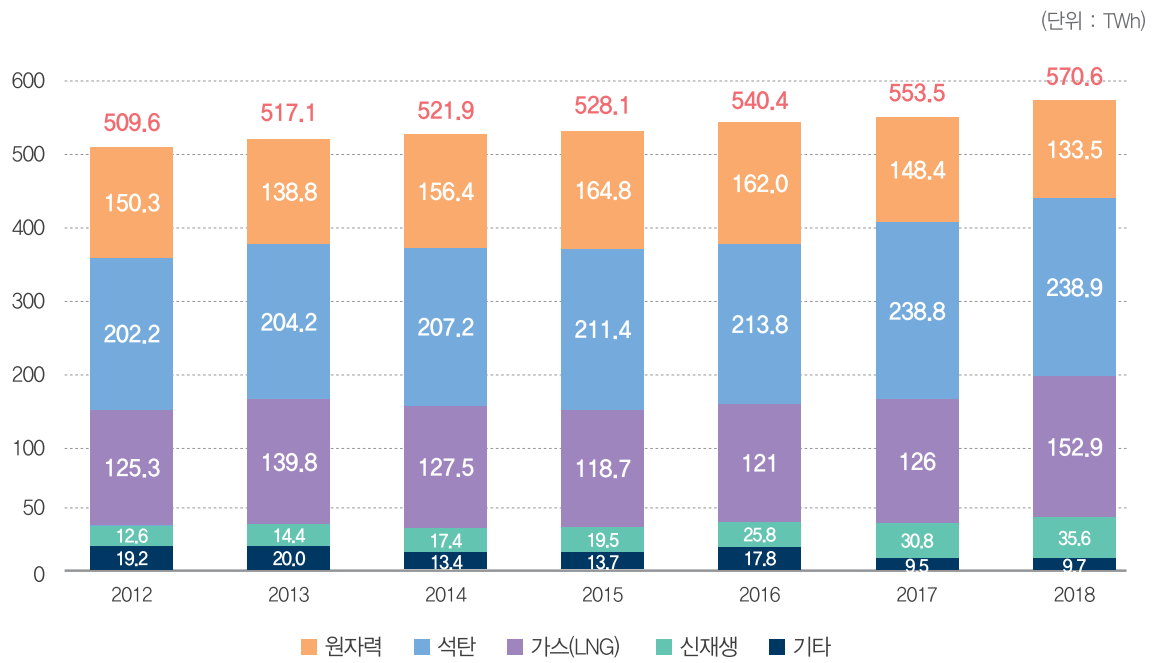


출처 : 제9차 전력수급계획(2020)

우리나라의 발전량을 에너지원별로 살펴보면, 2018년 현재 가장 큰 비중을 차지하고 있는 것은 석탄발전으로 약 40%이다. 원자력 발전과 가스(LNG)는 각각 20%대이며 태양광 등 신재생에너지는 그간 비중이 꾸준히 상승하였으나 6.2%로 아직은 미약한 수준이다.

20) TWh(Terawatt-hour) : 테라와트시, 시간당 전력 사용량 단위.

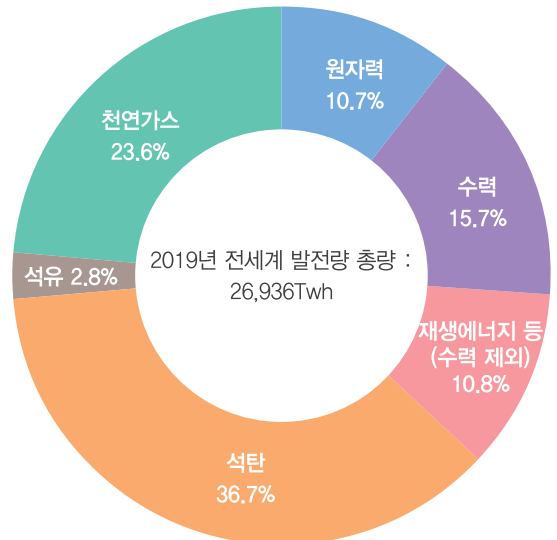
[그림 4-2] 에너지원별 발전량 추이



전 세계 전력소비량도 지속적으로 증가하고 있으나, 개별 국가 수준에서 보면 2010년 이후 미국, 일본, 독일 등 선진국을 중심으로 감소하는 경향이 나타나고 있다.

전 세계 에너지원별 발전비중을 살펴보면 전력의 26.5%가 수력을 포함한 재생에너지로 생산되고 있으며, 재생에너지 이외의 발전 비중은 석탄 36.7%, 천연가스 23.6%, 원자력 10.7%, 석유 2.8% 순이다.

[그림 4-3] 전세계 전력생산 에너지원별 비중(2019)



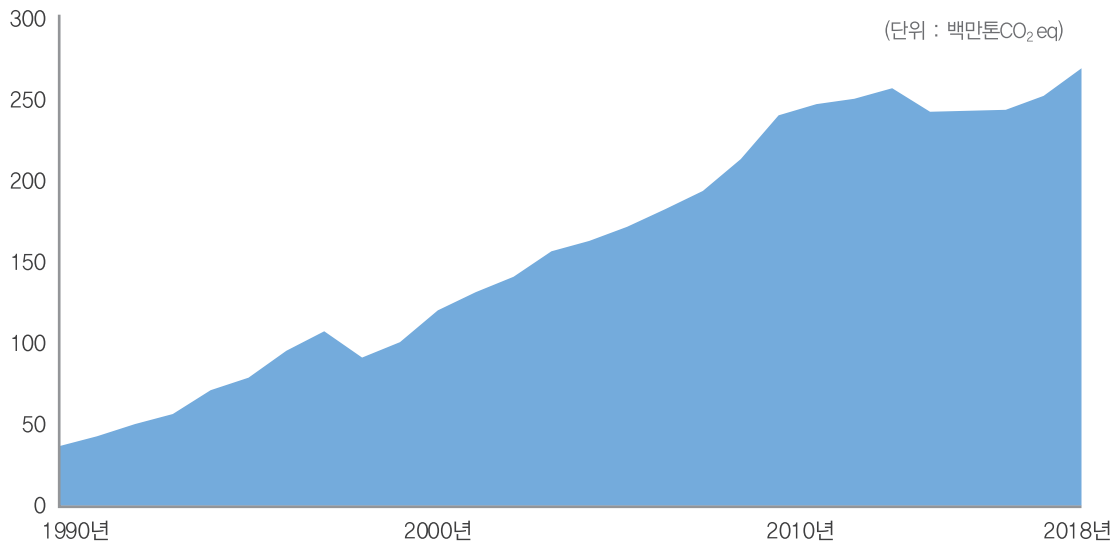
21) IEA, Global Share of Electricity Generation(2019)

* 출처 : IEA, Global Share of Electricity Generation(2019)

나. 온실가스 배출 현황

2018년 전환 부문의 온실가스 배출량은 269.6백만톤으로 총 배출량에서 차지하는 비중은 37.1%이다. 꾸준히 증가해왔으나 2010년 이후에는 증가세가 둔화되었다.

[그림 4-4] 전환 부문 온실가스 배출량 추이(1990~2018)



4.1.2. 전환부문 전망 및 감축수단

가. 개요

탄소중립 시대의 주력 에너지원은 온실가스를 배출하지 않는 재생에너지이며, 특히 전기를 생산하는 태양광과 풍력이 중심이 된다. 따라서 산업, 수송, 냉난방을 위해 사용하는 에너지도 가능한 한 전기로 대체되어야 한다. 2050년 전력수요는 2018년 전력소비량에 대비하면 221.7% ~ 230.7%로 크게 증가한, 1,166.5~1,213.7TWh로 추정하였다.

산업과 건물부문의 전력수요가 60%를 넘으며, 수전해 수소(그린 수소) 생산이나 이산화탄소 포집 및 저장·활용(CCUS)에 필요한 새로운 전력수요도 30% 정도이다.

발전소 내에서 소비되는 전력과 송전과 배전 과정에서 발생하는 손실(3.5%) 등을 고려한다면, 2050년 전력 발전량은 총 1,208.8TWh에서 1,257.7TWh가 필요할 것으로 전망된다.

[표 4-4] 2050년 전환 부문 전력공급 예상량

(단위 : TWh)

구분	A안	B안
총 전력공급량(가+나)	1257.7	1208.8
부문별 전력수요(가)	1,213.7	1,166.5
- 산업	503.6	503.6
- 수송	71.3	70.2
- 건물	277.1	277.1
- 농축수산	25.1	25.1
- 수소 생산	235.3	129.0
- CCUS	101.3	161.5
손실분(나)	44.0	42.3

에너지원별로 살펴보면, 2050년 탄소중립을 달성하기 위해서는, 화석연료(석탄, LNG)를 사용하는 발전은 온실가스를 다량 배출하므로 이를 최소화해야 한다. 이번 시나리오는 2050년 이전에 석탄발전이 중단되고, A안의 경우 LNG 발전까지 완전 중단, B안의 경우 유연성 전원 활용 등을 위해 LNG 발전은 일부 남아 있는 상황을 상정하였다.

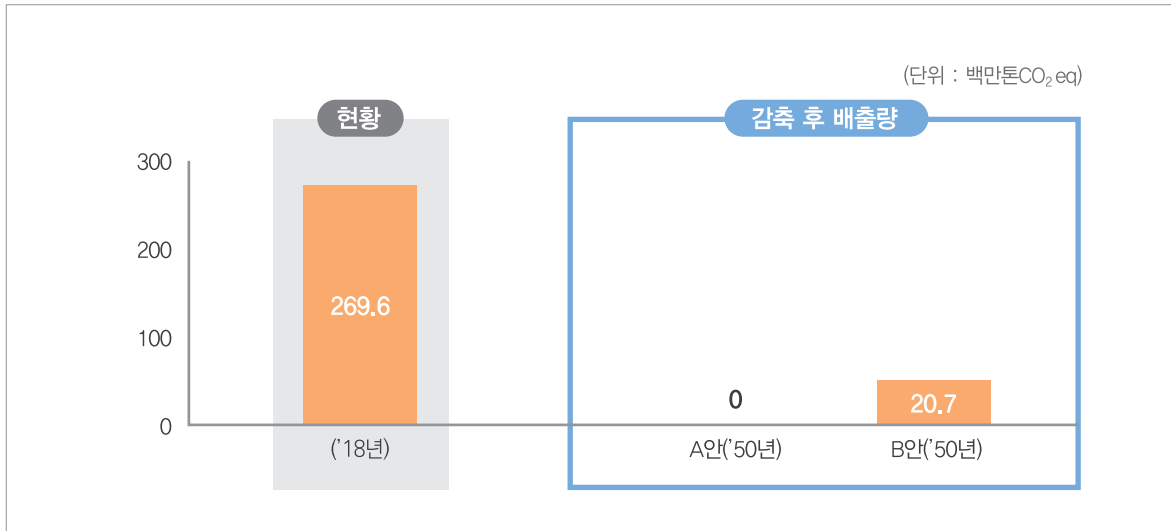
화력발전 축소의 대안으로, 2050년에는 태양광, 풍력 등 재생에너지가 가장 높은 비중을 차지하는 발전원이 될 전망이다. A안은 70.8%, B안은 60.9%까지 재생에너지 비중이 확대되는 미래를 가정하였다. 원자력 발전은 점진적으로 감소하나, 2050년에도 일정 수준 유지된다. 또한 지금은 상용화 되지 않았으나 전력망에 유연성을 제공할 수 있는 수소터빈과 연료전지와 같은 수소기반 발전이 발전량의 상당부분을 차지할 것이다.

[표 4-5] 2050년 온실가스 배출량 및 발전원별 발전량

구분	A안	B안
배출량 (백만톤CO ₂ eq)	-	20.7
전력 발전량 (TWh)	1,257.7	1,208.8
- 원자력	76.9	86.9
- 석탄	-	-
- LNG	-	61.0
- 재생에너지	889.8	736.0
- 연료전지	17.1	121.4
- 동북아그리드	-	33.1
- 무탄소 가스터빈	270.0	166.5
- 부생가스	3.9	3.9

결과적으로 2050년에는 A안에 따르면 화석연료 완전 중단에 따라 온실가스 배출이 없을 것이며, B안에 따르면 일부 LNG 발전으로 인해 20.7백만톤의 온실가스가 배출될 것이다.

[그림 4-5] 전환 부문 온실가스 배출량 전망



나. 감축수단

1) 석탄발전 중단

이번 시나리오는 A, B안 모두 2050년 이전에 모든 석탄발전소의 가동이 중단되는 것을 가정하였다. 폐쇄되는 석탄발전소는 가급적 재생에너지로 대체하나(A안), 재생에너지를 충분히 확보하기 어려운 과도기에는 향후 수전해 수소(그린 수소)를 연료로 사용할 수 있는 LNG 발전기로 대체한다(B안). 이 과정에서 환경급전, 배출권거래제 등 시장 메커니즘을 활용한 전환도 병행한다. 2050년 이전 석탄발전 중단은 일부 석탄발전소의 조기 폐쇄를 의미하므로, 이를 위한 법적 근거와 적절한 보상방안을 마련을 전제로 한다.

2) 재생에너지 확대

탄소를 배출하지 않는 태양광, 풍력 등 재생에너지 발전원이 전력생산의 중심이 된다. 기술개발과 제도개선을 통해 발전기들의 효율을 대폭 개선하고, 보급은 더욱 확대되어야 한다. 건물옥상, 건물 벽면이나 도로·철도, 국공유지 등의 유휴 부지를 우선적으로 활용하면서 영농형 태양광, 해상풍력 확대 등을 통해 지속가능한 방향으로 재생에너지를 늘려나아가야 한다.

3) 원자력 발전

원자력은 높은 밀집도, 안전에 대한 국민적 요구, 사용후 핵연료 문제 등을 고려할 때 지속가능한 대안이라고 보기 어렵다. 다만, 수명이 종료되는 순으로 점진적으로 축소될 예정으로서, 2050년에도 전력공급에 일정 부분 역할을 하게 된다. A안과 B안의 차이는 원전의 이용률 차이이며, A안은 지난 10년간 세계 원전 평균 이용률인 77%, B안은 안전조치의 강화를 전제로 87%를 적용하였다.

4) 수소기반 발전

무탄소 가스터빈은 수소나 암모니아를 연료로 하는 터빈 발전이다. 아직 상용화되어 있지 않지만, 국내·외 다수의 기업들이 관련 기술을 개발하고 있어 10년 뒤에는 상용화될 것으로 전망된다. 수소에 기반한 또 다른 발전방식인 연료전지는 대안에 따라 비중이 상이한데, 이는 연료전지의 미래에 대한 전문가들의 상이한 시각을 반영한다.²²⁾

다. 정책 제언

1) 탄소비용을 발전원가와 전기요금에 반영

모든 전원이 공정한 경쟁을 하기 위해서는 연료비뿐만 아니라, 온실가스로 인한 기후변화 피해비용도 원가에 포함되어야 한다. 현재 석탄이나 가스발전소에서 배출하는 이산화탄소 피해비용은 온실가스 배출권거래제를 통해 일부만 반영되어 있다. 발전부문 탄소중립을 달성하기 위해서는 유상할당비율을 높이는 등 배출권거래제를 대폭 강화하는 방식 등을 활용해 장기적으로 이 비용의 100%가 반영될 수 있도록 하여야 한다.

이러한 비용이 반영되기 전이라도, 이미 도입된 환경급전을 활용하는 등 시장 메커니즘을 이용해 온실가스 배출량을 줄여야 한다. 또한, 이러한 탄소비용은 연료비 등 다른 비용과 함께 소비자가 지불하는 전기요금에 반영되어 소비자의 합리적인 소비를 유도할 수 있어야 한다. 다만 요금인상에 대한 수용성을 높일 수 있도록 국민경제에 미칠 영향을 고려하는 가운데 관련 비용요소를 최대한 투명하게 제공하고 요금에 대한 장기적인 로드맵을 제시할 필요가 있다.

환경급전

발전소별 발전량을 결정하는 것을 ‘급전계획’이라 한다. 전력수요만큼 전력을 생산하기 위해서, 어느 발전소부터 전력을 생산하게 할 것인지 결정해야 하는데, 기존에는 원가가 낮은 연료(석탄 등)를 사용하는 발전소들을 우선적으로 가동하였다(경제급전).

그러나 최근 미세먼지·온실가스 감축의 중요성이 커지면서, 급전계획 시 원가(경제성)와 동시에 환경에 미치는 영향(환경성)까지 동시에 고려하도록 하였는데, 이를 ‘환경급전’이라 한다.

22) 연료전지가 수소터빈발전제에 비해 가격경쟁력을 가질 수 있도록 비용절감이 가능할지, 연료전지의 단점인 ‘경직성’을 보완하는 기술개발이 가능할지에 대한 의견이 갈리고 있다. 실제 미래 전원구성에서 연료전지와 수소터빈의 비중은 시장에서 경쟁을 통해 결정될 것이다.

2) 재생에너지 이용 확대 및 수용성 강화

재생에너지 발전사업이 행정절차 및 민원으로 지연되지 않도록 원스톱서비스를 도입하여야 한다. 발전사업의 계획부터, 인·허가 과정, 건설 단계, 발전개시 후 공급인증서(REC) 거래에 이르기까지, 요구되는 모든 정보와 업무를 한 곳에서 제공하고 처리할 필요가 있다.²³⁾ 지자체 이격 거리규제 등 현재의 규제상황에서는 재생에너지 설치장소를 충분히 확보할 수 없다는 점을 감안 하여, 환경·산림·농지·수산·국방 등 국토이용 관련 규제의 대대적 혁신을 이루어내야 한다. 환경·산림·농지·수산·국방 등 국토이용 관련 규제의 대대적 혁신을 이루어내야 한다.

또한, 외지인이 사업을 주도하고 지역주민들은 배제될 경우 재생에너지 발전사업이 지연되거나 취소되는 일이 다수 발생하고 있다. 마을 태양광 등 주민주도의 사업을 발굴·지원하고 주민참여형 재생에너지 사업을 통한 이익공유를 활성화하는 등의 방법을 통해 재생에너지의 수용성을 높여야 한다.²⁴⁾ 대규모 사업의 경우 정부가 발전사업 부지를 지역주민과 협의 하에 먼저 정하고, 이후에 사업자를 공모하는 계획입지제도를 도입하여야 한다.

3) 재생에너지 중심 전력공급 체계의 안정성 확보

재생에너지를 전력망에 연결하기 위해서는 송전망과 배전망의 확충이 필요하다. 제도개선을 통해 전력망 관리조직인 한국전력이 망에 대한 투자를 선제적이고, 계획적으로 집행하도록 하여야 한다. 잉여 재생에너지의 저장, 전환 및 재이용을 위한 다양한 기술을 개발하고, 터빈발전기, 동기조상기 등 유연성 자원을 확충하여야 한다.

재생에너지와 계통

전력이 생산되어 소비자에게 전달되기 위해서는 발전설비를 송·배전망과 연결해야 하는데, 이를 계통연계라 한다. 탄소중립 시나리오에 따라 향후 재생에너지 발전의 대폭적인 증가가 예상됨에 따라, 재생에너지 발전 설비를 계통에 원활히 연계하기 위한 방안을 마련이 필요하다.

예컨대 계통 접속용량 확대, 배전선로 신설 및 보강, 변전소 조기 건설 등 제도 개선과 정책적 지원이 이루어져야 한다.

전력망을 안정적이고 효율적으로 운영하기 위해서는 설비구축뿐 아니라 규제 및 운영시스템의 전면 개편이 요구된다. 가격입찰제도 도입 및 판매시장의 개방 등 전력산업구조를 혁신하고, 전문성과 독립성을 지닌 전력시장 전문 규제기관을 설립하여, 재생에너지 중심의 전력공급시스템에 적합한 전력시장 운영모형을 마련하고 전문적으로 관리하여야 한다.

23) REC(Renewable Energy Certificate) : 신·재생에너지 설비를 이용하여 전기를 생산·공급하였음을 증명하는 증서

24) 재생에너지 사업에 주민이 일정부분 투자(지분참여, 채권·펀드 등)하여 발전수익을 공유하는 사업

4) 화석발전의 계획적 전환방안 마련

탄소비용이 발전원가에 100% 반영된다면 화력발전은 시장에서 경쟁력을 상실할 것이다. 이는 화력발전사업 종사자와 지역사회에 심각한 피해를 야기하기 때문에 피해를 최소화할 수 있는 계획적인 전환방안을 마련하여야 한다. 독일의 '탈석탄위원회'와 같은 독립된 사회적 논의기구를 통해, 노동계 등 이해당사자의 참여를 보장하고, 화력발전의 중단 시점 및 지원방안을 설계할 필요가 있다.

5) R&D 강화로 비용 감축 및 미래기술 상용화

차세대 기술 개발로 태양광, 풍력 등 주력 재생에너지 발전원의 효율을 높이고 비용을 대폭 감축할 필요가 있다. 해양에너지(조류, 파력 등) 등 신규 발전원의 상용화를 추진하고, 무탄소 가스터빈 등 수소기반 발전원의 상용화를 조기에 완료할 필요가 있다. 재생에너지 중심의 전력망을 안정적으로 유지하기 위해, 수요 및 발전량 예측기술, 운영기술 등도 조기에 확보하여야 한다.

6) 전국민적 참여를 통한 전기 소비 절약

일상생활에서 전기소비를 절약하도록 생활방식이 근본적으로 바뀌어야 한다. 단순히 국민들에 대한 교육과 홍보를 넘어 장기적으로 전기요금 정상화를 통해서도 절약을 유도할 필요가 있다. 특히, 전력수요 최대 시간대에 모든 분야(가정·상업 등 건물, 수송, 산업)가 전력수요를 감축·분산할 수 있도록 전기요금이 수요공급을 반영하여 탄력적으로 변동되어야 한다. 전력시장의 구조개혁을 통해 현재의 경직적 가격체계를 경쟁적 가격체계로 전환하여야 한다.

신재생에너지 분야 미래 기술

- **(탠덤 태양전지)** 페로브스카이트, 실리콘, CIGS(구리, 인듐, 갈륨, 셀레늄) 등 서로 다른 두 종류 이상의 소재로 층을 쌓아서 만든 전지로 기존 태양전지보다 높은 효율을 얻을 수 있다.
- **(부유식 시스템)** 재생에너지 설비를 수면 위로 띄우는 것을 말한다. 부유식 풍력의 경우, 바다 위에 풍력발전기를 띄운다는 것으로(단, 앵커로 부유체를 고정) 발전기를 먼 바다에 배치할수록 풍량이 우수하고, 입지제약이 적어진다는 등의 장점이 있다. 또한 부유식 태양광은, 농경지나 산림을 훼손하지 않고, 수면 위 냉각효과로 인해 발전효율이 높다는 장점이 있다.
- **(수소 터빈)** 가스터빈의 연료로서 수소를 이용하는 발전방식으로, 무탄소 연료인 수소를 활용하는 친환경적인 전원 방식이다.



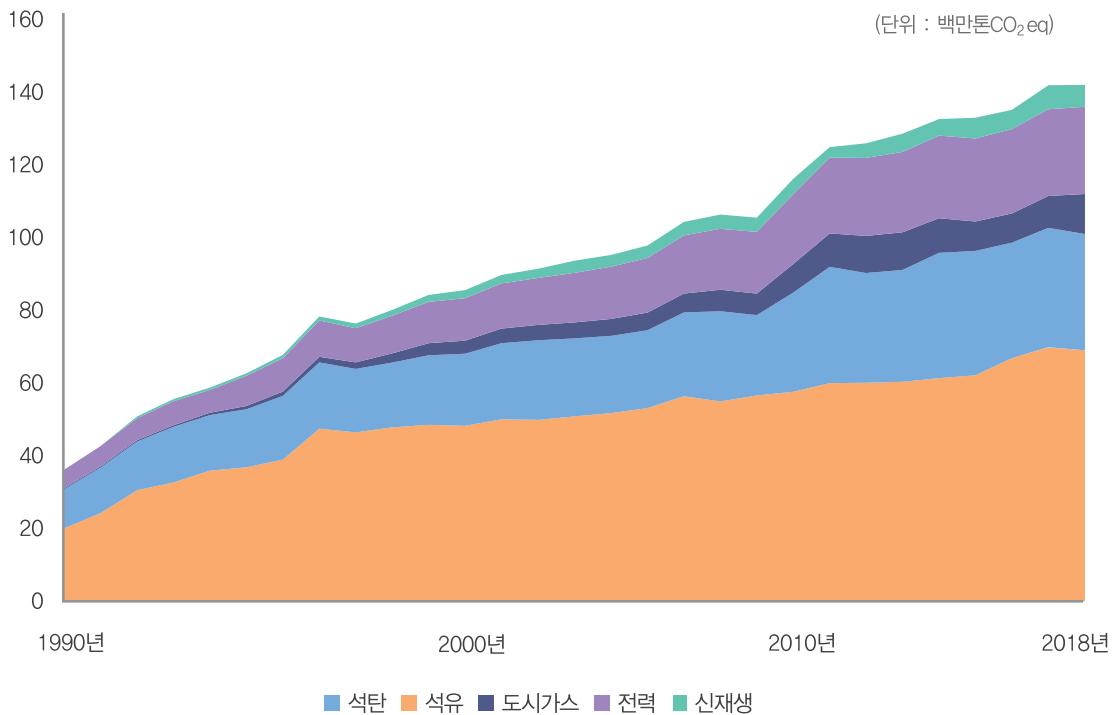
4.2. 산업 부문

4.2.1. 현황

가. 에너지 사용 현황

경제성장과 함께 산업 부문의 에너지 소비가 꾸준히 증가해온 가운데, 에너지원별 소비 비중을 보면 석유 및 석탄 소비량이 전체 소비량의 70% 이상을 차지하고 있다. 이러한 소비 구조는 에너지 다소비 업종인 석유화학 및 철강 공정에서 사용되는 납사 및 코크스에서 주로 기인한다.²⁵⁾²⁶⁾

[그림 4-6] 산업 부문 에너지원별 사용 추이(1990~2018)



나. 온실가스 배출 현황

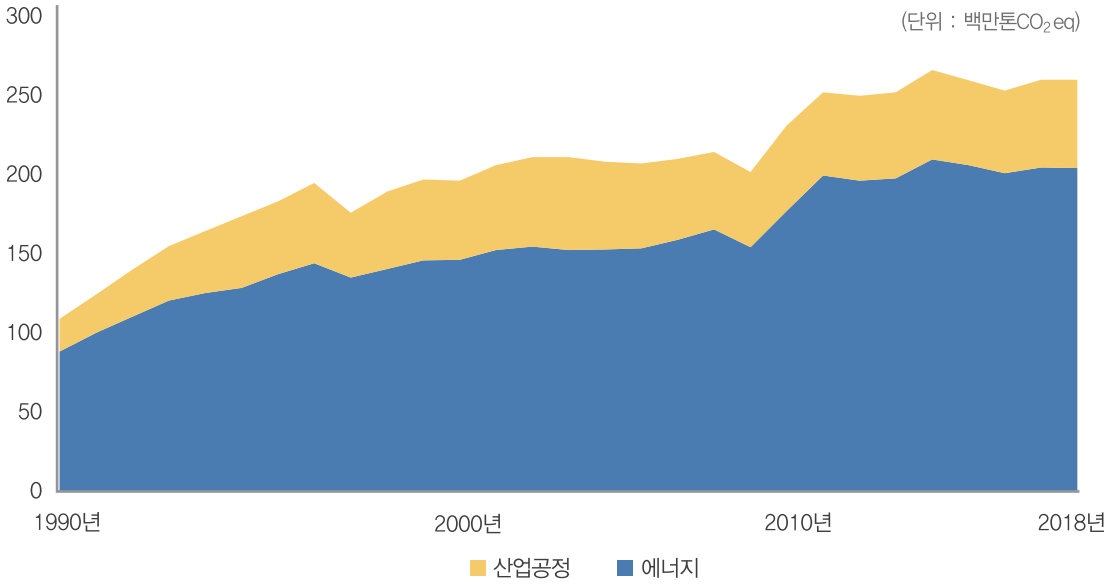
2018년 기준, 산업부문은 우리나라 온실가스 총배출량의 약 35.8%(간접 배출량 포함시 54%)를 차지하여, 전환 부문과 함께 배출량 비중이 높은 부문에 속한다.

산업 부문의 온실가스 배출은 크게 석탄, 석유, 가스 등의 연료·원료 사용으로 인한 배출(에너지 배출)과 공정 과정에서 투입 원료의 화학적 또는 물리적 구조 변환에 의한 산업공정 배출, 두 가지로 구분하며, 이 중 에너지 소비로 인한 배출이 대부분의 비중을 차지하고 있다.

25) 납사 : 나프타라고도 불리며, 원유정제과정에서 나오는 생산물로 석유화학제품 생산의 기초원료가 됨

26) 석탄을 가공해 만든 물질로, 철강공정에서 철광석을 녹이는 '연료'이면서, 철광석에 결합된 산소를 제거(환원)하는 '원료'로 활용됨

[그림 4-7] 산업 부문 유형별 온실가스 배출량 추이(1990~2018)



2018년 기준, 전체 산업 부문 배출량 중 에너지 소비로 인한 배출량은 약 78.4%를 차지하며, 산업공정 배출량은 약 21.6%를 차지하고 있다.

한편, 업종별로 보면 철강(101.2백만톤, 38.8%), 석유화학·정유(62.8백만톤, 24.1%), 시멘트(34.1백만톤, 13.1%) 순으로 온실가스 배출량이 많다.

4.2.2. 산업부문 전망 및 감축수단

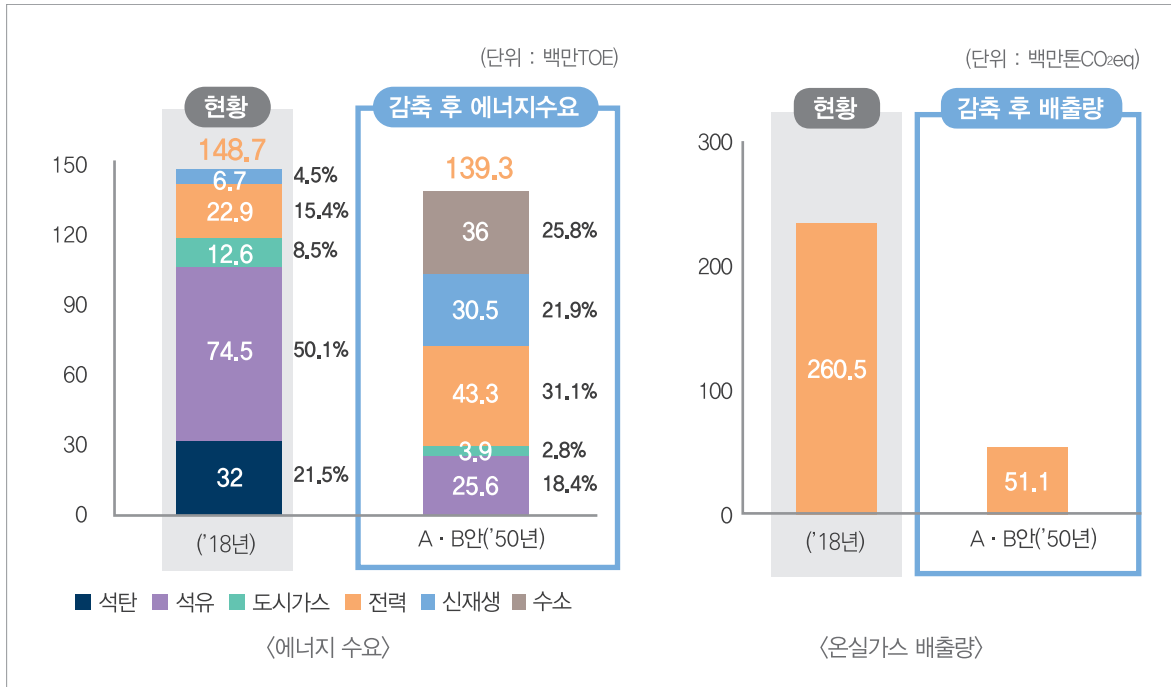
가. 개요

산업 부문 탄소중립 시나리오는 탄소중립 사회에 대한 비전과 목표 제시라는 목적에 부합하고, 온실가스 감축에 대한 산업계의 확고한 의지를 표명하기 위하여 가장 강력한 가정에 근거한 단일 시나리오로 제시하였다.

시나리오에 따르면, 2050년 산업부문 에너지 수요는 139.3백만TOE로, 2018년 148.7백만TOE와 유사할 것으로 전망된다. 또한, 탄소중립 이행과정에서 산업부문의 최종 에너지원 중 석유·석탄·도시가스의 상당 부분을 전력이 대체하면서 전력 소비는 2018년 22.9백만 TOE에서 2050년 43.3백만 TOE로 크게 증가할 것으로 예측하였다.

산업 부문의 2050년 전체 온실가스 배출량은 2018년 260.5백만톤 대비 80.4% 감축한 51.1백만톤으로 전망된다(직접배출 : 25.6백만톤, 공정배출 : 25.5백만톤). 온실가스 배출 저감의 상당 부분은 철강, 화학산업의 최종 소비에서 화석연료의 비중이 줄어드는 데에서 기인한다.

[그림 4-8] 산업 부문 에너지수요(좌) 및 온실가스 배출량 전망(우)



[표 4-6] 산업부문 유형별 온실가스 배출량 변화

(단위 : 톤CO₂eq)

구분	2018년	2050년
합계	260.5백만	51.1백만
직접배출	204.2백만	25.6백만
공정배출	56.3백만	25.5백만

나. 감축 수단

1) 철강 업종

2050년에는 고로 공정에서 이산화탄소를 발생시키는 코크스를 수소환원제철 기술의 도입을 통해 100% 수소로 대체하는 한편, 철스크랩 전기로를 확대하는 것으로 전망하였다. 기존 고로는 수소 환원료로 전환되고, 수소로 만든 DRI (Direct Reduction Iron, 직접환원철)가 전기로에서 용융될 것이다.

이를 통해 2050년 철강 업종의 배출량은 101.2백만톤(2018년)에서 약 95% 감축한 4.6백만톤이 될 것으로 보인다.

철강산업의 탄소중립 에너지전환

○ 공정특성

우리나라 철강 생산량의 약 70%는 철광석을 원료로 하는 고로방식, 30%는 고철을 원료로 하는 전기로 방식을 활용하여 생산한다. 고로는 코크스(석탄 유래)를 원료로 사용해 이산화탄소가 다량 발생하나 불순물이 적은 청정강 생산에 유리하며, 전기로의 경우 재생에너지 발전을 전제한다면 탄소중립에 유리하다.

○ 감축수단 : 수소환원제철법

현재의 기술수준에서 코크스는 고로방식에서 철광석의 산소를 제거(환원)하기 위해 꼭 필요한 원료이지만, 이산화탄소를 많이 배출한다는 한계가 있다. 이에 그 대안으로 수소가 제안되고 있다. 철광석의 산소를 제거하는 환원제로 수소(H)를 투입한다면 이산화탄소 대신 물(H₂O)이 배출된다. 다만 세계적으로 기술개발 초기 단계에 있어, 향후 많은 연구와 투자가 필요하다.



출처 : 2050 탄소중립추진전략

2) 시멘트 업종

시멘트 산업은 원료와 연료 모두 온실가스 배출 요인이 된다. 주 원료가 되는 석회석(CaCO₃)은 탄소와 산소 등으로 구성되어 공정과정에서 이산화탄소를 배출하며, 주 연료가 되는 유연탄도 연소되어 이산화탄소를 배출한다.

시나리오에서는 2050년에 유연탄 대신 폐합성수지(60%)와 수소열원(40%)으로 연료가 완전 대체될 것으로 전망하였다. 또한 원료에 있어서도 석회석이 12% 대체(슬래그, 애쉬류 등)되고, 제조공정 중 투입되는 혼합재의 비중을 20%까지 확대하는 것으로 전망하였다.

이를 통해, 2050년 시멘트 업종의 배출량은 34.1백만톤(2018년)에서 53% 감축한 16.1백만톤이 될 것으로 예상된다.

시멘트산업의 탄소중립 에너지전환

● 공정특성

시멘트는 석회석과 점토질, 규산질, 철질원료를 배합하여 고온(최대 2,000℃)으로 가열(소성)해 생산된 클링커를 분쇄하고, 이에 응결지연제 및 혼합재를 첨가하는 과정을 거쳐 제조된다. 이때 주원료인 석회석(CaCO_3)은 소성공정에서 산화칼슘(CaO)이 되며, 이 과정에서 이산화탄소가 배출된다(공정배출).

● 감축수단 : 원료 · 연료 전환

첫째로 원료를 대체하는 방법이 있다. 석회석 대신 CaO 를 함유한 산업부산물을 활용하거나, 클링커 일부를 혼합재로 대체하거나, 철강 공정의 부산물인 고로 슬래그 또는 발전 부산물인 플라이 애쉬(fly ash)를 활용하는 방법이 있다.

둘째로 연료를 대체하는 방법이 있다. 국내에서는 1997년부터 유연탄의 대체재로 폐타이어를 시작으로 폐고무, 폐합성수지 등을 사용해오고 있으며, 지속적으로 비중을 확대할 예정이다.

3) 석유화학 · 정유 업종

국내 석유화학산업은 후방산업인 정유산업에서 정제한 납사(나프타)를 주원료로 하여 합성수지, 합성섬유, 합성고무 및 다양한 화학제품을 제조하고 있다.

2050년에는 현재의 휘발유, 경유 등의 수송연료부문 수요구조 변화에 따라 정유산업의 구조개편이 불가피하며, 납사 기반의 석유제품의 생산이 감소하는 등 정유-석유화학-정밀화학-고무 및 플라스틱 산업을 포함한 화학산업 전반의 생산구조 변화가 예상되어 석유화학과 정유업종을 별도 분리하지 않고 통합하여 감축목표를 설정하였다.

석유화학 · 정유 업종의 구체적인 감축 수단으로는 전기가열로 도입, 바이오매스 보일러 교체 등 연료전환과 바이오 · 수소 원료 활용을 통한 납사원료 전환 등이 있다.

연료전환의 경우 전기가열로 또는 바이오매스 보일러 교제로 기존 연료의 57%를 전환하고, 원료전환의 경우 바이오와 수소 원료를 통해 기존 납사를 52% 전환하는 것으로 전망하였다. 추가적으로 폐플라스틱을 열분해하여 원료로 이용하는 방안도 포함되었다.

이를 통해 2050년 석유화학 및 정유 업종의 온실가스 배출량은 62.8백만톤(2018년)에서 73% 감축한 16.9백만톤이 될 것으로 예상된다.

석유화학산업의 탄소중립 에너지전환

○ 공정특성

국내 석유화학산업 중 상공정은 주원료인 납사 분해 과정에서 온실가스 직접 배출 비중이 높고, 하공정은 전기 사용량이 많아 간접 배출 비중이 높다.

○ 감축수단 : 원료·연료 전환

연료 또는 원료의 전환을 통해 온실가스 감축이 가능하다. 우선 연료전환으로는, 열원을 재생에너지 전력으로 전환하는 방법이 있다. 원료전환으로는, 원유에서 정제된 석유납사가 아닌 바이오매스를 활용한 바이오납사를 활용하는 방법이 고려될 수 있다. 또한 납사 대신 탄소와 수소를 직접 결합한 화합물질을 활용하는 방법이 있다. 연료 전환 중 전기분해로와 원료 전환 기술들은 아직 개발 초기 단계에 있어 지속적인 연구가 필요하다.

4) 기타 업종

기타 업종에서는 반도체·디스플레이, 전기·전자 등 전력 다소비 업종의 에너지 효율화, 친환경 연·원료 전환, 공정개선 등의 방법을 통해 온실가스를 감축할 수 있을 것으로 기대된다.

에너지 효율화의 경우, 설비 경량화, 열손실 감소기술 적용, 노후설비 교체 등을 통해 10~20%의 효율 개선이 가능할 것으로 보이며, 연·원료 전환의 경우, 열병합 발전설비에서 사용하는 석탄, 석유가 LNG 및 바이오매스로 대체될 것으로 전망하였다.

아울러, 불소계 온실가스(F-gas)를 대체가스·친환경냉매로 전환하고, 반도체·디스플레이 업종의 F-gas 저감설비 설치 등의 공정개선을 통해 온실가스 감축이 가능할 것이다.

기타 업종의 온실가스 배출량은 2018년 62.4백만톤에서 78.4%를 감축한 2050년 13.5백만톤이 될 것으로 예상된다.

불소계 온실가스

불소계 온실가스(HFCs, PFCs, SF₆ 등)란 불소를 포함하는 온실가스로, 냉장과 냉방장치에 주입되는 냉매, 충전기기, 반도체·디스플레이 공정가스 수지발포제, 소화기, 에어로졸, 용매 등에 사용된다. 자연에 존재하지 않고 오직 인위적으로만 배출되며, 지구온난화지수가 매우 높다는 특징이 있다.²⁷⁾

불소계 온실가스는 대체수단이 없을 경우 향후 충전기기 부문의 SF₆ 배출량, 반도체·디스플레이 업종의 PFCs와 HFCs 공정가스 사용량이 증가할 것으로 예상된다.

27) 지구온난화지수(GWP, Global Warming Potential) : 온실가스가 기후변화에 미치는 영향을 지수화한 것으로, 이산화탄소의 GWP를 1로 하여 기준으로 삼는다. 불소계 온실가스의 GWP는 이산화탄소의 수백배에서 수만배에 이른다.

다. 정책 제언

1) 탄소중립 핵심분야 소재·부품·장비 등 산업생태계 육성·지원

산업 부문의 탄소중립 실현을 위해 재생에너지, 그린수소, 무공해차, 제로에너지 건축물 등 탄소중립 관련 신산업에 대한 지원 로드맵을 마련하고, R&D 부터 상용화까지 전과정 지원책이 마련되어야 한다.

무엇보다 탄소중립 신산업·신기술 관련 벤처기업과 스타트업 창업이 활성화될 수 있도록 지원하고, 대·중·소기업이 동반 성장할 수 있도록 상생협력 네트워크도 구축될 필요가 있다.

또한, 우수 탄소중립 기업의 해외시장 진출을 촉진하고, 글로벌 시장 경쟁력 강화를 위하여 기술-금융-산업을 연계하는 전방위 수출패키지 지원책도 마련되어야 한다.

2) 저탄소 산업구조로의 대전환을 위한 기술개발 및 시설개선 투자

국내 주력산업이자 다배출업종의 탄소중립을 위해서는 수소환원제철(철강), 바이오납사(석유화학), 비탄산염 원료(시멘트) 등 핵심 감축기술의 실증화와 상용화가 반드시 필요하며, 이를 위해서는 정부의 재정적·기술적 지원이 즉각적으로 이루어져야 한다.

또한, 산업공정의 에너지효율 개선을 위한 기업의 적극적인 설비투자를 위해 저리융자, 세제 지원 등이 필요하며, 공장·산업단지의 스마트화 지원사업을 확대하여 중소기업의 대응역량을 높일 필요가 있다.

아울러, 수전해 수소(그린 수소) 등 신재생에너지의 안정적 공급기반을 마련하여 수급불균형에 대한 불확실성과 불안정성에 대한 우려를 조기에 해소해야 한다.

3) 시장주도의 온실가스 감축 노력 유도

산업부문의 온실가스 감축은 다른 부문에 비하여 시장의 관심과 자발적인 참여가 중요하므로, 이를 유도할 수 있는 정책적 수단과 인센티브가 마련되어야 한다.

대표적 규제 수단인 배출권거래제의 경우, 총 배출허용량을 엄격하게 관리하되, 유상할당 수익금을 기업에 재투자하고 목표달성에 따른 강력한 인센티브를 부여하는 등 선순환 구조를 마련할 필요가 있다.

또한, 탄소중립 기업과 친환경 산업에 대한 긍정적인 시장투자환경 조성을 촉진하고, 실질적인 환경개선 효과가 있는 분야에 투자자금이 유입될 수 있도록 실효성을 갖는 녹색 분류체계 마련 및 녹색금융 활성화가 필요하다.

4) 저탄소·녹색산업으로의 전환에 따른 일자리 감소 등 피해 최소화

마지막으로 주요 다배출업종을 비롯하여 산업생태계 전반적으로 저탄소·녹색산업으로의 업종전환이 예상됨에 따라 이에 대비한 체계적인 근로자 직업훈련과 교육체계를 마련하는 등 고용안정화 대책을 마련할 필요가 있다.

아울러, 신규 저탄소·녹색산업과 관계된 신규일자리도 적극적으로 발굴하는 등 산업구조 변화에 따른 일자리 감소 피해를 최소화하기 위해 노력해야 한다.

4.3. 건물 부문

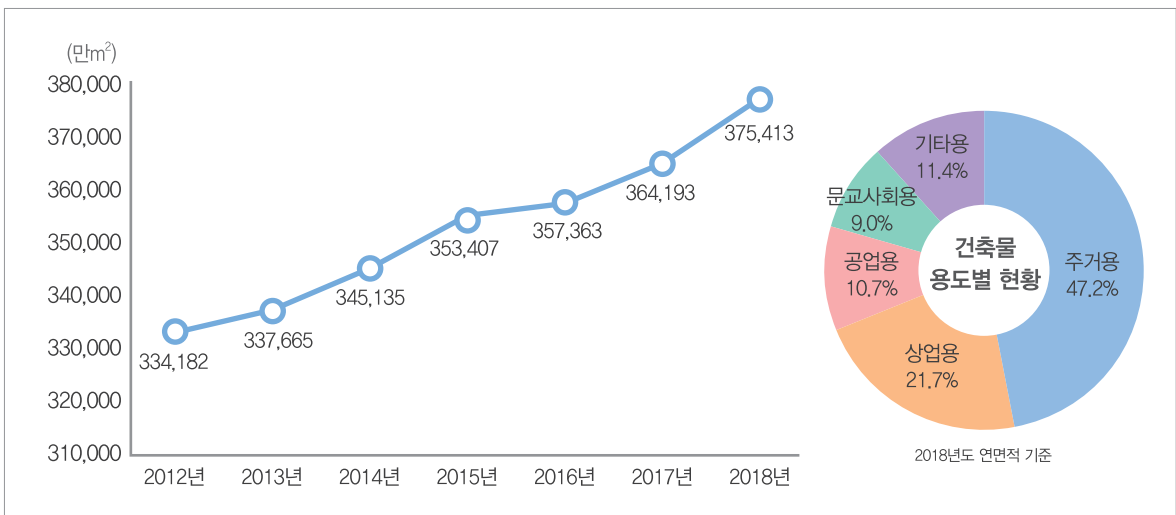
4.3.1. 현황

가. 건축물 현황

2018년 기준 우리나라의 건축물은 약 719만 동이며, 총 연면적은 3,754백만㎡으로 매년 건축물의 동수와 연면적이 지속적으로 증가하고 있다.

건물의 용도별 연면적(2018년 기준)을 살펴보면, 주거용이 47.2%로 전체의 가장 높은 비중을 차지하고 있으며 이어서 상업용(21.7%), 공업용(10.7%) 순으로 나타나고 있다.

[그림 4-9] 연도별 건축물 총연면적(좌) 및 건축물 용도별 연면적(우)



출처 : 국토교통부

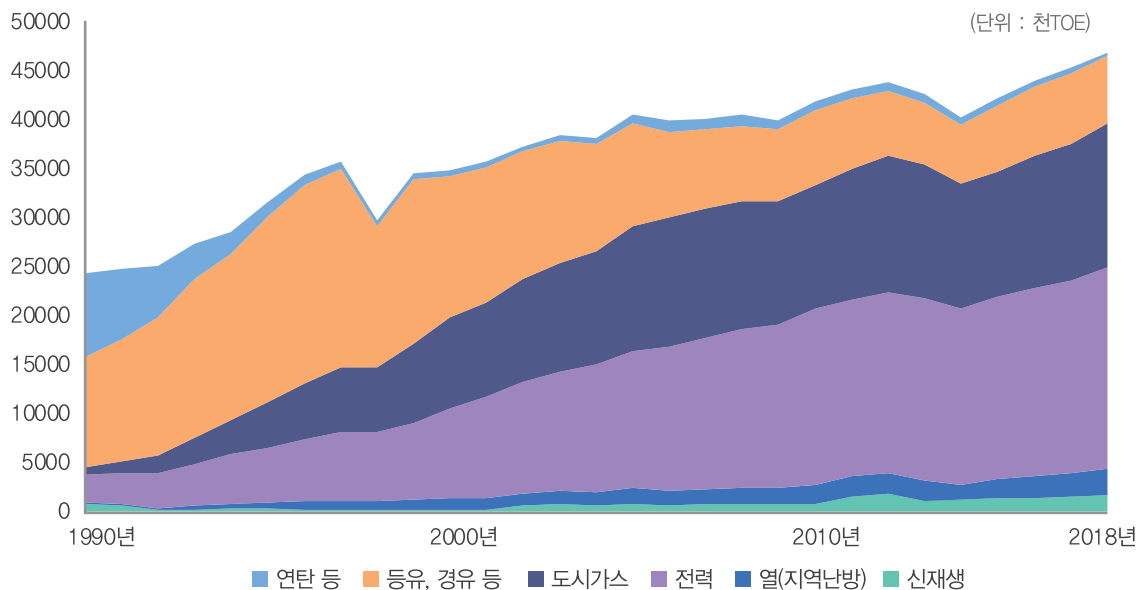
나. 에너지 사용 현황

건물 부문 총 에너지 소비량은 단열성능의 꾸준한 개선에도 불구하고 건축물의 연면적 증가, 폭염·한파 등과 같은 이상기후, 전기제품 사용 증가 등의 이유로 지속적으로 늘어나고 있다.

건물의 에너지 사용형태를 살펴보면, 2018년 기준으로 전력이 43.9%로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 도시가스 등 화석연료를 사용하는 경우가 46.7%를 차지한다.

시간적 변화에 따라 보면 연탄, 등유·경유 등 사용량은 감소추세이며, 전력과 도시가스, 지역난방에 따른 열에너지, 지열·태양광 등 신재생에너지는 증가추세에 있다.

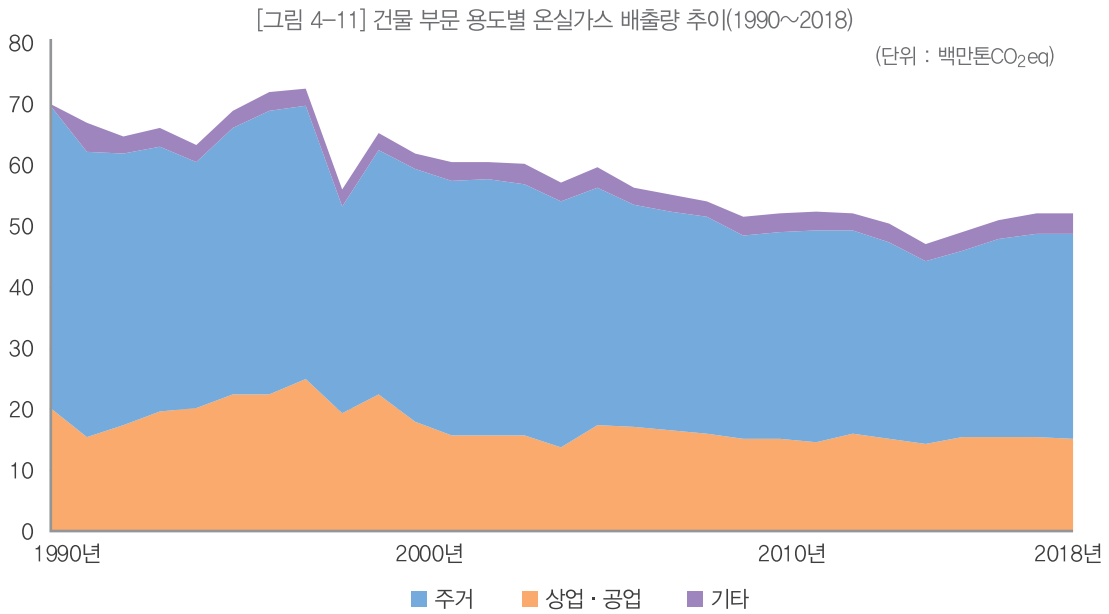
[그림 4-10] 건물 부문 에너지원별 사용 추이(1990~2018)



다. 온실가스 배출량

건물 부문은 우리나라 온실가스 총배출량의 7%(2018년 기준, 간접 배출량 포함시 24.6%)를 차지한다. 전력 및 지역난방 사용에 따른 간접 배출량을 포함할 경우 179.2백만톤으로 산업 분야 다음으로 많은 온실가스를 배출하고 있다.

건물 용도별 배출량을 보면, 2018년 배출량 기준으로 주거용 건물이 65.0%로 가장 많은 비중을 차지하고 있으나, 연도별 추이를 볼때 상업·공업용 건물의 배출 비중이 점차 증가하고 있으며 주거용 건물의 배출 비중은 감소하고 있다.



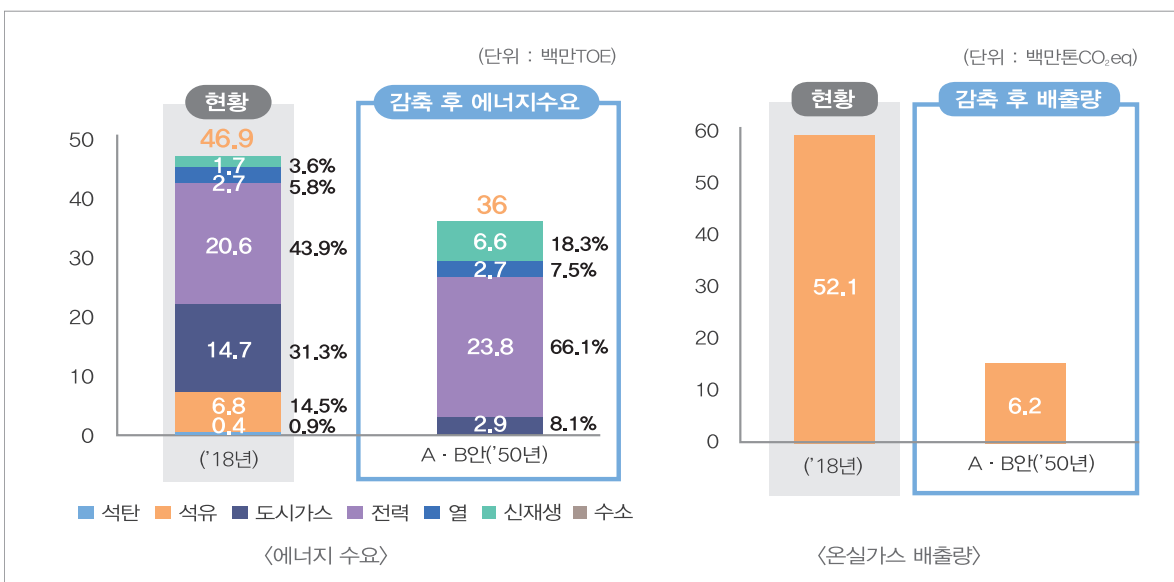
4.3.2. 건물 부문 전망 및 감축수단

가. 개요

탄소중립 달성을 위해, 2050년 건물 부문 에너지 수요는 건축물 에너지 효율 향상, 고효율기기 보급 등을 통해 2018년 소비량 46.9백만TOE 대비 약 23% 감소한 36.0백만TOE 수준이 되어야 할 것으로 보인다. 에너지별 비중을 보면, 화석연료(연탄, 등유·경유, 도시가스 등) 사용량은 2018년 47%에서 2050년 8%로 감소하고, 전력과 신재생 및 지역난방 등 열에너지 사용량은 92%로 확대되는 것으로 시나리오를 상정하였다.

이와 같은 전제에서, 2050년 건물 부문 온실가스 배출량은 2018년 52.1백만톤 대비 88.1% 감소한 6.2백만톤이 될 것으로 전망된다.

[그림 4-12] 건물 부문 에너지수요(좌) 및 온실가스 배출량 전망(우)



나. 감축수단

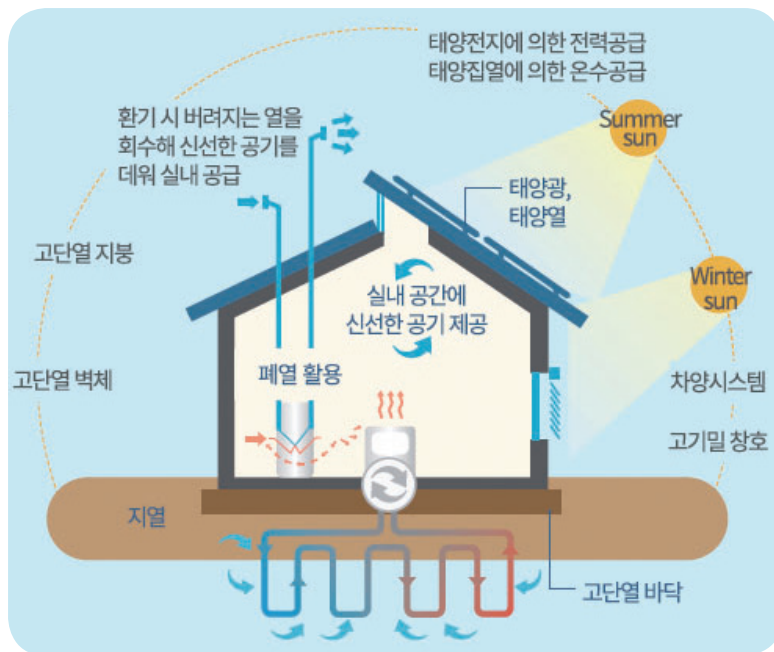
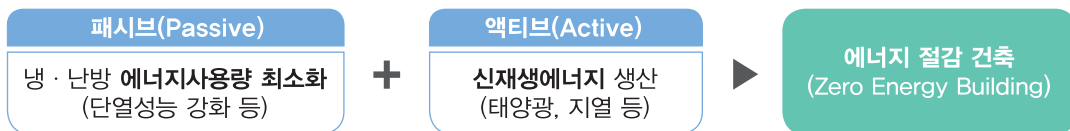
1) 에너지 효율 향상

건물의 에너지 효율을 극대화하는 것은 온실가스 배출을 줄일 수 있는 가장 중요한 감축 수단이 된다. 정부는 신축건물에 대해서는 제로에너지건축물의 단계적 의무화, 기존 건물에 대해서는 그린리모델링을 통해 건물 에너지 효율 개선을 추진하고 있다.

2050년까지 신규 건축물은 제로에너지 건축물(ZEB) 1등급 100%, 기존 건축물은 그린리모델링 에너지효율등급을 가정 1++ 등급, 상업 1+ 등급으로 100% 이행을 통해 2018년 대비 냉·난방 에너지사용 원단위 30% 이상 개선이 필요할 것으로 전망된다.

제로에너지건축물(ZEB)과 그린리모델링

- **(제로에너지건축물)** 건축물에 필요한 에너지부하를 최소화(패시브)하고 고효율설비와 신·재생에너지를 활용(액티브)하여 에너지 소요량을 최소화하는 녹색 건축물을 말하며, 에너지자립률이 100% 이상일 경우 1등급에 해당한다.



출처 : 제로에너지빌딩 2020 인증 안내서(2020)

- **(그린리모델링)** 노후된 건축물의 단열, 설비 등 성능을 개선하여 에너지효율을 향상시킴으로써 온실가스 배출을 줄일 수 있도록 건축물을 개량하는 사업

2) 고효율기기 보급

에너지 효율이 높은 가전기기, 사무기기, 조명기기의 보급 확대는 건물 내 에너지 사용과 온실가스 배출을 동시에 줄일 수 있는 중요한 감축 수단이다. 특히, 건물의 특성상 한번 지어지면 장기간 동안 개선이 어려움을 고려할 때 각종 에너지 사용기기의 효율 개선은 건물부문 온실가스 감축에 실질적인 기여를 할 수 있다.

우리나라는 가전제품의 에너지 효율 개선을 위해 가정 내에서 사용되는 주요 가전제품을 에너지효율등급 관리대상으로 선정하고 에너지 효율기준을 단계적으로 강화하고 있다.²⁸⁾ 2050년 탄소중립을 위해서는 주요 에너지 설비 및 기기의 에너지 소비효율을 강화하고 에너지 소비효율등급 표시제도를 확대하는 등의 노력을 통해, 에너지를 30~32% 가량 절감할 수 있을 것으로 전망된다.²⁹⁾

3) 스마트에너지 관리

건물 에너지 이용 최적제어 통합관리시스템(HEMS·BEMS)³⁰⁾은 설비(조명, 냉난방 등)에 센서와 계측장비를 설치하고 통신망으로 연계하여 상세 에너지사용량을 실시간 모니터링하고 자동제어하는 기술로서 건물 내 에너지 사용의 최적화를 유도할 수 있다. 주거(HEMS), 비주거(BEMS) 100% 보급을 통하여 주거는 2%, 비주거는 5% 가량의 에너지를 절감할 수 있을 것으로 보인다.

[그림 4-13] 건물에너지이용 최적제어 통합관리시스템(BEMS) 개념도



출처 : (사)한국EMS협회

28) 에너지효율등급관리는 현재 냉장고, 에어컨, 세탁기, 냉온수기, 전기밥솥, LED 램프 등 33개 품목에 대해 시행 중

29) 에너지소비효율등급 표시제도 : 에너지 소비효율 또는 에너지사용량에 따라 효율등급을 1~5등급으로 나누어 표시하고 최저소비 효율기준 미달제품의 생산·판매를 금지하는 제도

30) Home/Building Energy Management System

4) 저탄소·청정 에너지 보급

화석연료 대신 태양광, 지열, 수열 등 신재생에너지 사용 비중을 높임으로써 온실가스 감축을 기대할 수 있다. 신재생에너지는 1.7백만TOE(2018년)에서 6.6백만TOE까지 확대 보급할 수 있을 것으로 전망된다.

또한 연료전지 및 발전소 폐열 등 추가적인 탄소 배출이 없는 열에너지를 적극 활용하고, 지역난방 회수열 및 신재생에너지 등을 활용한 저온 지역난방을 확대하여 2018년 지역난방 수요(2.7백만톤) 수준 이상을 전량 청정열 공급방식으로 전환할 필요가 있다.

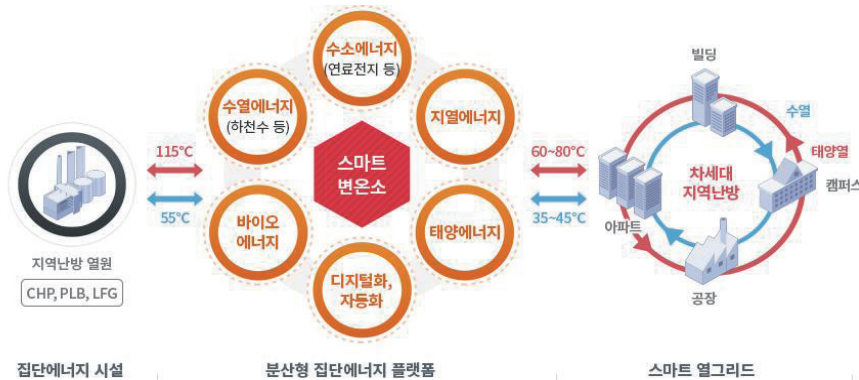
아울러, 각종 감축수단에도 불구하고 남는 잔여 화석연료 사용량도 상당 부분 전기로 대체할 필요가 있다.

수열 에너지

- 수온이 여름철에는 대기보다 낮고, 겨울철에는 높은 특성을 활용하여 물을 열원으로 히트펌프를 통해 냉난방을 가능하게 하는 재생에너지이다.

저온 지역난방

- 기존 100℃ 이상의 고온수 및 스팀 공급과 함께 사용처의 수요에 따라 지역난방 회수열, 신재생에너지 발생열 등을 이용하여 100℃ 미만의 저온수를 공급하여 미활용 열의 활용을 극대화하는 **방식으로, 스마트변온소, 신재생에너지와 함께 차세대 지역난방의 주요 모델로 확대될 전망이다.**



출처 : 한국지역난방공사

5) 행태개선

배출권거래제 확대·강화, 에너지 요금제 개선 등 다양한 형태의 기후환경비용 반영을 통한 에너지 소비 감소 유도과 국민의 자발적 동참 등을 통한 에너지 사용량 절감도 주요한 감축수단이 될 수 있다.

4.3.3 정책 제언

가. 건물 에너지 효율 및 수요관리

건물 부문의 에너지 효율 개선은 폭염·한파 등 기후위기 적응 및 온실가스 감축에 효과적이며, 장기적으로는 건물 이용자의 에너지 비용을 낮춰 경제성을 높일 수 있다. 다만, 단기적으로는 높은 투자 비용이 발생함에 따라 건물 소유주의 투자를 유도할 수 있는 정책적 지원이 필요하다.

그린리모델링 활성화를 위해서는 단기·중장기별 그린리모델링 로드맵 수립 및 건물의 온실가스 배출량 제한기준 및 온실가스 배출총량제 등 도입, 민간부문 그린리모델링 확산을 위한 법적근거, 인허가 기간 단축, 예산 및 인센티브 확보 방안 등의 검토가 필요하다.

제로에너지 건축물은 제로에너지 건축물 인증 대상을 주거·상업용에서 공업·농업용 건물, 환경기초시설·철도역사 등 기반시설, 데이터센터, 학교캠퍼스 등 기타 건물로까지 확대가 필요하며, 에너지 감축 인증범위에 대해서도 냉방, 난방, 급탕, 환기, 조명을 포함하여 취사, 가전제품, 공용전기까지의 확대가 필요하다.

에너지의 효율적 사용을 위하여 건물 에너지 수요관리를 위한 모니터링 의무화, 수요반응 시장 확대, 개인간 잉여전력 거래 제도 도입, 공동주택 RE100 제도³¹⁾ 등이 필요하다.

수요반응시장

전력 소비자가 에너지 소비량을 줄이면 이에 대해 보상을 하는 제도이다. 특히 피크시간대 수요 분산에 기여해 국가적으로 효율적인 에너지 사용을 가능하게 한다.

중장기적으로는 탈탄소 건축자재·소재 사용, 저에너지 시공, 건설폐기물 최소화 등 생애주기 관점의 탄소중립건물 관리제도(탄소발생량 명기 의무화 등) 마련이 필요하다.

31) 사용 전력의 100%를 재생에너지로 조달하는 자발적 성격의 캠페인

나. 도시·국토 등 지역 단위의 탄소중립 실현

개별 건축물 단위의 탄소중립 한계를 보완하기 위해서는 도시·국토 차원의 탄소중립 실현이 필요하다. Off-site 제도 활성화, 도시 온실가스 흡수원 확대, 제로에너지도시 지정·운영, 도시기본계획에 온실가스 감축 목표량 설정 등을 검토해야 한다.

Off-site 제도

제로에너지건축물 달성을 위한 에너지 생산·공급 방식의 하나로, 건축물에 필요한 전기·열 에너지를 건물의 대지 경계면 외부에서 공급·생산하는 방식이다. 대지 내 신재생에너지 설비가 어려운 건물의 신재생에너지 활용을 독려할 수 있고, 지역 단위의 제로에너지 활성화에 기여할 수 있다는 장점이 있다.

※ On-site 제도 : 대지 경계면 내부에서 공급·생산하는 방식

도시개발, 재개발 및 정비 등 개발사업과 관련해서는 사업지 내 온실가스 감축을 위한 에너지사용계획 수립제도 개선, 도시개발업무지침 개정 등 제도 개선이 필요하다. 아울러, 「탄소중립기본법」 제정(2021.9)에 따라 도시개발 사업시 기후변화영향평가를 통해 도시 및 지역 단위의 탄소중립 실현 방안이 계획단계부터 수립되도록 면밀한 제도 설계가 필요하다.



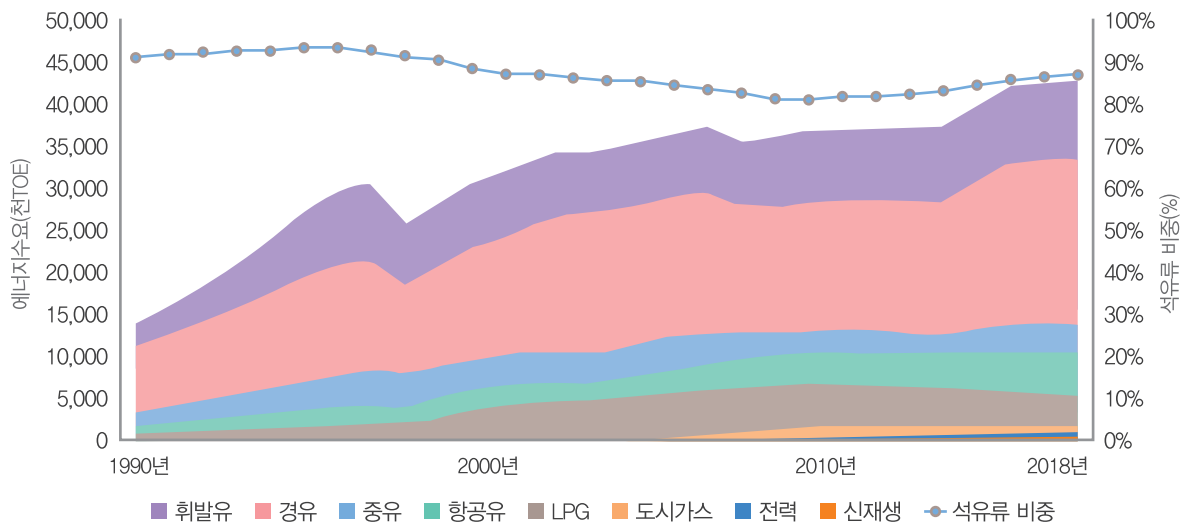
4.4. 수송 부문

4.4.1. 현황

가. 에너지 사용 현황

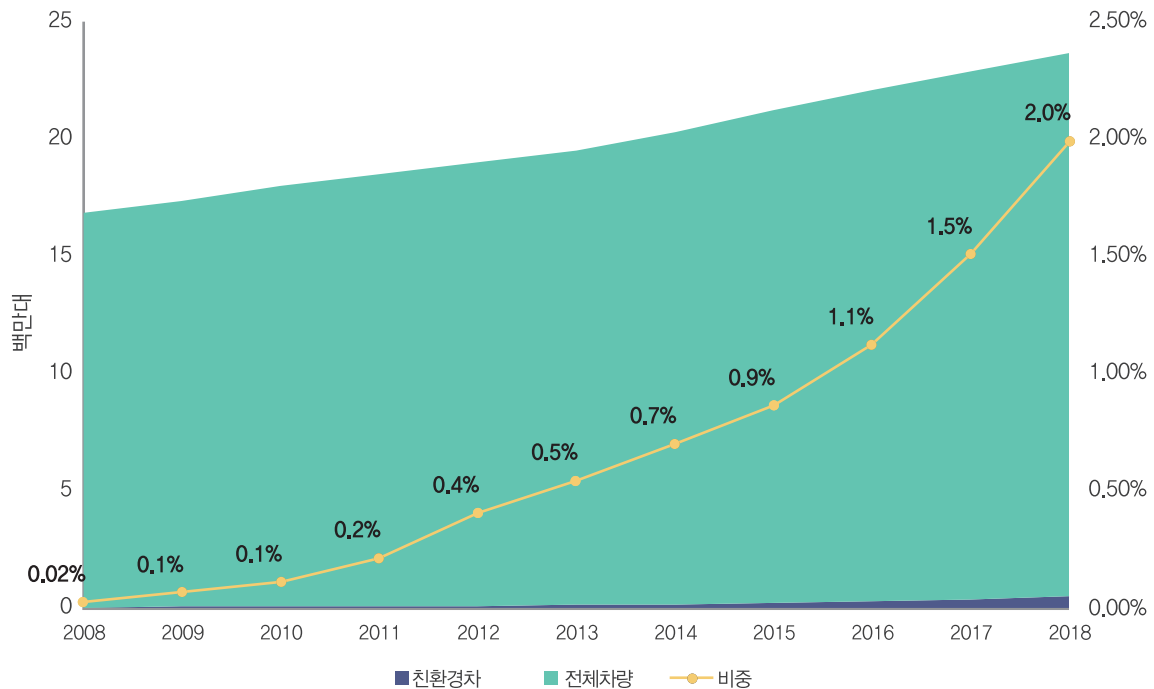
수송 부문은 도로, 철도, 해운, 항공으로 구분되며, 이 중 도로 부문이 수송 부문 전체 에너지 사용의 대부분(2018년 94.8%)를 차지한다. 수송 부문의 운송수단들은 화석연료를 주로 사용하며, 철도를 제외하고는 특히 석유 의존도가 높다.

[그림 4-14] 수송 부문 에너지원별 사용 추이(1990~2018)



2008년 이후 자동차 등록대수를 살펴보면, 지난 10년간 전체 등록대수가 1.4배 가까이 증가하였고, 친환경차(전기, 수소, 하이브리드 등)도 대폭 증가하였으나 전체 등록대수 중 비율은 2018년 기준 2.0%에 그치고 있다.

[그림 4-15] 연도별 자동차 총 등록대수 및 친환경차 등록대수 (2008~2018)



출처 : 국토교통부

나. 온실가스 배출 현황

수송부문은 98.1백만톤의 온실가스를 배출하여, 우리나라 온실가스 총배출량 중 13.5%(2018년 기준, 간접 배출량 포함시 13.7%)를 차지한다.

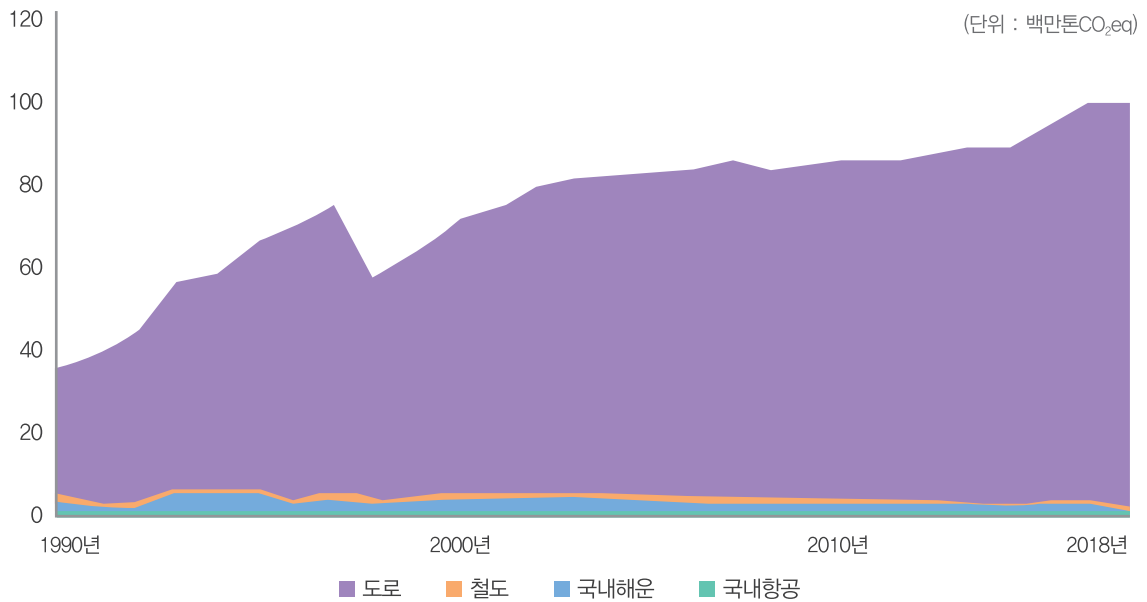
수송 부문의 온실가스 배출량은 자동차 보급 확산³²⁾, 도로 시스템의 확충, 화물 운송의 확대 등으로 꾸준히 증가하여, 2018년의 경우 1990년보다 약 2.8배 증가하였다. 다만 2010년 이후 다소 증가율이 둔화되고 있는 추세이며, 이는 2010년 이후 자동차 온실가스 및 연비규제 정책도입,³³⁾ 국제유가 변동에 따른 소비억제 등에서 일부 기인한 것으로 보인다.

한편, 해운과 항공 부문의 경우 배출량은 국내선을 기준으로 산정하기 때문에 수송 분야 총배출량 대비 비중은 크지 않다. 해운은 배출량 감소 추세에 있으며, 항공은 2010년부터 연평균 배출량이 꾸준히 증가하였다.

32) 1990년~2018년 기간 중 자동차 등록대수 약 6.8배 증가(339만대 → 2,320만대)

33) (참고) 우리나라 자동차 온실가스 배출 기준: 140 CO₂g/km(2015년) → 97 CO₂g/km(2020년)

[그림 4-16] 수송 부문 분야별 온실가스 배출량 추이(1990~2018)



4.4.2. 수송 부문 전망 및 감축수단

가. 개요

수송부문의 2050년 온실가스 배출 양상은 2개의 시나리오로 전망하였다.

시나리오 A안은 대부분의 차량이 전기·수소차 등 온실가스를 배출하지 않는 무공해차로 전환되고, 차량 수명이 남은 최소한의 내연기관차만 운행되는 상황을 가정하였다.

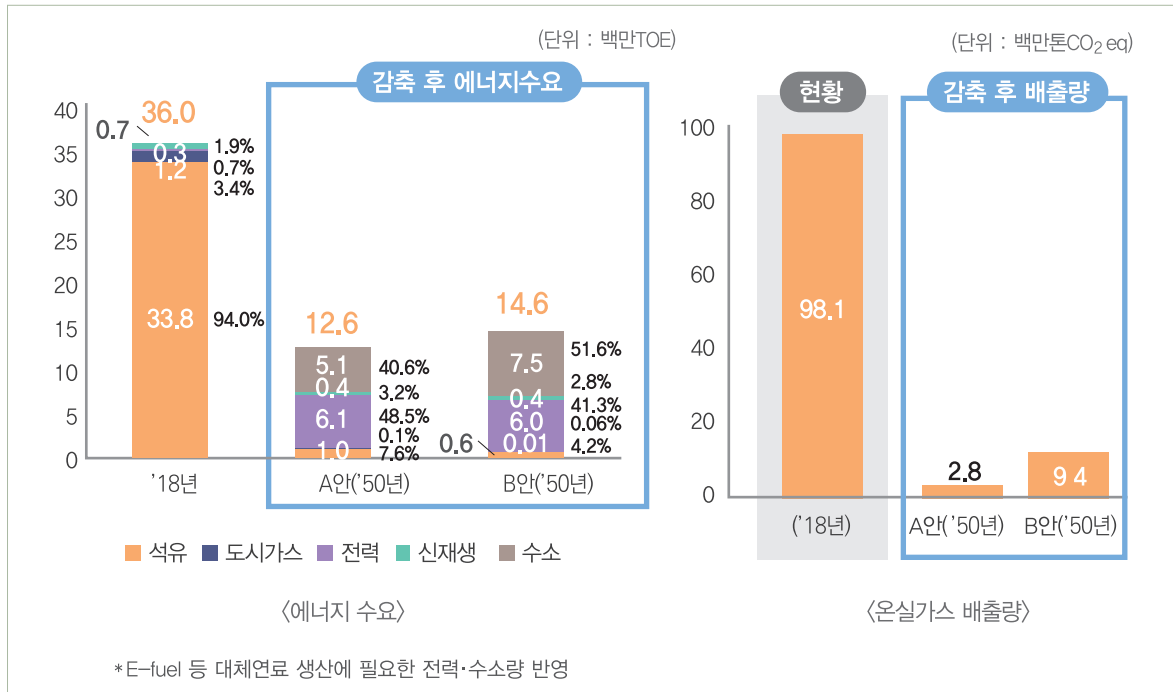
시나리오 B안은 전기·수소차의 비중이 높아지나 현재와 같이 여전히 내연기관차도 일부 남아 있는 상황을 가정하였다. 다만 잔여 내연기관차는 e-fuel 등 대체연료를 사용한다는 전제조건에 기반하고 있다.³⁴⁾

2050년 수송부문 에너지 수요는 2018년 36백만TOE 대비 64.9%(A안) 또는 59.4%(B안) 감소한 12.6백만TOE(A안) 또는 14.6백만TOE(B안)가 될 것으로 전망된다.

화석연료(석탄, 석유, 도시가스) 사용량은 2018년 97.4%에서 2050년 7.7%(A안) 또는 4.3%(B안)로 감소하고, 전력 및 신재생에너지는 2018년 2.6%에서 92.3%(A안) 또는 95.7%(B안)로 확대될 것으로 보인다.

34) 공기 중의 이산화탄소를 직접 포집(DAC)하여 제조한 연료(e-fuel), 바이오매스로 제조한 연료(바이오 에탄올/디젤 등) 등을 말한다.

[그림 4-17] 수송 부문 에너지 수요(좌) 및 온실가스 배출량 전망(우)



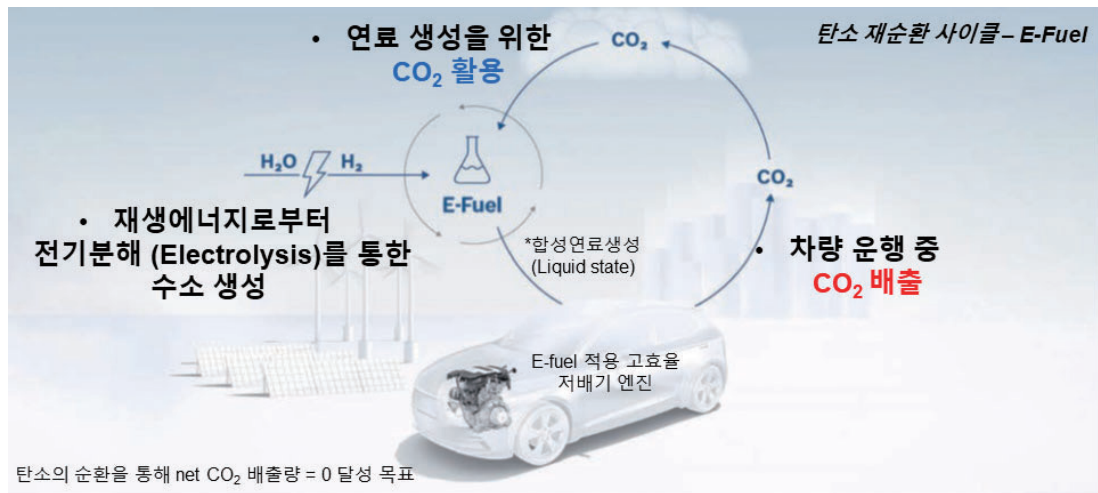
화석연료 사용이 감소함에 따라, 2050년 수송 부문 온실가스 배출량은 2018년 98.1백만톤 대비 97.1%(A안) 또는 90.6%(B안)가 감축되어, 2.8백만톤(A안) 또는 9.2백만톤(B안)이 될 것이다.

[표 4-6] 수송 부문 부문별 온실가스 배출량 변화

(단위 : 톤CO₂eq)

구분	2018년	2050년	
		A안	B안
합계	98.1백만	2.8백만	9.2백만
도로	95.2백만	1.0백만	7.4백만
철도	0.3백만	0	
해운	1.0백만	0.3백만	
항공	1.6백만	1.5백만	

대체연료 예시 : E-fuel



※ 출처 : 2020 Vienna, Bosch

E-fuel(Electricity-based fuel)은 전기분해로 얻은 수소에 탄소 등을 합성하여 생성한 합성연료를 말한다. 대기 중의 저농도 CO₂를 직접 분리·회수하는 기술인 DAC(Direct Air Capture, 직접 대기 포집)를 통해 확보한 탄소와 그린수소를 합성하여 E-fuel을 제조하고 이를 다시 연료로 사용한다면, 탄소재순환을 통한 탄소배출 제로화가 이론적으로 가능하다.

이번 시나리오 B안의 도로 부문 배출량 7.4백만톤은 E-fuel 사용으로 발생하지만, 이에 따른 배출량은 E-fuel 생산시 포집한 양으로 상쇄되는 것으로 가정하였다.

나. 감축 수단

1) 수요관리 강화

개인의 행태와 사회의 시스템 개선은 중요한 온실가스 감축 수단이 될 수 있다.

두 시나리오 모두에서 대중교통 및 자전거·킥보드 등 개인 모빌리티의 이용 확대, 화물 운송수단의 전환(도로 → 철도·해운), 공유차량 이용 확대 등으로 2050년 승용차 통행량은 2018년 대비 15% 감소할 것으로 전망하였다.³⁵⁾

35) 2018년 59.6백만 → 2050년 50.9백만 (통행량/일)

주요 수요관리 수단

- **고속·대용량 대중교통체계 구축** : 대도시권 광역급행철도(GTX-X), S-BRT, GTX 등 친환경 대중교통 수단 체계 완료
- **대중·공공교통 이용 활성화** : 대중교통 수단 간 연계교통 강화, BIS 확대를 통한 버스 이용 활성화, 수요응답형(DRT)·공유교통(카셰어링) 활성화, 알뜰교통카드 이용 활성화 등
- **비동력 무탄소 교통 강화** : 단거리(10km 이내) 승용차 통행을 비동력 무탄소 교통수단인 보행 및 자전거, 퍼스널모빌리티로 적극적 전환
- **내연기관차 이용 억제** : 부제 시행, 주차요금 인상, 통행료 인상 등을 도입하여 내연차 운행에 부담 가중하여 무공해차로 전환 촉진
- **비대면사회 재택근무 확대 및 첨단교통체계를 통한 에너지 효율성 강화** : 월 1회 이상 재택근무 확대, ITS 구축 및 자율주행차 등으로 차량 이용 및 에너지 효율성 향상
- **화물운송 수요 전환** : 도로화물의 철도 및 연안해운으로 수단 전환 확대
- **화물배송 시스템 효율화** : 권역별 화물 허브, 도시 내 생활배송 시스템 연계 등

2) 무공해차 보급 확대

수송 부문 에너지사용량의 대부분을 차지하는 도로 부문의 온실가스 배출을 줄이기 위해서는 내연기관차를 운행단계에서 온실가스를 배출하지 않는 전기·수소차 등 무공해차로 전환하는 것이 핵심이다. 무공해차의 빠른 보급을 위해서는 관련 기술 개발과 적재적소의 전기·수소충전소 설치가 뒷받침되어야 한다.

시나리오 A는 무공해차 전환이 적극적으로 이루어져 전체 차량의 97%가 전환된 경우, 시나리오 B는 전체 차량의 85% 이상을 무공해차로 전환하되 잔여 내연차는 대체연료를 사용하는 경우를 가정하였다.

[그림 4-18] 친환경차 종류 및 범위

친환경자동차 기존 내연기관차보다 온실가스 및 대기오염 배출이 적고 연비가 우수한 자동차

| 종류 및 범위(용어) |



- 저공해차(LEV: Low Emission Vehicle): 대기오염물질의 배출이 없거나 적게 배출하는 자동차 (1종, 2종, 3종) [대기환경보전법, 환경부]
- 환경친화적자동차(약칭: 친환경차): 제공해차 기준에 적합하고, 에너지소비효율이 우수한 자동차 (친환경자동차법, 산업통상자원부)
- 무공해차(ZEV: Zero Emission Vehicle): 제공해차 중에서 대기오염물질 배출이 없는 자동차 [대기환경보전법, 환경부]

3) 친환경 철도·해운·항공 전환

철도의 경우 전력 기반 시스템으로의 전환이 이미 진행 중³⁶⁾이며, 남아있는 경유 차량도 전시 등 비상상황에 대비한 최소한의 차량을 제외한 모든 차량이 무탄소 동력을 이용하는 전기·수소 열차로 100% 전환될 것이다.

해운의 경우 2050년까지 바이오연료 및 LNG 연료를 전체 해운 에너지 소비량의 30%까지 확대하고, 전기·수소선박 비중을 40%까지 늘리며, 추가로 선박에너지효율과 운항효율을 개선하여 온실가스를 감축할 수 있을 것으로 보인다.

항공의 경우, 2010년 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO) 총회에서 2020년 이후 배출량을 동결하고 2050년까지 연료효율을 연 2%씩 개선하겠다는 목표를 채택하였다. 이에 발맞추어 전체 국내 항공유 소비량 중 30%는 바이오항공유를 통해, 20%는 전기·수소항공기 도입을 통해 기존 연료(항공유)를 대체함으로써 온실가스 배출을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.³⁷⁾

다. 정책 제언

1) 기존 수송 산업의 친환경 수송 산업으로의 전환 지원

기존 수송 관련 산업의 고용에 미치는 부정적인 영향을 고려하여, 친환경 수송산업으로 무리없이 전환될 수 있도록 기술개발 지원, 부품·정비업계 등의 업종전환 교육훈련 등의 다양한 안전망 마련이 신속히 추진되어야 한다.

또한 무공해차 보급 확대를 위해 중소형차 중심의 보급형 무공해차의 생산 및 판매가 가능한 중소기업 육성 등이 필요하다.

그리고 온실가스를 저감하면서도 수송 수단의 동력원 다양화를 위해 e-fuel, 수소엔진, 차세대 바이오연료, 암모니아 등 대체 연료와 관련한 기술개발을 지원하고 신기술의 상용화 방안을 마련할 필요가 있다.

마지막으로 충전소, 배터리 등 전기차 산업 서비스 분야를 포함한 후방산업 육성이 병행되어야 할 것이다.

36) 2018년 기준 전기차량 91.7%, 경유차량 8.3%

37) 바이오항공유 : 바이오매스 기원 원료를 이용하여 합성기술을 통해 제조한 항공연료로 일정 기준을 충족하면 기존 항공유와 혼합하여 사용이 가능한 연료

2) 친환경 수송수단 비중 확대를 위한 규제 및 인센티브 마련

친환경 수송수단의 비중 확대를 위해서는 무엇보다 수요자 측면에서 충전(전기·수소 등) 인프라를 대폭 확충하여 생활공간에서의 접근성을 확보하고, 충전 및 결제시스템의 규격화 등 사용자 편의성 개선도 신속히 추진되어야 한다.

직접적인 정책수단으로는 자동차 온실가스·연비 기준을 강화하고 그 대상도 온실가스 배출량이 큰 중대형차로 확대할 필요가 있다.³⁸⁾ 또한 무공해차 보급과 관련해서 법제화 등을 통해 무공해차 의무보급비율을 강화하는 한편, 경·소형 승용차의 보급 확대방안을 마련하는 것 등을 고려해볼 수 있다.

지원방안으로는 친환경차로 전환이 어려운 중대형차의 전환기술개발을 지원하고, 운행 사업자의 조기 전환을 유도하기 위한 다양한 인센티브 방안이 마련되어야 할 것이다.

관리 체계 측면에서는 친환경차 및 충전소의 안전기준을 마련하고, 전기차 폐배터리를 활용할 수 있는 순환체계를 마련할 필요가 있다.

3) 대중교통 확대 등 수송 수요관리 강화

수송 부문 수요관리 강화를 위해서는 무엇보다 대중교통 이용률을 늘리는 것이 효과적인데, 지역 간 균형을 고려하여 대중교통 인프라를 확대하고, 운영 지원 등을 위한 예산을 확보하는 것이 필요하다.

직접적인 수요억제 수단으로는 혼잡통행료 부과, 특별대책지역이나 저오염배출지역(LEZ, Low Emission Zone) 지정 등 이동량을 조정할 수 있는 규제를 마련하는 방안이 있을 수 있다.³⁹⁾

자전거, 개인용 모빌리티, 드론 수송 등 무탄소 이동수단 이용을 활성화하고, 공유차, 자율주행차, 도심항공교통 등 모빌리티 혁신을 통해 이동을 효율화하는 지속적인 노력도 필요하다.⁴⁰⁾

시민들의 적극적 참여를 위해서는, 수요관리 수단 및 친환경차 보급확대 수단 등에 대한 시민인식 제고방안을 마련하고, 참여방안을 강화할 필요가 있다.

38) 자동차 제작사(수입사)가 준수해야 하는 한 해 판매 자동차의 평균 온실가스 배출량 또는 평균 연비(저탄소녹색성장기본법)

39) 저오염배출지역 : 특정 지역 내 공해차량 운행을 제한하는 제도. 독일과 영국 등에서는 오염물질 배출기준을 넘는 차량이 운행제한지역을 운행하면 벌금을 부과한다.

40) 도심항공교통 : 도심 내 활용이 가능한 친환경 전기동력 수직이착륙기(eVTOL) 등을 이용하여 승객이나 화물운송 등을 목적으로 타 교통수단과 연계하여 운용되는 새로운 항공교통체계

4.5. 농축수산 부문

4.5.1 현황

가. 에너지 사용 현황

농축수산 부문(농업, 축산, 수산)의 에너지 소비량은 총 2,712천TOE로 석유가 1,215천TOE(44.8%), 도시가스 4천TOE(0.1%), 전력이 1,473천TOE(54.3%)를 차지하고 있다.

농축산부문에서는 트랙터, 경운기 등 농기계와 온실의 난방 등에 사용되는 등유 및 경유가 주 에너지원이며, 수산부문에서는 어선에서 사용되는 경유와 양식장 전력 등이 주에너지원이다.

나. 농축수산 부문 온실가스 배출량

농축수산 부문은 24.7백만톤의 온실가스를 배출하여, 우리나라 온실가스 총배출량 중 3.4%(2018년 기준)를 차지한다.

농축산 부문은 타 부문과 달리 에너지 사용으로 인한 온실가스 배출의 비중이 작다는 특징이 있다. 농축수산 부문 온실가스 배출량의 약 85.8%(21.2백만톤)가 농작물 재배, 가축 사육 등 농업 생산과정에서 발생하는 메탄(CH₄)과 아산화질소(N₂O)이다.

[표 4-7] 농축수산부문 유형별 온실가스 배출량(2018)

(단위 : 백만톤 CO₂eq)

배출량	비에너지					에너지 (농축수산)
	계	경종 ⁴¹⁾		축산		
		벼재배	농경지토양	장내발효	가축분뇨	
24.7	21.2	6.3	5.5	4.5	4.9	3.5

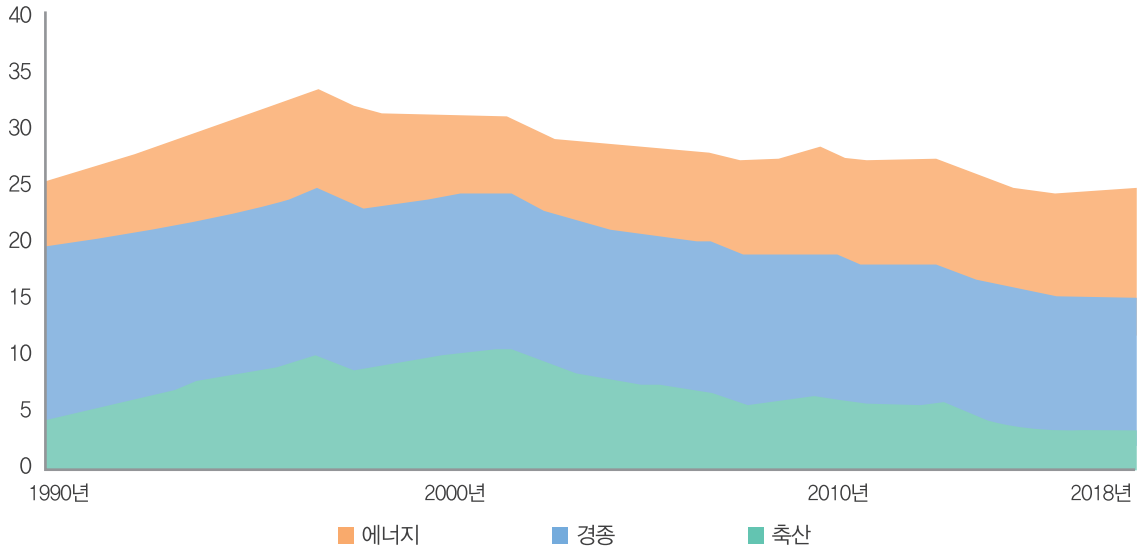
농축수산 부문 배출량은 1990년 대비 2018년 4.3% 감소하였으며, 원인별로 살펴보면 에너지 사용으로 인한 배출량은 27% 감소하였으나 비에너지 배출량은 0.9% 증가하였다.

비에너지 배출량의 경우 경종 분야는 논 면적 감소 등으로 온실가스 배출량이 1990년 대비 2018년에 22% 감소하였으나, 축산 분야는 가축 사육두수 증가로 배출량이 62% 증가하였다. 이 같은 변화는 서구화된 식습관 변화, 소득증가에 따른 육류소비량 증가, 외식산업의 발달 등에 기인한 것으로 추정된다.

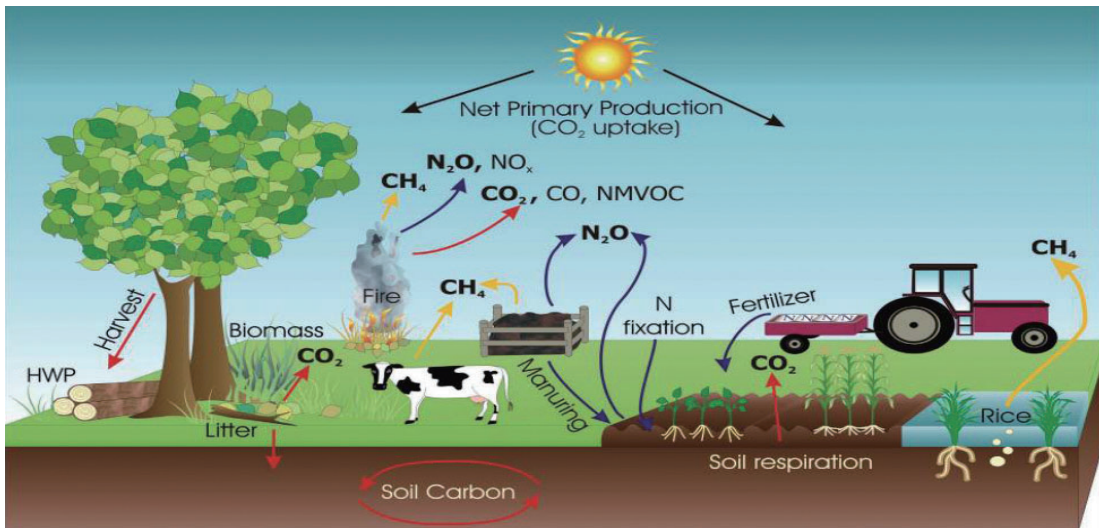
41) 경종(耕種) : 농작물을 재배하는 것을 일컫는 말로, 넓은 의미의 농업은 크게 경종과, 동물을 기르는 축산으로 구분된다.

[그림 4-19] 농축수산업부문 유형별 온실가스 배출량 추이(1990~2018)

(단위 : 백만톤CO₂eq)



농축산 부문 온실가스 배출 과정



출처 : 2006 IPCC 가이드라인

작물을 재배하는 과정에서 발생하는 온실가스는 화학비료 또는 유기물 투입을 통해 주로 배출된다. 우리나라의 주요 식량작물인 벼를 재배하기 위해서는 일반적으로 논에 물을 가두는데, 이때 벼짚, 퇴비 등 토양에 유입된 유기물이 혐기성 조건에서 미생물에 의한 분해가 일어나면서 메탄(CH₄)을 배출한다.

가축사육 과정에서 발생하는 온실가스는 가축의 소화기관 내 발효에 의한 메탄(CH₄)과 가축 분뇨의 혐기적 분해에 의한 메탄(CH₄) 및 아산화질소(N₂O)가 있다.

또한 농작물 잔사(찌꺼기)를 소각하는 과정에서도 메탄(CH₄) 및 아산화질소(N₂O)가 배출된다.

4.5.2. 농축수산 부문 전망 및 감축수단

가. 개요

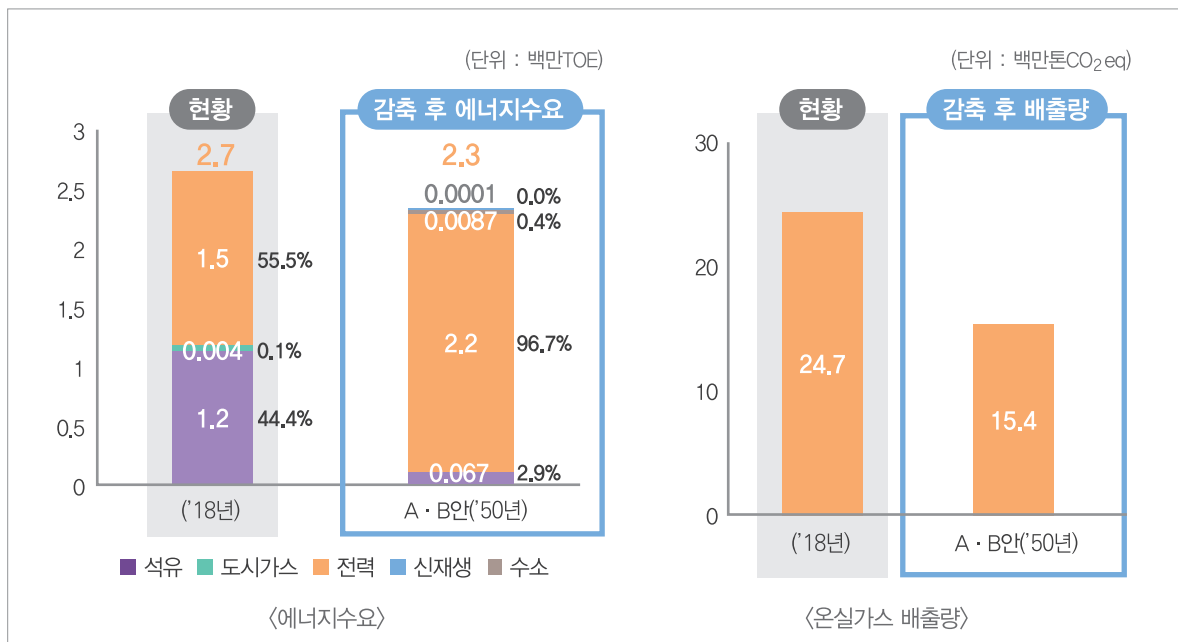
농축수산 부문의 2050년 탄소중립 시나리오는 ① 식량안보를 담보하고, ② 온실가스 감축을 통해 농어촌과 농어업의 지속가능성을 높이며, ③ 안전하고 건강한 먹거리를 생산·소비하는 것을 목표로 하여, 이를 달성하기 위해 가용할 수 있는 기술과 정책을 최대한 반영하였다.

탄소중립을 달성하기 위해서는 2050년 농축수산 부문 에너지 수요가 2018년 소비량 2.7백만TOE 대비 14.8% 가량 감소한 2.3백만TOE가 되어야 할 것으로 전망된다.

전체 에너지 사용량 중 에너지원별 비중을 보면, 화석연료(석탄, 석유, 도시가스) 사용량은 2018년 44.6%에서 2050년 2.9%로 감소하고, 전력이 95.7% 이상을 차지하는 것으로 시나리오를 상정하였다.

이와 같은 전제를 통해, 2050년 농축수산 부문 온실가스 배출량은 2018년 24.7백만톤 대비 37.7% 감소한 15.4백만톤이 될 것으로 전망된다.

[그림 4-20] 농축수산 부문 에너지 수요(좌) 및 온실가스 배출량 전망(우)



[표 4-8] 농축수산 부문 온실가스 배출량 변화

(단위 : 톤CO₂eq)

구분	2018년	2050년
합계	24.7백만	15.4백만
에너지	3.5백만	0.2백만
비에너지	21.2백만	15.2백만

나. 감축 수단

1) 연료 전환

농축수산 시설 및 어선에서 사용되는 화석연료를 저탄소 에너지원으로 전환하는 것은 온실가스 감축 잠재력이 가장 크고 실현가능성도 높은 수단이다.

시설원예와 같은 고정형 시설에 공기열 히트펌프 보급 등 고효율 에너지설비를 보급하고, 농기계의 전기·수소 전환을 통해 석유(경유·등유) 수요를 전면 대체할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 바이오매스 에너지화 등 신재생에너지의 적극 확대도 농축수산 부문 온실가스 감축에 기여할 수 있다.

수산의 경우, 노후 어선을 대체하고, 전기·수소, 하이브리드 어선 등을 개발·보급하며, 어선 감척을 추진하는 등 어선 효율화를 도모하고 양식장 및 수산물 가공공장에 히트펌프 등 고효율 장비를 보급하여 에너지 절감을 통해 온실가스 배출을 줄일 수 있다.

이를 통해 농축수산 부문의 에너지 사용으로 인한 2050년 온실가스 배출량을 2018년 대비 94.3%까지 감축이 가능할 것으로 예상된다.

2) 영농법 개선

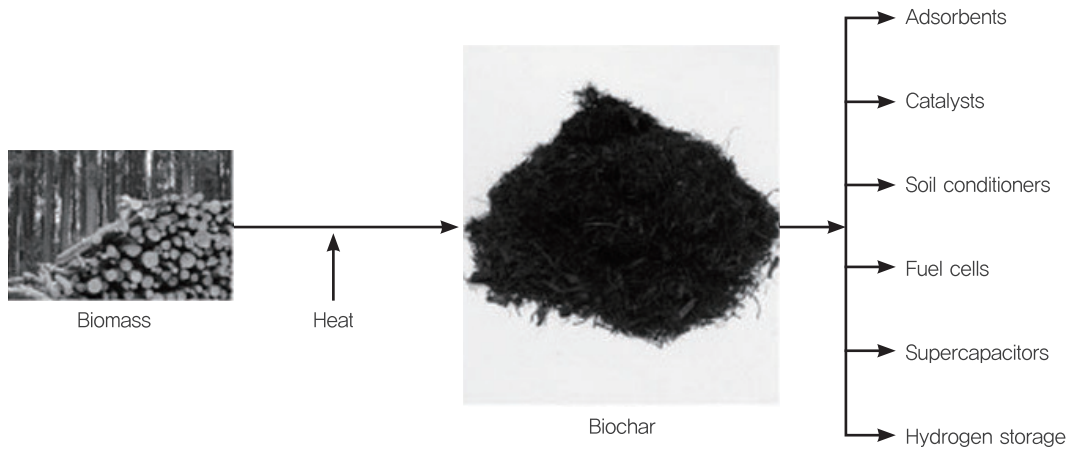
화학비료 저감, 친환경 농법 시행 확대 등 영농법 개선을 통해 농경지의 메탄과 아산화질소 발생을 억제할 수 있다.

메탄가스의 생성은 논에 물을 가뒀을 때 일어나므로 벼 생장기 중 물이 필요 없는 시기에 논물을 빼주는 등 논물 관리 방식 개선을 통해 온실가스를 줄일 수 있다. 또한 토양검정⁴²⁾을 통해 질소질 비료의 적정량을 공급하면 아산화질소 배출을 줄일 수 있다.

바이오차(Bio-Char) 토양개량제 보급도 유용한 감축수단이 될 수 있다. 바이오차를 토양에 살포할 경우 토양 내 탄소 저장효과가 있으며, 토양개선과 폐기물 관리, 환경오염 저감 등의 효과가 있다.

42) 과학적 근거에 의한 작물의 시비량(필요한 거름양)을 결정하기 위한 사전 분석작업

바이오차(Bio-Char)를 통한 탄소 저장 및 토양개선



출처 : sciencedirect.com

바이오차(Bio-Char)는 바이오매스(biomass)와 숯(charcoal)의 합성어로 목재 등을 300~350°C 이상의 온도에서 산소 없이 열분해하여 만든 숯 형태의 유기물이다.

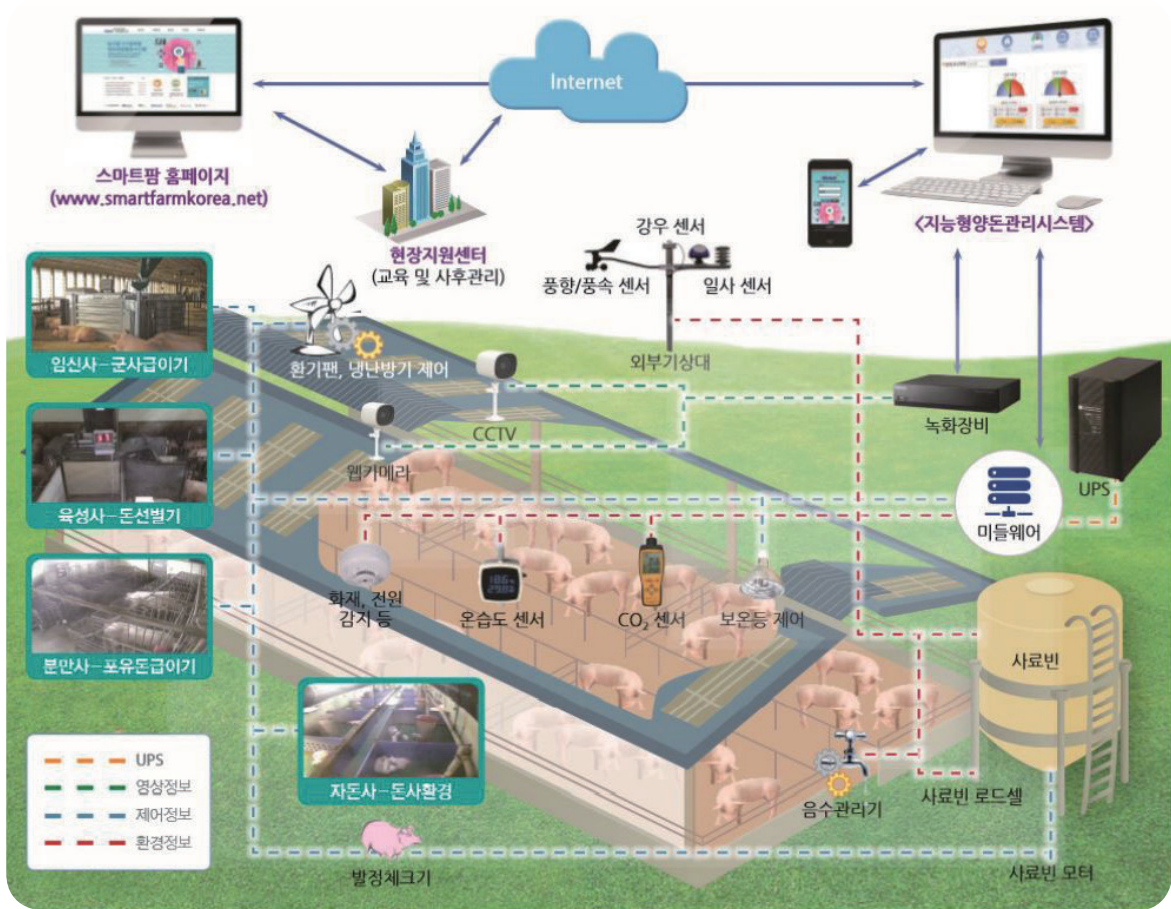
바이오매스가 열로 분해되어 바이오차가 되는 경우 바이오매스에 고정된 탄소가 상당 부분 바이오차에 남게 되며, 미생물에 대한 분해나 화학적 변화가 거의 일어나지 않아 오랫동안 탄소를 토양 내에 잡아 둘 수 있다.

3) 가축 관리

가축으로 인해 발생하는 메탄 및 아산화질소를 줄이기 위해 저메탄·저단백질 사료 보급이 확대될 것이다. 또한, 분뇨에서 배출하는 메탄을 회수해 에너지원으로 활용할 수 있도록 가축분뇨 에너지화 시설을 늘리는 등 가축분뇨에서 발생하는 온실가스 발생량을 35% 이상 줄인다.

스마트 축사 보급 등 디지털 축산 경영을 통한 축산 생산성 향상도 온실가스 감축에 기여할 수 있다. 한·육우는 24%, 젖소는 14.1%, 돼지는 22.2%, 닭은 1.6% 가량의 생산성 향상을 기대할 수 있는데, 가축 폐사율을 줄이는 등 생산성을 증대시킬 경우 더 적은 사육두수로 동일한 양의 육류를 생산하는 효과가 있다.

[그림 4-21] 스마트 축사 모식도



출처: 농림축산식품부

끝으로 우리나라는 2028년에 인구 정점에 도달하여 그 후 인구가 지속적으로 감소할 것으로 예측되며, 2050년에는 고령화와 인구 감소 등 인구구조에 있어서 큰 변화가 예상된다. 이러한 인구구조의 변화와 소득수준의 향상, 식물성 단백질 선호도 증가, 대체가공식품(배양육, 식물성분 고기, 곤충 원료 등) 증가 등으로 인해 감소되는 육류 소비 등 식생활 전환 전망을 시나리오에 반영하였다.

다. 정책 제언

1) 식량안보 강화와 농·어업 기후적응 정책 강화

기후위기 시대에 국민의 먹을거리를 생산하는 농축수산업에 대한 집중 지원을 바탕으로 식량안보와 식량자급률을 높이는 정책을 추진할 필요가 있다.

농·어민에 대한 학습과 훈련을 바탕으로 기후위기 적응 기술지원체계를 강화하고, 재해예측시스템 고도화 등 적응정책도 적극 추진하여야 한다. 수산분야의 경우 기후변화에 따른 고수온 적응 수산종자 연구 및 열대성 수산질병 대응 등 수산업 기술지원체계도 강화할 필요가 있다.

아울러 농·어업 분야의 에너지 통계 현실화 및 온실가스 보고·검증 체계의 개선도 필요하다.

2) 농축수산업의 환경적 지속가능성과 생산성 향상을 통한 온실가스 감축

논물 관리, 화학비료 저감, 토양 탄소저장 강화 등 저탄소 친환경농업을 확대하고 정밀농업 등 저탄소 농축수산 기술 개발 및 보급·투자를 확대할 필요가 있다. 특히, 축사와 양식장의 시설을 개선하고 디지털화 및 스마트화를 지원하며, 작물별로 정밀농업기술 및 실증 등 농축수산 기술 혁신이 필요하다. 또한 바이오차 공급 등을 통해 토양 탄소저장 기능을 강화하고 농·어업 생태계 내 자원을 재순환하는 친환경 농수산업을 확대할 필요가 있다. 이를 위해 온실가스 감축과 지속가능한 농어업을 위한 농어촌지역 교육과 훈련 지원을 확대하여야 한다.

축산에서 발생하는 메탄가스 및 아산화질소를 줄이기 위해 저메탄·저단백 사료보급 확대가 필요하다. 가축분뇨의 처리방식 개선 및 에너지화 등 저탄소 기술의 비중을 높이고, 주요 축종 대상 스마트 축사의 보급과 가축 폐사율을 줄이는 등 축산 생산성 향상에 대한 투자 확대도 필요하다.

농축수산 에너지 부문은 고효율 에너지 설비 보급, 농기계·어선·보일러 등에서 사용하는 등유나 경유를 전력화·수소화하여 획기적으로 온실가스 배출을 줄이고, 농업 잔재물에서 나오는 바이오매스의 에너지화를 추진하며, 시설농업의 에너지 효율성 개선을 위한 투자도 확대하여야 한다.

3) 농수산 식품 수요·공급 체계 전반의 저탄소화

농장부터 식탁까지(Farm to Fork) 지역단위 먹거리 순환 체계를 위한 유통체계와 ICT 기반 구축을 지원하는 등 먹거리 생산·소비·유통 전과정의 온실가스 배출 감축 지원을 확대할 필요가 있다.

기후변화와 식습관의 관계에 대한 교육, 홍보, 대체가공식품의 품질 향상 등을 통한 자발적인 식생활 전환 운동 등 일상 생활 속에서 온실가스 감축 노력을 할 수 있는 다양한 인식 전환 노력이 필요하다. 또한 재활용 농자재 활성화를 위한 제도 마련과 지원도 강화하여야 한다.

4.6. 폐기물 부문

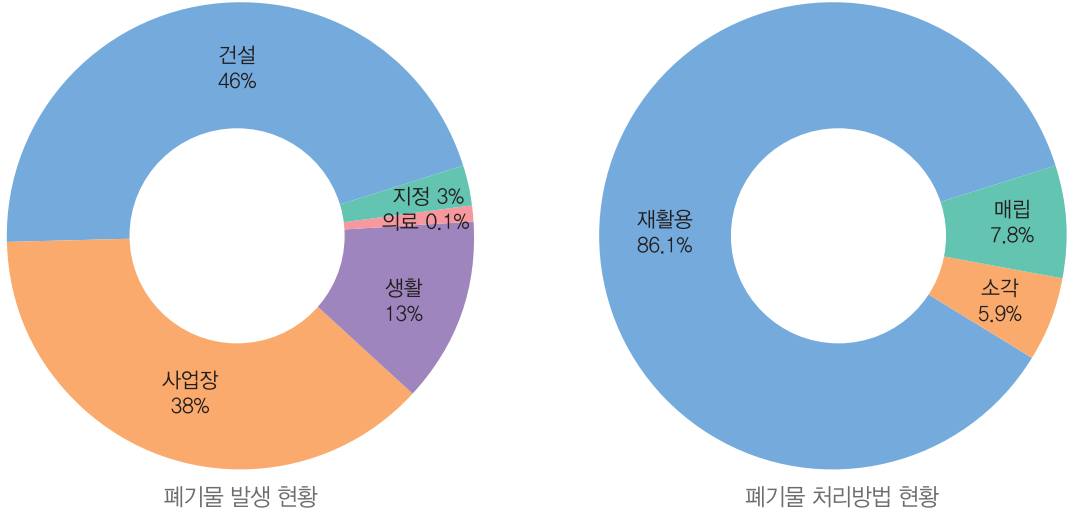
4.6.1. 현황

가. 폐기물 발생량

2018년 폐기물 발생량은 약 1억 6,280만톤으로 매일 45만여 톤이 발생하고 있으며, 분야별로 생활폐기물 13%, 사업장폐기물 38%, 지정폐기물 3%, 건설폐기물 46%로 구분된다.

발생된 폐기물은 재활용 86.1%, 매립 7.8%, 소각 5.9% 등의 방식으로 처리되었으며, 폐기물 종류별 재활용률은 건설폐기물 98.3%, 사업장폐기물 81.6%, 생활폐기물 62% 순으로 나타났다.

[그림 4-22] 폐기물 발생 및 처리방법 현황(2018)



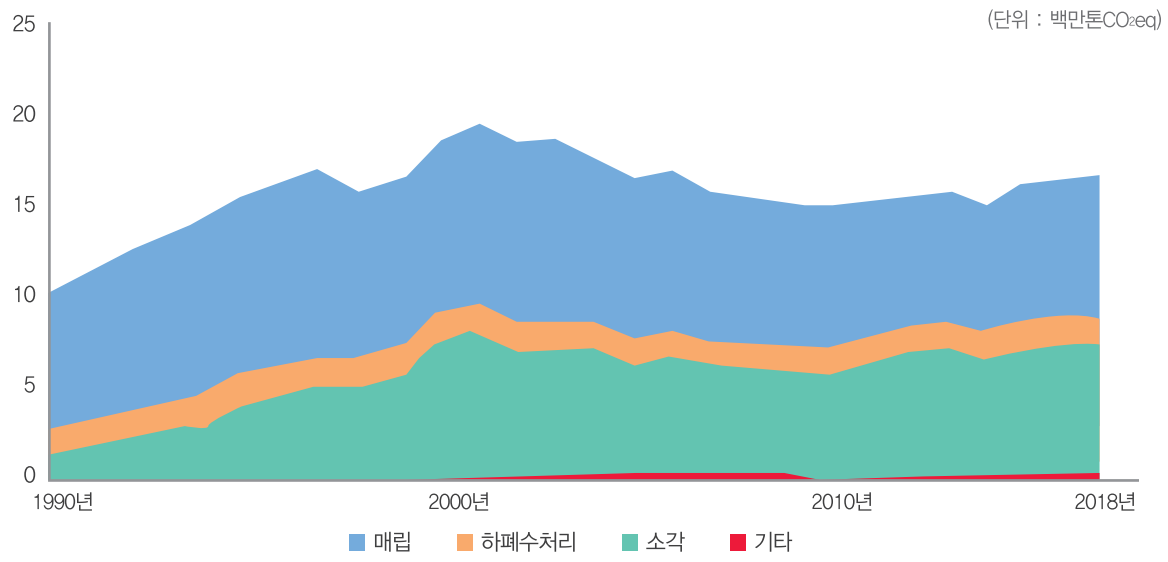
나. 온실가스 배출 현황

폐기물부문은 17.1백만톤의 온실가스를 배출하여, 우리나라 온실가스 총배출량 중 2.3%를 차지한다.

배출량의 상당 부분은 매립과 소각처리로 인한 배출이다. 세부 배출량을 살펴보면 폐기물 매립이 7.8백만톤 CO₂eq으로 폐기물 분야 전체 배출량의 45.8%, 소각이 7.1백만톤 CO₂eq으로 41.5%를 차지하고 있다. 그 외 하·폐수처리에서 10.2%(1.7백만톤 CO₂eq), 기타 부문에서 2.5%(0.4백만톤 CO₂eq)의 온실가스가 배출된다.

폐기물부문 온실가스 배출량은 꾸준히 증가하다가 2001년 정점에 도달했고, 이후에는 등락이 있으나 대체로 감소추세이다. 2018년 온실가스 배출량은 1990년 배출량 대비 64.7% 증가했는데, 증가분의 대부분은 폐기물 소각량 증가에 기인한다.

[그림 4-23] 폐기물 처리 분야별 온실가스 배출량 추이(1990~2018)



폐기물 부문에서 발생하는 온실가스는 매립과 하·폐수처리시설의 유기성 폐기물 분해에서 발생하는 메탄(CH₄), 소각과정에서 발생하는 이산화탄소(CO₂)가 대부분을 차지하고 있다. 2018년 메탄 배출량은 8.6백만톤 CO₂eq.으로 폐기물 분야 전체의 50.6%, 이산화탄소 배출량은 6.8백만톤 CO₂eq.으로 39.8%, 아산화질소(N₂O) 배출량은 1.6백만톤 CO₂eq.으로 9.6%를 차지하는 것으로 나타났다.

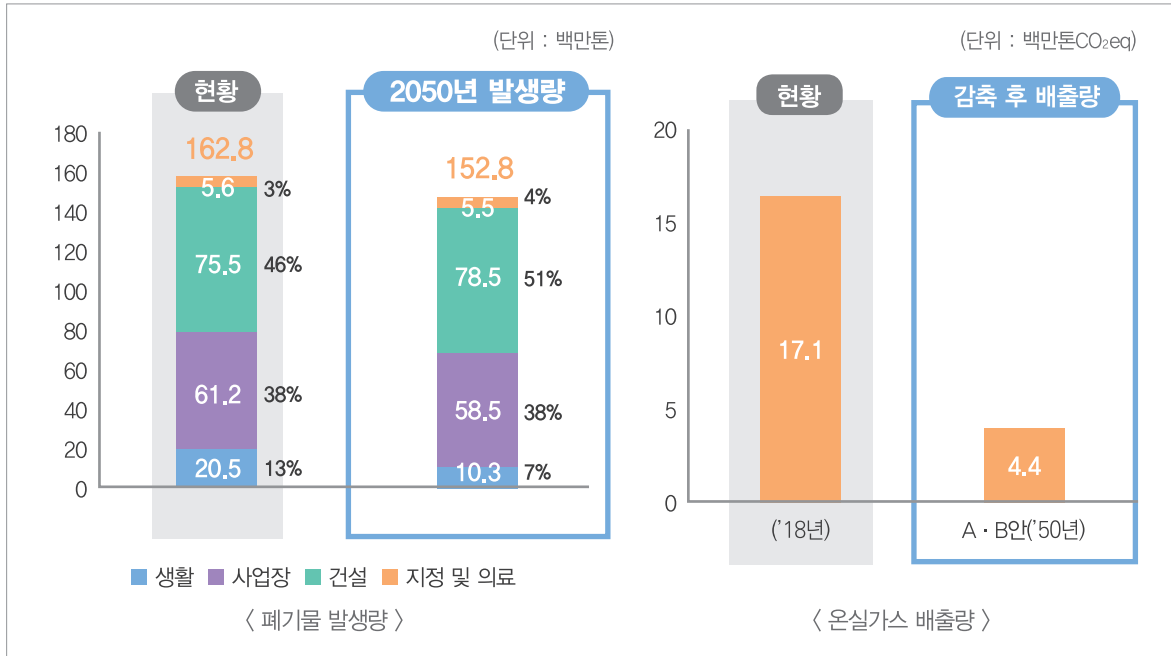
4.6.2. 폐기물 부문 전망 및 감축수단

가. 개요

2050년 폐기물 발생량은 폐기물의 발생감량 및 재활용 정책을 통해 약 1억 5,280만톤 가량이 될 것으로 전망되며(2018년 약 1억 6,280만톤), 이때 종류별 비중은 건설폐기물 51%, 사업장폐기물 38%, 생활폐기물 7%, 지정폐기물 4%로 예상된다.

2050년 폐기물 부문 온실가스 배출량은 폐기물의 감량·재활용과 함께 메탄가스 등 회수를 통해 2018년 대비 74% 감소한 4.4백만톤이 될 전망이다.

[그림 4-24] 폐기물 부문 폐기물 발생량(좌) 및 온실가스 배출량 전망(우)



[표 4-10] 폐기물 부문 온실가스 배출량 변화

(단위 : 톤CO₂eq)

구분	2018년	2050년
합계	17.1백만	4.4백만
매립	7.8백만	1.6백만
소각	7.1백만	1.3백만
하폐수	1.7백만	1.4백만
생물학적 처리	0.4백만	0.1백만

나. 감축 수단

1) 폐기물 감량 및 재활용

1회용품 사용제한, 음식물쓰레기 감축, 재생원료 사용 의무화 등으로 폐기물 감량 및 재활용을 통하여 온실가스를 발생시키는 폐기물의 소각과 매립량을 최소화해야 한다. 2050년에는 폐기물 감량률 25%, 재활용률 70~94%를 달성할 것으로 예상된다.

[표 4-11] 폐기물 부문 2050년 배출량 전망

구분	감량 및 재활용률	
	감량률*	재활용률**
생활 폐기물	'50년 기준전망 대비 25%	'18년 62% → '50년 90%
사업장 폐기물		'18년 82% → '50년 94%
지정 폐기물		'18년 66% → '50년 70%

* 감량률 목표는 온실가스를 배출하는 폐기물 중심으로 적용(온실가스 발생폐기물 비율이 낮고 재활용률이 높은 건설폐기물과 특수성을 감안한 의료폐기물은 감량률 적용 제외)

** 재활용률에 페플라스틱 유화·가스화 등 新 재활용 수단 포함하여 전체

2) 바이오 플라스틱

플라스틱 폐기물은 매년 발생량이 증가하고 있으며 재활용이 어려운 부분은 매립·소각되어 온실가스를 발생시키고 있으므로, 감량 및 재활용 촉진과 함께 최종처리 단계에서 추가적인 온실가스를 배출하지 않는 바이오 소재로 전환할 필요가 있다.

2050년에는 바이오매스 기반 바이오 플라스틱 소재 개발 및 제도개선을 통해 생활 및 사업장 플라스틱의 47%를 바이오 플라스틱으로 대체가능할 것으로 기대된다.

바이오 플라스틱

식물 유래 자원 바이오매스 원료를 이용하여 생산된 플라스틱을 바이오 플라스틱이라 한다. 분리가 어렵거나 이물질 등으로 재활용이 곤란한 플라스틱은 소각처리가 불가피하나 바이오 플라스틱은 이산화탄소를 흡수하여 성장한 식물을 이용하기 때문에 소각 등으로 처리하여도 추가적인 이산화탄소 배출을 발생시키지 않는다. (IPCC에서도 바이오매스 연·원료 사용시 온실가스 배출량에서 제외 인정)

3) 바이오가스 에너지 활용 및 매립지 준호기성 운영 강화⁴³⁾

매립지 및 생물학적 처리시설에서 발생하는 메탄을 회수하여 메탄가스 발전 및 메탄가스 연료 대체 사용 등 재생에너지로 활용함으로써 폐기물 부문 온실가스 감축에 기여할 수 있다.⁴⁴⁾

메탄가스 회수가 어려운 매립지는 침출수 배수 시스템 등으로 매립지를 준호기성 상태로 유지하여 메탄 발생을 최소화함으로써 온실가스 발생을 줄일 수 있다.

43) 준호기성 운영 : 빗물 및 침출수의 신속한 배수, 공기 송입관 설비 등으로 매립지 내 혐기성 조건을 줄이고 호기성 영역 증대로 메탄 가스 등 발생을 최소화하는 것을 말한다.

44) 하·폐수 내에 존재하는 유기물을 미생물을 이용하여 제거하는 시설로, 미생물의 소화과정에서 메탄 등이 발생한다.

다. 정책 제언

1) 생산·유통·소비 전 과정에서 폐기물 대폭 감축 및 재활용 확대

제품 생산단계에서는 생산자 책임을 강화하여 일회용품 생산·판매를 대폭 축소하고 재활용이 용이한 제품의 생산은 확대하며, 바이오 소재 플라스틱 기술개발과 보급에 주력할 필요가 있다.

유통과정에서는 포장재 폐기물 발생을 획기적으로 저감할 수 있도록 다회용 포장재 활용 의무화, 과대포장 금지, 보증금 대상 확대정책 등을 추진할 필요가 있다.

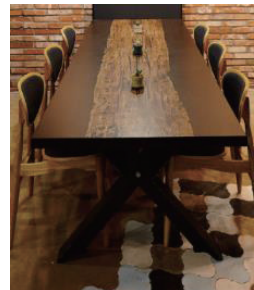
소비과정에서는 제품의 내구성과 수리가능성을 강화하는 등 지속가능형 제품을 확산시키는 한편, 중고거래 및 업사이클링 문화의 활성화와 더불어 음식문화 개선이 추진되어야 한다.

업사이클링

폐자원에 새로운 아이디어나 디자인 등을 적용하여 전혀 다른 새로운 고부가가치 제품으로 재탄생시키는 것으로서 우리말로 '재활용' 이라고 하며, 기존에 단순히 버려진 제품을 다시 활용하는 재활용보다 한단계 발전된 형태이다.



①소방호스·튜브 → 가방



②커피찌꺼기 → 탁자·조명



이와 더불어, 재생원료의 품질개선과 사용 의무화, 자원효율적 생산공정 개선, 건설현장 분별 해체 의무확대 등 산업·건설 현장에서 천연자원 사용을 줄이고 순환자원을 이용하는 순환경제체계를 갖추어야 한다.⁴⁵⁾

2) 폐기물의 친환경적 처리 및 탄소배출 최소화

저탄소 사회로 전환됨에 따라 새롭게 발생하는 폐기물(전기차 폐배터리, 태양광 폐패널 등)에 대한 수거체계와 재활용·재이용 기술개발 등 친환경적 처리방안을 신속히 마련해야 한다.

또한, 플라스틱, 음식폐기물 등 온실가스를 발생시키는 폐기물 중 성상의 특성으로 인해 재활용이

45) 구조물 철거과정에서 재활용 가능 물질과 불가용 물질이 서로 혼합되지 않도록 선분별·후해체 철거하는 것을 말한다.

불가능하거나, 이물질로 인해 재활용이 불가능한 경우도 직접 매립을 하는 대신 소각 과정을 반드시 거치도록 하여 최종폐기량을 최소화하고, 소각과정에서 발생하는 열은 지역난방 등과 연계하여 에너지 활용을 극대화 하여야 한다.

아울러 집약적인 국토이용 특성을 감안하여 소각 후 남은 소각재도 성토재로 활용하는 등 재활용 방안을 확대·개발하여 최종적으로 매립 제로화를 달성할 필요가 있다.

3) 폐기물 분야 통계 개선

폐기물 중 소각·매립 과정에서 이산화탄소, 메탄 등 온실가스를 발생시키는 폐합성고분자 물질(폐플라스틱·고무·합성섬유 등), 유기성폐기물(음식물, 영농폐기물 등)에 대한 정확한 파악·관리를 통해 폐기물 분야의 보다 정밀한 온실가스 발생통계 및 인벤토리 산정방법을 개선하여야 한다.

아울러, 순환경제 체계 구축을 위해 고형연료 등 열적 재활용 방식을 최소화하고, 재활용 폐기물이 다시 제품의 원료로 사용되는 물질적인 재활용 방식을 확대하기 위해 재활용 지표의 세분화 등 개선이 요구된다.



4.7. 수소 부문

4.7.1. 수소 부문 전망

가. 수요 및 공급

2050년 수소수요는 전환, 산업, 수송, CCU 등에 필요한 양을 감안하여 27.4~27.9백만톤으로 추정하였다.

수소 부문은 수소기반 발전의 대폭 증가를 고려하여 수소 사용량 13.5~14.2백만톤, 산업 부문은 수소환원제철 등 산업공정에서 사용되는 원료와 연료로서의 수소 사용량 10.6백만톤, 수송 부문은 수소차 확대 보급, 대체연료 생산 등에 따른 수소 사용량 1.5~2.2백만톤, 농축수산은 농기계, 어선 등의 연료전환에 따른 수소 사용량 0.003백만톤, CCUS는 CCU 화학적 전환을 위한 수소 사용량 1.0~1.6백만톤이 필요할 것으로 전망된다.

[표 4-12] 수소 부문 수요량 전망

(단위 : 백만톤 H₂)

부 문	2018년	2050년	
		A안	B안
합계	-	27.4	27.9
① 전환	-	14.2	13.5
② 산업	-	10.6	10.6
③ 수송	-	1.5	2.2
④ 농축수산	-	0.003	0.003
⑤ CCUS	-	1.0	1.6

탄소중립 시대의 수소는 원칙적으로 재생에너지 전기를 활용하여 생산한 수전해 수소(그린 수소)로 공급되어야 한다. 현재 전망으로는 수소 수요를 감당할 정도의 재생에너지 국내여건이 충분하지 않아 80% 이상의 수소는 외국에서 재생에너지로 생산한 수소를 수입하는 것으로 가정하였다. 다만 에너지효율의 추가개선을 통해 수소 수요를 줄이고, 규제혁신과 기술개발을 통해서, 예를 들어 부유식 해상풍력발전기를 대량으로 설치할 수 있다면, 수전해 수소(그린 수소)의 국내생산을 대폭 확대할 수 있다.

시나리오 A안과 B안의 차이는 추출 수소 및 부생 수소 유무이다. A안은 국내 생산 수소의 전량이 그린 수소이고, B안은 현재 일부 활용하고 있는 추출 수소와 부생 수소도 계속해서 이용하는 것으로 가정하였다.

[표 4-13] 수소 부문 공급량 전망

(단위 : 백만톤 H₂)

부 문	2018년	2050년	
		A안	B안
합계	-	27.4	27.9
① 해외 수입 수소	-	21.9	22.9
② 수전해 수소	-	5.5	3.0
③ 추출 수소 + CCUS	-	0	1.0
④ 부생 수소	-	0	1.0

수소의 생산방식

시나리오 수립 과정에서 수소 생산방식은 다음과 같이 세 가지 방식을 상정하였다.

- 수전해 수소(그린 수소)

전기화학 반응에 기인한 물 분해 방식으로 물에 전기를 가하여 생성하는 수소를 말한다. 수소 생산시 부산물로 온실가스가 배출되지 않아 그린수소로 불리운다.
- 추출 수소

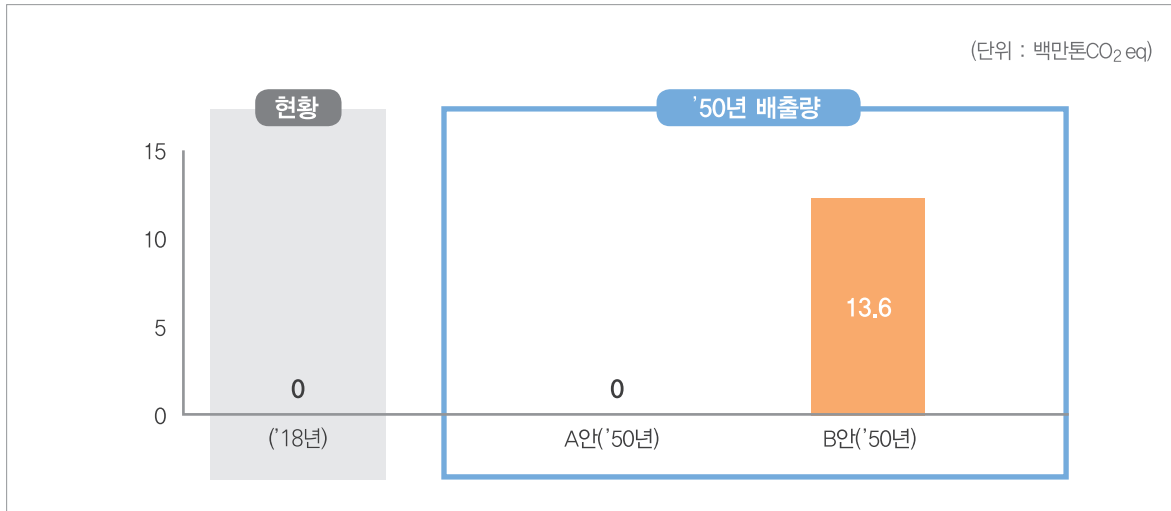
천연가스, 석탄, 석유 등 탄화수소계 화석연료를 활용하여 촉매 반응으로 추출하는 수소를 말하며, 생산 과정에서 온실가스를 일부 배출한다.
- 부생 수소

석유화학 공정이나 제철 공정에서 화학반응에 의해 부수적으로 생산되는 수소를 말하며, 생산 과정에서 온실가스를 배출한다.

나. 온실가스 배출

시나리오 A안에서 국내생산수소는 모두 수전해 수소(그린 수소)이므로 온실가스가 배출되지 않는다. 시나리오 B안(추출·부생 수소 생산)은 LNG에서 수소를 추출하는 과정에서 LNG에 포함된 탄소로 인해 9.0백만톤의 온실가스 배출이 전망된다. 다만, 추출수소 생산 시 발생하는 온실가스 배출량은 전량 포집하여 처리한다는 가정 하에, 순배출은 제로가 된다.

[그림 4-25] 수소 부문 온실가스 배출량 전망



다. 정책 제언

1) 수전해 수소(그린 수소) 공급기반 강화

핵심 소재 및 시스템 기술개발을 통해 수전해 효율과 안정성을 개선하여 국내 그린 수소 생산기반을 구축하고 수출산업으로 육성할 필요가 있다. 특히 재생에너지 출력변동에도 안정적으로 운영가능한 수전해 기술을 확보하여야 하고 국내에 적용할 수 있도록 그린 수소 인센티브제도를 마련할 필요가 있다. 국내 재생에너지 여건이 불리한 경우, 해외에서 국내의 재생에너지 기술과 수전해 기술을 패키지화하여 수소를 생산하고, 도입하는 공급망을 구축하여야 한다.

2) 수소산업 생태계의 균형적 육성

수소경제는 수소의 생산, 저장, 운송, 이용의 전단계에 걸쳐 기술개발과 산업화가 이루어질 때 뿌리를 내릴 수 있다. 수소의 이용기술, 특히 연료전지(수송용, 발전용)에 초점을 두고 있는 현재의 정책을 넘어, 수소터빈 등 다른 이용기술, 생산기술 및 액화, 전환(암모니아), 수송, 저장 기술도 연구와 개발이 집중적으로 이루어져야 한다. 정부는 특히 관련 기술의 표준화를 통해 수소 산업생태계를 조기 육성하고, 안전규격을 마련해 수소시설의 안전성과 주민의 수용성을 확보하여야 한다.



4.8. 흡수원 부문

4.8.1. 현황

식물의 광합성과 같이, 자연에는 이산화탄소를 흡수하는 메커니즘이 존재한다. 탄소중립을 달성하기 위해서는 온실가스 배출을 줄이는 것과 더불어 자연의 온실가스 흡수능력을 제고하는 노력도 동시에 이루어져야 한다.

자연의 탄소흡수원 중 가장 큰 비중을 차지하는 것은 산림이며, 국제사회에서는 이외에 농경지, 초지, 습지, 정주지, 기타 토지를 온실가스 흡수원으로 보고 이들을 ‘토지이용, 토지 이용변화 및 임업(LULUCF: Land Use, Land Use Change and Forestry)’ 범주로 묶어 온실가스 산정체계에 포함하고 있다.

우리나라는 산림을 통해 2018년 기준 45.6백만톤의 이산화탄소를 흡수하는 것으로 보고되고 있으며, 이는 우리나라 온실가스 총배출량의 약 6.3%에 해당한다. 다만 농경지 등에서 일부 온실가스 배출이 있어, LULUCF 분야 순흡수량은 약 41.3백만톤이다.

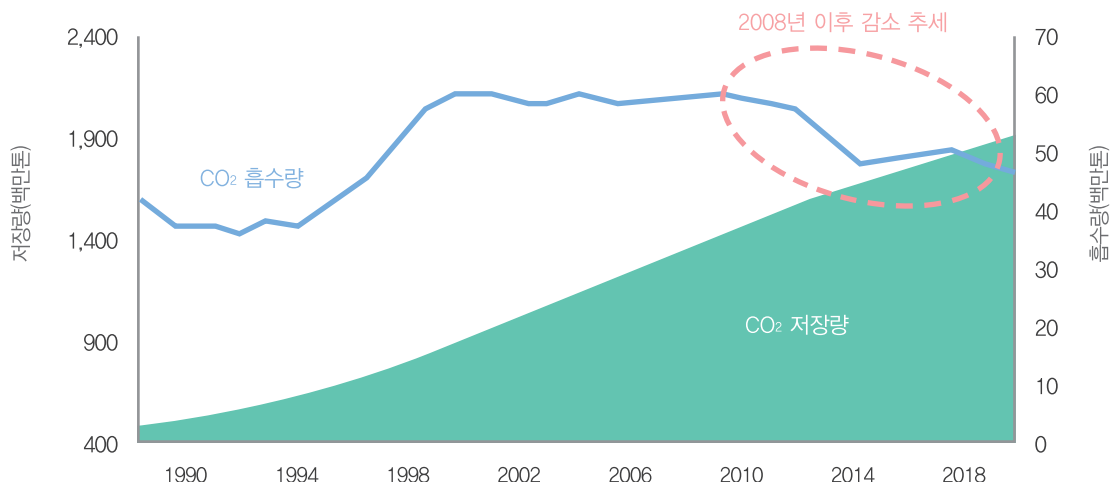
[표 4-14] LULUCF 분야 온실가스 배출·흡수량(2018년)

(단위: 백만톤CO₂eq)

분야	부문				배출·흡수총량		순흡수량
	산림지	농경지	초지	습지	배출	흡수	
LULUCF	-45.6	4.0	-0.02	0.3	4.3	-45.6	-41.3

숲이 성장하면서 연간 순흡수량은 1990년대에 빠르게 증가하였으나, 산림의 평균연령 증가 등으로 인해 2008년을 정점으로 현재는 지속적으로 감소추세를 보이고 있다.

[그림 4-26] 우리나라 산림의 이산화탄소 저장량 및 순흡수량 추이



4.8.2. 흡수량 산출 및 확보 수단

가. 흡수원 전망

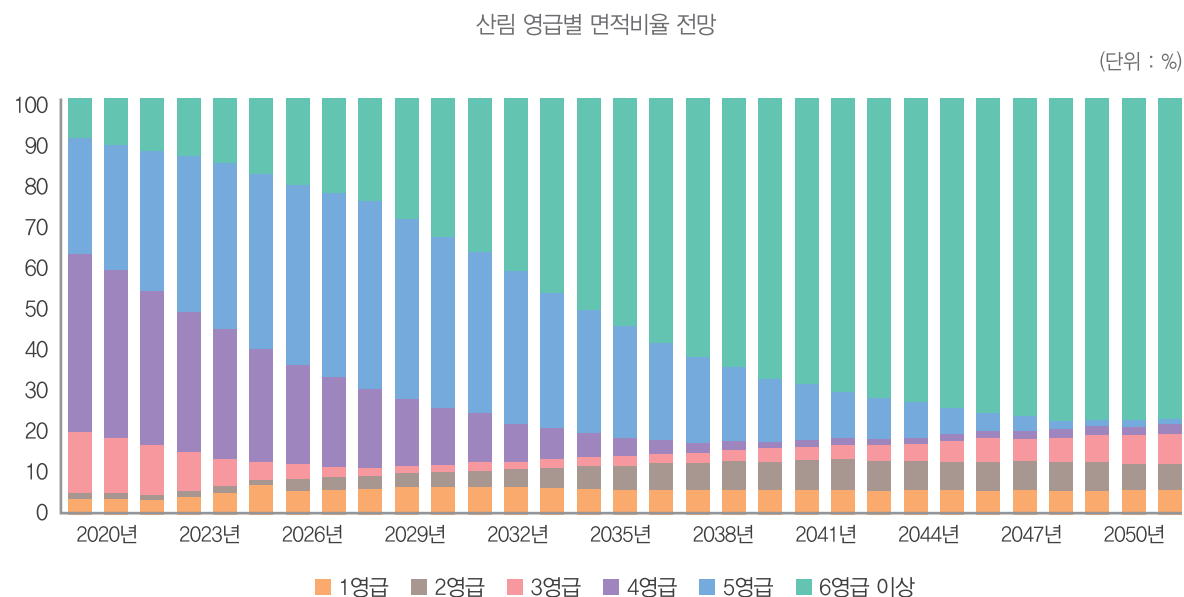
우리나라는 1970~1980년대에 토양회복, 생태복구를 위해 생장이 빠른 나무를 중심으로 산림녹화를 집중 추진한 결과 2020년 현재 31~50년생 숲이 전체 산림의 3분의 2를 차지하는 불균형적인 나이 분포를 보이고 있다.

따라서 현재로서는 우리나라 산림은 대부분 순생장량이 큰 영급으로 구성되어 있으나, 향후 6영급 이상의 산림면적 비율이 크게 증가하면서 순생장량이 급격히 떨어질 것으로 보인다.⁴⁶⁾⁴⁷⁾

국립산림과학원의 전망에 의하면, 2020년 현재 전체 산림의 약 5.7%⁴⁸⁾를 차지하고 있는 6영급 이상의 산림면적 비율이 2030년 32.9%, 2050년 72.1%로 증가하며, 이에 따라 단위면적(ha)당 산림의 연평균 성장량은 2020년 3.6m³에서 2030년 2.6m³, 2050년 1.9m³로 감소할 것으로 예측된다.

현 산림의 상태와 목재생산 계획을 반영할 경우, 2050년에는 현재 탄소 흡수량의 약 30% 수준까지 줄어들 것으로 전망된다.

[그림 4-27] 우리나라 산림의 영급별 면적비율(위)과 이산화탄소 흡수 전망 추이(아래)



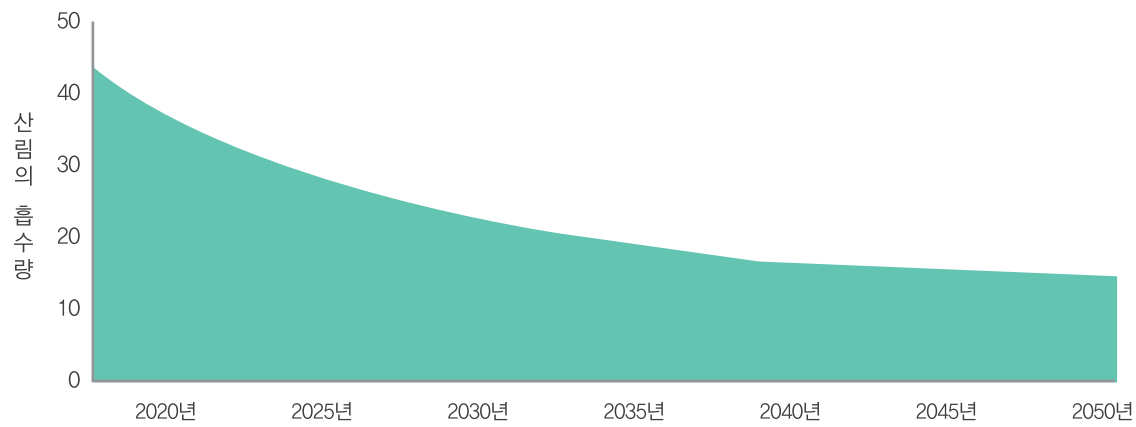
46) 순생장량 : 일년 간 산림에서 생육하는 나무의 부피(임목축적)가 증가한 양을 말한다.

47) 영급 : 수목의 나이를 10년 단위로 구분한 것으로 1영급은 1~10년생, 2영급은 11~20년생 등으로 표시한다.

48) 「2020 산림기본통계」(산림청, 2021)

산림의 이산화탄소 흡수 전망

(단위:백만톤CO₂eq)



나. 흡수량 산출의 전제조건 및 흡수량 산출

현재와 같은 상황이 유지될 경우 축적되는 전체 나무의 부피는 증가하나, 6영급 이상(51년생 이상) 산림면적이 급격히 증가하여, 연 나무부피 증가율은 빠르게 감소할 것으로 예상된다. 따라서 숲가꾸기 및 신규조림 확대 등 강화된 산림 대책이 없을 경우 우리나라의 2050년 산림의 흡수능력은 13.9백만톤으로 예상된다. 만일 산림 대책이 강화되고, 해양·하천·댐 등 흡수원을 최대한으로 활용한다면, 2050년 우리나라 온실가스 흡수량은 최대 25.3백만톤까지 확보 가능할 것으로 보인다.

세부 부문별로 나눈다면, 산림 분야는 강화된 산림대책, 장수명목재이용 확대 및 재해피해(배출) 감축 등을 통해 총 23.6백만톤의 흡수가 가능할 것으로 보인다.⁴⁹⁾⁵⁰⁾ 그리고 댐, 해양, 습지 등 기타 분야에서 1.6백만톤의 추가 흡수가 가능할 것으로 전망된다.⁵¹⁾

[표 4-15] 흡수원 부문 2050년 흡수량 전망

(단위 : 톤CO₂eq)

구분	2018년	2050년
합계	41.3백만	25.3백만
산림	45.6백만	23.6백만
기타	-4.3백만*	1.6백만

* 2018년 기타 부문은 흡수량보다 배출량이 더 많음

49) 탄소를 오래 저장하는 목재제품(장수명목재) 이용 확대로 0.2백만톤의 흡수가 가능하다.(탄소저장기간 : 건축용)가구용)펄프)

50) 산불, 산사태, 산림병해충 피해를 최소화하여 재해로 인한 배출 0.2백만톤의 감축이 가능하다.

51) 현 국가통계 또는 IPCC 기준에 포함되지 않았으나 향후 포함될 가능성이 있는 바다숲 조성, 굴패각 재활용, 초지 등도 포함하여 도전적으로 산정하였다.

다. 흡수원 확보 수단

1) 산림

산림의 흡수능력 강화를 위해서는 녹화기를 거쳐 수확기에 이른 우리 숲의 지속가능성을 증진하기 위하여 산림순환경영을 강화해야 한다.⁵²⁾ 탄소흡수기능을 비롯한 산림의 다양한 공익기능 증진을 위한 숲가꾸기를 확대하고, 탄소흡수능력, 생태계 영향 등을 종합적으로 고려하여 미래수종을 선정하여 우리 숲을 보다 건강하고 가치있게 만들어 가야 한다.

한편, 탄소흡수원 확충을 위하여 유휴토지에 숲을 조성하거나 도시숲을 늘려가는 등 신규 조림을 확대하고, 조성한 숲을 잘 관리해야 한다. 섬 지역 산림, 산림훼손지 등에 대한 생태복원사업을 실행하고, 산불, 산사태, 산림병해충 등 온실가스 배출 요인이 되는 재해를 예방하고 피해를 최소화하는 일 또한 중요하다.

마지막으로, 수확한 목재는 부가가치가 높고 수명이 긴 제품으로 우선 이용하여 탄소 저장량을 증대해야 한다. 온실가스 흡수량 산정 시 포함되는 국산목재 이용 확대를 위해서 공공건축물 등 공공부문의 이행 노력이 필요하다. 다양한 정책을 실행하여 산림분야에서 총 23.6백만톤의 흡수원을 확보할 수 있다.

2) 해양

해양은 식물의 광합성이나 직접흡수를 통해 대기 중 온실가스를 흡수하며, 연안공간은 광합성 뿐 아니라 토양에 유입된 유기탄소가 분해되지 않고 축적되는 환경을 제공하므로 식생과 토양에 저장된 탄소가 장기적으로 보존된다.

해양생태계에 저장되는 탄소를 블루카본이라 하며, 특히 연안습지(염습지, 해초대), 바다숲, 갯벌 등을 신규 조성함으로써 해양의 온실가스 흡수량을 확대할 수 있다.⁵³⁾ 그러나 인간 활동에 의한 훼손이 일어나면, 오랫동안 축적된 탄소가 대기 중으로 다시 배출되므로, 연안습지를 보호하고 복원하는 것이 중요하다. 이에, 해양보호구역 지정을 통해 해양공간의 개발을 억제하고 보전함으로써 기존의 흡수원을 유지할 필요가 있다.

3) 댐, 하천 등 활용 흡수량 확보

댐, 하천 등도 흡수원으로 기능을 할 수 있다. 댐 유역 홍수조절 기능을 하고 있는 홍수터에 생태복원 및 생태마을을 조성하여 탄소흡수 기능을 강화시키고,⁵⁴⁾ 댐내 유입되는 부유물을 수거하여 처리하는 대신

52) 산림순환경영 : 나무를 심고-가꾸고-수확하여 지속가능하게 이용함으로써 경제·사회·환경적 부가가치를 창출하는 것

53) 연안습지 : 조수에 의해 연중 내내 혹은 일부 동안 침수되거나 포화되는 습지를 말한다. 국제적으로 연안의 식생 습지인 맹그로브숲, 염습지, 해초대는 온실가스를 흡수하는 것으로 알려져 있다.

54) 홍수터 : 평시에는 물이 흐르지 않으나 홍수 시 침수되는 하천이나 주변의 구간 및 장소

부유물 중 목본류(나무)를 활용하여 탄소저장기능을 가진 바이오차를 생산할 수 있으며, 댐 유희수면에 수질 개선을 위한 인공수초섬을 설치함으로써 탄소 흡수 기능도 증대시킬 수 있다.

또한 하천의 치·이수 기능을 가진 저류지의 고유기능을 유지하면서 이용 가능한 부지에 생태공간을 조성하고, 4대강 유역의 수변구역에 수변녹지 및 수변 생태벨트를 조성하며, 하천 주변 이용도가 낮은 친수공원과 4대강 보 개방으로 증가되는 수변공간의 자연성을 회복시키는 등의 노력을 통해 탄소 흡수 기능을 확보할 수 있다.

4) 초지 및 도시지역 녹지 활용

2019년 기준 전체 초지 면적은 32,788ha로 산림환원, 농업용지 및 각종 개발사업 등에 의한 전용으로 1995년 이후 지속적으로 감소 추세이며, 2019년 관리등급별 면적 비율은 상급 29.8%, 중급 33.6%, 하급 36.6%로 중하급 비율이 70% 정도를 차지하고 있다. 초지의 불법 전용을 방지하고, 초지의 보전 및 확대를 위한 방안을 마련해야 한다.

또한 각종 도시 관련 사업 진행 시 녹지를 보전·조성·복원하는 노력이 활발하게 이루어질 필요가 있다.⁵⁵⁾

라. 정책 제언

1) 탄소흡수원 보전·복원 및 신규조림 등 탄소흡수원 확충

신규조림 등을 통해 적극적인 탄소흡수원 확충이 필요하다. 도시 생활권의 숲 조성을 확대하고, 백두대간·정맥, DMZ 일원 등 핵심 산림 생태축 보전·복원이 필요하며, 블루카본 확충 등 산림 외 흡수원 확보 노력도 꾸준히 기울여야 한다.

2) 산림의 지속성 확보

산림순환경영 활성화를 위해 임도·임업기계 등 경영기반의 확충이 우선되어야 하고, 목재수확 확대 및 후계림 조성을 통해 산림 내 수종과 연령의 다양성을 증대하여야 한다. 또한, 목재생산, 수원함양, 재해방지 등 주요 기능을 고려한 숲가꾸기 실행으로 산림의 경제적·생태적 가치를 증진해야 한다.

아울러, 스마트 기술 개발 등을 통해 산림재해 예측·예방 역량과 현장 대응 인력의 전문성을 강화하여 피해를 최소화해야 한다. 또한 사유재산인 사유림에서 발생하는 공익적 가치를 합리적으로 평가하고, 이에 대해 합당한 지원과 보상방안을 마련하도록 노력해야 한다.

3) 장수명 목재 이용 확대 등 국산목재 수요·공급의 선순환 체계 구축

공공건축물의 목재 이용 활성화를 위한 법적 기반 마련과 탄소저장량 표시 인증제도 활성화를 통해

55) 그린벨트 환경문화·생활공원 조성, 신규 택지개발 사업 구간 내 녹지, 재개발·재건축 사업구간 내 녹지 등

제품의 수명이 긴 장수명 목재 이용을 확대할 필요가 있다. 목재친화도시의 조성 및 고층 목조건축 확대를 위한 기술고도화와 플라스틱 대체 목재제품의 개발 및 상용화를 지원할 필요가 있다.

또한 지역단위의 산림바이오매스 에너지 순환이용 활성화 등 국산 목재의 수요·공급의 선순환체계를 구축하는 노력이 필요하다.

4) 해양 생태를 활용한 탄소 흡수원 확충

우선 해양생태계 보호와 기능유지를 위해 해양보호구역의 지정 및 관리 강화가 필요하다. 또한 현재 해양의 탄소 흡수량은 극히 일부만이 공식 통계에 포함되고 있으며 관련 연구가 부족한 실정인데, 이 부분에 대한 정부의 관심과 노력이 필요할 것이다.

5) 초지 및 도시지역 녹지 등 흡수원 추가 발굴

초지조성 부담금 지원 등을 통한 신규 조성 확대가 필요하며, 식생복구, 가로수 식재 등을 통해 추가 흡수원 확대를 위해 노력해야 한다. 또한, 도시지역 녹지 등 흡수원의 정밀 평가를 위한 국가 통합토지관리 협의체 구성 운영이 필요하다.

4.9. 이산화탄소 포집 및 저장·활용(CCUS) 부문

4.9.1. 개념 및 현황

이산화탄소 포집 및 저장·활용(Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS)은 ①발전소, 산업시설 등에서 배출되는 이산화탄소를 포집하여 농축·압축한 후 수송 과정을 거쳐 ②육상 또는 해양 지층에 안전하게 저장(CCS)하거나, ③포집된 이산화탄소를 이용하여 다양한 화학 제품, 연료 및 원료 물질, 탄산칼슘 등 인간의 삶에 유용한 제품으로 전환하여 활용(CCU)함으로써 온실가스 감축에 기여하는 기술을 말한다.

[그림 4-28] CCUS 개념도



출처: 산업통상자원부

현재 CCUS 기술은 전 세계적으로 시장이 활성화되기 시작하는 단계로, 글로벌 CCUS 시장은 연평균 4.6% 성장 중이며, 2020년 27억 달러 규모에서 2025년에는 33억 달러 규모로 성장할 것으로 예상된다⁵⁶⁾. 국내의 경우 아직 CCUS 관련 시장은 형성되지 않았으나, 탄소중립 추진에 따라 CCUS 기술수요 및 기업 관심도가 높아지면서 유망한 분야로 주목받고 있다.

56) 「2020 BCC Research」, 2020

4.9.2. CCUS 부문 전망 및 감축 수단

가. 예상 탄소 포집·저장·활용량

2050년 CCUS를 통해 감축할 수 있는 온실가스(CO₂)의 양은 약 8,518만톤으로 전망 된다.^{57),58)} 이산화탄소는 석탄 및 천연가스를 사용하는 화력발전소나 제철소, 정유공장 등의 대규모 산업시설에서 포집할 수 있다.

[표 4-16] CCUS 부문 2050년 처리량 전망

(단위 : 백만톤 CO₂eq)

부 분	2018년	2050년	
		A안	B안
CCUS(이산화탄소 포집·저장·활용) 처리량	—	55.1	84.6

나. 주요 확보수단

1) 이산화탄소 포집 및 저장(CCS)

CCS는 국내외 저장소를 활용하여 연간 최대 6,000만톤을 처리할 수 있을 것으로 예상된다. 다만 시나리오 A안에서 탄소중립을 위해 실제 필요한 CCS량은 연간 3,880만톤이다(B안은 5,960만톤).

한반도 주변 해저지층 등을 분석한 결과 국내 저장 가능 규모는 약 10억톤 내외로 예상되며, 이를 기초로 2050년에는 연간 최대 3천만톤의 온실가스를 국내 저장소에 처리할 수 있을 것으로 전망하였다.

국외 저장 가능 규모는 정부와 기업 등이 적극적으로 관련 국가 등과 협력하여 해외 저장소(10억톤 규모)를 개발 활용한다는 전제하에 연간 약 3천만톤의 온실가스를 처리할 수 있을 것으로 전망하였다.⁵⁹⁾

2) 이산화탄소 포집 및 활용(CCU)

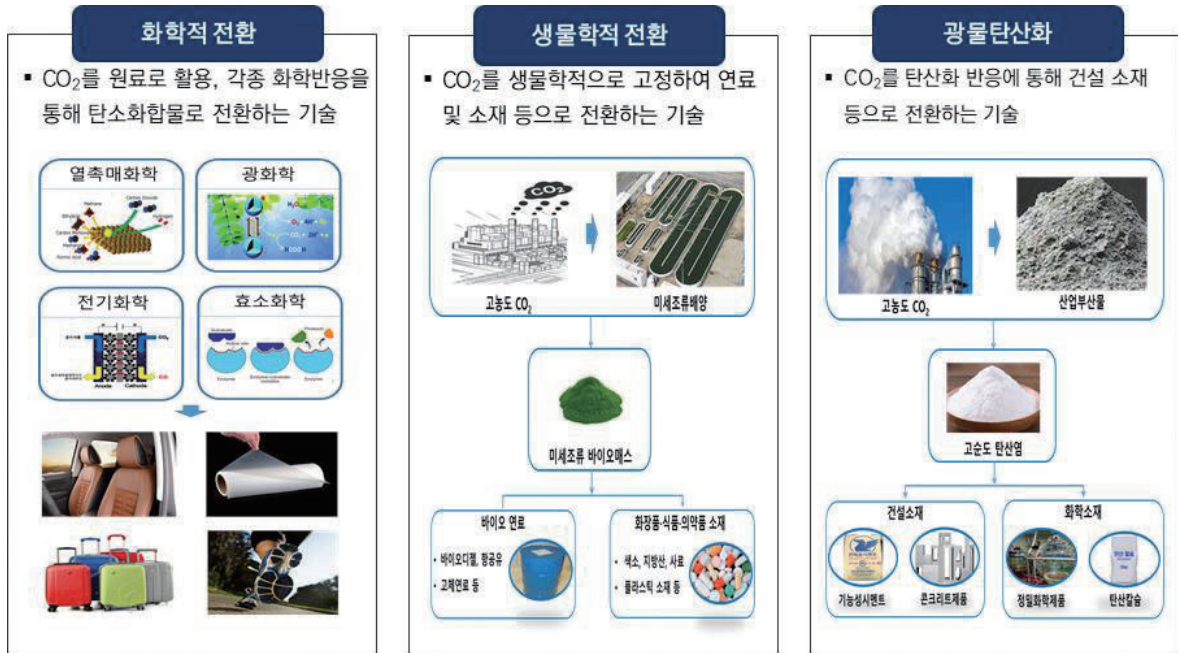
CCU는 화학적 전환, 생물학적 전환, 광물 탄산화 기술을 이용하여 이산화탄소를 유용한 물질로 전환하여 활용하는 것으로, 이를 통해 2050년에는 연간 2,518만톤의 온실가스를 처리할 수 있을 것으로 전망하였다. 다만, 시나리오 A안에 따르면 CCU도 CCS와 마찬가지로 탄소중립을 위해 실제 필요한 온실가스 처리량은 1,630만톤이다(B안은 2,500만톤).

57) 최대 처리 가능량은 A, B안 모두 8,518만톤으로 동일하나, 이하에서는 시나리오별로 타 부문 배출량에 따라 필요량을 산정하였다.

58) CCUS에 필요한 에너지는 전량 신재생에너지로 생산되어 CCUS에 따른 배출량은 없는 것으로 가정하였다.

59) 해외 저장소로는 한중일 공동수역, 호주, 동남아, EU, 북미 등이 있을 수 있다.

[그림 4-29] CCU 세부기술



출처: 산업통상자원부

다. 정책 제언

1) CCUS 기술 상용화를 위한 대대적 투자 및 기술개발 추진

CCUS는 이제 시장이 형성되기 시작한 신산업 분야이나, 미국, EU 등을 중심으로 투자가 확대되고 있다. 우리나라도 CCS 기술 개발에는 10년 이상 꾸준히 투자하여 상용화 직전 수준의 기술을 확보하였다. 그러나 CCU 기술은 현재 학계·연구계 중심의 기초·원천 연구단계로 일부 기술들에 대한 파일럿 수준의 실증 연구를 진행 중이며 상용화 사례는 부족한 실정이다.

앞으로 CCUS 부문에 대한 경제성 확보 시점까지는 민관합동 투자와 실증 프로젝트를 지속해 나갈 필요가 있다. 즉 CCUS 상용기술 확보를 위한 대규모 재정투자와 차세대 원천기술에 대한 장기간 R&D 지원을 통해 기술의 실현 가능성과 경제성을 확보해 나가야 한다. 또한 발전, 산업, 수송, 건물 등 각 분야에 CCU 기술이 적용되어 온실가스 감축에 기여할 수 있도록 관계부처의 적극적인 이행 노력이 필요하다. 이 과정에서 R&D 투자효율화와 조기 상용화 및 사업화 지원을 위한 실증 플랫폼 구축도 병행될 필요가 있다.

2) 대규모 CCS 사업 추진 시 수용성 제고 및 민관의 협력 강화

국내 CCS 사업의 원활한 추진을 위해서는 사업 입지 선정, 사업자 선정 등의 과정에서 주민의 참여 확대가 필요하다. 이를 위해 공개적이고 투명한 사업 추진과 지역주민·지방정부와의 소통 강화를 통해 CCS 사업에 대한 수용성 환경을 개선해 나가야 한다. 한편 CCS 사업으로 인한 주민의 피해를 최소화할

수 있는 방안을 마련하고 충분한 보상 및 배상이 이루어질 수 있도록 노력할 필요가 있다.

아울러, 국외 CCS 사업의 추진을 위해 해외 저장소 확보를 위한 양자, 다자간 국제 협력을 강화해야 한다. 특히, 국외 CCS 사업이 국내의 경우보다 경제성이 낮고 국제적으로도 초기 단계인 만큼 경제성과 기술적·정책적 실현 가능성 등 다양한 요소와 상황을 고려해 추진될 수 있도록 민관이 협력해 노력할 필요가 있다.

3) CCUS 추진을 위한 법적·제도적 기반 마련

CCUS 기술개발 및 실증, 산업육성을 위해 CCUS 전반을 규정하는 법률 제정과 함께 다양한 제도적 기반이 마련되어야 한다.

CCUS 산업육성을 위해 부족한 경제성을 보완하고 민간 참여를 활성화하기 위해 초기 투자비 및 운영비 지원 등 주요 선진국 수준의 과감한 경제적 지원제도의 마련이 필요하다. 특히, CCUS 분야의 활성화를 위한 온실가스 인벤토리 구축 및 온실가스 감축 산정체계 마련, CCU 제품 사업화 지원 등 제도적 확충도 서둘러야 한다.

SECTION 05

탄소중립 실현을 위한 사회적 과제 제언

- 5-1. 제도적 기반 마련
- 5-2. 탄소중립 사회로의 공정하고 정의로운 전환
- 5-3. 탄소중립 핵심기술의 개발 및 투자 확대
- 5-4. 모든 사회구성원의 참여를 위한 소통·협력·교육

탄소중립 실현을 위한 사회적 과제 제언



5.1. 제도적 기반 마련

우선, 탄소중립에 초점을 맞춘 국가 재정의 운용 기반이 마련되어야 한다. 이와 관련해 조만간 시행이 예정된 제도로 '온실가스 감축인지 예산제도'와 '기후대응기금'이 있다.

온실가스 감축인지 예산제이란, 정부 예산이 온실가스 감축에 미치는 영향을 분석하고 평가함으로써 국가 예산이 탄소중립에 기여하도록 유도하는 제도이다. 2023년 회계연도 예산안 심의 과정부터 적용될 예정으로 현재 세부적인 설계가 진행 중이다. 단순한 분석·평가를 넘어 해마다 더 많은 예산이 온실가스 감축에 기여하는 방향으로 수립될 수 있도록 유인구조를 면밀히 설계할 필요가 있다.

기후대응기금은 탄소중립 및 기후위기 대응의 재정적 뒷받침을 위해 새롭게 설치되는 기금으로, 이 또한 2022년부터 본격적으로 운용될 계획이다. 구체적으로는 온실가스 감축, 산업구조 전환, 기후위기 취약지역 및 계층 지원, 연구개발 및 인재양성 등을 위한 사업에 쓰일 예정이다. 충분한 수준의 자원 마련과 탄소중립에 효과적으로 기여할 수 있는 사업을 선별, 구성하는 것이 중요할 것이다.

적절한 탄소가격 부과 체계의 설계도 중요하다. 현재 우리나라는 각종 세제, 부담금, 배출권 등의 형태로 탄소가격을 부과하고 있다. 다만, 각 제도는 별개의 배경과 목적으로 운영되어 왔기에 종합적으로 온실가스 감축을 유도하는 효과에 대해서는 검토가 필요하다. 각 제도의 효과, 기후대응기금의 충분한 자원 마련 등을 종합적으로 점검해 탄소중립 실현에 효과적으로 기여하는 탄소가격 부과 체계를 만들어가야 한다.

지방자치단체가 효과적으로 탄소중립을 추진할 수 있는 기반을 마련해야 한다. 지난 2021년 5월 우리나라의 모든 지자체가 탄소중립 합동 선언식을 개최하면서, 탄소중립에 대한 강력한 의지를 보여주었다. 그러나, 현실적으로 정보, 인력, 예산 등 인적, 물적 자원과 인프라 부족, 온실가스 감축을 위한 지자체의 역할과 책임이 분명하지 않아 지자체 단위에서 지역 특성을 고려한 탄소중립 실현에 어려움이 있어 왔다. 따라서, 기초자치단체까지 온실가스 배출 현황 파악 및 탄소중립 이행 모니터링을 위한 통계와 인프라를 구축하고, 개별 사업에 대한 국고보조를 넘어 지역 상황에 맞게 지자체가 자율적으로 탄소중립 사업을 편성할 수 있도록 포괄적 예산 지원을 비롯하여 지자체의 권한을 확대하는 분권 조치가 함께 이루어져야 한다.

질서 있는 에너지 전환을 위한 법적 기반 마련도 요구된다. 2050년 탄소중립 달성을 위해서는 석탄발전 등 온실가스 배출이 많은 산업의 축소가 필연적이다. 탄소중립 추진 과정이 축소산업의 사업자와

노동자의 일방적 피해로 이어지지 않도록, 원칙적인 전환을 위한 법령과 적절한 보상·지원방안이 마련되어야 한다.

끝으로, 에너지 및 온실가스 배출통계도 개선되어야 한다. 에너지 이용형태별(전기, 열, 수송연료)로 에너지 분류체계를 재정립하고 온실가스 배출량 통계도 에너지 통계와 정합성을 갖추어 작성되어야 한다. 또한 탄소중립에 대한 사회적 논의를 촉진하고 온실가스 감축정책의 성과관리를 위해 에너지와 배출량 통계는 가능한 한 상세한 수준으로 공개하여야 한다.



5.2. 탄소중립 사회로의 공정하고 정의로운 전환

첫째, 탄소중립 사회로의 전환 과정에 모두의 책임과 역할이 있음을 인정하고 사회구성원 중 누구도 소외되지 않도록 이해관계자 모두가 참여할 수 있는 논의의 틀을 마련해야 한다.

탄소중립 관련 정책과 계획 등의 입안 단계부터 실행과 결과까지 전 과정에 이해관계자의 의미 있는 참여를 보장하는 대화 체계를 공고하게 구축하고 이를 민주적으로 운영해 전환 과정의 성과와 책임을 공유하고 분담해야 할 것이다.

둘째, 전환과정에서 피해가 예상되는 산업의 노동자, 중소기업인, 지역 등이 겪을 수 있는 어려움을 최소화하면서 새로운 기회를 창출할 수 있는 방안을 만들어야 한다.

특히, 탈탄소 사회로의 전환에 따라 일자리 충격을 받을 수 있는 노동자들의 고용 안정성을 확보하는 것은 필수적이다. 탄소중립의 영향을 받는 산업에 대한 면밀한 고용영향 평가와 지역경제에 미치는 영향검토, 근로조건 개선, 신규 일자리 창출, 노동전환 교육 확대, 지역 산업 재편 등 다각적인 지원방안을 수립해야 한다.

이와 함께, 상대적으로 더 큰 영향을 받을 것으로 예상되는 중소기업과 전환과정에서 피해가 집중되는 지역에 대해 우선적으로 지원하는 정책적 배려가 필요할 것이다.

셋째, 기후위기에 따른 취약계층에 대한 보호 장치를 마련하는 것 또한 중요하다. 국가와 지역은 기후변화를 감시·예측하고, 영향을 받을 수 있는 취약계층·지역 등을 지원하는 기후위기 적응 대책을 수립·시행하여야 한다.

또한, 기후위기로 인해 발생할 수 있는 사회적·경제적 불평등을 사전에 진단하고 이에 대비하는 사회적 안전망도 구축해야 할 것이다.

이를 위해 국가 차원에서는 정의로운 전환 추진체계를 구축해야 하며, 지역은 각자의 특성에 맞는 지역 중심의 탄소중립 실현 방안을 마련하는 등 역량을 강화해야 한다. 정의로운 전환 특별지구 지정과 지역별 지원센터 설립 등은 그 실행 수단이 될 수 있다.



5.3. 탄소중립 핵심기술의 개발 및 투자 확대

2050 탄소중립 실현을 위해서는 발전, 산업, 수송, 건물, 폐기물, 농·축·수산 등의 부문에서의 탄소저감 노력 외에 이를 실현하기 위한 과학기술의 혁신이 무엇보다 중요하다. 이를 위해서는 장기적이고 체계적인 기술개발 전략이 마련되어야 한다.

정부는 2021년 3월 「탄소중립 기술혁신 추진전략」을 발표하였고, 이를 통해 2050 탄소중립에 핵심적으로 기여할 수 있는 태양광·풍력, 수소, 바이오에너지, 철강·시멘트, 석유화학, 수송효율, 건물효율, CCUS 등 10대 핵심기술에 대한 개발전략을 제시하기도 하였다.

향후 이러한 탄소중립 핵심기술 개발을 위한 단계별 기술개발 로드맵이 마련되어야 할 것이며 기술개발을 위해 필요한 법적 기반 마련과 함께 적극적이고 체계적인 예산 지원도 필요할 것이다.

탄소중립 기술개발의 최종 목표는 실제 현장에서의 활용이다. 따라서 원천기술부터 실증화 기술에 이르는 핵심적인 기술개발 시 실수요에 기반한 기술개발 과제를 발굴하여 효용성을 제고할 필요가 있다. 아울러 향후에는 수요기업이 직접 참여할 수 있는 체계 확립도 필요할 것으로 보인다.

성공적인 탄소중립을 위해서는 핵심기술의 개발 외에 녹색산업 육성도 핵심 과제 중 하나이다. 장기적으로는 민간차원의 투자가 활성화되고 자생적인 생태계가 형성되어야 할 것이지만, 그 전까지 마중물로서 정부 차원의 투자 확대가 이루어져야 한다. 아울러 녹색산업에 대한 대출 금리 우대, 민관 합동의 녹색산업 투자 펀드 규모 확대 등도 추진되어야 할 것이다. 마지막으로 기업의 ESG 평가 대응 역량을 강화하고 기후위기 대응 관련 정보공개도 확대해 나갈 필요가 있다.



5.4. 모든 사회구성원의 참여를 위한 소통·협력·교육

국민과의 소통·협력

탄소중립 사회를 신속히 이루고 지속가능하도록 하기 위해서는 국민이 공감하고 주도적으로 참여해야 한다. 먼저 국민과의 양방향 소통이 가능하고, 탄소중립 목표와 이행계획에 대하여 국민이 질문, 제안, 숙의와 함께 정책 결정에 기여하는 협력 체계가 필요하다. 정부는 국민 스스로 탄소중립을 위한 실천에 함께 나설 수 있도록 적극적이고 선제적으로 정보와 데이터를 공개하고, 국민 누구나 참여할 수 있는 환경을 만들어야 한다.

무엇보다 기후변화 문제의 당사자인 미래세대 주도의 실천과 참여를 확산할 수 있는 창구를 마련해야 한다. 청소년, 청년들이 직접 주도하고 참여하는 콘텐츠를 제작하고, 참가자 간 상호 작용을 극대화하면서 소통의 결과와 실천 사례를 널리 확산할 수 있는 공론장을 조성해 추진해야 한다.

탄소중립 실천과정에서 발생할 산업구조의 변화, 생활양식의 변화 등을 국민들이 사실에 기반해 판단하며, 충분히 이해할 수 있어야 국민들의 일상 속 수용성을 높일 수 있다. 탄소중립과 관련한 다양한 용어와 쟁점, 정책의 내용과 끼치게 될 영향을 알기 쉽게 풀어서 설명하는 콘텐츠를 제작하고, 이를 공유하고 확산하기 위해 다양한 방식으로 노력해야 한다.

교육

2050 탄소중립 사회 구현을 위해서는 교육이 핵심 기반이 되어야 하며, 온 국민이 동참하고 이끌어가는 탄소중립을 위해서는 모든 분야에서, 전 연령대를 대상으로 환경소양을 함양하고 지속가능성 역량을 증진하기 위한 교육이 강화되어야 한다.

우선 첫째, 기후위기 시대에 따라 학교 교육의 대전환이 필요하며, 이를 위해 교육과정의 총론과 각론의 목표 및 내용에 환경교육이 대폭 강화되어야 한다. 둘째, 실제 학교 적용을 위해서 학교 환경교육의 의무화가 필요하며, 이를 위한 법적 근거 및 실행 체계가 마련되어야 한다. 셋째, 예비교원 및 현직교원이 환경소양에 기반하여 환경 지도역량을 갖추도록 제도 및 지원 체계가 마련되어야 한다. 넷째, 유·초·중·고·대 전국의 모든 학교가 온실가스 관리를 강화하고 에너지 자립도를 높이며, 학교 전체가 탄소중립을 체득하고 학습할 수 있는 장이 되도록 해야 한다.

또한 일상적이고 지속적인 교육을 위해, 학교 밖 평생 교육의 장에서도 탄소중립이 주요한 주제로 다루어질 수 있어야 한다. 구체적으로는 첫째, 누구나, 언제, 어디서든 교육을 통해 환경소양을 함양하고 지속가능성 역량을 기를 수 있도록 국가 기후·환경교육 총괄체계를 구축해야 한다. 둘째, 유아기부터 노년기까지 생애주기별, 주부·공무원·근로자·군인 등 분야별 특화된 환경교육을 촘촘하게 시행하여 전 국민이 환경시민으로서 자발적이고 능동적으로 탄소중립에 참여하도록 해야 한다.



SECTION

06

부록

-
- 6-1. 대외 의견수렴 과정 및 결과
 - 6-2. 탄소중립 시민사회 설문조사 결과
 - 6-3. 청년이 제안하는 2040 기후중립 시나리오

[부록1]

- 대외 의견수렴 과정 및 결과 -

2050 탄소중립위원회는 2021년 8월 5일 「2050 탄소중립 시나리오」 초안 발표 이후, 9월 말까지 115개 협회·기관 등을 대상으로 총 20회의 대외 의견수렴을 진행하였다. 2050 탄소중립 실현이 우리 사회 모든 영역에서의 대전환을 요구하는 도전적인 과제이기 때문에, 국민적 공감대와 사회적 지지가 필요하다. 이에, 위원회는 산업계·노동계·시민사회·청년·지자체 등 사회 각계 간담회를 개최하고 의견서를 접수하여 폭넓은 의견수렴을 추진하였다.

	협약체	일정	참석자
산업계	주요 배출업종	8.12(목)	철강협회, 시멘트협회 등 주요 배출업종 13개
	수송	8.18(수)	자동차산업협회, 전기차산업협회, 대한석유협회 등
	에너지 전반	8.20(금)	에너지공기업, 에너지얼라이언스 등
	재생에너지 1차	8.24(화)	태양광산업협회, 풍력산업협회, 재생에너지 기업 등
	폐기물		식산업협회, 순환자원유통지원센터, 석유화학협회 등
	수소	8.26(목)	수소 관련 공기업, 연료전지 및 수소터빈 기업 등
	농축수산		농정협의회, 수산정책협의회 등
	재생에너지 2차	9.6(월)	수협중앙회, 전국농민회총연맹, 농어촌공사 등
	중소기업	9.10(금)	중기중앙회, 중소기업 등
노동계	발전1	8.11(수)	한국노총(발전부문)
	발전2	8.13(금)	민주노총(발전부문)
	자동차1	8.19(목)	한국노총(자동차부문)
	총괄	8.25(수)	한국노총(중앙)
시민사회	종교계	8.10(화)	종교인평화회의, 종단별 환경단체 등 7개
	기후·환경	8.31(화)	시민단체 소속 탄중위 민간위원
	교육계	9.9(목)	시도교육감정책협의회, 환경교육단체 등
	시민사회	9.30(목)	시민사회활성화전국네트워크, 녹색소비자연대 등 7개
	청년	8.17(화)	대학생기후행동 등 청년환경단체 11개
지자체*	광역	8.26(목)	대한민국 시·도지사협의회
	기초	9.17(금)	광역지자체, 기초지자체(희망)

* 간담회 외에도 기후위기대응·에너지전환 지방정부협의회 등 서면 의견 수렴

위원회가 시나리오 초안으로 제시한 3가지 안에 대해 다양한 의견을 제시하였다. 전반적으로 2050 탄소중립 실현의 필요성에 대해서는 공감하였으며 특히, 종교계는 2050 탄소중립 시나리오에 순배출량이 0보다 적은 안도 추가할 것을 제시하였고, 청년들은 2040년 기후중립을 달성해야한다는 적극적인 의견을 제시하였다. 부문별로 제시된 주요 의견은 다음과 같다.⁶⁰⁾

전환부문에서는 석탄, LNG 발전 등 화석연료 발전과 관련하여 ▲조기 폐쇄가 필요하다는 입장과 재생에너지의 간헐성 보완을 위해 필요하다는 입장이 모두 제시되었으며, ▲화석연료 발전의 조기폐쇄시에도 좌초자산 보상과 함께 인력의 재배치와 재취업 등 정의로운 전환 추진이 필요하다는 의견이 제시되었다.

재생에너지와 관련해서는 ▲발전 비중 확대에 따른 간헐성 보완과 전력망 대전환 필요, ▲잉여전력에 대해 연료전지 등의 저장수단 마련이 필요하다는 의견을 제시하였다. 이 외에도 ▲에너지 분야 공공성 강화, ▲에너지 안보를 고려한 동북아그리드 도입에 대한 신중 검토, ▲수소·암모니아 혼소 발전 기술개발 필요 등의 의견을 제시하였다.

산업 부문에서는 ▲안정적인 친환경 원료와 연료 공급, 재생에너지 수급 안정성 확보 필요에 대한 의견과 함께 ▲정부 정책이 규제 중심이 아닌 인센티브 중심의 정책으로 추진해야한다는 의견을 제시하였다. 특히, ▲탄소저감기술에 대한 세제혜택, ▲시설·설비투자 재정지원, ▲R&D 지원 강화의 의견을 제시하였다.

수송 부문에서는 ▲도로·항공분야 운행거리 감축 등 수요관리 강화하여 추가적인 감축이 필요하다는 의견과 ▲전기차 충전인프라 등 후방산업 육성, ▲내연기관 업계 종사자에 대한 고용안정 대책 및 사회안전망 마련 등의 의견을 제시하였다.

건물 부문에서는 ▲건물의 에너지원으로서 전력비중 확대, ▲신규 건축물의 제로에너지 건축 및 재생에너지 설치 의무화 ▲기존 건축물의 그린 리모델링 대상 범위 확대, ▲건물 온실가스 배출 총량제 도입 등을 통한 추가적인 감축이 필요하다는 의견을 제시하였다.

농축수산 부문에서는 ▲식량자급률 향상, ▲생산-가공-유통-소비-폐기 전주기적 관리 필요, ▲식단변화, 대체가공식품 이용 확대 등을 통한 식생활 개선 보다 영농법 개선을 통한 탄소배출 저감 필요, ▲채식 확대 및 대체육 개발 등을 통해 육류 소비 감소 필요, ▲전기어선뿐만 아니라 수소연료 어선 등 다양한 형태의 친환경 어선개발과 보급 등 다양한 의견을 제시하였다.

폐기물 부문에 대해서는 ▲재생원료에 대한 식품포장재 사용 확대와 기업지원, ▲바이오플라스틱 확산을 위한 정부주도 R&D 추진, ▲재생원료 수급시스템 개선 등의 의견을 제시하였다.

흡수원 부문은 ▲토건사업에 대한 환경영향평가 필요, ▲모두베기에 대한 신중한 검토가 필요하다는

60) 각계에서 서면으로 제출한 의견서는 2050 탄소중립위원회 홈페이지(www.2050cnc.go.kr)에 공개되어 있다.

의견 등이 제시되었다.

CCUS 부문은 ▲아직 검증되지 않은 수단에 대한 과도한 의존을 줄여야한다는 의견과 ▲기술연구가 진행 중이기 때문에, CCS 저장 잠재량에 대한 재검토가 필요하다는 의견과 함께 제시되었다.

수소 부문은 ▲재생에너지의 일정 비율을 그린수소로 생산 필요, ▲수소 수입비중 축소 및 블루수소 활용, ▲국가 차원의 수소공급 배관망 구축 필요, ▲수소부문 활성화를 위한 인프라 구축(특구 지정, 인센티브 도입, 청정수소 운반 기술 등) 등의 의견을 제시하였다.

이 외에도 시나리오 전반에 대해 ▲시나리오에 필요한 예산과 비용 검토, ▲미래 기술에 대한 상용화 가능성 검토, ▲이해관계자와 논의를 위한 거버넌스 기구 설립과 정례화 추진 ▲탄소중립 사회 구현을 위한 전 국민 환경교육 강화, ▲지방자치단체 역할 강화 및 참여 확대 등에 대한 의견을 제시하였다.

위원회는 각계에서 제출한 내용에 대해 시나리오의 부문별 감축 수단에 대한 의견과 정책제언에 대한 의견을 종합적으로 검토하였고, 이를 반영하여 최종안을 도출하였다.

향후의 로드맵 수립 및 정책의 세부적인 사안 등에 대한 의견도 다수 제출되었는데, 이는 관련 사항 추진 시 검토될 예정이다.

주요 제기 의견

① 전환(발전) 부문

석탄, LNG		
구 분	의견제출 내용	의견제출 단체
석탄발전 중단	2030년 모든 석탄발전소 가동 중단, 2035년까지 화석연료 사용 중단 건의	청년협의체, 종교환경회의
	석탄발전을 유지하되, 향후 상황에 따라 실행방안 조정 필요	포스코에너지, 민간발전협회 등
	2·3 안의 경우에도 석탄발전기를 예비력 발전기로 지정하고, 급전 지시에서 제외 필요	민간발전협회
	설계수명 기도래 석탄발전기도 '50년 존치 발전기와 동등한 대우 부여	
	친환경, 고효율인 민간 석탄발전기는 공기업의 노후 석탄발전기와 분리하여 안정적으로 발전이 이루어질 수 있도록 제도 설계 필요	
	석탄발전의 ESG 투자에 대한 정책적 지원 필요	
	CCUS, 무탄소신전원 등 향후 기술개발 가능성을 고려, 화석연료 운영을 시나리오에 포함시킬 수 있을 것	한국노총
	화력발전은 주파수 안정화 등을 위해 일정 부분 속도 조절 필요	
기존 화석연료 발전기 개조 등을 통해 암모니아 혼소 고려, 발전자산 좌초의 최소화 노력 필요	두산중공업, 한화종합화학	
LNG발전 중단	무탄소 연료를 활용한 LNG를 10% 이상 유지 필요	SK E&S, 민간발전협회 등
	유연성 전원 확보와 열공급을 위한 LNG발전 유지 필요 (향후 기술개발로 수소 및 CCUS 활용 가능)	GS 에너지, SK가스, 지역난방공사 등
	탄소중립(Carbon Neutral) LNG에 대한 인센티브 지원 필요	GS 에너지 등
	산단 및 가정, 공공부문 열공급을 위한 LNG 열병합 발전은 유지 필요	지역난방공사
	집단에너지 확대시 국가 온실가스 저감에 기여 가능	
	2050년 석탄발전소 중단은 공감하나, 낮은 전력자립도 및 전력수요 지속 증가를 고려하여 LNG 발전은 유연성 전원으로 활용하고 CCUS 기술 적용하여 순배출 제로화 추진 필요 - 낮은 전력자립도(8.3%), 전국 대비 많은 산업단지 입주와 높은 제조업 비중으로 전력수요 지속 증가 추세	충북도
보상 및 지원	중단되는 발전기의 좌초자산에 대한 보상 필요	남동·남부·동서·서부발전, 민간발전협회, 한국노총, 민주노총 등
	퇴출 대상 발전기의 실질적 잔존수명을 반영한 적정 보상 정책을 마련할 필요	남부발전

보상 및 지원	LNG 발전 설비, 인프라의 좌초자산화 우려, 녹색채권 발생 허용 등 투자절벽 방지를 위한 제도지원 필요	GS 에너지, 중부발전
	민간석탄발전소는 공기업과 분리하여 제도 설계, 배출량 저감 사업 지원필요	민간발전협회
	발전소 폐지에 따른 근무인력 재교육, 재취업 지원	한국노총, 민주노총, 중부발전 등
	직접 고용자에 대한 정부 주도의 불평등 해소 방안 등 대책 마련 및 하청업체 종사자 등 간접 고용자에 대한 일자리 분석과 지역경제에 미치는 영향 검토 필요	한국노총, 민주노총
	정의로운 전환 추진 원칙을 구체화하고, 재원/기금, 특별위원회, 전담기관 등 마련	충남
	지역 내 정의로운 전환 역량 증진 지원	
	산업전환이 예상되는 기업들의 정의로운 전환 전략 수립 의무화 필요	경기
	산업 에너지원을 석유·석탄·도시가스에서 전력으로 대체하면서 한전의 전력 독점과 가격상승 및 일자리 감소 피해가 예상 - 피해 최소화과 정의로운 공정 전환을 위한 직업훈련, 신규 일자리 발굴 등 대책 강구 필요	
기타	에너지 안보, 에너지 빈곤층 양산 및 안정적 공급불안 우려 등을 고려, 에너지 분야의 공공성 강화 필요(비전과 원칙에 공공성의 원칙 추가 및 민간발전소 공공기관 전환 필요)	한국노총, 민주노총
	독립된 에너지 분야 사회적 논의기구 설립 및 이해당사자 참여 보장 등 노동계 의견반영 필수 (원전공론화 방식 2034년 석탄화력 30기 폐쇄 논의)	
	화력발전소 내구연한 20~25년으로 단축 및 신규 화력발전소 건설 부분에 대한 국민 설명 필요	시도지사협의회
	발전공기업 운영에 노조 및 지역사회 참여 보장 등 개혁	민주노총
	LNG발전 공공성 확보를 위해 발전공기업에 의한 가스발전 일원화 및 천연가스 직도입 중단 필요	
	전력산업 관련 새로운 규제기관 설립시, 기존 규제 기능과 중복 문제가 있으므로, '전문성'과 '독립성'을 담보할 수 있는 방안 검토 필요	민간발전협회
	국민의 능동적 역할 및 참여에 기반한 적극적인 수요관리를 제시 및 에너지프로슈머를 통한 분산형 전원 시스템 구축 강조	전국지속가능발전협의회
	3안의 석탄·LNG 0%, 재생에너지 70.8%는 현재 상황과 향후 기술 발전 추이를 고려하면 현실성이 결여된 지나치게 낙관적인 수치	지자체(강원)
	열병합 발전설비에서 LNG 연료 대체를 통한 온실가스 감축 효과는 화석연료 대비 40% 미만이므로, 다른 연료 대체 방안 검토 필요	지자체(대구)

재생에너지

구 분	의견제출 내용	의견제출 단체
재생 에너지 확대 에너지 저장장치	재생에너지 70% 추진 가능성 명확한 점검 필요 (예: 전력수급 안정화 측면, 설치부지 확보 가능성 등)	SK E&S, 두산중공업, 민간발전협회, 지자체(부산) 등
	재생에너지 발전 비율 70.8% 확대 실현하려면 지역의 권한과 역할 개선 필요	경기
	모든 건축물 내 재생에너지 의무설치 법안 제정 등 강력한 추가 조치 필요	고양
	재생에너지 원별 비중 및 발전설비용량 공개 필요	한국에너지공단, 전력거래소, 한국노총 등
	2030 재생에너지 발전비중 50% 이상 목표 설정	청년협의체
	신재생 발전의 경우 환경이 훼손되지 않는 범위에서 조성 필요	두산중공업
	재생에너지 설비 확대를 위해 기업에 의무 생산비율 부과 (예: 공장과 물류센터 지붕에 태양광 의무화 등)	종교환경회의
	3안의 재생에너지 발전 비율을 70.8%로 확대 실현하려면 지역의 권한과 역할을 개선할 필요가 있으며 모든 건축물 내 재생에너지 의무 설치 법안 제정 등 강력한 추가 조치 필요	경기
	3안에 제시된 석탄과 LNG사용 0%, 재생에너지 사용 70.8%는 현재 상황과 향후 기술발전 추이를 고려하면 현실성이 결여된 지나치게 낙관적인 수치	강원
	석탄발전 최소유지·중단 등에 따른 재생에너지 확대 목표(비율)를 구체적으로 제시하여 시나리오의 근거를 뒷받침할 필요 있음	강원
목재바이오매스는 바이오가스 방향으로 추진하고, 화력발전으로 추진하면 안됨	고양	
에너지 저장장치	재생에너지 간헐성·계절성 보완 위해 유연성 자원(ESS/연료전지) 확대 필요	SK E&S, 효성중공업, 민간발전협회, 한화에너지, 전력거래소, 남부발전, 지자체(충남, 제주) 등
	잉여전력 발생시 저장수단(수소·ESS) 규모 검토 필요	
	에너지저장장치 필요 규모 제시 요청	
태양광	변동성이 높은 재생에너지의 발전비중이 높아짐에 따라 재생에너지 연계용 에너지저장장치(ESS) 연구개발 지원 방안 검토 필요 - 계통관리 운영 대책 및 용량 증대, 안전에 초점을 둔 ESS 확대	충남
	지붕, 건물형 태양광 활성화 지원, 자가소비 확대를 위한 PV+ESS 설치 지원, 건물 태양광 설치 의무화 및 세금 감면	두산중공업
	소규모 태양광 사업의 FIT 허용 용량을 확대하고, 대규모 태양광의 경우 적정 전력판매가격 가이드라인 범위 내 수의계약 체결이 가능토록 지원 필요	신재생에너지협회
영농형 태양광의 REC 가중치 인정	신재생에너지협회, 전남	

구 분	의견제출 내용	의견제출 단체
태양광	재생에너지 입지 확보 관련 이격거리 규제 및 인허가 절차 개선 필요	태양광협회, 전력 거래소, 신재생 에너지협회 등
	중앙정부 또는 시도 단위에서 표준 이격거리안 제시 필요	전남
	발전소 주변지역 대상사업 확대 (소규모 태양광 발전소 주변마을에도 주민지원 사업 시행 필요)	
	재생에너지 확대 과정에서 시장경쟁 메커니즘 도입 필요	전력거래소
	수상태양광 설치 관련, 계통 연계 등 정부 지원 필요	수자원공사
	유휴평지 태양광 위주의 재생에너지 확대	원자력노조
	우리나라도 농업계에 책임을 요구한다면, 비전과 인센티브도 함께 제공 필요	쌀전업농 중앙연합회
	도시의 경우, 태양광설비를 설치할 공간 부족 재생에너지 잠재량 확대를 위한 산림·농지 등 국토이용 관련 규제혁신이 무분별한 재생에너지 확대로 이어져 산사태 등 또 다른 환경문제가 야기되지 않도록 규제혁신과 동시에 가이드라인 등 대안 마련이 필요	고양
풍력	해상풍력 확대를 위해서는 REC 가격에 대한 예측가능성 확보 필요	두산중공업, 효성중공업, 풍력협회, GS에너지, E1 등 두산중공업, 효성중공업, 풍력협회, GS에너지, E1 등
	재생에너지 원별 REC 정산, SMP+REC 가격 고정제도 도입	
	대규모 해상풍력의 송전을 위한 HVDC 시장 상용화, 효율개선 기술개발, 실증단지 마련 필요	효성중공업
	풍력발전 보급확대 및 풍력산업 활성화를 위해 태양광과의 REC시장 이원화 필요	두산중공업, 동서발전 등
	해상풍력 문제에 어업인들이 참여하고 수협이 주도적으로 사업을 추진할 수 있도록 할 필요	수산업경영인연합회
	시나리오 검토시, 바다의 탄소흡수 잠재력, 친환경 선박 개발, 기술 개발 등을 통한 어업 구조의 저비용 전환 등 고려 필요	
	도시의 경우, 평균 풍속을 고려하면 풍력발전소를 활용하기 어려움	고양
전력망	재생에너지 확대에 따른 전력망 대전환 및 계통안정화 필요	효성중공업, 중부발전, 한화 에너지, SK E&S, 민간발전협회, 전력거래소 등
	여름, 겨울 전력피크 시 대책 마련	SK E&S, 두산중공업, 민간발전협회 등
	재생에너지 확대 시 기존 교류 계통망의 근본적인 변화가 요구되며, 계통망 건설 및 구성에 많은 어려움이 예상되므로 국가적인 역량 집중 필요	한전
	기존 전력망 유지가능 여부를 하부단부터 기술적으로 세부검토 필요	전력거래소

구 분	의견제출 내용	의견제출 단체
전력망	가스망과 전력망을 동시에 최적화하는 호주의 정책을 참고하여 우리나라도 해당사항 검토 후 시나리오 반영 필요	전력거래소
	지역중심 분산형 전원체계 구축지원 필요 (‘중앙집권적 에너지 공급시스템’에서 ‘권역별 신재생 에너지망 조성·관리’로 변화 필요)	광주, 경남
	근무시간 탄력 운영제 확대 등 피크 전력 사용 분산을 위한 대책을 통한 감축 추진	종교환경회의
	현재 전력망으로는 ‘2050 탄소중립’ 추진으로 폭증할 재생에너지 수용 불가 - 2050 탄소중립에 필요한 재생에너지는 335GW로 현재 125GW의 2.7배 수준 - 재생 전원 송전망 접속완료율(‘17~’19) 23%로 급증하는 재생에너지 수용에 한계 - 재생에너지 잠재량 전국 1위인 ‘호남 전력망’은 타 지역에 비해 심각 ※ ‘20년 현재 호남 지역 재생에너지 접속 대기물량은 전국의 78%, ‘30년 기준 호남 재생 전원 비중은 전국 대비 39%로 급성장 전망, 대규모 전력망 보강 필수 - 한전 중심 중앙집권적 에너지 공급시스템 → 권역별 신재생 에너지망 조성, 관리 ※ 광역시(에너지 소비 중심지역)와 인근 도(에너지 생산 중심지역)를 하나로 묶어 신재생에너지 수급 균형, 상호 윈-윈 전략 마련	광주
	또한 생산단가가 낮은 화석연료에서 생산단가가 높은 재생에너지 사용으로 전환됨에 따른 에너지 사용요금 인상과 이에 대한 대책도 포함되어야 함	강원
	전 국민적 참여를 통해 전력수요 감축 유도 필요(p. 20) - 국민적 동참을 유도하기 위해서는 구체적인 에너지절약 감축 목표(비중) 설정 시나리오 필요 - 에너지 부문(전환, 건물, 수송, 산업 등) 뿐 아니라 탄소중립 기반(교육·홍보, 실천)과 연계한 종합적 검토 필요	전북
	에너지 수요를 결정하는 중요한 인자인 전력요금체계가 시나리오에 어떻게 반영되었는지 설명 필요	전남
	신재생에너지는 발전량 확대와 동시에 전력 계통 확충 등 전력망 안정화 대책을 병행하는 것이 긴요	
	재생에너지 확대에 따른 변동성·간헐성 문제를 해소하기 위한 신규 유연성 자원의 개발 및 확대 필요 ※ 제주는 ‘15년부터 재생E 발전 급증에 따라 전력계통 안정화를 위해 출력제어 시행(‘15년 최초 3회 → ‘20년 77회)	제주
	지역중심 분산형 전원체계 구축지원 필요 (‘중앙집권적 에너지 공급시스템’에서 ‘권역별 신재생 에너지망 조성·관리’로 변화 필요)	광주, 경남
지역 재생에너지 도입 활성화를 위해 각 지역별 전력공급 그리드 필요 (중앙공급 방식으로는 한계가 있어 이에 대한 국가 계획 요청)	대전	

구 분	의견제출 내용	의견제출 단체
전력망	재생에너지는 발전량 확대와 동시에 전력 계통 확충 등 전력망 안정화 대책 병행 필요	제주
지원방안 등	입지규제 개선, 인허가 절차 간소화 등 원스톱 사업 지원 필요	남부발전
	재생에너지 부지확보를 위한 기업연대, 기업의 CSR 활동 연계	종교환경회의
	발전공기업이 재생에너지 등 녹색 전기설비 투자를 확대할 수 있도록 공기업 부채비율에서 제외	중부발전
	RPS 의무대상자 확대, RE100 참여기업의 REC 구매 확대를 위한 재생에너지 직접거래 플랫폼 구축 등 필요	효성중공업
	신재생에너지 확대를 위한 인프라 구축 및 연구개발 등 재정지원 확대	동서발전, 남동발전, 남부발전 등
	PPA 체결시 기업부담 감축	신재생에너지협회, SK E&S
	신재생에너지로의 전환이 이루어지면 면세유 지원이 종료된다고 알고 있는데, 이는 과거 FTA, WTO 협정 체결에 따른 지원이므로, 국가차원의 새 지원방안 고려 요청	농촌지도자 중앙연합회
	마을 유희지, 농촌건물 옥상, 창고, 마을회관 마당, 국유지 등을 활용하여 300~500KW 규모의 마을 자립형 시설을 설치하고, 도시 인근에서도 같은 방식으로 진행하면서, 부족분을 농촌에 설치하는 방안 제안	전국농민회 총연맹
	탄소흡수원으로서의 토지사용에 대한 고려 외, 재생에너지 설치공간 확보여부 검토 필요	전력거래소
	경제성과 환경성을 동시에 추구해야 하는 상황에서 모든 것을 자율에만 맡겨서는 안 되며, 정부 관리하 보상 문제 검토 필요	GS E&R
	재생에너지 이외 폐자원에너지(고형연료제품, SRF) 사용시설 설치 지원 및 회수에너지(열, 연료)의 사용 촉진 및 의무화	한국폐기물재활용공제조합
	전환 부문에서 전 국민 대상 탄소중립 실천교육 강화 명시 필요	교육계 협의체
	전국 대학의 온실가스·에너지 목표관리제 의무화 제안	
	에너지 전환을 정부)지자체)기업)국민순으로 강제되는 탑다운 원칙 적용	대학생신재생에너지기자단
	탄소 제로 실천에 대한 보상체계 필요	
	재생에너지 비율 70% 향상에 필요한 설치부지 확보 및 불가피하게 발생하는 흡수원의 감소 등의 대처 방안 없이 계획만 제시	부산시
재생에너지 지역 수용성 강화를 위해 주민 이익공유와 관련된 법령 제·개정 등 제도 정비가 요구됨	충남	
신재생에너지 발전량을 6.6%에서 56.6%~70.8%(2050년까지)로 대폭 확대하기 위해 화석연료를 이용한 발전은 최대한 축소하고 신재생 에너지산업의 육성을 위한 기술지원 등 장려 대책 추진 필요	경북도	

기타

구 분	의견제출 내용	의견제출 단체
동북아 그리드	에너지안보, 국제정세 변동성을 감안하여 동북아그리드 제외	서부발전
	'50년 남북평화 상황 구축 가능성을 고려한 동북아 그리드 검토 필요	에너지공단
	동북아 그리드, 수소 수입원 등 외부의존도 주의 필요	경기도
원전	원전의 역할 제고하고, 소형모듈원전 포함 필요	한국수력원자력
	사용후 핵연료 처리방안 논의 진행 필요 → 방사성 폐기물 문제가 선결되지 않으면 탄소중립에서의 원전 역할 논의 곤란	현대경제연구원
	시나리오 예상대로 기술발전이 되지 않거나, 에너지 수입이 불가능하거나, 에너지 수요가 증가할 경우의 대안으로써 전원믹스에 원자력 포함 필요	원자력노조
	신한울 3, 4호기를 수소병합발전 원전으로 건설재개를 추진하고, 수소생산 고도화 기술 개발	
	국내 실증과 수출달성 목표로 iSMR 개발	
	소형 모듈 원전의 탄소중립 정책 도입 검토 필요	국민 대토론회 주요 의견
	각 설비별 발전량(p18.)에 대하여 원전 비중 확대 고려 필요 - 2050년 설비별 발전량 중 원자력은 비율은 7.2%~6.2% (1~3안)로 적음 - 각 부문(산업,수송,건물 등)의 전력화(화석연료→전기로 대체)로 2050년 전력수요는 1,165.4 ~ 1,215.3TWh로 2018년 대비 2배 이상 증가 - 신재생 에너지의 간헐성(기후, 날씨 등으로 인한 불안정한 전력생산)으로 인하여 탄소중립 목표치 달성에 대한 불확실성이 존재하므로, 이를 보완하기 위해 원전 역할 제고 필요 - 발전단가가 저렴한 원전 비중이 줄어들 경우 전력가격 상승을 초래하여 국가 경제에 악영향을 미칠 가능성이 있음 - 주요 선진국도 원전 비중을 늘리고 있음 ※ 영국 : 신규원전 13기 추진, 프랑스 : 원전 발전비율(75→50%) 축소 연기 ※ 미국, 일본 등 경제 강국 탈탄소 전략으로 소형모듈 원자로 추진 및 원전 발전량 비중 확대 방침 탈탄소 수소경제 선도를 위해 원자력 활용 수소생산 필요성(p40.) - 원자력은 저렴하며 친환경적 방법으로 수소를 대량 생산할 수 있는 최적의 수단 - 원전으로 수소생산을 위한 수전해 설비를 지속적으로 운영 가능 - 미국과 유럽은 원자력을 통해 더 싸고 친환경적인 수소 생산계획 추진 중	경북
무탄소 신전원	무탄소신전원은 기술개발 초기 단계임에도 불구, 50년 전원비율 과다산정	서부발전

무탄소 신전원	상용화되지 않은 기술(CCUS, 무탄소 신전원 등)의 의존도가 커 대비책 마련 필요	경기, 고양
	온실가스 배출 3안의 경우 재생에너지 공급량이 가장 많음에도 연료전지 공급량이 가장 적은 이유가 무엇인지 설명 필요	경기
	무탄소신전원 및 CCUS의 경제성 향상 필요	당진
전력시장	전력시장 개방을 통해 자발적인 전력수요 감축, 소규모 재생에너지 발전사 참여 확대 등 전국민 참여 유도	효성중공업
	전력시장 설계시 최저기준점(한계가격) 설정 필요	남동발전
	전력시장 제도설계시 정부, 전문가, 산업계 모두 참여하여 제도설계 필요	민간발전협회
	전기요금을 생산비용과 연동시킬 필요	중부발전
	전기요금 상승에 대한 국민적 수용성 확보 필요	중부발전, 한전 등
	취약계층 및 영세기업에 대한 전기요금 문제 해결 등 공정성 담보 방안 마련 필요	한국노총
	중소기업 전용 요금제 마련 및 중소기업 대상 전력기반기금 한시면제 필요	중소기업중앙회
가정보다 사용량이 많은 산업계의 환경부담 정책이 필요	국민 대토론회 주요 의견	
배출권 거래제 등	배출권거래제로 비용부담 중임에도 추가로 탄소세 도입시 존폐위기 봉착	남동발전, 서부발전
	감축목표가 이미 이루어지고 있어 유상할당비율 최소화하고, 유상할당 수익금을 발전부문 에너지전환 지원에 적극 활용	
	배출권거래제 외 전력분야 탄소가격제 등 검토 필요	전력거래소
배출량 목표	'30년까지 전환 부문 80% 이상 감축, '35년까지 100% 감축(탈탄소화)의 목표 설정 제안	청년협의체
	온실가스 감축량의 구체적 제시 필요	대구
시나리오 구성 등	석탄발전소 유지여부에 따른 시나리오 구성보다 CCUS 등 기술불확실성에 따른 시나리오 구성 적절 여부 고민 필요	한전
	시나리오가 전기전환에 집중되어 있어, 태양열·지열 등 전력수요감축이 가능한 상용화 기술에 대한 고려 필요	에너지공단
	효율 측면에서 열에너지 직접 사용 후 부족분에 대한 전력화가 유리	
	경제산업여건, 기술개발상황, 상용화여부 등을 고려하여 경제성 부분을 구체화하면 전 국민의 수용성 증진에 도움이 될 것	한국수력원자력
	2030 NDC와 연계하여 단계별 로드맵 고려 필요 * LNG+CCS, 블루수소+연료전지 등 탄소감축 방안 확대 보급 필요	SK E&S
HPS 도입시 발전사를 수소발전공급 의무자로 지정 필요	남부발전, 동서발전 등	

시나리오 구성 등	'시나리오'와 '예측(projection)' 용어 구별 필요 * 불확실하고 복잡한 미래는 '시나리오'를 통한 분석 필요	전력거래소
	가능하면 전산모형을 통한 정량적 분석으로 시나리오별 비용 추산을 통해 시나리오의 수용성, 구체성 확보 필요	
	중간연도(예: '30, '35, '40, '45년)에 대해서도 '50년의 검토항목 (에너지 수요, 온실가스 배출 등) 제시 필요	
	화석연료의 사용을 줄여서 탄소중립을 달성하겠다는 목표에 부합하도록, 에너지 수요의 단위를 TOE(Ton of Oil Equivalent)보다는 EJ(Exa Joule) 단위를 사용하는 것이 상징성에 더 부합	
	시나리오 1, 2, 3안을 모두 탄소중립을 달성하는 것으로 제시하는 것이 바람직	
	시나리오별로 전제한 신전원 및 저장장치의 기술개발 수준과 상업화 수준에 대한 자료 제공 필요	
	전원별 설비용량(무탄소 신전원 세부내역 포함)에 대한 자료 제공 필요	
	'18년 대비 '50년 전력수요의 세부 분야별(수송부문, 산업 부문 중분류 등) 전환수요 및 신규 수요의 전망 근거(증가 요인)와 이에 따른 전력수요 증가량 전망 자료 공유 필요	
	예상 전력 수요 · 공급량 및 온실가스 배출량 예상치에 대한 자료 근거 부족	부산
	정책 제언 추진사업에 대한 구체적 기술 부재	
	1~3안의 시나리오에 따른 '50년까지의 기간별, 지역별 경로가 제시되어야 국가감축경로에 따른 지자체 탄소중립 전략 수립의 정합성 유지 가능	
	전력 수요에 대한 근거 제시 필요 - 지역별로 산업이 차지하는 전력 수요가 다르기 때문에 명확한 자료 필요	대전
	전환은 재생에너지 도입이 크게 작용하고, 지역별 도입 현황에 따라 전력에 따른 배출량이 달라지는데 시나리오에는 지역별 내용 확인 불가 - 지역 재생에너지 도입 활성화를 위해 각 지역별 전력공급 그리드 필요 - 현재의 중앙공급 방식으로는 한계가 있어 이에 대한 국가 계획 요청 - 전력배출계수로 온실가스 배출량을 관리하면 지역별 2050년 간접배출은 "0"이 되는데 이렇게 지역계획을 수립해도 되는지 우려 (이 부분에 대한 정확한 자료와 지침 필요)	
	에너지 수요 및 효율에 따른 감축량 도출 자료 제시 필요	
전력수요가 2안이 가장 낮고 온실가스 배출량도 가장 적는데 넷제로 달성이 안되는 이유 설명 필요 / 넷제로 시나리오 필요.	고양	

② 산업 부문

구 분	의견제출 내용	의견제출 단체
철강	철강산업의 주요 감축수단인 전기로는 철스크랩 기반 전기로와 수소환원제철용 전기로 두 가지이므로 2050 시나리오에서도 구분	철강협회
	수소와 전력의 안정적인 공급 보장	
	수소와 전력의 합리적인 가격 보장	경북
수소환원제철 기술 100%도입을 위한 중앙정부의 지원방안 제시 필요		
시멘트	(초안) '50년 16.1백만톤 55% 감축 ⇒ (수정요청) 17.9백만톤 50% 감축	시멘트협회
	(초안) 석회석 원료 대체율 12% ⇒ (수정요청) 8%로 축소	
	(초안) 수소열원 40% 대체 ⇒ (수정요청) 25%로 축소	
	감축목표와 속도에 대한 검토 필요, 혼합재(원료), 순환자원(연료) 확대를 위해 KS 제개정	충북
	시멘트 산업 관련 감축률 및 CCU 처리량 비율 상향 필요	
	온실가스 다량배출원인 시멘트 산업의 탄소중립으로 인한 지원책 필요 - 기업·근로자 지원과 더불어 인력재구성에 대한 대책(사업재편, 재취업, 교육, 신규 일자리 등) 마련 필요	
탄소중립 실현을 위해 시나리오 중 시멘트 산업 2050년 감축률 상향 필요 - 시멘트사 온실가스 감축을 위해 원료 전환 및 CCUS 관련 연구개발 및 실증화사업 추진과 기업체 온실가스 감축설비 지원 등 국비 지원 절실	충북	
석유 화학	폐플라스틱 납사화 등 투자유인책 발굴 필요	GS 에너지
	원료의 균주를 활용한 바이오원료 생산, 수소를 통한 납사대체 가능성 미약	
	석유화학과 정유 분리	석유화학협회
	그린수소, 바이오매스 등 친환경 연·원료 공급방안 제시	석유화학협회, 청년협의회
정유	국내 바이오납사 수요량 전망, 재검토	석유협회
	업종 특수성을 감안하여 산업별로 차등적인 감축목표 제시	
	신재생에너지의 공급안정성 및 경제성 확보 기반구축	
기타	할로카본·육불화황 등 : 수요감축·처리 고도화 및 대체 냉매 개발('30년까지 30% 이상 감축, '40년까지 98% 이상 감축)	청년 2040 시나리오
	'30년까지 산업 부문 50% 이상 감축, '40년까지 98% 이상 감축	
	조선 업계는 '18년이 온실가스 최저 배출량을 기록한 시점으로 형평성 제고를 위해 차등적인 기준점 설정	조선해양 플랜트협회
	친환경 제품, 저탄소 제품 개발에 따른 사용과정에서의 사회적감축 인정	조선해양 플랜트협회, 전자정보통신산업진흥회, 반도체산업협회, 화학섬유협회

기타	냉매는 전자산업뿐만 아니라 다른 산업도 광범위하게 사용하고 있으므로, 오해의 소지가 없도록 2050 시나리오에서의 표현 수정	전자정보통신산업진흥회
	반도체 산업은 대규모 설비증설이 예정, 향후 시나리오 보완 과정에서 업계의 특수성이 반영되기를 요청	반도체산업협회
	N ₂ O 사용을 고려한 배출량 재산정 필요, 향후 NF ₃ 가 온실가스에 포함될 경우 시나리오에 반영 필요	디스플레이협회
	에너지효율화를 통한 감축여력 없음, 감축률 재검토	
	재제조, 재자원화를 통한 온실가스 감축방안이 탄소중립 시나리오에 반영	자동차부품재제조협회
	산업계에 책임을 묻는 법적 규제 필요	
	1,2,3안 시나리오 모두 산업계 에너지 수요가 CO ₂ 53.1백만톤으로 동결된 점에 대한 자세한 설명 필요	부산기후용사대
	‘열병합 발전설비에서 사용하는 석탄, 석유를 LNG 100%로 적극대체’	
	‘배출책임자 부담 원칙’, ‘전국민적 참여를 통해 전력수요의 감축유도’	
	중소제조업체는 납품처인 대기업과 수직적 거래관계에 있어 원가 인상분을 납품단가에 반영할 수 있는 「납품단가 연동제」 도입	중소기업중앙회
	산업계 온실가스 감축을 위해 에너지 효율 향상, 친환경 연·원료 도입이 필수적임에 따라 탄소저감을 위한 시설 및 기술지원 사업 확대	
	제조 과정 중 원료에 함유된 온실가스가 배출되는 석회업종에 대한 특별 지원책 요청 * ①업종 특성 반영한 완화된 감축률 적용, ②설비투자 및 연료전환 등 자금지원, ③생산량 감소 등으로 사업 영위가 불가능한 사업자 및 근로자 구제	대한광업협동조합
	탄소중립 이행 자금 조달을 위한 단계별 금융 및 세제지원 확대 필요	인천서부환경사업협동조합
	제시된 감축수단 이외에 신규 산업단지 조성 및 허가시 100% 탄소중립형 산단조성 의무화 등 필요	부산
지자체 관리권한의 한계가 있는 산업부문의 온실가스 감축목표 수립과 평가 등을 위해 국가-지역 관리체계의 구획 필요 - 지역 내 소재하는 대규모 온실가스 다배출업종의 중장기경로가 제시되어야 지역차원에서 목표설정 및 계획수립 가능 - ETS 참여기업은 본사 위주로 보고체계를 갖추고 있으므로, 지자체별 배출사업장 정보가 제시되어야 할 것이며, 특히 ETS 대상기업이 아닌 중소기업의 국가-지역 관리체계 필요	인천	
타 부문에 비해 산업부문의 에너지소비 증가율이 30년 동안 단 10% 상승을 예측했는데, 적절한 예측인지 검토 필요 - 화석연료 공급비율이 약 30%에 육박하는데, 대폭 축소 필요 - (석유화학·정유) 수치 상 73% 감축이나, 그래프 상 배출량 증가 - (기타업종) 신재생에너지 비율 증대 및 화석연료 공급비율 감소 필요 / 특히, 도시가스는 기존보다 공급량 약 4배 증가하므로 해결안 필요	고양	

	<p>지역별로 산업부문에 대한 전략은 대규모 배출 사업장에 대해서는 온실가스 배출권거래제로 접근하고 소규모 배출 사업장에서는 재생에너지 도입 등으로 관리하는 것이 타당하나, 관련 자료 부족으로 계획 수립 어려움</p>	대전
	<p>기업의 고효율·저탄소 공정을 위한 전략적 인프라 지원 확대 필요</p>	
	<p>전환과정에서 취약산업 전환 및 일자리 감소 해결을 위한 국가적 지원 필요 - 탄소중립 전환 과정에서 산업계 부담 증가와 기업 경쟁력 약화 초래 - EU 탄소국립조정제도 본격 시행 예정('23년) 및 적용대상품목 확대('26년)</p>	충북
	<p>산업부문의 온실가스 배출량 비중이 높는데 1~3안의 배출량이 53.1백만톤으로 동일한 것으로 시나리오를 구성 - 기술개발 정도 등 산업부문의 불확실성이 반영된 시나리오 검토 필요(공공부문에 비해 불확실성이 더 클 수 있음)</p>	전남
	<p>산업부문의 에너지 소비 중 석유·석탄·도시가스의 상당 부분을 전력이 대체하면서 에너지 효율화사업, 기술개발 등 저탄소 산업 전환을 위한 지원책 마련 필요</p>	경북

③ 수송 부문

구 분	의견제출 내용	의견제출 단체
도로	e-fuel, DAC는 기술개발 초기이므로, 전기차, 수소차로 전환 확대가 현실적이며, 상용차·버스는 수소차 확대 필요	SK E&S
	'30년 이전 내연기관차 판매중단, '40년 이후 내연기관차 운행금지	청년협의체
	내연차 판매중단 시기가 모호함에 따라 지원대책도 명확하지 못하므로 명시 필요	한국노총
	차종별 특징에 따른 보급계획 필요	대구
	중간단계로 LPG 보급확대(탄소 및 미세먼지 저감), LPG 충전소(→수소충전소) 활용	대한LPG협회
	운행거리 감축 등 수송분야 에너지 감축을 위한 정책 필요	종교환경회의
	도심 내 자동차 교통량 50% 감축(지역별 단계적 확대)	기독교환경운동연대
	보행로-자전거도로 등 도심 내 공공교통 인프라 확대	청년협의체, 지자체(경남)
	전기차의 정확한 안전기준 마련 및 전기차 폐배터리 활용 신산업 추진 필요	GS 에너지
	전기차 충전요금 감면혜택 축소 완화, 충전인프라 확대 등 지원 확대 필요	GS 에너지, 자동차환경협회, 한국노총, 지자체(울산)
	전기차 산업 서비스 분야 등 후방산업 육성 필요	전기차산업협회
	보조금, 세제혜택 등 지속	자동차산업협회
	정비업소에 전기차충전 시험운영 제한	자동차전문정비사업조합연합회
	도로 화물 유가보조금 폐지, 도로 다이어트, 도심진입통행료, 탄소세 등 자동차 통행량 감소 정책 도입 필요	한국철도협회
	DAC는 상용화 전(前) 기술로 2050년 온실가스 감축 기여도에 대한 상세검토 필요	한국도로공사
	친환경차량 충전소 확대, 시외버스 친환경차량 개발 필요, 친환경차량의 경우 높은가격을 감안한 차령 연장	전국버스운송사업조합연합회
	중대형 친환경차량 개발 필요	전국개별화물자동차운송사업연합회
	전기차와 수소차 보급보다 도시계획과 교통체계, 도로구조 변화를 통한 전반적인 이동수요 감축을 통한 온실가스 저감 방향 제시 자동차보다는 걷기와 자전거 등의 활동적 이동수단(Active Mobility), 대중교통, 공유교통수단 등의 이용과 통합적 운영체계를 통한 자동차 이용 수요 저감 및 대체 비중 현 15%에서 대폭 확대	전국지속가능발전협의회
	전기 및 수소차 보급보다는 화물차 통행제한 및 전용도로, LNG 또는 바이오 연료 등으로의 우선 전환 등의 정책 필요 - 이에 대한 국가 차원에서의 과도기적 추진전략이 구체화 필요	인천

도로	전기/수소차 등 무공해차 보급 후, 발생하는 폐기물(배터리 등)의 친환경 처리에 대한 방안 제시 필요	부산
	도로부문 탄소중립은 전기·수소차 보급율(1·2안76%, ~3안97%)에만 쏠림 - 친환경 수송수단을 위한 생태교통(보행, 자전거, 대중교통) 유도전략 및 전기·수소차 인프라 확충과 차량구입비 지원(세액공제) 또는 저가(低價)차량 보급 등 수요자 중심의 보급대책으로 보완 필요	대전
	정부 주도 전기자동차 충전시설 보급사업의 규모 확대 필요	울산
	3안의 전기차 80%이상, 수소차 등 대안 17% 보급 비율 결정에 대한 설명 필요 - 향후 LNG 충전소 등을 수소차 충전소로 전환하여 활용하는 방안을 고려한 공급 비율 조정 검토 필요	경기
	충전 인프라 구축 및 친환경차 보급 확산을 위하여 보조금 지원지속성 유지 및 안정적 충전요금 정책 등 신뢰성 확보방안 마련 필요	충남
	수소실증용 탱크 폭발사고('19.5.) 등으로 수소충전소에 대한 부정적 인식 확산, 지역수용성 부족 - 수소충전소에 대한 국민 인식개선 및 인프라 확대 정책 추진 필요	
	차종별 비중에 자동차 총량(등록대수)을 병기하는 방안 검토 필요	전남
	좌초자산 운영방안을 고려하여 LNG 충전소 등을 수소차 충전소로 전환할 수 있으므로 좌초자산 활용 방안을 고려해 수소차 공급비율 조정 검토 필요	고양
	1·2안의 상용화되지 않은 대체기술(e-fuel)을 전제로 온실가스 배출량을 예측한 것으로 대비책 필요	고양
	내연기관차 신규 등록 금지 등 핵심 정책과제에 대한 구체적 추진 일정을 제시하고 법제화하여 구속력을 높일 필요 있음	부산, 경북
철도·해운	전동화를 통한 감축	청년 2040 시나리오
	철도부문 탄소배출 0로를 위해서는 수소 열차 도입이 필수이며, 이를 위해 관련법 개정 선행 필요	한국철도공사
항공	단거리 항공기운행에 대한 제한을 통한 감축	종교환경회의
	도서지역을 제외한 국내항공 운행금지 및 국제항공 수요 절감	청년 2040 시나리오
	바이오항공유 활성화를 위한 보조금 혜택, 관련 제도 마련 등 필요	한국항공협회, 인천국제공항공사
기타	업계 재편을 위한 자금·세제·교육·업종전환·R&D 등 지원 필요	자동차전문정비 사업조합연합회, 수입자동차협회, 한국노총
	내연기관 감소인력에 대한 전환 교육훈련 지원 등 고용안정 대책 및 사회안전망 마련 필요	한국노총
	자동차 중소-중견기업에 대한 전환지원 및 고용안정 대책 마련 절실	

기타	정부-완성차업체-중소부품업체-노동자 간 상호 협업 거버넌스 구축 등 국가 책임 지원체계 마련 필요	한국노총
	전기차 및 수소차 핵심 기술*을 국가전략기술에 포함 하고 국가가 관리 지원하는 시스템 구축 필요 * 전기동력장치, 무선충전장치, 수소연료전지, 액화수소 저장장치 등	
	동력원 다양화 필요	자동차산업협동조합, 자동차산업협회
	수도권에 초집중화된 인프라를 타지역으로 분산	대학생기후행동
	업계의 적응 및 경쟁력 유지를 위해 속도조절과 인센티브 정책 필요	수입자동차협회, 대한석유협회, 자동차전문정비사업조합연합
	업계의 어려움을 감안 NDC 목표는 낮게, 이후 가속화	대한석유학회

④ 건물 부문

구 분	의견제출 내용	의견제출 단체
감축수단	'30년까지 건물 부문 45% 이상 감축, '40년까지 90% 이상 감축	청년 2040 시나리오
	건물에너지원의 전력화	
	신규 건축물 제로에너지건축 및 재생에너지 설치 의무화(1등급 기준)	청년 2040 시나리오, 종교환경회의
	기존 건축물 그린 리모델링의 대상 범위 확대 (연간 전체 5% 이상의 건물 리모델링)	
	기존 민간 건축물에 대한 리모델링 100% 달성을 위한 지원방안 수립 필요	부산
	주요 감축수단으로 에너지 효율 향상, 고효율기기 보급 등을 제시하고 있으나 제시된 에너지 수요예측과 맞지 않음	대전
	건축물의 리모델링을 통한 그린리모델링, 에너지 효율등급 1++, 상업시설 1+ 인증 획득은 현실적으로 어려워 보이며, 이에 대한 완화 대책 포함(단계적인 등급 향상 등) 필요	강원
	주거용 건물의 제로에너지건축물(신규) 또는 그린 리모델링(기존) 사업 확대를 위한 구체적인 방안 제시 필요	경북
정책제언	건물 온실가스 배출총량제 도입	청년 2040 시나리오
	열회수장치, 지열 히트펌프 도입 등 무탄소 난방시스템 구축	
	분산자원 흡수를 위한 송배전 인프라의 선제적 구축 필요	
	주거취약계층의 기후위기의 한계 상황과 에너지 불평등에 대한 정책 개선 필요	
	신도시 계획시 제로에너지시티 달성을 위한 분산전원·마이크로그리드 관련 사업 규제완화 및 정부지원 필요	한화에너지
	아파트 단지도 RE100 추진할 수 있도록 제도 마련 필요	
	'25년 민간부문 제로에너지 빌딩 의무화 제도 관련, 자가발전 뿐 아니라, 기업 PPA를 통한 조달도 인정 필요	
	데이터 센터등 온실가스 배출이 많은 특수 건물에 대한 구체적인 규제방법 필요	연세대학교 에너지환경경제학회(YEEF)
탈탄소 건축자재·소재뿐 아니라 재생원료 집기·비품 사용 권장	한국폐기물재활용공제조합	
정책제언	모든 학교에 적용 가능한 탄소중립 학교 모델 개발 및 학교 시설의 에너지 자립화 추진 필요	교육계 협의체
	도시계획 수립 및 개발사업 추진 시 기후변화영향평가 우선 검토	부산
	공공-신축은 비교적 정부정책 반영이 용이한 반면, 민간-재건축 등은 추진과정의 애로사항 많음 - 건물 부문의 영역을 구분하여 주요 감축 수단 및 지원 기반, 정책제언 등 제시 필요(공공건물-신축/재건축, 민간건물-신축/재건축)	인천

정책제언	건물 분야 신재생에너지·에너지효율기기 확보를 위한 국가 차원의 대규모 재정지원 필요	대전
	건물 에너지효율 향상을 위한 고효율 기기 및 에너지관리시스템 (EMS) 보급 및 지원 확대 - 국민 동참 유도를 위해 에너지 절감분을 포인트로 돌려받아 전기요금 납부, 지역화폐 교환 등 사용할 수 있는 유인책 필요	충남
	공공건축물에 대한 에너지 효율과 사업 및 제로에너지 건축물 보급사업 등을 적극 추진함으로써 민간의 탄소중립 건축물 건설을 유도할 필요 있음	경북
	탄소저장능력이 인정된 소재인 목재 이용확대 필요 - 도시건설, 건축 소재, 생활 소품에 국산목재 이용체계 마련	경남
	지역별 건물 에너지효율을 파악 후 시급한 지역을 대상으로 그린리모델링, 도시재생 등 지역별 감축 계획 작성을 유도할 수 있는 방안 필요	고양
	제로에너지 건물, 그린 리모델링 확대 등 에너지 자립률 향상을 위해 지역난방 활용이 좋은 대안이나 지역난방 열원인 열병합발전 또는 연료전지에 대한 부정적 인식이 높으므로 그에 대한 변화유도가 필요	강동
	도시가스 대체를 위한 신재생에너지 확대 및 경제성 확보 필요	당진

⑤ 농축수산

구 분	의견제출 내용	의견제출 단체
감축수단	2, 3안에 들어있는 식생활 개선 삭제	한국낙농육우협회
	생태/저탄소 기반 농업으로의 전환	청년 2040 시나리오
	재배방식의 저탄소화(벼농사 간단관개, 저메탄사료 개발 및 도입)	
	공장식 축수산 생산 감소, 채식 기반 사회 인프라 구축	
	전동농기계 공유경제 활성화	
	농업부산물·가축분뇨 바이오에너지화	
	지역생산·지역소비 시스템 확대	
	탄소 감축 수단으로 '스마트팜'을 포함	연세대학교 에너지환경경제학회(YEEF)
	2, 3안의 축산생산성 향상이 포함되어 있음에도 배출량의 차이가 없어 시나리오 수치의 공유가 필요함	경기
	바이오가스 플랜트 보급 등 재생에너지 활용 및 에너지자립 방안 확대 - 축분 등 유기물의 메탄발효를 통한 에너지화 및 순환체계 구축	충남
지속가능한 생태농업으로 전환 필요 - 농업은 탄소의 배출과 흡수가 상호작용하며, 산업간 연계성이 중요하므로 농업과 농민의 지속가능성이 전제된 수단과 정책 필요 - 시나리오는 개별분야 지원에 치우친 경향이 있으며, '생태농업'으로 과감한 전환을 고려해야 함 - 친환경농업 확대를 통해 토양의 생태를 살리고, 지역단위 자원순환 농업의 실행력을 강화하는 정책 등이 추가적으로 요구됨	전북	
농업, 축산, 수산 분야별 온실가스 배출량 제시 필요	전남	
정책제언	최종 목표점 뿐만 아니라 중간단계의 설정도 중요, 농산물 과대포장 문제, 폐기물 처리 문제 등 해결하는 시스템 구축 먹거리 분야는 생산-가공-유통-소비-폐기까지 일괄 관리할 수 있는 체계를 만들 필요가 있음	농업경영인증양연합회
	토양이 주요 흡수원으로서 토양살리기 사업에 집중할 필요가 있다는 것을 시나리오에 포함	친환경농업협회
	비효율적인 농정예산을 줄이고 전체 농림예산의 50%를 직불제 예산으로 변경하여 기후에 대응하는 농업프로그램을 실천하는 농민들에게 지불	수협중앙회
	전기 어선 뿐만 아니라 수소연료 어선 등 다양한 형태의 친환경 어선 개발과 보급에 대한 정부의 적극적인 지원 필요	
	식량자금을 향상	농업경영인증양연합회
	배양육 양성을 정부 차원에서 지원하는 것은 맞지 않으며, 에너지나 사료효율을 극대화하여 탄소중립을 실현하는 것이 바람직	한국낙농육우협회

정책제언	2030년 프레온가스 전면 폐기 계획에 따라 전국 냉동창고의 50% 정도가 문을 닫을 위험이 있음. 냉동기 교체를 위한 지원	냉동냉장수협
	기후위기로 인한 재난으로 농어민의 피해가 발생하였을 때 보상 제도화	농촌지도자중앙연합회, 종교환경회의
	단체급식에서 채식을 기본식으로 하고 육식을 선택할 수 있게 권장 유도	종교환경회의
	지역기반의 채식 중심 식량권 보장	대학생기후행동
	어선 및 농기계 연료를 전력화, 수소화, 고효율 에너지 설비 보급, 바이오매스 에너지화 등 추진	부산기후용사대
	농어업인 피해 보상 및 보호에 대한 대책 마련 필요	
	대체식품 개발보다 로컬푸드 소비 촉진 정책 수립 필요	국민 대토론회 주요 의견
	농축산 부문 종사자에게 직접적으로 탄소배출을 줄이기 위한 기술 교육, 보조금 지급 등이 필요	
	신재생에너지로의 전환이 이루어지면 면세유 지원이 종료된다고 알고 있는데, 이는 과거 FTA, WTO 협정 체결에 따른 지원이므로, 국가차원의 새 지원방안 고려 요청	농촌지도자중앙연합회
	유기성폐자원(음식물류 폐기물, 가축분뇨, 농수축산 부산물 등)을 활용한 유기성비료 및 사료 보급 확대	한국폐기물재활용공제조합
	농업은 배출량 감축에 대한 고민 외에 2050년까지 저탄소 농업 및 무탄소 농업 전환을 통한 흡수원으로써의 역할도 같이 고민되어야 함 - 농지 유희 부지 등의 신재생에너지 도입과 탄소흡수량이 높은 작물 개량 등의 방안에 대한 검토 필요	인천
	영농법 개선을 위해 농업인 교육과 접목한 구체적인 방안 제시 필요	강원
	비닐하우스, 유리온실 등에 저렴한 이산화탄소 이용 지원 방안 검토	충남
	해운은 수송부문에서, 어선은 농축수산부문에서 언급되었고, 항만부문 온실가스 내용은 누락 - 항만, 해운, 어선 등을 통합 구성하는 방안 검토 필요	전남
	농기계(트랙터, 이앙기, 경운기, 관리기, 건조기 등) 연료의 전력화·수소화를 위한 농기계 교체 비용 지원 방안 제시 필요	경북
채식 확대 및 대체육 개발 등을 통해 육류 소비 대폭 감소 필요	고양	

⑥ 폐기물

구분	의견제출 내용	의견제출 단체
감축수단	생활폐기물 직매립 제로화를 위해서는 소각시설 등 환경기초시설의 운영·확충이 전제가 되어야 함 - 폐기물 발생지처리 책임원칙에 따른 지자체의 책임과 역할에만 의존하기에는 재정적·현실적으로 어려움	대구
	생태환경을 위한 바이오 플라스틱의 원천적 생산 최소화 필요	
	재활용률 지표 관련(p.34) - 자원순환의 개념에서 '순환이용율', '최종처분율' 지표를 사용하고 있어 단순 재활용율이 아닌 실질 재활용지표 사용 검토 필요	전북
	'50년까지 폐기물 6.6% 감량 실현을 위해 재활용 확대와 더불어 생산단계에서 폐기물 최소화를 유도하는 방향으로 생산자 책임 제도의 개선책 필요	경북
	'50년까지 사업장 폐기물의 재활용률을 94%까지 높일 근본적인 감축방안과 계획 필요	고양
정책제언	식품포장재 사용범위 확대 및 기업지원 · 재생원료에 대한 식품포장재 사용 확대 · 재활용이 용이한 재질구조 전환정책 추진 · 산업계 포장재 설비교체 및 기술개발 관련 어려움 파악·지원	한국석유화학협회
	(재생원료) 원료 수급시스템 개선, 정책마련 및 연구지원 · 기술개발, 대규모 시스템 구축·운영(고품질 원료 확보) · 재생원료 함유기준 마련(포장재, 플라스틱 생산시) · 재생원료 수급관련 품질, 위생 등 현황파악 및 안정화, 생산업체 리스트 및 생산량 정보 공유 · 폐플라스틱 재활용제품 안정적 수요기반 마련	한국식품산업협회
	(바이오플라스틱) 정부주도 R&D 추진, 확대정책 마련 · 인증개선, 내수활성화, 분리수거*, 연구지원 * 일반 플라스틱과 구분된 관리체계 구축 · 구체적 가이드라인 및 로드맵 마련 · 업계, 부처(환경부, 산자부) 상이한 입장 협의 필요	한국순환자원유통지원센터
	전기, 전자제품의 사용 연한 연장과 A/S 보장 기간 연장 의무화	종교환경회의
	폐기물 재활용은 제품생산·배출·수거·재활용·재생원료 수요의 모든 단계에서 종합적인 대책이 필요하며, 에너지재활용(고형연료제품, 에너지회수 등) 필요	한국폐기물재활용공제조합
	현재 분리 배출된 폐기물도 선별되어 소각이나 매립으로 처리되고 있어 소각에 따른 온실가스 배출량 감소에 대한 현실성이 낮음 - 소각장이나 바이오가스에서 같이 발생하는 이산화탄소에 대한 CCU 기술 도입 등 지자체 온실가스 상쇄사업 확대를 위한 기술 지원 필요	대전
	중장기 순환경제로의 전환 목표 제시 필요	강원

정책제언	<p>현재 지자체 환경기초시설 중 소각시설이나 매립시설이 존재하는 경우, 온실가스 목표관리제나 배출권거래제에 해당</p> <ul style="list-style-type: none"> - 에너지 사용에 의한 온실가스 배출과는 다르게 폐기물 등의 처리 과정에서 발생하는 온실가스 배출, 즉 공정배출이 대부분임 - 온실가스 배출량 할당 대상에서 폐기물 등 지자체 운영시설은 제외하는 법률 개정을 비롯한 제도 개선을 추진하되, 폐기물 분야 온실가스 감축을 위한 실효성 있는 규제 강화 필요 	충남
	<p>목재를 활용한 플라스틱 대체소재 개발 추진 필요</p>	경남
	<p>정책적으로 인센티브나 제한 장치를 두어 쓰레기 배출량 자체를 감축해야 함</p>	고양

⑦ 흡수원

구분	의견제출 내용	의견제출 단체
정책제언	토건사업에 대한 엄격한 환경영향평가 및 탄소인지예산제 도입	청년 2040 시나리오
	흡수원의 토지전용 및 개발 허가 기준 강화 및 산림경영활동 시 탄소배출량 전과정평가 시행	
	산림청이 추진 중인 '영급 구조 개선' 명목의 30년 된 나무를 베어내는 사업 중단	종교환경회의
	자연 친화적 산림에 대한 탄소흡수원 관리방안에 대한 구체적 방향 제시 필요(연도별 관리 목표 등)	경남
	탄소흡수원 소재 다양화, 산림 관리 효율화를 통한 탄소흡수량 상향 조정 필요	대구
	흡수량 증가를 위한 영급 개선 및 신규조림 확대를 위한 벌채목 활용방안 필요 - 벌채와 폐기로 발생할 수 있는 기존 나무의 탄소배출을 막는 방안이 구체적으로 명시되어야 함 (현재 시나리오의 고부가가치 목재로의 활용은 제한적) - 또한, 목재 펄릿 등 바이오매스 활용은 한계가 분명하여 현재 활성화되고 있지 않다는 점을 유념해야 하며, 목재바이오매스 역시 최종적으로는 탄소배출이 불가피하므로 흡수능력 강화 항목 내에 포함되어서는 안될 것	인천
	산림은 영급 구조 개선은 생태계 훼손, 사면 안전성 극감 등 심각한 2차 피해가 발생할 수 있으므로 신중한 접근 요구	전북, 고양
	온실가스 흡수원 확충과 더불어 산림·생태계의 지속성 확보를 위한 방안 제시 필요	경북
	탄소중립 흡수원 관리에 임업계의 역할 등 반영 필요	경남
	해외 조림 사업보다는 국내 조림 사업을 우선적으로 고려	연세대학교 에너지환경경제학회(YEEF)
	전국 연안 담수호 역간척(해수유통을 통한 갯벌복원)을 통한 블루카본 확보 및 탄소중립 기여에 대한 추가 검토 반영 필요	충남
	삼면이 바다인 우리나라 특성을 반영하여 연안습지, 연안삼림 조성 등을 통해 흡수원 다양화 필요 / 탄소흡수능력이 우수한 생태계를 적극 도입해야 함 / 신규 흡수원 확보 필요(건물 외벽 등 그레이 인프라의 면적을 녹지면적으로 확보할 필요 있음)	고양

⑧ CCUS

구분	의견제출 내용	의견제출 단체
감축수단	CCS 저장 잠재량 확대 재검토 필요 * IEA는 글로벌 탄소저장 가능잠재량을 8-55조톤으로 전망	SK E&S, 민간발전협회
	CCUS 등 검증되지 않은 기술 수단에 지나치게 의존해서는 안될 것	한국노총
	CCUS 기술 감축노력에도 불구하고 불가피하게 탄소배출이 발생하는 시멘트·석유화학 등 일부 분야에 한해서만 허용하고 DAC는 2040년 이후 음의 배출경로를 유지하기 위해 적용될 수 있음(기술개발 필요)	청년 2040 시나리오
	CCUS 비중 최소화	전국지속가능발전협의회
	상용화되지 않은 기술(CCUS, 무탄소 신전원 등)의 의존도가 크고 상쇄량이 과다 산정되었음 / 대비책 마련 필요	고양, 화성, 구리
	CCUS 기술 개발이 불충분한 상황임을 감안해 CCUS를 통한 감축량을 하향 조정할 필요 있음 / 국외 저장에 대한 의존 배제 필요	대구
	지자체 특성이 고려된 CCUS 도입 필요 - CCUS 저장소 확보 면적은 지역단위로 구분하여 제시하고 피해 규모도 함께 고민	인천
	지자체에서 탄소 상쇄를 할 수 있도록 기술 정보 제공 필요	대전
	시멘트사에 적용 가능한 CCU 처리 비중 상향 요청 - 산업공정에서 배출되는 온실가스를 최대한 감축 후 부득불 배출되는 온실가스 포집·처리를 위해 시멘트사 CCU 처리량 비중 상향 필요	충북

⑨ 수소

구분	의견제출 내용	의견제출 단체
연료전지	3안에서 재생에너지 간헐성/계절성 보안을 위한 연료전지 비중 확대 반영 필요	두산퓨얼셀, SK E&S, 포스코, SK에너지, 수소융합 얼라이언스 등
	연료전지 REC 정산시, 연료비를 보정한 정산가격 산정 필요	남부발전
	수소 연료전지가 도심형 분산전원으로 자리잡기 위해서는 중앙정부 차원의 안전성 확보와 주민들의 불안을 불식시킬 수 있는 철저한 검증과 홍보 정책 필요	강동
그린수소 생산	재생에너지 발전량의 잉여분이 아니라, 재생에너지의 일정 비율을 그린수소로 생산토록 할 필요(시나리오 초안 P.41)	한화솔루션
	원전 활용한 그린수소 생산 확대 필요	한국수력원자력, 경북
	그린수소 관련 핵심기술을 대부분 수입하고 있는 상황이므로, 기금 조성을 통해 그린수소 사업에 재투자할 수 있는 선순환 구조 구축 필요	에너지공단
	대규모 해상풍력발전을 활용한 그린수소 생산, 수소환원제철 도입을 위한 해외수소 도입 등 선택과 집중을 통해 더 과감한 정책과 연구개발 필요	전남
수소 수입	국가 에너지 자립도를 상실하지 않도록 수소를 국내에서 직접 생산하여 수소인프라 등 수소산업 시장경쟁력 확보 필요	SK E&S, 포스코, 전북, 시도지사 협의회 등
	해외수소 도입 관련 연도별 구체 계획 포함 필요	수소융합 얼라이언스
	수소의 해외 의존도를 낮출 필요가 있음 / 국내에서 공급할 수 있는 방향을 검토하고 국내 공급계획 확대 필요	고양
	주요 감축수단으로 수소 대체 방안을 제시하고 있으나 필요 수소량의 대부분(80%)을 해외 수입에 의존하고 있어 대책이 필요하며, 국내 기술개발·생산 확대 방안 제시 필요	부산, 강원, 전북, 전남
블루수소 활용	블루수소 활용 검토 필요 * '40-'50년에는 전력이 재생/청정에너지로 전환되므로, 블루수소의 이산화탄소 발생량 감소 예상	SK E&S, 포스코, 전북, 시도지사 협의회 등
그레이수소 활용	그레이수소(부생수소)의 HPS 인정 필요	롯데케미칼
	음식물처리시설, 공공하수처리시설 등 환경기초시설에서 배출되는 부생가스를 활용한 수소생산 및 공급에 대한 기술개발 및 확대 필요	충북
인프라 등	수소활용은 그 자체보다 수소의 이송, 공급, 생산 부분을 더 고려해야 하며 파이프라인 건설, 공급설비 등 국내 인프라에 대한 고민 필요	서부발전, 한화종합화학
	수소 도입 인프라 구축 필요(특구 지정, 그린수소 인센티브 제도화, 청정수소 운반 기술 등 R&D 과제 지원)	SK가스
	수소경제 활성화를 위해 수소발전공급 의무자로 발전사 지정 필요	남부발전, 동서발전
	지역별 수소산업 생태계 육성을 위해 중앙정부의 지역별 특화된 육성지원책 마련 필요	부산

암모니아 활용	블루암모니아의 해외 도입 및 잔여물량 재수출을 위한 국가간 청정수소 인증 및 감축분 상호 인증 필요	GS에너지
	암모니아 혼소를 통해 탄소배출을 줄일 수 있으므로 정부 R&D에서 암모니아 부문 고려 요청	두산중공업
	수소, 암모니아 전소전환시 기술개발 및 안전대책 지원	중부발전, 두산중공업 등
시나리오	1, 2안의 수소배출량 표기 정정 필요(시나리오 초안 P.16) - '추출수소 활용' 등으로 수정 표기 요청	수소융합 얼라이언스
	수소 비중 축소 및 일부 필요한 수소도 추출과 부생수소 생산보다는 재생가능에너지를 활용한 수전해 방식으로 생산	전국지속가능발전협의회
시나리오	수소 수요량 및 공급량 재확인 요청 - 수요량 27.5~29.2백만톤(시나리오, '50년기준) - 수요량 5.26백만톤 (수소경제 활성화 로드맵, '40년기준/'19년.1월(정부발표)) - 소비량 16.5백만톤(한국수소산업 로드맵, 매킨지, '50년기준, '18년) ⇒ 기존 정부 로드맵 대비 수치 증가가 너무 크다고 판단됨 부생수소의 공급량 재확인 요청 - 국내 수소 실제 생산능력('17년)은 약 164만톤이며, 대부분 자체 소비되고 외부 활용은 23만톤(수소경제 로드맵) - '20년 실제 생산량은 212만톤(신소재경제신문, '21.3월)이며, 외부 활용은 30만톤 ⇒ 생산된 부생수소에서 약 14%만이 외부 활용할 수 있고, 석유화학단지 여건상 시설증설은 어려운 여건을 감안하면 시나리오의 100만톤 부생수소 생산은 재고 필요	대구

⑩ 기타

구분	의견제출 내용	의견제출 단체
시나리오 · 총괄	2040 기후중립 시나리오 필요	청년 2040 시나리오
	2050 시나리오 중 순배출량이 0보다 적은 안 마련	종교계협의회, 지자체(당진, 시흥)
	2050년만이 아닌, 2030년과 2040년 등 단계적 대안 필요 (년도별, 단계별 구체적 감축목표, 비용 및 실행로드맵 제시 필요 등)	고려대 환경보호기획단 KUSEP, 국회기후변화포럼 COP참관단 울산과학기술원, 지자체 (서울, 대구, 울산, 경기, 전북, 전남, 경북, 광명, 화성, 안산)
	시나리오 전제를 구성한 방법론을 투명하게 공개하고 국민이 파악할 수 있도록 정보를 제공할 것을 요청함(해외상쇄 부분 등 포함)	국회기후변화포럼 COP참관단 울산과학기술원, 지자체(서울, 인천)
	신기술만 의존한 탄소중립 시나리오로 기존의 문제점을 바로잡는 방식의 개선 필요	고려대 환경보호기획단 KUSEP, 국회기후변화포럼 COP참관단 울산과학기술원, 지자체(대전)
	탄소중립 시나리오에 (1) 감축, (2) 적응, (3) 감축과 적응이 공동으로 영향을 줄 수 있는 부문 등으로 나누어 감축을 위한 숫자 비교보다 실질적인 다각화가 필요함	
	최신 과학에 기반한 탄소중립 시나리오 추가 구성 제안	국회기후변화포럼 COP참관단 울산과학기술원
	최신의 과학에 기반하여 입증 가능한 시나리오를 위해 최근 발간된 IPCC 6차 보고서를 활용하여 전 지구적 탄소 예산을 파악하고 작성	
	온실가스외, SLCP(단기 체류 기후변화 유발물질)의 관리에 관한 부분 시나리오 반영필요	
	중소기업의 준비가 상대적으로 미흡한 점을 감안, 중소기업에 대한 탄소중립정책 영향분석 및 속도조절 필요	중소기업중앙회
	지속적 성장을 전제하기보다, 절감을 통해 감축한다는 원칙 포함 필요	교육계 협의체
	시나리오는 공급중심·기술중심적이며 국민의 역할이 수동적이므로, 탄소중립을 위한 국민의 능동적 역할 및 적극적 수요관리 제시 필요	
	탄소중립사회 부문별 미래상(초안 p.14)에 교육부문 추가 등 교육의 중요성 강조 필요	
현 시나리오는 공급 정책과 불확실한 기술에 지나치게 의존하고 있어 CCUS, 수소 등에 대한 비중 대폭 축소 수요관리를 통한 온실가스 감축 목표량 대폭 확대 재생가능에너지 비중 대폭 강화 필요 석탄발전과 내연기관차의 종식 시점에 대한 제시 필요	전국지속가능발전협의회	

구분	의견제출 내용	의견제출 단체
시나리오 · 총괄	지방정부 참여와 역할이 중요. 탄중위 및 중앙정부와 지자체간 유기적 협의, 지방정부 자율권 보장, 역할 명시 및 가이드라인 제공 필요(산업, 건물과 수송, 폐기물 등은 도시계획에 포함에서 진행되어야함)	경기, 안산, 화성, 시흥, 광명
	탄소중립 관련 지방정부에 대한 중앙정부의 지원 등 역할 강화 필요 (재정, 법령 정비, 정책 및 사업, 기술 및 제도 혁신, 조직개편, 전문인력 양성 등)	서울, 부산, 광주, 전북, 제주, 화성
정책제언	지역별 특성에 따른 감축량 및 목표 제시 등 여건 반영 필요	대구, 인천, 충북, 충남, 광명, 화성
	탄소중립 실현을 위한 시민수용성 제고 및 사회적 합의 방안 마련 필요	제주, 화성, 세종
	신기술에 대한 의존이 높고 이에 대한 전망, 재정투입 및 비용부담 등 경제성 분석 필요(실질적 이행이 가능한 정책 및 기술 검토 필요)	대전, 인천, 대구, 강원, 경북, 시흥
	시나리오 부문별 사업추진 주체에 대해 구체적 명시 필요	울산
	전제 조건 미달성에 대비한 시나리오도 추가 검토 필요	
	탄소중립 실현을 위한 사회적 과제 제언 부분은 구체적 명시 필요	전북
	시나리오별 최종 전력 수요에 대한 이해도 제고를 위해 에너지 수요 전망시 1~3년의 차이점 언급 필요(사회경제적 여건, 에너지환경 등)	전남
	탄소중립으로 도태되는 분야 구성원에 대한 상생방안 마련 필요	광명
	환경분야 전문인력 양성 및 R&D를 위한 대학 지원 필요	교육계 협의체
	탄중위-산업부-노동부-노동자 간 간담회 등 이해관계자와의 논의를 위한 거버넌스 설립 및 정례화 필요	한국노총, 민주노총
	공정한 전환의 과정과 앞으로 사라질 일자리, 새로 만들어질 일자리에 대한 언급필요	(사)에너지전환포럼 청년 프런티어
	에너지 신산업에 기존 노동자들이 종사할 수 있도록 구직 교육 등 병행	연세대학교
	녹색 금융(녹색채권 등)에서 활용될 수 있는 방안을 좀 더 구체적으로 제시	에너지환경경제학회(YEEF)
	산업구조변화에 따른 중소기업 피해완화 방안 마련(예산, 시설 등 사업전환 지원 확대 및 사업전환 중소기업 근로자 맞춤형 교육 실시)	중소기업중앙회
	전국민 탄소중립 교육을 위한 국가 탄소중립교육 로드맵 수립 및 지속가능발전교육과 연계한 시민교육 필요	교육계 협의체
	학교 환경교육 강화 필요 * 개정 교육과정에 탄소중립교육 강화, 학생 및 교원 기후환경교육 의무화, 교육부·교육청에 환경교육 전담부서 마련 등	교육계 협의체

[부록2]

- 탄소중립 시민사회 설문조사 결과 -

탄소중립에 대해 구체적 이해관계가 없는 일반시민의 의견을 파악하기 위해, 탄소중립위원회는 2021년 8월 ‘탄소중립 시민회의’를 구성하였다. 연령별, 성별, 지역별 인구구조를 반영해 총 533명으로 구성된 참여시민단은 한달여 기간동안 학습, 숙의, 토론을 거쳐 탄소중립에 대한 이해도를 높이고, 탄소중립과 관련된 각종 사안에 대해 총 4차례의 설문조사를 통해 의견을 제시하였다. 설문조사의 상세한 결과는 탄소중립위원회 홈페이지에 게시될 예정이다.

설문 개요

- 일시 : 8.7(1차), 8.28(2차), 9.10(3차), 9.11~12(4차)
 - 1차 : 2021년 8월 7일(탄소중립 시민회의 참여시민단 출범식)
 - 2차 : 2021년 8월 28일(시민탄소교실 전)
 - 3차 : 2021년 9월 10일(시민탄소교실 이후)
 - 4차 : 2021년 9월 11일/12일(시민대토론회 이후)
- 대상 : 참여시민단 533명(1차), 528명(2차), 504명(3차), 474(4차-1일), 459(4차-2일)
- 주요내용 : 탄소중립(정보, 정책 등)에 대한 인식/지식, 숙의과정 만족도 등

1. 탄소중립 달성목표에 대한 인식

탄소중립 달성 목표에 대한 답변에서 ‘2050년보다 더 빨리 탄소중립 달성해야 한다’가 55.2%, ‘2050년까지는 달성해야 한다’는 39.1%로 나타나, 탄소중립 목표 달성이 시급하다는 인식이 높게 나타났다.

탄소중립을 통해 기대하는 것에 대한 답변에서 숙의과정을 통해 ‘미래세대 보호’에 대한 관심도가 12.7%에서 19.2%로, ‘정의로운 전환을 통한 약자보호’가 1.9%에서 14.3%로 상승하였고, 탄소중립 추진 과정에서 가장 우려하는 것에 대한 답변에서는 사회경제적 약자의 어려움이 커지는 것과 입장 차이로 사회갈등이 심화되는 것을 가장 우려하는 것으로 나타났다.

비용부담에 대한 답변에서 ‘모든 경제주체가 온실가스 배출량만큼 부담해야 한다’가 46.5%로 가장 높게 나타났고, ‘삶의 질을 저해하지 않는 수준’(45.8%)이나, ‘혜택 받는 수준’(35.8%)에서 비용지불 의사가 있는 것으로 나타났다.

시나리오가 우선 고려해야 할 사항에 대한 답변에서 숙의과정을 통해 ‘정의로운 전환’이 17.1%에서 26.5%로 상승하여 최우선적으로 고려해야 한다는 의식의 변화가 나타났고, ‘탄소중립 목표 달성’은 19.0%에서 20.4%로 변화하였다.

정의로운 전환을 위해 가장 우선적으로 시행되어야 할 정책에 대한 답변에서 ‘업종 및 저탄소 업종 전환 기업 지원’(46.1%→28.2%)이 가장 높았으나, 숙의과정 후 ‘취퇴업종 노동자 지원’(20.6%→32.1%)과 ‘교육체계 변경’(11.9%→21.6%) 순으로 나타났다.

탄소중립 정책에 대해 ‘정권의 변화와 관계없이 일관되게 추진해야 한다.’는 설문에서 ‘그렇다’가 97.1%, ‘기업들은 부담이 커도 탄소중립 추진에 동참해야 한다.’는 설문에는 ‘그렇다’가 96.8%, ‘탄소중립의 세계적 흐름이 우리나라에 기회가 될 수 있다.’는 설문에는 ‘그렇다’가 95.1%로 나타나 대체적으로 모두가 동참하여 기회로 만들어야 된다는 인식을 갖고 있는 것으로 나타났다.

2. 탄소중립 정책에 대한 인식

탄소중립을 위한 정책적 대응방안에 대한 답변에는 대체적으로 정부의 대응정책에 대해 찬성율이 높게 나타났으나, 전기요금 및 탄소세 등 비용부담 관련 정책에 대해서는 상대적으로 낮게 나타났다. 다만, 전기요금 및 탄소세의 찬성율과 부담가능 금액은 숙의과정을 거치면서 필요성 인식에 따라 상승하였다.

※ (찬성율) 전기요금 인상 (2차)57.9% → (4차)74.7%, 탄소세 도입 (2차)74.2% → (4차)85.6%,
 (월 부담 가능금액) 2만원 이내 (2차)8.6%→(4차)14.3%, 5천원 이내 (2차) 28.0%→(4차)35.4%,
 부담의향 없음 (2차)16.3%→(4차)5.3%

‘노후 석탄발전소 조기폐쇄’는 찬성이 87.0%에서 87.4%로, 반대가 9.0%에서 11.3%로 소폭 증가하고, 폐쇄시기는 전반적으로 늦춰지는 경향을 보였다. 이는 정의로운 전환(일자리 문제)에 대한 숙의과정 진행과 연관이 있는 것으로 보인다.

석탄발전소 폐쇄의 적정 시기에 대한 답변에서 2차에서는 2030년이 35.2%로 가장 높았으나, 4차 조사에서 2050년이 30.8%로 가장 높았으며, 모든 수명이 다하는 2054년은 8.2%에서 16.3%로 약 2배 상승하였다. 또한 송전선로 건설 확대에 대한 질문에는 숙의과정을 통해 찬성율이 63.3%에서 70.7%로 상승하였다.

단계적 탈원전에 대한 찬성율은 62.2%에서 76.5%로 상승하였고, 추가 건설 발전소 선호 순서는 2차에서 재생에너지(91.2%), 신에너지(89.3%), 원전(49.0%), 가스발전소(45.5%)이었으나, 4차에서는 재생에너지(94.7%), 신에너지(92.3%), 가스발전소(52.2%)와 원자력발전(46.3%)의 순서로 바뀌었다.

‘내연기관차 판매 중지의 적정 시기’에 대한 답변에서 판매중지 시점이 2차에는 ‘2030년부터’가 37.1%로 가장 많았지만, 4차에서는 ‘2035년부터’가 34.5%로 가장 많이 선택되었다. 이는 주요 유럽국가의 사례가 고려된 것으로 보인다.

‘교통수요 관리 방안의 중요도’에 대한 답변에서 대중교통체계 개선(99.4%), 비동력 교통체계 개선(98.3%) 등 개선 정책에 대해서는 중요하게 생각하는 것으로 나타났으나, 승용차 이용 부담

강화(81.5%), 자동차 운행 제한 강화(77.6%) 등 규제 정책에 대해서는 상대적으로 중요도가 낮게 나타났다.

‘육류소비 정책 중 가장 우선적으로 시행되어야 할 정책’에 대한 답변에서는 교육과 홍보를 통한 개인식습관 변경(49.9%)이 가장 높은 것으로 나타나, 개인 기호에 대한 존중이 반영된 것으로 보인다.

플라스틱 정책은 보증금(10.5%), 부담금(9.2%) 제도, 일회용품 사용금지(10.4%) 정책보다는 생산단계에서 재활용을 고려한 정책(재활용불가능 포장재사용금지 43.9%, 재생원료사용 의무율 도입 20.6%) 선호도가 높았다.

폐기물 부담금 인상 정도는 설문시 200원(24.9%), 300원(20.5%) 순으로, 폐기물 부담금 인상 반대는 9.2%로 나타났으나, 숙의과정(2차→4차) 후 수용 부담금액이 올라가는 추세(300원 28.8%, 200원 24.7%)를 보였고, 폐기물 부담금 인상 반대 비율(5.6%)이 낮아졌다. 또한 비용부담 증가에도 다회용 배달용기나 바이오 플라스틱 이용 또는 구매 의향은 숙의과정(2차→4차)을 거쳐 상승(84.5%→92.2%)하였다.

산림부문에 대한 답변에서 수령구조 개선과 국산목재 이용을 위한 산림경영의 찬성율이 올라가고, 상대적으로 경제림의 벌채 행위 규제는 찬성율이 낮아지는 경향을 보였다. ‘경제림의 경우 나무를 베고 심는 적극적인 산림경영으로 불균형한 수령구조를 개선하고 우수한 수종으로 바꾸어야 한다.’(86.1%→92.8%)와 ‘국산 목재는 탄소저장고로 인정받기 때문에 경제림의 목재를 수확해 잘 이용해야 한다.’(83.4%→93.0%)는 숙의과정 기간동안 증가하였고, ‘생물다양성 등을 고려해 경제림이라도 벌채 행위는 규제해야 한다.’(80.6%→73.7%)는 상대적으로 줄어들었다(2차→4차).

[부록3]

청년이 제안하는 2040 기후중립 시나리오

주관단체 : 2040 기후중립 시나리오를 위한 청년 제안

* 아래 굵은 글씨로 주관단체인 8곳을 별도 표시

가치소비 큐레이션 커머스 비보트, 강릉시민행동, 경남기후위기비상행동, 경남환경교육연합, 공적인사적모임, 광주청소년기후행동 모임 1.5도씨, 그린피스 서울사무소, **기후변화청년단체 GEYK**, **기후변화청년모임 BigWave**, 기후솔루션, 놀이문화교육연구회_터, **대학생기후행동**, 대학생기후행동 강원지부, 대학생신재생에너지기자단, **대학생연합환경동아리 에코로드**, 루트에너지, 미래를 위한 예비교사모임 오늘, 미세먼지해결시민본부, 사단법인 변화를 꿈꾸는 과학기술인 네트워크(ESC) 지구환경·에너지위원회, 사단법인 에코맘코리아, 사단법인 평화의친구들, 수원그린트러스트, 숲여울기후환경넷, 식스티헤르츠, 신대승네트워크, 생태평화한걸음 사회적협동조합, **성공회대 환경실천학회 공기네트워크**, 알맹상점, **연세대학교 에너지환경경제학회 YEEF**, (주)에코플레이, 원불교환경연대, 제주도 기후위기 미래세대 네트워크, 참교육학부모회 김포지회, 책빵고스란히, 천도교 한울연대 기후비상행동, 청년기후긴급행동, 카이스트 녹색성장대학원 K-SUS, 태양의학교, 하남지속가능마을비즈니스넷, 하만아세, 한국교원대 환경교육과, 한국환경교사모임, 1.5도클럽 (이상 43개 단체)

목차

1. 비전과 원칙
2. 2040 기후중립의 의미
3. 2040 기후중립 시나리오와 2030 중간 감축경로
 - 2040 기후중립 시나리오
 - 부문별 주요 목표 및 정책 수단
4. 부록
 - 붙임1 : 형평성 관점의 하향식 감축목표 설정
 - 붙임2 : 탄소배출 잔여량과 대한민국의 감축경로
 - 붙임3 : 2040 기후중립 시나리오의 한계점 및 제안

1. 비전과 원칙

[비전]

- 회복력 있는 지구, 일상을 지키는 사회, 희망을 꿈꾸는 삶

[원칙]

- (과감성) 기후위기를 위기로 인식, 대한민국 사회 전반의 과감한 전환 실현
- (형평성) 1. 전 지구적 1.5도 탄소예산과 국가별 평등·책임·역량을 고려한 대한민국 감축경로 설정
2. 오염자 부담 원칙에 따른 국내의 감축·적응 비용 부담
- (현재성) 1. 온실가스 감축에 있어 현재 활용가능한 대안을 최우선
2. 미래 불확실한 기술에 대한 의존을 최소화
- (포용성) 소외되거나 배제되는 사람 없는 정의로운 사회 전환
- (공존성) 모든 생물종과 생태계를 아우르는 기후위기 대응
- (투명성) 민주적 참여를 촉진하기 위한 정보 공개 및 접근성의 확보

2. 2040 기후중립의 의미 : 2040년까지 전지구적 1.5도 목표 달성

1) 2040년

- a. 전 지구적으로 1.5도 목표를 달성하고 유지하기 위해서는 모든 국가의 감축노력이 필요함. CAT 권고에 따르면 주요 선진국은 전 지구적 1.5도 목표를 위해 2040년 이전에 탄소중립에 달성해야 함⁶¹⁾. 배출정점에 아직 도달하지 못했거나 역사적 책임보다 현재 겪는 피해가 큰 국가들이 감축경로를 하향 추세로 전환시킬 때까지 물리적인 시간 확보가 필요하기 때문.
- b. 8월 9일 발표한 IPCC 6차 보고서에 따르면 2021~2040년 안에 1.5도 상승 가능성이 매우 높을 것으로 예상함. 3년 전 발표한 지구온난화 1.5도 특별보고서에서 2032~2050년으로 예상한 것에서 약 10년 앞당겨진 것. UNEP에 따르면 파리협정에 의해 각국이 제출한 NDC를 모두 이행하더라도 1.5도 목표 뿐만 아니라, 2도 목표 달성조차도 불가능하다는 분석 결과를 발표한 바 있음.
- c. 우리나라는 온실가스 배출에 대한 책임 순위가 높음. 2017년 온실가스 배출량 세계 11위(OECD 회원국 중 5위), 1990~2018 온실가스 배출 증감률 150%, 1951~2017 온실가스 누적배출량 세계 11위를 기록하는 등 상당한 책임을 갖고 있으나 지난 2009년, 2015년 수립된 온실가스 감축로드맵의 목표치를 한번도 달성하지 못했음.

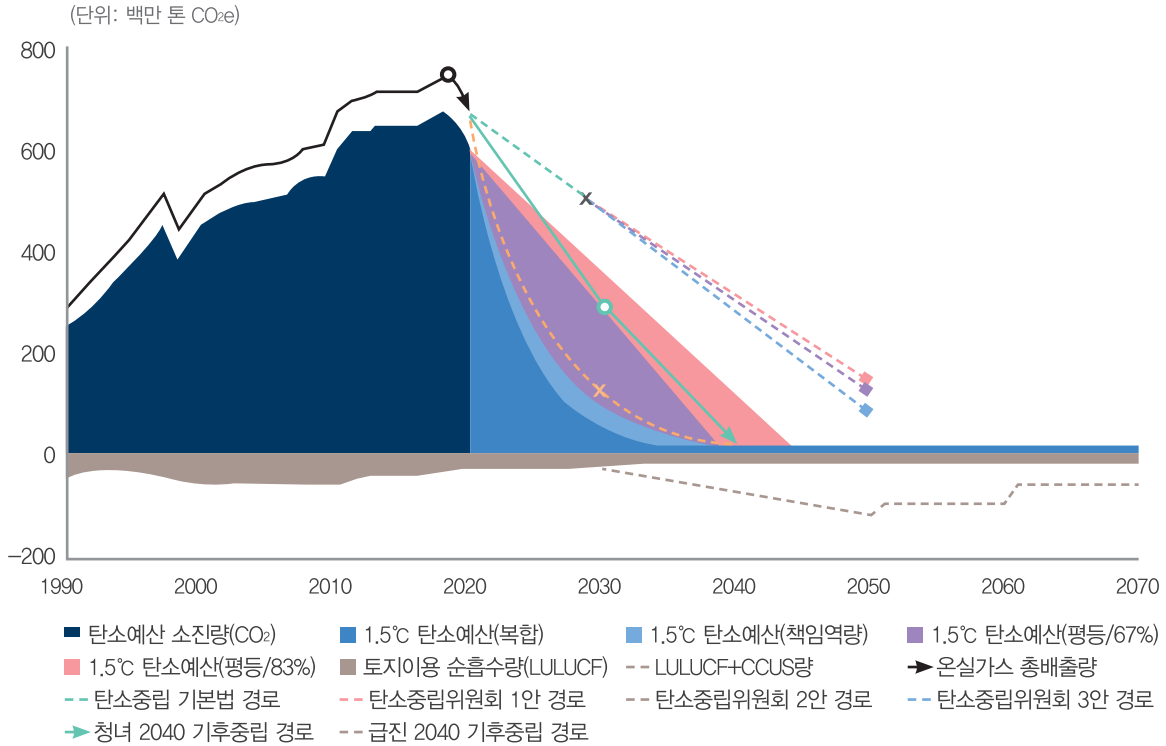
61) 출처 : Climate Action Tracker 및 NDC 국제웨비나 발제자료(NDC 상향 수준 검토, 이창훈)

2) 기후중립(Climate Neutrality)

- a. IPCC는 지구 평균 온도 상승을 1.5도로 억제하기 위해서는 2050년에 온실가스 순 배출제로(Net-zero)를 달성해야 한다고 권고함. 여기서 나온 개념이 탄소중립(Carbon Neutrality)임.
- b. 이후 탄소중립(Carbon Neutrality)은 여러 개념을 포괄하며 의미가 확장되어 옴. 온실가스 인벤토리 작성과정에서 이산화탄소를 제외한 온실가스를 이산화탄소의 온실효과 기여도로 환산하여 편의상 CO₂-eq로 환산함. 대부분 국가에서는 측정가능한 모든 온실가스를 대상으로 순 배출제로를 달성하겠다는 의미로 통용됨.
- c. 그러나 몇몇 국가에서는 탄소중립(Carbon Neutrality)이 당장의 감축의욕을 높이는 것보다 탄소포집기술과 같은 미래의 불확실한 기술에 대한 의존성을 심화시키는 담론으로 확장되며 왜곡된 시그널을 보내고 있음. WRI와 블룸버그에 따르면 탄소중립(Carbon Neutrality)은 이산화탄소(CO₂) 배출량에 초점을 맞춘 용어에 가까우며, 일부 국가에서는 탄소중립이 전체 온실가스 순 배출 제로가 아닌 특정 시점부터 이산화탄소 총 배출량을 안정화한다는 의미로 오용되는 문제가 있음을 지적함.
- d. 반면 기후중립(Climate Neutrality)은 파리협정 상 이산화탄소를 포함한 ‘모든 인위적’ 온실가스(CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆, NF₃ 등)를 순 배출 제로로 만드는 것임. 기술적으로 온실가스 순 배출량을 0으로 만드는 것과 달리 ‘환경적인 영향’까지 포괄한 엄격한 개념임.
* 대표적인 기후 선진국인 유럽연합(EU)에서는 기후중립(Climate Neutrality)을 표방하고 있으며, 볼보, 킥스타터 등 기업에서도 기후중립을 선언하고 있음.
- e. 1.5도 목표의 완전한 달성하기 위해서 이산화탄소 뿐만 아니라 모든 온실가스에서 순 배출 제로를 달성해야 하는 점, 그리고 지구 생태계의 회복탄력성을 증진하여 2050년 미래에 깨끗한 환경을 보전해야 하는 점을 고려하여 기후중립(Climate Neutrality) 개념의 필요성을 본 시나리오에서 제시하게 됨.

3) 2040 기후중립 시나리오와 2030 중간 감축경로

1. 2040 기후중립 시나리오⁶²⁾



- ‘청년 2040 기후중립 경로’는 IPCC 최신보고서를 바탕으로 기존 분석([붙임1], [붙임 2 참고])에서 제시된 다양한 원칙에 따라 한국에 할당된 탄소예산의 범위를 고려해 하향식 접근법 채택
- 현재 탄소중립위원회에서 논의되는 시나리오들은 한국에 허용된 탄소예산을 과도하게 초과할 것으로 우려
- 이에 현재 한국의 ‘탄소 예산’ 범위 내에서 2030년 한국의 온실가스 총배출량은 2018년 대비 61% 감축, 2040년은 2018년 대비 97% 감축하는 ‘2040 기후중립 시나리오’ 도출
- 하지만 위 시나리오 또한 모든 나라들이 인구비례에 따라 평등하게 남은 탄소예산을 배분하는 ‘평등 배분’ 원칙에 비쳤을 때 부족한 시나리오이며, 급진적인 기후중립 경로를 가기 위해선 더 많은 감축이 이뤄져야 할 것으로 전망됨.

62) [시나리오 해설]

* ‘평등’ 원칙에 따른 탄소예산은 국가별 인구수로 탄소예산을 배분했을 때 한국에 할당되는 탄소예산입니다.

** ‘책임역량’ 원칙에 따른 탄소예산은 역사적 배출책임과 감축역량을 균등하게 반영했을 때 한국에 할당되는 탄소예산입니다.

*** ‘복합’ 원칙의 탄소예산은 기존 선행연구들의 메타분석 결과를 바탕으로 한국에 할당된 탄소예산입니다. 하지만 메타분석은 과거의 자료에 기반한 것이기 때문에, 전지구적 기후위기 대응을 위한 노력의 유예로 심각해진 기후위기의 최신 지표들을 반영해 더욱 급진적인 노력이 요구됩니다.

2. 부문별 주요 목표 및 정책 수단

- 탄소예산을 고려한 구체적인 감축로드맵을 작성하여 사회에 시그널을 명확하게 함
- 또한, 이에 산정되는 탄소 가격을 제시하여 민간 기업들이 자발적으로 빠르게 산업구조 전환을 할 수 있도록 유도
- 모든 부문에 걸쳐 제품생산 및 에너지 소비에 대한 적극적인 수요 감축을 통해 온실가스 발생량을 최소화하려는 노력을 병행 ; 최종에너지 수요를 '18년 대비 '40년까지 40% 감축
- CCUS 기술의 경우, 감축노력에도 불구하고 불가피하게 탄소배출이 발생하는 시멘트·석유화학 등 일부 분야에 한해서만 허용하고 DAC는 2040년 이후 음의 배출경로를 유지하기 위해 적용될 수 있음(기술개발 필요)

구분	부문	주요 목표 및 정책수단	비고
배출	전환	'30년까지 전환부문 80% 이상 감축, '35년까지 100% 감축(탈탄소화) - 2030년 모든 석탄발전소 가동 중단 - 2030년 재생에너지 발전비중 50% 이상 - 2035년 화석연료 사용 중단 * 단, 전환부문의 CCUS 활용은 본 시나리오에서 배제	
	산업	'30년까지 산업부문 50% 이상 감축, '40년까지 98% 이상 감축 - (연료) 화석연료를 무탄소 에너지(재생E, 그린수소 등)로 전환- (공정) 온실가스 배출이 안 되는 공정으로 최대한 전환 - 연료 및 공정의 전환으로 감축이 불가능한 잔여배출에 대해서는 탄소가격 반영 및 순환경제 시스템 구축을 통해 수요 감소시켜 탄소 배출 최소화	
	수송	'30년까지 수송부문 50% 이상 감축, '40년까지 98% 이상 감축 - 교통시스템의 전환 <ul style="list-style-type: none"> • 보행로-자전거도로 등 도심 내 공공교통 인프라 확대 • 도심 내 자동차 교통량 50% 감축(지역별 단계적 확대) • 광역교통 및 도시철도망 확충 - 도로·교통의 탈탄소화 <ul style="list-style-type: none"> • '30년 이전 내연기관차 판매중단* 자동차 제작사 평균 온실가스 배출허용 기준 및 적용대상 강화(승용·승합·화물 전체대상 '30년 0g/km 단계적 적용) • '40년 이후 내연기관차 운행금지 • 전기자동차 충전 인프라 확대 - 항공·선박·철도의 탈탄소화 <ul style="list-style-type: none"> • 도서지역을 제외한 국내항공 운행금지 및 국제 항공 수요 절감 • 항공·선박·철도의 전동화 	
	건물	'30년까지 건물부문 45% 이상 감축, '40년까지 90% 이상 감축 - 건물에너지효율 개선 <ul style="list-style-type: none"> • 건물 온실가스 배출총량제 도입 • 신규 건축물 제로에너지건축 및 재생에너지 설치 의무화(1등급 기준) • 기존 건축물 그린 리모델링의 대상 범위 확대(연간 전체 5% 이상의 건물 리모델링) 	

구분	부문	주요 목표 및 정책수단	비고
배출	건물	<ul style="list-style-type: none"> - 건물에너지의 탈탄소화 • 건물에너지원의 전력화 • 열회수장치, 지열 히트펌프 도입 등 무탄소 난방시스템 구축 • 분산자원 흡수를 위한 송배전 인프라의 선제적 구축 필요 	
	폐기물	<p>'30년까지 폐기물부문 40% 이상 감축, '40년까지 75% 이상</p> <ul style="list-style-type: none"> - 폐기물 발생량 감축 <ul style="list-style-type: none"> • 플라스틱세 도입 • 전주기평가(LCA)를 통한 폐기물 감축 관리 (공정과정) - 순환경제 활성화 <ul style="list-style-type: none"> • 제품 사용주기 연장(수리할 권리) 법제화 • 생산자책임재활용제도 강화 • 분리배출 체계 및 재활용 선별 인프라 구축을 통한 재활용 효율성 강화 • 국가 재생에너지 재활용센터 증설 • 재사용 원료 및 순환자재 이용 의무화 - 음식물쓰레기 감축 및 재자원화 시스템 확충 	
	농축수산	<p>'30년까지 농축어업부문 30% 이상 감축, '40년까지 65% 이상 감축</p> <ul style="list-style-type: none"> - 생태/저탄소 기반 농업으로의 전환 <ul style="list-style-type: none"> • 한국형 보존농업 • 재배방식의 저탄소화(벼농사 간단관개, 저메탄사료 개발 및 도입) - 공장식 축수산 생산 감소 <ul style="list-style-type: none"> • 배양육, 대체육 개발 • 채식 기반 사회 인프라 구축 - 지역생산·지역소비 시스템 확대 - 에너지 효율성 제고 및 재자원화 <ul style="list-style-type: none"> • 전동농기계 공유경제 활성화 • 농업부산물·가축분뇨 바이오에너지화 	
	탈루	<p>'30년까지 30% 이상 감축, '40년까지 98% 이상 감축</p> <ul style="list-style-type: none"> - 할로카본·육불화황 등 : 수요감축·처리 고도화 및 대체 냉매 개발 	※ LNG 사용에 따른 누출량이 대부분 차지하기 때문에, LNG 사용량에 의해 산정됨
흡수	LULUCF	<p>생태계와 생물다양성 보호 중심의 흡수원 정책 수립</p> <ul style="list-style-type: none"> - 토건사업에 대한 엄격한 환경영향평가 및 탄소인지예산제 도입 - 흡수원의 토지전용 및 개발 허가 기준 강화 - 산림경영활동 시 탄소배출량 전과정평가 시행. - 산림, 초지, 습지, 연안 등 국내 흡수원 보전 대책과 고도화된 계상 방안 마련 <p>* 흡수량은 불확실성이 크기 때문에 정확한 목표 수치를 적용할 수 없음. 따라서 보수적으로 접근하여 2040년 약 2천만 톤으로 추정하였음</p>	
감축목표 ('18년 대비)	총배출량 기준	2030년 61% 감축, 2040년 97% 이상	
	순배출량 기준	2030년 61% 감축, 2040년 기후중립	

[붙임 1] 형평성 관점의 하향식 감축목표 설정 (출처 : 고도연, 2021)

1. 서론: 하향식 감축목표 설정의 필요성

- 파리협정 하 모든 당사국이 스스로 감축목표를 설정하여 기후위기 대응에 동참하도록 하는 상향식 체계가 수립되었음
- 현재 설정 및 선언된 NDC는 1.5C, LEDES는 2C 장기온도목표 달성에 부적합
 - 상향식으로 설정된 각국의 중장기 감축목표(2030 NDC, 2050 LEDES)가 지구적 장기목표 달성에 부합하는지를 살펴볼 필요성이 있음
- 각국에 요구되는 적절한 감축목표 수준을 제시하기 위해 국내외 다수의 연구에서는 하향식 접근이 지속적으로 수행되고 있음
 - 그 중 단일 또는 복수의 규범적(normative) 원칙에 기반하여 허용되는 탄소누적배출한도(carbon budget)나 추가적인 감축필요량을 국가별로 할당하는 감축분담(burden-sharing) 이 주된 방법으로 활용됨
- 주체별 다양한 상황으로 지구적으로 합의된 공식적인 감축분담 프레임워크는 존재하기 어렵지만, 이러한 결과는 각 원칙에 따른 주체별 타당한 노력 수준에 대한 이해를 제고
 - 각 주체에게 요구될 수 있는 기대를 제시하여 감축목표 수준 제고에 추진력을 제공하기 때문에 전지구적 목표달성 관점에서 중요

2. 감축분담 방법

- 감축분담에서는 관련된 단일 또는 복수의 형평성 원칙에 기반하여 허용되는 탄소누적배출한도나 추가적인 감축필요량을 주체별로 분담
 - 노력분담(effort sharing): 지구적 감축필요량을 주체별로 분담
 - 자원할당(resource sharing): 지구적 탄소누적배출한도(carbon budget)를 주체별로 할당

Table 1. 대표적인 감축분담 원칙의 개념과 특징

원칙	개념	특징
평등주의	모든 인간은 온실가스 배출에 있어서 동등한 권리를 가진다.	<ul style="list-style-type: none"> 인당 GHG 배출량이 높은 선진국 등에 급격한 배출량 감축이 요구됨 저개발국가 등에 상대적으로 부담이 적음
오염자 부담	오염자가 감축에 필요한 노력을 분담	<ul style="list-style-type: none"> 과거부터 높은 온실가스 배출량을 보인 주체에 높은 부담이 분담됨
능력자 부담	지불 능력에 비례하여 부담을 분담	<ul style="list-style-type: none"> 이용되는 역량 지표(GDP, PPP 등)가 높은 주체에 높은 부담이 분담됨
주권주의	주체별 현재 삶의 수준을 유지할 권리인 현상유지권을 반영	<ul style="list-style-type: none"> 배출량의 변화가 상대적으로 작다. 선진국 등에 보상을 주고 저개발국가를 처벌하는 불평등의 제도화라는 견해가 존재
발전 보장	기본적인 배출권리 보장	<ul style="list-style-type: none"> 아직 1인당 지불능력이나 배출량이 낮은 주체를 부담의 부담에서 제외하거나 부담을 경감

2.1. 감축분담 방법론적 한계와 연구방향

- 원칙에 따라 분담에 반영되는 요소가 달라 분담 결과가 매우 상이함
 - 이에 따라 여러 원칙을 하나의 기준에 통합하여 고려하는 새로운 접근법을 제안하거나, 각 원칙에 가중치를 부여하여 복합기준 결과를 도출하는 방법이 적용되어 왔음
- 같은 원칙을 적용하였더라도 연구별로 분담 결과에 차이가 존재
 - 각 원칙에 따라 큰 차이, 원칙에 사용된 기준에 따라 다소의 차이 존재
- 하지만, 영역을 구성할 정도로 다양한 결과가 일정한 방향성을 식별할 수 있다면, 이러한 결과는 한국에 기대되는 공정한 노력수준에 대한 참고자료로 활용될 수 있음

1) 감축분담을 통해 도출된 한국 중장기 GHG 감축목표 및 감축경로

- 기존 한국을 포함하여 논의된 다양한 하향식 연구를 포괄적으로 고려
 - 연도별 감축목표나 감축경로 제안한 연구

Figure 1. 기존 감축분담 문헌에 제시된 한국 감축경로

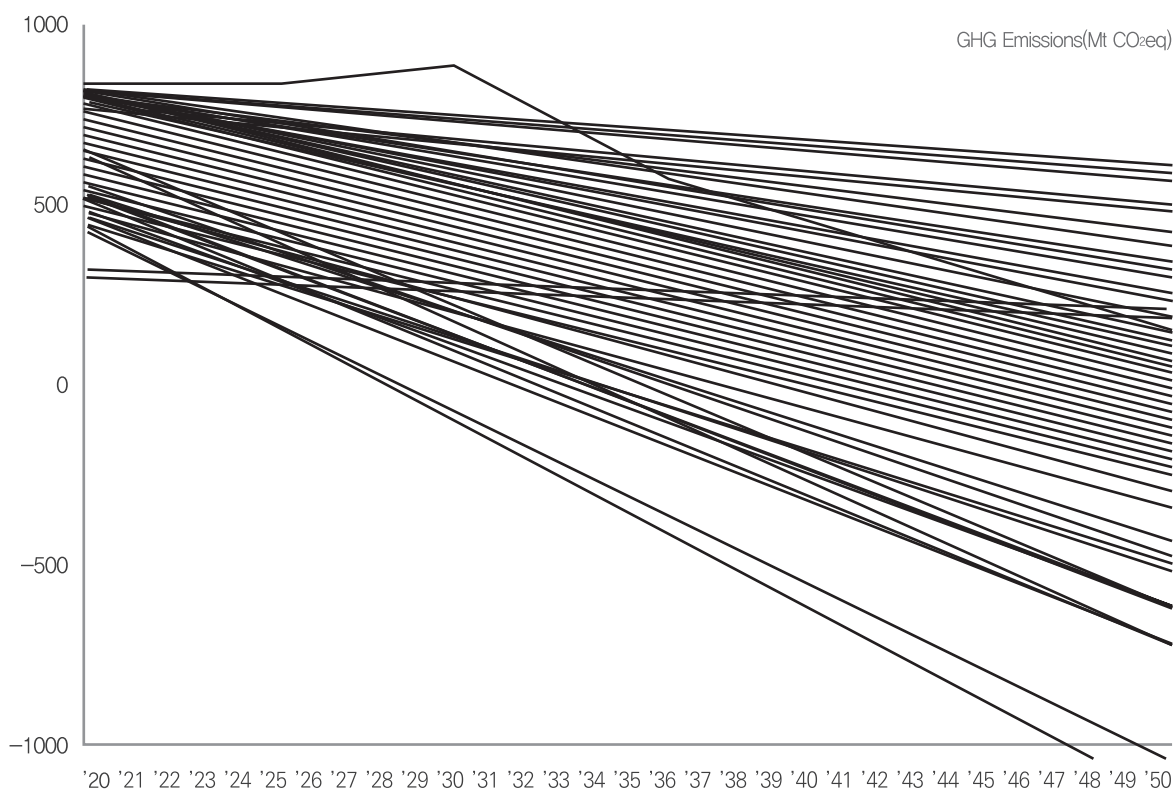


Table 2. 형평성 원칙별 누적사용량

경로 수	원칙	오염자 부담	평등주의	능력자 부담	주권주의	발전 권리
124	누적 사용량	83	59	64	35	37

● 스크리닝: 분석 대상에서 제외

- 형평성 논의에 벗어나는 원칙을 적용한 연구: 반형평적인 결과
- 형평성 원칙을 반영하지 않는 기준을 적용한 경우
- 자료의 연속성이 떨어지는 경우

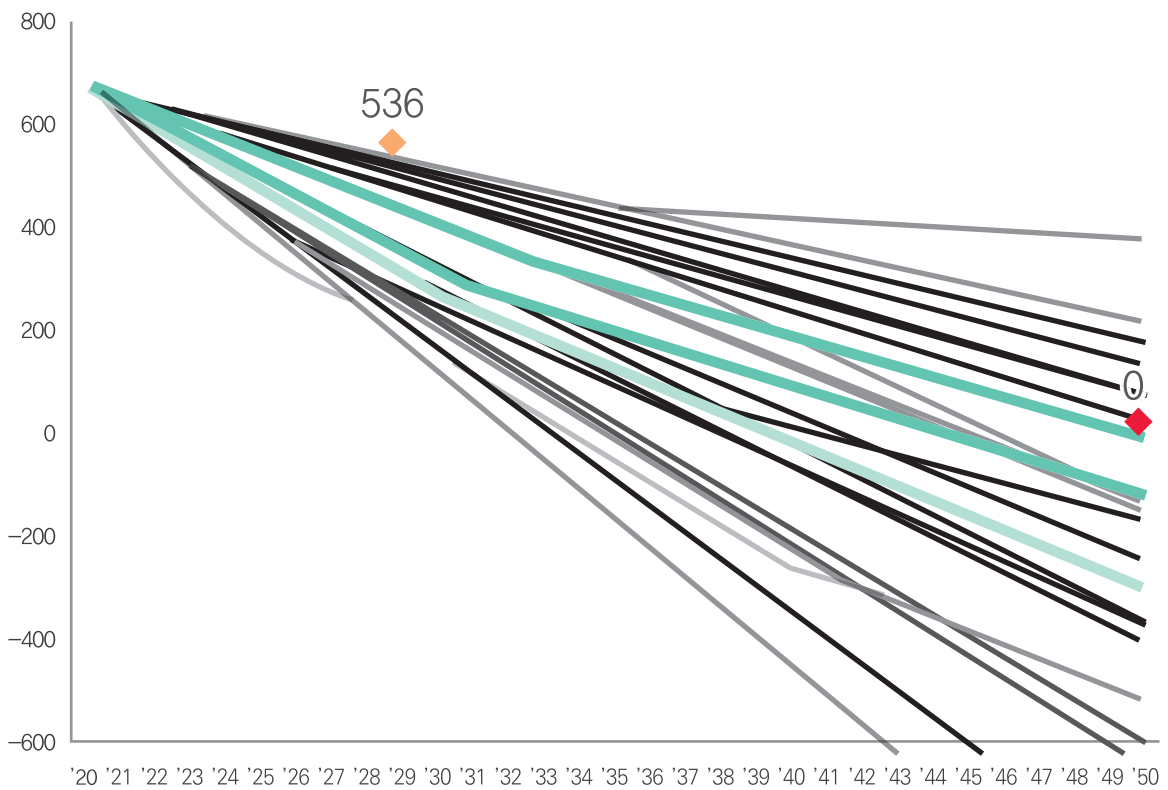
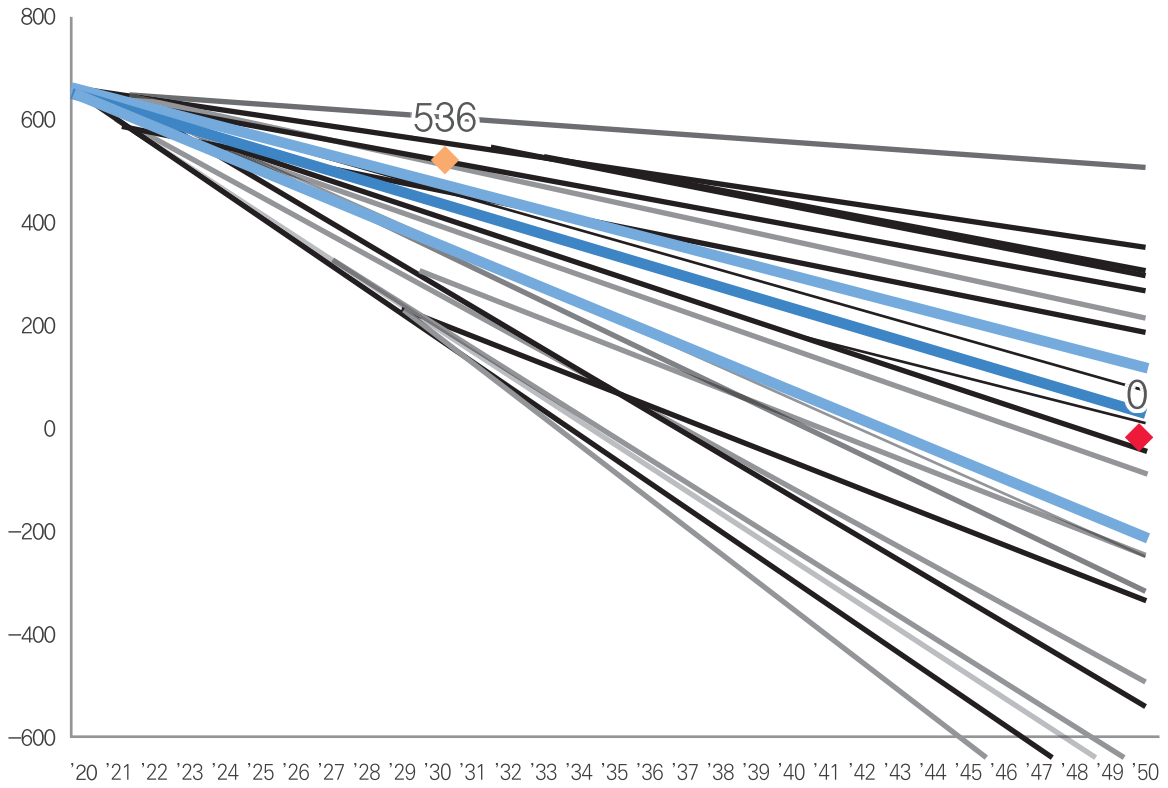
■ 이러한 현상은 기준년도의 배출량을 고려하지 않는 방법론상의 단순성이나 너무 오래 전에 수행된 연구에서 나타난다

● 기준년도(2020) 배출량 조정

- 감축경로로 참고되기 위해서는 현재 예상 가능한 기준년도의 배출량 상황이 반영되어야 할 것임
- 자원할당과 노력분담의 방법론적 토대는 지구적 탄소누적배출한도에 있기 때문에 조정된 배출량은 보상될 필요

2) 결과

Figure 2. 형평성 관점의 온도목표별 중장기 감축경로



목표 연도	2030	2040	2050	목표 연도	2030	2040	2050
1Q	345,171	72,48422	-196.14	1Q	266,1146	-11,8509	-297,377
Median	439,3261	233,9384	37,96485	Median	318,5935	84,32947	-121,282
3Q	506,9333	315,5667	124.2	3Q	410,5945	195,183	-15,1463
(a) 2 °C 감축경로				(b) 1.5 °C 감축경로			

- 사분범위를 통해 살펴볼 경우 1.5C 감축경로상 배출한도의 중앙값이 가리키는 탄소중립 달성 시기는 '2045년'이다.
- 우리나라가 공정히 기여하기 위해서는 2050년 탄소중립 이상의 노력이 필요하다.
- 감축목표 설정을 위해 여러가지를 고려할 필요성이 있다. 지구적 장기목표 달성에 공정하게 기여하는지 면밀히 살펴보아야 하며 하향식 접근이 중요하게 다뤄질 필요성이 있다.

[붙임 2] 탄소배출 잔여량과 대한민국의 감축경로 (출처 : 노건우, 2021)

- 평등주의 기준(인구 비례)에 따른 하향식 감축목표는 17-24억 톤 : IPCC 6차 보고서에 따라 전지구적 잔여배출허용총량(= 탄소예산)을 1인당 배출허용총량으로 계산하여 우리나라 인구에 대입해보면, 17-24억 톤이 산출됨.
- 청년 시나리오에서 제시한 2030 NDC 61%, 2040 기후중립 목표 또한 17-24억 톤을 초과하므로, 전지구적 1.5도 목표 달성을 위해서는 불충분한 상황임. 이는 향후 10년 내 적용 가능한 기술의 한계 등으로 인한 결과임.
- 감축목표를 초과하는 부분, 즉 불충분한 감축목표에 대해서는 국제적인 협력을 통해 기여할 수 있는 방안을 모색하는 것이 필수적임. 해외감축사업을 통해 배출권을 단순 구매하는 방식을 넘어서, △감축수단에 적용되는 국내 우수기술(ex. 전기차 배터리, 해상풍력 하부구조물)의 이전 △개발도상국 내 재생에너지 인프라 구축 지원 △ 기후재난 취약국에 대한 GCF 공여금 확대 등 이행이 담보된 약속이 반드시 필요함. 이는 곧 선진국이자 배출책임국으로서 그에 걸맞는 국제사회에서의 리더십을 다하는 것임.

구분	한계점	사회적 과제 제안
지자체	광역시 및 기초지자체는 주민들의 삶터에서 기후 중립을 이행하는 역할을 하고, 그 과정에 중앙 정부 - 국회 - 광역 - 기초지자체 - 지방의회 - 시민단체를 잇는 상설적인 정책협의체를 통해 그린 뉴딜 예산의 부당 전용을 방지하고 기후중립의 이행역량을 강화시켜야 함	(1) 중앙정부 - 지자체 간 기후중립을 위한 상설적인 시민참여형 소통 기구 마련 (2) '지방탄소중립계획' 이행 강화 - 지역 기본계획의 최상위 계획으로 설정 - 도시계획, 에너지 계획 등 기본계획 수립상의 정합성 확보 - 중앙정부의 다각적 지원 필요 (3) 탄소중립 사업에 대한 전문가 - 시민참여평가 제도 마련
정의로운 전환	청년 시나리오에서 제안한 2030 탈석탄 등 급속한 전환 과정에서 기존 화석연료 산업 종사자(특히 전환, 수송, 산업부문)의 고용안정성 훼손이 우려됨	(1) 2035년 전환부문 넷제로, 2040년 수송부문 97% 감축에 따른 일자리 전환 파급효과 및 적정 사업자 보상체계에 관한 연구 진행 (2) 2040 기후중립 경로에 따른 산업전환 파급효과 분석 및 일자리 전환 대상을 위한 사회적 안전망 마련 (3) 탈석탄 시점을 앞당기기 위한 사회적 대화기구 신설
국제협력	- 환경교류협력사업 과정에서 온실가스 감축 실적의 이중계산(double-counting) 방지 - 기후위기 사태에 따른 감축량 손실 리스크 관리와 더불어 수혜국의 지속가능성을 보장해야함	(1) 빅데이터 기반 온실가스 측정, 보고, 검증(MRV) 통계 구축 (2) 장기 출구전략 마련을 통한 기후위기 사태에 따른 리스크 점검체계 마련 (3) 수혜지역 생태계 및 지역사회에 저해되지 않도록 OECD 개발원조위원회(DAC) 평가기준에 부합하는 사업 설계-수행-성과 및 사후관리 수행
금융/기금	- 재생에너지 및 다배출 기업에 대한 금융 정책 투명성이 부족함 - 금융시장의 자본배분 기능이 심각하게 왜곡되어 있음. 탄소배출산업에 투자하지 않고, 녹색산업에 투자할 유인이 거의 없음.	(1) 기후변화 재무정보 공개 의무화 (2) 녹색금융 분류체계 구체화 (3-1) 고탄소배출 산업에 대한 장기 대출 규제 강화 (사회적 탄소비용에 근거한) (3-2) 고탄소배출 산업(기업)의 발행증권 투자 제한, 자본소득세율 인상 (4) 기후위기 스트레스 테스트 수행 및 기후위험을 반영한 금융감독 규제 도입 (5) 중앙은행을 포함한 공적금융기관, 연기금의 (녹색금융 분류체계에 따른) 녹색기업 최소 투자비중과, 고탄소배출 투자비중 제한 규제 도입 (6) 기후책임이사 선임 의무화




발 행 일 2021년 10월

발 행 처 탄소중립위원회 사무처

디자인·인쇄 한결엠 02-6952-0551

 중증장애인생산품생산시설

 사회적협동조합

 사회적기업