

ISSN 2734-1437(오프라인)
ISSN 2765-1851(온 라 인)



2022
Vol.3 No.2

GTC FOCUS

IPCC 제6차 평가 보고서 제3실무그룹 (완화) 승인 결과와 정책적 합의

: 정책결정자를 위한 요약서를 중심으로

녹색기술센터

오재운, 송예원, 김한이

기상청

오예원, 임나영, 채유정

IPCC 국내 대응협의회 실무그룹 III 전문위원회

방종철, 전의찬, 유승직, 김하나, 안영환, 임정민, 손인성, 노동운, 김승완,
이수민, 김래현, 최은정, 허연숙, 송재민, 이충국, 정영선, 박상준, 이재운,
김수이, 강수일, 배치혜, 이태동, 정지원, 유인식, 박환일 (chapter 순)

IPCC 제6차 평가 보고서 제3실무그룹 (완화) 승인 결과와 정책적 함의

: 정책결정자를 위한 요약서를 중심으로

녹색기술센터

오채운, 송예원, 김한이

기상청

오예원, 임나영, 채유정

IPCC 국내 대응협의회 실무그룹 III 전문위원회

방종철, 전의찬, 유승직, 김하나, 안영환, 임정민, 손인성, 노동운, 김승완,
이수민, 김래현, 최은정, 허연숙, 송재민, 이충국, 정영선, 박상준, 이재윤,
김수이, 강수일, 배치혜, 이태동, 정지원, 유인식, 박환일 (담당 장(chapter) 순)

기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC), 기후정책, 정책대응, 파리협정 이행

1	서론	3
2	IPCC 제6차 평가보고서와 우리나라 대응	5
3	IPCC 제6차 평가보고서(완화)의 주요내용	11
4	완화 보고서에 대한 정부간 논의 쟁점	28
5	정책적 시사점	35
■	참고문헌	46
■	저자명단	48
■	완화 보고서 장별 핵심 내용(Executive Summary)	49

요약



1. IPCC 제6차 평가보고서 제3실무그룹(완화) 보고서 승인 및 발간('22.4월)

- IPCC 제56차 총회('22.3.21~4.4)에서, IPCC 제6차 평가보고서에 제3실무그룹이 기여한 완화(mitigation) 보고서가 승인 및 발간됨. 동 완화 보고서는 기후변화 완화에 대한 기존 연구 결과물들 집적·통합하여, 온실가스 배출 감축 및 대기중 온실가스 제거에 대한 현황과 방법을 평가하고, 이에 대한 정책적 함의와 전략적 방향을 제공함

※ 완화 보고서는 총 17개 장으로 구성되며, 크게 구분하면 ①서론, 배출추세 및 완화 경로(제1~4장), ②수요 측면 완화조치(제5장), ③공급 측면 산업군별 기술적 완화 조치(제6~12장), ④비기술적 완화 조치(제13~17장)로 구성

2. IPCC 제6차 평가보고서 검토를 위한 우리나라의 자체적 대응 활동

- IPCC에 대한 우리나라의 국내 협력체계 구축 및 국내·국제적 대응 강화를 위해, 기상청은 부처 중심의 'IPCC 국내 대응 협의회'를 2020년 신설하여 운영해 왔음. 동 협의회를 지원하기 위해 3개 실무그룹이 설정되고 각기 전문가로 구성된 전문위원회가 운영되어 왔으며, 각 전문위원회는 대표 주관기관 주도로 운영됨. 제1실무그룹(과학적 근거) 전문위 주관기관은 국립기상과학원, 제2실무그룹(영향·적응·취약성)은 한국환경연구원, 제3실무그룹(완화)은 녹색기술센터와 에너지경제연구원임. 이번 제6차 평가보고서에 대한 국제적인 검토 과정에 우리나라는 국내대응협의회-실무그룹별 전문위원회 체계를 통해 전문가·정부 검토의견을 제출함

3. IPCC 제6차 평가 보고서 제3실무그룹(완화) 보고서의 내용·논의쟁점·시사점 도출

- **(주요 내용)** 완화 보고서가 17개 장으로 방대한 내용인 바, 정책결정자들이 동 보고서를 쉽게 이해하고 정책결정에 활용할 수 있도록 핵심 내용을 담은 「정책결정자를 위한 요약서(SPM)」를 중심으로 내용을 정리하였음. SPM은 i) 서론, ii) 최근 배출추세 및 동향, iii) 지구온난화 제한을 위한 시스템 전환, iv) 완화-적응-지속가능발전 간의 연계, v) 대응 강화라는 총 5개 주제 섹션으로 구성됨
- **(논의 쟁점)** 이번 제56차 IPCC 총회에서는 IPCC 회원국 정부 협상가들과 완화보고서 저자들(authors)간의 논의를 통해 완화보고서의 SPM 내용이 수정되었음. 이 때 두드러진 논의 쟁점인 국가 및 지역 구분, 온실가스 배출, 배출 경로, CCS 기술, 원자력 에너지, 자연기반 해결책, 기후 거버넌스, 탄소 가격제, 화석연료, 금융 및 투자, 그리고 무역협정에 대해서 내용을 정리함
- **(정책적 시사점)** IPCC 완화 보고서의 우리나라에 대한 정책적 시사점으로 10개 부분을 도출하였음. 이는 i) 우리나라 기후정책 기초, ii) 국가결정기여(NDC) 목표 상향, iii) 감축 이행 경로 및 로드맵, iv) 감축의 수요관리, v) 공급부문 감축 노력(에너지, 농업·산림·기타토지이용, 도시, 건물, 수송, 산업), vi) 이산화탄소제거 접근법, vii) 통합적 접근, viii) 국제협력, ix) 기후금융, x) 기후기술임

1

서론

1.1 본 포커스 작성 목적

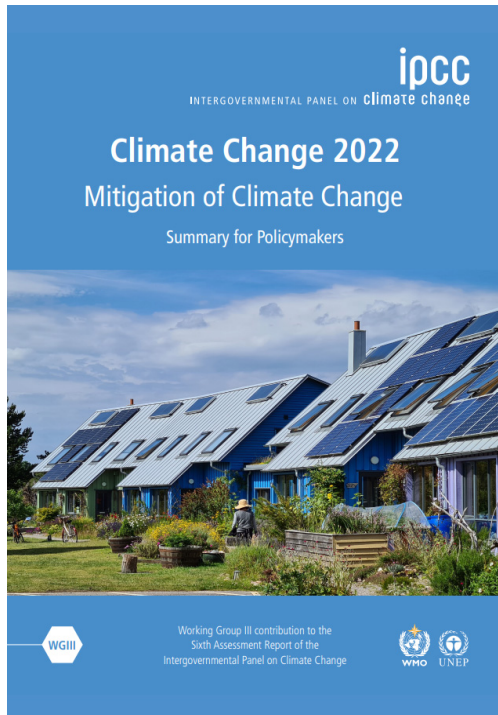
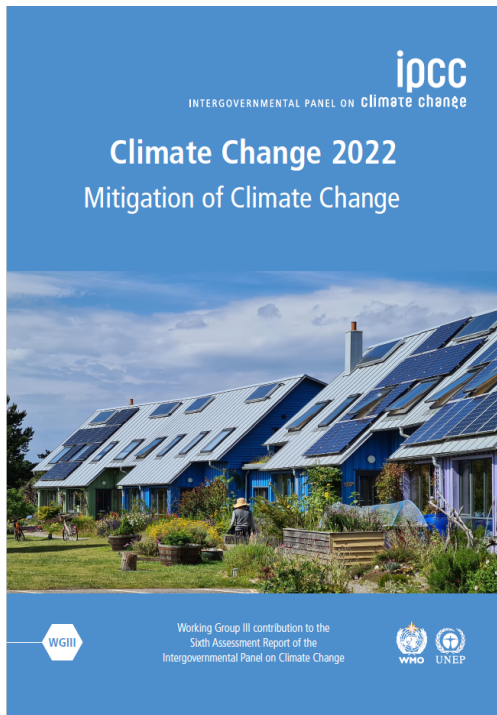
- ▶ (IPCC) 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)는 기후변화 문제에 대처하기 위해 세계기상기구와 유엔환경계획이 1988년 공동으로 설립한 국제기구임. IPCC는 기후변화에 관한 연구결과물들을 집적 및 분석하여 기후변화의 원인, 현황 그리고 대응에 대해 과학적으로 규명하는 작업을 진행하고 이를 보고서로 도출하는 중요한 역할을 수행함 (기상청 2022)
- ▶ (IPCC 평가보고서) IPCC는 6~7년 주기로 전 세계 과학자들이 참여하여 작성하는 평가보고서(AR, Assessment Report)를 승인 및 발간하는데, 동 보고서는 기후변화의 과학적 근거와 정책적 방향성을 제시하고, 무엇보다도 유엔기후변화협약(UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change)의 협상 및 정책 결정의 주요한 근거자료로 활용됨 (Ibid.)
 - IPCC 평가보고서는 제1차 평가보고서가 1990년 승인·발간된 이래로, 이번 2021년과 2023년에 걸쳐 제6차 평가보고서가 승인 및 발간됨. 이번 6차 평가보고서는 2023년에 파리협정의 전지구적 이행점검(global stocktake)의 주요 투입자료로 활용될 예정임. 전지구적 이행점검은 파리협정의 목적과 장기 지구 온도 목표(2°C 온난화 제한 및 1.5°C 온난화 제한 추구)를 달성을 위한 집단적인 진전(collective progress) 여부를 평가함
- ▶ (IPCC 평가보고서의 제3실무그룹의 완화 보고서 승인) IPCC 평가보고서는 제1실무그룹이 과학적 근거, 제2실무그룹이 영향·적응·취약성, 제3실무그룹이 완화(mitigation)에 대한 평가보고서를 각기 작성하는 것으로 구성됨. 2022년 3월 개최된 제56차 IPCC 총회에서 제3실무그룹의 완화 보고서가 승인되었음.
 - 이번 완화 보고서에서는 파리협정 이행을 위해 각 국가들이 자체적으로 설정한 기후변화 대응 목표를 담아 제출한 국가결정기여(NDC, nationally determined contribution)를 모두 달성했을 때의 배출 경로와 2°C 및 1.5°C 온난화 제한 경로간의 배출 격차에 대한 분석결과를 담고 있음. 또한, 2°C 및 1.5°C 온난화 제한을 위한 수요 측면, 공급 측면, 그리고 정책·제도, 국제협력, 투자·금융, 혁신 및 기술개발·이전, 지속가능발전 경로 촉진 측면의 다양한 대응조치를 담고 있으며, 이는 향후 우리나라의 기후변화 완화를 위해 상당한 정책적 함의를 담보함
- ▶ IPCC 제6차 평가보고서에 대한 검토 과정에서 우리나라 기상청은 제도적으로 접근하였음. IPCC 국내 대응협의회를 신설하였고, 실무그룹 별로 전문가들로 구성된 전문위원회를 설정하고, 전문위원회 내에서 주관기관을 설정하였음. 제3실무그룹(완화)의 전문위원회의 주관기관은 녹색기술센터와 에너지경제연구원임. 이에, 녹색기술센터는 이번 IPCC 제6차 평가보고서 제3실무그룹(완화) 보고서의 핵심 내용, 보고서를 둘러싼 논의 쟁점, 그리고 우리나라에 대한 정책적 함의를 정리·분석하고자 함

1.2 동 보고서의 구성

▶ (구성) 동 보고서는 다음과 같이 구성됨

- 먼저 제2장에서는 IPCC 제6차 평가보고서에 대한 검토과정에서 우리나라의 대응 현황에 대해서 개괄함
- 제3장에서는 IPCC 제6차 평가보고서의 제3실무그룹(완화) 보고서가 총 17개 장으로 그 내용이 매우 방대하기 때문에 동 보고서 중에서 정책결정자들을 위해 보고서의 핵심내용만을 간추려 담은 「정책결정자를 위한 요약서(SPM, Summary for Policymakers)」의 내용을 개괄함
- 제4장에서는 이번 제56차 IPCC 총회에서 완화 보고서의 내용 중에서 정부간, 정확히는 개도국과 선진국 간의 의견차이가 있었던 논의 쟁점을 추려내어 그 내용을 개괄함
- 제5장에서는 정책결정자를 위한 요약서(SPM)와 이를 둘러싼 정부간 논의 쟁점을 토대로, 향후 우리나라의 온실가스 감축 또는 기후변화 완화를 위한 정책적 시사점을 도출함
- 마지막으로 제6장에서는 완화 보고서의 17개 장별로 정리된 핵심 내용(Executive Summary)을 번역한 자료를 부록으로 삽입함

[그림 1-1] IPCC 제6차 평가보고서 (완화 보고서 & 정책결정자를 위한 요약서)



출처: IPCC (2022a) 및 IPCC (2022b)

2

IPCC 제6차 보고서와 우리나라 대응¹⁾

2.1 IPCC 제6차 보고서 구성·검토·발간 개요

- ▶ IPCC 평가보고서(Assessment Report)는 기후변화 관련 연구자료를 총체적으로 수집 및 평가한 결과물로, 기후변화의 과학적 근거를 제시하고 회원국들이 이에 기반한 기후변화 정책을 수립·이행할 수 있도록 함
- ▶ 제6차 평가보고서 주기(2015~2023) 동안 총 8개의 보고서가 작성되며, 크게 평가보고서, 특별보고서, 방법론보고서로 나뉨 (IPCC 2021)
 - **평가 보고서(AR, Assessment Report)**: 기후변화의 과학적·기술적 평가에 대한 내용으로, 세 개의 실무그룹별 보고서와 종합보고서로 구성됨. 제1실무그룹(WG I)은 기후변화 과학적 근거(The Physical Science Basis), 제2실무그룹(WG II)은 기후변화 영향·적응·취약성(Impacts, Adaptation and Vulnerability), 제3실무그룹(WG III)은 기후변화 완화(Mitigation of Climate Change)를 각각 담당함. 종합보고서는 이 세 실무그룹별 보고서와 특별보고서의 핵심 내용을 포괄적으로 통합하여 평가함
 - **특별 보고서(SR, Special Report)**: 상기 언급된 평가보고서 외에, 유엔기후변화협약을 포함한 국제협약의 지원을 위해 특정 이슈에 대한 평가 내용을 담은 보고서임. 제6차 평가보고서 작성 주기 중 발간된 특별보고서로는 「지구온난화 1.5°C 보고서(2018.10)」, 「기후변화와 토지 특별보고서(2019.09)」, 「변화하는 기후에서의 해양 및 빙권 특별보고서(2019)」가 있음
 - **방법론 보고서(MR, Methodology Report)**: 각국의 온실가스 배출량 산정, 유엔기후변화협약 당사국의 인벤토리 보고에 활용하기 위한 관련 지침을 담았으며, 최신 발행된 보고서로는 「IPCC 국가 온실가스 배출 목록 2006 지침 2019 개선보고서(2019.05)」가 있음

1) 동 섹션은 오채운 외(2021)의 제3장 제1절의 내용을 토대로 작성되었다.

- ▶ 평가보고서를 본격적으로 작성하기 이전에, 작성 범위와 개요를 설정하는 스코핑(scoping) 회의가 개최되며, IPCC 총회에서 개요 초안이 승인됨. 제6차 평가보고서의 범위는 2016년 사전 범위 논의, 2017년 아디스아바바 범위 회의를 거쳐, 2017년 몬트리올 IPCC 제46차 회의에서 결정됨. 동 회의에서 결정된 제6차 평가보고서의 범위는 다음의 내용을 고려하여 구성되는 것으로 결정되었음 (IPCC 2017)
 - ① 전지구적 이행점검(Global Stocktake)
 - ② 배출, 기후, 리스크, 발전 목표 간의 상호작용(Interaction among emissions, climate, risks and development pathways)
 - ③ 발전경로 측면에서 기후변화 완화 및 적응의 사회경제학적 비용과 편익(Economic and social costs and benefits of mitigation and adaptation in the context of development pathways)
 - ④ 지속가능발전 측면에서 기후변화 완화와 적응 행동(Adaptation and mitigation actions in the context of sustainable development)
 - ⑤ 금융과 지원 방법(Finance and means of support)

- ▶ 보고서 범위 및 개요 초안이 IPCC 총회에서 승인되면 정부 및 옵저버 기구들이 보고서 저자 및 검토편집위원을 추천하며, IPCC 의장단이 이 중 적격자를 선정하여 본격적인 작성이 시작됨

- ▶ 보고서 초안이 작성되면, 이후 전문가 및 정부 검토과정이 이루어짐. 검토 과정은 크게 3단계로 1차 초안(FOD, First Order Draft), 2차 초안(SOD, Second Order Draft), 그리고 최종정부안(FGD, Final Government Draft)까지 총 세 번의 검토 과정을 거치며, IPCC 총회 중 개최되는 실무그룹 회의에서 정책결정자를 위한 요약서(SPM)를 Line-by-line 방식으로 승인(approval)하고, 총회에서 실무그룹 회의 활동을 수용(acceptance)하는 과정을 거쳐 보고서 최종 승인이 이루어짐

- ▶ 이번 제6차 평가보고서의 완화 보고서에 대한 검토 및 승인 일정은 다음의 [표 2-1]과 같이 정리됨

[표 2-1] 제6차 평가보고서 WG III '완화' 보고서 검토 및 승인 일정

일정	내용
2020.01 ~ 2020.03	• 1차 초안(FOD)에 대한 전문가 검토
2020.11 ~ 2021.01	• 정책결정자를 위한 요약서(SPM) 1차 초안에 대한 전문가 및 정부 검토
2021.01 ~ 2021.03	• 2차 초안(SOD)에 대한 전문가 및 정부 검토
2021.11 ~ 2022.01	• 최종정부안(FGD) 및 SPM 검토
2022.03 ~ 2022.04	• IPCC 제56차 총회 - '완화' 보고서 승인

자료: IPCC (2022c)에 기반하여 저자 정리

▶ 제56차 IPCC 총회(2022.04)에서 최종적으로 승인된 제6차 평가보고서의 완화 보고서의 목차 및 구성은 다음의 [표 2-2]와 같음

[표 2-2] 제6차 평가보고서 WG III ‘완화’ 보고서 구성

요약(Summary)	
정책결정자를 위한 요약서(Summary for Policymakers)	
기술 요약서(Technical Summary)	
장(Chapter)	
제1장	도입 및 구성(Introduction and framing)
제2장*	배출 추세와 그 동인(Emission trends and drivers)
제3장	장기목표에 부합하는 완화 경로(Mitigation pathways compatible with long-term goals)
제4장*	단기·중기 완화 및 발전 경로(Mitigation and development pathways in the near- and mid-term)
제5장*	감축의 수요, 서비스, 사회적 측면(Demand services and social aspects of mitigation)
제6장*	에너지 시스템(Energy systems)
제7장	농업·임업·기타토지이용(Agriculture and Forestry and Other Land Uses (AFOLU))
제8장*	도시 시스템(Urban systems and other settlements)
제9장*	건물(Buildings)
제10장	교통(Transport)
제11장	산업(Industry)
제12장*	범분야적 관점(Cross-sectoral perspectives)
제13장	국가 및 지자체의 정책 및 제도(National and sub-national policies and institutions)
제14장	국제 협력(International cooperation)
제15장	투자과 재정(Investment and finance)
제16장	혁신, 기술 개발과 이전(Innovation, technology development and transfer)
제17장	지속가능발전 맥락에서의 전환 가속화(Accelerating the transition in the context of sustainable development)
부록(Annex)	
부록 I	용어(Glossary)
부록 II	정의, 단위 및 규칙(Definitions, Units & Conventions)
부록 III	시나리오 및 모델링 방법론(Scenarios and Modelling Methods)

* 표시: 보충자료(Supplementary Material)가 있는 장
자료: IPCC (2022a)에 기반하여 저자 정리

2.2 IPCC 제6차 보고서에 대한 우리나라 대응

- ▶ **(국제회의)** 우리나라가 IPCC 활동에 참여하기 시작한 것은 제11차 IPCC 총회(1995)부터로 볼 수 있음. 2015년 고려대학교 이회성 교수가 IPCC 제6대 의장으로 선출된 이후, 우리나라의 IPCC 대응 활동 및 참여가 더욱 활발해졌음. 보고서 작성 참여뿐만 아니라 전문가 및 정부 차원 검토, 총회 참여 및 개최, IPCC 평가보고서 국문 번역 및 발간 등의 활동을 이어나가고 있음
 - 우리나라 기상청과 인천광역시시의 주관으로 인천 송도 컨벤시아에서 개최된 제48차 IPCC 총회에서는 「지구온난화 1.5°C 특별보고서」의 정책결정자를 위한 요약서가 최종 승인됨
- ▶ **(국제 차원: 보고서)** IPCC 제6차 보고서의 보고서 작성에 참여한 참여자는 다음의 [표 2-3]과 같음. 기상청은 정부 부처 및 전문기관으로부터 분야별 전문가를 추천받고, 이를 IPCC에 해당 보고서별 전문가로 추천하고 있음. 이외에도 기상청은 IPCC 보고서 국내 저자들의 보고서 집필 활동을 지원하여, IPCC 보고서에 대한 우리나라의 참여를 지속적으로 확대하기 위해 노력하고 있음
 - 이에 IPCC 보고서를 집필하는 우리나라 저자 수는 지속적으로 늘어, 제6차 평가 주기에서 보고서 작성에 참여한 저자는, 종합보고서 승인을 주도하는 이회성 의장을 포함하여 총 19명에 이름

[표 2-3] IPCC 제6차 보고서 참여자

일정	스코핑(scoping)	저자(author)
제6차 평가보고서(AR6)	<ul style="list-style-type: none"> • 부산대학교 이준이 교수 (WG I) • 캔자스대학교 정소민 교수 (WG II) 	<p>[종합 보고서]</p> <ul style="list-style-type: none"> • 부산대학교 이준이 교수 (핵심저자, WG I) <p>[WG I 보고서]</p> <ul style="list-style-type: none"> • 부산대학교 이준이 교수 (총괄주저자) • 포항공과대학교 민승기 교수 • 서울대학교 안진호 교수 • 광주과학기술원 윤진호 교수 • APEC 기후센터 권원태 원장 <p>[WG II 보고서]</p> <ul style="list-style-type: none"> • 국립재난안전연구원 정태성 연구관 (총괄주저자) • 한국환경연구원 명수정 연구위원 • 캔자스대학교 정소민 교수 <p>[WG III 보고서]</p> <ul style="list-style-type: none"> • 한국환경연구원 김용건 연구위원 • 연세대학교 정태용 교수(총괄주저자)
1.5°C (SR1.5)	<ul style="list-style-type: none"> • 연세대학교 정태용 교수 	-
토지(SRCLL)	-	<ul style="list-style-type: none"> • 한국환경연구원 명수정 연구위원
해양(SROCC)	<ul style="list-style-type: none"> • 캔자스대학교 정소민 교수 • 해양환경관리공단 이숙희 해양수질팀 차장 	<ul style="list-style-type: none"> • 캔자스대학교 정소민 교수
방법론 보고서(MR)	<ul style="list-style-type: none"> • 국립산림과학원 임종수 연구사 • 건국대학교 우정현 교수 	<ul style="list-style-type: none"> • 건국대학교 우정현 교수 (일반저자) • 고려대학교 손요환 교수 (산림·토지이용) • 국립환경과학원 유영숙 연구관 (산업) • 세종대학교 전의찬 교수 (폐기물) • 한림대학교 김승도 교수 (폐기물)

자료: 기상청(2022)에 기반하여 저자 정리

▶ **(국내 차원)** 우리나라의 IPCC에 대한 국내 협력체계 구축 및 국내·국제적 대응 강화의 일환으로 기상청은 2020년 'IPCC 국내 대응 협의회'를 신설하여 운영해 왔음 (관계부처합동 2020). 기상청은 2016년 'IPCC 대응을 위한 국내 전문가 포럼'을 비상설 조직으로 구성하고 IPCC 최신동향을 국내에 전파하고 실무그룹 보고서별 분과위원회를 설치하여 현안을 대응하고자 하였음. 그러나, 동 포럼이 부처가 아닌 전문가 위주로 구성된 바, 보다 체계적인 정부 차원의 대응을 위해 「기후업무규정」을 개정(2020.04)하여, 2020년 6월 정부 부처간 상설협의체로서 'IPCC 국내 대응 협의회'가 신설되었음 (오채운 2021)

- IPCC 국내 대응협의회는 IPCC와 관련하여 협의회 위원장이 필요성을 인정하는 사항에 대한 업무를 비롯, 크게 다음의 기능을 수행함. ①IPCC 대응 정부활동에 대한 총괄 자문(IPCC 보고서 검토 과정 관리, IPCC 총회 의제 대응 검토 등), ②IPCC 보고서 참여 확대를 위한 협력 방안 모색, ③기후변화 과학 정보와 정책 간의 연계 논의(IPCC 보고서, 기후변화 감시 및 예측 정보 등) 및 관련 부처 간 정책 및 주요 사항 공유, ④한국 기후변화 평가보고서 발간 계획 검토 (기상청 2020, 제33조 기반)
- 14개 부처로 구성된 IPCC 국내 대응 협의회는 다음의 [표 2-4]와 같이 정리됨

[그림 2-4] IPCC 국내 대응 협의회 구성

위원장	
기상청 기후과학국장	
위원	
국무조정실	• 2050 탄소중립위원회 기획총괄국장 (당초, 녹색성장지원단 기후변화대응과장)
기획재정부	• 녹색기후기획과장
과학기술정보통신부	• 원천기술과장
외교부	• 기후변화외교과장(당초, 기후녹색협력과장)
행정안전부	• 재난영향분석과장
농림축산식품부	• 농촌재생에너지팀장
산업통상자원부	• 온실가스감축팀장
보건복지부	• 질병관리청장 미래질병대비과장 (당초, 질병관리본부 미래질병대비과장)
환경부	• 기후변화국제협력팀장 (당초, 기후전략과장) • 신기후체제대응팀장
국토교통부	• 미래전략일자리담당관
해양수산부	• 해양환경정책과장
농촌진흥청	• 연구운영과장
산림청	• 국제협력담당관
기상청	• 기후정책과장 • 기후변화감시과장
간사	
기상청	• IPCC 업무 담당 사무관

자료: 기상청(2020) 제34조 및 최신 부처 조직 운영에 기반하여 정리

▶ IPCC 국내 대응 협의회를 지원하기 위해, 3개 실무그룹 별로 전문가로 구성된 전문위원회가 있으며, 각 전문위원회는 대표 주관기관 주도로 운영됨 (관계부처합동 2020)

- 전문위원회는 IPCC와 관련하여 전문위원회 위원장이 필요하다고 인정하는 사항에 대한 업무를 비롯하여, IPCC 보고서의 전문가 및 정부 검토와 한국 기후변화 평가보고서 집필 및 검토를 담당함 (기상청 2020, 제37조)
- 주관기관은 전문위원장 지명을 비롯, 전문위원회 운영을 관리, 감독하며 전문위원회 활동과 관련된 자료 제출과 협의회 출석 보고를 수행해야 함.
- 실무그룹별 전문위원회 구성은 다음의 [표 2-5]와 같음

[표 2-5] 실무그룹별 전문위원회 구성

구분	주관기관	전문위원회 구성
제1실무그룹(과학적 근거)	• 국립기상과학원	• 총 25인(정부&기관 9인, 학계 16인)
제2실무그룹(영향, 적응 및 취약성)	• 한국환경연구원	• 총 24인(정부&기관 18인, 학계 6인)
제3실무그룹(완화)	• 녹색기술센터 • 에너지경제연구원	• 총 24인(정부&기관 15인, 학계 9인)

자료: 기상청(2022) 및 최신 위촉 연장된 전문위원 명단을 바탕으로 저자 정리

▶ IPCC 국내 대응 협의회의 제3실무그룹 전문위원회의 공동 주관기관인 녹색기술센터와 에너지경제연구원은 전문위원회 개최 등의 활동을 통해 다른 전문위원들과 협력하여 제6차 평가보고서의 제3실무그룹 보고서에 대한 전문가 검토를 2020년부터 주도적으로 실행하였음. 또한, 제6차 보고서와 동 보고서의 정책결정자를 위한 요약보고서(SPM)에 대한 정부간 논의 및 승인이 이루어진 제56차 IPCC 총회에 우리나라 정부대표단으로 참여하여, 우리나라 입장을 발의하고 최종 SPM에 반영하고자 노력하였음

- 각 전문위원은 제6차 평가보고서 2차 초안(SOD) 및 최종정부안(FGD)에 대해, 전문위원별 전문성에 기반하여 담당하는 내용을 중심으로 보고서 본문과 SPM 검토를 수행했으며, 전문위원회와 국내 대응 협의회에 참여해 검토 내용을 공유함. 이를 기반으로 동 보고서의 국내 대응 및 향후 활용 가능한 정책적 시사점을 도출함

3

IPCC 제6차 평가보고서(완화)의 주요내용

- ▶ **(역할)** IPCC 제6차 평가 보고서 제3실무그룹의 ‘완화’ 보고서는 기후변화 완화의 관점에서 온실가스 배출 감축 및 대기 중 온실가스 제거에 대한 현황과 방법을 평가하고, 이에 대한 정책적 함의와 전략적 방향을 제공하기 위해 작성됨. 동 보고서에서는 기후변화 완화 노력과 솔루션의 적합성·비용·가능환경 등 관련된 모든 방면이 분석대상이 됨. 동 보고서의 작성 원칙은 정책적 중립성으로, 정책적 관련성(policy-relevance)을 담보하나 정책 개입(policy-prescriptiveness)을 회피하고자 함
- ▶ **(SPM)** 완화 보고서는 총 17개의 장으로 구성되고 각 장마다 포함된 내용이 방대하므로, 정책결정자들이 완화 보고서를 보다 쉽게 이해하고 향후 정책결정에 활용할 수 있도록 완화보고서의 핵심 내용을 담은 「정책결정자를 위한 요약서(SPM, Summary for Policymakers)」가 준비되었음. SPM 초안은 저자들이 작성하였으며, 제56차 IPCC 총회에서 당사국들의 질의 및 논의를 통해 최종 승인본이 도출되었음
 - **(구성)** 이번 제6차 평가보고서의 완화 부문의 SPM은 하단의 [표 3-1]과 같이 총 5개 절로 구성되었고, 그 분량은 총회 최종 승인본 기준 63페이지에 달함

[표 3-1] IPCC 제6차 평가보고서 실무그룹3(완화)의 SPM 구성

섹션	주요 내용
A. 서론 및 구조 (Introduction and framing)	• 제5차 보고서 대비 이번 제6차 보고서의 주요 특징 (①국제적 변화추세 고려, ②행위자 및 완화 접근법의 다양화, ③완화·적응·발전경로의 연계, ④새로운 평가 접근법, ⑤분석체계의 다양화)
B. 최근 배출추세 및 동향 (Recent developments and current trends)	• 과거부터 현재까지의 온실가스 배출량 및 그 특징, 미래 온실가스 배출 전망 및 배출 경로 시나리오
C. 지구온난화 제한을 위한 시스템 전환 (System transformations to limit global warming)	• 다양한 수준의 지구온난화 제한 방법, 여러 배출 경로 및 대체 완화 포트폴리오 도출, 부문별 및 시스템 수준에서 특정 완화 옵션 평가
D. 완화-적응-지속가능발전 간의 연계 (Linkages btwn. mitigation, adaptation and sustainable development)	• 완화, 적응 및 지속가능발전 사이의 시너지 및 상충 효과
E. 대응 강화 (Strengthening the response)	• 제도적 설계, 재정, 혁신 및 거버넌스가 어떻게 기후변화 완화를 제공할 수 있는지에 대한 지식 평가

자료: IPCC (2022b)의 목차에 기반하여 저자 정리

3.1 서론 및 구조

▶ IPCC 제6차 평가보고서의 제3실무그룹 완화 보고서는 기후변화 완화에 대한 과학·기술·환경·경제·사회적 특성에 대한 문헌을 평가하며, 기존 IPCC 보고서를 바탕으로 문헌의 새로운 연구결과를 반영하였음. 지난 제5차 평가보고서와 비교했을 때, 이번 제6차 완화 보고서에 반영된 주요 발전 사항은 크게 다섯 가지임

- **(특징)** 이번 완화 보고서의 다섯가지 특징으로는 i) 국제적 변화 추세를 고려한 점, ii) 완화 행동과 관련된 다양한 행위자들을 고려하고, 다양한 완화 접근법들을 반영한 점, iii) 기후변화 완화 경로만이 아니라 적응과 발전경로를 연계하여 접근한 점, iv) 새로운 접근법으로써 수요·서비스 및 사회적 측면(제5장)과 혁신·기술 개발 및 이전(제16장)에 대해서 별도의 장으로 분류하여 고려한 점, 그리고 v) 기후변화 완화 행동의 요인·장애요소·옵션을 평가하기 위해 다양한 분석체계를 고려한 점임. 각 사항에 대해서 보다 구체적인 내용은 다음의 [표 3-2]와 같이 정리될 수 있음

[표 3-2] IPCC 제6차 평가보고서의 특징

구분	주요 내용
① 국제적 변화 추세 고려	<ul style="list-style-type: none"> • 유엔기후변화협약 차원의 진행 경과(교토의정서 결과와 파리협정 채택 등) 포함 • 지속가능발전목표(SDGs)를 포함한 유엔 2030 지속가능발전 의제 반영 • 국제협력·자원·혁신의 역할 강화 반영
② 행위자 및 완화 접근법의 다양화	<ul style="list-style-type: none"> • (행위자) 새로운 행위자*들의 참여 및 역할 증대 * 도시, 민간섹터, 토착민, 지역 사회, 시민, 청년, 초국가 이니셔티브, 민간·공공 기관 • (완화 접근법) 기후정책 확산, 기존 및 신규 저배출 기술 비용 감소, 다양한 형태 및 수준의 완화 노력, 온실가스 배출 감소, 코로나19의 영향 및 교훈 등
③ 기후변화 완화·적응·발전경로 연계	<ul style="list-style-type: none"> • (발전경로-완화 연계) 경제발전의 모든 단계에 해당하는 국가들이 각기 취하는 발전경로가 온실가스 배출에 영향을 주고, 완화 노력에 도전과제와 기회를 제공 • (지속가능발전-완화 연계) 지속가능발전, 형평성, 빈곤퇴치 등을 고려한 완화 행동의 수용성, 지속성, 효과성이 높다는 점을 강조 • (다른 목적과 연계) 완화 조치/정책/거버넌스를 다른 주요 목적(적응 등)과 연계
④ 새로운 평가 접근법	<ul style="list-style-type: none"> • (신규 장(chapter)) 수요·서비스 및 사회적 측면(제5장), 혁신·기술 개발 및 이전(제16장) • (미래 경로 평가) 국가별 완화 기준 기여 약속 및 행동에 대한 평가와 결합하여, 단기(~2030), 중기(~2050), 장기(~2100) 미래 전망 • (지속가능발전 고려) 국제적 완화 경로 평가 모델에 지속가능발전 경로로의 전환 고려 • (그룹협력) IPCC 실무그룹I(과학), 실무그룹II(적응), 실무그룹III(완화) 간의 강화된 협력
⑤ 분석체계의 다양화	<ul style="list-style-type: none"> • 기후변화 완화 행동의 원인, 장애요소, 옵션을 평가하기 위해 다양한 분석체계* 검토 * 경제적 효율성(희피된 영향 편익 포함), 윤리 및 형평성, 사회·기술적 전환 과정의 연계성, 사회·정치적 체계(제도 및 거버넌스 포함) 등

자료: IPCC (2022b) 섹션 A에 기반하여 저자 정리

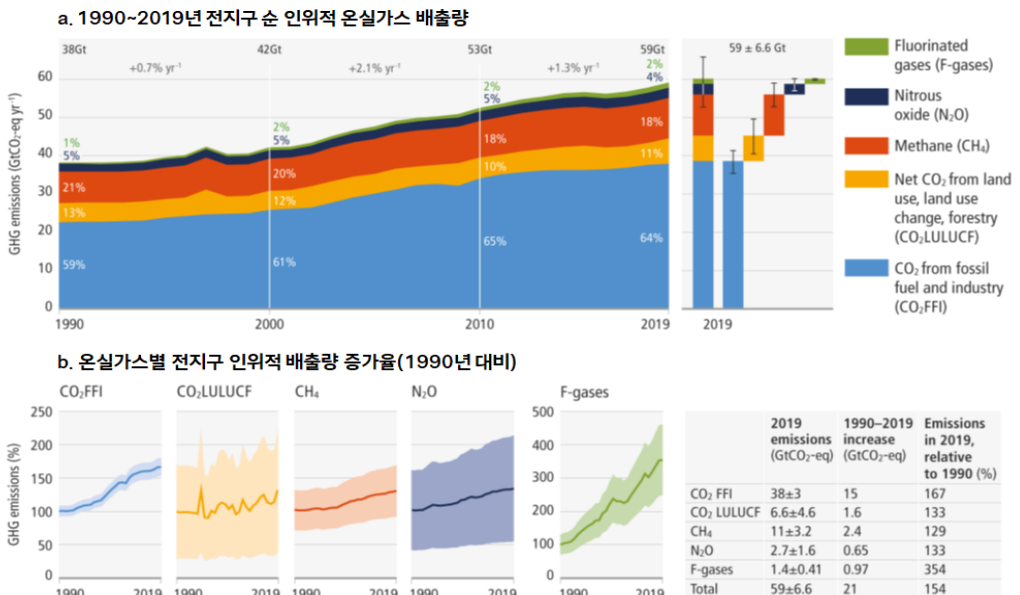
3.2 최근 배출 추세 및 동향

▶ **(전지구 연간 온실가스 배출량)** 전지구 순 인위적 온실가스 배출량(global net anthropogenic GHG emissions)은 지속적으로 증가해 2019년 '연간' 순 배출량은 59±6.6 GtCO₂eq/yr로, 이는 2010년 배출량 대비 12%, 1990년 배출량 대비 54% 높은 수치임 ([그림 3-1a] 참조)

- **(연평균 증가율 비교)** 전 지구 '연간' 온실가스 배출량 자체는 지속적으로 증가하고 있으나, 연간 배출량의 '증가율'은 감소 추세에 있음. 2000~2009년 기간에는 연평균 2.1% 증가하였으나, 2010~2019년 기간에는 연평균 1.3% 증가율을 나타내고 있음
- **(온실가스별 증가 추이)** 모든 종류의 온실가스가 1990년 배출량과 비교 시 2019년 증가 추세에 있음. 화석연료 및 산업 부문에서의 이산화탄소(CO₂-FFI), 토지 부문²⁾에서의 이산화탄소(CO₂-LULUCF), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O)는 2019년 배출량이 1990년 대비 2배 이내로 증가. 불화가스(F-gas)의 경우 전체 온실가스에서 차지하는 비율은 작을지라도 1990년 대비 2019년 배출량이 354%(불확실성 범주까지 포함하면 약 450%)에 육박해 그 증가율이 매우 높음 ([그림 3-1b] 참조)
- **(역사적 배출량)** 1850~2019년 역사적 '누적' '이산화탄소' 순배출량은 2400±240 GtCO₂로, 이중 42%(1000±90 GtCO₂)가 1990~2019년에 배출되었음. 또한, 1850~2019 역사적 누적 배출량은 지구온난화를 1.5°C로 제한하기 위한 배출허용총량(carbon budget)의 약 4/5, 2°C로 제한 배출허용총량의 약 2/3에 해당. 이는 1.5°C 제한을 위한 배출허용총량이 약 1/5만 남았다는 것을 의미함

[그림 3-1] 1990~2019년 전지구 순 인위적 온실가스 배출량 (GtCO₂eq/yr)

모든 주요 온실가스 종류를 통틀어 전지구 순 인위적 배출량이 지속적으로 상승해옴



출처: IPCC (2022b)의 Figure SPM.1을 번역

2) 정확히는 토지이용·토지이용변화 및 산림(LULUCF, land use, land use change, and forestry)을 의미함. 또한 LULUCF는 순배출량으로 배출량과 흡수/제거량을 산정한 값으로 설정

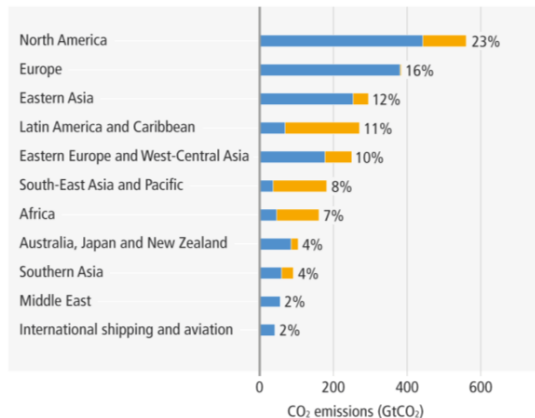
▶ **(배출량 격차)** 지역별 배출량은 차이가 큰 것으로 나타났음. 또한, 지역별 및 국가별 ‘일인당’ 배출량 차이는 다양한 발전 수준에 기인한 것으로 나타남. 특히, 가장 높은 일인당 배출량을 가진 소득수준 상위 10% 가구가 전세계 온실가스 배출량의 상당 부분을 불균형적으로 차지함

- **(지역별 배출량 분포)** 1850~2019년 역사적 누적 이산화탄소 순배출량의 기여도를 지역별로 살펴보면, 지역별로 불균등하게 분포하는데, 북아메리카(23%)는 전지구 누적 배출량 중 가장 높은 비중을 차지하며, 유럽(16%), 동아시아³⁾(12%)가 그 뒤를 따름. 가장 적은 기여도는 남아시아(4%)와 중동(2%)이 있음 ([그림 3-2a] 참조)
- **(지역별 일인당 배출량)** 2019년도 기준, 지역별 총 인구 대비 일인당 온실가스 배출량을 보면, 북아메리카의 경우 19 tCO₂eq인 반면, 남아시아의 경우 2.6 tCO₂eq로 그 차이가 큰 것으로 나타남 ([그림 3-2b] 참조). 지역별 인구 분포를 살펴볼 때, 일인당 6 tCO₂eq 이상 배출하는 국가에 전 지구 인구의 48%가 거주하며, 일인당 3 tCO₂eq 이하 배출 국가에 전 지구 인구의 41%가 거주함 (CO₂-LULUCF 제외 계산)
- **(소득별 배출량 차이)** 화석연료 및 산업 부문에서의 이산화탄소(CO₂-FFI) 배출량을 살펴볼 때, 1850~2019년 누적 배출량에서 최빈개도국(LDC)은 0.4%, 군소도서국(SIDS)은 0.5%를 차지함
- **(가구 소득별 배출량 차이)** 전세계 소득 상위 10%가 전세계 배출량 34~45%, 소득 중간 40%가 배출량의 40~53%, 하위 50%가 전세계 배출량 13~15% 차지하는 것으로 나타남
- **(감축노력 성과)** 18개 이상의 국가가 10년 이상 배출량 감축에 성공하였으며, 이 중 일부는 배출량 정점 이후 정점 배출량의 1/3 이상을 감축하고, 일부는 연평균 4% 감축율⁴⁾을 달성함

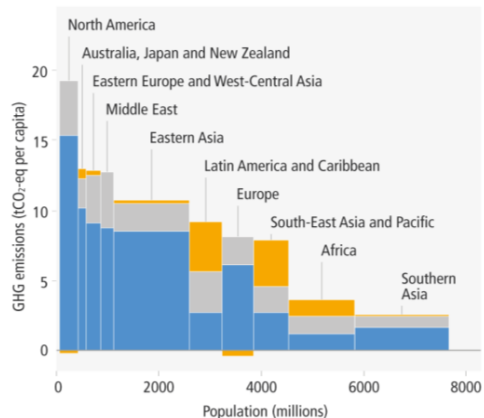
[그림 3-2] 지역별 온실가스 배출량 및 1850~2019년 누적 이산화탄소 배출량의 지역별 분포

배출량은 현재에도, 또한 1850년부터의 누적량으로도 지역별로 불균등하게 분포함

a. 지역별 역사적 누적 인위적 CO₂ 순배출량(1850~2019)



b. 지역-인구별 일인당 인위적 온실가스 배출량



출처: IPCC (2022b)의 Figure SPM.2의 일부를 번역

3) 동아시아에는 중국, 몽골, 한국(남한), 한국(북한)이 분류

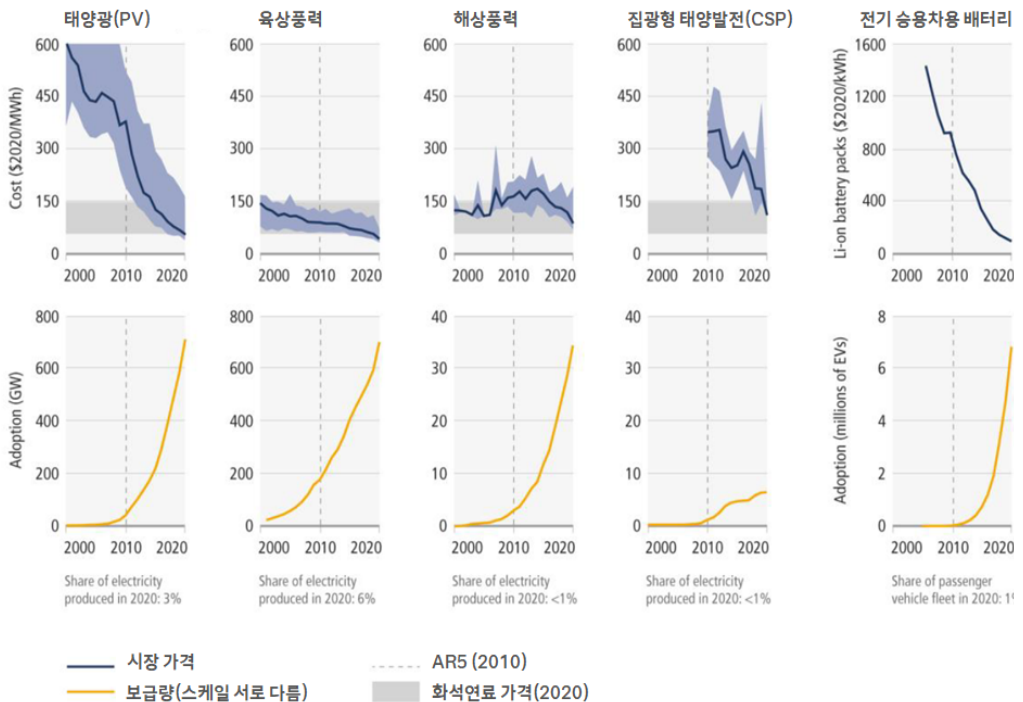
4) 지구온난화를 2°C로 제한하기 위해 필요한 감축율과 비슷함

▶ **(저배출 기술 단가 하락)** 저배출 기술의 단가가 2010년 이래 지속적으로 하락하고 있으며, 이는 혁신 정책 패키지로 가능해졌음. 혁신 정책 패키지에는 기술주도 정책 차원의 공공 R&D 투자와 실증·시범 사업의 비용 지원, 수요견인 정책 차원의 기술 활용 보조금 지원 등이 있음

- **(단가 및 보급 동향)** 2010~2019년 기간 동안 태양광 발전의 단가는 85%, 풍력 발전의 단가는 55%, 리튬이온 배터리의 단가는 85% 하락하였음. 이에 따라 보급량 역시 태양광의 경우 10배 이상, 전기차의 경우 100배 이상 증가하였음 ([그림 3-3] 참조)
- **(디지털 기술)** 디지털 기술은 기후변화 완화 및 지속가능발전목표 달성에 기여할 수 있음. 예시로, 센서, 사물인터넷(IoT), 로봇, 인공지능 등의 기술들은 에너지 관리 향상, 에너지 효율성 증대, 저배출 기술 채택 증진, 경제적 기회 창출 등에 기여. 그러나, 디지털 기술 활용에 따른 상품·서비스 수요 증대로 완화 기여도 상쇄 가능성 존재. 또한, 전자제품 폐기물, 노동환경에 대한 부정적 영향, 디지털 격차 문제를 적절히 관리해야 함

[그림 3-3] 급격하게 변하는 완화 기술의 단가 하락 및 활용도

일부 재생에너지와 전기 승용차용 배터리의 단가가 하락하였으며, 활용도가 지속적으로 증가함



출처: IPCC (2022b)의 Figure SPM.3을 번역

▶ (2030년 NDC 목표 대비 배출량 격차) 현재 수준의 NDC 이행으로 1.5°C 목표는 달성이 어려우며, 2°C 목표는 2030년 이후 감축 노력을 급격히 가속화해야 달성이 가능함

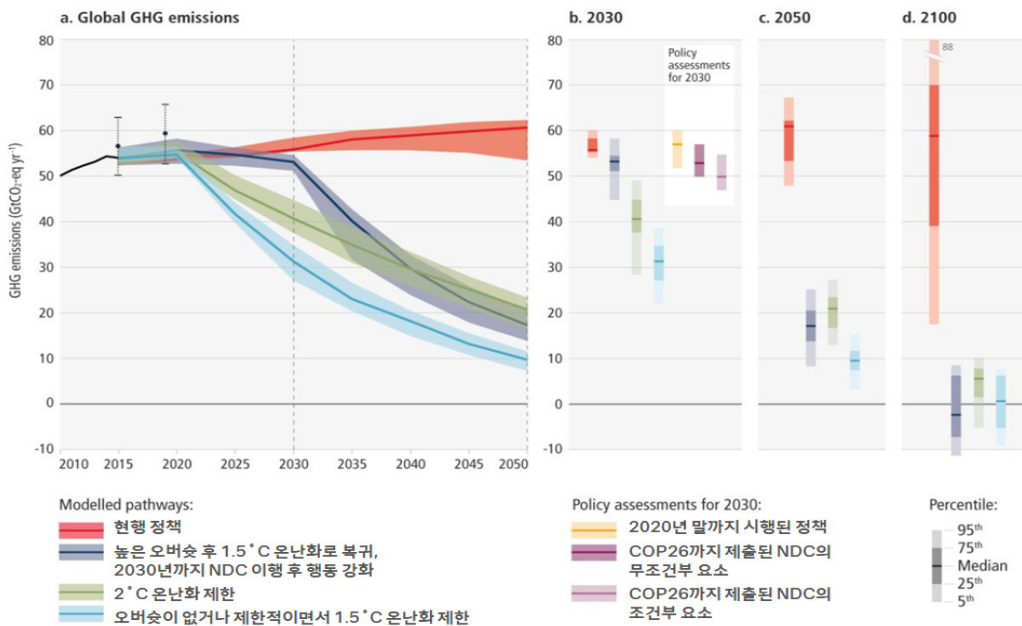
- (현재 정책과 NDC 간 배출량 격차) 2019년 기준 연간 배출수준은 59 GtCO₂eq이며, 2019년도의 현행 정책(current policy)이 이행된다고 가정했을 때의 2030년 배출량 전망은 57 GtCO₂eq임. 그런데, 제26차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP26) 전까지 제출된 NDC 및 NDC 갱신본에 포함된 완화행동이 이행된다고 가정했을 때, NDC 무조건부(unconditional)의 2030년 배출량은 53 GtCO₂eq이고, 조건부의 경우 50 GtCO₂eq임. 현행 정책과 NDC 간 배출량 격차가 크지 않음
- (NDC와 1.5°C 및 2°C 배출량 격차) 2030년 NDC 무조건부 목표 달성을 전제로 한 2030년 배출전망치가 53 GtCO₂eq인데, 이는 2°C 완화 경로의 2030년 예상배출량과 10~16 GtCO₂eq의 격차가 존재하며, 1.5°C 경로의 예상배출량과 19~26 GtCO₂eq의 격차가 존재함. 이는 현재 NDC 의욕수준으로 2°C 및 1.5°C 완화 경로 달성이 어렵다는 것을 시사함 ([표 3-3] 및 [그림 3-4] 참조)

[표 3-3] 현행 정책 및 NDC와 완화 경로 사이의 배출량 격차

(단위: GtCO ₂ eq/yr)	현재	2030년 전망	배출량 격차	
			2°C 목표	1.5°C 목표
현행 정책	59	57 (52~60)	-	-
NDC	무조건부	53 (50~57)	10~16	19~26
	조건부	50 (47~55)	6~14	16~23

자료: IPCC (2022b)의 Table SPM.X(승인본 기준)에 기반하여 저자 정리

[그림 3-4] 모델 경로 상에서의 전지구 온실가스 배출량



출처: IPCC (2022b)의 Figure SPM.4를 번역

3.3 지구온난화 제한을 위한 시스템 전환

▶ **(모델링된 전지구 배출 경로 유형)** IPCC 제3실무그룹은 전지구적으로 도출된 미래 기후변화 전망 시나리오 2,266개를 수집하였고, 각각의 시나리오 분석 내용이 역사적 동향 및 단기 타당성에 적합성이 있는지 여부를 바탕으로 1,203개의 시나리오를 선별한 후, 이를 모델링된 전지구 배출 경로 8개 유형(category)으로 분류하였음. 이는 [표 3-4]와 같이 정리되었음. 유형 C1~ C8 중에서, 유형 C1, C2, C3의 세 개 유형이 본 보고서가 집중하는 유형이며, SPM에서는 이 중에서도 유형 C1 및 C3에 집중함

- **(유형 C1) 오버슈트⁵⁾이 없거나 제한적이면서 1.5°C 온난화로 제한하는 경로.** 2100년에 지구온난화를 1.5°로 제한할 가능성이 50% 이상이면서 동시에 21세기 내내 전지구 온도가 1.5°C를 일시적으로 벗어나는 오버슈트가 없거나 제한적으로(0.1°C 이내) 발생할 가능성이 67% 이상인 경로가 속하는 유형. 이는 다시 두 개의 하위유형인 C1a와 C1b 유형으로 구분됨
 - 먼저, C1a 유형은 2100년 이내에 전지구 이산화탄소 넷제로 및 전체 온실가스 넷제로를 동시에 달성하는 경로로,⁶⁾ 여기에 속하는 예시적 완화 경로(IMP, illustrative mitigation pathway)⁷⁾로는 완화 노력 수준을 변화하고 기술혁신 등을 통해 지속가능발전을 위한 경로로 즉각적으로 전환하는 경로(SP, Shifting Pathway toward sustainable development)나 자원(특히 에너지)에 대한 효율적 사용과 소비 패턴 전환을 통해 자원에 대한 수요를 낮추는 저수요 관리 경로(LD, Low Demand for resources)가 있음.⁸⁾ 한편, C1b 유형은 2100년 이내에 전지구 이산화탄소 넷제로는 달성하나 온실가스 넷제로는 달성하지 않는 경로로, 이를 달성할 수 있는 예시적 경로로는 재생에너지 활용 확대 경로(Ren, Renewable energy deployment expansion)라고 도출됨
- **(유형 C2) 높은 오버슈트 후 1.5°C 온난화로 복귀하는 경로.** 2100년에 지구온난화를 1.5°C로 제한할 가능성이 50% 이상이면서 동시에 21세기 중 전지구 온도가 1.5°C를 일시적으로 초과하는 오버슈트(0.1~0.3°C)이 발생할 가능성이 67% 이상인 경로가 속하는 유형임. 동 유형을 달성할 수 있는 예시적 완화 경로로는 대기 중 이산화탄소제거(CDR, carbon dioxide removal) 접근법을 활용하여 결과적으로 전지구적 온실가스 네거티브 배출로 이어지는 경로이며, 동 예시적 경로 명칭은 ‘Neg (Net Negative global GHG emissions by the deployment of carbon dioxide removal)’임

5) 오버슈트(overshoot): 지구온난화 과정에서 일시적으로(최소 십년에서 수십년) 목표 온도를 초과하는 현상

6) 넷제로(net zero): 제시된 기간 동안 인위적 배출량이 인위적 제거량으로 상쇄되어 순배출량이 0(제로)이 되는 것으로 IPCC에서 정의. 세부적으로는 이산화탄소에 한해 넷제로를 달성하는 ‘이산화탄소 넷제로’와 이산화탄소를 포함한 전체 온실가스에 대해 넷제로를 달성하는 ‘온실가스 넷제로’로 구분할 수 있음. 한편, 넷제로와 유사한 개념으로 탄소중립(carbon neutrality) 및 온실가스중립(greenhouse gas neutrality)이 있음. IPCC의 정의를 따르자면, 전지구적으로 볼 때 넷제로와 탄소중립은 같은 개념이나, 그보다 낮은 수준(국가, 지역 등)으로 한정했을 때, 넷제로는 통상적으로 감축 주체가 직접 관리하는 배출·흡수량만으로 순배출량을 0(제로)이 되게 하는 것이라면, 탄소중립 및 온실가스중립은 감축주체가 직접 관리하는 영역을 넘어 발생하는 배출·흡수량까지 고려한 개념임 (IPCC 2022a, Annex I p.8, 22, 31, 32). 이러한 내용을 종합하면 하단의 표와 같이 정리될 수 있음

개념	차이 (하위 레벨)	공통 (국제 및 하위 레벨)
넷제로 (Net zero) - CO ₂ 넷제로, GHG 넷제로	감축주체의 관할지역 내 또는 직접적인 규제 대상이 되는 배출 및 제거에만 적용	배출량+제거량=0(제로)
중립성 (Neutrality) - 탄소중립, GHG 중립	감축주체의 관할지역 내 또는 직접적인 규제 대상이 되는 배출 뿐만 아니라 그 외적인 배출 및 제거에도 적용	

7) 예시적 완화 경로란 다양한 지구온난화 수준 경로에 해당하는 다양한 완화 ‘전략’의 범주를 예시적으로 보여주기에 도출된 것임. 예시적 완화 경로는 모든 가능한 주제(에 대한 전략)를 다루는 것은 아니며 대표적인 완화 전략 중심으로 도출됨

8) 제1실무그룹에서 다루는 5개 공동사회경제경로(SSP, shared socio-economic pathway) 중 동 유형과 적합성이 있는 경로는 SSP1-1.9 경로로, 이는 전세계가 점진적으로 지속가능발전경로로 전환하면서, 21세기 중반 경에 이산화탄소 넷제로를 달성하고, 2100년까지 온실가스 배출 수준을 ‘매우 낮게(very low)’ 제한하는 경로임. 이에, WGIII의 SP 예시적 완화 경로와 유사함

- **(유형 C3) 2°C 온난화로 제한 가능성 높은 경로**⁹⁾ 2100년에 지구온난화를 2°C로 제한할 가능성이 67% 이상인 경로가 속하는 유형. 이는 다시 두 개의 하위유형으로 구분됨.
 - 먼저, C3a 유형은 2020년부터 즉각적인 완화 행동을 시작하는 것을 가정한 경로가 속하는 하위유형임.¹⁰⁾ 한편, C3b는 2030년까지는 현재 발표된 NDC 수준의 완화 노력을 유지한 후, 이후 완화수단을 새로이 소개하고 적용하는 등 완화 노력을 점진적으로 강화(GS, Gradual Strengthening)하는 것을 가정한 예시적 완화 경로가 속함

[표 3-4] 전지구 배출 경로의 유형과 주요 특징 (표기값은 경로 유형별 중간값으로 표시)

유형(카테고리)			연간 배출량 (GtCO ₂ eq/yr)		달성 연도				2100년 온난화 수준*
구분	경로 설명 (확률)	예시적 완화 경로	2030	2050	CO ₂ 정점	GHG 정점	CO ₂ 넷제로	GHG 넷제로	
C1	오버슈트 없거나 제한적(0~0.1°C)이면서 1.5°C 온난화로 제한 (>50%)		31	9	2020-2025		2050-2055	2095-2100	1.3°C
- C1a	GHG 넷제로 달성	• SSP1-1.9 • SP, LD	33	8				2070-2075	1.2°C
- C1b	CO ₂ 넷제로 달성하나 GHG 넷제로 달성 없음	• Ren	29	9				-	1.4°C
C2	높은 오버슈트(0.1~0.3°C) 후 1.5°C 온난화 제한 복귀 (>50%)	• Neg	42	14			2055-2060	2070-2075	1.4°C
C3	2°C 온난화로 제한 (>67%)		44	20			2070-2075	-	1.6°C
- C3a	2020년부터 즉각적인 완화 행동 시작	• SSP1-2.6	40	20			2070-2075	-	1.6°C
- C3b	2030년까지 NDC 이행과 이후 이행 강화	• GS	52	18			2065-2070	-	1.6°C
C4	2°C 온난화로 제한 (>50%)		50	28			2080-2085	-	1.8°C
C5	2.5°C 온난화로 제한 (>50%)		52	39	-	-	2.1°C		
C6	3°C 온난화로 제한 (>50%)	• SSP2-4.5 • Mod-Act	54	52	2030-2035	2020-2025	-	-	2.7°C
C7	4°C 온난화로 제한 (>50%)	• SSP3-7.0 • Cur-Pol	62	70	2085-2090	2090-2095	-	-	3.5°C
C8	4°C 온난화 초과 (>50%)	• SSP5-8.5	71	88	2080-2085	-	-	-	4.2°C

* 현재의 전지구 온도는 이미 산업화 이전(1850-1900) 대비 1.09°C 상승하였음(IPCC AR6 WGI 보고서 결과)
출처: IPCC (2022b)의 Table SPM.2에 기반하여 저자 정리

9) IPCC 보고서에서 가능성이 높다(likely)는 의미는 가능성이 67% 이상임을 의미하는 표현. 동 유형을 제외한 나머지 일곱 개의 유형은 모두 가능성이 50% 이상이며, 특히 C4 유형의 경우 2100년 온난화 제한 정도가 2°C인 점은 C3 유형과 동일하나 가능성이 C3보다 낮음
10) 제1 실무그룹에서 다루는 공통사회경제경로 중 동 유형과 정합성이 있는 경로는 SSP1-2.6 경로로, 이는 전세계가 점진적으로 지속가능발전경로로 전환하면서, 21세기 중반 이후에 이산화탄소 넷제로를 달성하고, 2100년까지 온실가스 배출 수준을 '낮게(low)' 제한하는 경로임

- **(유형 C4~C8: 기타 온난화 정도) C4~C8의 다섯 가지 유형은 각각 2100년에 지구온난화 정도가 2°C 이내, 2.5°C 이내, 3°C 이내, 4°C 이내, 4°C 초과할 가능성이 50% 이상인 경로가 속하는 유형임.** 이 중에서 주목할 유형은 유형 C6과 C7임. 유형 C6에 해당하는 예시적 경로(IP, illustrative pathways)에 NDC 이행 및 의욕 수준 유지 경로(Mod-Act, Moderate Action)가 포함되어 있는데,¹¹⁾ 이는 2021년 10월까지 제출된 모든 국가의 NDC 상의 완화 노력만으로는 2100년에 지구온난화 수준이 2.7°C까지 증가한다는 것을 보여줌. 또한, 유형 C7에 해당하는 예시적 경로에 2019년도 기준 현행 정책을 유지하는 경로(Cur-Pol, Current Policy implementation)가 포함되어 있으며, 이는 곧 우리가 2019년도 기준으로 이행한 정책을 더 강화하지 않고 현행대로 유지한다면 2100년에 지구 온난화 수준이 3.5°C까지 증가한다는 예측치를 보여준다는 것임¹²⁾

▶ **(감축 경로별 필요 감축량 수준) 오버슈트 없거나 제한적인 1.5°C 경로나 즉각적인 행동을 가정한 2°C 경로 상에서, 2020~2025년¹³⁾ 사이에 전지구 배출량 정점에 도달하는 것으로 도출됨**

- **(넷제로 달성 연도)** 오버슈트 없거나 제한적인 1.5°C 경로에서 이산화탄소 넷제로는 2050년 초반에 달성, 2°C 경로에서는 2070년 초반에 달성될 것으로 분석됨. 이산화탄소 넷제로 달성 이후에는 지속적인 이산화탄소 감축으로 순-네거티브(net negative) 배출¹⁴⁾이 이루어짐
- **(완화 경로에 따른 감축 필요량 전망)** 지구온난화를 오버슈트 없거나 제한적이면서 1.5°C로 제한하는 경로의 경우(유형 C1에 해당), 2019년 배출량 대비 2030년 배출 감축 필요량은 43%이고, 2050년에는 84%로 전망됨. 높은 오버슈트 후 1.5°C로 복귀하는 경로의 경우(유형 C2), 2030년 배출 감축 필요량은 23%, 그리고 2050년에는 75%로 전망됨. 2°C 제한을 위해 즉각적인 행동을 하는 경로의 경우(유형 C3a), 2019년 전지구 온실가스 배출량 기준 대비 2030년 배출 감축 필요량은 27%이고 2050년에는 63%로 전망됨 ([표 3-5] 참조)

[표 3-5] 감축 경로별 2030년 및 2050년 감축량

구분	2030년까지 감축 비율(%)	2050년까지 감축 비율(%)
1.5°C 경로 (오버슈트 없거나 제한적)	43% (34~60%)	84% (73~98%)
1.5°C 경로 (높은 오버슈트 존재)	23% (0~44%)	75% (62~91%)
2°C 경로	27% (13~45%)	63% (52~76%)
NDC 의욕 수준 경로	2% (-10~11%)	5% (-2~18%)

출처: IPCC (2022b)의 C.1.1 및 Table SPM.1에 기반하여 저자 정리

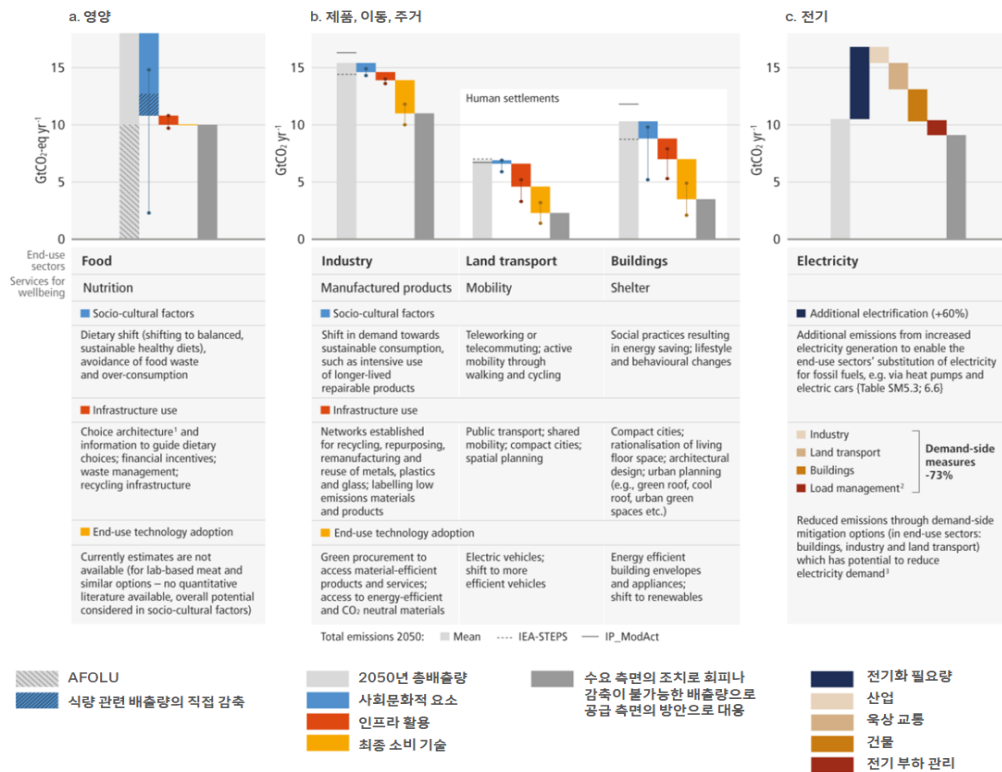
11) 예시적 경로(IP)란 예시적 완화 경로(IMP)와의 비교를 위해 현재 정책 수준이 지속된다는 참고용 시나리오(reference scenario)로 도출된 경로임
 12) 제1실무그룹에서 다루는 공통사회경제경로 중 SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5는 각각 유형 C6, C7, C8과 정합성이 있음
 13) 경로 분석시 5년 간격의 기간을 기준으로 분석하였기에 이와 같이 표기되었으나, 이는 가능한 신속히, 아무리 늦더라도 2025년 이전에는 배출량 정점에 도달하여야 함을 의미함
 14) 순-네거티브(net negative): 인위적 온실가스 제거량이 인위적 온실가스 배출량을 초과하여 온실가스 순배출량이 0보다 작아지는 것

▶ (수요 관리를 통한 완화) 수요 측면의 완화 조치는 ①사회문화·행태적 변화, ②인프라 활용 방법, ③최종소비 기술의 채택을 포괄하는 조치임. 이를 통해 모든 부문에서 전지구 온실가스 배출량을 2050년까지 기반 시나리오 대비 40~70%를 감축할 수 있으며, 특히 건축환경 및 인프라 설계·개선만으로¹⁵⁾ 배출량의 5~30%를 감축할 수 있음

- (분야별 수요 측면 완화 조치) 영양 분야에 적용 가능한 수요 측면 완화 조치로는 채식으로 대표되는 균형있고 지속가능한 건강 식단(balanced, sustainable and healthy diets)의 활용과 음식물 쓰레기의 감소 등이 있고, 제품·이동·주거 분야에 적용 가능한 조치로는 반응형(adaptive) 냉난방 기술의 적용, 전기 승용차 보급, 걷기·자전거·공유차량·대중교통의 활용 등이 있음 ([그림 3-5] 참조)
- (수요 측면 조치를 통한 형평성) 수요 측면의 조치는 일인당 배출량이 높으며 사회경제적 지위가 높은 개인일수록 감축 잠재력이 높기 때문에,¹⁶⁾ 이러한 수요 측면 조치로 소득 격차 간의 비형평성 문제에 대응하면서 모든 사람이 기본적 웰빙을 충족할 수 있도록 기여할 수 있음

[그림 3-5] 2050년까지의 수요 측면 완화 방안의 잠재력

수요 측면의 완화는 2050년까지 사회문화적 요소, 인프라 설계·활용, 최종 소비 기술의 채택을 통해 달성가능함



출처: IPCC (2022b)의 Figure SPM.6를 번역

15) 예를 들어, 콤팩트 시티, 직주근접(co-location of jobs and housing), 건물 활용도 향상 등을 통해 추가적인 수요 변화 캠페인 없이도 자연스럽게 소비자의 행태 변화를 유도할 수 있음

16) 사회경제적 지위가 높은 개인일수록 자신의 특권을 드러내기 위해 상품 및 서비스의 소비를 할 가능성이 크며, 이러한 지위 상징적 소비(status consumption) 없이 영양, 주거, 의복, 건강, 교육 등 인간의 기본적인 웰빙을 충족시키는 최소한의 물질로 이루어진 생활을 '적정생활수준(DLS, decent living standards)'이라 지칭함

▶ **(공급 부문별 완화 조치) 오버슈트 없거나 제한적이면서 1.5°C 온난화로 제한하는 경로(유형 C1)나 2°C 온난화로 제한하는 경로(유형 C3)는 모든 공급 부문에서의 신속하고 심층적인(deep) 탈탄소화가 필요함¹⁷⁾**

- 공통적으로 적용되는 대표적인 완화 전략으로는 CCS를 활용하지 않는 화석연료의 저/무탄소 연료 전환과 효율 개선, 이산화탄소제거(CDR, carbon dioxide removal) 접근법의 활용 등이 있음. 온난화를 2°C 이하로 제한하는 대부분의 경로에서는 농업·임업·기타토지이용(AFOLU, agriculture, forestry, and other land use) 및 에너지 부문이 건물, 산업, 수송 등의 기타 부문보다 더 일찍 이산화탄소 넷제로 달성이 가능할 것으로 분석됨
- **(① 에너지)** 에너지 시스템의 저탄소 전환의 주요 전략으로는 ①화석연료 사용 축소, ②저배출 에너지 자원의 확산, ③에너지 효율성 증대 및 개선 등이 있음
- **(② 산업)** 산업 부문의 효율적인 온실가스 감축을 위해서는 생산 및 수요 관리, 에너지 효율 개선, 자원 순환 등 가치사슬 전반에 걸친 감축 노력이 필요하며, 산업 부문 온실가스 넷제로를 위해서는 저탄소 전력 및 수소를 활용하는 공정의 채택과 더불어, 잔여 이산화탄소에 대한 CCS (carbon capture and storage) 사용이 필요함
- **(③ 도시)** 도시화로 인한 사람과 활동의 집중은 자원 효율성 제고 및 대규모의 탈탄소 전환을 위한 기회가 될 수 있으며, 이를 위한 효과적인 온실가스 저감을 위해서는 ①에너지 및 재료 소비 감소, ②저배출 에너지원로의 전환과 연계한 전기화, ③그린-블루 인프라를 통한 탄소 흡수 및 저장 능력 향상의 세 가지 전략이 동시에 구현되어야 함
- **(④ 건물)** 건물 부문의 감축을 위해서는 저배출 건설재료의 활용, 에너지 효율화, 재생에너지 활용 정책이 포함된 건축 설계 등, 건물의 설계-건설-사용-폐기까지 각 단계를 통합한 감축 전략이 필요함
- **(⑤ 수송)** 수송 부문에서 수요 조치와 저탄소 기술의 활용을 통해 상당량의 온실가스 감축이 가능함. 특히 육상 수송 부문에서는 전기차의 도입이 가장 감축 잠재력이 큼. 해운과 항공 등의 장거리 수송 부문에서는 바이오연료, 저배출 수소, 암모니아, 합성연료와 같은 기술¹⁸⁾이 필요함
- **(⑥ 농업·임업·기타토지이용)** 많은 농업·임업·기타토지이용(AFOLU) 부문의 완화 옵션은 대규모 온실가스 배출·감축 및 제거는 물론, 생물다양성, 식량안보, 목재 공급 등 편익을 동시에 제공하며, 특히 100 USD/tCO₂eq 이하의 비용만으로 연간 8~15 GtCO₂eq의 감축 잠재력이 존재함. 감축 잠재력이 큰 순서대로 나열하면, 산림 및 생태계의 보전·관리·복원이 가장 감축 잠재력이 크며, 그 다음으로는 농지·가축 관리 및 토양 탄소격리이고, 마지막으로 식생활 개선 및 저배출 연료의 활용임

17) 높은 오버슈트 후 1.5°C 온난화 제한으로 복귀하는 경로(유형 C2)의 경우에도 다양한 공급 부문의 완화조치가 필요하지만, 온난화 제한에 요구되는 배출허용총량을 초과하는 배출량에 대하여 향후 CDR 접근법을 광범위하게 활용하여 제거하는 것을 가정하였기에, 동 문장에서 다루는 '신속하고 심층적인 탈탄소화'와는 결을 달리함

18) 이러한 기술은 해운 및 항공 부문뿐만 아니라 일부 특화된 육상운송에서도 감축 잠재력을 지님

▶ **(온실가스 배출 감축이 아닌, 대기중 이산화탄소제거 접근법)** 앞서 언급된 공급 부문별 완화조치가 온실가스 배출 감축이나 배출 회피 조치라고 한다면, 대기중에서 직접적으로 이산화탄소를 흡수·제거하는 이산화탄소제거(CDR, carbon dioxide removal) 접근법 역시 주요하게 다루어짐. CDR 접근법은 넷제로 달성 차원에서 추가적인 감축이 어려운 잔여배출량을 상쇄하기 위해 필수적이나, 기술적 적용가능성 및 지속가능성 측면의 도전과제가 존재함

- **(CDR 방법)** CDR은 생물학적, 지구화학적, 화학적 접근법으로 구분할 수 있음.¹⁹⁾ 이 중에서 생물학적 접근법에 속하는 조림·재조림,²⁰⁾ 산림경영, 혼농임업, 토양탄소격리가 널리 활용되며, 이들은 특히 생물다양성과 생태계 기능을 강화할 수 있음. 반면, 바이오에너지 탄소포집·저장(BECCS) 기술²¹⁾이나 바이오차²²⁾를 위한 작물 생산은 생물다양성, 식량 및 수자원 안보, 지역 생계, 토착민 권리 등에 부정적인 영향을 미칠 수 있음. 한편, 포집된 탄소를 격리할 때, 지질 및 해양 저장소에 탄소를 저장하는 방식은 흡수·제거된 이산화탄소의 역전(reversal)에는 덜 취약하나, 생태계와 생물다양성에 미칠 수 있는 부정적 영향은 아직 정확히 파악되지 않은 단점이 존재함
- **(감축 경로상 CDR 방법론 기여도 전망)** 전지구 온난화를 2°C로 제한하는 경로에서 BECCS와 직접대기 탄소포집·저장(DACCS) 기술²³⁾을 통해 각각 170~650 GtCO₂와 0~250 GtCO₂ 만큼 감축에 기여할 것으로 전망되며, 1.5°C로 제한하는 경로에서는 각각 30~780 GtCO₂, 0~310 GtCO₂ 만큼 감축에 기여할 것으로 전망됨

▶ **(저비용 완화 옵션의 전략적 활용)** 1톤의 이산화탄소에 대한 감축비용²⁴⁾으로 \$100 이하만 소요되는 옵션들을 활용하는 것만으로도 2030년까지 2019년 배출량의 50% 이상을 감축할 수 있으며, 특히 이러한 옵션 중 절반 이상은 1 tCO₂ 감축에 \$20 이하만 소요되는 저비용 옵션들임 ([그림 3-6] 참조)

- **(저비용 옵션)** 부문별 평가를 통해 완화 옵션들의 비용을 산정한 결과, \$20 이하의 저비용 옵션 중 태양광·풍력 발전, 에너지 효율 개선, 자연생태계 전환 자제(reduced conversion), 메탄 감축이 기여하는 정도가 큰 것으로 나타남
- **(감축 노력 시 국가·국제적 비용)** 전지구 온난화를 2°C로 제한하기 위한 목표의 달성을 위한 감축 노력으로 인해 현행 정책 경로 대비 2050년 GDP는 1.3~2.7% 감소함. 또한, 2020~2050년 연평균 GDP 증가율이 0.04~0.09% 감소함. 그러나 감축 노력과 무관하게 국제적으로 GDP는 2020~2050년 기간 중 최소 100% 증가할 것으로 분석됨. 2°C 온난화 제한을 위한 전지구적인 경제적 혜택은 감축 노력에 투입되는 감축 비용을 상회함

19) 생물학적·지구화학적·화학적 CDR 접근법의 구분은 포집(capture) 과정에서의 구분법에 기반함. 포집이 '생물학적' 수단을 활용해서 포집이 이루어지면, 생물학적 CDR 접근법임. 지구화학적 CDR 방법에는 강화된 풍화와 해양알칼리도증진이 있으며, 화학적 접근법에는 직접대기 탄소포집·저장 기술이 있음

20) 많이 실행되고 있는 조림·재조림의 경우 자연재해나 인위적 요인 등으로 대기 중으로부터 흡수 및 저장된 이산화탄소가 다시 대기 중으로 방출되는 역전이 발생할 수도 있음

21) 바이오에너지 탄소포집·저장 기술(BECCS, bioenergy with carbon capture and storage): 바이오에너지 발전 설비에 CCS 기술을 도입한 것으로, 먼저 대기 중의 이산화탄소가 식물을 통해 흡수되고, 동 식물을 활용하여 발전하는 중에 다시 방출되는 이산화탄소를 CCS를 통해 포집하여 최종적으로 격리하는 기술

22) 바이오차(biochar): 바이오매스와 숯의 합성어로, 바이오매스를 산소가 거의 없는 환경에서 열을 가하는 '반탄화' 과정을 통해 만들어진 숯을 의미함. 이러한 바이오차는 이산화탄소 흡수능력이 높으며 토양의 영양분 손실을 줄이는 기능이 있어 이를 기존 토양과 혼합할 경우, 토양 기능을 개선하면서 동시에 이산화탄소 흡수를 할 수 있음. 현재에는 보급량이 많지 않아 굳이 많이 생산될 필요가 없어 잉여작물로 생산이 가능하지만, 추후 본격적으로 CDR 차원에서 바이오차를 대규모 생산하게 된다면 향후 식량안보와의 충돌이 발생할 잠재성이 존재

23) DACCS (direct air carbon capture and storage): 흡수제 또는 흡착제를 이용하여 대기 중의 이산화탄소를 직접적으로 포집한 후, 이를 지중 저장소 등에 격리하는 기술

24) 여기에서의 비용은 완화 옵션별 전주기 온실가스 회피 순비용(net lifetime costs of avoided GHG emissions)을 미국 달러화의 2019년 수준을 바탕으로 산정한 값임

- (감축 잠재량에 따른 비용)** 현행 정책에서 활용되는 부문별 기술을 대체하기 위해 각종 완화 기술을 보급할 시 상대적으로 소요되는, 혹은 절약 가능한 온실가스 회피 순비용이 [그림 3-6]에 정리됨. 동 그림에서 막대그래프의 색깔은 추가적으로 소요되는 온실가스 회피 순비용을 의미하는데, 파란색은 회피 순비용이 음의 값, 즉 현행 정책보다 더 낮은 비용으로 온실가스를 회피할 수 있음을 의미함. 노란색은 온실가스 회피 순비용이 \$20 이내인 저비용 감축 옵션을 의미함. 색이 붉은색에 가까워질수록 비용이 높음을 의미함. 반면, 동 그래프의 가로축은 해당 기술이 가지는 감축 잠재량으로, 색깔로 표현된 비용 구간별로 기대할 수 있는 감축 잠재량을 표현함(기술별로 비용이 낮은 설비를 먼저 보급한다고 가정함)

[그림 3-6] 2030년 완화 옵션별 비용 및 감축 잠재량



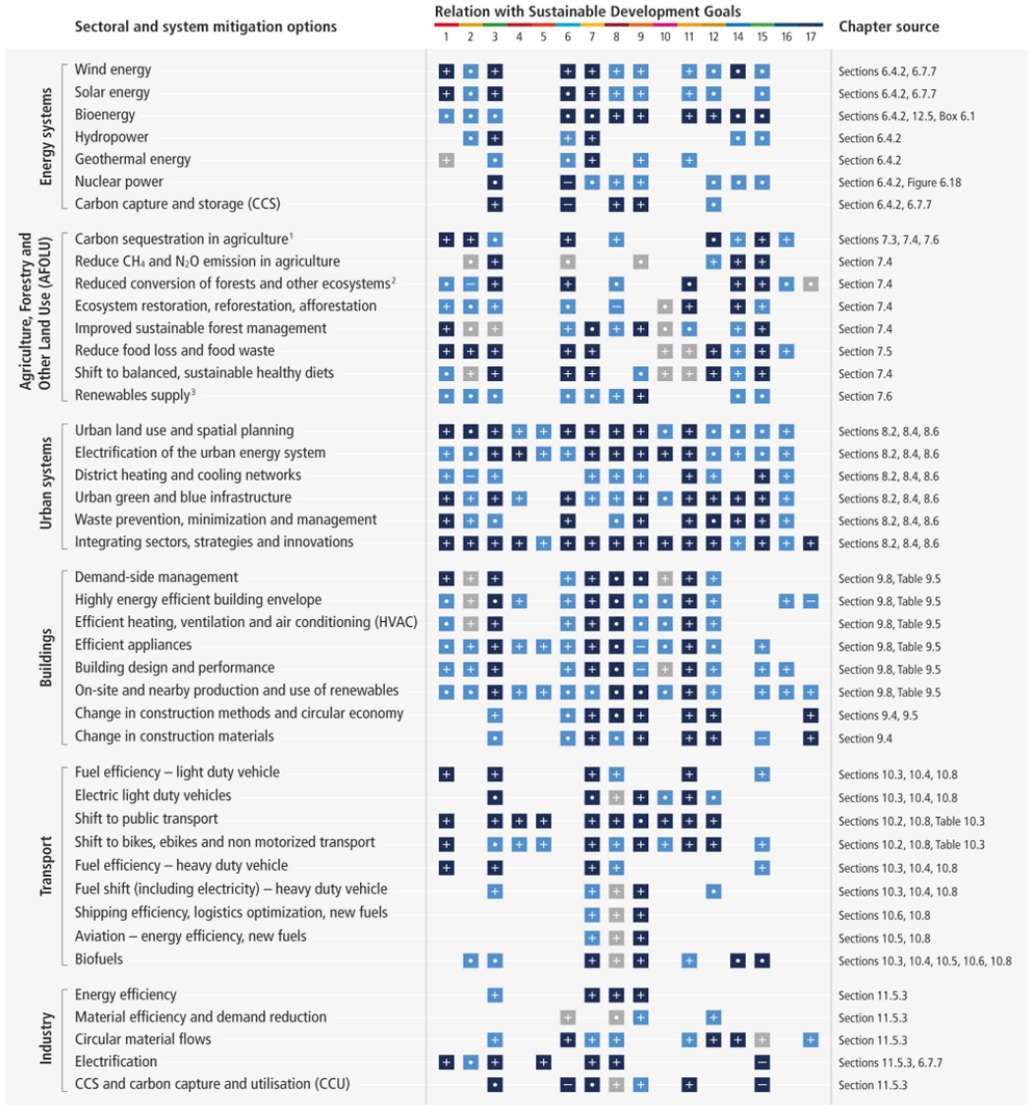
출처: IPCC (2022b)의 Figure SPM.7을 번역

3.4 완화-적응-지속가능발전 간의 연계

- ▶ 기후변화에 대한 가속화되고 형평성 있는 완화 및 적응 행동은 지속가능발전에 핵심적임. 그러나, 기후변화 행동은 지속가능발전에 시너지를 불러일으키기도 하지만 상충효과를 불러일으키기도 함 ([그림 3-기 참조]). 개별적인 완화 옵션으로 인한 상충효과는 정책설계를 통해 관리될 수 있음. 유엔 2030 지속가능발전 의제 하에서 채택된 지속가능발전목표(SDGs)가 지속가능발전을 고려한 기후행동을 평가하는데 기본 시작점이 될 수 있음
 - **(시너지 효과)** 지속가능발전과 시너지를 일으킬 수 있는 완화 행동으로는 재생에너지, 녹지를 포함한 도시계획, 대기오염 감소, 균형잡히고 지속가능한 건강 식단을 포함한 수유 측면의 완화 조치 등이 있음. 특히 토지 기반 옵션(재조림, 산림 관리, 산림전용 회피, 자연생태계 및 생물다양성의 복원·보존, 토양탄소관리 등)은 다양한 SDG와 시너지가 있음
 - **(상충효과)** 완화 행동이 지속가능발전과 상충효과를 일으키는 경우는 고용, 토지 사용, 생물다양성, 에너지·식량·수자원에 대한 접근 측면에서 발생함. 완화 조치가 적절히 관리되지 않고 시행될 경우, 육상·해양 생태계가 부정적 영향을 받을 수 있으며, 토지, 수자원, 바이오매스 등의 한정적인 자원을 놓고 경쟁이 심화될 수 있다는 우려가 존재함. 특히 특정 완화 행동이 대규모로 급작스럽게 시행되며 자원에 대한 경쟁이 심화될 경우, 오히려 적응 역량이 감퇴할 수 있음. 이러한 상충효과는 역량배양, 재정, 거버넌스, 기술이전, 투자, 사회적 형평성에 집중함으로써 평가 및 최소화가 가능함
- ▶ **(형평성 및 공정전환)** 지속가능발전 경로로의 전환을 위한 강화된 완화 행동은 국가 내 및 국가 간에서 분배적 결과를 수반함. 분배적 결과의 대표적 예시로 고배출에서 저배출 활동으로 전환 시 발생하는 소득 및 고용의 이동이 있음. 분배적 결과 해결을 위한 형평성 및 공정전환은 더 높은 감축 의욕 수준을 가능하게 함. 이에, 국가정책에 형평성 원칙을 반영하기 위해서는, 공정전환 원칙의 적용 및 이행 시 포괄적이고 참여적인 의사결정 과정에 기반하는 것이 필요함

[그림 3-7] 부문·시스템별 완화 옵션과 SDG 사이의 시너지 및 상충효과

완화 방안들은 많은 지속가능발전목표들과 시너지를 보이지만, 일부 방안들은 상충도 보임. 시너지와 상충은 상황과 규모에 따라 달라짐



Type of relations:

- ++ Synergies
- +- Trade-offs
- +- Both synergies and trade-offs⁴
- Blanks represent no assessment⁵

Confidence level:

- High confidence
- Medium confidence
- Low confidence

Related Sustainable Development Goals:

- 1 No poverty
- 2 Zero hunger
- 3 Good health and wellbeing
- 4 Quality education
- 5 Gender equality
- 6 Clean water and sanitation
- 7 Affordable and clean energy
- 8 Decent work and economic growth
- 9 Industry, innovation and infrastructure
- 10 Reduced inequalities
- 11 Sustainable cities and communities
- 12 Responsible consumption and production
- 13 Climate action
- 14 Life below water
- 15 Life on land
- 16 Peace, justice and strong institutions
- 17 Partnership for the goals

¹ Soil carbon management in cropland and grasslands, agroforestry, biochar

² Deforestation, loss and degradation of peatlands and coastal wetlands

³ Timber, biomass, agri feedstock

⁴ Lower of the two confidence levels has been reported

⁵ Not assessed due to limited literature

3.5 대응 강화

- ▶ **(장애요인 및 가능여건) 완화행동 옵션** 중에는 단기에 대규모로 활용 가능한 옵션들이 있음. 그러나, 그 실행가능성은 섹터, 지역, 이행 역량·수준·규모에 따라 다양함. 실행가능성을 높이기 위해서는 이에 대한 장애요인을 축소 또는 제거하거나 또는 가능여건이 강화되어야 함. 이러한 장애요인과 가능여건에는 지구물리학적(geophysical), 환경-생태학적, 기술적, 경제적, 제도적, 사회문화적 요인들을 포함함
 - **(단기 행동)** NDC를 넘어서는 강화된 단기 행동은 1.5°C 지구 온난화 제한 경로 상의 장기적인 실행가능성 도전과제를 축소하거나 회피할 수 있음. 많은 완화 조치들²⁵⁾이 기술적으로 실행가능하며 비용효과성이 커지고 있으며, 상대적으로 높은 지지를 받고 있음. 다만, 대부분의 완화 옵션들은 대규모로 적용되는 데에 있어 제도적인 장애요소를 직면함
- ▶ **(기후 거버넌스)** 기후 거버넌스는 기후 관련 법·전략·제도의 수립 및 이행을 통해 다양한 행위자들이 참여하여 정책을 개발하고 이행할 수 있는 기반을 제공함
 - **(기후거버넌스 효과성 증대 방안)** 기후 거버넌스의 효과성을 증대할 수 있는 방안으로는 ①정책 부문간 조정, ②시너지 실현 및 상충효과 최소화, ③국가·지방 정책 간 연계가 있음. 기후 거버넌스의 대표적인 행위자로는 시민단체, 정치적 행위자, 민간섹터, 청년, 노동자, 언론인, 토착민, 지역 커뮤니티 등이 있음
- ▶ **(규제 및 경제적 정책 수단)** 다양한 규제 및 경제적 정책 수단이 감축에 효과적이라고 분석됨. 규제 정책과 더불어 탄소가격 등의 경제적 정책이 상호보완적으로 이행되어야 함. 또한, 단일 정책보다는 각국의 상황에 적합한 정책 패키지가 단기 경제 목표를 달성하면서 동시에 감축과 지속가능발전 경로로의 전환을 달성할 수 있는 것으로 나타남
 - **(화석연료 보조금 폐지)** 대표적인 경제적 수단으로 화석연료 보조금의 폐지가 있음. 화석연료 보조금 폐지는 2030년까지 전지구 온실가스를 1~10% 감축할 수 있을 뿐만 아니라, 공공재정 및 거시경제를 증진시키고 기타 환경 및 지속가능발전에 대한 이익도 얻을 수 있음. 그러나 보조금 제거는 보조금 수익의 재분배로 혜택을 받던 경제적 취약 그룹에게 부정적인 분배 영향을 미칠 수 있으므로 이에 대한 고려가 필요함
- ▶ **(재정)** 가속화된 국제 금융 협력은 저배출 기술의 보급 및 공정전환의 핵심 가능요인임에도 여전히 추적된 금융 흐름은 모든 부문 및 지역에 걸쳐 완화 목표를 달성하기 위해 필요한 수준에 미치지 못하였으므로, 정부 및 국제사회의 명확한 정책 신호를 통해 완화 금융 흐름의 확대를 지원해야 함
 - **(투자 격차)** 전지구 온난화를 2°C 혹은 1.5°C로 제한하기 위해서는 2030년까지 연평균 투자가 현재 수준의 3~6배로 확대되어야 함. 국제금융 시스템의 규모를 고려할 때, 이러한 투자 격차를 해소하기 위한 전지구적 자본 및 유동성은 충분하나, 금융 부문의 내·외부에 장애요소가 존재함. 이러한 장애요소로는 기후위험에 대한 부적절한 평가, 자본과 투자 수요간의 불일치, 자국 편향, 위험도 인식 차이, 제한적인 제도적 역량 등이 있음

25) 이러한 완화 조치들의 대표적인 예로는 태양 및 풍력 에너지 발전, 도시 시스템의 전기화, 도시 녹색인프라, 에너지효율, 수요관리, 개선된 산림·농지·초지 관리 등이 있음

▶ **(국제협력)** 국제협력은 의욕적인(ambitious) 완화 목표 달성의 핵심 가능요인임. 최근 등장한 다양한 형태의 국제협약 및 초국가적 협력이 기후변화 완화를 전지구적으로 확산하고 촉진함

- **(국제제도 기반 협력)** 특히, 유엔기후변화협약, 교토의정서, 파리협정 등 국제적으로 합의된 절차와 목표들은 국가 온실가스 배출·행동·지원에 대한 투명성 요건과 NDC 달성을 위한 추적·진전 사항 등을 포함하고 있는데, 이러한 절차와 목표들이 국제협력, 국가별 의욕 수준, 정책 개발을 증진하고 있음
- **(기술 협력)** 기술개발 및 이전에 대한 국제협력(역량배양, 지식공유, 기술·재정 지원 포함)은 기술·사례·정책의 전지구적 확산을 촉진함과 동시에 이를 다른 개발 목표와 연계할 수 있음. 이러한 혁신에 대한 국제협력²⁶⁾을 증진하는 데에는 도전과제와 기회가 함께 존재함. 혁신에 대한 국제협력은 구체적인 제도 및 역량 상황에 맞추어 이행될 때, 지역 가치사슬에 이익이 될 때, 협력이 공정하고 자발적이며 상호 합의된 조건에 따를 때, 이해관계자의 의견이 반영될 때, 그리고 역량배양이 함께 이루어질 때 효과적임

26) 유엔기후변화협약과 파리협정의 요소(예시: 기술개발·이전이나 재정과 관련)를 포함

4

완화 보고서에 대한 정부간 논의 쟁점

- ▶ 이번 제56차 IPCC 총회에서 IPCC 제6차 평가보고서 제3실무그룹 ‘완화’ 보고서의 승인을 둘러싸고, 정책결정자를 위한 요약서(SPM)의 문안에 대해 당사국들과 저자 간의 논의가 이루어졌음. 이번 회의에서 쟁점이 된 사항들에 대해서 다음과 같이 정리하고자 함
- ▶ **(국가 및 지역 구분)** 선진국(developed countries)과 개도국(developing countries)이라는 ‘국가’ 분류법에 대해서, 선진국들은 구분법이 적절한지 의문을 제기하였음. 이를 토대로 지역 구분에 대해서도, 선진국과 개도국 간의 대립이 있었음. 또한, 선·개도국 분류에 대한 대립 외에도, ‘지역’ 분류법과 관련하여, 일부 국가들은 자신이 속한 국가의 지역 구분이 명확하지 않으므로 수정을 요구하였음.²⁷⁾ 실무그룹III 의장단은 이전 총회에서 합의·확정된 문헌마감일 이전까지는 UNSD(1999)²⁸⁾에서 선·개도국 분류를 활용하고 있었으므로, 이번 보고서에 선·개도국 분류를 사용하는 것 자체는 문제가 없음을 확인시켜 주었음. 이를 반영하고, IPCC 보고서의 과학적 정확성을 유지하면서도, 선진국과 개도국의 의견을 수렴하여, 기존대로 문헌 마감일 이전의 UNSD(1999)의 표기를 따라 선·개도국 구분을 사용하기는 하나, SPM 본문 상에는 특정 국가를 지칭하는 표현으로는 사용하지 않고 선·개도국의 일반적인 특성을 언급할 때에만 사용하는 것으로 결정하였음
 - **(선진국)** 2019년 전지구적 온실가스 배출량의 24%를 선진국이 배출했다는 문구 등에 대해서, 선진국들을 중심으로 현재 국가 및 지역 구분의 기준이 되는 유엔통계국(UNSD)의 1999년도 자료와 관련하여, 선·개도국 분류가 2021년 12월에 삭제되었다는 것을 근거로, 선·개도국을 분류하는 것은 현재와 맞지 않다고 주장하며, 소득수준 등에 기반한 보다 체계적인 접근에 따라 지역별 분류가 이루어져야 한다고 주장하였음
 - **(개도국)** 국가 분류는 실무그룹III의 권한이 아니며, 선·개도국 분류가 역사적 책임을 표현하는 데에 관행적으로 유용하게 활용되어 왔고, 또한 이번 보고서의 문헌마감일이 2021년 10월 11일이므로 그 이후인 동년 12월에 UNSD(1999)에서 선·개도국 분류를 삭제한 사항을 반영할 수 없기에 동 분류법을 유지해야 한다고 주장하였음
 - **(우리나라)** 우리나라는 ‘국가분류 체계’와 관련하여 IPCC 보고서에서 사용되는 선진국과 개도국이라는 분류법에 대해서 긍정적인 입장이었음. 우리나라는 유엔기후변화협약 하의 국가분류체계상 개도국에

27) 대표적으로는 일본과 멕시코가 있음. 일본의 경우, ‘동아시아’로 분류되는 주변 국가와 달리 호주 및 뉴질랜드와 함께 ‘아·태 선진국(Asia-Pacific Developed)’으로 분류되므로, 혼돈을 방지하기 위해 아·태 선진국이라는 용어를 ‘호주·일본·뉴질랜드’로 변경을 요청하였고 반영되었음. 멕시코의 경우, 지리적으로는 북아메리카에 위치함에도 ‘북아메리카’가 아니라 ‘라틴아메리카 및 캐리비안’으로 분류가 되므로, 혼돈을 방지하기 위해, 북아메리카를 ‘미국·캐나다’로 변경해 줄 것을 요청하였으나 기각되고, 그대로 ‘북아메리카’ 구분이 사용되었음

28) 유엔통계국(UNSD)에서 1999년에 발표한 본 자료의 원제목은 “통계 사용을 위한 표준 국가 및 지역 코드(Standard Country or Area Codes for Statistics Use)”이며, 통상적으로 “M49 표준(Standard)”이라 칭함

해당하는 비부속세(non-Annex I) 국가로 분류되어 있고, 파리협정 하에서 통용되는 국가 분류인 선진국·개도국·여타국가(other parties)에서 여타국가로 입장을 수립하고 있음. 이에, IPCC 보고서 상에서 보다 중립적인 여타국가 입장에서 입장 수립하고 발언하였음. 다만 '지역 분류 체계'와 관련해서는 현재 분류 체계에 대해서 부정적인 입장이었음. 우리나라는 동아시아(Eastern Asia)로 분류되는데 여기에 중국·몽골·한국(북한 포함) 세 국가만 포함되는데, 지역별 역사적(1850~2019년) 누적 이산화탄소 순배출량이 1위 북아메리카, 2위 유럽에 이어 3위 동아시아로 들어감에 따라, 역사적 책임에 있어 우리나라가 상당한 기여를 한 것으로 해석될 위험이 있음. 한편, 일본의 경우, 호주·일본·뉴질랜드로 구분되며 지역별 8위의 순위를 갖게 됨. UNSD 통계(1999년) 자료가 가장 최신 개정된 사항으로 차기 7차 IPCC 평가보고서에 그대로 활용될지 여부는 확실하지 않으나, 향후 지역구분과 관련하여 오히려 추가적으로 국가별 역사적 누적 인위적 CO₂ 순배출량에 대한 별도 자료를 삽입하는 것을 제안해야 할 수도 있음

▶ **(온실가스 배출)** 전지구 누적 배출량을 표현하는 용어로 역사적(historical), 누적(cumulative), 전체(total) 등의 용어가 혼용되고 있으므로 이를 어떠한 용어로 통일할지가 쟁점으로 떠올랐음. 또한, 온실가스 종류별 및 지역별 온실가스 전체 배출(total net anthropogenic GHG emissions) 측정시점에 대해서 선·개도국 간의 대립이 있었음. IPCC의 보고서의 과학적 함의를 유지하면서도, 선·개도국의 의견을 고려하여, 이산화탄소 배출추세를 설명할 때에는 '역사적 누적 이산화탄소 순배출(historical cumulative net CO₂ emissions)'로, '역사적'이라는 용어가 활용되었으며, 배출추세에 대한 정보는 데이터 수집이 이루어진 1990년 이후의 전체 온실가스(이산화탄소 및 기타 온실가스) 배출 추세를 다루는 것으로 결정되었음. 토지이용·토지이용변화 및 산림(LULUCF) 부분의 이산화탄소 배출량 역시 저자들을 통해 보고서에서 활용된 CO₂-LULUCF 데이터가 신뢰성이 있음이 확인됨에 따라 누적 배출량에 포함시킴

- **(개도국)** 개도국은 온실가스 배출량에 대한 선진국의 역사적 책임을 강조하였음. 이에, 역사적(historical) 배출이라는 표현을 누적(cumulative) 배출보다 선호하며, '역사적'이라는 표현을 주로 넣고자 하였음. 또한, 인류역사라는 표현 대신 1850년으로 명확히 표현해야 한다고 주장. 그리고, 온실가스별 및 지역별 전체 온실가스 배출량은 1850~2019년으로 설정할 것을 주장. 더 나아가 이산화탄소 누적 배출량에 LULUCF를 포함하는 것에 대해서 불확실성이 크므로 배출량에서 제외되어야 한다고 주장하였음
- **(선진국)** 온실가스 배출과 관련된 인류역사가 1850년도라는 것은 암묵적으로 모두 알고 있는 사항이므로 연도를 구체적으로 표현하는 것을 반대하였음. 온실가스 인벤토리는 1990년부터 시작되었기 때문에 온실가스 전체 배출에 대한 명확한 수치는 1990~2019년으로 설정해야 한다고 주장하였음. 선진국은 LULUCF 부분의 이산화탄소 배출량이 포함되어야 한다고 주장하였음
- **(우리나라)** 우리나라는 동 쟁점에 대해서 직접적으로 입장을 표명하지 않았음. 다만, 우리나라는 유엔기후변화협약 하에서 국가보고서(National Communication)와 격년투명성보고서(Biennial Update Report)를 통해 LULUCF에 대한 정보를 이미 제공하고 있음. 대부분의 개도국 역시 협약에 따라 국가보고서와 격년갱신보고서를 통해 LULUCF 부분의 배출량을 제공하고 있는 바, 이산화탄소 누적 배출량에 LULUCF 부분의 배출량이 포함되는 것이 적절하다고 판단함. 비록, 개도국이 언급한 데이터 신뢰성에 대한 우려를 감안할 수는 있으나, 최신 IPCC 지침(2003 우수실행지침 또는 2006 지침)을 활용하는 개도국이 점차 증가하고 있는 점을 고려하여 전체 누적 배출량을 산정하는 데에 LULUCF의 비중이 상당한 바, 이를 포함하는 것이 적절하다는 입장임. 향후 동 쟁점에 대해서 우리나라 입장을 명확히 발언할 지의 여부에 대해서는 추후 내부적 논의가 필요함

▶ **(배출경로)** 각 배출경로 유형을 보여주는 표에 포함된 정보들이 정책결정자의 장기적인 정책 결정 및 투자를 결정하는 데에 필요한 정보 수준에 충분한가에 대해서 선·개도국 간의 대립이 있었으며, 논의 끝에 간략히 표현하는 것으로 결정되었음

- **(개도국)** 개도국은 유형별로 정책결정자에게 필요한 정보는 연도별 온도를 넘어서 추가적인 정보가 필요하다고 주장. 경로 모델별로 활용된 가정, 기후 민감도 또는 불확실성, 달성하는 데 필요한 비용과 투자액, 전지구적 GDP 감소, GDP 성장률 감소를, 감축으로 인한 이익, 지역별 경제 정보 등을 포함해야 한다고 주장하였음
- **(선진국)** 선진국들은 배출경로 유형별로 가독성을 높이고 정책 목적으로 활용하기 위한 용이성을 높이기 위해 간략히 표현되어야 한다고 주장하였음
- **(우리나라)** 우리나라는 동 쟁점에 대해서 직접적으로 입장을 표명하지 않았음. 다만, 우리나라는 배출경로 유형에 대해서 선진국과 유사한 입장으로, 배출경로 유형별로 경로의 특징, 넷제로 달성 시기, 온난화 제한 온도 정보 등을 삽입하되, 이를 달성하는 데에 필요한 경제적 측면의 정보(비용, 투자액, GDP 성장률)는 필요하기는 하나 가독성 및 정책적 활용 용이성 측면에서는 포함하지 않는 것이 적절하다는 입장이었음

▶ **(CCS)** CCS의 필요성에 대해서는 선진국 및 개도국 간의 이견이 없었으나, 각국이 CCS를 바라보는 관점, 이산화탄소 저장소의 존재 유무, CCS를 통해 달성하고자 하는 효과 등에 따라 국가별로 강조하고자 하는 부분이 달랐음.²⁹⁾ 보고서의 과학적 정확도를 유지하면서도 선·개도국의 의견을 모두 고려하여, 기존 화석연료 인프라에 CCS를 설치하는 경우,³⁰⁾ CCS의 포집효율이 90~95%가 되어야 2°C 이하 온난화 제한 경로와 정합성이 있음이 각주로 명시되었으며, 온실가스를 배출하는 화석연료 및 관련 인프라에 CCS가 설치되지 않은 경우 이는 “저감장치가 없는(unabated)”인프라로 표현됨

- **(개도국)** CCS의 보급(deployment) 확대 장애요인으로 경제적, 제도적 요인 및 사회수용성 뿐만 아니라 기술적 측면의 요인이 강조되어야 한다는 의견이 있었음. 이는 개도국의 경우 CCS 기술의 개발 수준이 아직 완전하지 않기 때문에 선진국으로부터 개도국으로의 기술이전이 필요하다는 점을 간접적으로 드러낸다고 볼 수 있음. 한편 화석연료 수출국을 중심으로, CCS에 대해서 우호적인 입장으로, 화석연료 기반 시설의 조기폐쇄, 보조금 제거 등의 조치는 CCS를 부차하지 않은 설비로 한정되어야 하며, CCS를 보급하여 잔여 화석연료 사용을 지속하고 화석연료 인프라의 조기폐쇄를 지연시킬 수 있다는 내용이 강조되어야 함을 주장
- **(선진국)** 발전부문의 감축을 위해 기존 시설에 CCS를 설치하거나 또는 CCS가 수반되지 않은 신규 석탄 시설을 취소할 필요가 있다는 문안에 대해서, 선진국은 CCS의 포집효율이 명시되지 않는다면 감축 실효성을 담보할 수 없다고 주장. 즉, CCS 기술의 완화 잠재력에 대해서는 기본적으로는 긍정적이나, 포집효율 등의 측면에서 기술 성숙도가 높은 CCS 기술의 완화 잠재성에 대해서만 긍정해야 한다는 입장이었음. 한편, CCS 대신 CCUS 용어가 더 적절하다고 주장도 있었음

29) 한편, 이산화탄소제거(CDR, carbon dioxide removal) 접근법을 다루는 섹션에서 CCS를 서술해야 한다는 의견이 제기되었음. 그러나, CCS는 배출되는 이산화탄소의 저감 조치인 반면 CDR은 이미 배출되어 대기 중에 존재하는 이산화탄소를 제거하는 방법이므로 CDR과 함께 CCS를 다루는 것은 적절하지 않다는 저자들의 확인이 있었음. 물론 CDR 기술 중에는 바이오에너지 탄소포집저장(BECCS), 직접대기 탄소포집저장(DACCS) 등과 같이 CCS 기술을 활용하는 기술이 존재하나, SPM에서 CCS는 화석연료 인프라로부터 배출되는 이산화탄소를 포집하는 설비로 한정됨

30) 기존 화석연료 인프라에 CCS를 설치하기 위해 기존 인프라를 개조할 때 'retrofit existing installations with CCS'라고 표현

- **(우리나라)** 우리나라는 기후변화 대응 탄소중립 10대 핵심기술 개발을 위한 기술혁신 추진전략을 2021년 3월 수립하였는데, 이 10대 핵심기술에 CCUS 기술이 포함되었음.³¹⁾ 그러나, CCS를 온실가스 감축 대안으로 활용하는 것은 지역적인 여건에 따라 좌우될 수 있으므로 일반화된 감축수단으로 언급하는 것은 우리가 있다는 입장으로 접근하였음. 포집된 이산화탄소 저장(storage)은 지역적인 여건에 의해 제한을 받을 수 밖에 없고, 포집된 이산화탄소 활용(utilization) 역시 영구적으로 온실가스를 제거하지 못한다는 측면에서 CCS와 CCUS를 일반화된 감축수단으로 언급하기 보다는 지역적인 여건에 좌우된다는 점을 명기할 필요가 있다는 입장에서 접근하였음
- ▶ **(원자력 에너지)** 이번 SPM에는 원자력 발전을 에너지 부문 관점으로는 주요하게 다루고 있지 않음. SPM 초안 상에서는 원자력 에너지가 CCS 기술과 함께 기술 보급이 더디다고 언급되었고, 이의 장애요인으로 경제적, 제도적 요인 및 사회수용성 등이 언급되었음. 선·개도국 간의 대립보다는 원자력 에너지를 바라보는 또는 고려하는 관점에 있어서 차이가 있음을 확인. 완화 기술의 보급 확대를 설명할 때, 원자력 기술을 ‘대규모 완화 기술(large-scale mitigation technologies)’의 일반적인 내용으로 표현되었음³²⁾
 - **(개도국)** 원자력 보급 확대의 저해요인이 경제적, 제도적 요인 및 사회수용성 외에도 국가별 및 지역별로 직면한 여러 요인들이 존재한다고 언급하며 이를 추가해야 한다고 주장
 - **(선진국)** CCS와 원자력 기술이 서로 완전히 다른 기술이기 때문에 이를 동일선상에 놓는 것에 대해서 반대하는 입장이었으며, 원자력의 리스크 측면의 사회적 수용성과 환경적 측면이 언급되어야 한다고 주장
 - **(우리나라)** 제56차 총회에서 선진국 및 개도국 구분 없이 상당수의 국가들이 원자력 에너지에 대해서 다소 부정적인 입장에서 원자력 에너지에 대한 내용을 삭제하거나, 용어를 변경하거나, 또는 내용이 포함된다면 원자력 에너지가 가지고 있는 완화 및 에너지 수급 영향 외의 리스크 측면을 포함해야 한다는 주장이 있었음. 그러나, 이미 원자력을 에너지원으로 활용하고 있는 국가들 중에서는 중립적이거나 발언을 유보하기도 하였음. 이에 우리나라는 이러한 전체적 흐름을 파악하는 데에 집중하고자 함
- ▶ **(자연기반해결책)** 도시 부문의 완화에 대해서, 자연 기반 해결책(NbS, Nature-based Solution) 및 생태시스템 기반 접근(EbA, Ecosystem-based Approaches)에 대해서 개도국은 동 용어들이 포함되는 것을 반대하였고, 선진국은 동 용어가 포함되어야 한다고 주장하였음. NbS와 EbA를 직접 언급하기보다는, 실무그룹II 보고서와의 일관성 유지를 위해, 다른 완화 전략들(녹색 인프라 및 블루 인프라 등)이 언급되는 부분에 각주로 이러한 전략들이 NbS와 EbA에 속한다는 내용이 포함됨
 - **(개도국)** NbS 및 EbA의 중요성에 대해서는 인정을 하나, 이러한 용어를 명시하는 것은 각국의 발전 전략 수립 시 자율성을 크게 훼손하는 정책개입적(policy-prescriptive) 표현으로 해석될 수 있어 이러한 용어를 사용하는 것에 대해 반대
 - **(선진국)** NbS 및 EbA는 최근 매우 중요하게 다루어지는 접근법이며, 특히 도시 부문의 완화 전략에 있어

31) 10대 핵심기술로는 에너지 전환(① 태양광·풍력, ② 수소, ③ 바이오에너지), 산업 저탄소화(④ 철강·시멘트, ⑤ 석유화학, ⑥ 산업공정 고도화, ⑦ CCUS), 에너지효율(⑧ 수송효율, ⑨ 건물효율, ⑩ 디지털화)이 있음

32) 초안의 동 문장에 원자력 발전과 함께 언급되었던 CCS 역시 삭제되었으나, CCS에 대해서는 SPM의 다른 부분에서 상세하게 다룸

무분별한 도시화를 방지하면서 동시에 삶의 질과 완화를 함께 해결하는 데에 매우 중요한 개념이므로 이러한 용어가 명확히 추가되어야 한다고 주장

- **(우리나라)** 국제적으로는 유엔기후변화협약 하에서 기후변화 완화·적응·지속가능발전에 대한 통합적인 관점에서 NbS 및 EbA 접근법을 기후변화 대응 사업에 적용하려는 움직임이 있음. 또한, 제55차 IPCC 총회(‘22.2)에서 제6차평가보고서 제2실무그룹 보고서 승인에 대한 논의에서도 NbS와 EbA 접근법을 둘러싸고 선진국과 개도국 간의 대립이 있었는데, 우리나라는 동 접근법들이 녹색산업 및 녹색인프라 사업에 적용될 수 있다는 점에서 긍정적으로 접근하였음. 이러한 맥락에서, 우리나라도 제56차 총회에서 NbS와 EbA 접근법에 대한 사항이 완화 차원에서도 긍정적인 의미를 갖는다고 판단하고, IPCC 보고서 SPM에 포함되는 것에 대해서 긍정적인 입장을 가졌음
- ▶ **(기후 거버넌스)** 기후법(climate law)이 기후변화 완화와 관련하여 매우 중요한 역할을 한다는 문안에 대해서,³³⁾ 이에 대해서 선·개도국 간의 대립이 있었음. 최종적으로는 기후법을 포괄하는 단어인 ‘기후 거버넌스(climate governance)’로 표현되고, 기후법은 ‘기후 관련 법(climate-relevant laws)’으로 변경되고, ‘기후전략(climate strategies)’이 추가됨
 - **(개도국)** 기후법이 부재한 개도국에서는 기후법만이 기후변화 행동 변화의 근거가 되지 않는다고 주장하며, ‘기후 전략(strategies)’이나 ‘기후 지침(guidelines)’ 등도 존재한다고 언급하며, 기후법의 중요성을 낮추기 위해 발언 제시
 - **(선진국)** 기후법은 현재 많은 국가들이 채택하고 이에 따라 이행하고 있는 사실이며, 이는 기후변화 완화 노력에 효과적이라고 언급. 따라서, 이러한 기후법의 중요성을 직접적으로 명시해야 한다고 주장
 - **(우리나라)** 우리나라는 기후변화 대응을 고려하여 「저탄소 녹색성장 기본법」(약칭: 녹색성장법)을 2010년 제정 및 시행하였음. 이후, 넷제로 발표와 함께, 기후변화 대응과 관련하여, 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장기본법」(약칭: 탄소중립기본법)을 2021년 9월 제정하고 2022년 3월부터 시행하였음. 따라서, 우리나라는 상기 언급된 기후법에 해당하는 법을 이미 보유하고 있으며, 이 법의 기후변화 완화 노력에 대한 효과성을 인지하는 바, ‘기후법’이라는 용어를 그대로 포함하고, 기후법이 증대되고 있는 현황과 기후법의 완화 효과성의 중요성을 명시적으로 서술해야 한다는 입장이었음
- ▶ **(탄소 가격제)** 기후변화 완화를 위한 정책수단으로는 크게 규제(regulatory) 수단과 경제적(economic) 수단으로 구분되는데, 이중에서 경제적 정책수단에 탄소가격제도(carbon pricing)를 명시하는 것과 관련하여 선·개도국 간의 대립이 있었음. 탄소가격제도에 탄소세(carbon tax)와 배출권거래제(emission trading system)가 포함되는 바, 개도국은 이러한 탄소가격제도가 부재하고, 또한 이러한 제도는 도입한 국가의 탄소가격이 대내·외적으로 설정되어 향후 무역 시 무역관세 등의 기초자료로 활용될 수 있는 바, 개도국은 동 제도에 대해서 조심스러운 입장인 것으로 판단됨. 최종적으로는 경제적 수단(economic instruments)이 시장 기반 수단(market-based instruments) 및 가격 기반 수단(price-based instruments)을 포함한다는 각주가 포함되었고, 개도국·선진국의 의견을 모두 고려하여 탄소가격제를 별도로 포함하는 대신, ‘탄소가격이 적용된 지역에서는’이라는 문구도 포함됨
 - **(개도국)** 경제적 정책수단에 탄소가격제도만이 있지 않다고 주장하며, 특정 수단만을 강조하는 것은 바람직하지 않다고 주장하며 삭제 요청. 만약 동 내용이 강조된다면 국가적 상황(national circumstances)을

33) 방향설정, 목표 설정, 정책 분야 간 기후행동 조화, 규제 확실성, 별도 특수 조직 창출, 재원 동원을 위한 배경 창출 등

고려한다는 내용이 추가되어야 한다고 주장. 또한, 탄소가격 정책수단의 감축에 대한 효과성 입증은 아직 불충분하기 때문에 이와 관련된 내용을 구체화하지 말고, 경제적 정책수단으로 일반화하자고 주장. 만약 탄소가격이 별도로 명시된다고 한다면, '탄소가격이 적용된 지역에서는(where implemented)'이라는 전제가 추가되어야 한다고 주장

- **(선진국)** 탄소가격제가 완화행동에 기여하는 바가 크다고 주장하며 경제적 정책수단에 탄소가격제도를 별도로 명시해야 한다고 주장. 탄소 가격제의 단점이 문안에 작성되는 것을 반대.³⁴⁾ 특히, 탄소가격제만을 넣는 것을 반대하는 개도국의 입장을 반영하되 탄소가격제를 반드시 문안에 넣기 위해, '탄소가격제와 시장 기반 수단(market-based instruments)'이라고 함께 쓰거나 또는 보다 구체적으로 '탄소가격제와 보조금 발전차액지원제도(Feed-in-Tariff)'로 삽입할 것을 주장
- **(우리나라)** 우리나라는 국자 차원에서 한국배출권거래제를 운영하고 있는 바, 경제적 정책 수단에 탄소가격제도를 강조하지는 선진국의 의견에 대해서 부정적인 입장을 가지고 있지는 않았음. 다만, 경제적 정책 수단에 탄소가격제 외에도 다양한 수단들이 존재한다는 개도국의 명시적 주장과 탄소가격제가 향후 국가 무역정책에 있어서 영향을 줄 수 있다는 비명시적인 우려에 대해서 공감하였음. 이에 우리나라는 탄소가격제 외에도 다른 경제적 정책 수단들을 함께 병기하거나, 또는 국가적 상황을 고려한다는 내용이 포함되어야 한다는 입장이었음

▶ (화석연료) 화석연료를 둘러싸고 선·개도국 간의 대립이 있었음

- **(화석연료 단계적 폐지)** 지속가능발전과 시너지를 이루는 요인들 중에 화석연료의 단계적 폐지(phase-out)가 포함된 사항에 대해서, 사우디아라비아 등 산유국을 포함한 좀 더 발전된 개도국들은 동 항목을 삭제해야 한다고 주장하였으나, 반면 선진국들은 동 사항이 포함되어야 한다고 주장
- **(화석연료 보조금)** 화석연료 보조금 제거가 배출 저감에 효과적이며, 보조금 제거를 통해 2030년까지 CO₂ 배출은 1~3% 그리고 온실가스 배출은 10%까지 감축할 수 있다는 내용에 대하여, 사우디아라비아 등 산유국을 포함한 개도국들은 관련 데이터가 부족하기 때문에 그리고 지역적 상황에 따라 보조금이 필요할 수 있으므로 동 내용을 삭제해야 한다고 주장. 또한, 모든 화석연료 보조금을 제거해야 하는 것이 아니라 '낭비로 이어지는 보조금'을 제거해야 한다고 언급하며, 보조금을 구체화하여 한정지어야 한다고 주장. 또한, 보조금 제거가 배출 저감에 효과적이라는 긍정적 측면뿐만 아니라 부정적 효과(전환의 장애요인 등)를 추가해야 한다고 주장. 그러나 선진국 및 일부 개도국들은 화석연료 보조금 제거 등의 조치를 통해 온실가스 저감이 효과적임을 더 명시적으로 부각하길 주장. 최종적으로는 동 사항이 포함되고, 개도국의 의견도 반영되어 지역적 다양성을 포함한 내용(varying across regions) 역시 포함됨
- **(화석연료 수요감소의 영향)** 화석연료 수요감소가 수출국에 비용영향을 줄 수 있다는 내용에 대해, 개도국을 중심으로 표현이 더욱 강화되어야 하고 동 문안의 신뢰성 수준이 상향(medium→high)되어야 한다고 주장하였으나, 선진국은 표현 강화에 대해서 반대. 최종적으로는 신뢰성 수준만 상향되었음
- **(우리나라)** 우리나라는 동 쟁점에 대해서 직접적으로 입장을 표명하지 않았음. 다만, 쟁점이 된 문안들이 모두 기존 연구 문헌에 기반한 과학적 근거에 따라 작성된 바, 저자들이 작성한 기존 문안대로 작성되는 것에 대해서 부정적이지 않은 입장이었음

34) 탄소가격제의 효과에 대한 데이터가 충분히 누적되었으며, 이러한 데이터를 통해 탄소가격제가 효과적인 저비용 감축 조치라는 점이 확인되었음

▶ **(금융 및 투자) 기후변화 완화를 위한 재정 흐름이 둔화되고 있다는 내용에 대해서, 이를 보다 구체화 및 강조하지는 개도국과 이의 내용이 불명확하므로 삭제하지는 선진국이 대립**

- **(투자 수준)** 2°C 발전경로 달성을 위해서는 2030년까지 현재의 투자수준 대비 3~6배의 투자가 추가로 필요하다는 문안에 대해서, 이를 '수 배'로 표현하지는 선진국과 3~6배로 명확히 표현하지는 개도국이 대립. 보고서의 정확성을 고려하여 '3~6배'의 보다 명확한 표현이 반영됨
- **(선진국의 2020년 1천억 달러 목표 및 의무 대비 재정 흐름: 790억 달러)** 선진국은 1천억 달러 목표가 의무가 아니라고 주장하며 선진국 의무에 대한 내용을 삭제할 것을 주장. 반면 개도국은 선진국 의무임이 맞다고 주장하며, 다만 790억 달러는 과다 추정이라고 언급. 최종적으로는 의무에 대한 내용과 790억 달러에 대한 내용이 삭제되었음
- **(개도국 재정지원)** 가속화된 재정지원이 개도국 완화행동의 핵심적인 가능요인이며 '공통된 그러나 차별화된 책임(CBDR, common-but-differentiated responsibilities)' 원칙에 따라야 한다는 문안에 대해서 선진국은 CBDR을 삭제해야 한다고 주장. 반면, 개도국은 CBDR 원칙을 유지하고 '개도국으로의 지원'을 '선진국에서 개도국으로의 지원'으로 변경해야 한다고 주장. 이에 대해 선진국은 '선진국'이 포함되는 것을 반대. 개도국과 선진국의 의견을 모두 고려하여, CBDR은 삭제하되 '선진국에서 개도국으로의 지원'은 명시
- **(우리나라)** 우리나라는 신기후체제의 근간인 파리협정에서 선진국이나 개도국이 아닌 '여타 당사국'의 지위로서 공공 기후재원을 제공해 왔음. 2014년 녹색기후기금(GCF, Green Climate Fund)에 1억달러 공여를 선언하였고, 이후 이를 이행하였음. 또한, GCF 제1차 자원보충 차원에서, 2019년 9월 2억불 공여를 선언하였고, 이를 이행해 왔음. 이에, 완화 노력을 위한 투자 수준과 선진국 목표 대비 재정 흐름 등에 대해서는 기존 연구 결과에 기반하여 구체적인 수치를 삽입하는 것이 적절하다는 입장이었음. 다만, 우리나라가 기후변화협상에서 여타 당사국의 지위로 참여하고 있으나 향후 스스로 선진국 지위로 변경할 수 있다는 점 등을 고려하여, 선진국에 부담이 될 수 있는 협상용어인 CBDR이 IPCC SPM 보고서에 등장하는 것에 대해서는 부정적인 입장이었음

▶ **(무역 협정) 무역협정이 완화에 긍정적인 영향(완화기술 및 정책의 국제적 채택 촉진)과 부정적인 영향(무역 관련 기후정책 채택 역량 제한)을 모두 준다는 내용에 대해서, 개도국이 긍정적인 측면이 부각되어 작성되고 또한 이를 뒷받침하는 근거 문헌이 부족하므로 이를 삭제해야 한다고 주장하였음. 한편, 선진국들은 무역협정이 기후변화 완화에 긍정적인 영향을 준다는 내용에 대해서 지지하였고, 최종적으로는 무역협정에 대한 내용이 포함되었음**

- **(우리나라)** 우리나라는 무역협정에 대한 내용이 동 보고서에 포함되는 것에 대해서, 무역협정이 완화에 긍정적 및 부정적 영향을 준다는 내용의 근거문헌이 부족하다는 개도국 의견에 동의하였음. 만약 서술이 되어야 한다면, 긍정적 영향에 대한 부분과 부정적 영향에 대한 내용이 균형적으로 서술될 필요가 있다는 입장이었음

5

정책적 시사점³⁵⁾

5.1 우리나라 기후정책 기초

- ▶ 우리나라 기후정책 기초는 전반적으로 세계적인 흐름을 반영하고 있음. 대표적으로, 2030 NDC 감축 목표 설정, 2050 탄소중립 목표 설정, 그린뉴딜 정책이 있음. 관련하여, 정부가 적극적으로 국가 방향을 설정하고, 재정을 투자하고, 전략적 이행을 위해 탄소중립위원회 등 민관합동의 대표적인 의사결정기구를 설립하였음
 - 그러나, 세부적으로는 추가적인 논의와 검토가 필요한 이슈들이 존재함. IPCC 제6차 보고서 실무그룹 III(완화)의 내용을 토대로, 세부적인 사항들을 하단에 도출하였음

5.2 NDC 목표 상황

- ▶ 2021년 10월까지 제출된 NDC 목표를 국가들이 모두 100% 이행하여도 1.5°C 및 2°C로 온난화를 억제하는 경로와 격차(gap)가 있는 것으로 나타남. 그런데, IPCC 제6차 보고서는 2023년 파리협정의 국제이행점검(Global Stocktake)의 주요 투입자료로 활용될 예정임. 국제이행점검은 매5년마다 모든 당사국들의 이행 노력을 통합하여 2°C 목표 달성 여부를 평가하는 시스템으로, 국제이행점검의 결과는 당사국들이 자국의 NDC를 갱신하고 강화하는 데에 정보를 제공하고 유도하는 기제로 작용함
 - (우리나라에 미치는 영향 및 대응방향) 따라서, 실무그룹III(완화) 보고서의 NDC 배출전망치와 온난화 제한 경로 상의 배출격차 등의 내용은 향후 국제이행점검의 결과에 상당한 영향을 미칠 것으로 예상됨. 물론, 동 결과에 대해서 당사국들에 대한 어떠한 지침이 도출될 지의 여부에 대해서는 협상 추이를 지켜봐야 하나, 2021년 10월 기준 각 당사국들이 제출한 NDC에 대한 목표 상황 조정에 대한 압박이 존재할 것으로 예상됨. 이에 우리나라가 2021년 12월 제출한 NDC의 목표(2018년 배출량 대비 2030년 40% 감축)에 대해서 ①우리나라의 목표가 파리협정 장기온도 목표와 일관되어 있고, ②국제적으로 과거 및 미래 배출량에 있어서 형평성을 갖고 있다는 점에 대한 논리적 근거를 마련할 필요가 있으며, ③향후 NDC 목표 상황 압박에 대해서 최고 가능한 의욕수준임을 보여주고 동시에 어느 수준까지 목표 상황을 고려할 수 있는 지에 대한 연구가 필요할 것으로 보임
 - (NDC의 국가간 형평성) 당사국들이 NDC상 기재한 감축 기여분의 '국가간' 형평성(equity)이 중요한 문제임. 형평성 평가 지표로 국제 배출량 기여분, 비용-효과성, 현재 배출 수준에 특권을 부여하는 가정

35) 동 섹션은 우리나라 IPCC 국내대응 협의회의 제3실무그룹 전문위원회에서 이번 IPCC 완화 보고서와 SPM의 내용을 검토하고 우리나라에 대한 정책적 의미를 논의하는 회의들을 통해 도출된 내용과 해당 주제별 위원들과의 별도 논의를 통해 도출된 내용을 토대로 작성되었음

(그랜드파더링) 등이 존재함. 이러한 형평성 문제를 해결하는 방법은 공정한 기여분을 평가하기 위해 ①파리협정 하에서 제출하는 격년투명성보고서 작성 시 정보제공을 강화하거나, ②당사국들이 NDC 준비 시 어떠한 형평성 원칙을 채택했으며 이 형평성 원칙을 어떻게 운영화 했는지를 보여주고, ③국제 탄소배출허용총량 측면에서의 감축 목표를 설명할 수 있음. 따라서, 각 국가는 NDC 제출 시 이러한 '형평성'에 대한 원칙과 근거를 마련하고, NDC 제출 이후 국제사회에 이러한 '형평성'을 설명하고 설득하기 위해 노력할 것으로 예상됨

- **(우리나라 NDC 목표)** 우리나라가 2021년 12월 제출한 NDC는 2018년 배출량 대비 2030년 40% 감축목표를 설정하였는데, 이는 상기 언급된 2°C 시나리오와 1.5°C 시나리오 범주에 속함. 향후, 2023년 국제이행점검 결과, NDC 목표에 대한 상향 압박에 대해서 파리협정에 명시된 NDC 상황에 대한 세 가지 원칙을 바탕으로 우리나라의 현재 목표에 대한 형평성에 대해서 국제사회에 설득할 수 있는 논리를 마련할 필요가 있음.³⁶⁾

5.3 감축 이행 경로 및 로드맵

- ▶ **우리나라의 NDC 2030 목표 달성과 2030 및 2050 탄소중립(넷제로) 목표 달성을 위해서는 이 목표 달성을 위한 구체적인 경로를 구체화하고, 경로상에서 공식적인 배출전망치를 도출하며, 또한 완하 경로와 지속가능발전 경로 간의 연계·통합적인 접근 그리고 형평성에 대한 고려가 필요할 것으로 보임**

- **(IPCC 2006 지침 적용)** 우리나라가 2021년 12월 NDC 갱신안(2018년 배출량 기준 2030년까지 40% 감축)을 작성 및 제출했는데, 이 때 2018년 배출량을 산정할 때 IPCC 1996 지침을 주로 적용하였음.³⁷⁾ 그런데, 파리협정 하에서 당사국들은 매2년마다 인벤토리 보고서와 격년투명성보고서를 제출해야 하며, 인벤토리 보고서의 경우 IPCC 2006 지침에 따라 작성해서 제출해야 함 (UNFCCC 2018, Annex para 20). 이는 우리나라가 제출한 NDC 상의 2018년 절대치 배출량이 IPCC 2006 지침을 적용할 경우 배출량이 변동된다는 의미로, 증가될 가능성이 큼.³⁸⁾ 다만, 기준년도 배출량이 변경될 경우 2030년 감축목표 역시 조정될 수 있으며 이에 따른 NDC 목표 달성의 유불리는 현재 시점에서 명확히 판단하기 어려움. 파리협정 하의 인벤토리 보고서 & 격년투명성보고서 제출이 2024년이며 또한 우리나라의 명확한 감축목표를 파악하기 위해, IPCC 2006 지침을 적용한 2018년 배출량 및 40% 감축량에 대한 수치 도출이 필요함
- **(글로벌 탄소 비용 활용 필요)** 구체적인 2030 및 2050 탄소중립 로드맵을 작성 시, 국내 감축 수단을 선별하고 국제탄소시장을 활용한 해외 감축분 확보를 위한 계획 수립하는 과정에서 동 IPCC 보고서에서 도출된 글로벌 탄소비용을 활용할 필요가 있음 ([표 5-1] 참조)
- **(탄소 비용 내재화)** 이번 IPCC 보고서에서 부문별(에너지, 농업·임업·기타토지이용, 건물, 수송, 산업, 기타)로 세부적인 감축옵션들을 도출하였는데, 이 옵션들에 대해서 1 tCO₂ 감축하는 데에 \$100 이하로 소요되는 옵션을 활용하는 것만으로도 2030년까지 2019년 배출량 대비 50%를 저감할 수 있다고

36) 세 가지 원칙에는 ①기존 NDC 목표보다 진전(progression), ②최고 가능한 의욕 수준, ③공통의 그러나 차별화된 의무가 있음

37) IPCC 1996 지침을 '주로' 적용하였다는 표현은 우리나라 국가 온실가스 인벤토리 보고서는 IPCC 1996 지침을 기반으로 산정된 것은 맞으나 일부 부분은 IPCC 지침을 보충하기 위해 만든 IPCC 우수실행지침(2000, 2003)와 IPCC 2006 지침의 방법론을 적용하였다는 것을 의미함. 일부 부분에는 민간 항공, 천연가스 탈루, 산업공정 일부(질산생산, 반도체, 디스플레이, 충전기기) 등이 있음

38) 증가 가능성은 신규 온실가스(NF3) 추가 및 냉매 가스 산정 방식 변경(잠재배출량→실제배출량) 등에 기인함

도출됨. IPCC 보고서에서 제시한 \$100 비용과 유럽연합 배출권거래제의 배출권가격이 80~90 유로 수준인 것을 감안한다면, 우리가 기후변화 외부효과 내재화하는 탄소가격 정책을 실시할 때 1 tCO₂ 감축하는 데에 \$100로 설정하는 것을 고려할 필요가 있으며 이는 1.5°C 경로를 따르기 위한 정책과 일치한다고 볼 수 있음³⁹⁾

- **(중/단기 배출 전망 역량 확보 필요)** IPCC 실무그룹III 완화 보고서 제4장(단기 및 중기 완화 및 발전 경로)를 보면, 대부분의 주요 국가들은 국가의 공식적인 배출전망치를 제공하고 있으나, 우리나라의 경우 배출전망치가 부재함. 따라서 중·단기 배출 전망에 대한 역량을 확보하고, 동 역량에 기반해 배출전망치를 도출할 필요가 있음
- **(경로의 통합과 전환)** 기후변화 대응을 위한 감축 노력은 국가 성장에 부정적 영향을 줄 것으로 예상되기 때문에, 감축과 성장이라는 복수의 목표에 어떻게 대응할 것인지에 대한 고민이 필요함. 이를 위해서는 감축 경로와 지속가능발전 경로의 통합적인 접근이 필요하고, 기존 경로가 아닌 새로운 경로로 전환하기 위한 거버넌스 구축과 제도적 역량이 요구됨. 또한, 이러한 새로운 경로로의 전환은 국내 경제/산업 구조 변화와 고용 변화 등으로 인한 분배적 함의가 존재하는 바 이에 대한 인식과 정책적 고려가 필요할 것으로 보임
- **(탄소중립 용어)** 우리나라는 '2050 탄소중립 시나리오'를 발표하였음. 우리나라 탄소중립기본법의 제2조 3항에 따르면 "탄소중립이란 대기중에 배출·방출 또는 누출되는 온실가스의 양에서 온실가스 흡수의 양을 상쇄한 순배출량이 영(零)이 되는 상태"로 정의됨. 따라서 우리나라 2050 탄소중립 시나리오를 통해 달성하고자 하는 바는 IPCC의 정의에 따르면 정확히는 '탄소중립'이 아니라 '온실가스 중립(GHG neutrality)'임(각주 6 참고). 탄소중립은 이산화탄소에 대해서만 중립성을 달성하면 되나, 온실가스 중립은 전체 온실가스에 대해서 중립성을 달성해야 하는 바, 탄소중립은 온실가스 중립보다 더 약한 개념임. 즉, '탄소중립'이라는 용어는 우리나라의 의욕(ambition)을 충분히 담아내지 못하는 표현임. 따라서, IPCC 등 국제사회에서 통용되는 개념과의 일관성을 고려한다면, 동 시나리오의 명칭을 '2050 온실가스 중립 시나리오'로 변경하고, 이외 다른 기후변화 정책문서에서도 국제사회에서 통용되는 대로 용어를 구분하여 사용하고, 더 나아가 법안의 정의된 탄소중립의 개념을 일부 수정할 필요가 있음. 그러나, 이미 법안의 명칭이 '기후위기 대응을 위한 탄소중립 녹색성장 기본법'인 바 탄소중립이라는 용어를 변경하는 것은 쉽지 않을 것이고, 조문의 내용을 변경하는 것도 쉽지 않을 것으로 보임. 따라서, 우리나라의 국내/외 정책 문서와 발언문에서 우리나라 탄소중립의 의미가 온실가스 중립이고, 온실가스를 이산화탄소 환산량으로 접근한다는 측면에서 탄소중립임을 명확히 표현하면 될 것으로 보임

[표 5-1] 시나리오 별 글로벌 탄소 비용 (2015년도 미국 달러 기준)

구분	2030년	2050년
2°C 시나리오	• 90 USD/tCO ₂ (60~120 중간값)	• 210 USD/tCO ₂ (140~340 범위 중간값)
1.5°C 시나리오	• 220 USD/tCO ₂ (170~290 중간값)	• 630 USD/tCO ₂ (430~990 범위 중간값)

39) 동 내용은 유승직(2022)의 발표 내용을 참고하였음

5.4 감축의 수요 관리의 중요성

- ▶ 이번 IPCC 제6차 평가 실무그룹III(완화) 보고서에서 주목할 점은 감축을 위해 ‘수요 관리’가 중요하게 인식되었다는 점이며, 이에 ‘감축의 수요·서비스·사회적 측면’이 처음으로 별도의 장으로 포함되었음. 상품 및 서비스의 최종 사용자들이 수요 측면에서 기존 행동 옵션에서 ‘감축 옵션’을 채택하도록 행태 변화를 유도하기 위해 사회·문화적 변화가 수반되어야 함이 강조되고 있음
 - (수요 측면의 대응방향) 이에, 유명인 및 인플루언서 등의 소수의 다양한 개인들이 저탄소 생활양식으로 전환하고 그 과정과 효과를 널리 알려 공유할 수 있도록 지원하는 프로그램이 필요함. 한편, 최종사용자들이 구매하는 재화와 서비스의 가격에 탄소발자국 등의 외부비용이 반영될 수 있도록 하는 정책을 수립하고 이를 적용할 필요가 있음
 - (수요 측면의 정부 계획) 수요 측면의 접근 분야로서 IPCC 보고서에서 크게 접근한 세 가지 분야가 ① 영양(nutrition), ② 제조 상품/이동/주거, 그리고 ③전력인데, 이 중에서 영양 부문에 해당하는 식단의 변화(균형적이고 지속적이며 건강한 식단)와 음식물 쓰레기 감소에 대해서는 아직 정부 계획이 미흡한 상황임. 영양 부분의 경우, 문화 및 경제적 측면까지 고려해야 하므로 관계부처 합동의 대책이 필요할 것으로 보임. 중국의 경우, 식량안보 위기에 대한 인식 속에서, 음식낭비를 방지하기 위한 캠페인과 폭식 콘텐츠 방송을 금지하는 규제 정책을 실시하였음(BBC News 2020). 그러나, 과도한 규제정책이 반드시 음식낭비 방지로 이어지지 않을 수 있고 또한 정책 이행에 대한 반발이 있을 수 있는 바, 이에 대해서 규제가 아닌 인식의 변화를 가져올 수 있는 방식으로서의 대책과 정책이 필요할 것으로 보임
 - (인프라를 활용해, 소비자들의 비의도적 행동변화 유도) IPCC는 2050년까지 수요 관리를 통해 기반 시나리오 대비 40~70% 감축이 가능하다고 밝힌 바, 우리나라 역시 2050 탄소중립 목표달성 방안으로 수요 측면의 완화 방안을 적극 고려할 필요가 있음. 특히 상기 언급한 인플루언서를 통한 캠페인 및 최종사용자들의 소비 패턴 변화를 위한 정책뿐만 아니라, 건축환경 및 인프라 설계를 기후친화적으로 개선하는 것을 통해 소비자들의 의도적인 행동변화를 최소화하면서도 배출량 감축이 가능하므로, 국내 건축환경 및 인프라 중 개선 가능한 부분이 있는지, 신규 건설 중이거나 건설 예정인 인프라 중 기후친화적으로 더욱 개선될 여지가 있는지에 대한 연구가 시급함

5.5 공급 부문의 다양한 감축 옵션 고려 및 노력

- ▶ 이번 IPCC 제6차 평가 실무그룹III(완화) 보고서에서 공급 측면의 다양한 감축 수단과 노력들이 언급되었음. 그러나, IPCC 보고서에 집적된 내용들은 연구 결과에 기반한 것이며 이를 토대로 일반화해서 표현하는 데에 집중이 된 바, 동 감축 옵션·수단들을 그대로 우리나라에 적용하기에는 다소 무리가 있는 점이 있었음
 - 이에, 보고서에 포함된 다양한 감축 옵션·수단·노력들을 우리나라에 적용할 수 있도록 고려하고, 동시에 우리나라의 지역적 여건을 고려하여 접근할 필요가 있음
- ▶ (에너지) 재생에너지는 향후 수십 년간 점차 경쟁력이 상승할 것으로 보이나, 재생에너지 전력이 모든 에너지 공급을 감당하기에는 부족하므로 에너지 시스템 전반에 걸친 저탄소 전환이 필요함. 기존에 상용화된 원자력

및 수력 발전, 비용경쟁력이 증가한 태양광 및 풍력 발전, 바이오에너지 및 배출저감장치(Carbon Capture Storage 등)가 부착된 화석연료의 사용이 일차적으로 필요함. 궁극적으로는 화석연료 사용 축소, 저탄소 에너지 보급 확대, 저탄소 에너지로의 연료 전환, 에너지 효율 개선이 유기적으로 이루어져야 함

- **(원자력)** 우리나라 신정부는 에너지 믹스와 관련하여 원전 확대 정책을 고려 및 이행 예정임. 원전 비중 확대 시 추가적으로 40~50 MtCO₂eq를 감축할 수 있을 것으로 사료됨. 그러나 이러한 원전 비중이 확대되는 만큼 화석연료 발전이 감소될 수 있도록 연계되어야 함. 또한 원전 확대 정책을 시행하는 경우에도 재생에너지의 적극적인 확대와 이에 대한 R&D 투자가 필요함⁴⁰⁾
- **(에너지: CCS)** 이번 IPCC 제6차 보고서에서 이산화탄소포집·저장(CCS) 기술에 대해서 매우 중요한 온실가스 감축 대안으로 언급이 되고 있으나, 이는 지역적 여건에 의해 좌우될 수 있다고 봄. 우리나라의 경우, 10대 탄소중립 기술에 이산화탄소포집·활용·저장(CCUS, carbon capture, utilization, and storage) 기술이 포함되어 있음. 그러나, 포집된 이산화탄소의 저장소가 제한적인 우리나라 입장에서 CCS와 CCUS를 실질적으로 어떻게 그리고 어느 수준으로 적용할 지에 대해서는 보다 심도 있는 고찰이 필요함
- **(에너지: 도시)** 지역 냉난방 네트워크가 이미 도입되어 적용이 확대되고 있으나 신재생에너지와의 연계가 부족하므로 이의 보완이 필요함. 특히, 도시 구조물을 활용한 적극적인 신재생에너지 시스템 설치 필요함(전기 자동차 보조금이나 태양광 패널 설치 보조금 등의 정책은 어느 정도 확보되어 있음)

▶ **(농업·산림·기타토지이용(AFLOU))** 토지 기반의 감축 조치를 이행하기 위해서는 강력한 정부 정책이 필요한 만큼, 정책 수립 시 이해관계자들과의 논의가 필요함. 특히 AFOLU 분야는 감축뿐만 아니라 적응 및 취약성, 영향평가 등 '적응' 부분을 통합적으로 고려한 정책 수립이 필요함

- **(토지 기반 감축 방안)** 우리나라에서 현재 검토 중인 토지 기반 감축 방안으로는 토양 탄소 관리, 바이오차의 사용, 벼 재배 개선, 가축 사육 영양 관리 등의 감축 수단을 고려한 정책을 수립하여 추진할 계획임

▶ **(도시 시스템과 기타 거주지)** 우리나라는 현재 저출산 및 고령화로 인해서 2030년 이후에는 일부 지역을 제외하고는 많은 도시 지역에서의 인구 감소가 예상되고 있어, 탄소중립 도시를 위해 저밀 도시에서의 효율적 인프라 사용 및 관리와 공간의 콤팩트화 등 종합적인 공간계획을 위한 정책이 필요함

- **(정책 패키지)** 도시권 차원에서의 기후변화 정책 패키지의 중요성이 강조되고 있는 바, 광역권·도시권 차원의 계획 수립 및 이행이 매우 중요함
- **(그린-블루 인프라)** 도시에서의 그린-블루 인프라는 기후변화 완화 및 적응 측면에서 매우 중요하며, 우리나라 또한 도시에서의 다양한 그린-블루 인프라 가치에 대한 인식을 기반으로 이의 확장이 필요함.⁴¹⁾ 또한 쇠퇴하는 도시들의 경우 유휴공간을 기후변화 적응 공간으로 적극적으로 전환할 필요가 있음

40) 동 내용은 유승직(2022)의 발표 내용을 참고하였음

41) 그린 인프라란 "공원, 숲, 습지, 홍수터, 그린벨트, 그린웨이 등과 같이 인간의 삶의 질을 높이고 물순환과 홍수조절과 같은 생태계의 서비스를 증진시키는 인프라"를 일컫음. 그리고 하천, 강 등을 블루 인프라라고 함 (국가기후위기적응정보포털 2022). 블루-그린 인프라는 상기 그린 인프라 개념에 생태축 보전 복원과 생태계에 기반한 재해 위험저감을 포함한 개념임 (우효섭 2020)

▶ **(건물)** 우리나라는 건물부문의 2050 온실가스 배출과 감축 잠재량에 대한 전망치가 미비함. 이 수치에 대해서 공개 또는 논의되고 있지 않음

- **(2030 NDC 목표: 내재 배출량)** 우리나라 NDC 감축 목표(로드맵)에서 다루고 있는 건물 부문의 온실가스 대상은 건물의 운영(사용)에 의한 온실가스 배출이나, 이번 IPCC 보고서에서는 건축물의 건설 시에 투입된 건설재료의 내재 에너지 및 내재 배출량 등을 포함하고 강조하여 다루고 있으며 야심찬 에너지 효율화 및 재생에너지 활용을 통한 건물 부문의 탈탄소화에 있어 2020~2030년 기간의 중요성이 강조됨
- **(건물의 전주기 통합적 감축 전략)** 건축물의 신축 및 개보수 시에 설계, 건설, 사용, 폐기 단계에 이르는 통합적인 감축 전략의 접근과 감축으로 인한 효과를 사회-경제적 편익, UN SDGs 연계 등 다각적으로 검토하고 있어, 우리 정부의 감축 정책에서도 검토 필요가 있음

▶ **(수송)** 전기차의 기술적 가능성을 넘어서서 이의 적용을 위한 인프라 투자가 필요하며, 이를 위한 저탄소 전기 생산과 수소 및 바이오연료의 보완적 역할이 중요함. 신기술 적용 및 투자와 이를 위한 인프라뿐만 아니라, 수송 부문의 행태 변화를 위한 정책적 접근에 대한 고려가 필요함

- **(수송 전기화)** 전기자동차 배터리 기술의 기술발전 및 경제성 향상이 상당하여, 2010년 기준 대비 2020년에 배터리 단가가 85% 하락하고 보급량이 100배 증가하였음. 이를 보다 확대하기 위해, 전기 충전 및 관련 그리드 인프라에 대한 투자가 필수적임
- **(수소 및 바이오 연료의 보완적 역할)** 장거리 대형 트럭 및 철도 시스템에서의 탈탄소화가 가능하며, 이를 위해 수소 및 바이오 연료의 보완적 역할이 필요한 바 관련 신기술에 대한 고려가 필요함. 우리나라는 2030년 NDC 목표에도 수소가 일정 부분 역할을 할 것으로 명시되어 있기는 하나, 본격적으로는 2050년 탄소중립 목표 달성을 위해 향후 수소 및 바이오매스가 크게 보급되고 활용될 것으로 예상되므로, 이들의 구체적인 공급 방안 및 연료전환 방안을 마련할 필요가 있음
- **(해운 및 항공 부문 거버넌스 구조 변화)** 파리협정 하에서 해운 및 항공 부문의 온실가스 배출량에 대해서는 국가 재량에 맡기고 있고, 국제민간항공기구(ICAO, International Civil Aviation Organization) 및 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)에서는 감축 목표를 설정하고는 있으나 이는 연비향상과 수요 감축 전략을 추구하는 데에 그치고 있음. 효율성 증가로는 한계가 존재하며 여전히 고급 바이오연료, 암모니아, 합성연료 등의 대안을 모색하기 위한 R&D와 신기술이 필요함. 이러한 기술개발에 대한 우리나라 차원의 고민이 필요함
- **(기후 전략 및 정책 필요성)** ① 먼저 중앙 정부 및 지방 정부 차원에서 행태 변화를 유도할 수 있는 인센티브 전략 또는 규제 정책 등이 필요함. 특히, 우리나라가 제출한 NDC 달성을 위한 주행거리 4.5% 감축을 위한 실질적인 정책 논의 및 도입 필요 예를 들어, 자전거 출퇴근 캠페인, 무료 교통패스, 주차 요금, 자동차 혜택 폐지, 승용차 주행거리 감축을 위한 이용억제 정책 등. ② 차량 및 연료 효율성 표준, R&D 지원, 저탄소 수송 인프라에 대한 투자와 관련된 입법화 노력이 필요함. ③ 저탄소 교통 체계를 위한 전반적인 인프라에 대한 변화가 필요함

▶ **(산업) 국내 산업의 저탄소화 정책을 추진하되 이로 인한 산업 경쟁력 약화를 방지하기 위해 국제적 저탄소화 정책 연계 등을 전략적으로 고려하여 접근할 필요가 있음**

- **(산업 저탄소화⁴²⁾)** ① 제조업 비중이 높은 우리나라는 탄소중립 시나리오, 탄소중립 산업·에너지대 전환 전략 등 탄소중립 추진을 위해 산업 부문에서 도전적 목표를 제시하였음. 다만, ‘공급’ 측면에서 감축 저감 수단을 발굴·도입하기 위한 계획에 집중해온 바, ‘수요’ 측면의 저감 노력이 필요함. 특히, 온실가스 감축이 상당히 힘들 것으로 보이는 철강, 석유화학, 시멘트 등의 다배출 산업의 수요 저감을 위해서 범부처 차원의 정책적 노력이 요구됨.⁴³⁾ ② 철강, 플라스틱, 이차전지 등 주요 소재 및 부품은 생산과정에서 온실가스를 많이 발생시키는 반면 사회적으로 탄소 저감에 기여할 수 있기 때문에 인위적 생산기반의 위축은 적절하지 않을 수 있음. ③ 또한, 탄소중립 주요수단이라 할 수 있는 폐플라스틱, 철스크랩, 바이오매스 등이 국내에서 충분히 공급되지 못할 것으로 예상되기에 순환자원, 청정에너지 등의 인프라 확충을 위한 정책적 노력이 필요함
- **(국제 산업 경쟁력)** ①탄소중립 노력은 생산비용 증가로 이어짐. 이러한 비용부담이 국내적으로 소비자나 국민 경제 입장에서 감당 가능한 수준이라 하더라도, 탄소중립 노력이 ‘국가별’로 불균형적으로 추진된다면 우리나라 산업의 국제 경쟁력이 심각히 영향을 받을 수 있음. 이에, 국내 탄소중립 추진 정책과 글로벌 탄소 무역장벽의 국가별 효과 분석 등에 대한 연구 및 검토가 필요함. ②또한, 탄소중립의 추진으로 공급망 가치사슬의 변모가 예상되는 바, 이에 대한 변화를 파악하고 부정적인 파급효과를 최소화하기 위한 정책적 준비가 필요함. 다배출 업종의 해외 이전뿐만 아니라 공급망 전반의 저탄소화를 위해 기존의 국제 분업체계가 변경될 가능성도 존재한다는 점을 고려할 필요가 있음
- **(국내 감축 사업 투자 활성화)** IPCC 보고서에서는 기후변화 완화에 대한 산업에 대해서 규제 정책 수단과 경제적 정책 수단이 상호보완적으로 이루어져야 함을 강조하고 있음. 특히, 경제적 정책 수단에서 탄소가격제의 중요성이 강조되었음. 이러한 경제적 정책 수단 측면을 고려할 때, 우리나라는 국내 탄소배출권거래제의 개선 등으로 탄소가격체계를 개선하고 동시에 탄소차액계약제도, 저탄소 관련 세제·금융·무역 지원 등을 도입해 산업 부문의 저탄소화를 유도할 필요가 있음. 특히, 우리나라 탄소배출권거래제 운영과 관련하여, 감축 사업에 대한 투자 방향성을 명확하게 제시하기 위해 감축 사업으로 사전적으로 인정받는 ‘감축 사업 Positive List’ 등을 정부가 준비할 것을 고려할 필요가 있음⁴⁴⁾

42) 이는 2050 탄소중립 목표에 포함된 내용임

43) 다배출 산업의 수요저감은 다배출 물질인 금속, 플라스틱, 건축용 자재 등에 대해 탄소발자국을 확대하고 공유하여 소비자의 환경친화적 물질 수요 확대를 유도하거나, 대다수가 B2B 제품인 바 공공프로젝트에 투입되는 건자재의 탄소집약도 기준을 설정하거나, 또는 자동차, 건설회사 등 수요 업체의 친환경 제품 사용과 관련한 자발적 협약 등이 수단이 될 수 있음. 이와 유사한 사례로 미국 캘리포니아의 청정구매법, First Mover Coalition 등이 있음.

44) 동 내용은 이시형(2022)의 발표 내용을 참고하였음

5.6 이산화탄소제거(CDR) 접근법의 활용

▶ 이산화탄소제거(CDR, Carbon Dioxide Removal) 접근법이 이번 제6차 IPCC 평가보고서에 중요하게 다루어짐. CDR 접근법은 감축하기 어려운 잔여배출량을 상쇄하여 넷제로를 달성하는 데에 중요한 수단으로 간주됨. 그런데 이 기술들마다 R&D 성숙도, 적용가능성(feasibility), 이산화탄소제거 잠재력, 환경·사회적 영향 등이 모두 다양한 바, 우리나라에 적합한 CDR 기술 R&D 및 활용에 대한 장·단기 로드맵 및 종합 전략 구축이 필요함

- **(생물학적 CDR)** 생물학적 CDR 접근법 중에서 조림·재조림, 산림경영, 혼농임업, 토양탄소격리는 가장 많이 활용되는 접근법으로, 우리나라 농업 부분에서는 바이오차(biochar)를 토양에 투입하거나 영농법(비료·유기물 투입, 경운 등)을 활용하여 토양탄소격리효과를 증대하려는 노력을 연구 및 정책적 측면에서 수행하고 있음. 한편, 바이오에너지 이산화탄소포집·저장(BECCS) 기술에 대해서도 우리나라 입장 수립 필요함. 현재 우리나라의 BECCS 관련 R&D는 CCU 분야에서 미세조류를 활용하는 방안으로 소규모 검토가 진행 중인 것으로 보이나, 국제사회에서 폭넓게 다루는 목재 바이오매스를 활용한 BECCS 역시 검토할 필요가 있음. BECCS의 경우, 바이오에너지를 위한 작물생산이 식량안보에 부정적 영향을 주는 바, 동 기술군에 대해서 우리나라가 해외 감축사업 수행시 적용여부에 대해서도 엄밀한 접근이 필요함
- **(화학적 CDR)** 대표적인 대기직접이산화탄소포집·저장(DACCS) 기술의 경우, 전세계적으로 기술개발 초기 단계이나 선진국을 중심으로 실증사업이 진행되고 있음. 우리나라의 2050 탄소중립 시나리오상 DAC가 E-fuel 연소와 연계되어 포함되었으나, 현재까지 우리나라에서 DAC 기술에 대해 직접적인 R&D 사업은 부재함. 또한, 일반 CCS와 마찬가지로 포집 후 지중 혹은 해양에 주입·저장해야 하는데, 우리나라는 저장소에 대한 물리적 적용과 사회적 수용성 측면의 고려가 필요한 바, 향후 DAC 기술에 대한 실제 R&D 필요 및 기술의 활용 여부에 대해서 고려가 필요함

5.7 통합적 접근

▶ **(감축, 적응, 지속가능발전)** 기후변화 완화, 적응, 지속가능발전 정책이 분절적으로 계획되고, 실행되는 경향이 있음. 기후변화 완화와 적응 노력의 연계 및 통합적 접근이 필요할 뿐만 아니라, 기후변화 대응과 지속가능발전 간의 연계 역시 고려가 필요함

- **(시너지효과 및 상충효과에 대한 고려)** 특히, 이번 실무그룹 III(완화) 보고서에서는 기후변화 완화를 위한 감축 옵션들이 적용되는 과정에서 지속가능발전 17개 목표와 시너지를 이룰 뿐만 아니라 상충관계(trade-off)가 발생할 수 있다는 점이 강조된 바, 기후변화 정책/프로그램/사업을 추진하는 과정에서 지속가능발전에 대한 부정적 영향을 미치지 않는 지에 대한 자체적 평가가 필요하며, 이를 위해서는 정책 이행 시 통합적인 고려가 필요함을 시사함
- **(기후변화)** 현재 우리나라는 기후변화 측면에서 보면, 제2차 기후변화대응 기본계획(2020~2040)에서는 저탄소사회로의 전환, 기후변화 적응체계구축, 기후변화대응 기반 강화 측면에서 종합적으로 접근함(관계부처합동 2019). 감축 측면에서는 2030 국가 온실가스 감축 로드맵이 설정 및 수정되어왔고(관계부처합동 2018), 적응 부문에 대해서는 제3차 국가 기후변화 적응대책(2021~2025)이 2020년에

수립되었으며, 이는 지구온난화 온도제한 시나리오상에서 필요한 완화 및 적응 노력을 토대로 작성되었음 (관계부처합동 2021a)

- **(지속가능발전)** 우리나라는 제4차 지속가능발전 기본계획(2021~2040)을 수립하였음. 제4차 지속가능발전 기본계획 수립의 여건 분석 시, 기후변화와 이로 인한 기후재난이 고려되기는 하였음 (관계부처합동 2021b, pp.11-12)

▶ **(지방과 도시의 역할)** 지방과 도시가 기후변화 저감과 적응의 최전선 행위자로 부상하고 있음. 지자체의 기후변화 저감, 적응, 그린 뉴딜에 대한 종합적인 분석과 정책 계획, 실행, 평가가 필요함

- **(지방정부 기후관련 정책)** 지방정부는 관할권 내에서 토지이용 계획, 교통 계획, 건축물 규제와 인센티브, 지속가능발전 계획을 통해 기후변화 저감과 적응 정책을 이행함. 도시는 에너지와 자원 소비 저감, 전기화, 탄소 흡수·저장을 활용하여 넷제로를 달성하고, 다른 행위자들에게도 공급망을 통해 영향을 끼침. 금융과 기술 자원에 대한 접근, 정책 역량, 시민들의 참여, 예산 등이 지방정부가 저감 전략을 개발하고 시행하는 조건을 제공함
- **(다층적 기후정책)** 국제-국가-지방 단계에서 기후변화 대응의 공편익(co-benefits)과 공정한 전환(just transition)이 어떻게 상호작용하는지 파악할 필요가 있음. 또한 초국가 네트워크를 활용해 국경을 넘어서는 도시 간 기후변화 정책 학습을 통해 저감 효과를 향상시킬 수 있음

▶ **(미디어 및 커뮤니케이션 플랫폼의 역할)** 기후변화 대응에 있어 다양한 이해관계자들의 적극적인 참여가 중요한 바, 기후변화 문제에 대한 이해와 대응 옵션들에 대한 정보 확산을 위해 미디어와 커뮤니케이션 플랫폼의 역할이 중요함. 기후변화에 대한 과학적 및 정책적 보도를 위한 기후변화 미디어 정책과 커뮤니케이션 플랫폼의 활성화가 필요함

5.8 국제 협력

▶ **(기후재원 국제협력)** 선진국들의 재정 기여, 양자 개발협력지원(ODA), 다자개발은행(MDB), 다자기후기금, 유엔 시스템 하의 다양한 전문 유엔 기구들, 그리고 민간섹터들이 기존에 운용 및 투자하던 재원에 대해 기후변화를 주류화하여 기후 정책/프로그램/이니셔티브들을 착수함으로써 기후재정을 통한 국제협력이 강조됨.

- **(다자기후기금)** 기후재정 중 다자기후기금과 관련해서 우리나라는 상당히 적극적으로 참여하고 있기 때문에,⁴⁵⁾ 이러한 재정지원 노력을 국제사회에 적극적으로 어필할 필요가 있음

▶ **(기후 클럽)⁴⁶⁾** 다양한 기후클럽이 등장하고 있음. 이 기후클럽들 중에는 ‘국제무역’과 관련된 사항들이 존재하는데, 여기에는 탄소국경세, 탄소집약 물품 금지 등의 무역규제, 탄소배출권거래제 등이 존재함. 이에 대해서 우리나라 참여 시 영향 분석과 참여 전략에 대한 고민이 필요함

45) 다자기후기금 측면에서, 우리나라는 2014년 GCF에 1억 달러 공여를 선언하고 이행. 이후, 2019년 9월 GCF에 2억불 공여 선언

46) 기후클럽: 특정 감축 목표 달성을 위해 국가나 비국가 행위자들의 국가/지역 레벨의 연합체

5.9 기후 금융

- ▶ **(기후리스크 관리) 정부(금융위원회, 금융감독원)는 TCFD 지침에 따라 물리적 위험과 전환 위험 양 측면을 모두 반영한 기후리스크 관리 지침에 대해 국내 모든 금융기관이 준수·확산을 통해 금융기관의 기후리스크 관리가 필수로 정착될 필요가 있음⁴⁷⁾**
 - 금융기관별로 기후위기에 유의 산업을 규정하고,⁴⁸⁾ 고탄소 산업에 대한 기후리스크 관리 방안 및 실적에 대한 정보공개를 단계적으로 확대해 나갈 필요가 있음
 - 상기 언급된 TCFD를 포함해 기후금융 국제표준 및 이니셔티브에 기업들이 참여할 수 있도록 관련 지침을 제작 및 배포(은행연합회에서 '22년 추진중) 하는 등의 지원을 제공할 필요가 있음
- ▶ **IPCC 보고서에서 석탄화력발전에 대한 부정적 측면을 강조하고 있음. 이에 석탄화력발전 등 좌초자산에 대한 투자를 중단하고, K-그린 택소노미에 포함된 활동에 투자를 집중할 수 있는 정책적 기반 조성이 필요함**
 - **(탈석탄)** KB금융지주의 탈석탄선언('20.9)을 시작으로 금융기관의 탈석탄선언이 확산되면서 현재 대다수 금융기관이 탈석탄 선언을 완료함. 112개 금융기관의 기후금융 지지선언('21.3) 등 탈탄소 투자 확산기조는 매우 고무적이나, 선언에 그치지 않도록 후속 관리가 중요함
 - **(K-그린 택소노미 대상 투자)** IPCC가 중요성을 강조한 녹색분류체계의 경우, 2021년 12월 발표된 K-그린택소노미의 투자연계 노력이 필요함. K-그린택소노미는 우선 채권에 한정 적용되므로 행정문제가 없으나, 향후 대출 연계 시 행정상 어려움이 있어 정책 수단에 대한 고민이 요망됨
- ▶ **기후(녹색) 금융 규모를 2030년까지 현재 대비 3~6배 확대하는 것을 검토하고, 기후금융에 대한 인식 개선과 혁신금융 접근에 대한 정책적 지원이 필요함**
 - **(기후금융)** 기후(녹색)금융 확산 관련법의 발의·제정이 필요함. 또한, 기후금융 정책으로서, 탄소인지예산 도입과 탄소금융 본격화를 고려할 필요가 있음
 - **(혁신금융)** 유럽 내 급성장 중인 지속가능연계금융(SLF, Sustainability Linked Finance) 등의 혁신 금융기법을 적극 도입할 필요가 있음
 - **(기후대응기금)** 기후변화 대응을 위한 기후대응기금을 적극 운용·활용해야 함⁴⁹⁾

47) TCFD는 'Task Force on Climate-related Financial Disclosures'의 약자로, '기후변화 관련 재무정보 공개 협의체'임.

48) '유위산업'은 지구온난화, 고탄소 배출, 생물다양성 훼손 등 환경적으로 부정적인 영향을 미치거나 민감한 산업으로서 금융회사가 자율적으로 정한 산업임. 금융회사는 유위산업 분야를 자율적으로 정하고 관리할 수 있다는 지침이 포함되었음 (금융권 녹색금융 핸드북 2021, p.31 & p.36)

49) 기후대응기금은 '22년 약 2.6조원 규모로, 기획재정부 담당(한국환경공단 위탁운영)임

5.10 기후 기술

- ▶ IPCC 제6차 보고서에서는 기후변화 완화를 노력 차원에서, 완화 옵션(기술) 별로 감축 잠재량과 온실가스 배출 회피 준비비용을 도출하였음. 이 기술옵션 별로 \$100 이하의 저비용 기술 옵션을 우선적으로 적용할 경우, 2030년까지 2019년 배출량 대비 절반 이상 감축이 가능하다고 언급함. 그런데, 이 기술 옵션들의 감축 잠재량 및 비용에 대한 사항은 기존의 연구 결과물들을 토대로 일반화된 값으로 도출된 바, 우리나라에 바로 적용하기에는 다소 괴리가 있을 것으로 예상됨
 - (온실가스 배출 회피 준비비용) IPCC 보고서에서 도출된 섹터별 완화기술 옵션들의 감축 잠재량과 온실가스 배출 회피 비용에 대해서 우리나라 차원에서 적용했을 때의 값을 도출해 보는 별도의 연구가 필요할 것으로 보임. 이를 토대로 \$100 이하로 소요되는 기술 옵션들을 우선적으로 이행할 수 있는 방안을 고려할 필요가 있음. 또한, 현재로서는 완화비용이 \$100를 훨씬 상회하여 적용이 어려운 기술⁵⁰⁾의 경우, 어떠한 기술들을 중심으로 기술 단가를 낮추기 위한 혁신 정책(R&D 투자, 시범·실증사업 비용 지원, 보조금 지원 등)을 적용할 지를 도출하고 정책이행이 필요함
- ▶ (기후기술 국제협력) 기후기술의 개발·이전·혁신이 강조되고 있으나, ‘혁신’에 대한 국제협력에 대해서는 아직 격차가 있는 것으로 나타났음. 특히, 유엔기후변화협약 하에 설립되고 파리협정 이행에 대한 당사국 행동을 지원하는 기술 메커니즘(Technology Mechanism)⁵¹⁾의 이행기구인 기후기술센터네트워크(CTCN)의 활동에 대해서 아직 도전과제가 있는 것으로 나타남
 - (CTCN과의 협력) 우리나라는 현재 CTCN과의 협력을 통해 개도국 기술지원 사업에 적극적으로 참여하고 있으며, 인천 송도에 개소한 CTCN 협력연락사무소를 통해 개도국에 대한 기후기술 연구·개발·실증(RD&D) 사업을 지원하고자 기획하고 있음. 이에, CTCN 협력연락사무소를 통해 혁신 차원의 기후기술 RD&D 사업을 기획하고 실질적으로 이행하는 모범 사례들을 만들어 갈 수 있도록 노력이 필요함

50) 예를 들어, IPCC 보고서 상에서 이산화탄소포집·저장(CCS) 기술의 경우, 에너지 부문과 산업부문에 모두 포함되어 있는데, 현재로서는 상당히 비용이 높은 옵션으로 분류되어 있음

51) 기술 메커니즘은 정책을 담당하는 기술집행위원회(TEC, Technology Executive Committee)와 개도국 기술지원을 제공하는 이행기구인 기후기술센터네트워크(CTCN, Climate Technology Centre & Network)로 구성

참고문헌

- 1) 관계부처합동. (2018). 2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안. Retrieved from <https://energytransitionkorea.org/sites/default/files/2018-11/18.072030-%E1%84%8B%E1%85%A9%E1%86%AB%E1%84%89%E1%85%B5%E1%86%AF%E1%84%80%E1%85%A1%E1%84%89%E1%85%B3-%E1%84%80%E1%85%A1%E1%86%B7%E1%84%8E%E1%85%AE%E1%86%A8%E1%84%85%E1%85%A9%E1%84%83%E1%85%B3%E1%84%86%E1%85%A2%E1%86%B8-%E1%84%89%E1%85%AE%E1%84%8C%E1%85%A5%E1%86%BC%E1%84%8B%E1%85%A1%E1%86%AB%E1%84%80%E1%85%AA%E1%86%AB%E1%84%80%E1%85%A8%E1%84%87%E1%85%AE%E1%84%8E%E1%85%A5-%E1%84%92%E1%85%A1%E1%86%B8%E1%84%83%E1%85%A9%E1%86%BC%20%281%29.pdf> (2022.06.07. 검색)
- 2) 관계부처합동. (2019). 제2차 기후변화대응 기본 계획. Retrieved from https://www.me.go.kr/home/web/policy_data/read.do?menuId=10259&seq=7394 (2022.06.07. 검색)
- 3) 관계부처합동. (2020). 제3차 국가 기후변화 적응대책 (2021-2025). Retrieved from http://www.climate.go.kr/home/cc_data/policy/3_nation_climate_change_adaptation_step_summary.pdf (2022.06.07. 검색)
- 4) 관계부처합동. (2021a). 제3차 국가 기후변화 적응대책 2021-2025. Retrieved from http://www.climate.go.kr/home/cc_data/policy/3_nation_climate_change_adaptation_step_summary.pdf (2022.06.07. 검색)
- 5) 관계부처합동. (2021b). 제4차 지속가능발전 기본계획 2021~2040 (제1부). Retrieved from [http://ncsd.go.kr/api/1613452102015_%EC%A0%9C4%EC%B0%A8%20%EC%A7%80%EC%86%8D%EA%B0%80%EB%8A%A5%EB%B0%9C%EC%A0%84%20%EA%B8%B0%EB%B3%B8%EA%B3%84%ED%9A%8D\(1%EB%B6%80\).pdf](http://ncsd.go.kr/api/1613452102015_%EC%A0%9C4%EC%B0%A8%20%EC%A7%80%EC%86%8D%EA%B0%80%EB%8A%A5%EB%B0%9C%EC%A0%84%20%EA%B8%B0%EB%B3%B8%EA%B3%84%ED%9A%8D(1%EB%B6%80).pdf) (2022.06.07. 검색)
- 6) 금융권 녹색금융 핸드북. (2021). 금융권 녹색금융 핸드북 (Green-Finance Handbook). Retrieved from <http://www.fss.or.kr/fss/cmmn/file/fileDown.do?menuNo=200218&atchFileId=3e568353576d5e462ee05ccd18aa1351&fileSn=12&bbsId=> (2022.06.07. 검색)
- 7) 기상청. (2020). 「기후업무규정」 (기상청훈령 제969호, 2020.4.8. 시행)
- 8) 기상청, (2022). IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Retrieved from <http://www.climate.go.kr/home/cooperation/ipcc.php> (2022.06.07. 검색)
- 9) 오채운. (2021). 과거혁신외교활동 사례 분석: 기후변화 분야. In 박환일 외. 과거외교 효과 분석 및 기반 구축 방안, 과학기술정책연구원. 정책연구 2021-29. pp.39-69
- 10) 오채운·강문정·김태운·송예원·민경서·김한이. (2021). 녹색·기후 기술 협력을 위한 국제제도 분석 연구: UNFCCC 및 IPCC를 중심으로. 녹색기술센터 연구보고서 2021-007.
- 11) 유승직. (2022). IPCC 제6차 보고서의 시사점. 제58차 환경리더스포럼 (2022.05.26.) 토론 자료

- 12) 이시형. (2022). 온실가스 어떻게 줄일 것인가? 제58차 환경리더스포럼 (2022.05.26.) 토론 자료.
- 13) BBC News 코리아. (2020). 먹방: 중국은 왜 '먹방'을 단속하게 됐을까. Retrieved from <https://www.bbc.com/korean/international-53844480> (2022.06.07. 검색)
- 14) IPCC. (2017). Scoping of the IPCC sixth assessment report (AR6) Background, Cross Cutting Issues and the AR6 Synthesis Report (Submitted by the Secretary of the IPCC). Retrieved from https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/04/040820171122-Doc.-6-SYR_Scoping.pdf. (2022.06.07. 검색)
- 15) IPCC. (2021). IPCC Factsheet: What is the IPCC?, Retrieved from https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/07/AR6_FS_What_is_IPCC.pdf (2022.06.07. 검색)
- 16) IPCC. (2022a). Climate change 2022 Mitigation of Climate Change. Retrieved from https://report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC_AR6_WGIII_FinalDraft_FullReport.pdf (2022.06.07. 검색)
- 17) IPCC. (2022b). Climate change 2022 Mitigation of Climate Change: Summary for Policy makers. Retrieved from https://report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC_AR6_WGIII_SummaryForPolicymakers.pdf (2022.06.07. 검색)
- 18) IPCC. (2022c). Calendar, Retrieved from <https://www.ipcc.ch/calendar/> (2022.06.07. 검색)
- 19) UNFCCC. (2018). Decision 18/CMA.1 Modalities, procedures and guidelines for the transparency framework for action and support referred to in Article 13 of the Paris Agreement. Retrieved from <https://ledslac.org/wp-content/uploads/2020/09/e.-Decision-18-cma.1.pdf> (2022.06.07. 검색)
- 20) UNSD. (1999). Standard Country or Area Codes for Statistical Use, Revision 4. Retrieved from <https://unstats.un.org/unsd/methodology/m49/> (2022.06.07. 검색)

동 보고서는 녹색기술센터(GTC)의 2022년 주요사업(오채운 과제책임자 「IPCC 제6차 보고서를 기반으로 한 기후기술 정책 대응 연구」)으로 수행한 내용을 토대로 작성되었습니다.

부록

저자 명단

저자 명단

번호	이름	소속기관	부서	직급
1	오채운	녹색기술센터	정책연구부	책임연구원
2	송예원	녹색기술센터	정책연구부	연구원
3	김한이	딜로이트 안진회계법인 (전직: 녹색기술센터)	리스크자문본부	컨설턴트
4	오예원	기상청	기후정책과	사무관
5	임나영	기상청	기후정책과	주무관
6	채유정	기상청	기후정책과	주무관
7	방종철	온실가스종합정보센터	감축목표팀	연구관
8	전의찬	세종대학교	환경에너지공간융합학과	교수
9	유승직	숙명여자대학교	기후환경융합학과	교수
10	김하나	한국과학기술원	인문사회과학부	조교수
11	안영환	숙명여자대학교	기초교양대학	부교수
12	임정민	부경대학교	경제학과	조교수
13	손인성	에너지경제연구원	기후변화정책연구팀	연구위원
14	노동운	한양대학교	국제학부	교수
15	김승완	충남대학교	전기공학과	조교수
16	이수민	에너지경제연구원	기후변화정책연구팀	부연구위원
17	김래현	국립산림과학원	국제산림연구과	연구관
18	최은정	국립농업과학원	기후변화평가과	농업연구사
19	허연숙	고려대학교	건축사회환경공학과	부교수
20	송재민	서울대학교	환경대학원	부교수
21	이충국	한국기후변화연구원	탄소배출권센터	센터장
22	정영선	한국건설기술연구원	건축에너지연구소	연구위원
23	박상준	한국교통연구원	2050탄소중립·미래전망연구단	연구위원
24	이재윤	산업연구원	소재·산업환경실	연구위원
25	김수이	홍익대학교	상경대학	부교수
26	강수일	광주과학기술원	국제환경연구소	총괄국장
27	배치혜	한국에너지기술연구원	국가기후기술정책센터	선임연구원
28	이태동	연세대학교	정치외교학과	교수
29	정지원	대외경제정책연구원	정책분석팀	팀장
30	유인식	기업은행	전략기획부	팀장
31	박환일	과학기술정책연구원	글로벌혁신전략연구본부	본부장

부록

완화 보고서 장별 핵심 내용⁵²⁾

장별 구성

장(Chapter)	
제1장	도입 및 구성
제2장	배출 추세와 그 동인
제3장	장기목표에 부합하는 완화 경로
제4장	단기·중기 완화 및 발전 경로
제5장	감축의 수요, 서비스, 사회적 측면
제6장	에너지 시스템
제7장	농업·임업·기타토지이용
제8장	도시 시스템
제9장	건물
제10장	교통
제11장	산업
제12장	범분야적 관점
제13장	국가 및 지자체의 정책 및 제도
제14장	국제 협력
제15장	투자과 재정
제16장	혁신, 기술 개발과 이전
제17장	지속가능발전 맥락에서의 전환 가속화

52) 동 섹션은 완화 보고서의 총 17개 장의 Executive Summary 부분에 대해 IPCC 국내 대응협의회 제3실무그룹 전문위원회 소속 전문위원들의 전문성을 토대로 전문위원들의 담당 장별로 번역 및 정리된 내용을 담고 있음

Chapter 1 도입 및 구성

▶ 전지구 온실가스 배출량은 2019년까지 지속적으로 증가하였음. 현재의 갱신된 국가결정기여(NDC)로부터 도출된 2030년 감축량 총합으로는 여전히 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한하는 것이 불가능하며, 온난화를 2°C 이하로 제한하는 것은 2030년 이후 훨씬 더 가파른 감축이 있을 때에만 가능성이 높음. 즉, 온난화를 1.5°C, 2°C 어느 수준으로 제한하든 모든 규모에서 가속화된 완화 행동이 필요함

- IPCC의 제5차 평가보고서(AR5) 이후 나타난 주요 변화는 2015년 파리 협정에 수립된 특정 목표(온도, 적응 및 금융), 기후 영향의 증가, 기후 행동에 대한 더 높은 수준의 사회적 인식 및 지원 등이 있음
- 전지구 온실가스 배출량 증가는 지난 10년간 둔화되었으며, 갱신된 NDC를 2030년까지 이행하면 감소세로 전환되지만, 이에 따른 2030년까지의 전지구 배출량은 1.5°C 경로를 큰 폭으로 초과하며, 2°C 이하로 온도 상승을 제한할 가능성이 높은 모델링 경로 범위의 상단 근처에 존재함
- 탄소 집약적 활동에 대한 지속적인 투자는 기후변화와 관련된 많은 위험을 고조시키고 저탄소 개발을 향한 사회적·산업적 전환을 방해할 것임
- 따라서 파리 협정의 장기 온도 목표를 달성하는 것은 '넷제로'를 향한 온실가스 배출량 감소로의 빠른 전환을 의미하며, 이는 모든 규모의 긴급하고 야심찬 행동이 없다면 실현되기 어려움
- 전례없는 코로나19 대유행은 전지구 경제 및 사회 시스템에 광범위한 영향을 미쳤으며, 그로부터의 회복은 기후변화 완화에 대한 도전과 기회를 모두 제시할 것임

▶ 일부 상충이 있지만, 효과적이고 형평성있는 기후 정책은 17개의 지속가능발전목표(SDGs)에 명시된 더 넓은 지속가능발전목표와 빈곤을 근절하기 위한 노력에 주로 부합함

- 기후변화 완화는 SDG의 넓은 범위에서 입증되었듯이 사회가 지속가능발전의 맥락에서 추구하는 많은 목표 중 하나임
- 기후변화 완화는 다른 많은 SDG와 시너지 및/또는 상충 관계임
- 역사적으로 1인당 배출량과 절대 배출량 모두 산업화와 함께 증가했기 때문에, 발전과 온실가스 배출량 사이에는 강한 상관관계가 있어왔음
- 그러나, 최근의 증거는 국가들이 배출량을 줄이면서도 경제를 성장시킬 수 있음을 보여줌
- 국가들은 각자의 조건과 역량에 따라 SDGs를 달성하고 배출량을 줄이는 데 있어 서로 다른 우선 순위를 가지고 있음
- 온실가스 배출 기여도, 취약성과 영향의 정도 및 국가 내 및 국가 간 역량의 차이를 고려할 때, 형평성과 정의는 효과적인 기후 정책과 심층 탈탄소화에 대한 국가 및 국제적 지원 확보를 위한 중요 고려 사항임
- 17개의 SDGs에 명시된 바와 같이 전지구적인 지속가능발전을 달성하고 빈곤을 근절하는 것은 지역부터 전지구 규모에 이르는 모든 수준에서 효과적이고 형평성있는 기후 정책을 포함함
- 형평성과 정의의 문제를 해결하지 못하면 시간이 지남에 따라 사회적 결속력과 안정이 손상될 수 있음
- 국제협력은 지속가능발전의 맥락에서 야심찬 전지구 기후변화 완화를 달성하기 위한 노력을 강화할 수 있음

▶ **저탄소 경제로의 전환은 지난 10년 동안 주목할 만한 발전이 심층 탈탄소화와 사회 및 발전 관련 여러가지 목표를 달성할 수 있는 대안적 발전 경로를 위한 새로운 대규모의 기회를 열어준 정책과 기술을 포함하여 밀접하게 얽혀 있는 광범위한 동인과 제약에 달려 있음**

- 저탄소 사회로의 전환과 관련된 동인 및 제약은 경제 및 기술적 요인(식량, 난방 및 주거 등 서비스가 어떤 수단에 의하여 누구를 위해 제공되는지, 거래되는 제품의 배출 원단위, 금융 및 투자), 사회-정치적 이슈(정치경제, 형평성과 공정성, 사회적 혁신 및 행태개선), 그리고 제도적 요인(법적 체계와 제도, 국제 협력의 질)으로 구성됨
- 상호간에 깊이 얽혀 있는 것 외에도 모든 요인들은 사회, 경제, 문화, 정치적 맥락에 따라 다양한 정도에서 중요함
- 그들은 종종 서로 다양한 범위내에서 동시에 양방향으로 작용함
- 혁신기술과 시스템의 개발 및 보급은 심층적인 탈탄소화를 달성하는 데 중요함
- 최근, 몇 가지 저탄소 기술은 급속한 보급과 함께 비용이 급격히 감소
- 또한 20개 이상의 국가에서 배출량 감소가 지속되고 있으며, 더 많은 국가에서 에너지 효율성 및/또는 토지 사용 개선이 가속화되고 있음
- 그러나 전체적으로 연간 회피된 배출량은 수십억 톤(tCO₂eq)에 불과하여 전지구적 기여도는 아직 미미함

▶ **기후 시스템 내의 위험한 인위적 간섭을 방지하기 위한 완화를 가속화하기 위해서는 단단계 거버넌스의 맥락에서 적용되는 여러 관점을 결합한 확장된 평가 프레임워크와 도구의 통합이 필요함**

- 기후우리 경제의 완전한 탈탄소와 관련된 어려움을 분석하는 것은 여러 분석 프레임워크의 통합을 수반함
- IPCC 실무그룹 전반에 걸쳐 확립된 위험 평가 및 회복성에 대한 접근 방식은 완화 구현의 어려움을 조사하기 위한 프레임워크에 의해 보완됨
- 총체적 프레임워크는 주어진 목표에 대한 비용-효과성 분석과 비용-편익 분석을 포함하며, 이들 두 가지 모두 위험과 혁신, 배출 시스템의 역학에 대한 이해의 진전 및 기후 영향, 장기적 할인에 대한 합의를 포함한 복지 경제 이론을 더 많이 고려하기 위해 개발되었음
- 윤리적 프레임워크는 소득 집단, 국가 및 세대 간의 분배 영향을 개선하는 데 도움이 될 수 있는 절차와 결과의 공정성을 고려함
- 전환 및 변환 프레임워크는 확립된 네사회 기술 구조의 불가피한 저항과 함께, 수준 간의 상호 작용에서 발생하는 저탄소 시스템으로의 전환의 역학을 설명하고 평가함
- 심리적, 행태적, 정치적 프레임워크는 인간의 심리와 현재 이익(incumbent interests)의 힘에서 발생하는 제약(및 기회)을 개략적으로 설명함.
- 기후변화 완화에 대한 포괄적인 이해는 이러한 여러 프레임워크를 결합해야 함
- 확립된 위험 프레임워크와 함께, 이들은 완화의 잠재적 시너지와 상충을 설명하는 데 총체적으로 도움을 주며, 서로 다른 행위자와 의사결정 수준에 맞춰진 광범위한 정책 포트폴리오의 필요성을 의미하며, 다양한 맥락에서 '정의로운 전환' 전략을 뒷받침함

▶ **전환의 속도, 방향 및 깊이는 환경, 기술, 경제, 사회문화 및 제도적 영역에서의 선택에 따라 결정됨**

- 특정 시스템의 전환은 점진적이거나 혹은 빠르고 파괴적일 수 있음
- 전환의 속도는 기존의 물리적 자본, 제도 및 사회 규범에 의해 생성된 '고착'에 의해 저해될 수 있음
- 권력, 정치, 경제 사이의 상호 작용은 왜 광범위한 약속이 항상 긴급한 행동으로 이어지지 않는지를 잘 설명함
- 동시에, 기후 영향이 더욱 현저해짐에 따라 기후 정책과 저탄소 사회 전환에 대한 관심과 지지가 일반적으로 증가함
- 공공 및 민간 금융과 금융 구조는 고탄소 및 저탄소 투자의 규모와 균형에 큰 영향을 미침
- 코로나19는 공공재정에 부담을 주고 있으며, 기후금융을 국내 및 국제적으로 추진중인 회복 전략에 통합하는 것은 저탄소 기술의 확산을 가속화하고 더 가난한 국가들이 미래의 좌초자산을 최소화하는 데 도움을 줄 수 있음
- 사회 및 행동규범, 규정 및 제도는 어떤 종류의 대규모 전환에서든 고질적으로 나타나는 분배 문제를 해결하는 동시에 여러 부문에서 저탄소 전환을 가속화하기 위한 필수 조건임

▶ **저탄소, 기후 복원력이 있고 지속 가능한 세계로의 전지구적 전환을 달성하려면 지역, 지방정부, 국가 및 전지구 수준을 포함한 다양한 규모의 계획 및 결정이 목적성을 가지고 점점 더 조정되어야 함**

- 기후전지구적인 기후변화 완화의 가속화는 지금까지 채택된 정책의 강화, 수단, 부문 및 국가에 걸친 노력의 확대, 여러 수준 - 국제적인 수준 포함 - 에서 보다 다양한 행위자와 사회적 절차를 포함하기 위한 대응 범위의 확장을 의미함
- 효과적인 기후변화 거버넌스는 주기적인 평가와 학습을 포함한 여러 관할권과 의사결정 수준에 걸친 강력한 조치를 수반함
- 기후변화를 일으키는 선택과, 관련 결정을 내리고 이행하는 과정은 도시, 기업 및 시민사회 조직 등 다양한 비국가적 행위자들을 포함함
- 전지구, 국가 및 국가 하위 수준에서 기후변화 행동은 훨씬 더 광범위한 사회, 경제 및 정치적 목표의 맥락에서 상호 연계 및 내재됨
- 따라서 기후변화를 해결하기 위해 필요한 거버넌스는 모든 수준의 의사 결정에서 권력, 정치, 경제 및 사회적 역할을 탐색해야 함
- 효과적인 기후 관리 기관과 다양한 관리체계, 정책 및 프로그램 관련 실험에 대한 개방성은 이해관계자의 참여 및 효과적인 기후 행동을 위한 모멘텀 구축에 핵심적 역할을 할 수 있음

Chapter 2 배출 추세와 동인

- ▶ **지난 10년 동안(2010~2019년) 전지구 순 인위적 온실가스 배출량은 역사상 그 어떤 시기보다 높았음**
 - 2010년 이래 온실가스 배출량은 지속 증가해 2019년 59 ± 6.6 GtCO₂eq에 도달하였으나, 지난 10년 동안 연평균 증가율(1.3%, 2010~2019년)은 이전 10년 대비 낮아짐
 - 2010~2019년 동안 연평균 온실가스 배출량은 56 GtCO₂eq/yr씩 증가했으며, 이는 이전 10년(2000~2009년) 대비 약 9.1 GtCO₂eq/yr 증가했으며 이는 역대 최고 10년 평균값임

- ▶ **온실가스별 배출량 증가는 다르지만, 모든 온실가스에 대해 지속됨**
 - 온실가스별 지난 10년 동안(2010~2019년)의 연평균배출량은 이전 10년보다 높았음
 - 2019년, CO₂ 배출량은 45 ± 5.5 GtCO₂, CH₄는 11 ± 3.2 GtCO₂eq, N₂O는 2.7 ± 1.6 GtCO₂eq 및 불화가스(F 가스: HFC, 12 PFC, SF₆, NF₃) 1.4 ± 0.4 였음
 - 1990년 대비 증가의 규모와 속도는 가스별로 다름: 화석 연료 및 산업(FFI)의 CO₂ 배출량은 15 GtCO₂eq/yr (67%), CH₄는 14 2.4 GtCO₂eq/yr (29%), 불화가스는 0.97 GtCO₂eq/yr (25%), N₂O는 0.65 GtCO₂eq/yr (33%) 였음. 토지이용·토지이용변화 및 산림(LULUCF)의 CO₂ 배출량은 장기적 변화가 거의 없으며 높은 불확실성으로 인해 통계적으로 유의미한 추세를 감지하지 못함
 - 온실가스 인벤토리에 포함된 것과 거의 같은 양의 염화불화탄소(CFCs) 및 수소염화불화탄소(HCFCs) 등의 불화가스가 인벤토리에서 제외됨

- ▶ **전세계적으로 1인당 GDP와 인구 성장은 지난 10년 동안 화석연료 연소로 인한 CO₂ 배출의 가장 강력한 동인이었음**
 - 1990년 이후 이 추세는 2010년에서 2019년까지 계속되었으며 1인당 GDP와 인구 성장으로 인해 배출량이 각각 연간 2.3% 및 1.2%씩 증가함
 - 이 증가는 에너지집약도 감소(전세계적으로 연간 -2%)와 탄소집약도의 개선(연간 -0.3%)을 앞지름

- ▶ **세계적인 COVID-19 대유행으로 화석연료와 산업에서 배출되는 CO₂ 배출량은 급격히 감소**
 - 2020년 전세계 CO₂-FFI 배출량은 2019년 대비 약 5.8%(5.1~6.3%) 또는 약 2.2 (1.9~2.4) GtCO₂ 감소함
 - 그러나 2020년 12월 말까지 배출량은 전세계적으로 반등함

- ▶ **지난 10년 동안(2010~2019년)의 누적 순 CO₂ 배출량은 온난화를 1.5°C 이내로 제한하기 위한 잔여 탄소배출허용총량과 거의 같은 규모임**
 - 1850년 이후 누적 순 CO₂ 배출량은 빠른 속도로 증가하고 있음
 - 1850년부터 2019년까지 총 누적 CO₂ 배출량의 62%(1500 ± 140 GtCO₂)가 1970년 이후 배출되었으며, 약 43%(1000 ± 90 GtCO₂)가 1990년 이후, 약 17%(410 ± 140 GtCO₂)가 2010년 이후 배출되었음
 - 67% (50%) 확률로 온난화를 1.5°C 이내로 제한하기 위한 잔여 탄소배출허용총량은 약 400 (500)±220 GtCO₂임

▶ **점점 더 많은 국가가 10년 넘게 온실가스 배출 감소를 달성했으며, 일부 국가는 온난화를 2°C 미만으로 제한하는 기후변화완화시나리오와 대체로 일치하는 속도로 감축함**

- 약 24개국은 10년 넘게 CO₂ 및 온실가스 배출량을 감소시킴
- 일부 국가의 감소율은 수 년동안 4%에 도달했는데 이는 온난화를 2°C로 제한할 가능성이 있는 경로에서 관찰된 비율과 일치함.
- 그러나 이들 국가의 연간 온실가스 배출량 감소는 지난 수십 년 동안 관측된 전세계
- 배출량 증가 대비 작음(약 3.2 GtCO₂eq/yr)
- 보완 증거에 따르면 국가들은 역내 CO₂ 배출량과 국내총생산(GDP)이 탈동조화하였으나 소비기반 배출량이 GDP가 탈동조화된 국가는 훨씬 적음
- 탈동조화는 1인당 GDP와 1인당 CO₂ 배출량이 높은 국가에서 주로 발생함

▶ **선진국과 아시아 및 태평양 개발도상국 지역의 소비기반 CO₂ 배출량은 다른 지역보다 높음**

- 선진국에서 소비기반 CO₂ 배출량은 2007년 15 GtCO₂로 최고치에 도달 후 2018년 약 13 GtCO₂로 감소함
- 현재 세계 인구의 52%를 차지하는 아시아 및 태평양 개발도상국 지역은 2000년 이후 소비기반 CO₂ 배출량 증가(2000~2018년 동안 5.5%/yr)에 주요 기여자로 현재 세계 인구의 16%를 차지하는 선진국 지역을 넘어 소비기반 CO₂의 최대 배출지역임

▶ **무역제품 생산의 탄소집약도 개선은 국제무역에 포함된 CO₂ 배출량의 순감소를 가져옴**

- 무역제품의 탄소집약도 감소는 2006~2016년 기간 동안 증가한 무역 거래량을 상쇄함
- 국제무역제품에 포함된 배출량은 부문과 국가에 걸친 글로벌 공급망 구성과 생산 공정의 개별 탄소집약도에 의존적임(경제적 산출 단위당 배출량)

▶ **선진국은 순 CO₂ 배출 수입국인 경향이 있는 반면, 개발도상국은 순배출 수출국인 인 편임**

- 글로벌 공급망을 통한 개발도상국에서 선진국으로의 순 CO₂ 배출량 이전은 2006~2016년 사이 동안 감소함
- 유럽에서 아시아로 무역 활동 중심이 이동함에 따라 2004~2011년 사이에 개발도상국간 무역에 포함된 CO₂ 배출량은 2배 이상(0.47 Gt에서 1.1Gt) 증가함

▶ **1인당 낮은 기준 배출량에서 시작해 선진국보다 누적 배출량에 더 낮은 기여를 하였으나, 개발도상국의 배출량은 계속 증가함**

- 2019년 평균 1인당 CO₂-FFI 배출량은 아프리카(1.2 tCO₂/cap), 아시아 및 태평양 개발도상국(4.4 tCO₂/cap), 라틴 아메리카 및 카리브해(2.7 tCO₂/cap) 등 3개의 개발도상국 지역에서 선진국(5.9 tCO₂/cap)의 절반 미만으로 유지되었음
- 세 개발도상국 지역의 CO₂-FFI 배출량은 1990~2010년 기간 동안에 260% 증가한 반면 2010~2019년 사이에 26% 증가했으며, 선진국 배출량은 2010~2019년 사이에 9.9%, 1990~2010년 사이에 9.6% 감소함

- 역사적으로 3개의 개발도상국 지역은 1850년과 2019년 동안의 누적 CO₂-FFI 배출량에 28%를 기여한 반면 선진국은 57%, 최빈개도국은 0.4% 기여함
- ▶ 전지구적으로 GHG 배출량은 모든 부문 및 하위 부문에서 계속 증가했으며 운송 및 산업 부문에서 가장 빠르게 증가함
- 2019년 전지구 GHG 배출량의 34%(20 GtCO₂eq)는 에너지 부문에서, 산업 부문에서 24%(14 GtCO₂eq), AFOLU에서 22%(13 GtCO₂eq), 운송부문에서 15%(8.7 GtCO₂eq), 건물에서 5.6%(3.3 GtCO₂eq) 배출됨
 - 에너지 사용으로 인한 간접배출량을 고려하면, 산업 및 건물 배출량의 상대적 비율은 각각 34% 및 17%로 증가함
 - 2010~2019년 동안의 에너지 공급(2.3%에서 1.0%로) 및 산업분야(3.4%에서 1.4%로, 직접 배출량만 해당)에서 연평균 GHG 배출량 증가는 이전 10년 대비 둔화되었으나 운송부문에서는 약 연 2% 수준으로 일정하게 유지됨
 - CO₂-LULUCF 배출량의 높은 비중으로 인해 AFOLU에서의 배출량 증가는 더 불확실함
- ▶ 에너지 공급으로 인한 GHG 배출량의 연평균 증가율은 2000~2009년 2.3%에서 2010~2019년 1.0%로 감소함
- 이러한 성장 둔화는 에너지 효율의 상당한 개선에 기인함(2010년에서 2019년 사이에 에너지집약도 매년 1.9% 감소)
 - -0.2%/yr의 전지구 탄소집약도 감소는 2000~2009년 동안의 추세(+0.2%/yr)를 역전시키는 데 기여함
 - 이러한 탄소집약도 개선은 석탄에서 가스로의 연료 전환, 특히 동아시아에서 석탄 용량 확장 감소, 재생에너지 사용 증가로 주도됨
- ▶ 산업, 건물 및 운송 부문의 GHG 배출량은 제품 및 서비스에 대한 전세계 수요 증가로 인해 계속해서 증가하고 있음
- 이러한 최종 수요 부문은 전세계 GHG 배출량의 44%를 차지하며, 전기 및 열 생산이 간접배출량으로 주로 산업 및 건물 부문에 재할당될 경우 66%를 차지함.
 - 기초 소재 및 제조 제품에 대한 수요의 큰 증가, 즉, 1인당 공간 면적, 건물 에너지 서비스 사용, 이동 거리, 차량 크기 및 중량의 증가라는 세계적인 추세로 배출량이 유발됨
 - 2010년에서 2019년 사이 특히 국내 및 국제 항공은 연평균 +3.3% 및 +3.4%로 빠르게 성장함
 - 세 수요 부문 모두에서 글로벌 에너지 효율이 개선되었지만 탄소집약도는 개선되지 않음
- ▶ 현대적인 에너지 서비스에 대한 보편적인 접근의 제공은 전세계 GHG 배출량을 최대 수 퍼센트까지 증가시킬 것임
- 모두에게 적절한 생활 수준을 지원하는 데에 필요한 추가 에너지 수요는 현재 평균 에너지 소비보다 훨씬 낮은 것으로 추정됨

- 보다 형평성이 있는 소득 분배는 탄소배출량을 줄일 수 있으나 이러한 관계의 특징은 소득 수준과 발전 수준에 따라 상이할 수 있음

▶ 급속한 에너지 전환의 증거가 존재하지만 전지구보다 작은 규모에서만 존재함

- AR5 이후 과거 에너지 전환에 대한 최근의 증거가 전지구보다 작은 규모에서 기술확산 가속화의 사례 증거를 확인하고 과거보다 미래 에너지 전환이 더 빠르게 발생할 수 있는 메커니즘을 설명함
- 중요한 동인에는 기술 이전 및 협력, 의도적인 정책 및 재정 지원, 지속가능한 에너지 시스템 관점 내에서 기술 간의 시너지 활용 등이 포함됨
- 개발도상국, 특히 최빈개도국에서의 저탄소기술 채택을 촉진하기 위해 금융 활용해 이행가능해진 신속한 전지구 저탄소 에너지 전환은 기후 안정화 목표 달성을 촉진할 수 있음

▶ AR5 이후 여러 저탄소 기술이 비용, 성능 및 채택 면에서 급속한 진전을 보였으며, 급속한 에너지 전환의 실행가능성을 향상시킴

- 태양광, 풍력 및 배터리와 같은 모듈식 기술의 빠른 보급과 비용 감소는 전문가 예측 및 이전 완화 시나리오의 모델 결과보다 훨씬 빠르게 발생됨
- 태양 에너지, 풍력 에너지 및 전기저장기술의 정치적, 경제적, 사회적 및 기술적 타당성은 지난 몇 년 동안 극적으로 향상됨
- 대조적으로, 전력 부문에서 원자력 에너지와 CO₂ 포집 및 저장의 채택은 기후변화 안정화 시나리오에서 예상된 성장률보다 더 느렸음.
- AR5 이후 최근의 증거는 소규모 기술(예: 태양광, 배터리)이 대규모 기술(예: 원자력, CCS)보다 더 빠르게 개선되고 채택되는 경향이 있음을 보여줌

▶ 혁신 투자에 대한 강력한 인센티브, 특히 국가 정책 및 국제협약에 의해 강화된 인센티브는 저탄소 기술 변화를 가속화에 있어 핵심

- 기술추동(예: 과학 교육, R&D) 및 수요견인(예: 탄소 가격 책정, 채택 보조금)을 위한 수단뿐 아니라 지식 흐름 및 특히 기술 이전을 촉진하는 수단을 포함한 정책이 혁신을 견인함
- 규모화에 대한 도전과제의 정도에 따라 신속한 기술 개발 및 채택의 중요성이 상승함
- 이는 지식, 기술, 경험, 장비 및 기술의 향상된 전지구적인 흐름에 개발도상국의 참여를 보장하기 위해서는 강력한 재정적, 제도적, 역량 구축 지원을 필요로 함

▶ 전세계적으로 가장 부유한 10%가 전지구 온실가스 배출량의 약 36~45%에 기여함

- 전세계에서 가장 부유한 10%의 소비자는 모든 대륙에 거주하며, 2/3는 고소득 지역에, 1/3은 신흥 경제국에 거주함
- 신흥 경제국의 중산층과 최빈곤층의 생활 소비배출량은 고소득 국가의 중산층 및 최빈곤층 대비 5~50배 낮음
- 국가 내에서 불평등의 증가는 재분배와 사회적 결속의 딜레마를 악화시킬 수 있으며, 환경보호 정책과 완화를 위한 생활방식 변화의 수용에 대한 부자와 가난한 사람의 의사에 영향을 미칠 수 있음

▶ **기존 화석연료 기반시설에서 배출될 미래 CO₂ 배출량의 추정치는 일시적인 온도의 초과가 없거나 초과가 제한적인, 온난화를 1.5°C로 제한하는 경로에 해당하는 잔여 누적 순 CO₂ 배출량을 이미 초과함**

- 과거의 이용 패턴과 해체를 가정할 때 기존 화석연료 기반시설에서 배출이 예상되는 미래 CO₂ 배출량은 660 (460~890) GtCO₂이고 기존뿐 아니라 현재 계획된 기반시설에서의 추정 배출량은 850 (600~1100) GtCO₂임
- 순 넷제로에 도달할 때까지 전체 누적 순 CO₂ 배출량을 비교하면 일시적인 온도의 초과가 없거나 초과가 제한적인, 온난화를 1.5°C로 제한하는 경로에서는 510 (330~710) Gt, 2°C로 제한할 가능성이 있는 경로에서는 880 (640~1160) Gt임
- 기존 및 현재 계획된 화석연료 기반시설에서 발생하는 대부분의 미래 CO₂ 배출량은 발전 부문에서 발생하지만, 온난화를 2°C 아래로 제한할 가능성이 있는 경로에서 대부분의 잔여 화석연료 CO₂ 배출량은 비전력에너지에서 발생하며, 가장 중요한 부문은 산업 및 운송 부문임
- 이러한 경로의 예측과 전력 부문의 미래 CO₂ 배출량을 일치시키려면 전력 부문에서 기존 화석연료 시설의 폐기 및 이용 감소와 신규 설치의 취소가 필요함
- 탄소 가격과 같은 수단을 포함한 광범위한 기후 정책은 온실가스 배출 감소에서 점점 더 큰 역할을 수행함
- 기후정책의 온실가스 감소에 대해 문헌은 광범위하게 동의하지만 감소율의 크기는 사용된 데이터와 방법론, 국가 및 부문에 따라 상이함
- 탄소가격 격차가 낮은 국가(높은 탄소가격)가 탄소집약도가 낮은 경향이 있음

▶ **기후 관련 정책도 온실가스 배출량 감소에 기여함**

- 세금, 청정 및 대중교통 보조금, 재생가능에너지 정책과 같은 정책은 일부 상황에서 온실가스 배출량을 감소시킴
- 배출원(end-of-pipe) 통제를 넘어선 오염통제 정책 및 입법은 기후에 대한 공편익을 지니며, 특히 정책 설계에서 온실가스 배출량과의 상보성이 고려되는 경우에 그러함
- 농업, 임업 및 기타 토지 이용(AFOLU)에 대한 정책 및 조림 정책과 같은 AFOLU 부문 관련 정책은 온실가스 배출량에 중요한 영향을 미칠 수 있음

Chapter 3 장기목표에 부합하는 완화 경로

- ▶ 전지구 장기목표 달성을 위한 배출 경로의 핵심 특성을 평가하고, 그 경로상으로 시스템을 변경하기 위한 사회적 선택을 파악하기 위해 문헌을 검토하였음. IPCC AR6 데이터베이스에는 2,000개 이상의 배출량 경로가 제출되었으며, 그 중, 정보가 충분한 1,202개의 시나리오에서 다음과 같은 5개의 예시적 완화 경로(IMP, Illustrative Mitigation Pathways)를 도출하였음
 - IMP-Ren: 재생에너지에 대한 높은 의존
 - IMP-LD: 에너지 수요 감소를 강조
 - IMP-Neg: 순-네거티브(net negative) 배출량 달성을 위해 에너지 및 산업 부문에서 CDR의 광범위한 사용
 - IMP-SD: 지속가능발전의 맥락에서 완화
 - IMP-GS: 단기 감축 행동의 점진적인 강화
- ▶ 각국의 현행 정책의 이행 및 추정과 일치하는 경로에서는 2030년까지 온실가스 배출량이 52~60 GtCO₂eq/yr에 도달하고, 2050년까지 46~67 GtCO₂eq/yr에 도달하여, 전지구 온난화의 중앙값이 2100년까지 2.4~3.5°C에 달하는 결과가 초래될 것으로 전망됨
 - 공통사회경제경로(SSP, Shared Socioeconomic Pathways)는 미래 온실가스 배출량과 불확실성에 대해 AR5 때보다 더 체계적인 평가를 가능하게 함
 - 주요 배출 동인에는 인구(2050년까지 85~97억명 도달)와 전지구 GDP의 증가(2015~2050년 기간동안 2.7~4.1%/yr) 등이 있음
 - 신규 기후 정책 부재시, 최종 에너지 수요는 2050년에 480~750 EJ로 증가할 것으로 예상됨(2015년에는 약 390 EJ)
 - 문헌에서 배출량이 가장 높은 시나리오는 급격한 경제 성장과 지속적인 기후 정책 실패라는 가정에 기반하고 있으며, 2100년까지 5°C 이상의 온난화를 초래할 것으로 전망하고 있음
- ▶ 문헌에서는 많은 경로들을 통해 산업화 이전 대비 전지구 온난화를 오버슈트 없는 2°C나 오버슈트 제한적으로 존재하면서 1.5°C로 제한하는 방법을 보여줌. 오버슈트 없거나 제한적이면서 1.5°C로 온난화를 제한할 가능성은 SR1.5와 비교 시 하락하였는데, 이는 SR1.5의 출간 이래 온실가스 배출량이 증가하여 단기(2030년) 배출량 전망치가 더 높아지고 넷제로 시기까지의 누적 CO₂ 배출량이 증가하였기 때문임
 - 21세기 내내 오버슈트 전혀 없으면서 온난화를 1.5°C로 제한하는 경로의 수는 매우 적음
- ▶ 즉각적인 행동을 통해 온난화를 2°C로 제한할 가능성이 높은 비용효과적 완화 경로 상에서 2030년 전지구 순 온실가스 배출량은 30~49 GtCO₂eq/yr, 2050년은 13~27 GtCO₂eq/yr로 나타남
 - 이는 2019년 수준 대비 2030년까지 12~46%, 2050년까지 52~77% 감축을 의미함
 - 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한하는 경로는 더 가속화된 전환을 요구하며, 순 온실가스 배출량은 2030년에 약 21~36 GtCO₂eq/yr (2019년 대비 38~63% 감축), 2050년에 약 1~15 GtCO₂eq/yr (2019년 대비 75~98% 감축)로 나타남

- ▶ **2030년까지 현재의 NDC를 따르는 경로는 2030년 연간 배출량이 47~57 GtCO₂eq/yr에 달해 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한하는 것을 불가능하게 하고, 온난화를 2°C로 제한하는 것에 대한 도전과제를 크게 증가시킴**
 - 1.5°C의 높은 오버슈트는 기후영향으로 인한 위험을 증가시키고, 대규모 CDR에 대한 의존도를 심화시킴
 - 현재의 NDC와 일치하는 미래는 즉각적인 완화조치로 온난화를 2°C 이하로 제한하는 완화 경로와 비교할 때 2030년까지 더 많은 화석연료의 보급과 저탄소 대체연료에 대한 더 낮은 의존도를 의미함
 - 2030년까지 NDC를 따른 이후 온난화를 2°C로 제한하기 위해서는 전지구 온실가스 감축 속도가 2030년 이후 매우 빠르게 가속화되어야 함. 2030~2050년 기간 동안 연평균 감축량이 1.3~2.1 GtCO₂eq/yr가 되어야 하는데, 이는 코로나19 팬데믹으로 인한 2020년 전지구 CO₂ 감소량과 유사하며, 온난화를 2°C로 제한하기 위해 즉각적인 행동을 취하는 경로에서보다 약 70% 많은 수치임
 - 2030년까지 NDC 경로를 따른 이후 감축을 가속화하는 것은 현재로부터 2030년까지 지속적으로 구축될 화석연료 인프라로 인해 특히 도전적일 것임
- ▶ **2030년까지 현재의 NDC를 온전히 이행했을 때보다 연간 온실가스 배출량을 3~9 GtCO₂eq/yr 낮추어 연간 배출량을 47 (38~51) GtCO₂eq/yr로 감축하기 위하여 가속화된 행동을 하는 경로는 온난화를 2°C로 제한하기 위한 2030년 이후의 완화 도전과제를 경감시킴**
 - 가속화된 행동에 대한 경로는 전지구적이면서 지역적 차이를 고려한 규제 및 가격 정책을 도입하는 것이 특징임. 이러한 경로는 NDC와 비교하여 2030년까지 화석연료는 줄이고 저탄소 연료는 늘림. 또한 이 경로를 활용 가능한 최저비용 감축 옵션을 모두 사용한 즉각적인 전지구적 행동을 가정한 경로와 비교해 보면, 두 경로 간의 격차를 좁힘(그러나 격차를 없애지는 못함)
 - 지연된 경로와 가속화된 경로(2°C 온난화 제한) 모두 2030년 이후 어느 시점에 모든 부문 및 지역에서 탄소 및 기타 온실가스 감축에 상당한 가치를 부여하는 전지구 완화 체제(regime)로 수렴됨
- ▶ **오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한하는 완화 경로는 2030년대에 2019년에 비해 CO₂의 50% 감축을 달성하고, 2050년대에 CO₂ 넷제로를 달성할 수 있도록 더 감축함. 온난화를 2°C로 제한하는 경로는 2040년대에 CO₂ 50% 감축, 2070년대에 CO₂ 넷제로를 달성함**
- ▶ **완화 경로의 온난화 정점(peak)은 CO₂ 넷제로 시기까지의 누적 순 CO₂ 배출량과 그때의 온실가스 및 기후영향인자(climate forcers)의 온난화 기여도에 의해 결정됨**
 - 2020년부터 CO₂ 넷제로 시기까지의 누적 순 CO₂ 배출량은, 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한하는 경로에서 510 (330~710) GtCO₂, 온난화를 2°C로 제한하는 경로에서 890 (640~1160) GtCO₂임
 - 이러한 예측은 온난화 정점 수준에 대한 차이점을 보정한다면 잔여탄소배출허용총량에 대한 WGI의 평가와 일치함

▶ 비이산화탄소 온실가스(특히 메탄)의 급격한 감축은 온난화 정점의 수준을 낮출 수 있음

- 온난화를 2°C 이하로 제한할 가능성이 높은 경로에서 CO₂ 넷제로 시기에의 비이산화탄소 잔여배출량은 4~11 GtCO₂eq/yr임. 이 중, 메탄(CH₄)은 2019년 대비 2030년에 약 20% (1~46%) 감소하고, 2050년에 50% (26~64%) 감소함
- 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한하는 경로에서 메탄 감축량은 2030년까지는 33% (19~57%)로 상당히 높지만, 2050년까지는 50% (33~69%)로 보통 수준임
- 메탄 감축은 상대적으로 낮은 온실가스 가격으로 달성이 가능하지만, 이와 동시에 1.5~2°C 경로 대부분에서 감축 가능 분야는 제한적임. 2050년까지 더 심층적인 메탄 감축은 온난화 정점을 더욱 억제할 수 있음
- 아산화질소(N₂O) 역시 감소하지만, CH₄와 마찬가지로 더 엄격한 기후목표라 할지라도 감축량은 제한적임
- 완화 경로에서 화석연료 사용 감소로 인해 냉각 에어로졸의 배출이 감소함

▶ 온실가스 넷제로는 비이산화탄소의 잔여 배출량을 상쇄할 정도로 순-네거티브 CO₂ 배출이 이루어짐을 의미함. 온난화를 2°C 이하로 제한할 가능성이 높은 경로 중 30%만이 21세기 내에 온실가스 넷제로를 달성함

- 온실가스 넷제로 달성 경로의 경우, 온실가스 넷제로는 CO₂ 넷제로로부터 약 10~20년 후에 달성됨
- 보고된 비이산화탄소 잔여 배출량은 어떤 온실가스 메트릭(metric)을 사용하여 산정하였는지에 따라 다름. GWP-100으로 측정된 전지구 온실가스 배출량이 넷제로에 도달하고 유지된다면, 온도가 점진적으로 감소함

▶ 온난화를 2°C 이하로 제한할 가능성이 높은 경로는 모든 부문에서 상당한 감축을 나타냄

- 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한하는 경로에서 2019년 대비 2050년 CO₂ 감축량은 에너지 수요에서 77% (31~96%), 에너지 공급에서 115% (90~167%), AFOLU에서 148% (94~387%)로 분석됨
- 온난화를 2°C로 제한할 가능성이 높은 경로에서 2019년 대비 2050년 CO₂ 감축량은 에너지 수요에서 49%, 에너지 공급에서 97%, AFOLU에서 136%로 분석됨

▶ 어느 한 부문이나 지역에서의 감축을 지연하거나 희생하는 것은 온난화를 제한하기 위해 다른 부문이나 지역에서의 추가 감축을 요구함

- 완화 경로는 부문 및 지역별로 탈탄소 시기, CO₂ 넷제로 시기에 차이가 있음을 보여줌. 전지구 CO₂ 넷제로를 달성하는 시점에 일부 부문 및 지역에서 배출량은 양의 값을, 다른 곳에서는 음의 값을 가짐. 이는 완화 옵션이 존재하는 정도, 이들의 비용 수준 및 실현된 정책의 수준에 따라 결정됨.
- 비용효과적 완화 경로에서, 에너지 공급 부문은 보통 경제 전반보다 CO₂ 넷제로를 먼저 달성하며, 수요 부문은 이후에 CO₂ 넷제로를 달성함(달성하지 못할 가능성도 있음)

- ▶ 온난화를 2°C 이하로 제한할 가능성이 높은 경로는 큰 폭의 화석연료 소비 감소와 CCS 없이 석탄을 사용하는 것을 거의 중단하는 것이 포함됨
 - 이러한 경로는 저탄소 에너지가 증가해 2100년에는 1차 에너지의 88% (69~97%)가 저탄소 에너지로부터 공급됨을 보여줌
- ▶ 2°C 이하에 필요한 수준의 엄격한 배출량 감축은 건물, 교통, 산업의 직접 전기화를 증가시킴으로 달성할 수 있으며, 이는 모든 경로에서 발전량 증가로 이어짐
 - 온난화를 2°C 이하로 제한할 가능성이 높은 경로에서 거의 대부분의 전기는 저탄소·무탄소 기술로부터 공급되며, 여기에는 원자력, 바이오매스, 재생에너지 및 화석연료 CCS가 활용됨
- ▶ 온난화를 2°C 이하로 제한하는 데에 요구되는 조치들은 지표면의 대규모 변형을 초래할 수 있음
 - 온난화를 2°C 이하로 제한할 가능성이 높은 경로는 2020~2070년 사이에 AFOLU 부문에서 CO₂ 넷제로를 달성하며, 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한하는 경로에서는 2050년에 산림 면적이 약 3억2,200만 헥타르(-67~8억9,000만 헥타르) 증가할 것으로 예측됨
 - 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한하는 경로에서 바이오에너지(BECCS 포함)용 바이오매스 공급을 위한 경작지는 2100년에 약 1억9,900만 헥타르(5,600만~4억8,200만 헥타르)임
 - 바이오에너지의 사용은 보급 규모, 전환 기술, 대체된 연료, 바이오매스 생산 방법·장소에 따라 배출량을 증가시킬 수도, 감소시킬 수도 있음
- ▶ IAM 경로에서의 토지 CO₂의 인위적 배출·흡수를 국가 온실가스 인벤토리에 보고된 것과 직접적으로 비교할 수는 없음
 - 모델 간, 국가 간 접근법을 직접적으로 비교할 수 있는 방법론은 파리협정 하에서 달성된 종합적 성과를 더욱 정확하게 평가할 수 있도록 지원할 것임
- ▶ 온난화를 2°C 이하로 제한할 가능성이 높은 경로는 모든 부문 및 지역에서 직접 배출량의 감축 후에 남아있는 잔여 온실가스 배출량을 상쇄할 수 있도록 일정 수준의 CDR이 포함됨
 - CDR은 다양한 목적으로 활용되며 그 예시는 다음과 같음. ①감축 속도 가속화, ②잔여 배출량 상쇄, ③장기적으로 온도 감소를 달성해야 하는 경우 CO₂ 순-네거티브 배출에 대한 방안 제공
 - 이러한 경로에서 CDR 옵션은 대부분 BECCS, 조림, DACCS로 제한적임.
 - AFOLU의 일부 조치를 통한 CDR은 수십 년 동안은 유지될 수 있지만, 이러한 흡수원이 궁극적으로 포화될 것이기 때문에 아주 장기적으로는 유지될 수 없음
- ▶ 완화 경로는 다양한 수요 측면의 조치를 통해 참고용 시나리오(reference scenarios)에 비해 에너지 수요가 감소함을 보여줌
 - IAM이 아닌 상향식 연구는 수요 측면의 완화에 대한 상당한 잠재력을 보여줌. 수요 측면의 완화에 대한 강조를 통해 CDR에 대한 의존도를 낮추고 결과적으로 토지 및 생물다양성에 대한 압박(pressure)을 감소시킬 수 있음

▶ 온난화를 제한하기 위해서는 에너지 투자를 화석연료로부터 저탄소 기술로 전환해야 함

- 중간 및 저소득 지역을 대상으로 한 대규모 투자가 필요함
- 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한하는 경로에서 전력 부문의 투자 수요는 2023~2052년 동안 연평균 2.3조 USD₂₀₁₅/yr이며, 온난화를 2°C로 제한할 가능성이 높은 경로에서는 1.7조 USD₂₀₁₅/yr임

▶ 2°C 온난화의 오버슈트를 회피할 가능성이 높은 경로는 더 신속한 단기 전환을 요구하며, 더 높은 초기 전환 비용을 필요로 하지만, 동시에 장기 경제 이익과 함께 기후변화 영향을 회피라는 조기 이익을 동반함

- 이러한 결론은 적용된 할인율과 무관하지만, 모델링된 완화행동의 비용최적화 균형은 할인율이 적용됨
- 할인율이 낮으면 신속한 완화를 선호하며, CDR 및 온도 오버슈트에 대한 의존도를 줄임

▶ 온난화를 2°C로 제한할 가능성이 높은 완화 경로는 참고용 시나리오와 비교시 2050년 전지구 GDP가 1.3~2.7% 손실을 수반함. 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한하는 경로는 손실이 2.6~4.2%임. 그러나, 이러한 추정치는 회피된 기후변화 영향에 대한 경제적 편익을 고려하지 않았음

- 온난화를 2°C로 제한할 가능성이 높은 완화 경로에서 탄소의 한계감축비용은 2030년에 약 90 (60~120) USD₂₀₁₅/tCO₂이며, 2050년에 약 210 (140~340) USD₂₀₁₅/tCO₂임
- 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한하는 완화 경로에서 탄소의 한계감축비용은 2030년에 약 220 (170~290) USD₂₀₁₅/tCO₂이며, 2050년에 약 630 (430~990) USD₂₀₁₅/tCO₂임

▶ 기후변화의 총 경제 영향이 평가 범위의 중간~높은 수준이며, 장기 경제적 영향에 대해 경제이론에 따라 적절한 가중치가 부여된다면, 온난화를 2°C로 제한할 가능성이 높은 경로의 전지구적 편익은 21세기 총 전지구적 완화 비용보다 더 큼. 이는 여타 지속가능발전 차원의 편익이나 기후변화에 의한 비시장적 피해를 고려하지 않는 경우에도 마찬가지임

- 완화 경로의 전지구적 총 경제 영향에는 저탄소 솔루션에 대한 투자의 거시경제적 영향과 다배출 활동에서 멀어지는 구조적 변화, 완화의 공편익 및 부작용, (회피된) 기후변화 영향 및 (감소된) 적응 비용 등이 있음. 전지구적 총 경제 영향은 사회경제적 발전 조건과의 강한 의존성을 보이는데, 이는 이러한 발전 조건이 기후변화에 대한 노출, 취약성, 적응 기회 및 대응을 형성하기 때문임
- 빈곤 가구 및 국가에 미치는 (회피된) 영향이 총 경제적 수치(GDP나 화폐 단위로 표현)에서 차지하는 비율은 작은 반면, 그들의 웰빙과 복지효과는 비교적 더 큼
- 회피된 기후변화 영향으로부터의 총 경제 편익을 고려할 때, 완화는 복지향상 전략임

▶ 완화행동으로 인한 대기 질 개선이 인간 건강에 미치는 경제적 편익은 완화 비용과 규모가 같거나 잠재적으로 훨씬 더 클 수 있음

- ▶ **완화 경로와 참고용 시나리오 간의 총 고용 차이는 상대적으로 작지만, 일부 부문에서의 직업 창출, 다른 부문에서의 직업 상실이 있어 부문간 상당량의 직업 재배치가 있을 수 있음**
 - 총 고용효과는 시나리오 가정, 모델링 프레임워크 및 모델링된 정책 설계에 따라 다름. 완화는 다양한 방법을 통해 고용에 영향을 미치는데, 각각의 방법은 지역·부문·기술 카테고리에 서로 다르게 영향을 줌
- ▶ **완화의 경제적 영향은 정책 설계 및 국제협력의 정도에 따라 지역 및 가정별로 크게 다름**
 - 지원된 국제협력은 지역 전반에 걸쳐(특히 현재 상대적으로 탄소집약적인 지역에서) 정책 비용을 증가시킴
 - 탄소 가치가 균일한 경로에서는 탄소집약적 지역, 화석연료 수출 지역, 빈곤 지역일수록 완화 비용이 높아지는 것으로 나타남
 - GDP나 화폐 단위로 표현된 총 경제적 수치는 빈곤 국가에서 가계에 미치는 경제적 영향을 과소평가함. 복지와 웰빙의 실제 효과는 비교적 더 큼
 - 온난화를 2°C 이하로 제한하는 데에 필요한 완화 속도 및 규모는 심층적인 경제적·구조적 변화를 의미하므로, 지역, 소득 계층, 부문 전반에 걸쳐 다양한 종류의 분배 문제를 야기함
- ▶ **완화행동의 시기와 효과는 장기적으로 광범위한 지속가능발전 결과에 중대한 영향을 미칠 것임**
 - 의욕적인 완화는, 특히 기후 영향에 대한 적응 역량이 적은 취약 인구 및 생태계에게는, 지속가능발전목표를 달성하기 위한 전제조건으로 간주될 수 있음
 - 예상되는 공편익에는 건강(특히 대기오염과 관련하여), 청정 에너지 접근, 수자원 가용성 등이 있음
 - 예상되는 잠재적 상충효과에는 대규모 CDR 보급에 따른 식량, 고용, 수자원, 생물다양성이 있고, 이 외에도 에너지 가용성 및 접근성, 광물자원 추출 등이 있음
- ▶ **다른 지속가능발전 결과에 대한 완화 조치의 잠재적 상충효과의 상당수는 정책 설계에 따라 달라지므로 완화와 다른 SDGs를 통합하기 위한 추가적인 정책과 투자를 통해 보상하거나 회피할 수 있음**
 - 영양, 지속가능한 소비 및 생산, 국제협력 등의 분야의 SDG 정책 및 투자는 기후변화 완화 정책을 지원하면서 상충을 해소할 수 있음. 상충효과는 보완적인 정책 및 투자와 더불어, 건강, 영양, 지속가능한 소비·생산, 형평성, 생물다양성에 대한 지속가능발전목표와 완화를 통합하는 범분야적 정책 설계를 통해 대응할 수 있음
- ▶ **많은 SDG 차원을 포괄하는 적정생활수준(DLS, decent living standards)은 기존에 생각했던 것보다 더 낮은 에너지 사용으로 달성가능함**
 - 고배출·고기후영향에 대한 경로나 고소비·고배출 후 BECCS로 상쇄시키는 경로와 비교할 때, 에너지 및 토지 기반 자원에 대한 수요를 낮추는 것에 초점을 맞춘 완화 전략은 지속가능발전에 대한 상충효과와 부정적 결과를 감소시키는 것으로 나타남

- ▶ **완화 경로들마다 서로 다른 실행가능성 도전과제를 안고 있지만, 적절한 가능여건을 통해 이러한 도전과제를 줄일 수 있음**
 - 실행가능성 도전과제는 일시적이며 향후 20~30년에만 집중됨. 이러한 도전과제는 다차원적이며 상황과 정책·기술·사회적 경향에 따라 다름

- ▶ **완화 경로는 기술 및 지리적 차원보다는 제도 및 경제적 실행가능성 차원에서 중대한 도전과제를 안고 있음**
 - 완화 경로에서 기술이 개발 및 보급되는 빠른 속도가 역사적 경향과 양립불가능한 것은 아님. 오히려 제도적 역량이 성공적인 전환을 위한 핵심 제한 요소임
 - 신흥경제국은 단기 및 중기적으로 가장 높은 실현가능성 도전과제를 안고 있는 것으로 보임

- ▶ **완화 전략의 광범위한 포트폴리오에 의존하는 경로는 더 견고하고 탄력적임**
 - 다양한 기술적 솔루션을 담고 있는 포트폴리오는 저탄소 전환과 관련된 실현가능성 위험을 줄임

Chapter 4 단기·중기 완화 및 발전 경로

- ▶ **4장에서는 국가 단위의 문헌을 기반으로 감축을 가속화하고 발전 경로의 지속 가능성을 높이는 데 중점을 둠**
 - 이전 WGIII 평가보고서에서는 주로 감축 경로에 대해 논의하였으나, AR6에서는 발전 경로에 대한 논의가 새롭게 추가됨
 - 4장에서 다루는 기간은 단기(현재~2030년)에서 중기(2030~2050년)로, 장기(2050년 이후)에 관해 다룬 3장을 보완함

- ▶ **국가별 NDC 포함 감축 노력에도 불구하고 배출 격차(emissions gap)가 지속되며, 이행 격차(implementation gap)로 인해 악화**
 - 이행 격차란 서류상의 목표와 실제 달성 정도의 차이로서, 현행 정책에 따른 예상 배출량과 NDC에 담긴 감축 공약 간 격차를 의미함
 - 현행 정책에 따른 2030년까지의 글로벌 배출 전망은 중앙값 57 (52~60) GtCO₂eq이며, 무조건 및 조건부 NDC에서 53 (50~57) GtCO₂eq 및 50 (47~55) GtCO₂eq 배출이 예상됨
 - 무조건부 및 조건부 NDC 각각에 대해, 1.5°C 시나리오 기준 20~26 GtCO₂eq 및 10~17 GtCO₂eq, 2°C 기준 16~24 GtCO₂eq 및 7~14 GtCO₂eq의 배출 격차가 존재함

- ▶ **2021년 10월까지 제출된 105개의 최신 NDC를 평가한 연구에 따르면 조건부 NDC의 배출량은 2015~2016년 제출된 기존 NDC에 비해 4.5 (2.7~6.3) GtCO₂eq 감소시켜 배출격차를 2°C 기준 약 1/3, 1.5°C 기준 20% 가량 줄이는 데 그침**
 - 2030년 이행 격차는 무조건부 4 GtCO₂eq, 조건부 7 GtCO₂eq 으로 추정됨
 - 코로나19에 의해 촉발된 혼란은 예측 범위에 대한 불확실성을 증대시킴
 - 코로나19가 중단기적으로 배출량에 어느 정도의 영향을 미칠지는 경기 회복 및 부양책의 설계에 따라 달라질 것임

- ▶ **이러한 격차를 감안할 때 가속화된 감축에 대한 고민 필요**
 - 단기적으로 혁신적 기술 및 제도적 변화에는 효율성 및 활동 감소를 통한 수요 저감, 전력 부문의 신속한 탈탄소화, 건물, 산업 및 수송의 저탄소 전기화를 포함함
 - 에너지 사용과 공급에 초점을 맞추는 것은 필수적이지만, 그 자체로는 불충분함. 토지 부문과 식량 시스템에 주목할 필요가 있음

- ▶ **가속화된 감축만으로는 부족하며, 장애요인이 사회의 근본적인 구조적 특성에 기인한다면, 그러한 구조의 전환, 즉 발전 경로의 이동이 필요**
 - 다양한 행위자들이 2050년 넷제로를 목표로 하는 감축 전략들을 도출함. 많은 지방·비국가 주체들은 국제협력 이니셔티브에 동참하고 있으며 감축 잠재력 합산 시 2030년 약 20 GtCO₂eq 저감 가능함

- 감축 가속화가 사전적 조치 없이 이뤄질 경우 국가 차원에서 발전 목표와 거시경제적 비용에 상당한 영향을 미칠 것임
 - 국가 수준 감축 모델링 연구들에 따르면, 기준연도에 비해 2030년과 2050년에 감축이 GDP에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타남
- ▶ **지속가능성 증진을 향한 발전 경로의 이동은 ① 감축 가속화에 사용할 수 있는 수단 및 가능여건(enabling conditions)의 범위를 확장하며, ② 감축과 다른 발전목표를 동시에 향상시킬 가능성을 높임**
- 의욕적 감축 및 발전목표를 달성하는 것은 점진적인 변화를 통해 달성할 수 없으므로 발전 경로의 전환에 초점을 맞춰야 함
 - 발전 경로는 광범위한 행위자의 행동에서 비롯되지만, 정책 및 가능화 조건을 강화하여 발전 경로를 전환할 수 있음
- ▶ **5가지 범주에 따라 발전 경로의 이동과 가속화된 감축을 촉진할 수 있는 광범위한 가능여건을 식별함**
- 다양한 정책의 통합을 통해 발전 경로 이동을 포함한 복수의 목표에 대응, 기후 완화 및 발전 경로 이동을 위한 거버넌스와 제도의 개선
 - 기존 재정의 흐름을 고배출에서 저배출 기술과 시스템으로 변경 및 추가 자원 제공
 - 행동과 생활양식의 변화, 방향성과 수용성을 고려한 기술 혁신을 통한 감축 범위 확장 및 지속가능한 발전 경로 전환을 지원
- ▶ **형평성(equity)은 비용과 편익의 분배 문제를 다루며 가속화된 감축에 대한 더 높은 의욕을 가능케 만드는 중요한 요소가 될 수 있음**
- 전환 경로는 고용 및 경제 구조에 큰 변화를 야기하는 등 소득 재분배 효과를 가짐
 - 이러한 측면에서 저탄소 전환 과정에서 형평성이 충분히 보장되는지와 관련된 정의로운 전환 개념은 국제사회의 주요 관심 대상이 됨
 - 형평성을 중시하고 이해당사자의 폭넓은 참여를 허용하는 경로는 심화된 감축 노력에 따른 전환적 변화에 대한 광범위한 공감대 형성을 가능케 하므로, 공정성에 대한 인식과 협력적 행동의 효과는 밀접하게 연관됨
- ▶ **4장의 핵심 논점은 온도상승 제한을 위해 필요한 수준으로 배출량을 줄이기 위해서는 단기간 내에 감축을 확대·심화해야 한다는 것**
- 감축의 심화는 더 빠른 탈탄소화를 의미하며, 지속가능성을 증진시키는 방향으로 발전 경로를 이동(SDPS, shifting development pathways to increased sustainability)함으로써 감축의 범위 확대 가능함
 - 감축을 가속화하고, 발전 경로 이동을 통해 감축 기회를 확대하기 위한 구체적인 방안들에 대해 논의함
 - 발전과 관련된 선택을 할 때마다 기후를 고려, 마찬가지로 기후에 관한 모든 선택에 있어 발전을 고려할 필요성을 강조함

Chapter 5 완화의 수요, 서비스, 사회적 측면

■ 수요 측면의 완화행동과 서비스 공급 시스템의 감축 잠재량

- ▶ 수요 측면 감축 노력과 새로운 방식의 서비스 공급은 최종 서비스 수요를 회피(avoid), 전환(shift), 개선(improve)하여 모든 부문에서 단·중기적으로 온실가스 감축을 더욱 용이하게 함
- ▶ 모든 부문에서 온실가스 감축을 위한 수요 측면 전략의 지표적 잠재량은 2050년 배출량의 40~70% 수준임
 - 감축 전략은 ASI (Avoid-Shift-Improve) 옵션들로 구분되고, 각 옵션들은 사회문화, 인프라 및 기술의 변화를 반영함
 - 사회문화 및 생활양식의 변화는 기후변화 완화를 가속화할 수 있음
 - 행동, 기술, 시장 구조의 혁신을 통해 최종서비스 공급의 효율 개선을 촉진하는 것이 상류부문 자원 사용에 많은 절감을 유도함
 - 디지털화, 공유 경제 이니셔티브 및 순환 경제 이니셔티브를 통해 활성화된 서비스 공급 대체 시스템은 지금까지 기후 변화 완화에 제한적으로 기여해 옴

■ 수요 측면의 완화행동과 서비스 공급 시스템의 감축 잠재량

- ▶ 고효율 저수요 배출경로의 이행을 통해 적정 생활 수준(DLS, decent living standard)와 모두를 위한 웰빙을 달성할 수 있음
 - 더 적은 에너지와 자원 투입으로 더 나은 서비스를 제공하는 것은 기술적 잠재력이 높으며 모두에게 웰빙을 제공하는 것과도 부합함
- ▶ 수요 측면 감축 옵션들은 다양한 상호작용하는 편익들을 유발함. 모듈화, 작은 크기 및 낮은 단위 비용이 특징인 세분화된 기술과 분산된 에너지의 최종 사용은 시장으로 더 빠르게 확산되며, 더 빠른 기술 학습 이점, 더 높은 효율성, 기술적 구속에서 벗어날 수 있는 더 많은 기회 그리고 더 많은 고용과 관련이 있음
- ▶ 부유한 개인은 불균형적으로 더 많은 배출에 기여하며 적정 생활 수준(DLS)과 웰빙을 유지하면서도 높은 감축 잠재량을 가짐
- ▶ 수요 측면 해결책은 변화에 대한 동기와 역량을 모두 필요로 함. 선택 구조⁵³⁾를 포함한 행태 변화를 위한 개입은 가격 신호와 시너지 효과를 발휘하여 그 조합이 더욱 효과적이게 만들
- ▶ 조율된 여러 부문에서의 변화는 계단식 감축 효과를 가진 새로운 저탄소 구성의 출현으로 이어짐
 - 수요 측면에서의 전환은 행태, 사회 문화, 제도, 사업 및 기술적 차원에서 상호 작용하고 때로는 적대적일 수 있는 과정을 포함
 - 개인 또는 부문의 변화가 사회적, 인프라 관련, 문화적 구속을 강화함으로써 방해받을 수 있음

53) 선택 구조(choice architecture): 선택 가능한 옵션들이 소비자들에게 제시되는 것

- 최종 사용자와 계획자에게 제시되는 선택 구조, 물리적 인프라, 신기술 그리고 관련 비즈니스 모델을 조율하는 것이 시스템 수준의 변화를 신속하게 실현할 수 있게 해줌
- ▶ 새로운 또는 조정된 인프라와 결합하여 문화적 변화는 회피(Avoid) 및 전환(Shift) 감축 수단을 실현하는데 있어서 필수적임
- ▶ 사회적 또는 생활양식 전환의 일환으로서 집단적 행동 라이프스타일 운동의 일부로서의 집단 행동은 시스템 변화를 뒷받침함
- ▶ 전환 경로와 사회 규범의 변화는 종종 혁신적인 개인과 틈새 그룹이 주도하는 시범적 실험에서 시작함
- ▶ 기후 변화의 현재 영향과 일부 감축 전략은 기존 비즈니스 관행의 생존 가능성을 위협하고 있으며, 일부 기업의 노력도 감축 행동을 지연시키고 있음
- ▶ 전문직 종사자, 전문가 및 규제 당국 등 중간 주체들은 저탄소 표준과 실천요강(을 확립하는 데 있어 비록 과소평가되고 잘 활용되고 있지는 않지만 핵심적 역할을 수행함
- ▶ 사회적 인물루언서와 선도적 사상가가 저탄소 기술, 행태, 생활양식의 수용을 확산시킬 수 있음

■ 수요 측면의 완화행동과 서비스 공급 시스템의 감축 잠재량

- ▶ 사회적 형평성은 기후변화 완화에 대한 역량과 동기를 강화함
 - 법과 제도의 공정한 대우, 성별 및 소득 평등과 같은 공정한 거버넌스는 사회적 신뢰를 높여 수요측면 기후 정책을 가능하게 함
- ▶ 여성, 인종, 그리고 소외된 집단의 정치적 접근과 참여를 확대시키는 정책은 기후 행동에 대한 민주적 자극을 증진시킴
- ▶ 수익이 공정하게 사용되거나 재분배된다면 탄소가격은 가장 효율적임
- ▶ 정책 접근에 있어서 더욱 면밀한 상황 파악과 세분화는 무탄소 체계로의 급격한 전환에 따른 과제들을 보다 효과적으로 해결할 수 있음
- ▶ COVID19 대유행에 대한 대응 조치로써 많은 국가에서 시행된 봉쇄조치는 단기간에 대규모의 행태 변화가 가능하다는 것을 보여줌
- ▶ 사람들이 가지고 있는 가치들을 통합하고 소통하는 감축 정책은 더욱 성공적임
- ▶ 구조적 변화와 정치적 행동에 의해 뒷받침되는 소비 선택의 변화는 저탄소 선택지의 수용을 가능하게 함
- ▶ 정책 간의 상호보완성은 수요 측면의 최적 정책 조합을 구성하는데 도움이 됨

Chapter 6 에너지 시스템

▶ 2°C 이하 달성을 위해서는 에너지 부문의 CO₂와 온실가스를 신속하고 심층적으로 감축해야 함.

- 1.5°C 달성을 위해서는 2050년까지 에너지 부문의 순 CO₂ 배출량을 87~97% (2°C 달성은 60~79%), 2030년까지 CO₂ 배출량을 35~51% (GHG 배출량은 38~52%) 감축해야 하며, 발전 부문의 CO₂ 배출량은 2045~2055년에 넷제로에 이르러야 함

▶ 2°C 이하 달성을 위해서는 향후 30년 동안 에너지 시스템의 과감한 변혁(화석연료 소비 감소, 저탄소 에너지 생산 증가, 전기 및 대체 에너지 사용 증가)이 이루어져야 함

- 1.5°C 달성을 위해 CCS가 부착되지 않은 석탄은 2030년까지 67~82% 감소되고, 석유와 가스 소비도 감소
- 2°C 달성을 위해서는 2050년까지 전력 생산의 93~97%는 저탄소 전원에서 생산되어야 함
- 1.5°C 시나리오에서는 2050년까지 최종 에너지의 48~58%를 전력이 공급(2°C 시나리오는 36~47% 공급)

▶ 에너지 부문의 넷제로 달성을 위해서는 공통적인 특징이 있지만 접근 방식은 개별 국가의 여건에 좌우될 것임

- 에너지 부문의 넷제로 달성을 위한 공통적인 전략은 ①CO₂ 순 배출량이 없거나 대기 중에서 CO₂를 제거하는 전력 시스템, ②경트럭, 난방, 조리를 포함한 에너지 소비의 전기화, ③화석연료 소비 감소, ④전기화가 어려운 부문의 화석연료를 수소, 바이오에너지, 암모니아로 대체, ⑤에너지 효율 개선, ⑥지역과 에너지 부문을 통합하는 에너지 시스템 구축, ⑦잔존 배출량을 상쇄할 CO₂ 제거 기술(DACCS, BECCS) 사용임

▶ 에너지 부문의 수요와 온실가스 배출량은 2015~2019년에 증가했음

- 2015~2019년에 세계 최종에너지 소비는 6.6%, 에너지 부문의 CO₂와 온실가스 배출량은 각각 4.6%와 2.7% 증가했음. 메탄 배출량은 온실가스 배출량의 18%를 차지했고, 석탄화력 발전설비는 7.6%, 석유와 석유제품 소비는 5%, 천연가스 소비는 15% 증가했음

▶ 태양광, 풍력발전, 배터리를 포함한 에너지 부문의 감축 수단 가격이 최근 5년 사이에 급격하게 하락했음

- 2015~2020년에 태양광과 풍력발전의 가격은 56%와 45% 하락했으며, 배터리 가격은 64% 하락했음
- 태양광과 풍력발전의 가격이 여러 지역에서 화력발전의 전력가격보다 낮으며, 전기자동차는 내연기관 자동차와 점차 경쟁력을 갖게 되었고, 전력망에 연결되는 대규모 배터리는 점차 가격이 하락하고 있음

▶ 태양광과 풍력발전의 설비 능력과 발전량은 최근 빠르게 증가했음

- 2015~2019년에 태양광은 170% 증가하여 발전량이 680 TWh, 풍력 발전은 70% 증가하여 발전량은 1,420 TWh에 이르렀음. 정책, 화력발전 퇴출에 대한 사회적 압력, 낮은 이자율, 비용 하락 등이 태양광과 풍력발전 증가 요인으로 작용

- 태양광과 풍력발전은 2019년 저탄소 전력 생산의 21%와 전체 전력 생산의 8%를 차지. 원자력은 2015~2019년에 9% 증가하여 2019년 전체 전력 생산의 10% (2,790TWh), 수력은 10% 증가하여 16% (4,290TWh)를 차지. 저탄소 및 무탄소 전력 생산기술이 2019년 전력 생산의 37% 차지
- ▶ **석탄과 다른 화석연료의 인프라에 대한 투자가 지속된다면, 에너지 시스템의 고배출 고착효과로 2°C 상승이 점차 어려워질 것임**
 - 에너지 시스템의 물리적 인프라, 제도, 법률과 규제, 행태는 변화를 거부하거나 변화에 수년이 소요되고, CCS를 부착하지 않은 석탄 화력 발전소에 대한 신규 투자는 2°C 달성과 배치됨.
- ▶ **2°C 달성은 화석연료 인프라와 화석연료 자원을 포함한 화석연료 관련 수조 달러의 자산을 좌초시킬 것임**
 - 가장 취약한 자산은 석탄 자산이며, 다음으로 취약한 자산은 석유와 가스임
 - CCS는 화석연료를 보다 장기간 사용하게 하며, 잠재적인 좌초자산을 감소시킬 것임
- ▶ **저탄소 에너지 전환으로 인해 투자 양상이 변하고 새로운 경제적 기회가 창출될 것임**
 - 2°C 달성을 위해서는 에너지 부문에 대한 투자 수요가 증가할 것임. 그러나 투자 증가 규모는 세부 부문간 투자 흐름의 재조정, 즉, CCS가 부착되지 않은 화석연료(채광, 전환, 전력 생산)에 대한 투자를 재생에너지, 원자력발전, CCS, 전력망과 저장설비, 에너지 소비 부문의 효율 개선으로 전환하는 규모에 비하면 훨씬 적은 규모임
 - 2050년까지 투자의 상당 부분은 신흥경제국(특히 아시아)에서 이루어질 것임
- ▶ **기후변화는 미래의 지역 및 국가의 저탄소 에너지 시스템에 영향을 미치지만, 지역적 수준에서는 불확실성이 클 것임**
 - 기후변화는 수력발전 생산량, 바이오에너지와 농업 생산량, 화력발전 효율, 냉난방 수요, 발전 부문 인프라에 직접적으로 영향을 미치지만, 온실가스 감축을 유발할 정도까지 태양광과 풍력 자원에 영향을 미치지 않을 것임
- ▶ **재생에너지 전력 시스템은 향후 수십 년 동안 확대(viable)되지만 재생에너지 전력이 모든 에너지 공급을 담당하기는 어려울 것임**
 - 더 많은 태양광과 풍력 발전이 배터리, 수소, 기타 형태의 저장설비, 송전망, 유연한 비재생에너지 발전, 고도화된 통제설비, 수요측 반응 등을 통해 전력망에 통합될 것임
 - 전기화가 어려운 부문(예: 항공)에서는 수소나 암모니아와 같은 대체 에너지가 필요함
 - 재생에너지 전력과 재생에너지 공급이 증가할수록 경제적, 규제적, 사회적, 운영 측면에서의 도전과제도 증가할 것임
- ▶ **온실가스를 감축할 수 있는 다양한 에너지 공급방안이 향후 수십 년 동안 가능할 것임**
 - 원자력과 수력발전은 이미 확립된 기술이고, 태양광과 풍력은 여러 지역에서 화력발전보다 비용이 낮아졌음. 또한 바이오에너지는 세계 에너지 공급의 10% 정도를 차지하고 있음. 탄소포집은 석유·가스 산업에서 널리 사용되고 있으며, 전력 생산과 바이오연료에서 초기부터 적용되고 있음

- 이러한 기술들은 지리적, 환경-생태적, 경제적, 기술적, 사회문화적, 제도적 장애요소를 잘 극복해야 널리 보급될 수 있음
- ▶ **일부 감축 수단들은 다른 수단에 비해 보다 단기에 비용 효과적으로 온실가스를 감축할 수 있지만, 2°C 달성을 위해서는 향후 10년 동안 종합적인 접근이 필요함**
- 전력과 경트력과 같은 부문에서 비용효과적으로 온실가스를 단기간에 감축할 수 있는 기회가 있지만 2°C 달성에 충분하지 않음. 따라서 향후 10년 동안 온실가스 감축을 위해서는 에너지 부문을 총괄하는 종합적 접근이 필요하며 2030년 이후의 심화 감축을 위한 단계를 설정할 필요가 있음
- ▶ **에너지 시스템 부문을 총괄하고 지리적 범위를 통합하면 감축비용을 낮추고 저탄소 에너지 시스템 전환을 촉진시킬 것임.**
- 전력과 에너지 소비 부문을 통합하면 변동성 재생에너지(VRE, Variable Renewable Energy) 통합을 촉진시키고, 지구·지역·국가·국제적인 범위를 통합할 수 있음
- ▶ **저탄소 에너지 시스템 전환의 속도와 범위는 지속가능개발 목표와 다른 사회적 목표를 지원하는 정도에 의해 좌우될 것임**
- 에너지 시스템은 다양한 사회적 목표(에너지 접근성, 공기와 물 오염, 건강, 에너지 안보, 물 안보, 식량 안보, 경제 성장, 국제 경쟁력, 고용)와 연관되어 있으며, 이러한 연관은 지역마다 상이함
 - 에너지 부문의 온실가스 감축과 지속가능발전목표 달성 노력은 일반적으로 상호 지지하는 편이지만, 지역에 따라 예외인 경우가 있음
- ▶ **저탄소 에너지 시스템 전환은 일부 부문과 지역에서는 배출 집약적인 미래와 동등하거나 우월할 수 있음**
- 전력과 경트력과 같은 주요 기술의 비용 하락으로 인해 단기 저탄소 전환의 경제적 매력이 증대되지만, 장기 감축비용은 이해하기 어려울 뿐만 아니라 정책 설계와 이행, 장기 감축기술의 미래 비용과 이용 가능성에 의해 좌우됨
 - 차세대의 바이오연료, 수전해 수소, 재생에너지와 같은 저탄소 에너지원, 그리고 합성연료, 탄소중립 암모니아와 같은 에너지원이 넷제로 에너지 시스템의 경제성을 크게 향상시킬 것임

Chapter 7 농업·임업·기타토지이용(AFOLU)

- ▶ AFOLU 부문은 관리되는 생태계를 포괄하며, 기후변화에 적응할 경우 식량, 목재 및 기타 재생 가능한 자원과 생물다양성 보전을 제공하는 동시에 중요한 감축 기회를 제공함
 - 토지 기반의 감축 조치는 현재 이용가능한 가장 중요한 옵션이며, 이러한 수단은 이산화탄소제거(CDR) 및 화석연료 대체까지 수행할 수 있으므로 타 분야의 배출량 감소를 가능하게 함
- ▶ AFOLU 부문으로부터 2010~2019년 기간 동안 전지구 인위적 온실가스 배출량 중 13~21%가 배출된다고 계산되었으나, 동일한 시기에 인위적 이산화탄소 배출의 약 3분의 1을 흡수하여 관리된 육상생태계 및 자연 육상생태계의 탄소 흡수원으로 작용함
 - 모델로 예측한 AFOLU 분야의 인위적 순 이산화탄소 배출량과 실제 같은 기간 FAOSTAT 통계에 의한 순 이산화탄소 배출량은 차이가 있음. 이렇게 차이가 나는 이유는 다른 가정의 방법론적 접근이 사용되었기 때문임
- ▶ AFOLU의 이산화탄소 배출 변화는 토지 이용변화에 의한 것임
 - 산림 벌채는 AFOLU 총 배출량의 45%를 기여하나 지구적 나무 심기 및 산림 조성으로 감소 추세임
 - 2010년과 2019년 사이에 농업의 메탄과 아산화질소 배출은 평균적으로 연간 4.2 ± 1.3 GtCO₂eq, 1.8 ± 1.1 GtCO₂eq. 이었음. 메탄은 반추동물에 의한 장내 발효로 인해 계속 증가하고 있으며, 아산화질소도 농업의 가축분뇨 시비, 질소 침적, 질소 비료 사용 등으로 증가하고 있는 추세임
- ▶ AFOLU 부문은 상대적으로 저비용으로 중요한 단기 감축 잠재력을 제공하나 타 분야의 지연된 배출량 감축을 보정하지는 못함
 - AFOLU 부문은 2050년까지 1.5°C 또는 2°C 경로를 가기 위해 필요한 전지구 감축량의 20~30%를 기여할 수 있음
- ▶ 2020에서 2050년 사이에 산림과 기타 자연 생태계 내의 감축 조치들은 경제적 AFOLU 감축 잠재량의 가장 큰 비중을 기여함
 - 농업은 농경지와 초지의 토양 탄소 관리, 혼농임업, 바이오차의 사용, 벼 재배 개선, 가축 사육 영양 관리로 인해 연간 4.1 GtCO₂eq의 감축 잠재량을 이바지하며, 이는 총 감축 잠재량 중 두 번째로 큰 비중임
 - 수요 측면의 조치들은 지속가능한 건강 식단 변화, 음식 폐기물 감소, 목재와 생화학 소재 등의 건축을 포함하며, 2.2 GtCO₂eq의 감축 잠재량을 갖고 있음
- ▶ AFOLU 감축 조치를 시행하는 경제적, 정치적 실행 가능성은 지속적인 장벽으로 인해 방해받고 있음. 장벽을 극복하는 지원국들은 단기 감축을 달성하는데 보탬이 될 것임
 - 문화적 가치, 정부, 책임, 제도적 역량의 차이 또한 중요한 장벽임
 - AR6의 WGI에서 기후변화로 인한 자연적 흡수원의 역량이 증가한다고 했음에도 불구하고, 기후변화 또한 AFOLU 감축의 장애물로 알려짐

- ▶ **바이오 에너지 및 기타 바이오 기반 옵션은 총 감축 잠재력의 중요한 부분을 나타냄**
 - 바이오에너지 및 기타 바이오 기반의 생산물은 화석연료 기반의 생산물을 대체하여 추가적인 감축에 기여
 - 건설에서 목재의 사용은 철강 및 콘크리트 사용과 관련된 온실가스 배출을 감소시킬 수 있음
- ▶ **모든 토지 기반의 감축 조치들의 전개는 다수의 공편익(co-benefits)을 줄 수 있으나, 잘못 이행되거나 적절하지 않은 토지 관리로부터의 리스크 및 상충효과(trade-offs)도 존재함**
 - 지역적 조건(생태계, 기후, 식량 체계, 토지 소유권 등)과 관리 전략(크기, 방법 등)에 따라 감축 조치들은 생물다양성, 생태계 기능, 대기질, 물 이용가능성 및 질, 토양 생산성, 권리 침해, 식량 안보, 인간의 삶에 부정적이거나 긍정적인 영향을 줄 수 있음
 - 감축, 적응 및 기타 토지 문제에 기여하는 통합 대응은 성공할 가능성이 매우 높음
- ▶ **AFOLU 감축 조치들은 수년간 잘 이해되어왔고, 산림과 관련된 옵션으로 전 지구적 배출량 감축에 유익한 기여를 했음에도 불구하고, 보급이 느리고 배출 경향이 불만족스러운 진행을 나타냄**
 - 배출량 감축의 대부분(80% 이상)이 산림 감축 조치들로부터 이뤄짐
 - AFOLU 조치들의 감축 잠재력은 생물리학적 및 생태학적 관점에서 매우 크지만, 제도적 지원 부족, 장기적인 추가성 및 상충효과(trade-offs)에 대한 불확실성, 약한 거버넌스, 파편화된 토지 소유권 및 불확실한 지속적 효과로 인해 실현 가능성이 제한됨
- ▶ **AFOLU 분야에서 높은 수준의 감축을 달성하기 위해서는 정책 결정자 및 투자자에서 토지 소유자 및 관리자에 이르기까지 모든 이해 관계자의 일치되고 신속하며, 지속적인 노력이 전제되어야 함**
 - NDC 일부에 효과적인 정책 개입과 국가 투자계획은 AFOLU 감축 옵션의 보급을 가속화하기 위해 시급히 필요함
- ▶ **AFOLU 분야의 감축 잠재량 실현은 직접적으로 배출량을 해결하고, 심층 감축 시나리오의 탄소 가격과 일치하는 토지 기반의 감축 옵션을 전개해가는 정책들에 강력히 의존함**
- ▶ **인위적 활동에 의한 토지의 이산화탄소 배출량을 산정하는 선택적 방법에 따라 연간 5.5 GtCO₂의 차이가 발생. 이러한 방법을 조정하면 AFOLU 기반 배출량 상쇄의 신뢰성이 크게 향상됨. 또한 전지구적 이행점검(Global Stocktake)의 모집된 진행 상황을 평가하는 데에 도움이 될 것임**
 - 국가 온실가스 인벤토리를 활용하거나 전 지구적 모델을 활용하여 배출량을 산정하는데, 인벤토리는 인간으로부터 야기된 환경 변화를 반영한 배출량을 고려하는 반면, 전 지구적 모델은 자연적인 배출량을 고려하고 인위적 변화는 배제하므로 이 두 방법간 상호 조정이 필요
- ▶ **AFOLU 감축 옵션의 개발 및 테스트 내의 수많은 지식 격차들을 해결하면 지속적인 감축 달성 가능성을 빠르게 높일 수 있음**

Chapter 8 도시 시스템

▶ 도시화로 인한 사람과 활동의 집중은 자원 효율성과 대규모로 탈탄소화 전환을 위한 기회가 될 수 있음

- 대부분의 지역에서 1인당 도시 배출량은 1인당 국가 배출량보다 낮음
- 도시 온실가스 배출 동인은 인구 규모, 소득, 도시화 상태, 도시 배치 방식 등의 상호작용을 포함하여 매우 복잡하며, 도시의 설계, 설계, 관리, 전력 공급의 방식 등이 미래 도시 온실가스 배출량을 고정시킬 것임
- 저배출 도시화는 온실가스 배출에 미치는 영향을 최소화하면서 웰빙을 개선할 수 있지만, 도시화가 도시 경계를 벗어난 배출 증가로 전 세계 온실가스 배출 증가로 이어질 위험도 있음

▶ 전 세계 온실가스 배출량(CO₂ 및 CH₄) 중 도시에서 배출되는 온실가스 배출량 점유율은 지속적으로 증가하고 있음

- 소비 기반 산출(consumption-based accounting)을 기준으로 도시 배출량은 2015년에 총 배출량의 62% (24.5 GtCO₂eq)로 추정되었으며, 2020년에는 약 67~72% (28.5±0.1 GtCO₂eq)로 증가
- 2000년과 2015년 사이에 증가 규모에 있어 지역 간 편차가 있지만, 지역 온실가스 배출량의 도시 점유율은 증가함

▶ 2000년과 2015년 사이에 1인당 도시 온실가스 배출량은 증가했으며, 선진국 지역의 도시들의 1인당 배출량은 가장 낮은 지역보다 약 7배 정도 크게 나타남

- 2000년부터 2015년까지 전 세계 도시 온실가스 배출량은 인구당 5.5 tCO₂eq에서 6.2 tCO₂eq로 증가함(11.8% 증가)
- 선진국의 경우 인구당 11.4 tCO₂eq에서 10.7 tCO₂eq로 6.5% 감소했으나, 다른 지역에서는 모두 증가함

▶ 전지구 온실가스 배출량 중 도시에서 배출되는 온실가스 점유율은 중간 정도의 온실가스 저감 노력 또는 저감 노력 없이는 2050년까지 증가할 것으로 예상되는데, 증가 정도는 시나리오와 도시 저감 조치의 규모 및 시기에 따라 다를 수 있음

- 지구 온난화를 1.5°C 이하로 제한하는 적극적이고 즉각적인 완화 정책을 시행하는 경우 21세기 말까지 도시 온실가스 배출량은 넷제로에 근접하고 2050년에는 최대 3 GtCO₂eq에 도달할 수 있음.
- 공격적이지만 즉각적이지는 않은 도시 시나리오의 경우, 도시 배출량은 2050년에 17 GtCO₂eq에 이를 수 있음
- 하지만 노력이 없다면, 도시 배출량은 2020년 수준에서 두 배 이상 증가하여 2050년에 65 GtCO₂eq에 도달할 수 있음

- ▶ **도시 토지 면적은 2015년과 2050년 사이에 세 배로 증가할 수 있으며, 이는 미래 탄소 배출과 고착화(lock-in)에 중요한 영향을 미침**
 - 2050년까지 도시 지역은 2015년 전 세계 도시 범위에 비해 최대 211%까지 증가할 수 있음. 새로운 도시 토지의 절대량은 아시아와 태평양 개발도상국, 선진국에서 가장 많이 발생할 것으로 예상되는 반면, 도시 토지 성장의 가장 높은 비율은 아프리카, 동유럽 및 서중앙 아시아 및 중동 지역에서 발생할 것으로 예상됨
 - 도시 토지의 확장과 건설될 기반시설은 미래 장기적인 에너지 소비 패턴을 고착화시킬 것이며, 또한 도시의 확장은 농경지와 산림에서 일어날 가능성이 있어 탄소 저장량의 손실과 격리에 영향을 미침
 - 2030년까지 새로운 도시 기반시설의 건설과 기존 시설의 업그레이드는 상당한 온실가스 배출량을 발생시킬 것으로 예상됨. 기존 관행과 기술 사용 시, 2030년까지 연간 8.5 GtCO₂에서 14 GtCO₂에 이르는 상당한 양의 CO₂ 배출량이 발생할 수 있음.

- ▶ **도시 온실가스 배출의 증가와 극한 기후 증가를 고려할 때, 도시 완화 및 적응 전략의 통합이 시급함**
 - 완화 전략은 사회적 형평성, 공중 보건 및 인간 복지에 기여하면서 기후 변화 영향에 대한 회복력을 향상시킬 수 있으며, 경제적 탈동조화(decoupling)를 촉진하는 도시 완화 조치는 고용 및 지역 경제 경쟁력에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음

- ▶ **도시가 넷제로 또는 넷제로에 가까운 온실가스를 달성하기 위해서는 심층적인 탈탄소화(deep decarbonisation)와 구조적 변화(systemic transformation)가 필요함**
 - 도시의 강력한 탈탄소화를 위해서는 다음의 세 가지 전략이 동시에 구현되어야 함. ①컴팩트하고 효율적인 도시 형태와 인프라 기반의 모든 부문에서의 에너지 수요 감소, ②전기화 및 넷제로 배출 자원으로서의 전환, ③탄소 흡수 및 저장 증가
 - 도시는 행정 경계 내에서 배출량을 줄이는 데에만 초점을 맞추는 것만으로는 넷제로를 달성할 수 없음

- ▶ **다양한 도시 위계에서의 정책을 구현하는 완화 정책 패키지는 부문 전반에 걸쳐 연쇄적인 영향을 미칠 수 있으며, 행정 경계 외부의 온실가스 배출량을 줄이고, 개별적 정책 이행보다 더 많은 배출량을 저감할 수 있음**
 - 도시는 도시 시스템 접근 방식, 특히 공간 계획, 도시 에너지 시스템의 전기화, 그린 및 블루 인프라 등을 통해 기반한 핵심 기반 시설에 영향을 미치는 정책 패키지를 사용하여 여러 부문에 걸쳐 정책 패키지를 구현할 수 있음
 - 관할권 내에서 부문별 완화 전략을 개발, 조정 및 통합하는 도시의 제도적 역량은 특히 거버넌스, 규제 시스템 및 예산권에 따라 다름

- ▶ **컴팩트하고 자원 효율적인 도시 성장에 필요한 통합공간계획은 2050년까지 BAU와 비교하여 23~26%의 온실가스 배출량을 저감할 수 있음**
 - 직주근접이 가능한 컴팩트 도시와 보행 및 자전거 중심, 저공해 공유 및 대중교통으로의 전환, 패시브 에너지 건물, 그린 인프라 등은 건강상의 이점과 온실가스 배출 저감에 크게 기여할 수 있음

▶ **도시의 그린-블루 인프라는 탄소 저장과 에너지 사용 저감을 통해 기후 변화를 완화하는 한편 다양한 공편익을 제공함**

- 도시 숲과 가로수, 투과성 포장, 옥상녹화 등의 그린-블루 인프라는 탄소 격리 및 저장을 통해 직, 간접적으로 에너지 수요를 줄이고 수처리를 위한 에너지 사용을 줄이는 냉각 효과를 유도함으로써 기후 변화를 완화할 수 있는 잠재력 제공
- 그린-블루 인프라는 도시 열섬(UHI, urban heat island) 효과 및 열 스트레스 감소, 우수 유출 감소, 대기 질 개선, 도시 거주자의 정신적 및 육체적 건강 개선 등 다양한 공동 편익 제공

▶ **효과적인 온실가스 저감을 위해서는 혼합토지이용, 대중교통지향개발, 고밀의 주거 및 고용 등의 공간 계획 전략이 필요함**

- 자가용 이용에서 도보, 자전거 타기 및 무공해 운송으로의 모빌리티 전환을 유도하는 콤팩트시티와 관련 정책 및 규제는 시민 건강 향상과 온실가스 배출 저감에 기여할 수 있음

▶ **도시의 토지 사용과 공간 형태, 도시화 수준에 따라 온실가스 완화 전략의 잠재력과 순서가 달라짐**

- 기반시설과 도시 형태는 사회 문화 및 생활 방식 변화를 가능하게 하여 완화에 크게 기여할 수 있음
- 빠르게 성장하고 있는 도시의 경우, 직주근접과 콤팩트 도시형태를 지향하는 도시계획과 저탄소 기술을 활용하여 배출량 증가를 낮출 수 있음
- 기성 도시의 경우, 기존 건물의 용도 변경 또는 리모델링, 충전식 개발 및 고밀화, 교통수단 전환 및 도시 에너지 시스템의 전기화 등을 통해서 온실가스 배출량 저감 가능
- 신도시의 경우, 기존의 녹지와 수자원을 보존하는 혼합토지이용 및 대중 교통 지향형 설계를 통해서 콤팩트하며 걷기 좋은 저탄소 또는 넷제로 도시로 성장할 수 있는 잠재력이 있음

▶ **주택, 폐기물, 에너지, 물, 위생과 관련된 도시의 비공식 관행(informal practice)과 제도를 활용하여 자원 사용을 줄이고 기후 변화를 완화할 수 있음**

- 비공식 주거지(informal settlements)와 부적절한 주택의 업그레이드는 저탄소 전환의 기회로 작용함. 그러나, 이러한 관행과 관행이 온실가스 배출에 미치는 누적 영향에 대한 정량 데이터가 제한적임

▶ **도시에서 기후변화 완화 및 적응을 위한 전환적 변화(transformational changes)를 위해서는 다양한 규모의 거버넌스 참여와 부문별 접근을 넘어서는 상당한 규모의 자금 조달이 필요**

- 도시와 국제기구, 국가 및 지역 정부, 초국가적 네트워크, 지역 이해관계자 간의 파트너십은 저탄소 배출 및 공간 계획 프로그램을 위한 자원 조달에 중추적인 역할을 수행

Chapter 9 건물

- ▶ 2019년 기준, 건물 부문은 세계 온실가스 배출량의 21% 상당의 12 GtCO₂eq.를 배출함. 동 배출량의 구성을 살펴보면, 간접배출량 57%, 직접배출량 24%, 건설에 사용된 시멘트, 철근의 내재배출량 18%로 이루어짐. CO₂ 배출량은 세계 배출량의 31%를 차지(주거부문 50%, 비주거부문 32%, 내재된 배출량 18%)
 - 건물 부문은 세계 최종 에너지 소비량의 31%를 차지함(128.8 EJ). 이 중, 주거부문에서 70%의 에너지를 소비함
 - 건물부문의 온실가스 감축 전략은 SER (Sufficiency- Efficiency-Renewables) 프레임으로 구성됨
- ▶ AR5와 비교하여 차이점을 4가지로 정리할 수 있음. ① 직·간접배출에서 내재배출량으로 확대, ② 기술적 감축방안 외에 비-기술적 방안 및 요구를 낮추는(sufficiency) 방안의 감축 검토, ③ 지속가능발전, 웰빙, 적정생활수준(DLS, Decent Living Standard)의 관계, ④ 에너지시스템에서 건물의 적극적 역할(프로슈머)
- ▶ 코로나19는 인간의 웰빙을 위한 건물의 중요성을 강조함
 - 자연환기, 환기장치 및 냉방시스템에 있어 예방적인 관리를 강조함. 한국의 예로, officetel (office-hotel), officetel-schooling 등 새로운 형태의 건축개념이 확산되고 있음
- ▶ 건물의 종류(용도) 및 구성(벽, 지붕, 창, 설비 등)은 온실가스뿐만 아니라 운영에 따른 에너지 소비량, 에너지 비용에 영향을 주고 있음. 본 보고서는 주거건물과 비주거건물로 구분하여 검토함. 건물 서비스는 안전, 쾌적, 효율, 기후변화로 구분할 수 있음
 - 상기 분류범위(건물 종류, 구성, 서비스)에서 감축 잠재량을 평가할 수 있음
- ▶ 건물 부문에서 온실가스 배출 증가의 원인은 다양함. 1990~2019년까지 건물 부문의 전지구 CO₂ 배출량은 50% 증가하였음(간접배출량이 92% 증가, 직접배출량은 1% 감소). 유럽은 감소하고 동아시아는 높게 증가함
 - IEA-NZE시나리오가 2050년까지 29MtCO₂로 가장 낮은 배출량 전망됨. 주거 및 비주거부문 모두에서 2050년에 간접배출량이 제로가 됨. 지역적으로는 아시아태평양지역이 2050년에 가장 낮은 배출량이 전망됨
 - 건물부문의 온실가스 증가의 주원인은 인구증가, GDP임
- ▶ 건물 부문의 세계 에너지 소비량은 1990~2019년동안 38% 증가함(비주거용 건물에서 54% 증가, 주거용 에너지요구량은 32% 증가). 중동과 아프리카의 주거건물의 에너지 소비량이 가장 크게 증가함
 - 주거부문에서 난방, 급탕, 취사, 가전제품에서 에너지 소비가 큼. 2020~2050년까지 난방의 에너지 소비는 모든 시나리오에서 감소하고 냉방의 가장 크게 증가하는 추세임
 - 네트워크 및 소형 가전제품의 에너지 소비가 보급률에 의해 크게 증가하는 추세임
 - 수소는 중요한 에너지원으로 논쟁 중이며 아직은 건물에 있어 미비한 역할로 나타남(비용 문제). 1990~2019년까지는 건물에서 사용되지 않고 있으나 2050년에 수소는 적절한 역할을 할 것으로 평가됨

▶ **기술적 감축 및 제로카본(zero-carbon) 건물로의 전략에 있어 많은 문헌들이 이 주제로 확장되고 있음**

- AR5은 건물에서 감축 기술의 선택과 적용은 건물의 에너지 소비에 큰 절감을 가져올 것으로 보고함. 주요한 성능향상 기술로 자연채광과 전기조명, 가전제품, 단열재, 히트펌프, 간접증발냉각(흡수식 냉각기), 건물관리기술, 스마트미터, 재생에너지를 적용한 전력망을 제시함
- 건설재료의 내재에너지 및 내재카본의 중요성이 강조되고 있음. 관리해야 할 주요 자재로는 5가지가 있음(콘크리트, 목재, 석재, 철근, 복합프레임). LCA 평가를 통한 분석에서 철근과 블록이 높은 내재카본을 보임
- 많은 기술들이 건물의 에너지 사용을 줄일 수 있으며, 제로에너지 건물의 달성을 위한 공통된 기술(단열재, 히트펌프, 열저장장치, 바이오에너지 등)을 활용해야 함
- 가전 제품은 가정의 전기소비의 중요한 요인이며, 보급률의 증가로 사용량이 증가함. 에너지 효율 향상이 가장 중요한 절감 요소임
- 감축 기술의 사례로 저에너지 또는 넷제로 에너지 건물의 사례를 들 수 있음

▶ **비기술적 방안이 저탄소 건물부문을 위한 주요 요소이나 아직 기술적 방안보다 관심을 덜 받고 있음**

- 순환(재활용) 및 공유 경제, 행태변화, 적극적인 관리와 운영이 높은 온실가스 감축 잠재량을 보임

▶ **기존 및 신축 건물의 주요 감축 전략은 ① 신축 및 기존건물에서 외피(외벽, 창)의 에너지 효율 향상, ② 건물 시스템 및 설비, 가전의 에너지효율 향상, ③ 재생에너지를 포함한 저탄소 에너지원으로의 전환, ④ 저탄소 자재 사용, ⑤ 수요공급관리, ⑥ 순환 및 공유 경제로 정리할 수 있음**

▶ **2050년에 글로벌 건물부문은 베이스라인 대비 61%(8.2 GtCO₂)의 감축이 가능함. 요구량을 낮춤(sufficiency)을 통해 10%(1.4 GtCO₂) 감축, 에너지 효율 기술·적용으로 42%(5.6 GtCO₂) 감축, 재생에너지 활용으로 9%(1.1 GtCO₂) 감축**

- 개발도상국이 베이스라인 대비 59%(5.4 GtCO₂) 감축, 선진국이 65%(2.7 GtCO₂) 감축
- 건물 부문의 탈탄소화에 있어 2020~2030년의 시간이 매우 중요함. 신축 건물과 기존 건물의 배출량이 거의 제로화(near zero)되고, 선진국은 기존 건물의 50%, 개발도상국은 1/3이 개보수되어야 함
- 다수의 LCA 케이스스터디에 의하면, 건물의 생애 동안 배출량 중 내재 배출량은 높은 에너지 효율 건물에서 45~50%를 차지함

▶ **건물은 장수명을 가지므로 기후변화의 '적응' 방안이 필요함. 건물에서의 적응 기능이 요구되고 이는 온실가스를 발생시키는 에너지와 재료의 소비를 증가시킴. 미래의 온난화 환경에서 건물 실내의 열적 쾌적을 만족시키기 위해 에너지 요구량이 증가할 것임**

- 기후변화 감소와 적응 사이에는 충돌이 있으나 적절한 계획과 행동, 정책으로 다루어야 함. 건물의 적응 능력을 개선시키면서 온실가스 감축이 가능한 다기능 솔루션과 기술, 건설재료를 개발해야 함

▶ **건물에서의 감축 활동은 에너지 소비와 온실가스 배출량 감소와 함께 실질적인 사회적이고 경제적인 가치를 가져옴**

- 잘 설계되고 효과적인 실행을 갖는 감축 활동은 UN의 SDGs을 이룰 수 있는 중요한 잠재성을 갖음
- WHO는 연료를 태움을 가정 내 공기오염으로 인한 주요 사망원인으로 보고함. 많은 연구에서 전기, 바이오가스, LPG와 같은 청정에너지의 사용이 건강의 영향을 줄이는 가장 효과적인 방법으로 제시함. 반면 기후변화 감축 정책은 청정연료의 비용을 증가시킴
- 건물에서 잘 계획된 기후변화 감축 방안의 실행은 다음과 같은 효과들과 관련되어 있음. ① 에너지 가난을 줄이고 건강과 웰빙과 같은 생활 환경 개선을 가져옴. ② 노동의 생산성을 높이고 경제적인 경쟁력을 향상시킴(건강과 근무시간을 증가시킴). ③ 높은 에너지효율과 친환경 특성을 가진 주택은 높은 가격에 거래됨. 비주거건물의 경우 5.2~35%의 매매가 증가와 2.5~11.8%의 임대료 상승이 나타남. ④ 감축 이행을 위한 투자는 경제적 성과물(에너지 절감)과 고용효과를 가져옴. ⑤에너지 안보

▶ **건물의 에너지 효율화에 있어 정보 부족, 투자비용 효과, 사회경제적 여건(건설 시장), 에너지 효율 정책 등 여러 가지 장애가 존재함. 장애와 관련된 대부분의 연구에 있어 사용자의 행태가 주요한 장애로 지적됨(리바운드 효과)**

- 한계를 극복하기 위해 단일 정책보다는 건물부문의 탈탄소화를 위한 정책 패키지가 요구됨. 제로에너지 건물을 위한 건물 에너지 기준(code) 및 적용 기준과 함께 시장 기반 방안(인센티브, 정보 및 인증, 개별계량(metering) 의무화, 파이낸싱(보조금, 융자, 성능기반 인센티브 등))이 포함되어야 함
- 국가 차원에서의 건물의 탈탄소화를 위해서는 향후 30년간 매년 GDP의 3.5% 이상을 한계투자비용으로 투자(에너지효율, 재생에너지)가 필요함
- 건물의 에너지 소비 효율화에 있어 지역 기후 및 건설 특성, 지역 재생에너지 생산 특성 등의 영향을 받으므로 지역 또는 지방 정부의 역할이 있음

Chapter 10 수송

▶ 기후 완화 목표를 달성하려면 수송 부문에서 혁신적인 변화가 필요

- 2019년 수송 부문에서 온실가스 직접배출은 8.7 GtCO₂eq (1990년 5.0 GtCO₂eq에서 증가)이며 전 세계 에너지 관련 CO₂ 배출량의 23%를 차지
- 수송 부문 직접 배출량의 70%는 도로 상 차량에서 발생했으며 철도, 해운 및 항공 부문에서 각각 1%, 11% 및 12% 발생했는데, 특히, 선박 및 항공에서 배출되는 배출량은 지속적으로 빠르게 증가하고 있음
- 수송 관련 배출량은 유럽 혹은 북미보다 개도국에서 더 빠르게 증가하고 있으며, 이러한 추세는 향후 수십 년 동안 계속될 것임

▶ AR5 이후 신기술과 결합된 수요 관리 솔루션의 필요성에 대한 인식이 높아졌음

- 신기술에는 육상운송에서 급속한 전기 이동성 이용 증가, 선박 및 항공부문에서 고급 바이오 연료 및 수소 기반 연료 등이 있음
- 행태를 변화시키고, 이는 다시 에너지 수요를 감소시키는 수송 서비스에 대한 수요를 감소시킬 수 있는 인프라 시스템적 변화에 대한 요구 또한 증가함
- 코로나19 전염병에 대한 대응에서 행동에 대한 개입이 수송 관련 GHG 배출을 줄일 수 있음을 보여줌. 예를 들어, 코로나19로 인한 봉쇄는 상당한 수의 업무 및 개인 여행을 대체하고 지역 활성 교통을 촉진하는 재택근무의 혁신적인 가치를 확인함

▶ 도시 형태의 변화, 행동 프로그램, 순환 경제, 공유 경제, 디지털화 추세는 운송 서비스에 대한 수요를 감소시키거나 보다 효율적인 운송 모드의 사용을 확대하는 체계적인 변화를 지원할 수 있음

- 도시는 보다 콤팩트한 토지 사용과 자동차 의존도가 낮은 교통 인프라 제공을 통해 교통 관련 연료 소비를 약 25% 줄일 수 있으며, 안전한 보행자 및 자전거 도로를 위한 적절한 인프라는 활동적인 지역통행(localised active travel)을 활성화 할 수 있음
- 이런 시스템적 변화를 지원하려면 교통 수요 관리를 통한 인센티브가 필요함
- 순환 경제 이니셔티브, 공유 경제 이니셔티브 및 디지털화가 운송 서비스 수요에 미치는 영향에 대해서는 혼합된 평가가 나타나고 있음. 예를 들어, 비물질화는 제조 시설로 운송해야 하는 자재의 양을 줄일 수 있지만 우선 배송을 포함하는 온라인 쇼핑의 증가는 화물 운송에 대한 수요를 증가시킬 수 있음. 동일하게 재택근무는 여행 수요를 감소시킬 수 있지만 승차 공유의 증가는 대-km 증가시킬 수 있음

▶ 저탄소 전기로 배터리 전기차(BEV)를 충전할 경우 내연 기관 차량(ICEV)보다 전주기 온실가스 배출량이 더 적음

- 전기이동성은 마이크로 모빌리티(e-autorickshaws, e-scooters, e-bike), 특히 버스와 같은 대중교통 시스템, 그리고 정도는 덜하지만 개인 차량의 전기화에서 빠르게 구현되고 있음
- BEV는 또한 그리드 운영을 지원하는 추가적인 이점을 가질 수 있음
- 기술적 완성도가 높은 리튬이온 배터리(LIB)의 상업적 가용성은 전기 이동성의 높은 성장을 뒷받침

- 글로벌 배터리 생산량이 증가함에 따라 단가는 하락하고 있지만 배터리 생산의 GHG 발자국을 줄이기 위한 추가 노력은 BEV의 감축잠재력을 최대화하는 데 필수적임
 - 육상수송을 위한 E-모빌리티의 지속적인 성장을 위해서는 전기 충전 및 관련 그리드 인프라에 대한 투자가 필요함
 - 저탄소 전기로 구동되는 전기 이동성은 수송 부문 온실가스를 빠르게 줄일 수 있는 잠재력을 가지고 있으며 개발도상국의 성장하는 도시에서 다중 공편익(multiple co-benefits)에 함께 적용될 수 있음
- ▶ **장거리용 대형 트럭은 일부 상황에서 수소 및 바이오 연료 기반 연료로 보완되는 배터리 전기 운송(전기 도로 시스템 사용 포함)을 통해 탈탄소화될 수 있음**
- 동일한 기술을 전기 철도시스템에 확장하여 사용하면 철도 탈탄소화 지원 가능
 - 배터리, 수소 및 바이오 기반 운송을 위한 초기 배치가 진행 중이며 이러한 기술 중 일부는 2030년까지 상업적 운영도 가능한 것으로 예상
 - 그러나 이러한 기술은 주행 범위, 자본비용 및 운영 비용, 인프라 가용성 등과 관련된 문제가 있으며 특히, 연료 전지의 내구성, 높은 에너지 소비 및 비용은 수소 기반 연료 전지 차량의 상용화에 앞서 해결되어야 할 문제임
 - 온실가스 감축을 위한 전략에서 수소 기반 연료가 감축에 기여하기 위해서는 저탄소 배출방식의 수소 생산을 통해 용량을 증가하는 것이 필수적임
- ▶ **해운 및 항공부문에서 탈탄소화 옵션은 여전히 R&D가 필요하지만 고급 바이오 연료, 암모니아 및 합성연료가 실행 가능한 옵션으로 부상함**
- 효율성 증가로는 운송 및 항공에서 온실가스 배출을 제한하기에 충분하지 않으며, 천연가스 기반 연료는 엄격한 탈탄소화 목표를 충족하기에 부적절함
 - 고급 바이오 연료는 저탄소 제트 연료를 제공할 수 있으며, DAC 및 BECCS를 통해 포집된 CO₂와 함께 저탄소 수소를 사용하는 합성연료는 항공기 및 선박에 제공될 수 있지만 이러한 옵션은 여전히 대규모 적용이 필요함
- ▶ **상향식 및 하향식 모델의 시나리오에 따르면 개입 없이 수송으로 인한 CO₂ 배출량은 2050년까지 16~50%까지 증가**
- 특히 아프리카와 아시아의 개발도상국에서 화물 및 여객 서비스에 대한 수요의 지속적인 성장이 예상되며 모든 운송 수단에서 증가할 것으로 예상
 - 모델링에서 수요 증가에도 불구하고 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한하는 시나리오는 2020년과 비교하여 2050년까지 운송 관련 CO₂ 배출량이 59% 감소(42~68% 사분위 범위)해야 할 것을 제시
 - 감축경로인 1.5 REN 및 1.5 LD는 2050년까지 운송 부문에서 각각 80% 및 90%의 배출 감소를 설명할 수 있지만 수송 관련 배출 감소는 지역 전반에 걸쳐 균일하게 발생하지 않을 것임. 예를 들어, 선진국, 동유럽 및 서중아시아(EEA) 국가의 운송 배출량은 1.5°C도 목표(유형 C1~C2)와 호환되는 모든 시나리오에서 2050년까지 2020년 수준에서 감소하지만, 이러한 시나리오에서도 아프리카, 아시아 및 개발도상국 태평양(APC), 라틴 아메리카 및 카리브해, 중동이 포함된 일부 지역에서는 증가할 수 있음

▶ **수송 부문의 배출량 감소를 지원하기 위해 저탄소 발전 및 수소 생산을 포함한 저탄소 에너지 인프라의 확대에 대한 계획이 필요함**

- 모든 부문(수송, 건물 및 산업)에 대한 에너지 수요와 시스템을 고려한 통합된 에너지 계획 및 운영은 부문별 시너지 효과를 활용하고 에너지 자원의 비효율적인 할당을 피할 수 있음
- 교통 및 전력 인프라의 통합하는 계획은 '그린필드' 개발이 기존 시스템에 의해 부과된 제약을 받지 않는 개발도상국에서 특히 유용할 것임

▶ **수송부문에서 저탄소 항공 및 선박 연료의 보급은 국가 및 국제 거버넌스 구조의 변화가 필요함**

- 현재 파리협정은 국제 운송 및 항공에서 발생하는 배출량을 구체적으로 다루지 않고, 국가 감축목표(NDC)에서 국제 운송의 배출량을 설명하는 것은 각 국가의 재량사항임
- ICAO와 IMO는 배출량 감축 목표를 설정했지만 연비 향상과 수요 감축을 위한 전략만 추구했고 신기술에 대한 공약은 거의 없음
- 국제 해운 및 항공을 파리 협정의 거버넌스 하에 명시적으로 포함하는 것은 더 강력한 탈탄소화 노력을 촉발할 수 있다고 일부는 제안하고 있음

▶ **자원 가용성, 노동 권리, 비기후 환경 영향, LIB에 필요한 중요 광물 비용에 대한 우려가 커지고 있으며, 중요 광물과 주요 자동차 제조업체의 요구 사항에 기반한 국가전략의 출현으로 인해 지리적으로 더욱 다양한 새로운 광산이 탄생하고 있음**

- 배터리 모듈 및 차량 플랫폼 내부 및 전체 패키징의 표준화와 재활용 가능성을 위한 설계가 중요함
- LIB의 높은 수준의 잠재적 재활용 가능성을 감안할 때 미래에 거의 폐쇄형 루프 시스템은 중요한 광물 문제에 대한 우려를 완화할 수 있음

▶ **정부의 모든 부분에서 입법화된 기후 전략이 수립되고 있으며 이는 수요 및 공급 측면의 수송 부문 감축 전략의 확대를 촉진 가능케 함**

- 지역 수준에서 입법화는 행태 변화를 장려하기 위한 지역 기관의 약속이나 서약을 포함하는 지역 교통 계획을 지원 가능케 함
- 이러한 기관 주도 메커니즘에는 자전거 출퇴근 캠페인, 무료 교통 패스, 주차 요금 또는 자동차 혜택 제거가 포함될 수 있으며, 태양열 공유, 커뮤니티 충전 및 Maas와 같은 커뮤니티 기반 솔루션은 저탄소 운송 미래를 촉진할 새로운 기회를 만들어 낼 수 있다. 지역 및 국가 차원에서 법률에는 차량 및 연료 효율성 표준, R&D 지원, 저탄소 운송 인프라에 대한 대규모 투자가 포함될 수 있음

Chapter 11 산업

▶ 산업부문의 탄소중립은 도전적이지만 가능한 목표임

- 파리협정, SDGs, 코로나19 등 최근의 정책 및 위기사태 발생으로 인해 글로벌 2050 탄소중립 추진이 가속화되고 있으며 이에 따라 에너지 다소비, 온실가스 다배출 업종의 탄소중립이 강조되고 있음
- 산업 부문의 온실가스 배출은 기초물질의 생산 확대로 2000년 이후로 타부문 대비 가장 빠르게 증가하고 있으며 2019년 기준 전지구 온실가스 배출의 24%~34%를 차지함
- 산업 부문의 넷제로 달성은 에너지 효율 개선에 초점을 두었던 기존의 관점에서 벗어나 의존도 높은 화석 연·원료의 탈피, 수요저감, 자원순환 확대와 같은 대전환적 관점에서 추진될 때 가능
- 생산 측면에서 에너지 효율화는 지속적으로 중요하며, 전력·수소·바이오연료·CCU로 기존 화석연료를 대체하는 생산방식의 변화, CCS를 통한 미감축분의 처리 등이 필요하며 이를 위해 기존 설비의 개체나 퇴출 등이 필요함
- 다배출 산업의 저탄소 전환에는 상당한 비용이 수반되겠으나 소비가 최종적으로 부담하는 비용이나 경제 전체적으로 부담해야 하는 비용은 낮은 편임. 탄소저감 기술의 개발과 적용에는 5~15년이 소요되고 CO₂ 톤당 약 50~150 USD의 저감 비용이 발생할 것으로 예상되기에 생산자의 부담을 지원하기 위한 정책이 필요함. 생산비용의 증가는 최종재 가격에 전가되겠지만 최종재 가격 수준을 고려할 시 소비자가 지불하는 비용이나 경제 전체적으로 지불하는 비용은 낮은 폭 증가에 그칠 것으로 보임
- 온실가스 다배출 물질의 온실가스 집약도는 지난 30여 년간 정체되어오고 있지만, 기술도입에 따른 과거의 경험에 비춰보았을 때 2050년경 넷제로 수준까지 감소될 수 있을 것으로 보임. 모형분석 결과 철강, 플라스틱, 암모니아, 시멘트와 같은 온실가스 집약도에서의 상당한 온실가스 감축이나 넷제로 수준의 달성이 가능할 것으로 도출됨
- 산업 부문의 가치사슬 복잡성, 생산비용 추정 어려움 등으로 기존 모델 작업 시 물질 사용 효율화, 순환경제 확대, 혁신 기술 등은 정교히 반영되지 못하고 있으며 이에 따라 탄소중립 추진에 따른 비용이 과대 추정되고 있음

▶ 생산과정에서의 배출 저감 뿐만아니라 물질(material)의 효율적 사용이 중요한 수단임

- 전 세계적으로 물질 집약도(ton/GDP)는 지속 증가 추세인 반면 일부 선진국에서는 디커플링 경향이 나타남
- 물질 수요를 저감하고 물질을 보다 효율적으로 사용하며 순환경제를 구축하는 것이 물질의 1차 생산(primary production)에서 발생하는 온실가스를 저감할 수 있는 방안임
- 화석연료를 통해 생산되며 재활용률이 저조해 온실가스 저감이 어려운 플라스틱의 경우 1970년부터 수요가 강하게 증가하고 있으며 수송기기 경량화를 위해 필요한 소재라 탄소중립에 필요한 물질임. 비화석연료 기반 플라스틱에 대한 구체적 비전은 아직 부재한 상황임

▶ 철강의 탄소중립 : 물질 효율성(material efficiency) 개선, 재활용 확대, 감축기술 도입이 필요

- 철강 소비 저감을 위한 제품 디자인 변경 등과 같은 물질 효율성 개선 정책을 통해 철강 수요의 40% 정도를 줄일 수 있음

- 철스크랩 활용 전기로 생산비중 크게 확대될 필요 있으며, 중장기적으로 철광석의 수소환원, 전기분해 등과 같은 신공법의 개발과 적용이 필요함

▶ **생산자·소비자의 노력, 정책의 조합으로 시멘트, 콘크리트의 배출을 상당부분 저감할 수 있음**

- 내구성이 좋고, 풍부하며, 경제성이 좋은 이점으로 시멘트는 현재 과도하게 사용되고 있음
- 콘크리트를 보다 효율적으로 사용함으로써 클링커에서 발생하는 배출의 24~50%를 감소시킬 수 있으며 혼합재 사용, CCS 도입을 통해 50% 이상 배출을 저감시킬 수 있음

▶ **화학산업의 화석연료 대체를 위한 다양한 기술적 수단이 존재하지만 이에 수반되는 비용 문제가 발생함**

- 석유기반 원료를 수소나 바이오 기원 원료, 폐플라스틱으로 대체할 수 있으나 비용이 높고 대체 원료의 공급 문제가 존재함
- 현재 화석연료의 가격이 낮고, 탄소 비용을 지불하지 않아 대체 연·원료의 비용이 비쌀 수밖에 없음

▶ **기타산업의 경우 상대적으로 수월하게 대체 연료로 전환이 가능할 것으로 예상**

- 생산과정에서 대부분 화석에너지가 연료로 사용되기에 이를 바이오연료나 수소, 전력화를 통해 대체할 수 있으나 역시 비용 문제가 존재함
- 제지 산업에서 많이 사용하는 열에너지 역시 전력화를 통해 대체 가능함

▶ **새로운 에너지원의 등장은 산업의 글로벌 가치사슬의 변화도 촉발함**

- 청정전력, 저비용 수소 등의 중요성 확대는 철강 등 다배출 산업의 현지 생산 가능성을 높이며 무역구조의 변화도 초래할 것으로 예상됨
- 풍력, 태양광 발전, CCS 등에 지리적 이점을 보유한 국가는 수소나 암모니아의 수출국이 될 것이며 철강이나 화학 등 에너지 집약산업의 생산 거점이 될 가능성이 있음

▶ **저감수단에 따라 정책 준비도는 차이가 있음**

- 그동안 관심이 집중되었던 에너지 효율개선 정책은 이미 성숙해졌음
- 반면, 물질 수요 관리나 재활용 활성화 정책 등은 상대적으로 정책화가 이뤄지지 않거나 더디게 진행됨
- 전력화, 연료전환 정책 역시 공급측면에서 기술개발에만 관심을 기울이고 있음

▶ **그동안 산업경쟁력 저하, 탄소 누출에 대한 우려로 산업부문의 기후정책은 다소 소극적으로 진행되어 온 것이 사실임**

- 탄소중립은 거스를 수 없는 추세라는 것을 고려한 새로운 산업정책이 필요함
- 정책의 방향은 넷제로 달성, 기술 개발, 저탄소 제품에 대한 수요 진작, 기존 설비 및 생산방식의 퇴출, 국제공조 등에 초점을 두어야 함
- 또한, 통합적, 단계적 전략의 수립을 통해 즉시 시행할 수 있는 정책과 중장기적으로 시행할 수 있는 정책이 구분되어야 하며 글로벌 및 국가·지역별 정책이 조화되어야 함

Chapter 12 범분야 관점

- ▶ **분야별 평가를 통해 계산된 2030년까지의 총 완화 잠재량은 전지구 온실가스 배출량을 현재(2019년)의 절반 이하로 감축하는 데에 충분함**
 - 이 잠재력(32~44 GtCO₂eq)은 광범위한 완화 조치의 이행을 필요로 하는데, 이 중 절반 이상이 완화 비용이 20 USD/tCO₂인 조치들이며, 모든 부문에서 활용 가능함
- ▶ **이산화탄소제거(CDR, carbon dioxide removal)는 전환이 어려운 부문의 잔여 배출량을 상쇄할 수 있기 때문에 이산화탄소 및 온실가스 넷제로 달성을 위해 필수적인 요소로, 2100년까지 온난화를 2°C 이하로 제한하기 위해 중요함**
 - CDR 방법별로 제거 과정, 탄소 저장 기간, 기술성숙도, 완화 잠재력, 비용, 부가이익, 부작용 및 거버넌스 필요도가 다르다는 점을 고려하여 이행 전략을 수립해야 함
 - 모든 예시적 완화 경로(IMP, illustrative mitigation pathways)는 토지기반 생물학적 CDR을 활용하며, 일부는 DACCS도 활용함. 온난화를 2°C 이하로 제한할 가능성이 높은 시나리오에서 2020~2100년 기간 동안의 누적 이산화탄소제거량은 BECCS는 328 GtCO₂, 조림/재조림 등의 토지는 252 GtCO₂, DACCS는 29 GtCO₂에 이를 것으로 분석되었으며, 연간 감축량의 경우 2050년 기준 BECCS는 2.75 GtCO₂/yr, 토지는 2.98 GtCO₂/yr, DACCS는 0.02 GtCO₂/yr로 분석됨
- ▶ **현재 보급량은 제한적일지라도 직접대기 탄소포집·저장(DACCS), 강화된 풍화(EW, enhanced weathering) 및 해양 기반 CDR 방법(해양 알칼리도 증진 및 해양 비옥화 등)에 대한 미래 완화 잠재력은 중간~큰 수준으로 추정됨**
 - DACCS의 잠재력(5~40 GtCO₂/yr)이 제한적인 이유는 저탄소 에너지의 필요성 및 비용(100~300 USD/tCO₂)이 주요 원인이며, 현재 기술성숙도(TRL, technology readiness level)는 중간 수준임
 - EW는 50~200 USD/tCO₂의 비용으로 2~4 GtCO₂/yr을 제거할 수 있는 잠재력을 가지고 있음
 - 해양 기반 방법은 40~500 USD/tCO₂ 비용으로 1~100 GtCO₂/yr을 제거할 수 있는 잠재력이 있지만 해양 환경에 대한 부작용이 있을 수 있어 실행가능성이 불확실함
 - EW 및 해양 기반 방법은 현재 기술성숙도가 낮음
- ▶ **식량 시스템의 완화 잠재력을 온전히 실현하기 위해서는 생산자에서 소비자로 이어지는 모든 단계 및 폐기를 관리에서의 변화를 필요로 하며, 이는 통합된 정책 패키지를 통해 촉진될 수 있음**
 - 전지구 온실가스 배출량의 23~42%는 식량 시스템과 관련되어 있으며, 여전히 식량 불안정 및 영양실조의 문제가 만연함. 1990~2018년 기간에 식량 시스템으로부터 배출된 온실가스 절대량은 14 GtCO₂eq/yr에서 17 GtCO₂eq/yr로 증가하였음
 - 식량 시스템의 온실가스 집약도(intensity)를 줄이기 위해서는 공급 및 수요 측면 조치가 모두 중요함
 - 시장 기반, 행정적, 정보제공적, 행위적 정책의 연계를 기반으로 통합된 식량 정책 패키지는 통합되지 않은 개입에 비해 비용절감이 가능하며, 다양한 지속가능성 목표에 대응할 수 있고, 이해관계자 및 시민사회의 수용성을 증대할 수 있음

▶ **식물성 단백질이 많고 육류·유제품이 적은 식단은 온실가스 배출을 낮추는 것과 관련이 있음**

- 반추동물 육류(ruminant meat)는 가장 높은 온실가스 집약도를 보여줌. 유제품 시스템으로부터 생산된 소고기의 경우 배출량의 일부가 유제품으로 조정되기 때문에 배출량 집약도(단백질 100g당 8~23 kgCO₂eq)가 육류용 소고기(단백질 100g당 17~94 kgCO₂eq)보다 낮음. 배출량의 범위가 넓은 이유는 생산 시스템의 차이에 기인한 것으로, 곡물을 주로 활용하는 집약적인 사육장부터 방목장 및 이동방목(trancehumance) 시스템까지 다양함
- 식물성 단백질의 비중이 높고 동물성 식품의 섭취량이 중간 정도이며, 첨가된 설탕, 소금, 포화지방의 섭취를 줄이는 식단으로 전환하는 것이 가능하다면, 이를 통해 온실가스 배출을 상당량 감축할 수 있음
- 이를 통해 얻을 수 있는 이익으로는 토지사용량 및 주변 환경의 영양 손실 감소, 건강 증진, 식단과 관련된 비전염성 질병으로 인한 사망률 감소 등이 있음

▶ **신규 식량 기술(세포발효(cellular fermentation), 배양육, 동물 기반 식품에 대한 식물 기반 대체식품, 환경제어 농업 등)을 통해 식량 생산으로 인한 온실가스 직접 배출량을 상당량 감축할 수 있음**

- 이러한 기술들은 토지, 수자원, 영양을 적게 소비하고, 동물복지에 대한 우려에 해결책을 제시함
- 몇몇 신규 기술은 상대적으로 에너지 집약도가 더 높기 때문에 이들의 완화 잠재력을 온전히 실현하기 위해서는 저탄소 에너지에 대한 접근이 필요함. 콜드체인 및 포장 기술의 보급에도 저탄소 에너지 접근이 필요한데, 콜드체인 및 포장을 통해 식량 손실 및 폐기물을 감소시킬 수 있으나 에너지 및 물질 사용량이 증가하기 때문임

▶ **2100년까지 온난화를 2°C 이하로 제한할 가능성이 높은 시나리오는 일반적으로 AFOLU 부문에서의 광범위한 완화를 활용하는데, AFOLU 부문은 동시에 다른 부문의 완화를 위한 바이오매스 역시 제공함. 바이오에너지는 가장 토지집약적인 재생에너지 방안이지만, 기타 재생에너지 방안의 전체 토지 사용량은 보급량 많은 시나리오에서 매우 커질 수 있음**

- 식량, 사료, 바이오물질 및 비화석연료에 대한 수요 증가가 토지 및 바이오매스에 대한 경쟁을 증가시키고, 이와 함께 기후변화는 토지에 대한 스트레스를 증가시키며 생계, 생물다양성, 인간 및 생태계의 건강, 인프라, 식량 시스템에 대한 기존의 위험을 악화시킴
- 바이오에너지 및 기타 바이오 기반 시스템과 기타 완화 방안들을 기존의 토지 및 바이오매스 활용과 적절하게 통합하는 것은 자원활용 효율성을 증가시키며 자연 생태계에 대한 압력을 완화하고, 토지 황폐화 방지, 식량안보 증대, 토지 생산성에 대한 회복탄력성 향상을 위한 조치들을 통해 적응을 지원함

▶ **순환 바이오경제의 일환으로 바이오 기반 생산물은 적응 및 완화를 지원하기 위한 잠재력이 있음. 편익을 극대화하고 상충을 관리하기 위해서는 부문 통합, 투명한 거버넌스 및 이해관계자 참여가 중요함**

- 바이오매스 자원을 활용하는 지속가능한 바이오에너지는 환경·사회적 외부성을 줄이기 위해 기술혁신과 국제무역에 대한 국제협력 및 거버넌스의 지원이 필요함

▶ **기후변화 완화에 대한 조화로운 범분야적 접근은 부문간 및 지속가능발전 측면에서 시너지를 목표로 하고 상충을 최소화하도록 적용되어야 함**

- 이를 위해서는 다목적-다영향(multiple-objective-multiple-impact) 정책 프레임워크를 활용한 통합된 계획이 필요함. 강한 상호연관성 및 범분야적 연계는 시너지를 위한 기회를 만들면서 완화 방안 및 기술과 관련된 상충에 대응해야 하는 필요를 만들. 이러한 상호작용을 주류화해서 기후변화 완화 정책에 대해 조화로운 부문별 접근이 이루어져야 함
- 기후변화 정책의 통합된 설계와 범분야적 조정은 파리협정 하에서의 개도국 NDC에서 특히 분명하며, 농업 및 에너지 등의 주요 우선 부문은 지속가능발전의 맥락에서 제안된 완화 및 적응 행동 간에 긴밀하게 조정됨

▶ **탄소누출은 차별화된 기후정책의 핵심적인 범분야적, 범국가적 결과임**

- 탄소누출은 한 국가/부문에 적용된 완화 조치가 다른 국가/부문에서의 배출량 증가로 이어질 때 발생함
- 전지구 원자재 가치사슬과 관련된 국제 수송은 주요한 탄소누출 메커니즘임. 가치사슬과 수송의 배출량을 줄이는 것은 범분야적 파급효과 및 관련 누출에 대한 다음 세 요소를 완화시키는 기회를 제공함. ① 동일 국가 내에서의 국내 범분야적 파급효과, ② 국내 생산하던 탄소집약적 상품을 수입품으로 대체함으로써 발생하는 동일 부문 내에서의 국제적 파급효과, ③ 서로 다른 국가의 부문 간 발생하는 국제적 범분야적 파급효과

▶ **완화금융에서의 범분야적 고려는 완화 행동의 효과를 비롯하여 부문 수준에서 자주 충돌하던 사회적, 개발적, 환경적 정책목표의 균형을 이루는 데에 핵심적임**

- 부문 수준에서 완화 비용 및 편익을 적절하게 고려한 현실적인 자원조달 계획은 범분야적 영향을 고려하지 않고는 개발될 수 없음
- 다자금융 제도의 프레임워크 및 혼합금융을 포함한 지원 메커니즘이 부문간 자원 경쟁을 야기하는 것이 아니라 범분야적 솔루션을 촉진할 수 있도록 제도를 신속히 개선할 필요가 있음

▶ **순 완화와 관련된 공편익과 상충을 이해하는 것은 사회가 다양한 부문별 정책 옵션 간 우선순위를 설정하는 것을 도와줌**

- 예를 들어, CDR은 생태계 서비스 및 SDG에 긍정적인 영향을 미칠 수 있지만 잠재적으로 부정적 부작용 역시 존재함. 식량 시스템의 전환은 몇몇 SDG에 대하여 잠재적 공편익이 있지만 상충도 있음. 또한 토지 기반 완화 조치들은 다양한 공편익이 있을 수 있지만, 환경·사회·경제적 목적 간에 상충이 있을 수도 있음
- 따라서, 다양한 부문별 완화 옵션의 이행가능성은 사회가 완화와 다른 상품·서비스(식품, 물질 웰빙, 자연보호, 생물다양성 보호 포함), 사회의 CDR 및 탄소 기반 에너지·물질에 대한 미래 의존도에 대한 고려 사항 간에 우선순위를 어떻게 설정하느냐에 달려 있음

▶ **CDR, 식량 시스템 및 토지 기반 완화의 거버넌스는 효과적이고 형평성 있는 정책 이행을 도와줌**

- 지속가능발전을 추진하면서 기후변화에 효과적으로 대응하는 것은 국제, 다국가, 국가, 지방 수준에서의 다양한 정부·비정부 행위자 간의 조화로운 노력을 필요로 함

- 전통적인 부문을 관통하는 공공정책 영역에서의 거버넌스 방식은, 완화 결과와 공편익을 평가할 수 있도록 모니터링-보고-검증(MRV, monitoring, reporting and verification)을 위한 신뢰가능한 시스템 구축 등, 관련 도전과제에 직면해 있음
- CDR을 완화 포트폴리오에 효과적으로 통합하는 것은 배출 저감에 대한 기존의 규칙, 절차, 제도를 기반으로 할 수 있음
- 추가적으로, RD&D를 가속화하고 CDR 보급을 장려하기 위해 이들을 탄소 흐름에 대한 신뢰가능한 MRV와 함께 기존 기후정책 프레임워크 안으로 공식적으로 통합하겠다는 정치적 선언이 필요함
- 식량 시스템 거버넌스는 국가·국제 이니셔티브와 함께 지역 식량 정책 이니셔티브를 통해 개척될 수 있지만, 국가 수준의 거버넌스는 단편화되는 경향이 있으므로 접근의 비형평성과 같은 구조적 문제를 해결할 수 있는 역량이 제한적임
- 토지 기반 완화(토지 기반 CDR 포함)의 거버넌스는 바이오연료 및 산림 탄소 규제에 대한 이전의 경험에서 교훈을 얻을 수 있음. 그러나 이러한 인사이트를 통합하는 것은 프로젝트 수준의 접근을 넘어 SDG의 틀 안에서 통합 토지 사용 계획 및 관리를 강조하는 거버넌스를 필요로 함

Chapter 13 국가·지방 정책 및 제도

- ▶ **장기적이고 심층적인 배출 저감(넷제로 달성을 위한 배출 저감 포함)은 새로운 완화정책을 육성하는 제도와 거버넌스를 통해서, 동시에 온실가스 배출을 지속시키는 데에 기여한 기존 정책을 재고하는 것을 통해서 가장 잘 달성될 수 있음**
 - 이를 효과적으로 하기 위해 기후 거버넌스의 범위는 온실가스 배출을 목적으로 한 직접적인 노력들과 온실가스 감축을 위한 간접적인 기회들(다른 정책 목적을 위한 노력의 결과로부터 발생)을 모두 포함함
- ▶ **감축의 법적인 근거와 조직을 제공 제도와 거버넌스는 완화 행동에 대한 법적 근거를 제공함으로써 완화를 뒷받침함. 여기에는 기관 및 다양한 행위자가 상호작용하는 프레임워크를 설립하는 것이 포함됨**
 - 제도를 통해 다음 사항들을 창출할 수 있음. ① 완화와 부문별 정책수단, ② 저탄소 시스템 전환을 위한 정책 패키지, ③ 체계적 구조조정을 위한 경제 전반의 조치
- ▶ **정책은 연간 수 GtCO₂eq의 배출을 회피하면서 특정 국가, 부문, 기술의 완화에 확실한 영향을 미쳤음**
 - 시장 기반 정책과 규제 정책은 서로 다르지만 상호보완적인 역할을 함
 - 전지구 온실가스 배출량 중 완화 정책의 대상이 되는 비중이 최근 급격하게 증가했지만, 정책 적용범위에 큰 격차가 남아있으며, 많은 정책의 엄격성이 강력한 완화 결과를 달성하는 데에 필요한 수준에 미치지 못함
- ▶ **기후법은 나아가야 할 방향 제시, 목표 설정, 부문 정책에 완화 주류화, 규제 확실성 강화, 법적 근거가 있는 기관 설립, 사회적 동원을 위한 연락담당자 설정, 국제금융 유치를 통해 완화 행동을 가능하게 함**
 - 2020년까지 온실가스 감축에 초점을 맞춘 '직접' 기후법은 전지구 배출량의 53%를 차지하는 56개 국가에 존재함. '간접' 법을 포함한다면 690개가 넘는 법률도 완화에 영향을 미칠 수 있음
 - 직접법 중에서 '기본법'은 목표나 이행 접근법을 다루거나 부문별 계획 및 통합적 제도에서 기후목표의 주류화를 추구함으로써 완화를 위한 포괄적인 법적 근거를 설정함
- ▶ **제도는 부문·규모·행위자 간을 조정하고, 행동에 대한 합의를 구축하고, 전략을 설정함으로써 거버넌스를 개선할 수 있음**
 - 전제도는 국가적 상황과 조화를 이룰 때 더 안정적이고 효과적이어서 일부 국가에서는 완화 중심의 제도를, 다른 국가에서는 다양한 목표를 추구하게 됨
 - 지방 제도는 지역 관련 비전과 계획을 세우고, 국가 제도의 정책 격차·한계에 대응하고, 지역 행정구조를 구축하고, 장소 기반 탈탄소화를 위한 행위자를 소집함으로써 국가 제도와 상호보완적인 역할을 함

- ▶ **지방자치단체와 지역 정부는 토지사용, 폐기물, 도시정책 등 기후 관련 부문에 관할권이 있기 때문에 지방 행위자가 완화에 중요하며, 기후 솔루션을 실험할 수 있고, 강화된 기후행동을 활용하기 위해 민간 부문 및 국제적으로 파트너십을 구축할 수 있음**
 - 20억명 이상의 인구가 생활하는 10,500개 이상의 도시와 250개 이상의 지역이 배출량 감축에 대한 자발적인 행동을 약속하였음. 간접적인 이득으로는 혁신, 규범 확립, 역량 개발 등이 있음
 - 그러나 지방 행위자들은 종종 국가 지원, 자금, 재정·인적자원 조달하고 새로운 제도적 역량을 창출할 수 있는 역량이 부족함
- ▶ **기후 거버넌스는 국내 구조적 요인에 의해 제약을 받기도, 가능하게 되기도 하지만 행위자들이 상당한 변화를 일으킬 수 있음**
 - 주요 구조적 요인으로는 국내 물질 자산(예: 화석연료 및 토지 기반 자원), 국내 정치 시스템, 널리 퍼진 아이디어·가치·신념 체계가 있음
 - 개도국은 개발 도전과제와 부족한 경제·천연 자원으로 인해 기후 거버넌스에 있어 추가적인 물질 제약에 직면해 있음
 - 광범위한 행위자 그룹이 기후 거버넌스가 시간이 지남에 따라 발전하는 방식에 영향을 미치며, 여기에는 기후행동 찬성·반대 그룹을 모두 포함하는 다양한 시민 조직이 포함됨
- ▶ **한 국가나 부문 안에서 지배적인 아이디어·가치·신념 체계에 맞는 완화 전략, 수단 및 정책은 더 쉽게 채택되고 시행됨**
 - 아이디어·가치·신념은 시간이 지남에 따라 변할 수 있음
 - 보조금과 같이 직접적인 이익을 가져다주는 정책은 일반적으로 더 많은 지지를 받음
 - 대중의 공편익에 대한 인식은 기후 정책에 대한 지지를 증가시킴
- ▶ **기후소송은 증가하고 있으며 기후 거버넌스의 결과와 의욕에 영향을 미칠 수 있음**
 - 2015년 이후, 국가의 전반적인 기후변화 완화·적응 노력에 대한 소송 최소 37건이 시작되었음. 성공할 경우, 이러한 사례는 기후변화에 대처하기 위한 국가의 전반적인 의욕을 높이는 것으로 이어질 수 있음
 - 기후소송은 기후행동 차원에서 정부의 고배출 사업에 대한 승인에 대해 성공적으로 이익을 제기하였음
 - 민간부문과 금융기관을 대상으로 한 기후소송도 증가하고 있음
- ▶ **미디어는 기후 완화에 대해 대중의 담론을 형성함. 이는 완화 행동 가속화에 대한 대중의 지지를 유용하게 구축하기도 하지만, 탈탄소화를 저지하는 데에 사용될 수도 있음**
 - 전 세계적으로 기후변화 관련 보도가 2016-17년 약 47,000 건에서 2020-21년 87,000건으로 증가하였음
 - 일반적으로 미디어에서 시간이 지남에 따라 기후과학에 대한 보도량이 증가하였고 보도 내용도 더 정확해져 왔음

- 때때로 조직적인 반대 운동에 의해 과학적으로 잘못된 정보가 전파되는 것은 양극화를 부추겼고 기후 정책에 부정적인 영향을 미쳤음
- ▶ **형평성과 정의에 대한 명시적 관심은 사회적 수용성을 비롯하여 완화를 위한 공정하고 효과적인 정책 결정에 중요함**
- 대안적 기후정책 선택의 분배적 의미는 도시, 지역 및 국가 규모에서 유용하게 평가될 수 있음
 - 정의와 공정전환에 대한 고려를 가능하게 하는 제도와 거버넌스 프레임워크는 기후정책 결정에 대한 광범위한 지지를 구축할 가능성이 높음
- ▶ **탄소가격제는 저비용 감축 이행을 촉진하는 데에 효과적임**
- 배출권 거래 및 탄소세의 적용범위가 전지구 CO2 배출량의 20% 이상으로 증가했지만, 적용범위와 가격 모두 심층적 감축에 필요한 정도보다 낮음
 - 시장 메커니즘은 효과적이면서 효율적이어야 하고, 분배 목표의 균형을 유지해야 하며, 사회적 수용성을 확보하도록 설계되어야 함. 시장 메커니즘의 설계(특히 배출권 거래제에 대하여)가 진전을 이루는 데에는 실제 경험이 기여하였음
 - 탄소가격제는 고비용 완화 옵션의 채택에 미치는 영향이 제한적이며, 에너지 효율성, 도시계획, 인프라 등의 경우 관련 결정이 가격 인센티브에 민감하지 않은 경우가 많음
 - 보조금은 에너지 효율성을 개선하고 재생에너지 및 기타 부문별 감축 옵션의 활용을 장려하는 데에 활용되었음
- ▶ **규제 수단은 부문별 적용 분야에서 특정 완화 결과를 달성하는 데에 중요한 역할을 함**
- 규제는 특정 적용 분야에서 효과적이며, 종종 정치적으로 더 큰 지지를 받지만, 가격 수단보다 경제적으로 비용이 더 많이 드는 경향이 있음
 - 유연한 형태의 규제(예: 성능표준)은 재생에너지 발전, 차량 효율성, 연료 표준, 건물·산업의 에너지 효율성에 대한 총체적 목표를 달성하였음
 - 인프라 투자 결정은 완화에 중요한데, 이를 통해 장기간에 걸쳐 고배출·저배출 경로에 고착되기 때문임
 - 정보 및 자발적 프로그램은 전반적인 완화 결과에 기여할 수 있음
 - 완화 정책 간의 중복 및 상호작용을 고려하여 설계하면 효과가 향상됨
- ▶ **화석연료 보조금 제거는 2030년까지 배출량을 1-10% 줄일 수 있으며, 동시에 국가 예산과 거시경제 성과를 개선할 수 있음**
- ▶ **각국의 완화 정책이 국제적으로 상호작용하며 완화 행동을 지지하기도, 방해하기도 함**
- 화석연료 수요 감소는 화석연료 수출국에 부정적인 영향을 미치는 경향이 있음
 - 감축 크레딧을 위한 시장의 창출은 크레딧을 공급할 수 있는 국가에게 이익이 되는 경향이 있음
 - 기술개발 및 확산을 지원하는 정책은 긍정적인 파급효과를 가져오는 경향이 있음

- 배출권 거래제가 적용되는 배출집약적 무역노출(EITE, emission-intensive, trade-exposed) 산업을 포함해 국가 간 상당한 배출 누출이나 경쟁력 효과에 대한 일관적인 증거는 없음
- ▶ **정책 패키지는 개별 정책보다 사회기술적 전환과 저탄소 미래를 향한 개발 경로로의 전환을 더 잘 지원할 수 있음**
- 최상의 효과를 위해서는, 정책 패키지가 변화에 대한 명확한 비전을 가져야 하고, 지역 거버넌스 맥락에 주의를 기울여 설계되어야 함. 적용 범위의 포괄성, 보완성을 확보하기 위한 일관성, 비전 및 목표에 대한 정책 일관성은 중요한 설계 기준임
 - 정책 패키지가 연관된 정책 하위 시스템의 전 분야에 대해 명확한 문제 구성 및 인식을 통해 설계될 때 목표 간 통합이 발생함
- ▶ **적응과 완화를 통합하는 것에 대한 공편익과 상충효과는 갑자기 발견되기 보다는 정책 결정 과정 이전의 평가 과정을 통해 가장 효과적으로 도출됨**
- 이를 위해서는 사일로(silos) 및 중복을 줄이기 위해 관련 국가 제도를 강화하고, 국가 및 지역 수준에서 지식 교환을 늘리고, 양자 및 다자 금융파트너와의 협력을 지원하는 것이 필요함
 - 지방 정부는 사회적·환경적 공편익을 창출하는 정책을 개발할 수 있는 좋은 위치에 있지만, 이를 위해서는 법적 지원과 적절한 역량 및 자원이 필요함
- ▶ **통합 정책과 경제 전반에 걸친 접근법에 주의를 기울이고, 가능여건(거버넌스, 제도, 행동, 혁신, 정책, 금융)이 존재할 때 기후변화 완화가 가속화됨**
- 기후 완화를 강화하는 방안에 대한 예시로 다음과 같은 것들이 있음. ①고탄소 시스템을 약화시키는 동시에 저탄소 시스템을 장려하는 것, ②인접 시스템(예: 에너지, 농업) 간의 상호작용을 보장하는 것, ③취약 그룹 및 분배 영향에 부정적인 영향을 받는 그룹에게 전환에 대한 지원 제공 등의 방법을 통해 정책에 대한 저항(예: 고탄소 배출 산업의 저항)을 극복하는 것, ④소비자 관행 및 일상의 변화를 유도하는 것, ⑤전환 지원을 제공하는 것, ⑥정책 및 거버넌스의 조정 도전과제를 해결하는 것
- ▶ **경제 부양 등 경제 전반의 패키지는 단기 경제 목표를 달성하면서 지속가능발전 경로로 전환하고 넷제로를 달성하는 데에 기여할 수 있음**
- 2008~2009년 세계 경제 위기는 지속적인 경제회복 정책이 단기 재정 부양책을 넘어 저탄소 경제, 가격 개혁, 가용성 문제 대응, 분배 영향 최소화에 대한 공공 재정 투입과 관련된 장기 공약을 포함한다는 점을 보여줌
 - 코로나19는, 장기 지속가능성 목표를 가능하게 하면서 단기 경제 목표를 달성할 수 있는 잠재력을 가지고 있는 부양 패키지 및 다목적 회복 정책에 박차를 가했음

Chapter 14 국제협력

▶ 국제협력은 긍정적이고 측정가능한 결과를 보이고 있음

- 교토의정서는 1차 공약기간 중 절대배출량 감소를 이룬 20개국을 포함, 상당한 양의 배출량 감축을 이뤄냄. 또한 온실가스(GHG) 산정을 위한 국가수준 역량 개발, 온실가스 시장 형성 촉진, 저탄소 기술에의 투자를 증대함
- 다른 국제 협약 및 제도 역시 토지 사용에서의 이산화탄소 배출, 그리고 비이산화탄소(non-CO2) 온실가스 배출을 피하는 결과를 낳음

▶ 효과적인 감축 정책/프로세스/제도에 대한 이해도가 높아지면서 AR5 이후 새로운 형태의 국제협력이 등장하였고, 이는 기존 국제협력 형태와 더불어 지속가능발전 맥락에서 감축목표 달성에 필수적임

- 이전의 IPCC 평가에서 기후변화 완화 결과와 지속가능발전 목표 달성 간 시너지의 중요성에 주목한 것을 넘어, 두 프로세스 자체 간의 시너지 효과가 나타나는 것으로 보임
- AR5 이후, UNFCCC 체제 하에 수립된 프로세스와 지역/섹터 협력체계를 포함한 다양한 채널을 통해 국제협력의 초점이 국가 차원의 감축행동을 촉진하는 방향으로 전환됨

▶ 국제협약과 초국경 네트워크에의 참여는 국가 및 하위국가 차원에서 그리고 비국가 행위자에 의한 기후정책 채택과 관계됨

- 국제협력은 국가들의 저탄소 기술 개발 및 확산을 지원할 때 국가들의 장기 감축 목표 달성을 돕는 것으로 나타나며(종종 개별 섹터 차원에서), 이는 동시에 지속가능발전과 공평성에 있어서 혜택을 가져옴

▶ UN 기후체제 하의 국제협력은 2015년 파리협정 채택 및 발효를 통해 새로운 중요한 방향성을 제시함. 파리협정을 통해 장기 온도 목표를 포함한 UN 기후체제의 목표가 전반적으로 강화되었으나, 교토의정서와는 다른 체계(architecture)를 채택

- 교토의정서의 국가 핵심 기여사항은 정량화된 배출 목표로 선진국에 할당된 법적 구속력을 가진 정량화된 배출목표로 이는 모니터링 및 집행을 위해 공통지표에 기반하고 잘 정의된 메커니즘과 연계되었음
- 이와 반대로 파리협정 하의 국가 핵심 기여사항은 절차적이고, 모든 당사국에 해당되며, 국가 정책/조치 추진, 투명성 강화, 기후투자 촉진, 모든 국가 목표 수준의 지속적 향상 측면에서 설계됨
- '공통의 그러나 차별화된 책임과 개별 역량' 원칙의 운영이 교토의정서에서 파리협정으로 변모되었음에도 불구하고, 형평성 문제는 UN 기후체제에서 여전히 핵심적인 문제로 남아있음

▶ 파리협정에 따른 국가 기여 및 메커니즘이 파리협정 상의 목표 달성으로 이어질 지에 대해서는 대립된 견해가 존재함

- 옹호 입장은 파리협정 프로세스가 시간이 지남에 따라 점차적으로 당사국들의 목표 수준을 상향하는 긍정적인 방향으로 작용할 것이라고 주장함. 최근 국가 2050 넷제로 온실가스 목표의 확산은 파리협정에 부분적으로 기인. 또한, 파리협정 절차 및 기여는 국가들이(특히 개도국) 공언한 의무수준을 달성하기 위한 능력을 강화할 것임

- 비판적 입장은 개별 당사국의 국가결정기여(NDC)의 적절성을 평가하는 메커니즘이 부재하고, 개별 NDC의 총합이 파리협정 온도목표 달성 수준과의 불일치하며, 파리협정 프로세스가 NDC 목표의 의욕수준 향상으로 충분이 이어지지 않을 것이며, 협정의 정책과 수단이 국제수준에서 법적 구속력을 갖지 않기 때문에 NDC 달성은 이루어지지 않을 것이라 주장함
 - 두 입장은 일정 정도 서로 다른 분석들과 연관되어 있으며, 이 분석들은 완화에 대한 주요 장애요인(국제협력을 통해 극복가능한 부분)에 대한 전제를 포함함
 - 당사국들의 NDC 목표 상향조정 및 효과적 이행 여부는 파리협정 상의 지원 메커니즘들의 성공적인 이행에 달려 있음
- ▶ **UNFCCC 외부의 국제협력이 특히 지역, 부문(섹터), 산업에서, 특정 배출 유형 그리고 하위 국가 & 초국가 차원에서 감축을 위해 중요한 지원을 제공함**
- 오존 파괴, 초국경적인 대기 오염, 수은 유출 등과 관련된 협약들은 특정 종류의 온실가스 배출의 감축으로 이어지고 있음
 - 도시를 포함하여 여러 거버넌스 수준에서 협력이 일어나고 있음.
 - 비국가 및 하위국가 행위자들을 포함한 다국적 파트너십 및 연합체가 저탄소 기술 확산 및 배출 감소 촉진에 점점 더 많은 역할을 하고 있음. 이러한 초국가적 노력은 기후소송을 포함하며, 이의 영향은 불분명하나 유망함.
 - 섹터 차원에서 운영되는 국제 협약과 많은 다자기구/제도 내에서 기후변화가 언급 및 다루어지고 있음. 종종 '기후 클럽'으로 묘사되는 하위 국제(sub-global) 및 지역 단위의 협력이 감축 가속화에 중요한 역할 (국가 탄소 시장 연결을 통한 감축 비용 절감 포함)을 할 수 있는데, 다만 실제 사례는 제한적임
- ▶ **지속가능발전 및 형평성 맥락에서 지구 온도 상승을 2°C 이하로 제한하기 위한 감축행동을 지원하기 위해 국제협력이 몇 가지 측면에서 강화 필요**
- 많은 개도국의 NDC는 재정, 기술 개발 및 이전, 역량배양 측면의 지원 수혜를 조건으로 하는 요소 또는 추가적인 행동을 포함하는데, 이는 지금까지 제공된 수혜보다 더 큰 수혜를 의미. 부문별 및 하위-국제 협력이 중요한 지원을 제공하며, 개선의 여지가 있음
 - 특히 항공 및 해운의 부문별 협정은 파리협정의 온도 목표를 달성하는 데 필요한 것보다 훨씬 부족한 기후완화 목표를 채택함. 또한 무역 및 투자 협정과 에너지 부문 내의 협정이 국가 차원의 감축 노력을 저해하는 사례도 발견됨.
 - 태양복사관리와 이산화탄소제거와 관련된 국제협력이 등장하고 있으나 초국경 이슈 해결에 아직 미진함

Chapter 15 투자와 금융

▶ 금융은 저탄소 전환의 중요 요소이나, 금융 접근성에 대한 불평등 등으로 공정한 전환에 대한 전망이 악화된 상황

- 탈탄소 경제로의 전환을 위해서는 근본적인 경제적 불평등 해결, 개도국 내 기후투자 한계 극복을 위한 글로벌 조치 필요
- 기후대응을 위한 재정확대는 국가 부채 및 신용등급 악화를 초래하는데, 이미 많은 국가가 코로나19로 인해 재정이 좋지 못한 상황
- 자본과 투자요구 간의 불일치, 가정편향 고려, 지역별 위험 인식의 차, 투자보호 제도적 장치 등 과제해결 필요

▶ 투자자, 중앙은행 및 금융당국의 기후위험 인식 개선으로 기후 정책 개발 및 구현을 위한 환경 조성되고 있으나 여전히 부족

- 기후금융 위험은 기후변화의 물리적영향과 저탄소 경제로의 무질서한 전환시 발생
- 금융당국은 위험 평가 및 해결을 위해 다양한 국제이니셔티브 및 규제정책으로 대응하기 시작
- 이러한 노력에도 불구하고, 금융시장의 기후금융 위험은 여전히 과소 평가되고 있어 저탄소 전환에 필요한 자본 재할당 제한
- 비록 최근 기후변화에 대한 투자자들의 관심이 증가하고 있지만, 배출량 감소에 직접적인 영향을 미쳤다는 증거는 부족

▶ 저탄소 전환으로의 금융 연계 속도는 느리고, 투자요구 대비 실적은 격차 존재

- 공공·민간 화석연료 관련 자금조달은 여전히 주요 관심사
- 인지위험이 높을 경우 투자보다 저축을 선호하는 것처럼, 투자자들은 안전자산 투자를 우선하게 되어 기반시설 및 산업투자 저조
- 국제 기후금융은 완화에 집중(2017/2020년 평균 90% 이상)되어 있고, 요구수준에 도달하기 위해서는 3~6배 규모 확대 필요
- 특히 개발도상국, 최빈국 및 AFOLU와 같은 고비용 특정부문의 경우 4~8배의 규모 확대가 필요한 큰 도전과제

▶ 야심찬 기후행동에 대한 시급성이나 경제적 논리를 전혀 반영하지 못하는 국가·이해관계자의 소극적 대응으로, 기후금융 확산이 부족한 상황

- 소극적 대응에 따른 기후금융의 제한은 향후 상당한 탄소고정, 좌초 자산 양산 및 추가비용 초래할 것
- 특히 도시 인프라, 에너지·교통부문 영향이 우려되나 영향분석, 좌초자산·자원 보상방법 포함 부채 지속성 및 투명성 이해 부족
- 화석연료 보조금과 같은 정책 불일치는 신뢰성을 약화시키고 금융 조치를 제한시키는 바 정치적 리더십 중요

- 선진국 자본가용성과 개도국 자본수요 간 Gap을 고려, 국경을 초월한 온실가스 감축 자금 조달의 명시적이고 긍정적인 사회적 가치 인식이 중요
- 저소득·취약국가는 높은 조달비용, 부채 스트레스 및 지속적인 기후 변화의 영향을 고려할 때 국제 기후금융 접근을 위한 상당한 노력 필요

▶ 향후 10년(2021~2030년) 간 기후금융 가속화는 거시경제적 불확실성을 해결하고 코로나19 이후 개도국 부채 부담 완화에 기여

- 정부와 국제사회의 신뢰할 만한 강한 기후정책 신호는 재무 의사결정권자의 투자 불확실성과 전환 위험을 줄이는데 도움
- 직간접 보조금 외에도 정보제공 및 위험 공유(주식, 다양한 형태의 공적 보증) 등 공공금융의 역할은 민간금융의 효율적인 동원을 장려
- 향후 10년 간의 기후금융 투자 이익은 선진국과 개도국 모두에게 코로나19 이후 시대에 크게 다가올 것
- 기후 관련 경기부양책은 코로나19로 인한 거시적 재정 불확실성을 크게 줄이고, 세계경제 회복의 지속 가능성 향상에 기여

▶ 리스크헤징투자, 녹색분류체계, 국제통화시스템 개혁 등 혁신금융은 기후위험의 과소평가를 줄이고 파리협약과 연계된 투자 수요 촉진

- 녹색채권 시장과 지속가능 금융상품 시장은 IPCC AR5 이후 크게 성장했으며, 저탄소 투자 기회에 대한 투자자의 선호도 증가로 확산추세
- SDG 및 ESG 정보공개, TCFD를 포함한 기후 위험 평가 등의 투명성 강화 지원·지침은 기후금융 촉진에 기여
- 그린워싱(green washing), 개도국 적용 한계에 대한 고려도 중요
- 기후금융 활성화를 위해 적절한 재정, 통화 및 금융 정책* 수반이 요구됨. 저감 정책으로는 저배출, 기후 탄력적 옵션의 위험 가중 수익 향상에 필요, 녹색투자 가속화를 위해 투명하고 과학적 기반의 프로젝트 평가 방법 도입, 녹색채권 발행, 화석연료 보조금 단계적 폐지, 공공민간 협력강화로, 민간참여 확대 등이 있음

▶ 기후금융 확대를 위해 아래 정책옵션 추진을 장려

- ① 저소득 및 취약 국가의 기술 지원 및 파트너십 강화
 - * 現 아프리카 저탄소 에너지 투자는 전 세계 기후금융 흐름의 5 % 미만에 불과
- ② 다자간, 특히 위치 기반 지역 및 국가 개발 은행을 포함한 국제 및 국가 금융 기관의 지속적인 강력한 역할
- ③ 기후 목표와 일치하는 저탄소 기반 시설, 지역 녹색 채권 시장의 개발, 화석 연료에 대한 직간접적인 지원을 포함한 기후 및 비 기후 정책의 조정에 대한 국경 간 투자 위험 완화
- ④ 거래 비용을 포함한 자금 조달 비용을 낮추고 서비스가 부족한 그룹을 위한 자금 및 위험 공유 메커니즘을 통해 위험을 해결

-
- ⑤ REDD+ 및 기후대응형 사회보호를 포함한 자연기반 솔루션을 위한 가속화된 재정
 - ⑥ 재난 보험에 대한 리스크 풀링-이전 공유를 위한 혼합 금융을 포함하여 손실 및 손상 사건에 대한 금융 수단 개선
 - ⑦ 탄소가격 책정 옵션을 단계적으로 도입하고 형평성과 접근성을 다루는 방식으로 화석 연료 보조금을 단계적으로 폐지
 - ⑧ 젠더 대응 및 여성 권한 부여 프로그램 추진

Chapter 16 혁신, 기술개발 및 이전

▶ 기후 완화 기술의 혁신은 최근 몇 년 동안 엄청난 활동과 상당한 진전을 보였음. 혁신은 또한 지속가능발전과 관련하여 상충(trade-offs)을 초래하고 악화시켰음

- 혁신은 다른 개입을 강화함으로써 기후 변화를 완화하기 위한 행동에 영향을 줄 수 있음
- 다른 가능 여건과 함께 혁신은 온난화를 제한하고 개발 경로를 전환하는 데 도움이 되는 시스템 전환을 지원할 수 있음. 예를 들어, 현재 널리 보급된 태양광 및 LED는 기술 혁신 없이는 불가능했을 것임
- 기술 혁신은 또한 인간 복지에 필수적인 서비스를 제공하는 새롭고 개선된 방법을 가져올 수 있음.
- 이익을 제공하는 동시에 혁신은 감축에 대한 진전과 다른 지속가능발전목표를 향한 진전을 쇠퇴시키는 상충효과를 초래할 수 있음
- 상충효과는 부정적인 외부 효과가 포함되며, 이로 인해 순 배출량 감소 또는 배출량 증가로 이어지는 반동 효과, 외국 지식 및 제공자에 대한 의존도 증가. 효과적인 거버넌스와 정책은 이러한 불일치를 피하고 최소화할 수 있는 잠재력을 가지고 있음

▶ 과정을 이끌고 조직화하기 위한 혁신에 대한 시스템 관점은 지난 10년 동안 성장해 왔음. 혁신에 대한 이러한 시스템 관점은 행위자, 기관 및 이들의 상호 작용의 역할을 고려하고 기술, 부문 및 국가에 따라 다양한 혁신 시스템을 강화할 수 있는 방법을 알릴 수 있음

- 혁신에 대한 시스템 관점이 취해지면, 혁신 과정에 대한 통찰력을 더 잘 제공할 수 있는 지표의 개발 및 이행이 가능해짐. 이 다음으로 혁신 시스템의 분석 및 강화가 가능해짐
- 전통적인 양적 혁신 지표에는 주로 R&D 투자와 특허가 포함. 그러나 혁신의 시스템 지표는 이러한 접근 방식을 훨씬 능가함. 이들 지표는 ① 행위자와 네트워크를 포함한 구조적 혁신 시스템 요소, ② 재정에 대한 접근 같은 혁신 시스템이 어떻게 기능하는가에 대한 지표, ③ 관련 부문 고용 지표, ④ 로비 활동에 대한 지표가 포함
- 예를 들어, 남미에서는 농업생태학적 감축 접근법의 효과에 대한 체계적인 혁신 지표를 모니터링하여 신기술 및 실행의 적절성과 사회적 연계에 대한 통찰력을 제공했음
- 통합평가모형을 포함한 기후-에너지-경제 모델은 일반적으로 혁신에 대한 양식화되고 필연적으로 불완전한 관점을 사용하며 아직 혁신 시스템의 시스템적 표현을 통합하지 않았음

▶ 기술 변화에 대한 시스템 관점은 정책 결정자에게 효과적인 혁신 정책 도구 선택을 지원하는 통찰력을 제공할 수 있음

- 규모 확대된 혁신 투자와 수요견인(demand-pull) 개입의 조합은 이들의 개별 접근 방식보다 더 빠른 기술 단위 비용 절감과 더 빠른 확장을 달성할 수 있음
- 그럼에도 불구하고 이러한 혁신 정책 도구는 지역 개발 우선순위, 여러 국가의 특정 상황(context) 및 지원되는 기술에 맞게 조정되어야 하며, 개입 시기와 지속 가능한 개발과의 상충 관계도 해결해야 함
- 공공 R&D 자금 조달 및 지원, 혁신 조달은 중소 청정 기술 기업의 혁신을 촉진하는 데 가치가 있는 것으로 나타남

- 발전차액지원제도(FIT, feed-in-tariffs), 경매, 배출권 거래 제도, 세금 및 재생에너지 공급의무화제도(RPS, renewable portfolio standards) 등과 같이 혁신을 반드시 목표로 하지 않는 정책 수단의 혁신 결과는 기후변화 완화에 대해 무시할 수 있는 수준에서 긍정적인 수준까지 다양함
 - 환경 조세의 일부 특정 설계는 부정적인 분배 결과를 초래할 수도 있음
 - 혁신 시스템에 대한 가용한 대부분의 문헌과 증거는 산업화된 국가와 대규모의 개발도상국에서 제공됨. 그러나 개발도상국과 군소도서국(SIDS)의 증거가 점점 늘어나고 있음
- ▶ **경험과 분석에 따르면 기술 혁신 시스템 기능이 제대로 수행되지 않으면 기술 변화가 억제되며 이러한 억제는 개도국에서 더 자주 발생**
- 기술 혁신 시스템 기능의 예로는 지식 개발, 자원 동원, 혁신 시스템 내 행위자의 수요, 필요 조건 및 기대를 형성하는 활동(조사의 지침: 시장의 신호에 맞추어 혁신에 대한 투자를 이끔) 등이 있음
 - 역량(Capabilities)은 이러한 기능에서 있어 핵심적인 역할을 하며, 역량의 구축은 국내 조치 및 국제 협력을 통해서도 향상될 수 있음
 - 예를 들어, 풍력 에너지 혁신 협력은 동 기술의 전지구적 확산 가속화에 기여하였음. 또다른 예로는, 민간 부문 내에서 데이터, 테스트 기능 및 지식 개발을 촉진한 인도 정부의 정책 지침은 인도의 에어컨 및 냉장고에 대한 에너지 효율 프로그램의 성공을 결정짓는 핵심 요소였음
- ▶ **혁신 시스템 접근 방식과 일관되게, 선진국과 개발도상국 간의 지식과 경험 공유는 지구 기후와 지속가능발전목표를 해결하는 데에 기여할 수 있음. 그러나 그러한 국제협력 협정의 효율성은 개발 및 이행 방식에 달려 있음**
- 시장 조건에서 기술 공유의 효과와 지속 가능한 개발 이익은 주로 기술의 복잡성, 현지 역량 및 정책 체제에 의해 결정되는 것으로 보임
 - 이는, 국가들 특히 최빈개도국과 SIDS에서 계획 및 혁신 능력의 개발이 여전히 필요함을 시사
 - 저배출 기술의 국제적 확산은 청정 R&D에 참여하는 지역의 지식 파급에 의해 촉진됨
- ▶ **혁신에서 지식 재산권(IPR)의 역할에 대한 증거는 혼합되어 있음. 일부 문헌에서는 이것이 장벽이라고 제안하고 다른 출처에서는 기후 관련 기술의 확산을 가능하게 하는 요소라고 제안**
- 제도적 역량이 잘 발달된 국가는 강화된 지식재산권 제도의 혜택을 받을 수 있지만, 역량이 제한된 국가는 결과적으로 혁신에 더 큰 장벽에 직면할 수 있다는 데는 동의가 있음
 - 이는, 국가들 특히 최빈개도국과 SIDS에서 계획 및 혁신 능력의 개발이 여전히 필요함을 시사하며, 이는 역량 구축에 대한 지속적인 필요성을 증대할 것임
 - 전지구적 IPR 체제의 제후를 개선하고 기후변화를 해결하기 위한 아이디어에는 최빈개도국을 위한 특정 조치, 사례별 의사 결정 및 특허 통합(공동 관리) 기관을 포함

- ▶ **일부 이니셔티브가 개발도상국에 대한 투자를 동원했지만 파리협정 수단을 포함하여 혁신 협력의 격차는 여전히 남아 있음. 이러한 격차는 국제 기술 협력에 대한 재정 지원을 강화하고, 협력 접근 방식을 강화하고, 모든 기술 혁신 시스템 기능에 걸쳐 개발도상국의 적절한 역량 구축을 지원함으로써 메울 수 있음**
 - 기술개발 및 이전과 역량 구축을 위한 현재의 국제 협력 협정의 이행은 기후 목표를 달성하고 지속가능발전에 기여하기에 충분하지 않음.
 - 예를 들어, 개발도상국에서 감축 기술을 위한 대규모 시장을 구축했음에도 불구하고 2000년대 중반부터 운영되고 있는 청정개발체제(Clean Development Mechanism)의 이행에 대한 체계적인 관점의 부재는 특히 대규모의 개발도상국으로의 일부 기술이전으로만 이어짐. 역량 구축은 제한적이었고 기술개발은 최소한으로 이루어짐
 - 현재의 기후 체제에서는 기술 메커니즘과 같은 기술 기관과 재정 메커니즘과 같은 재정 주체를 연계하여 혁신 협력에 대한 보다 체계적인 접근 방식을 도입할 수 있음

- ▶ **국가들은 기후 변화와 관련된 도전과제와 병행하여 지속 가능 발전 도전 과제에 노출되어 있음. 두 가지 도전과제를 동시에 다루는 것은 (잘 관리된다면, 기술 변화에 대한 체계적인 접근 방식이 해결하는 데 도움이 될 수 있는) 여러 가지 반복적인 장애물을 보여주는 것임**
 - 장애물에는 기존 기술을 통제하고 혜택을 받는 기득권이 지배하는 확고한 힘의 관계와 지속 불가능한 생산 및 소비 패턴을 계속해서 재생산하는 거버넌스 구조가 포함됨
 - 연구들은 기술 변화의 속도와 방향에 큰 영향을 미치는 문화적 요인의 잠재력을 강조함.
 - 지속 가능한 해법은 현지의 수요를 충족시켜주는 현지의 새로운 기술을 채택하고 주류화하고, 동시에 지속가능발전목표(SDGs)를 해결할 수 있어야 함.
 - 다양한 수준의 행위자, 혁신 단계 및 규모를 포함하는 기술 혁신의 시스템적 특성을 인정하는 것은 개발 경로를 지속가능성으로 전환할 수 있는 새로운 기회로 이어질 수 있음

- ▶ **지속가능발전, 기후변화 완화 및 기술 변화가 상호작용하는 영역은 디지털화임. 디지털 기술은 조울 및 서비스로의 경제적 전환을 통해 에너지 효율성의 큰 증가를 촉진할 수 있지만 디지털 장치에 사용되는 에너지로 인해 에너지 수요를 크게 증가시킬 수도 있고 시스템 수준의 반등 효과도 발생할 수 있음**
 - 서버를 포함한 디지털 장치는 희소 금속에 대한 수요와 수명이 다한 폐기 처리로 인해 환경에 대한 부담을 증가시킴
 - 많은 국가에서 적절한 거버넌스의 부재는 열악한 노동 조건과 전자 폐기물의 규제되지 않은 폐기로 이어질 수 있음
 - 디지털화는 또한 기업의 경쟁력, 기능에 대한 수요, 자원의 분배와 접근에 영향을 미침
 - 국가들, 특히 개도국의 기존 디지털 격차와 디지털 혁명에 대한 적절한 거버넌스의 부재는 디지털화가 엄격한 완화 목표 달성을 지원하는 역할을 방해할 수 있음
 - 현재 디지털화가 에너지 사용, 탄소 배출 및 잠재적 완화에 미치는 직·간접적 영향에 대한 이해는 제한적임

- ▶ **기후변화 완화를 위한 전략은 어느 하나의 활성화 조건을 강화하기 위해 취한 조치가 다른 활성화 조건의 효과도 강화할 때 변혁적 변화의 가속화에 가장 효과적일 수 있음**
 - 의사결정에 전환 또는 시스템 역학을 적용하면 정책결정자가 이러한 고영향력 개입 지점을 활용하고, 기술 단계의 특정 특성을 해결하며, 사회적 역학에 대응하는 데 도움이 될 수 있음
 - 제한된 국가 그룹에서 상호 강화 방식으로 상호 작용하는 요인의 조합에 의해 가속화된 태양광의 진지구적 단위 비용 절감에서 영감을 얻을 수 있음

- ▶ **혁신 지표에 대한 더 우수하고 포괄적인 데이터는 정책결정자가 지역, 국가 및 국제적인 정책을 설계하는 것에 시의적절한 통찰을 제공할 수 있으며, 특히 이러한 통찰이 자주 생략되는 개도국일수록 그 효과가 큼**
 - 필요한 데이터에는 기술, 부문 및 국가 혁신 시스템의 강점을 보여줄 수 있는 데이터가 포함됨. 또한 현재 결과를 검증하고 개발도상국 상황에 대한 이론적 틀과 실증적 연구에서 통찰력을 생성하는 것이 필요함
 - 적응 및 에너지 이외의 완화에 대한 혁신 연구와 R&D를 포함한 다양한 혁신 관련 정책 및 개입의 효과에 대한 사후 평가도 유익을 제공할 것임
 - 에너지 혁신 시스템 역학과 관련 제도 및 정책(설계 및 이행 포함)을 반영하도록 통합평가모형(IAM)을 개선하기 위한 방법론 개발은 더욱 실제적인 평가를 가능하게 할 것임

Chapter 17 지속가능발전 맥락에서의 전환 가속화

- ▶ **기후행동과 정의로운 전환을 가속화하는 것은 기후위기를 줄이고 물·식량, 인간안보 등 지속가능한 발전의 우선순위를 증진시키는데 필수적임**
 - 지속가능발전 맥락에서 전환을 가속하는 행동에는 변화의 속도뿐만 아니라 취약성과 고배출의 근본적인 동인을 언급하는 것을 포함함
 - 또한 다양한 공동체, 섹터, 이해관계자, 지역 및 문화 등이 시민과 지구의 건강과 복지를 증진할 수 있도록 공정하고 정의로우며 포용적인 과정에 참여하게 하는 것을 의미함
 - 정의라는 관점에서 보면 기후변화는 ①취약계층과 저소득 국가를 기후변화 영향으로부터 보호하고, ②전환의 영향을 완화하고, ③평등한 탈탄소 세계를 보장하는 것을 의미함
- ▶ **전환경로는 국가마다 다르지만 여러 측면에서 도전적일 것으로 보임**
 - 기후변화는 오랜 시간동안 지속가능하지 않은 방식으로 생산·소비하고 토지를 사용하면서 만들어진 결과이며, 자원집중적인 발전방식을 고착화하는 거버넌스 구조, 정치·경제 제도에 기인함
 - 발전목표를 재설정하고 발전 경로는 지속가능한 방식으로 수정해야 이러한 패턴과 관행을 개선할 수 있음
- ▶ **부문(섹터)간 연계와 사회적 포용을 강조함으로써 지속가능한 발전이 증진될 수 있음**
 - 국가 내, 국가 간 평등이 전환을 위해 중요하기 때문에 포용은 주목을 받고 있음
 - 자원 부족, 사회분열, 불평등한 부의 분배, 열악한 인프라, 발전된 기술에 대한 제한적 접근 등으로 인해 개도국의 지속가능하고 정의로운 전환 달성 역량과 선택지를 제한하게 됨
- ▶ **지속가능한 발전과 기후변화 완화 및 파트너십을 연계하는 견고한 행동이 전환을 지지하게 됨. 기후변화를 완화하고 적응하기 위해 다양한 행동주체들의 “대응역량”을 강화하는 것이 지속가능한 전환의 핵심이 될 것임**
 - 대응 역량은 다양한 의사결정 단계에서 관여하는 주체들의 관심과 이익을 조정하는 노력을 통해 증대될 수 있음
 - 부문(섹터) 사이 벽을 허물고 다양한 장애요인을 극복함으로써 기후 정책 및 부문별 정책 사이 시너지를 높이고 부정적 효과를 관리하는 것에 도움이 됨
- ▶ **경제학, 심리학, 지배구조 및 시스템 등 연구를 통해 전환의 속도, 규모, 품질에 영향을 미치는 요인들을 식별하게 됨**
 - 하지만 시장조정 정책, 개인과 대중인식의 선호도 변화, 다층적 지배구조, 포용적인 정치제도 등이 시스템 전환에 어느 정도 기여하는 지에 대해서는 견해가 분분함

- ▶ **경제학, 심리학, 지배구조 및 시스템적 사고는 전환을 촉진하는 다양한 요인을 강조함. 그들은 대체적으로 기후와 지속가능발전 사이의 시너지를 높이고 부작용을 회피해야 전환에 대한 장애요인을 극복할 수 있다고 견해를 같이 함**
 - 다양한 방법론에 기반한 연구들의 연계를 통해 전환의 가능성과 지속성을 증진시키는 환경을 어떻게 조성하는지 보여줄 수 있음

- ▶ **거시경제모형, 통합평가모형(IAM) 등을 활용하여 전환의 장기·단기 영향 분석을 수행함. 지속가능발전 맥락에서의 감축 수단들의 시너지와 부작용을 식별함**
 - IAM은 기후변화 감축과 SDGs를 종합적으로 다루고 있는 상황임

- ▶ **기후변화 완화 및 적응의 영향은 지역 및 정책적 맥락에 따라 매우 다르게 나타나며 적용하는 규모에 따라 민감함. 완화와 적응 사이에 시너지와 부작용이 있을 뿐만 아니라, 이들과 지속가능발전 사이에도 시너지와 부작용이 존재함**
 - 개도국에서는 제한적인 경제적, 사회적, 제도적 자원으로 인해 종종 낮은 적응 역량과 높은 취약성을 보이게 됨
 - 기후회복적인 사회를 위해서는 변혁적인 또는 깊은 시스템적인 변화가 요구되는데, 이는 국가별 지속가능발전 경로에 매우 중요한 의미를 지님

- ▶ **지속가능발전과 완화 정책은 농업·식량·토지 섹터(AFOLU)와 밀접하게 연관되어 있음**
 - AFOLU 부문에서 다양한 저비용 감축기회를 창출할 수 있음
 - 하지만 토지사용과 바이오에너지, 식량, 생물다양성 등 이슈와 상충효과를 나타냄
 - 물·에너지·식량 넥서스(WEFN) 정책을 통해 복잡하고 밀접하게 연계되어 있는 문제 대응이 가능함
 - 에너지 효율 증진, 폐기물 관리, 순환경제 등 산업 부문의 여러 감축 수단, 지속가능한 도시설계, 건물효율 등 수단은 식량, 에너지, 물 접근과 관련 있는 SDGs 달성과 시너지 효과가 있음
 - 그러나 재생에너지 확대, 탄소흡수저장 등 일부 수단들은 SDGs 달성에 부정적인 영향을 미침(고비용, 토지사용 등)

- ▶ **디지털화를 통해 효율증진, 여러 섹터간 연계, 순환경제 등을 추구하여 지속가능발전 및 저탄소 경로로의 빠른 전환이 가능해질 것임**
 - 디지털화는 지속가능발전과 저탄소 경로로의 전환과정에 있어서 촉진자로서 역할을 할 것으로 기대함
 - 디지털 기술은 효율 증진, 부문 간 융합 등에 기여할 것이지만 반대로 고용감소, 에너지 소비 증가 등 부정적 영향도 예상됨
 - 제한적인 인터넷 접근과 미흡한 인프라를 가지고 있는 개도국은 디지털화의 혜택을 받기가 어려울 것임

- ▶ **지속가능발전을 위한 전환에 관한 양상은 빠르게 변하고 있음. 이러한 전환 과정에서 나타나는 취약한 섹터의 노동자가 필요로 하는 요구사항을 우선시하도록 관리해야 함**
 - 공정한 전환은 취약한 계층에 대한 존중과 자존감, 관철은 일자리 창출, 사회적 보호, 노동권, 에너지 접근과 사용에서의 공정, 사회적 대화 및 민주적 협의 등과 같은 원칙을 고려해야 함
 - 전환의 경제적 의미는 특히 탄화수소 제품 관련 매출과 이익이 높은 개도국에게 강하게 느껴질 것임
- ▶ **좌초 위험이 큰 자산을 보유하고 있는 국가들은 재설정을 하거나 전환의 속도 및 범위를 결정하기 위해 필요한 자원, 지식, 자치 및 정부기관 등이 부족함**
 - 공정한 전환은 현지 맥락, 지역별 우선순위, 국가별 전환의 시작점 등에 따라 달라질 것임
 - 완화와 적응 모두 현재의 온실가스 배출과 인류 및 생태계에 미치는 부정적 영향을 고려하여 시급하고 즉각적인 행동이 뒤따라야 함
- ▶ **광범위한 요인들이 지속가능한 전환을 가능하게 하는 것으로 인식됨. 그 범위는 기술 혁신에서 시장의 변화에 이르기까지, 정책 및 거버넌스 조정부터 신뢰 시스템 및 시장 지배력의 변화에 이르기까지 다양함**
 - 이러한 요인들은 장기간에 걸쳐 글로벌 차원, 지역적 차원에서 함께 진화하고 있음
 - 이러한 시스템은 기후변화 피해, 경제위기, 정치적 변화 등 강한 충격으로 인해 지속가능한 전환을 가속화하게 됨
 - 혁신적인 기술, 비즈니스 모델, 광범위한 정책의 개발과 보급을 통해 경제·사회적 발전목표, 배출감소 등을 달성할 수 있음
- ▶ **지속가능발전과 탈탄소화 과정에서 다양한 수단을 통해 사람, 지역이 참여해야 하고 인터넷과 디지털기술을 활용하여 상호간, 전지구적으로 연결, 연계되어야 함. 이를 통해 기후변화 목표와 일치되는 사고와 행동방식으로 빠르게 전환할 수 있음**
 - 개인 및 기관 등은 집합적인 행동을 통해 전환에 필요한 역량을 배양하는 데 가능할 수 있으며, 민간기업가들은 지속가능발전으로 전환을 가속화하는 데에 중요한 역할을 할 수 있음
 - 궁극적으로 여러 섹터를 포괄하는 동시에 상호 연계된 정책을 펼침으로써 국가경제가 광범위한 탈탄소 정책의 수혜를 입을 것임
 - 지역내 공급망과 역량을 구축하는 녹색산업정책을 통해 재생에너지, CDR 방법 또는 CCS와 같은 방법의 유입이 가능해짐
- ▶ **지속성으로의 전환은 정의, 평등, 공정과 같은 원칙에 기반해야 가속화될 수 있음. 지속가능한 전환에 관련된 현지 맥락(자원, 역량, 기술에 대한 불평등한 접근)을 개선하기 위해 개입하는 것은 정의로운 전환을 위한 필수조건이지만 충분조건은 아님**



04554 서울특별시 중구 퇴계로173
남산스퀘어 빌딩 17층
Tel. 02.3393.3900
Fax. 02.3393.3919~20
www.gtck.re.kr

* 본 GTC FOCUS의 내용은 필자의 개인적 견해이며, 센터의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.