

발간등록번호

11-1360000-001797-01

ipcc

기후변화에 관한 정부 간 협의체

# 기후변화 2023

## 종합보고서

기후변화에 관한 정부 간 협의체 보고서



이 책자는 IPCC 제6차 평가보고서 종합보고서 전체를 기상청에서 번역하여 국문본으로 제작한 것입니다.  
(기상청 기후정보포털([www.climate.go.kr](http://www.climate.go.kr))과 IPCC 누리집([www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch))에서 전자파일로 내려받기가 가능합니다.)



# 기후변화 2023

## 종합보고서

편 집

핵심 저자팀

종합보고서  
IPCC

이회성(Hoesung Lee)

의장  
IPCC

José Romero

기술지원단장  
IPCC

### 핵심 저자팀

Hoesung Lee (의장), Katherine Calvin (미국), Dipak Dasgupta (인도/미국), Gerhard Krinner (프랑스/독일), Aditi Mukherji (인도), Peter Thorne (아일랜드/영국), Christopher Trisos (남아프리카), José Romero (스위스), Paulina Aldunce (칠레), Ko Barrett (미국), Gabriel Blanco (아르헨티나), William W. L. Cheung (캐나다), Sarah L. Connors (프랑스/영국), Fatima Denton (감비아), Aida Diongue-Niang (세네갈), David Dodman (자메이카/영국/네덜란드), Matthias Garschagen (독일), Oliver Geden (독일), Bronwyn Hayward (뉴질랜드), Christopher Jones (영국), Frank Jotzo (호주), Thelma Krug (브라질), Rodel Lasco (필리핀), June-Yi Lee (대한민국), Valérie Masson-Delmotte (프랑스), Malte Meinshausen (호주/독일), Katja Mintenbeck (독일), Abdalah Mokssit (모로코), Friederike E. L. Otto (영국/독일), Minal Pathak (인도), Anna Pirani (이탈리아), Elvira Poloczanska (영국/호주), Hans-Otto Pörtner (독일), Aromar Revi (인도), Debra C. Roberts (남아프리카), Joyashree Roy (인도/태국), Alex C. Ruane (미국), Jim Skea (영국), Priyadarshi R. Shukla (인도), Raphael Slade (영국), Aimée Slangen (네덜란드), Youba Sokona (말리), Anna A. Sörensson (아르헨티나), Melinda Tignor (미국/독일), Detlef van Vuuren (네덜란드), Yi-Ming Wei (중국), Harald Winkler (남아프리카), Panmao Zhai (중국), Zinta Zommers (라트비아)

### 종합보고서 기술지원단

José Romero (스위스), Jinmi Kim (대한민국), Erik F. Haites (캐나다), Yonghun Jung (대한민국), Robert Stavins (미국), Arlene Birt (미국), Meeyoung Ha (대한민국), Dan Jezreel A. Orendain (필리핀), Lance Ignon (미국), Semin Park (대한민국), Youngin Park (대한민국)

### 이 보고서의 인용:

IPCC, 2023: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp., doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

#### 확장 저자팀

Jean-Charles Hourcade (프랑스), Francis X. Johnson (태국/스웨덴), Shonali Pachauri (오스트리아/인도), Nicholas P. Simpson (남아프리카/짐바브웨), Chandni Singh (인도), Adelle Thomas (바하마), Edmond Totin (베냉)

#### 검토 편집자

Paola Arias (콜롬비아), Mercedes Bustamante (브라질), Ismail Elgizouli (수단), Gregory Flato (캐나다), Mark Howden (호주), Carlos Méndez (베네수엘라), Joy Pereira (말레이시아), Ramón Pichs- Madruga (쿠바), Steven K Rose (미국), Yamina Saheb (알제리/프랑스), Roberto Sánchez (멕시코), Diana Ürge-Vorsatz (헝가리), Cunde Xiao (중국), Nouredine Yassaa (알제리)

#### 기여 저자

Andrés Alegría (독일/온두라스), Kyle Armour (미국), Birgit Bednar-Fiedl (오스트리아), Kornelis Blok (The Netherlands), Guéladio Cissé (스위스/모리타니/프랑스), Frank Dentener (EU/네덜란드), Siri Eriksen (노르웨이), Erich Fischer (스위스), Gregory Garner (미국), Céline Guivarch (프랑스), Marjolijn Haasnoot (네덜란드), Gerrit Hansen (독일), Mathias Hauser (스위스), Ed Hawkins (영국), Tim Hermans (네덜란드), Robert Kopp (미국), Noémie Leprince-Ringuet (프랑스), Jared Lewis (호주/뉴질랜드), Debora Ley (멕시코/과테말라), Chloé Ludden (독일/프랑스), Leila Niamir (이란/네덜란드/오스트리아), Zebedee Nicholls (호주), Shreya Some (인도/태국), Sophie Szopa (프랑스), Blair Trewin (호주), Kaj-Ivar van der Wijst (네덜란드), Gundula Winter (네덜란드/독일), Maximilian Witting (독일)

#### 과학 운영 위원회

이희성(IPCC 의장), Amjad Abdulla(몰디브), Edvin Aldrian(인도네시아), Ko Barrett(미국), Eduardo Calvo(페루), Carlo Carraro(이탈리아), Diriba Korecha Dadi(에티오피아), Fatima Driouech (모로코), Andreas Fischlin(스위스), Jan Fuglestad(노르웨이), Thelma Krug(브라질), Nagmeldin G.E. Mahmoud (수단), Valérie Masson-Delmotte (프랑스), Carlos Méndez (베네수엘라), Joy Jacqueline Pereira (말레이시아), Ramón Pichs-Madruga (쿠바), Hans-Otto Pörtner (독일), Andy Reisinger (뉴질랜드), Debra Roberts (남아프리카), Sergey Semenov (러시아), Priyadarshi Shukla (인도), Jim Skea (영국), Youba Sokona (말리), Kiyoto Tanabe (일본), Muhammad IrfanTariq (파키스탄), Diana Ürge-Vorsatz (헝가리), Carolina Vera (아르헨티나), Pius Yanda (탄자니아), Nouredine Yassaa (알제리), Taha M. Zatari (사우디 아라비아), Panmao Zhai (중국)

#### 시각적 구성 및 정보 디자인

Arlene Birt (미국), Meeyoung Ha (대한민국)

#### 기후변화에 관한 정부 간 협의체

© 기후변화에 관한 정부 간 협의체, 2023 ISBN 978-92-9169-164-7

이 간행물은 2023년 3월 19일 스위스 인터라켄에서 열린 제58차 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC) 회의에서 승인(정책결정자를 위한 요약본) 및 채택(상세보고서)된 보고서와 동일하지만 편집된 사본이 포함되어 있다.

사용된 명칭과 지도상의 자료 표시는 국가, 영토, 도시 또는 지역이나 그 당국의 법적 지위 또는 그 국경이나 경계에 관하여 기후변화에 관한 정부 간 협의체 측의 어떤 의견도 내포하지 않는다.

언급된 특정 기업 및 상품은 언급되지 않은 기타 유사기업 및 상품 대비 IPCC가 선호 혹은 권장하는 것이 아님을 밝힌다.

인쇄, 전자 및 기타 형식과 언어로 출판할 권리는 IPCC에 있다. 이 간행물의 짧은 발췌문은 완전한 출처를 명확하게 표시하는 경우 허가 없이 복제할 수 있다. 기사의 일부 또는 전체를 발행, 재생산 또는 번역하기 위한 편집 서신 및 요청은 다음 주소로 보내야 한다.

IPCC c/o World Meteorological Organization (WMO) 7bis, avenue de la Paix Tel.: +41 22 730 8208 P.O. Box 2300 Fax: +41 22 730 8025 CH 1211 Geneva 2, Switzerland E-mail: IPCC-Sec@wmo.int [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

Cover: IPCC SYR TSU, Meeyoung Ha 디자인

#### 표지 사진

정진실의 '새벽을 여는 안개'

2021 기상기후사진영상공모전, 기상청 <http://www.kma.go.kr/kma> © KMA

## 머리말 및 서문



## 머리말

이 종합보고서(SYR)는 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)의 제6차 평가보고서(AR6)의 결과이다. SYR은 3개의 실무그룹 평가보고서와 AR6에 기여하는 특별보고서에 포함된 자료를 종합하고 통합한다. 협의체가 승인한 정책과 관련이 있지만 정책 중립적인 광범위한 질문을 다룬다.

SYR은 지금까지 IPCC가 수행한 기후변화에 대한 가장 포괄적인 평가인 기후변화 2021: 과학적 근거, 기후변화 2022: 영향, 적응 및 취약성, 기후변화 2022: 기후변화의 완화'를 종합한 것이다. 또한 SYR은 6차 평가의 일환으로 완성된 세 가지 특별보고서인 '1.5 °C 지구온난화(2018): 기후변화의 위험, 지속가능발전 및 빈곤 퇴치를 위한 노력에 대한 전지구적 대응을 강화하는 맥락에서 산업화 이전 수준보다 1.5°C 높은 지구온난화의 영향 및 관련 지구 온실가스 배출 경로에 관한 IPCC 특별보고서(SR1.5); 기후변화 및 토지(2019): 기후변화, 사막화, 토지 황폐화, 지속 가능한 토지 관리, 식량 안보, 육상 생태계의 온실가스 흐름에 관한 IPCC 특별보고서(SRCLL); 변화하는 기후의 해양 및 빙권(2019)(SROCC)'의 결과를 바탕으로 한다.

AR6 SYR은 지속 불가능하고 불평등한 에너지 및 토지 이용과 100년 이상 화석 연료를 태우는 것이 명백하게 지구온난화를 유발했으며, 1850~1900년 대비 2011~2020년에 전지구 지표면 온도가 1.1°C 상승했음을 확인했다. 이로 인해 자연과 사람에 대한 광범위한 악영향과 이와 관련된 손실과 피해가 발생했다. 2030년까지의 국가 결정 기여(NDC)를 따르면 2030년대 상반기에 온도가 1.5°C 상승하고 21세기 말까지 온도 상승을 2.0°C 제어하기가 매우 어려워질 것이다. 지구온난화가 증가할 때마다 세계의 모든 지역에서 복합적이고 동시적인 위험이 심화될 것이다.

보고서는 인간이 초래한 지구온난화를 제한하려면 CO<sub>2</sub> 배출량이 넷제로가 되어야 한다고 지적하고 있다. 향후 10년 동안 적응 조치의 심층적이고 신속하며 지속적인 완화 및 가속과 이행은 인간과 생태계에 예상되는 손실과 피해를 줄이고 특히 대기 질과 건강에 많은 공동 편익을 제공할 것이다. 지연된 완화 및 적응 조치는 고배출 기반시설을 고착시키고, 좌초 자산 및 비용 상승의 리스크를 높이고, 실행 가능성을 낮추고, 손실과 피해를 증가시킬 것이다. 단기 행동은 높은 선행 투자와 잠재적으로 파괴적인 변화를 포함하지만 이는 다양한 활성화 정책으로 줄일 수 있다.

1988년 세계기상기구(WMO)와 유엔환경계획(UNEP)이 공동으로 설립한 정부 간 기구인 IPCC는 정책결정자들에게 이 분야에서 가장 권위 있는 객관적인 과학적, 기술적 평가를 제공해왔다. 1990년부터 이 일련의 IPCC 평가보고서, 특별보고서, 기술 요약서, 방법론 보고서 및 다른 산출물이 표준 참고 자료가 되었다.

SYR은 다양한 견해와 분야를 대표하는 전 세계 수천명의 전문가와 과학자들의 자발적인 업무, 헌신 및 노력 덕분에 가능했다. 우리는 SYR의 핵심 저자 팀의 모든 구성원, 확장 저자 팀 구성원, 기여 저자 및 검토 편집자에게 깊은 감사를 표하고 싶다. 이들은 모두 AR6 주기 동안 이미 약속한 다른 업무 외에도 뛰어난 SYR을 생성하는 거대한 도전에 열정적으로 참여했다. 우리는 또한 이 IPCC 보고서 작성을 조직화 하는 데 헌신한 SYR의 기술지원단 직원과 IPCC 사무국에 감사드린다.

우리는 또한 이 보고서를 개발하는 데 있어서 과학자들을 지원하고, IPCC 신탁 기금에 기여하여, 개발도상국과 경제체제 전환 국가의 전문가 참여에 필수적인 요소를 제공한 IPCC 회원국 정부에 감사를 표한다. 우리는 SYR 스코핑 회의를 주최한 싱가포르 정부, SYR의 제 3차 핵심저자팀 회의를 주최한 아일랜드 정부, SYR이 승인된 제58차 IPCC 총회를 주최한 스위스 정부에 감사를 표한다. 대한민국 정부의 아낌없는 재정 지원으로 SYR 기술지원단의 원활한 운영이 가능했기에 이를 감사히 여긴다.

특히 이 보고서를 작성하는 동안 헌신적으로 일해 주신 IPCC 의장, IPCC 부의장 및 공동 의장에게 감사를 표한다.



**Petteri Taalas**  
세계기상기구 사무총장



**Inger Andersen**  
UN 사무차장 겸 유엔환경계획 사무총장



## 서문

이 종합보고서(SYR)는 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)의 6차 평가보고서(AR6)의 마지막 결과물을 구성한다. 이는 2014년 IPCC의 5차 평가보고서(AR5)가 발간된 이후 상호 검토를 거친 과학, 기술 및 사회경제적 기준을 기반으로 기후변화, 그 광범위한 영향 및 리스크, 기후변화 완화 및 적응에 대한 최신의 지식을 요약한 것이다.

이 SYR은 세 실무그룹의 보고서인 기후변화 2021: 과학적 근거, 기후변화 2022: 영향, 적응 및 취약성, 기후변화 2022: 기후변화의 완화의 주요 결과를 도출, 종합하고 통합한다. SYR은 또한 제6차 평가의 일부분으로 구성된 3개의 특별보고서[지구온난화1.5°C (2018): 기후변화 위협에 대한 전지구적 대응 강화, 지속가능한 발전, 빈곤 퇴치 노력 측면에서 산업화 이전 수준 대비 지구온난화 1.5°C의 영향과 온실가스 배출경로에 대한 IPCC 특별보고서(SR1.5); 기후변화와 토지(2019): 육상생태계의 기후변화, 사막화, 토지 황폐화, 지속가능한 토지관리, 식량 안보, 온실가스 플럭스에 대한 IPCC 특별보고서(SRCCCL); 변화하는 기후에서의 해양 및 빙권에 대한 IPCC 특별보고서(2019)(SROCC)의 결과도 반영한다. 따라서 SYR은 기후변화를 다루는 가장 최근의 과학, 기술 및 사회 경제적 문헌에 대한 평가를 포괄적이고 시의적절하게 편집한 것이다.

## 보고서 범위

SYR은 제6차 평가주기에서 평가된 과학, 기술 및 사회 경제적 문헌에서 가져온 가장 정책 관련성 높은 자료를 독립적으로 종합한 것이다. 이 보고서는 AR6 실무그룹 보고서와 세 가지의 AR6 특별보고서의 주요 결과를 통합한다. 이는 기후, 생태계, 생물 다양성 및 인간 사회의 상호 의존성과 다양한 형태의 지식의 가치 및 기후 적응, 완화, 생태계 건강, 인간 복지 그리고 지속가능발전 간의 긴밀한 연결을 인식한 것이다. 물리 및 사회 과학의 체계를 포함하여 다양한 분석 체계를 기반으로 하는 이 보고서는 효과적이고 실행 가능하며, 정의롭고 형평성 있는 시스템 전환 및 기후탄력적 개발 경로인 변혁적 행동의 기회를 확인한다. 기본적인 문헌을 반영하여 다양한 지역 분류 체계가 물리적, 사회적 및 경제적 측면에 사용된다.

종합보고서는 단기적 리스크와 이를 해결하기 위한 옵션을 강조하여 전 세계의 기후변화를 긴급히 해결하는 데 필요한 것들을 정책결정자들에게 제공한다. 이 보고서는 또한 기후 리스크가 다른 기후 리스크들과의 상호작용뿐만 아니라 기후와 관련되지 않은 리스크와 어떻게 상호작용하는지에 대한 중요한 통찰력을 제공한다. 이는 완화와 적응 사이의 상호 작용과 이 조합이 어떻게 기후 문제에 더 잘 대처하고 가치 있는 공동편익을 창출할 수 있는지 설명한다. 이는 형평성과 기후 행동 사이의 강력한 연관성과 기후변화를 해결하는 데 더 공평한 해결책이 중요한

이유를 강조한다. 또한 성장하는 도시화가 모두를 위한 기후탄력적 개발과 지속가능발전을 증진시키기 위해 의욕적인 기후 행동의 기회를 제공하는 방법을 강조한다. 그리고 육지와 해양 생태계를 복원하고 보호하는 것이 어떻게 생물다양성과 기타 사회적 목표에 여러가지 이점을 가져올 수 있는지와 그렇게 하지 않을 경우 건강한 지구를 보장하는 데 큰 리스크가 될 것이라는 것을 강조한다.

## 구성

SYR은 정책결정자를 위한 요약본 (SPM)과 SPM이 파생된 상세 보고서 및 부속서로 구성된다.

폭넓은 독자층이 SYR 결과에 쉽게 접근할 수 있도록 SPM의 각 부분에는 강조 표시된 헤드라인 문구가 포함되어 있다. 종합하면, 이 18개의 헤드라인 문구는 다양한 분야의 독자가 쉽게 이해할 수 있도록 간단하고 기술적이지 않은 언어로 전반적인 요약을 제공한다.

SPM은 상세보고서와 같은 구조와 순서를 따르지만, 상세보고서의 두 섹션 이상에서 다루는 몇몇 문제는 SPM의 한 부분에서만 요약된다. SPM의 각 단락에는 상세보고서의 근거 문헌에 대한 참조가 포함되어 있다. 결국, 상세보고서는 위에 언급한 실무그룹 보고서 또는 특별보고서와 관련된 부분에 대한 광범위한 참조를 포함한다.

상세보고서는 협의체가 지정한 세 가지 주제 제목으로 구성된다. 간략한 소개(섹션 1) 다음에는 세 개의 섹션이 있다.

섹션 2의 '현황 및 추세'는 변화하는 기후, 인간이 유발한 기후 변화의 과거 및 현재 요인과 그 영향에 대한 관측된 증거의 평가로 시작된다. 이는 적응 및 완화 대응 옵션의 현재 이행을 평가한다. 섹션 3의 '장기 기후 및 개발 미래'에서는 광범위한 사회 경제적 미래에서 2100년 이후까지의 기후변화에 대한 장기 평가를 제공한다. 이는 지속가능발전의 맥락에서 적응 및 완화 경로의 장기적인 영향, 리스크 및 비용을 고려한다. 섹션 4의 '변화하는 기후에서의 단기적 대응'은 기후 공약, 약속 및 지속가능발전 추구의 맥락에서 2040년까지 효과적인 조치를 확대할 수 있는 기회를 평가한다.

사용된 용어집, 약어 목록, 저자, 검토 편집자, SYR 과학 운영 위원회 및 전문 검토자가 포함된 부속서가 본 보고서를 구성한다.

## 과정

SYR은 IPCC의 절차에 따라 작성되었다. AR6 종합보고서의 세부 개요를 개발하기 위한 스코핑 회의가 2019년 10월 21일부터 23일까지 싱가포르에서 열렸으며 해당 회의에서 만들어진 개요는 2020년 2월 24일부터 28일까지 프랑스 파리에서 열린 제52차 IPCC 총회에서 협의체의 승인을 받았다.

IPCC 절차에 따라 IPCC 의장은 실무그룹의 공동 의장과 협의하여 SYR의 핵심저자팀(CWT)의 저자를 추천했다. 총 30명의 CWT 회원과 9명의 검토 편집자가 2020년 5월 19일 58차 총회에서 IPCC 의장단에 의해 선정 및 수락되었다. SYR 개발 과정에서 7명의 확장 저자팀 저자가 CWT에 의해 선정되고 의장과 IPCC 의장단의 승인을 받았으며 CWT는 의장의 승인을 받아 28명의 기여 저자를 선정했다. 이러한 추가 저자는 보고서 준비에 필요한 전문 지식을 강화하고 심화하기 위한 것이다. 의장은 58차 의장단 회의에서 SYR 개발을 조언할 권한을 가진 SYR 과학 운영 위원회(SSC)를 설립했다. SYR SSC는 SYR의 검토 편집자로 활동한 구성원을 제외한 IPCC 사무국 구성원으로 구성되었다.

COVID 팬데믹으로 인해 CWT의 처음 두 회의는 2021년 1월 25일부터 29일까지 그리고 2021년 8월 16일부터 20일까지 온라인으로 개최되었다. FOD(First Order Draft)는 검토를 위해 2022년 1월 10일에 전문가와 정부에 공개되었으며 의견 접수는 2022년 3월 20일에 마감되었다. CWT는 2022년 3월 25일부터 28일까지 더블린에서 만나 접수된 10,000개 이상의 의견을 처리하기 위해 FOD를 가장 잘 수정할 수 있는 방법에 대해 논의했다. 검토 편집자는 모든 의견이 적절하게 고려되었는지 확인하기 위해 검토 과정을 모니터링 했다. IPCC는 2022년 11월 21일부터 2023년 1월 15일까지 검토를 위해 정책결정자를 위한 요약본의 최종정부안과 SYR에 대한 상세보고서를 정부에 회람하여 6,000개 이상의 의견을 받았다. 최종정부안 의견을 통합한 승인을 위한 최종 SYR 초안이 2023년 3월 8일에 IPCC 회원국 정부에 제출되었다.

2023년 3월 13일부터 17일까지 스위스 인터라켄에서 개최된 제58차 총회에서, 협의체는 SPM을 한 줄 한 줄 승인하고, 상세보고서를 섹션 별로 채택했다.

## 감사의 말씀

SYR은 섹션 협력자, CWT 및 EWT 회원, 기여 저자가 보여준 노력과 탁월함에 대한 헌신 덕분에 가능했다. 섹션 협력자 Kate Calvin, Dipak Dasgupta, Gerhard Krinner, Aditi Mukherji, Peter Thorne, 및 Christopher Trisos에게 특별한 감사를 드린다. 그들의 업무는 높은 수준의 상세보고서와 SPM을 보장하는 데 반드시 필요했다.

우리는 보고서 초안에 대해 건설적인 논평을 제공한 IPCC 회원국 정부, 옴저버 기구 및 전문 검토자에게 감사를 표한다. FOD 검토의견 업무를 수행한 검토 편집자 Paola Arias, Mercedes

Bustamante, Ismail Elgizouli, Gregory Flato, Mark Howden, Steven Rose, Yamina Saheb, Roberto Sánchez 및 Cunde Xiao에게 감사드리며 승인 총회 중 SPM과 본보고서 간의 일관성을 보장하기 위해 저자 팀과 협력한 Gregory Flato, Carlos Méndez, Joy Jacqueline Pereira, Ramón Pichs-Madruga, Diana Ürge-Vorsatz 및 Nouredine Yassaa에게 감사드린다.

과정 전반에 걸쳐 SYR에 대한 사례 깊은 조언과 지원을 해준 SSC 구성원인 IPCC 부의장 Ko Barrett, Thelma Krug 및 Youba Sokona; 실무그룹(WG) 및 국가 온실가스 인벤토리 태스크포스(TFI)의 공동 의장 Valérie Masson-Delmotte, Panmao Zhai, Hans-Otto Pörtner, Debra Roberts, Priyadarshi R. Shukla, Jim Skea, Eduardo Calvo Buendía, 및 Kiyoto Tanabe; WG 부의장 Edwin Aldrian, Fatima Driouech, Jan Fuglestedt, Muhammad Tariq, Carolina Vera, Nouredine Yassaa, Andreas Fischlin, Joy Jacqueline Pereira, Sergey Semenov, Pius Yanda, Taha M, Zatari, Amjad Abdulla, Carlo Carraro, Diriba Korecha Dadi, Nagmeldin G.E. Mahmoud, Ramón Pichs-Madruga, Andy Reisinger, 및 Diana Ürge-Vorsatz에게도 감사드린다. IPCC 부의장과 WG 공동의장도 CWT의 멤버로 활동했으며 그들의 기여에 감사드린다.

우리는 SYR의 준비, 발표 및 발간과정에서 지침을 제공하고 지원해 준 IPCC 사무국인: Emira Fidaa 부사무국장, Mudathir Abdallah, Jesbin Baidya, Laura Biagioni, Oksana Ekzarkho, Judith Ewa, Joëlle Fernandez, Emelie Larrode, Jennifer Lew Schneider, Andrej Mahecic, Nina Peeva, Mxolisi Shongwe, Melissa Walsh, 및 Werani Zabula에게도 감사드린다. 모든 과정에서 성공적인 SYR을 위한 그들의 지원은 매우 탁월했다.

SYR 기술지원단(SYR TSU)의 단장 José Romero와 Director of Administration인 Jinmi Kim, 그리고 SYR TSU의 구성원인 Arlene Birt, Meeyoung Ha, Erik Haites, Lance Ignon, Yonghun Jung, Dan Jezreel Orendain, Robert Stavins, Semin Park 및 Youngin Park에게 탁월한 SYR을 보장하기 위한 깊은 헌신과 노력을 바탕으로 SYR을 발전시키고 작성한 노고에 감사드린다. 생산을 촉진하기 위한 그들의 노력에 대한 감사를 전한다. 또한 SYR TSU 운영을 원활하게 해준 아시아개발은행 Woochong Um과 그의 팀에게도 감사를 전한다.

WG TSU 구성원인 WG I의 Sarah Connors, Clotilde Péan, Anna Pirani, WG II의 Marlies Craig, Katja Mintenbeck, Elvira Poloczanska, Melinda Tignor WG III의 Roger Fradera, Minal Pathak, Raphael Slade, Shreya Some, Geninha Gabao Lisboa는 SYR TSU와 한 팀으로 활동하여 총회의 성공적인 결과에 기여했으며 그들의 열정, 헌신 및 전문적인 기여에 감사드린다.

우리는 SYR 스코핑 회의, CWT 회의 및 IPCC 58차 총회를 기꺼이 주최한 IPCC 회원국인 싱가포르, 아일랜드 그리고 스위스 정부에 각각 감사드린다. 우리는 IPCC 회원국 정부, WMO, UNEP 및 UNFCCC의 신탁 기금 기여에 대해 감사를 표한다.

특히 SYR TSU에 대한 아낌없는 재정적 지원을 해준 대한민국 기상청에 감사드린다. 우리는 IPCC 모기관인 UNEP와 WMO, 특히 IPCC 사무국을 구성해준 WMO의 지원에 감사드린다. 마지막으로 UNFCCC가 이 사업의 다양한 단계에서 협력하고 여러 포럼에서 우리의 활동을 강조한 것에 대해서도 깊은 감사를 전한다.



**Hoesung Lee**  
IPCC 의장



**Abdalah Mokssit**  
IPCC 사무국장



# 목차

## 앞면

머리말	v
서문	vii

## SPM

정책결정자를 위한 요약본	1
소개	3
A. 현황 및 추세	4
Box SPM.1 시나리오 및 경로	9
B. 미래 기후변화, 리스크 및 장기적 대응	12
C. 단기적 대응	24

## 섹션

기후변화 2023	35
섹션 1: 소개	38

섹션 2: 현황 및 추세	41
2.1 관측된 변화, 영향 및 속성	42
2.1.1 관측된 온난화와 그 원인	42
2.1.2 현재까지 관측된 기후 시스템 변화 및 영향	46
2.2 현재까지 이행된 대응	52
2.2.1 전지구적 정책 설정	52
2.2.2 현재까지의 완화 행동	52
2.2.3 현재까지의 적응 행동	55
2.3 불충분한 현재의 완화 및 적응 조치와 정책	57
2.3.1 온난화를 1.5 또는 2°C 이하로 제한하는 완화 정책, 공약 및 경로 사이의 격차	57
Cross-Section Box.1   넷제로 CO <sub>2</sub> 와 넷제로 GHG 배출에 대한 이해	60
2.3.2 적응 격차 및 장애요인	61
2.3.3 기후 행동의 장애요인으로서의 금융 부족	62
Cross-Section Box.2   시나리오, 지구온난화 수준 및 리스크	63

<b>섹션 3: 장기 기후 및 개발 미래</b>	<b>67</b>
3.1 장기 기후변화, 영향 및 관련 리스크	68
3.1.1 장기 기후변화	68
3.1.2 영향 및 관련 리스크	71
3.1.3 갑작스럽고 돌이킬 수 없는 변화의 가능성과 리스크	77
3.2 장기 적응 옵션 및 한계	78
3.3 완화 경로	82
3.3.1 잔여탄소배출허용총량	82
3.3.2 넷제로 배출: 시기와 시사점	85
3.3.3 완화에 대한 부문별 기여	86
3.3.4 오버슈트 경로: 리스크 증가 및 기타 영향	87
3.4 적응, 완화 및 지속가능발전 간의 장기적인 상호 작용	88
3.4.1 시너지와 상충효과, 비용과 편익	88
3.4.2 지속가능발전을 위한 통합 기후 행동 추진	89
 <b>섹션 4: 변화하는 기후에서의 단기적 대응</b>	 <b>91</b>
4.1 기후 행동의 시기와 긴급성	92
4.2 단기 행동 강화의 편익	95
4.3 단기 리스크	97
4.4 기후변화 행동에 대한 형평성과 포용	101
4.5 단기 완화 및 적응 행동	102
4.5.1 에너지 시스템	104
4.5.2 산업	104
4.5.3 도시, 정주지 및 기반시설	105
4.5.4 토지, 해양, 식량 및 물	106
4.5.5 건강과 영양	106
4.5.6 사회, 생계 및 경제	107
4.6 지속가능발전목표를 위한 적응 및 완화의 공동편익	108
4.7 단기 기후변화 행동을 위한 거버넌스 및 정책	110
4.8 대응 강화: 금융, 국제협력 및 기술	111
4.8.1 완화 및 적응 행동을 위한 금융	111
4.8.2 국제 협력 및 조정	112
4.8.3 기술 혁신, 채택, 확산 및 이전	113
4.9 부문 및 시스템 전반에 걸친 단기 행동의 통합	114

부속서	117
I. 용어집	119
II. 약어, 화학 기호 및 과학 단위	131
III. 기여자	135
IV. AR6 SYR 전문 검토자	143
V. 기후변화에 관한 정부 간 협의체 보고서	159
색인	163

#### 이 종합보고서에 인용된 출처

이 보고서에 포함된 자료에 대한 참조는 각 단락 끝에 중괄호{} 안에 제공된다.

정책결정자를 위한 요약본에서 참조는 이 종합보고서의 기본 서론 및 주제에 있는 섹션, 그림, 표 및 상자의 번호를 나타낸다.

상세보고서의 서론 및 섹션에서 참조는 제6차 평가보고서 및 기타 IPCC 보고서(이탈릭체, 중괄호)에 대한 실무그룹 I, II 및 III(WGI, WGII, WGIII)의 기여를 참조하거나 종합보고서 자체의 다른 섹션(둥근 괄호 안)을 참조한다.

다음 약어가 사용되었다.

SPM: 정책결정자를 위한 요약본

TS: 기술 요약서

ES: 챕터별 종합 요약

숫자는 보고서의 특정 장과 섹션을 나타낸다.

이 종합보고서에 인용된 기타 IPCC 보고서:

SR1.5: 1.5°C 지구온난화 특별보고서

SRCLL: 기후변화 및 토지 특별보고서

SROCC: 변화하는 기후의 해양과 빙권 특별보고서

# 2023 기후변화 종합보고서 정책결정자를 위한 요약본

이 정책결정자를 위한 요약본은 다음과 같이 인용되어야 한다.

IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001



## 소개

IPCC 제6차 평가보고서(AR6)의 종합보고서(SYR)는 기후변화에 대한 최신 지식, 광범위한 영향 및 리스크, 기후변화 완화 및 적응을 요약한다. 3개의 실무그룹<sup>1</sup>의 기여를 바탕으로 한 제6차 평가보고서(AR6)와 특별보고서<sup>2</sup>의 주요 결과를 통합한다. 정책결정자를 위한 요약본(SPM)은 SPM.A 현황 및 추세, SPM.B 미래 기후변화, 리스크 및 장기 대응, SPM.C 단기 대응<sup>3</sup> 세 부분으로 구성된다.

이 보고서는 기후, 생태계, 생물 다양성, 인간 사회의 상호 의존성, 다양한 형태의 지식의 가치, 기후변화 적응, 완화, 생태계 건강, 인간 웰빙 및 지속가능발전 사이의 긴밀한 연결을 인식하고 기후 행동에 관련된 다양성 증가를 반영한다.

과학적 이해를 기반으로 주요 발견은 사실 진술로 표현되거나 평가된 신뢰 수준이 IPCC 보정 언어<sup>4</sup>를 사용과 함께 표현될 수 있다.

<sup>1</sup> AR6에 대한 세가지 실무그룹 기여는 다음과 같다. AR6 기후변화 2021: 과학적 근거; AR6 기후변화 2022: 영향, 적응 및 취약성; AR6 기후변화 2022: 기후변화의 완화'를 종합한 것이다. 이들의 평가는 각각 2021년 1월 31일, 2021년 9월 1일 및 2021년 10월 11일까지 출판이 승인된 과학 문헌을 다룬다.

<sup>2</sup> 세 가지 특별보고서는 다음과 같다. 1.5°C 지구온난화(2018): 기후변화 위협에 대한 전지구적 대응 강화, 지속가능한 발전, 빈곤 퇴치 노력 측면에서 산업화 이전 수준 대비 지구온난화 1.5°C의 영향과 온실가스 배출경로에 대한 IPCC 특별보고서(SR1.5); 기후변화 및 토지(2019): 육상생태계의 기후변화, 사막화, 토지 황폐화, 지속가능한 토지 관리, 식량안보, 온실가스 플렉스에 대한 IPCC 특별보고서(SRCCL); 변화하는 기후에서의 해양 및 빙권(2019)(SROCC). 이 특별보고서들은 각각 2018년 5월 15일, 2019년 4월 7일 및 2019년 5월 15일까지 출판이 승인된 과학 문헌을 다룬다.

<sup>3</sup> 본 보고서에는 단기를 2040년까지의 기간으로 정의하고 있다. 장기는 2040년 이후의 기간으로 정의된다.

<sup>4</sup> 각 결과는 기본 증거 및 합의에 대한 평가를 기반으로 한다. IPCC 보정 언어는 신뢰 수준을 표현하는데 있어 매우 낮음, 낮음, 중간, 높음의 5단계가 있으며, 이탤릭체로 표기되는데, 예를 들어 *중간 신뢰도*와 같이 표시된다. 결과 또는 결과의 평가된 가능성을 나타내는 데 다음 용어가 사용되었다. 거의 확실함 99~100%; 가능성 매우 높음 90~100%; 가능성 높음 66~100%; 가능성 낮지 않음 50~100%; 가능성 중간 33~66%; 가능성 낮음 0~33%; 가능성 매우 낮음 0~10%; 거의 희박함 0~1%. 추가적 용어(가능성 대단히 높음 95~100%; 가능성 대단히 낮음 0~5%)도 적절한 경우 사용된다. 평가된 가능성은 또한 이탤릭체로 표시된다(예: *매우 가능성 있는*). 이는 AR5 보고서 및 기타 AR6 보고서와 일치한다.

## A. 현황 및 추세

### 관측된 온난화 및 원인

A.1 주로 온실가스 배출을 통한 인간 활동은 명백히 지구온난화를 유발했으며, 2011~2020년에 전 지구 지표면 온도는 1850~1900년 대비 1.1°C에 도달했다. 전 지구 온실가스 배출량은 지속 불가능한 에너지 사용, 토지 이용 및 토지 이용 변화, 지역 간, 국가 간, 국가 내, 개인 간 소비와 생산의 생활양식 및 패턴에서 과거부터 현재까지 계속된 불균등한 기여로 인해 지속적으로 증가해 왔다(높은 신뢰도) {2.1, 그림 2.1, 그림 2.2}

A.1.1 전지구 지표면 온도는 1850~1900년<sup>5</sup>보다 2011~2020년에 1.09°C[0.95°C~1.20°C]<sup>6</sup> 더 높았고, 바다(0.88°C[0.68°C~1.01°C])보다 육지(1.59°C[1.34°C~1.83°C])에서 더 크게 증가했다. 21세기의 첫 20년(2001~2020) 동안 전지구 지표면 온도는 1850~1900년보다 0.99[0.84~1.10]°C 높았다. 전지구 지표면 온도는 적어도 지난 2000년 내 어떤 50년 기간보다도 1970년 이후 더 빠르게 증가하고 있다(높은 신뢰도). {2.1.1, 그림 2.1}

A.1.2 1850~1900년에서 2010~2019년<sup>7</sup> 사이에 인간이 유발한 전지구 지표면 온도 상승의 가능성 높은 범위는 0.8°C~1.3°C이며, 가장 좋은 추정치는 1.07°C이다. 이 기간 동안 잘 혼합된 온실가스(GHG)는 1.0°C~2.0°C<sup>8</sup>의 온난화에 기여했고, 다른 인간 요인(주로 에어로졸)은 0.0°C~0.8°C의 냉각에 기여했으며, 자연(태양 및 화산) 요인은 전지구 지표면 온도 변화를 -0.1°C~+0.1°C로 기여하고 내부 변동성에 의한 변화는 -0.2°C~+0.2°C이다. {2.1.1, 그림 2.1}

A.1.3 1750년경 이후 관측된 잘 혼합된 GHG 농도 증가는 이 시기에 인간 활동으로부터 발생한 GHG 배출이 원인이라는 점이 명확해졌다. 1850년부터 2019년까지의 누적 CO<sub>2</sub> 순배출량은 2400±240 GtCO<sub>2</sub>였으며, 그 중 절반 이상(58%)이 1850년부터 1898년 사이에 발생했고 약 42%가 1990년부터 2019년 사이에 발생했다(높은 신뢰도), 2019년에 대기중 CO<sub>2</sub> 농도(410ppm)는 적어도 과거 200만년 중 그 어느 때보다 높았고(높은 신뢰도), 메탄(1866ppb)과 아산화질소(332ppb)의 농도는 적어도 과거 80만년 동안 어느 때보다 더 높았다(매우 높은 신뢰도). {2.1.1, 그림 2.1}

A.1.4 2019년 전지구 GHG 순 배출량은 59±6.6 GtCO<sub>2</sub>-eq<sup>9</sup>로 2010년 대비 약 12%(6.5 GtCO<sub>2</sub>-eq), 1990년 대비 54%(21 GtCO<sub>2</sub>-eq) 증가한 것으로 추정되며, 화석 연료 및 산업 공정(CO<sub>2</sub>-FFI)에서 발생하는 CO<sub>2</sub>에서 발생하는 총 GHG 배출량에서 가장 큰 비중과 증가율을 보이며 메탄이 그 뒤를 잇는다. 반면에 1990년에는 낮은 수준에서 시작한 불화가스(F-가스)가 상대적으로 가장 높게 증가했다. 2010~2019년의 연평균 GHG 배출량은 기록상 이전의 어떤 10년보다도 높았으며, 2010~2019년 증가율(연간 1.3%)은 2000~2009년(연간 2.1%)보다 낮았다.

<sup>5</sup> 달리 명시되지 않는 한 SPM 전체에 제공된 범위는 가능성이 매우 높은 범위(5~95% 범위)를 나타낸다.

<sup>6</sup> AR5 이후 예상되는 전지구 지표면 온도의 증가는 주로 2003~2012년 이후의 추가 온난화(0.19[0.16~0.22]°C) 때문이다. 또한 방법론적인 발전과 새로운 데이터 세트는 북극을 포함하여 지표면 온도의 변화에 대한 보다 완전한 공간적 표현을 제공했다. 이러한 개선과 다른 개선은 전지구 지표면 온도 변화의 추정치를 약 0.1°C 증가시켰지만, 이러한 증가는 AR5 이후 추가적인 물리적 온난화를 나타내지 않는다.

<sup>7</sup> A.1.1과의 기간 구분은 속성 연구가 이를 약간 더 이른 기간에 고려하기 때문에 발생한다. 2010~2019년까지 관측된 온난화는 1.06[0.88~1.21]°C이다.

<sup>8</sup> 복사강제력 연구에서 평가된 1850~1900년 대비 2010~2019년 온난화에 대한 배출량의 기여는 다음과 같다. CO<sub>2</sub> 0.8[0.5~1.2]°C; 메탄 0.5[0.3~0.8]°C; 아산화질소 0.1[0.0~0.2]°C 및 플루오르화 가스 0.1[0.0~0.2]°C. {2.1.1}

<sup>9</sup> GHG 배출 지표는 서로 다른 온실가스의 배출을 공통 단위로 표현하는 데 사용된다. 이 보고서의 총 GHG 배출량은 AR6에 대한 실무그룹 I의 기여도를 기반으로 하는 값과 함께 100년의 시간 범위(GWP100)를 가진 지구온난화 잠재력을 사용하여 CO<sub>2</sub> 상당(CO<sub>2</sub>-eq)으로 명시된다. AR6 WGI 및 WGIII 보고서에는 업데이트된 배출 측정값, 완화 목표와 관련된 다양한 측정 평가, 집합 가스에 대한 새로운 접근 방식 평가가 포함되어 있다. 측정 기준의 선택은 분석 목적에 따라 달라지며 모든 GHG 배출 측정 기준은 물리적 기후 시스템의 복잡성과 과거 및 미래 GHG 배출에 대한 대응을 단순화한다는 점에서 한계와 불확실성이 있다. {2.1.1}

2019년에는 전지구 GHG 배출량의 약 79%가 에너지, 산업, 수송 및 건물 부문에서 발생했으며 22%<sup>10</sup>는 농업, 임업 및 기타 토지 이용(AFOLU)에서 발생했다. GDP의 에너지 집약도 및 에너지의 탄소 집약도 개선으로 인한 CO<sub>2</sub>-FFI의 배출량 감소는 산업, 에너지 공급, 수송, 농업 및 건물 부문의 전지구 활동 수준 증가로 인한 배출량 증가보다 적다. (높은 신뢰도) {2.1.1}

- A.1.5 CO<sub>2</sub> 배출량의 과거 기여도는 총 규모 면에서 지역에 따라 크게 다르지만 CO<sub>2</sub>-FFI에 대한 기여도와 토지 이용, 토지 이용 변화 및 임업(CO<sub>2</sub>-LULUCF)으로 인한 CO<sub>2</sub> 순 배출량 측면에서도 크게 다르다. 2019년에 전지구 인구의 약 35%가 1인당 9tCO<sub>2</sub>-eq 이상을 배출하는 국가<sup>11</sup> (CO<sub>2</sub>-LULUCF 제외)에 거주하는 반면, 41%는 1인당 3tCO<sub>2</sub>-eq 미만을 배출하는 국가에 거주했다. 후자의 상당 부분은 현대 에너지 서비스에 대한 접근성이 부족하다. 최빈국(LDC)과 군서도서개발국(SIDS)은 CO<sub>2</sub>-LULUCF를 제외하고 1인당 배출량(각각 1.7 tCO<sub>2</sub>-eq 및 4.6 tCO<sub>2</sub>-eq)이 전지구 평균(6.9 tCO<sub>2</sub>-eq)보다 훨씬 낮다. 1인당 배출량이 가장 높은 가구의 10%는 전지구 소비 기반 가구 GHG 배출량의 34~45%를 기여하고, 하위 50%는 13~15%를 기여한다. (높은 신뢰도) {2.1.1, 그림 2.2}

## 관측된 변화 및 영향

- A.2 대기, 빙권 및 생물권에서 광범위하고 급격한 변화가 발생했다. 인간이 초래한 기후변화는 이미 전 지구 모든 지역에 많은 날씨와 극한 기후에 영향을 미치고 있다. 이로 인해 자연과 사람에 대한 광범위한 악영향과 이와 관련된 손실과 피해가 발생했다(높은 신뢰도). 역사적으로 현재의 기후변화에 가장 적게 기여한 취약한 커뮤니티는 불균형적으로 영향을 받는다(높은 신뢰도). {2.1.2, 표 2.1, 그림 2.2, 그림 2.3} (그림 SPM.1)

- A.2.1 인간의 영향이 대기, 해양 및 육지를 따뜻하게 했다는 것은 명백하다. 1901년과 2018년 사이에 전지구 평균 해수면이 0.20[0.15~0.25]m 증가했다. 평균 해수면 상승률은 1901~1971년 사이에 1.3[0.6~2.1]mm yr<sup>-1</sup>, 1971~2006년 사이에 1.9[0.8~2.9]mm yr<sup>-1</sup>, 2006년과 2018년 사이에는 더 증가하여 3.7[3.2~4.2]mm yr<sup>-1</sup>까지 증가했다 (높은 신뢰도). 최소한 1971년 이후 이러한 증가의 주요 요인은 인간의 영향이었을 가능성이 매우 높다. 폭염, 폭우, 가뭄 및 열대 저기압과 같은 극한 상황에서 관측된 변화의 증거, 특히 인간 영향에 대한 증거는 AR5 이후 더욱 강화되었다. 인간의 영향으로 1950년대 이후 동시다발적인 폭염과 가뭄의 빈도 증가를 포함하여 복합적인 극한 현상이 증가했을 가능성이 있다(높은 신뢰도). {2.1.2, 표 2.1, 그림 2.3, 그림 3.4} (그림 SPM.1)

- A.2.2 약 33억~36억 명의 사람들이 기후변화에 매우 취약한 상황에서 살고 있다. 인간과 생태계의 취약성은 상호 의존적이다. 상당한 개발 제약이 있는 지역과 사람들은 기후 리스크에 대해 취약성이 높다. 증가하는 기상 이변으로 인해 수백만 명의 사람들이 극심한 식량 불안<sup>12</sup>에 노출되었고 물 안보가 악화되었으며, 아프리카, 아시아, 중남미, 최빈국, 군소도서국, 북극의 많은 지역의 커뮤니티에서 그리고 전지구 원주민, 소규모 식량 생산자 및 저소득 가정의 경우에 가장 큰 악영향을 관찰할 수 있었다. 2010년에서 2020년 사이에 홍수, 가뭄, 폭풍으로 인한 인간 사망률은 취약성이 매우 낮은 지역 대비 취약성이 높은 지역에서 15배 더 높게 나타났다. (높은 신뢰도) {2.1.2, 4.4} (그림 SPM.1)

- A.2.3 기후변화는 육지, 담수, 빙권, 해안 및 외해 생태계에 상당한 피해를 입히고 점점 돌이킬 수 없는 손실을 초래하고 있다(높은 신뢰도). 수백 종의 국지적 손실은 극심한 더위의 증가(높은 신뢰도)에 의한 육지와 해양에서의 떼죽음 현상(매우 높은 신뢰도)으로 발생했다. 일부 생태계에 미치는 영향, 예를 들어 빙하 후퇴로 인한 수문학적 변화의 영향, 일부 산의 변화(중간 신뢰도) 및 영구 동토층 해빙으로 인한 북극 생태계의 변화(높은 신뢰도) 등은 비가역성에 접근하고 있다. {2.1.2, 그림 2.3} (그림 SPM.1)

<sup>10</sup> GHG 배출 수준은 유효 숫자 두 자리로 반올림된다. 결과적으로 반올림으로 인해 합계에 약간의 차이가 발생할 수 있다. {2.1.1}

<sup>11</sup> 영도적 배출

<sup>12</sup> 극심한 식량 불안정은 식량 안보와 영양의 결정 요인을 리스크에 빠뜨리는 충격의 결과로 원인, 맥락 또는 지속 기간에 관계없이 생명, 생계 또는 둘 모두를 위협하는 심각성으로 언제든지 발생할 수 있으며 인도적 활동에 대한 요구를 평가하기 위해 사용된다. {2.1}

- A.2.4 기후변화는 식량 안보와 물 안보에 영향을 미쳐 지속가능발전 목표를 달성하려는 노력을 방해했다(높은 신뢰도). 전반적인 농업 생산성은 증가했지만, 기후변화는 전지구적으로 지난 50년 동안 이러한 성장을 둔화 시켰으며(중간 신뢰도), 주로 중위도 및 저위도 지역에 관련된 부정적인 영향과 일부 고위도 지역에 긍정적인 영향을 미쳤다(높은 신뢰도). 해양 온난화와 해양 산성화는 일부 해양 지역에서 어업과 패류 양식업 생산에 악영향을 미쳤다(높은 신뢰도). 현재 전지구 인구의 약 절반이 기후 요인과 비기후 요인의 조합으로 인해 적어도 일년 중 일정 기간 동안 심각한 물 부족을 경험하고 있다(중간 신뢰도). {2.1.2, 그림 2.3} (그림 SPM.1)
- A.2.5 모든 지역에서 폭염의 증가는 인간의 사망률과 질병률을 발생시켰다(매우 높은 신뢰도). 기후 관련 식량으로 인한 및 물로 인한 질병의 발생(매우 높은 신뢰도)과 매개체로 매개된 질병의 발생률(높은 신뢰도)이 증가했다. 평가 대상 지역에서 일부 정신 건강의 문제는 기온 상승(높은 신뢰도), 극한 상황으로 인한 외상(매우 높은 신뢰도), 생계 및 문화 상실(높은 신뢰도)과 관련이 있다. 극한 기후와 날씨는 아프리카, 아시아, 북미(높은 신뢰도), 중남미(중간 신뢰도)에서 이주를 유도하고 있으며(그림 2.3), 카리브해와 남태평양의 군소도서 국가들은 작은 인구 규모 대비 불균형적으로 영향을 받고 있다(높은 신뢰도). {2.1.2, 그림 2.3} (그림 SPM.1)
- A.2.6 기후변화는 시스템, 지역 및 부문에 걸쳐 불평등하게 분포된 자연과 사람에게 광범위한 악영향과 이와 관련된 손실과 피해<sup>13</sup>를 초래했다. 농업, 임업, 어업, 에너지 및 관광 등 기후에 노출된 부문에서 기후변화로 인한 경제적 피해가 감지되었다. 예를 들어 개인의 생계는 주택과 사회 기반시설의 파괴, 재산과 수입의 손실, 인간 건강과 식량 안보를 통해 성별과 사회적 형평성에 부정적인 영향을 미쳤다. (높은 신뢰도) {2.1.2} (그림 SPM.1)
- A.2.7 도시 환경에서 관측된 기후변화는 인간의 건강, 생계 및 주요 기반시설에 악영향을 미쳤다(높은 신뢰도). 극한 고온이 도시에서 심화되었다. 교통, 물, 위생 및 에너지 시스템을 포함한 도시 기반시설은 극한 현상과 느리게 발생하는 현상<sup>14</sup>으로 인해 손상되어 경제적 손실, 서비스 중단 및 웰빙에 대한 부정적인 영향을 초래했다. 관측된 악영향은 경제적, 사회적으로 소외된 도시 거주자들에게 집중되어 있다. (높은 신뢰도) {2.1.2}

<sup>13</sup> 이 보고서에서 '손실과 피해'라는 용어는 관측된 부정적 영향 및/또는 예상되는 리스크를 의미하며 경제적 및/또는 비경제적일 수 있다. (부속서 I 참조: 용어집)

<sup>14</sup> 서서히 발생하는 현상은 WGI AR6의 기후 영향 요인에 설명되어 있으며, 예를 들어 평균 기온 증가, 사막화, 강수량 감소, 생물다양성 손실, 토지 및 산림 황폐화, 빙하 후퇴 및 관련 영향, 해양 산성화, 해수면 상승 및 염류화 등과 연관된 리스크와 영향을 의미한다(WGI SPM 각주 29, {2.1.2})

## 인간이 초래한 기후변화의 악영향은 계속해서 심화될 것이다

### a) 기후변화로 인해 관측된 광범위하고 실질적인 영향 및 그와 관련된 손실과 피해



### b) 여러 물리적 기후 조건의 변화에 의해 영향이 발생하며, 이는 점점 더 인간의 영향으로 귀속된다



### c) 현재세대와 미래 세대들은 현재 및 가까운 미래의 우리 선택에 따라 더 뜨겁고 다른 세상을 경험하게 될 것이다.

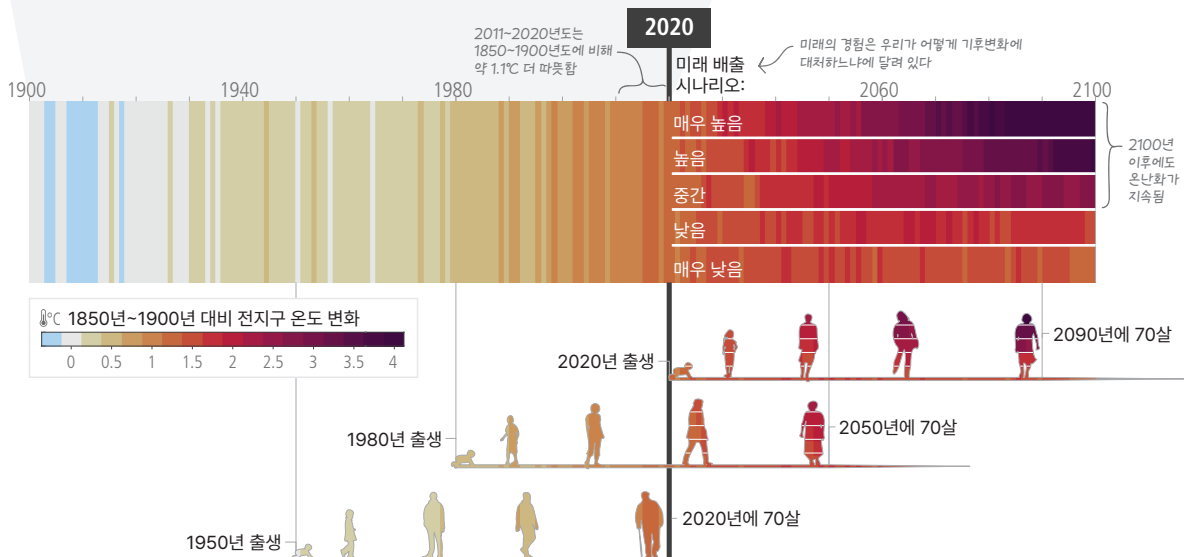


그림 SPM.1: (a) 기후변화는 이미 전지구적으로 인간 체계와 변경된 육상, 담수 및 해양 생태계에 광범위한 영향과 관련 손실과 피해를 초래했다. 물리적 물 가용성은 지하수, 수질 및 물 수요를 포함한 다양한 출처에서 사용 가능한 물의 균형을 포함한다. 전지구 정신 건강 및 이동 평가는 오직 평가된 지역만 반영한다. 신뢰 수준은 기후변화에 대한 관측된 영향의 속성 평가를 반영한다. (b) 관측된 영향은 표시된 선택된 기후 영향 요인과 같이 인간의 영향에 기인한 많은 것을 포함하여 물리적 기후변화와 연결된다. 신뢰 수준과 가능성은 인간 영향에 대한 관측된 기후 영향 요인의 속성 평가를 반영한다. (c) 기후 조건 및 영향의 변화와 관련된 전지구 지표면 온도(1850~1900년 대비)의 관측(1900~2020년) 및 예상 변화(2021~2100년)는 기후가 이미 어떻게 변했고 대표적인 세 세대의 수명을 따라(각 1950년, 1980년, 2020년 생) 앞으로 변할 것인지를 보여준다. 전지구 지표면 온도 변화의 미래 전망(2021~2100년)은 매우 낮은(SSP1-1.9), 낮은(SSP2-2.6), 중간(SSP2-4.5), 높은(SSP3-7.0) 및 매우 높은(SSP5-8.5) GHG 배출 시나리오로 나타낸다, 연간 전지구 지표면 온도의 변화는 '기후 출무니'로 표시되며, 미래 예측은 인위적인 장기 경향을 보여주며 자연적인 변동성에 의한 지속적인 조정을 보여준다(여기서는 과거 자연 변동성의 관측된 수준을 사용하여 표시됨). 세대별 아이콘의 색상은 매년 전지구 지표면 온도 출무니에 해당하며, 미래 아이콘의 세그먼트는 가능한 미래 경험을 구분한다. {2.1, 2.1.2, 그림 2.1, # 2.1, 그림 2.3, Cross-Section Box.2, 3.1, 그림 3.3, 4.1, 4.3} (Box SPM.1)

## 적응의 현재 상황과 격차, 그리고 도전 과제

A.3 적응 계획 및 이행은 문서화된 이점과 다양한 효과와 함께 모든 부문과 지역에서 진행되었다. 이러한 진전에도 불구하고 적응 격차가 존재하며 현재 이행 속도에서 계속 증가할 것이다. 일부 생태계와 지역에서는 적응에 대한 경성 및 연성 한계에 도달했다. 일부 부문과 지역에서는 오적응이 일어나고 있다. 현재 적응을 위한 전지구 금융 흐름은 특히 개발도상국에서 적응 옵션의 이행에 불충분하고 실행에 제약이 있다(높은 신뢰도). {2.2, 2.3}

A.3.1 적응 계획 및 이행의 진전은 모든 부문과 지역에서 관측되었으며 다양한 이익을 창출했다(매우 높은 신뢰도). 기후 영향과 리스크에 대한 대중 및 정치적 인식이 높아지면서 적어도 170개 국가와 많은 도시가 기후 정책과 계획 과정에 대해 적응을 포함하게 되었다(높은 신뢰도). {2.2.3}

A.3.2 기후 리스크 감소<sup>15</sup>에 대한 적응의 효과<sup>16</sup>는 특정 상황, 부문 및 지역에 대해 문서화되어 있다(높은 신뢰도). 효과적인 적응 옵션의 예에는 품종 개량, 농장 내 물 관리 및 저장, 토양 수분 보존, 관개, 혼농임업, 지역사회 기반 적응, 농업의 농장 및 경관 수준 다양화, 지속 가능한 토지 관리 접근법, 농생태학적 원칙 및 관행의 사용 및 자연적 과정과 함께 작동하는 기타 접근법이 포함된다(높은 신뢰도). 도시 녹화, 습지 복원, 상류 산림 생태계와 같은 생태계 기반 적응<sup>17</sup> 접근법은 홍수 리스크와 도시 열을 줄이는 데 효과적이었다(높은 신뢰도). 조기 경보 시스템과 같은 비구조적 대책과 제방과 같은 구조적 대책의 조합은 내륙 홍수의 경우 인명 손실을 줄였다(중간 신뢰도). 재해 리스크 관리, 조기 경보 시스템, 기후 서비스 및 사회 안전망과 같은 적응 옵션은 여러 부문에 걸쳐 광범위하게 적용할 수 있다(높은 신뢰도). {2.2.3}

A.3.3 대부분의 관측된 적응 대책의 결과는 단편화되고 점진적이며<sup>18</sup>, 부문별로 다르고, 지역에 걸쳐 불균등하게 분포되어 있다. 진전에도 불구하고 적응 격차는 부문과 지역에 걸쳐 존재하며 현재 이행 수준에서 계속 커질 것이고 저소득층 사이에서 적응 격차가 가장 클 것이다. (높은 신뢰도) {2.3.2}

A.3.4 다양한 부문과 지역에서 오적응의 증거가 증가하고 있다. 오적응은 특히 소외되고 취약한 집단에 악영향을 미친다. (높은 신뢰도) {2.3.2}

A.3.5 재정적, 거버넌스, 제도적, 정책적 계약으로 인해(높은 신뢰도) 현재 일부 저지대 해안 지역의 소규모 농민과 가정에서 적응에 대한 연성 한계를 경험하고 있다(중간 신뢰도). 일부 열대, 해안, 극지방 및 산림 생태계는 경성 적응 한계에 도달했다(높은 신뢰도). 적응은 효과적인 적응이라고 할지라도 연성 및 경성 한계에 도달하기 전에도 모든 손실과 피해를 예방하지는 않는다. {2.3.2}

<sup>15</sup> 부속서 I 참조: 용어집 {2.2.3}

<sup>16</sup> 여기서 효과성은 기후 관련 리스크를 줄이기 위해 적응 옵션이 예상되거나 관측되는 정도를 의미한다. {2.2.3}

<sup>17</sup> 생태계 기반 적응(EbA)은 생물 다양성 협약(CBD14/5)에 따라 국제적으로 인정된다. 관련 개념은 자연 기반 솔루션(NbS)이다. 부속서 I 참조: 용어집

<sup>18</sup> 기후변화에 대한 점진적인 적응은 이미 손실을 줄이거나 극한 날씨/기후 현상에서 자연적 변화의 편익을 강화하는 행동 및 행태의 확장으로 이해된다. {2.3.2}

- A.3.6 적응에 대한 주요 장애요인에는 제한된 자원, 민간 부문 및 시민 참여 부족, 불충분한 자금 조달(연구 포함), 낮은 기후 문해력, 정치적 헌신 부족, 제한된 연구 및/또는 적응 과학의 느리고 낮은 활용, 낮은 급박함 등이 있다. 예상되는 적응 비용과 적응에 할당된 재정 사이에 격차가 커지고 있다(높은 신뢰도). 적응 재정은 주로 공적 자원에서 나왔고, 전지구적으로 추측되는 기후 재정의 작은 부분이 적응을 대상으로 했고 압도적인 다수가 완화를 대상으로 했다(매우 높은 신뢰도). 전지구 추측 기후 금융이 AR5 이후 상승 추세를 보였지만, 공공 및 민간 금융 출처를 포함하여 적응을 위한 현재 전지구 금융 흐름은 불충분하고 특히 개발도상국에서 적응 옵션의 이행을 제한한다(높은 신뢰도). 불리한 기후 영향은 손실과 피해를 유발하고 국가 경제 성장을 방해함으로써 금융 자원의 가용성을 더욱 감소시킬 수 있으며, 따라서 특히 개발 도상국과 최빈국의 적응에 대한 금융 제약을 더욱 증가시킬 수 있다(중간 신뢰도). {2.3.2; 2.3.3}

#### Box SPM.1 AR6 종합보고서에서 시나리오 및 모델링된 경로의 사용

모델링된 시나리오 및 경로<sup>19</sup>는 미래 배출량, 기후변화, 관련 영향 및 리스크, 가능한 완화 및 적응 전략을 탐색하는 데 사용되며 사회 경제적 변수 및 완화 옵션을 포함한 다양한 가정을 기반으로 한다. 이것은 정량적 전망이며 예견이나 예보가 아니다. 비용 효율적인 접근 방식을 기반으로 하는 것을 포함하여 전지구적으로 모델링된 배출 경로는 지역적으로 차별화된 가정과 결과를 포함하며 이러한 가정을 주의 깊게 인식하여 평가해야 한다. 대부분은 전지구적 형평성, 환경적 정의 또는 지역 내 소득 분배에 대해 명시적인 가정을 하지 않는다. IPCC는 이 보고서에서 평가된 문헌의 시나리오에 내재된 가정에 대해 중립적이며, 가능한 모든 미래를 다루고 있는 것은 아니다.<sup>20</sup> {Cross-Section Box.2}

WGI는 문헌에서 발견된 기후변화의 인위적 요인의 가능한 미래 개발 범위를 다루는 SSP<sup>21</sup>에 기반한 다섯가지 예시 시나리오에 대한 기후 대응을 평가했다. GHG 배출이 다소 높거나 매우 높은 시나리오(SSP3-7.0 및 SSP5-8.5)<sup>22</sup>는 각각 2100년 및 2050년까지 현재 수준에서 대략 두 배의 CO<sub>2</sub> 배출을 갖는다. 중간 GHG 배출 시나리오(SSP2-4.5)에서는 21세기 중반까지 CO<sub>2</sub> 배출이 현재 수준으로 유지된다. 매우 낮거나 낮은 GHG 배출량 시나리오(SSP1-1.9 및 SSP1-2.6)에서는 CO<sub>2</sub> 배출량이 각각 2050년과 2070년경에 넷제로로 감소한 후 다양한 수준의 음의 CO<sub>2</sub> 순 배출량이 뒤따른다. 또한 대표 농도 경로(Representative Concentration Pathways, RCP)<sup>23</sup>는 WGI 및 WGIII에서 지역 기후변화, 영향 및 리스크를 평가하는 데 사용되었다. WGIII에서는 많은 수의 전지구적으로 모델링된 배출 경로가 평가되었으며, 그 중에서 1202개의 경로가 21세기 동안 평가된 지구온난화를 기반으로 분류되었다. 오버슈트 없거나 제한적이면서 가능성이 50% 이상(이 보고서에서 >50%로 표시됨)으로 온난화를 1.5°C로 제한하는 경로(C1)에서 4°C를 초과하는 경로(C8)까지 다양한 범주가 있다. {Cross-Section Box.2} (Box SPM. 1, 표 1)

1850~1900년 대비 지구온난화 수준(GWL)은 주어진 GWL에서 많은 변수에 대한 변화의 패턴이 고려되는 모든 시나리오에 공통적이며 해당 수준에 도달하는 시기와 무관하기 때문에 기후변화와 관련 영향 및 리스크 평가를 통합하는 데 사용된다. {Cross-Section Box.2}

<sup>19</sup> 문헌에 경로와 시나리오라는 용어는 같은 의미로 사용되며, 전자는 기후 목표와 관련하여 더 자주 사용된다. WGI는 주로 시나리오라는 용어를 사용했고 WGIII는 모델링된 배출 및 완화 경로라는 용어를 주로 사용했다. SYR은 주로 WGI를 참조할 때 시나리오를 사용하고 WGIII를 참조할 때 모델링된 배출 및 완화 경로를 사용한다.

<sup>20</sup> 모델링된 모든 전지구 배출 경로의 약 절반은 전지구적으로 최소 비용 완화/저감 옵션에 의존하는 비용 효율적인 접근 방식을 가정한다. 나머지 절반은 기존 정책과 지역 및 부문별로 차별화된 조치를 살펴본다.

<sup>21</sup> SSP 기반 시나리오는 SSPx-y로 지칭되며, 여기에서 'SSPx'는 시나리오의 근간이 되는 사회경제적 추세를 설명하는 공통사회경제경로를 의미하고, 'y'는 2100년에 시나리오에서 나타난 복사 강제력의 수준(평방미터당 와트 또는 Wm<sup>-2</sup>)을 의미한다. {Cross-Section Box.2}

<sup>22</sup> 매우 높은 배출량 시나리오는 가능성이 낮아졌지만 배제할 수는 없다. 4°C 이상의 온난화 수준은 매우 높은 배출 시나리오에서 발생할 수 있지만, 기후 민감도 또는 탄소 순환 피드백이 최선의 추정치보다 높은 경우 낮은 배출 시나리오에서도 발생할 수 있다. {3.1.1}

<sup>23</sup> RCP 기반 시나리오를 RCPy라고 하며, 여기에서 'y'는 2100년 시나리오에서 발생한 대략적인 복사 강제력 수준(제곱미터 당 와트 또는 W m<sup>-2</sup>)을 나타낸다. SSP 시나리오는 RCP보다 더 넓은 범위의 GHG 및 대기 오염 물질 미래를 다룬다. 그것들은 유사하지만 동일하지는 않으며, 농도 궤적의 차이가 있다. 전체 효과적인 복사 강제력은 동일한 레이블을 가진 RCP와 비교하여 SSP에서 더 높은 경향이 있다(중간 신뢰도). {Cross-Section Box.2}

Box SPM.1, 표 1: AR6 실무그룹 보고서에 고려된 시나리오 및 모델링된 경로의 설명과 관계. {Cross-Section Box.2, 그림 1}

WGIII의 범주	범주 설명	WGI & WGII의 GHG 배출 시나리오(SSPx-y*)	WGI & WGII의 RCPy**
C1	오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)*	매우 낮음(SSP1-1.9)	
C2	높은 오버슈트 이후 1.5°C 온난화로 복귀(>50%)*		
C3	온난화를 2°C로 제한(>67%)	낮음(SSP1-2.6)	RCP2.6
C4	온난화를 2°C로 제한(>50%)		
C5	온난화를 2.5°C로 제한(>50%)		
C6	온난화를 3°C로 제한(>50%)	중간(SSP2-4.5)	RCP 4.5
C7	온난화를 4°C로 제한(>50%)	높음(SSP3-7.0)	
C8	온난화가 4°C로 초과(>50%)	매우 높음(SSP5-8.5)	RCP 8.5

\* SSPx-y 용어는 각주<sup>21</sup>을 참조한다.

\*\* SSPx-y 용어는 각주<sup>23</sup>을 참조한다.

\*\*\*제한된 오버슈트는 최대 약 0.1°C까지 지구온난화를 1.5°C를 초과하는 경우이며, 높은 오버슈트는 0.1°C~0.3°C까지를 의미하며, 두 경우 모두 최대 수십년 동안 지속된다.

## 완화의 현재 진행, 격차, 도전 과제

A.4 완화를 다루는 정책 및 법률은 AR5 이후 지속적으로 확대되었다. 2021년 10월에 발표된 국가 결정 기여(NDC)에 의해 암시된 2030년의 전지구 GHG 배출량은 21세기 동안에 온난화가 1.5°C를 초과할 가능성이 있으며 온난화를 2°C 미만으로 제한하는 것을 더 어렵게 만든다. 이행된 정책의 배출량 전망치와 NDC의 예상 배출량 사이에는 격차가 있으며 재정 흐름은 모든 부문과 지역에서 기후 목표를 달성하는 데 필요한 수준에 미치지 못한다. (높은 신뢰도) {2.2, 2.3, 그림 2.5, 표 2.2}

A.4.1 UNFCCC, 교토의정서 및 파리협정은 국가적 목표 의식의 상승 수준을 지원하고 있다. 거의 모든 국가가 참여하는 UNFCCC 하에서 채택된 파리협정은 특히 기후 행동 및 지원의 향상된 투명성 뿐만 아니라 완화와 관련된 국가 및 하위 국가 수준에서 정책 개발 및 목표 설정을 이끌었다(중간 신뢰도). 많은 규제 및 경제 수단이 이미 성공적으로 활용되었다(높은 신뢰도). 많은 국가에서, 정책을 통해 에너지 효율성이 향상되고 산림 전용율이 감소하며 기술 배포가 가속화되어 배출을 회피하고, 경우에 따라 배출을 줄이거나 제거했다(높은 신뢰도). 여러 증거에 따르면 완화 정책으로 인해 전지구 연간 온실가스 배출량이 수<sup>24</sup> Gt CO<sub>2</sub>-eq yr<sup>-1</sup> 정도 감소했다(중간 신뢰도). 최소 18개국이 10년 넘게 절대적인 생산 기반 GHG 및 소비 기반 CO<sub>2</sub> 감축<sup>25</sup>을 유지했다. 이러한 감축량은 전지구 배출량 증가를 부분적으로만 상쇄했다(높은 신뢰도). {2.2.1; 2.2.2}

A.4.2 태양 에너지, 풍력 에너지, 도시 시스템의 전력화, 도시 그린 기반시설, 에너지 효율성, 수요 측면 관리, 산림 및 농작물/초원 관리 개선, 음식물 쓰레기 감소와 같은 몇 가지 완화 옵션은 기술적으로 실행 가능하고, 점점 더 비용 효율성이 증가하고 있으며, 일반적으로 대중의 지지를 받고 있다.

<sup>24</sup> 최소한 1.8 GtCO<sub>2</sub>-eq yr<sup>-1</sup>은 경제 및 규제 수단의 영향에 대한 별도의 추정치를 합산하여 설명할 수 있다(중간 신뢰도). 점점 더 많은 법률과 행정 명령이 전지구 배출량에 영향을 미치고 있으며 2016년의 배출량은 그렇지 않은 경우보다 5.9GtCO<sub>2</sub>-eq yr<sup>-1</sup> 감소한 것으로 추정된다. (중간 신뢰도) {2.2.2}

<sup>25</sup> 감축은 에너지 공급 탈탄소화, 에너지 효율성 향상 및 에너지 수요 감소와 관련이 있으며, 이는 정책 및 경제 구조 변화의 결과이다(높은 신뢰도). {2.2.2}

2010년부터 2019년까지 태양 에너지(85%), 풍력 에너지(55%), 리튬 이온 배터리(85%)의 단위 비용이 지속적으로 감소했으며 배치가 크게 증가했으나(태양광의 경우 10배 이상, 전기 자동차(EV)의 경우 100배 이상) 지역에 따라 차이가 크다. 비용을 절감하는 정책 수단의 혼합은 공공 R&D, 실증 및 파일럿 단계 프로젝트에 대한 자금 조달 및 규모화를 위한 설치 보조금과 같은 주요 견인 수단을 포함한다. 배출 집약적 시스템을 유지하는 것은 일부 지역 및 부문에서 저배출 시스템으로 전환하는 것보다 비용이 더 많이 들 수 있다. (높은 신뢰도) {2.2.2, Figure 2.4}

- A.4.3 COP26<sup>26</sup> 이전에 발표된 NDC의 이행과 관련된 2030년 전지구 GHG 배출량과 비교해, 오버Shoot이 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하거나 즉각적인 행동을 가정하여 온난화를 2°C로 제한(>67%)하는 모델링된 완화 경로와 관련된 것 사이에 상당한 '배출 격차'가 존재한다(높은 신뢰도). 이는 21세기 동안 온난화가 1.5°C를 초과할 가능성을 높인다(높은 신뢰도). 오버Shoot이 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하거나 즉각적인 행동을 가정하여 온난화를 2°C로 제한(>67%)하는 전지구 모델링된 완화 경로는 이번 10년 동안 심층적인 지구 온실가스 배출량 감축을 암시한다(높은 신뢰도)(SPM 상자 1, 표 1, B.6 참조)<sup>27</sup>. 2030년까지 COP26 이전에 발표된 NDC와 일관성이 있고, 이후 의욕이 증가하지 않는다고 가정하는 모델링된 경로는 배출량이 더 많아져서 2100년까지 지구온난화 중간값은 2.8 [2.1~3.4]°C가 된다(중간 신뢰도). 많은 국가에서 금세기 중반까지 온실가스 넷제로 또는 CO<sub>2</sub> 넷제로를 달성하겠다는 의사를 밝혔지만, 범위와 구체성 측면에서 국가마다 공약이 다르며 현재까지 이를 이행하기 위한 제한된 정책이 시행되고 있다. {2.1.1, 표 2.1, 그림 2.5, 그림 3.1} (그림 SPM.1)
- A.4.4 정책 범위는 부문별로 고르지 않다(높은 신뢰도). 2020년 말까지 이행된 정책은 NDC가 암시하는 배출량보다 2030년에 더 높은 전지구 GHG 배출을 초래할 것으로 예상되며, 이는 '이행 격차'를 나타낸다(높은 신뢰도). 정책을 강화하지 않으면 2100년까지 3.2[2.2~3.5]°C의 지구온난화가 예상된다(중간 신뢰도). {2.2.2, 2.3.1, 3.1.1, 그림 2.5} (Box SPM.1, 그림 SPM.5)
- A.4.5 대부분의 개발도상국, 특히 최빈국에서 저배출 기술의 채택은 부분적으로 제한된 금융, 기술 개발 및 전환, 수용능력으로 인해 뒤쳐져 있다(중간 신뢰도). 기후 금융 흐름의 규모는 지난 10년 동안 증가했고 자금 조달 채널은 확대되었지만 2018년 이후 성장이 둔화되었다(높은 신뢰도). 금융 흐름은 지역과 부문에 걸쳐 다양한 형태로 발전했다(높은 신뢰도). 화석 연료에 대한 공공 및 금융 자금 흐름은 여전히 기후 적응 및 완화를 위한 금융 흐름보다 크다(높은 신뢰도). 추적된 기후 금융의 압도적인 다수는 완화를 지향하지만 그럼에도 온난화를 모든 부문과 지역에 걸쳐 2°C 혹은 1.5°C 미만으로 제한하는 데 필요한 수준에는 미치지 못한다(C7.2 참조)(매우 높은 신뢰도). 2018년에 선진국에서 개발도상국으로의 공공 및 공적으로 동원된 민간 기후 금융 흐름은 의미 있는 완화 조치 및 이행에 대한 투명성의 맥락에서 2020년까지 연간 1,000억 달러를 조성하기 위한 UNFCCC 및 파리협정에 따른 목표보다 낮았다(중간 신뢰도). {2.2.2, 2.3.1, 2.3.3}

<sup>26</sup> WGIII의 문헌 마감일로 인해 2021년 10월 11일 이후에 제출된 추가 NDC는 여기에서 평가되지 않는다. {상세보고서의 각주 32}

<sup>27</sup> 예상되는 2030년 GHG 배출량은 모든 조건부 NDC 요소를 고려할 경우 50(47~55) GtCO<sub>2</sub>-eq이다. 조건부 요소가 없으면, 전지구 배출량은 53(50~57) GtCO<sub>2</sub>-eq로 모델링된 2019년 수준과 거의 유사할 것으로 예상된다. {2.3.1, 표 2.2}

## B. 미래 기후변화, 리스크 및 장기적 대응

### 미래 기후변화

**B.1** 계속되는 온실가스 배출은 지구온난화를 증가시킬 것이며 고려된 시나리오와 모델링된 경로에서 가까운 시일 내에 1.5°C에 도달할 것으로 추정된다. 지구온난화가 증가할 때마다 복합적이고 동시적인 리스크가 심화될 것이다(높은 신뢰도). 온실가스 배출의 강하고, 빠르고, 지속적인 감소는 약 20년 내에 지구온난화의 눈에 띄는 둔화와 몇 년 안에 대기 구성의 눈에 띄는 변화로 이어질 것이다(높은 신뢰도). {Cross-Section Box 1 및 2, 3.1, 3.3, 표 3.1, 그림 3.1, 4.3} (그림 SPM.2, Box SPM.1)

**B.1.1** 지구온난화는<sup>28</sup> 주로 고려된 거의 모든 시나리오 및 모델링된 경로에서 누적 CO<sub>2</sub> 배출량 증가로 인해 단기적으로 미래에(2021~2040년) 계속 증가할 것이다. 단기 내에 지구온난화는 매우 낮은 GHG 배출 시나리오(SSP1-1.9)에서도 1.5°C에 도달할 가능성이 낮지 않으며, 더 높은 배출 시나리오에서 1.5°C를 초과할 가능성이 높거나 매우 높다. 고려된 시나리오와 모델링된 경로에서 1.5°C의 지구온난화 수준에 도달하는 시간에 대한 최적의 추정치는 단기적 미래 내에 있다<sup>29</sup>. 일부 시나리오와 모델링된 경로에서 지구온난화는 21세기 말까지 1.5°C 미만으로 다시 감소한다(B.7 참조). GHG 배출 시나리오에 대해 평가된 기후 대응은 매우 낮은 GHG 배출 시나리오(SSP1-1.9)의 경우 1.4°C에서 중간 GHG 배출 시나리오(SSP2-4.5)의 경우 2.7°C, 매우 높은 GHG 배출 시나리오(SSP5-8.5)<sup>30</sup>의 경우 4.4°C 범위에서 AR5의 해당 시나리오보다 불확실성 범위가<sup>31</sup> 더 좁은 2081~2100년에 대한 최적의 온난화 추정치를 보여준다. {Cross-Section Box 1 및 2, 3.1.1, 3.3.4, 표 3.1, 4.3} (Box SPM.1)

**B.1.2** 대조적인 GHG 배출 시나리오 (SSP1-1.9 및 SSP1-2.6 vs SSP3-7.0 및 SSP5-8.5) 사이의 전지구적 지표면 온도의 경향의 눈에 띄는 차이는 약 20년 이내에 자연적 변동성<sup>32</sup>에서 나타나기 시작할 것이다. 이러한 대조적인 시나리오 하에서 GHG 농도에 대한 식별 가능한 효과는 몇 년 내에 나타날 것이며, 대기 오염 제어와 강력하고 지속적인 메탄 배출 감소의 조합으로 인해 대기 질 개선에 대해서는 더 빨리 나타날 것이다. 대기 오염 물질 배출량의 목표 저감은 GHG 배출량만 감축할 때보다 수년 내에 대기 질이 더 빠르게 개선되지만, 장기적으로 대기 오염 물질과 GHG 배출량을 줄이기 위한 노력을 결합한 시나리오에서는 추가적인 개선이 예상된다<sup>33</sup>. (높은 신뢰도) {3.1.1} (Box SPM.1)

**B.1.3** 지속적인 배출은 모든 주요 기후 시스템 구성 요소에 추가적으로 영향을 미칠 것이다. 지구온난화가 추가적으로 증가할 때마다 극한현상 변화는 계속해서 커진다. 계속되는 지구온난화는 변동성, 전지구적 몬순 강수량, 매우 습하고 건조한 날씨, 기후 현상 및 계절을 포함하여 전지구적 물 순환을 더욱 심화할 것으로 예상된다(높은 신뢰도).

<sup>28</sup> 달리 명시되지 않는 한, 지구온난화(부속서 I: 용어집 참조)는 1890~1900년을 기준으로 20년 평균으로 보고된다. 단일 연도의 전지구 지표면 온도는 자연적 변동성으로 인해 인간이 유발한 장기적 추세보다 높거나 낮을 수 있다. 단일 연도의 전지구 지표면 온도의 내부 변동성은 약  $\pm 0.25^{\circ}\text{C}$  (5~95% 범위, 높은 신뢰도)로 추정된다. 전지구 지표면 온도 변화가 특정 수준 이상인 개별 연도의 발생은 이 지구온난화 수준에 도달했음을 의미하지 않는다. (4.3, Cross-Section Box.2)

<sup>29</sup> WGIII에서 고려한 모델링된 경로 범주에서 1.5°C 지구온난화 수준에 도달하는(50% 확률) 평균 5년 간격은 2030~2035년이다. 2030년까지 개별 연구의 전지구 지표면 온도는 WGI에서 평가한 다섯가지 시나리오에서 40%~60%의 확률로 1850~1900년 대비 1.5°C를 초과할 수 있다(중간 신뢰도). 매우 높은 배출 시나리오를 제외하고 WGI가 고려한 모든 시나리오(SSP5-8.5)에서 평가된 평균 전지구 지표면 온도 변화가 1.5°C에 도달하는 첫 20년 연속 평균 기간의 중간점은 2030년의 전반부에 있다. 매우 높은 GHG 배출 시나리오에서, 중간점은 2020년대 후반이다. {3.1.1, 3.3.1, 4.3} (Box SPM.1)

<sup>30</sup> 다양한 시나리오에 대한 최상의 추정치[및 가능성이 매우 높은 범위]는 다음과 같다: 1.4[1.0~1.8] $^{\circ}\text{C}$  (SSP1-1.9); 1.8[1.3~2.4] $^{\circ}\text{C}$  (SSP1-2.6); 2.7[2.1~3.5] $^{\circ}\text{C}$  (SSP2-4.5); 3.6[2.8~4.6] $^{\circ}\text{C}$  (SSP3-7.0); 및 4.4[3.3~5.7] $^{\circ}\text{C}$  (SSP5-8.5). {3.1.1} (Box SPM.1)

<sup>31</sup> 평가된 전지구 지표면 온도의 미래 변화는 처음으로 다중 모델 예측과 관측 제약 및 평가된 평형 기후 민감도 및 일시적 기후 대응을 결합하여 구성되었다. 불확실성 범위는 기후 과정, 고기후 증거 및 모델 기반 긴급 제약에 대한 향상된 지식 덕분에 AR5보다 줄어들었다. {3.1.1}

<sup>32</sup> 부속서 I 참조: 용어집 자연 변동성에는 자연 요인과 내부 변동성이 포함된다. 주요 내부 변동성 현상에는 엘니뇨-남방진동, 태평양 10년 변동성 및 대서양 수십년 변동이 포함된다. (4.3)

<sup>33</sup> 추가 시나리오에 기반

CO<sub>2</sub> 배출량이 증가하는 시나리오에서 자연적인 육지 및 해양 탄소 흡수원은 이러한 배출량의 중 차지하는 비율이 감소할 것으로 예상된다(높은 신뢰도). 기타 예상되는 변경 사항에는 추가로 축소된 범위 및/또는 거의 모든 빙권 요소<sup>34</sup>의 추가적인 범위 및/또는 부피의 감소(높은 신뢰도), 추가적인 전지구 평균 수면 상승(거의 확실함), 해양 산성화 증가(거의 확실함) 및 탈산소화(높은 신뢰도)가 포함된다. {3.1.1, 3.3.1, 그림 3.4} (그림 SPM.2)

- B.1.4 온난화가 심화됨에 따라 모든 지역은 점점 더 기후 영향 요인의 동시 및 다중 변화를 경험할 것으로 예상된다. 복합 폭염과 가뭄은 여러 지역에서 동시에 발생하는 것을 포함하여 더 빈번해질 것으로 예상된다(높은 신뢰도). 상대적인 해수면 상승으로 인해 모든 시나리오 하에서 2100년까지 모든 검조기 위치의 절반 이상에서 매년 최소 1년에 한번씩 현재 100년에 1번의 극한 해수면 현상이 발생할 것으로 예상된다(높은 신뢰도). 예상되는 다른 지역적 변화는 열대 저기압 및/또는 온대성 폭풍의 강화(중간 신뢰도), 건조 및 산불 날씨의 증가(중간에서 높은 신뢰도)를 포함한다. {3.1.1; 3.1.3}
- B.1.5 자연 변동성은 100년 정도의 지구온난화에 거의 영향을 미치지 않으면서 예상되는 변화를 악화시키거나 증폭시키면서 인위적 기후변화를 계속 가감할 것이다(높은 신뢰도). 이러한 가감은 특히 지역 규모와 단기적으로 적응 계획에서 고려하는 것이 중요하다. 대규모 폭발성 화산 폭발이 일어난다면<sup>35</sup>, 1년에서 3년 동안 전지구 지표면 온도와 강수량을 감소시켜 인간이 유발한 기후변화를 일시적으로 그리고 부분적으로 숨길 것이다(중간 신뢰도). {4.3}

<sup>34</sup> 영구 동토층, 계절적 적설, 그린란드와 남극 빙상, 북극 해빙.

<sup>35</sup> 2500년 재구성에 근거하여, 이 보고서에서 평가된 문헌에서 화산 성층권 에어로졸의 복사 효과와 관련된 -1 W m<sup>-2</sup>보다 더 음의 복사 강제력을 가진 분출은 평균적으로 한 세기에 두 번 발생한다. {4.3}

## 지구온난화가 심화될 때마다 평균 기후와 극한 기후의 지역적 변화가 더 광범위해지고 보다 확연해진다

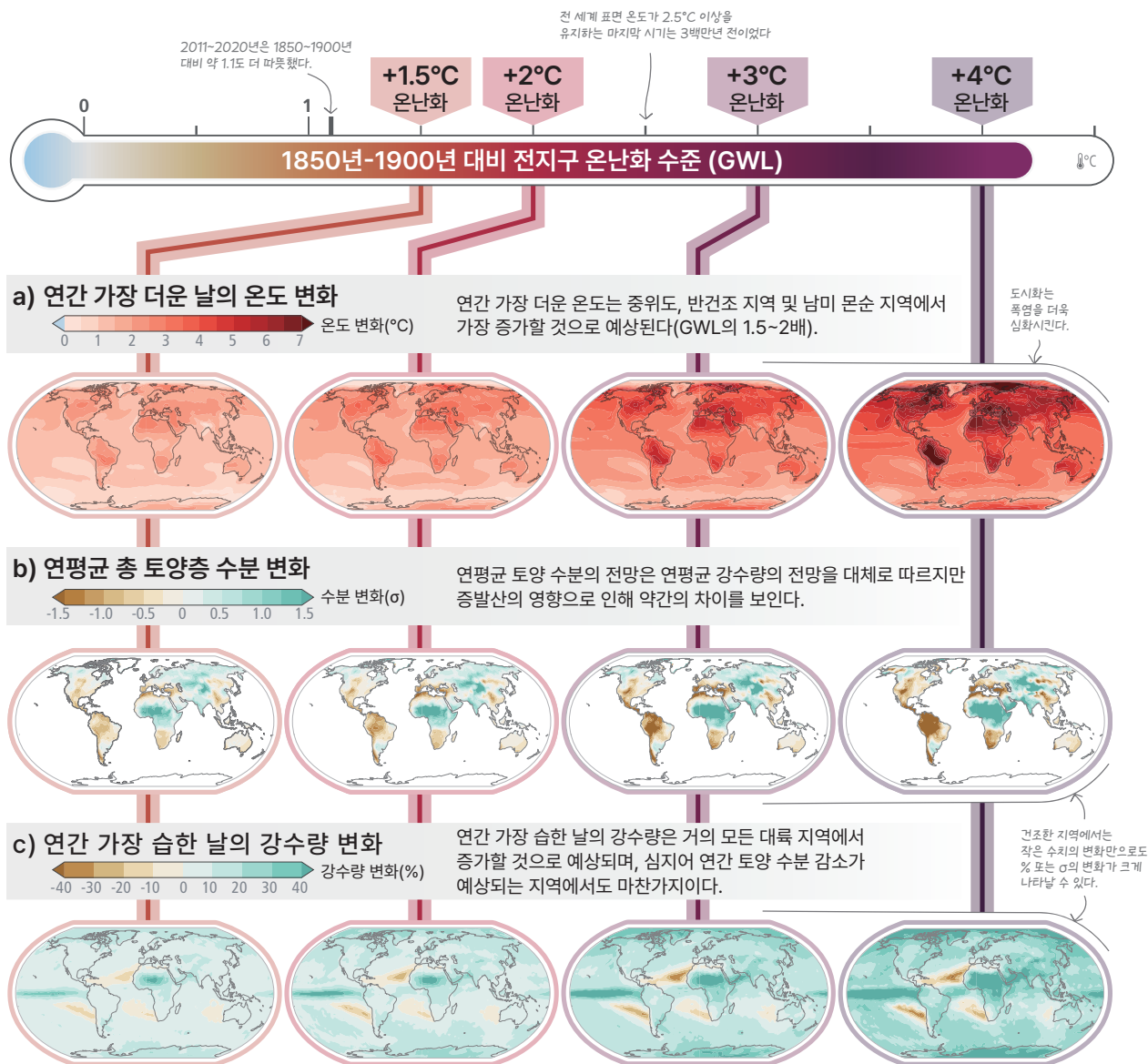


그림 SPM.2: 연간 최대 일일 기온의 예상 변화, 연간 평균 총 토양 수분 및 1850~1900년 대비 1.5°C, 2°C, 3°C, 4°C의 지구온난화 수준에서 연간 최대 일일 강수량. 예상되는 (a) 연간 최대 일일 온도 변화(°C), (b) 연평균 총 토양층 수분 변화(표준 편차), (c) 연간 최대 일일 강수량 변화(%). 패넬은 CMIP6 다중 중앙값 변화를 보여준다. 패넬 (b)와 (c)에서 건조 지역의 큰 양의 상대적 변화는 작은 절대적 변화에 해당할 수 있다. 패넬 (b)에서, 단위는 1850~1900년 동안 토양 수분의 연간 변동성의 표준 편차이다. 표준 편차는 가뭄의 심각도를 특성화하는 데 널리 사용되는 척도이다. 1 표준 편차만큼의 예상되는 토양 수분의 감소는 1850~1900년 동안 약 6년에 한 번씩 발생한 가뭄의 전형적인 토양 수분 조건에 해당한다. WGI 인터랙티브 아틀라스는 (<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>) 이 그림에 제시된 지구온난화 수준 범위에 걸쳐 기후 시스템의 추가 변화를 탐색하는 데 사용할 수 있다. {그림 3.1, Cross-Section Box.2}

## 기후변화 영향 및 기후 관련 리스크

- B.2 주어진 미래 온난화 수준에 대해 많은 기후 관련 리스크가 AR5에서 평가된 것보다 높으며 예상되는 장기 영향은 현재 관측된 것보다 최대 몇 배 더 높다(높은 신뢰도). 기후변화로 인한 리스크와 예상되는 악영향 및 관련 손실과 피해는 지구온난화가 증가할 때마다 증가할 것이다(매우 높은 신뢰도). 기후 및 비기후 리스크는 점점 더 상호 작용하여 더 복잡하고 관리하기 어려운 복합적이고 연쇄적인 리스크를 생성할 것이다(높은 신뢰도). {Cross-Section Box 2, 3.1, 4.3, 그림 3.3 그림 4.3} (그림 SPM.3, 그림 SPM.4)

- B.2.1 단기적으로, 전지구의 모든 지역이 기후 위해 요소의 추가 증가(지역 및 위해 요소에 따라 *중간에서 높은 신뢰도*)에 직면하여 생태계와 인간에 대한 다중 리스크를 증가시킬 것으로 예상된다(*매우 높은 신뢰도*). 단기적으로 예상되는 재해 및 관련 리스크는 열 관련 인간 사망률 및 질환율(*높은 신뢰도*), 식중독, 수인성 질병과 매개체 질환(*높은 신뢰도*) 및 정신 건강 문제<sup>36</sup>(*매우 높은 신뢰도*), 해안 및 기타 저지대 도시와 지역의 홍수(*높은 신뢰도*), 육지, 담수 및 해양 생태계의 생물다양성 손실(생태계에 따라 *중간에서 매우 높은 신뢰도*), 일부 지역의 식량 생산 감소(*높은 신뢰도*). 빙권과 관련된 홍수, 산사태 및 물 가용성의 변화는 대부분의 산악 지역에서 사람, 기반시설 및 경제에 심각한 결과를 초래할 가능성이 있다(*높은 신뢰도*). 예상되는 호우 빈도와 강도의 증가(*높은 신뢰도*)는 강수로 인한 지역 홍수를 증가시킬 것이다(*중간 신뢰도*). {그림 3.2, 그림 3.3, 4.3, 그림 4.3} (그림 SPM.3, 그림 SPM.4)
- B.2.2 기후변화로 인한 리스크와 예상되는 악영향과 이와 관련된 손실과 피해는 지구온난화가 증가할 때마다 증가할 것이다(*매우 높은 신뢰도*). 현재보다 1.5°C의 지구온난화에서 더 높고 2°C의 경우에서는 한층 더 높다(*높은 신뢰도*). AR5와 비교하여 지구온난화 수준이 더 낮은 수준에서도 총 리스크 수준<sup>37</sup>(우려 요인<sup>38</sup>)이 최근 관측된 영향의 증거, 적응 한계를 포함하여 인간 및 자연 시스템의 노출 및 취약성에 대한 새로운 지식에 따르면 높음에서 매우 높음으로 평가된다(*높은 신뢰도*). 피할 수 없는 해수면 상승(B.3 참조)으로 인해 해안 생태계, 사람 및 기반시설에 대한 리스크는 2100년 이후에도 계속 증가할 것이다(*높은 신뢰도*). {3.1.2, 3.1.3, 그림 3.4, 그림 4.3} (그림 SPM.3, 그림 SPM.4)
- B.2.3 온난화가 더 진행되면 기후변화 리스크는 점점 더 복잡해지고 관리하기 어려워질 것이다. 다양한 기후 및 비기후 리스크 요인이 상호작용하여 전반적인 리스크와 여러 부문 및 지역에 걸쳐 연쇄적인 리스크가 복합적으로 작용한다. 예를 들어, 기후로 인한 식량 불안과 공급 불안정은 지구온난화가 심화되면서 증가할 것으로 예상되며, 도시 확장 및 식량 생산 사이의 토지 경쟁, 전염병 및 분쟁과 같은 비기후적 요인과 상호작용하여 증가할 것으로 예상된다. (*높은 신뢰도*) {3.1.2, 4.3, 그림 4.3}
- B.2.4 주어진 온난화 수준에 대해 리스크 수준은 인간과 생태계의 취약성과 노출 경향에 따라 달라진다. 기후 위해에 대한 미래의 노출은 이주, 불평등 심화 및 도시화를 포함한 사회 경제적 발전 주체로 인해 전지구적으로 증가하고 있다. 인간의 취약성은 임시 정주지와 빠르게 성장하는 소규모 정주지에 집중될 것이다. 농촌 지역에서는 기후에 민감한 생계 수단에 대한 의존도가 높기 때문에 취약성이 높아질 것이다. 생태계의 취약성은 지속 불가능한 소비 및 생산, 증가하는 인구 압력, 토지, 해양 및 수자원의 계속되는 지속 불가능한 사용 및 관리의 과거, 현재 및 미래 패턴에 의해 크게 영향을 받을 것이다(*높은 신뢰도*). 생태계와 그 서비스의 손실은 전지구적으로 사람들이, 특히 기본적인 수요를 충족하기 위해 생태계에 직접적으로 의존하는 토착민과 지역 사회에 연쇄적이고 장기적인 영향을 미친다. (*높은 신뢰도*) {Cross-Section Box.2, 그림 1 1c, 3.1.2, 4.3}

<sup>36</sup> 모든 평가 지역에서.

<sup>37</sup> 감지할 수 없는 리스크 수준은 관련 영향을 감지할 수 없고 기후변화로 인한 것이라고 할 수 없음을 나타낸다. 중간 리스크는 관련 영향이 최소한 중간 신뢰도로 감지 가능하고 기후변화로 인한 것임을 나타내며, 주요 리스크에 대한 다른 특정 기준도 설명한다. 높은 리스크는 주요 리스크를 평가하기 위한 하나 이상의 기준에서 높은 것으로 판단되는 심각한 광범위한 영향을 나타낸다. 매우 높은 리스크 수준은 위해 또는 영향/리스크의 특성으로 인해 적응 능력이 제한된 것과 결합하여 심각한 영향의 리스크가 매우 높으며 상당한 비가역성이 존재하거나 기후 관련 위해가 지속됨을 나타낸다. {3.1.2}

<sup>38</sup> 우려 요인(RFC) 프레임워크는 다섯개의 광범위한 범주에 대한 리스크 발생에 대해 과학적 이해를 전달한다. RFC1: 독특하고 위협받는 시스템: 기후 관련 조건에 의해 제한된 지리적 범위를 가지고 있고 고유성이 높거나 다른 독특한 특성을 가진 생태 및 인간 체계. RFC2: 극한 기상 현상: 극한 기상 현상으로 인한 인간의 건강, 생계, 자산 및 생태계에 대한 리스크/영향. RFC3: 영향의 분포: 물리적 기후변화 위해, 노출 또는 취약성의 균일하지 않은 분포로 인해 특정 그룹에 불균형적으로 영향을 미치는 리스크/영향. RFC4: 전지구 종합 영향: 단일 메트릭으로 전지구적으로 집계될 수 있는 사회 생태 시스템에 대한 영향. RFC5: 대규모 단일 현상: 지구온난화로 인해 발생하는 상대적으로 크고 갑작스럽고 때로는 돌이킬 수 없는 시스템 변화. 부속서 참조 용어집 {3.1.2, Cross-Section Box.2}

## 미래 기후변화는 자연과 인간 시스템에 걸쳐 영향의 강도를 증가시킬 것으로 예상되며 지역적 차이를 증가시킬 것이다

추가적인 적응이 없다면 나타날 영향들의 예시

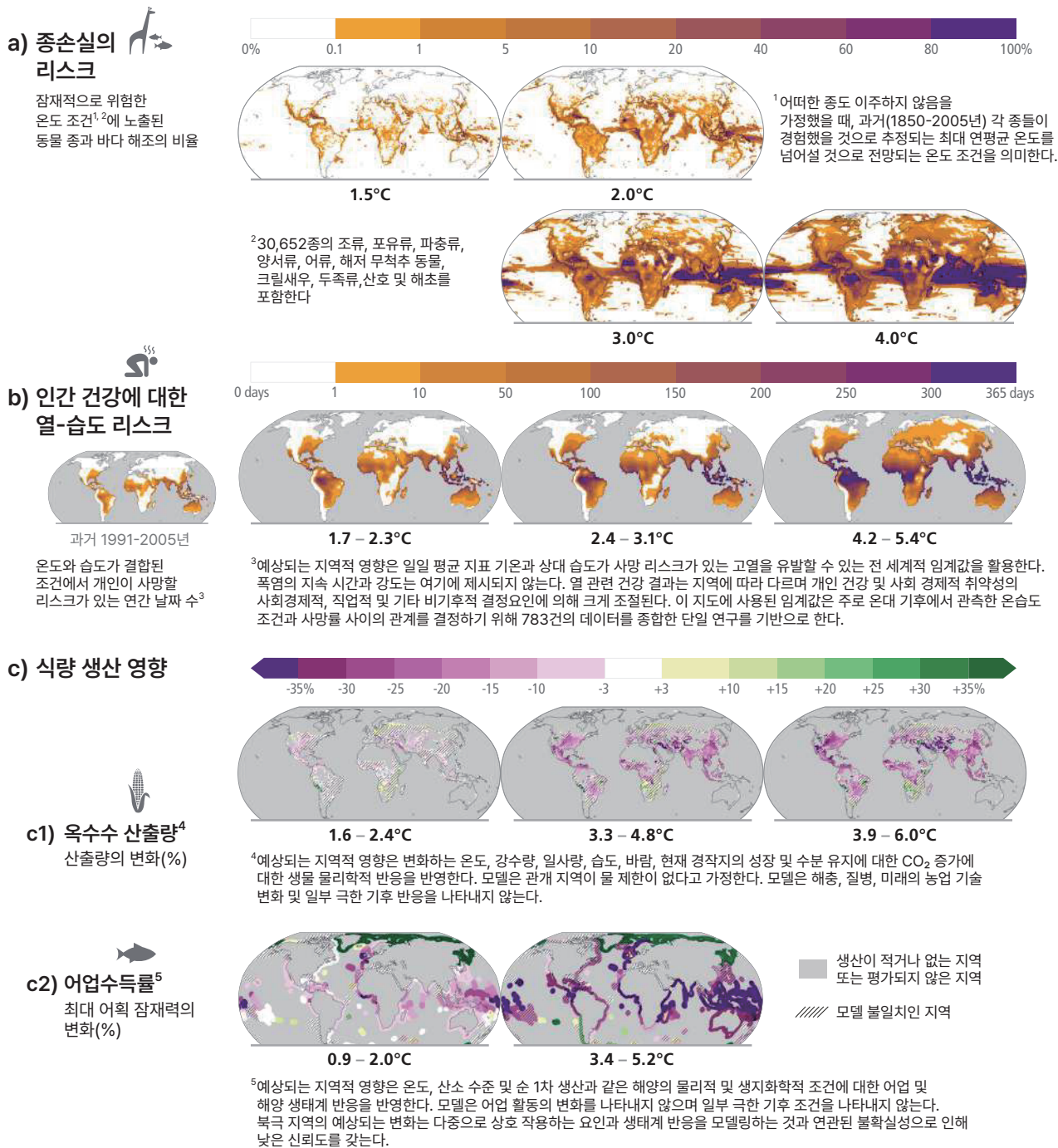
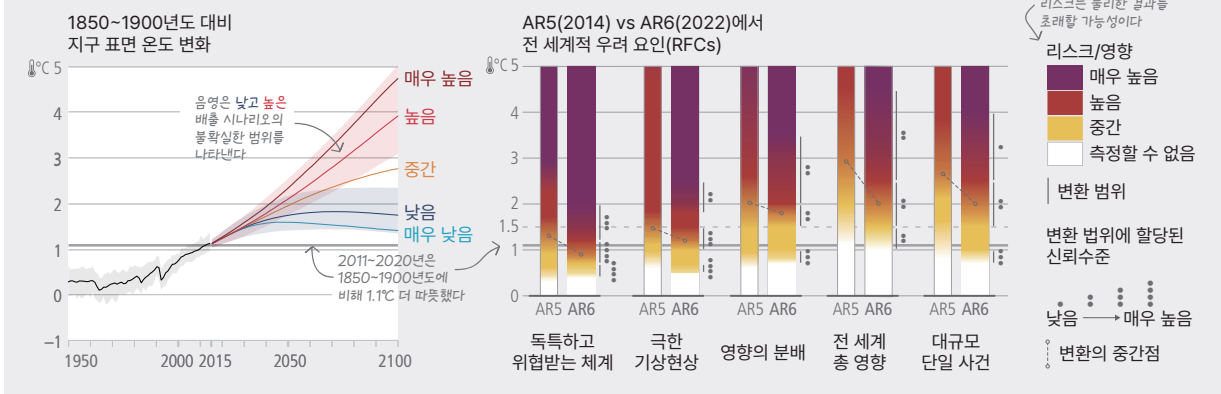


그림 SPM.3: 1850~1900년 수준과 비교하여 다양한 지구온난화 수준(GWL)에서 자연 및 인간 체계에 대한 기후변화의 예상 리스크 및 영향. 지도에 표시된 예상 리스크 및 영향은 추가적인 조정없이 각 영향 지표를 예상하는 데 사용된 전지구 시스템과 영향 모델의 다양한 하위 집합의 결과를 기반으로 한다. WGII는 이러한 예상과 추가 증거를 사용하여 인간 및 자연 시스템에 미치는 영향에 대한 추가 평가를 제공한다. (a) 1.5°C, 2°C, 3°C 및 4°C의 GWL에서 각 종이 경험한 추정된 역사적(1850~2005년) 최대 연간 평균 기온을 넘어선 조건으로 정의된 잠재적으로 위험한 온도 조건에 노출된 평가된 종의 비율로 표시되는 종 손실의 리스크. 온도의 기초 예측은 21개의 전지구 시스템 모델에서 나온 것이며 북극과 같은 생태계에 영향을 미치는 극한 현상은 고려하지 않는다. (b) 역사적 기간(1991~2005년) 및 1.7°C~2.3°C(평균 = 1.9°C, 13개 기후 모델), 2.4°C~3.1°C(2.7°C, 16개 기후 모델) 및 4.2°C~5.4°C(4.7°C, 15개 기후 모델)의 GWL에서 지표 온도 및 습도 조건으로 인해 사망 리스크가 있는 고열 조건에 인구가 연간 노출된 일수로 표시된 인체 건강에 대한 리스크. RCP2.6, RCP4.5 및 RCP8.5에서 2081~2100년까지 GWL의 사분위수 범위. 제시된 지수는 WGI 및 WGII 평가에 포함된 많은 지수에서 발견되는 공통 기능과 일치한다. (c) 식량 생산에 미치는 영향: (c1) 1.6°C~2.4°C(2.0°C), 3.3°C~4.8°C(4.1°C) 및 3.9°C~6.0°C의 예상 GWL에서 1986~2005년 대비 2080~2099년까지 옥수수 수확량의 변화 (4.9°C). 농업 모델 상호 비교 및 개발 계획(AgMIP) 및 부문간 영향 모델 상호 비교 계획(ISIMIP)의 다섯가지 전지구 시스템 모델에서 바이어스 조정된 출력에 의해 각각 구동되는 12개의 작물 모델의 총체에서 평균 수확량 변화.

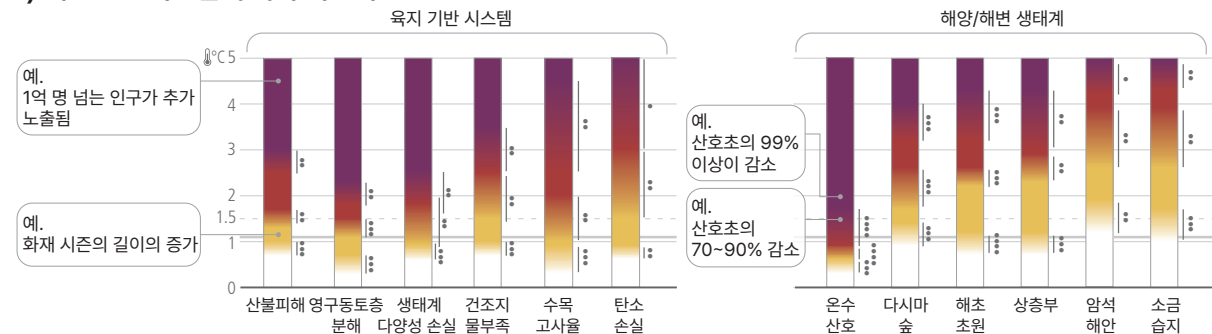
지도는 현재 재배 지역 (>10ha)에 대해 1986~2005년과 비교하여 2080~2099년을 묘사하며, 미래 지구온난화 수준의 해당 범위는 각각 SSP1-2.6, SSP3-7.0 및 SSP5-8.5에 표시된다. 해청은 기후-작물 모델 조합의 70% 미만이 영향을 정후에 동의하는 영역을 나타낸다. (c2) 0.9°C~2.0°C(1.5°C) 및 3.4°C~5.2°C(4.3°C)의 예상 GWL에서 1986~2005년 대비 2081~2099년까지 최대 어획 잠재력의 변화. RCP2.6 및 RCP8.5에 따라 2081~2100년까지 GWL. 해청은 두 기후-어업 모델이 변화 방향에서 일치하지 않는 부분을 나타낸다. 저수익 지역의 큰 상대적 변화는 작은 절대적 변화에 해당할 수 있다. 남극 대륙의 생물 다양성과 어업은 데이터 제한으로 인해 분석되지 않았다. 식량 안보는 여기에 제시되지 않은 농작물 및 어업 실패의 영향도 받는다. {3.1.2, 그림 3.2, Cross-Section Box.2} (Box SPM.1)

## 온난화가 심화될 때마다 리스크가 증가한다

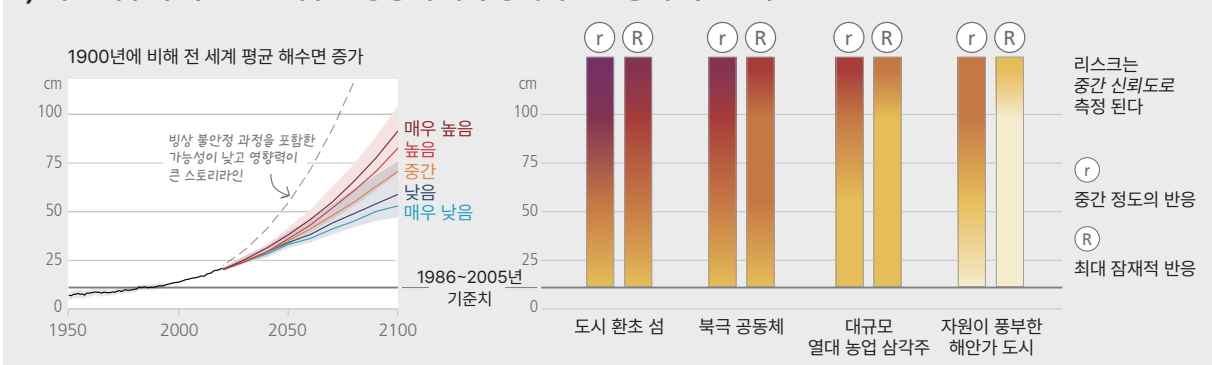
### a) 낮은 지구온난화 수준에서 높은 리스크가 발생할 것으로 평가된다



### b) 리스크는 시스템에 따라 다르다



### c) 해변 기후의 리스크는 해수면 상승에 따라 증가하고 반응에 의존한다



### d) 적응 및 사회 경제적 경로는 기후 관련 리스크 수준에 영향을 미친다

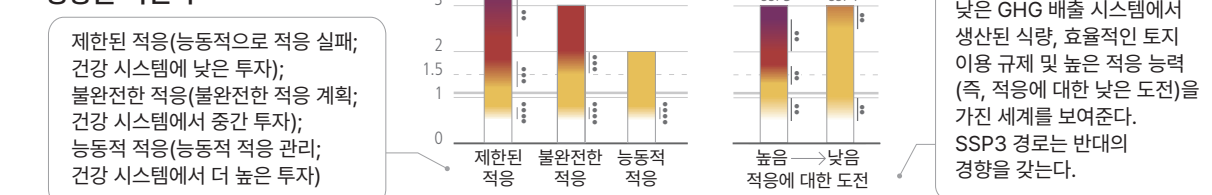


그림 SPM.4: 평가된 기후 결과 및 관련 전지구 및 지역 기후 리스크의 하위 집합. 불꽃 모양의 그래프는 문헌을 기반으로 전문가가 추출한 결과이다. **패널 (a): 왼쪽** - 1850~1900년 대비 °C 단위로 전지구 지표면 온도 변화를 나타낸다. 이러한 변화는 CMIP6 모델 시뮬레이션을 과거에 시뮬레이션된 온난화에 기반한 관측 제약 조건과 평형 기후 민감도의 업데이트된 평가를 결합하여 얻은 것이다. 낮고 높은 GHG 배출 시나리오에 대한 가능성이 매우 높은 범위가 표시된다 (*SSP1-2.6 및 SSP3-7.0*) (*Cross-Section Box. 2*). **오른쪽** - AR6(두꺼운 불씨) 및 AR5(얇은 불씨) 평가를 비교한 전지구 우려 요인(RFC). 리스크 전환은 일반적으로 업데이트된 과학적 이해와 함께 더 낮은 온도로 이동했다. 적응이 적거나 없다고 가정하여 각 RFC에 대한 다이어그램이 표시된다. 선은 AR5와 AR6에서 중간 리스크에서 높은 리스크로 전환되는 중간 지점을 연결한다. **패널 (b):** 육지와 해양 생태계에 대한 선택된 전지구 리스크는 적응이 낮거나 전혀 없는 지구온난화 수준으로 리스크가 일반적으로 증가함을 보여준다. **패널 (c): 왼쪽** - 1900년 대비 cm 단위의 전지구적 평균 해수면의 변화. 역사적 변화(검은색)는 1992년 이전의 검조기와 이후의 고도계로 관찰된다. 2100년까지의 미래 변화(색갈 있는 선 및 음영)는 CMIP, 빙상 및 빙하 모델의 에뮬레이션을 기반으로 하는 관측 제약 조건으로 일관되게 평가되며 SSP1-2.6 및 SSP3-7.0에 대한 가능성의 범위가 표시된다. **오른쪽** - SROCC 기준 기간(1986~2005년)과 관련하여 두가지 대응 시나리오 하에서 평균 및 극한 해수면 변화로 인해 2100년에 4개의 예시가 되는 해안 지역에 대한 해안 범람, 침식 및 염류화의 통합 리스크 평가 평가는 평균 해수면 상승에 의해 직접적으로 유발된 것 이상의 극한 해수면 변화를 설명하지 않는다. 극단적인 해수면의 다른 변화를 고려하면(예: 저기압 강도의 변화로 인해) 리스크수준이 증가할 수 있다. “중간 정도의 대응 없음”은 현재의 노력을 설명한다(즉, 더 이상 중요한 조치 또는 새로운 유형의 조치가 없음). “최대 잠재적 대응”은 최소한의 재정적, 사회적 및 정치적 장벽을 가정하고 현재와 비교하여 최대한으로 이행된 대응 및 상당한 추가적 노력의 조합을 나타낸다. (여기에서, ‘현재’는 2019년을 의미한다.) 평가 기준은 노출 및 취약성, 연안 위해, 현장 대응 및 계획된 재배치를 포함한다. 계획된 재배치는 관리된 후퇴 또는 재정착을 의미한다. 후퇴와 같은 일부 대응은 적응으로 간주될 수도 있고 그렇지 않을 수도 있기 때문에 여기에서는 적응이라는 용어 대신 대응이라는 용어를 사용한다. **패널 (d):** 개발 전략과 적응에 대한 도전이 리스크에 어떻게 영향을 미치는지 설명하는 다양한 사회 경제적 경로에서 선택된 리스크 **왼쪽** - 적응 효과의 세 가지 시나리오에서 열에 민감한 사람의 건강 결과를 나타낸다. 다이어그램은 세 가지 SSP 시나리오 하에서 2100년 온도 변화 범위 내에서 가장 가까운 전체 °C에서 잘린다. **오른쪽** - 기후변화 및 사회 경제적 발전 패턴으로 인한 식량 안보와 관련된 리스크. 식량 안보에 대한 리스크는 굶주림 리스크에 대한 인구, 식량 가격 인상, 아동기 저체중으로 인한 장애 조정 수명 증가를 포함하여 식량에 대한 가용성 및 접근성을 포함한다. 목표 완화 및 적응 정책의 효과를 제외하고 두가지 대조되는 사회 경제적 경로(SSP1 및 SSP3)에 대해 리스크를 평가한다. {그림 3.3} (*Box SPM.1*)

## 피할 수 없거나 돌이킬 수 없는 갑작스러운 변화의 가능성과 리스크

**B.3 미래의 일부 변화는 피할 수 없거나 또는 돌이킬 수 없지만 심층적이고 신속하며 지속적인 전지구 온실가스 배출 감축으로 인해 제한될 수 있다. 갑작스럽고 또는 돌이킬 수 없는 변화의 가능성은 지구온난화 수준이 높아짐에 따라 증가한다(높은 신뢰도). 마찬가지로 잠재적으로 매우 큰 악영향과 관련된 가능성이 낮은 결과의 확률은 지구온난화 수준이 높을수록 증가한다. (높은 신뢰도) {3.1}**

**B.3.1** 전지구 지표면 온도를 제한해도 수십년 또는 더 긴 대응 시간척도를 갖는 기후 시스템 구성 요소의 지속적인 변화를 막지는 못한다(높은 신뢰도). 해수면 상승은 지속적인 심해 온난화와 빙상 용해로 인해 수세기에서 수천년 동안 피할 수 없으며 해수면은 수천년 동안 상승한 상태를 유지할 것이다(높은 신뢰도). 그러나 심층적이고, 신속하며, 지속적인 GHG 배출 감축은 추가적인 해수면 상승 가속화와 잠재적으로 예상되는 장기적인 해수면 상승을 제한할 것이다. 1995~2014년 대비 SSP1-1.9 GHG 배출 시나리오 하에서 전지구 평균 해수면 상승 가능성은 2050년까지 0.15~0.23m, 2100년까지 0.28~0.55m이다. 반면에 SSP5-8.5 GHG 배출량 시나리오의 경우 2050년까지 0.20~0.29m, 2100년까지 0.63~1.01m이다(중간 신뢰도). 향후 2000년 동안 전지구 평균 해수면은 온난화가 1.5°C로 제한되면 약 2~3m, 2°C로 제한되면 2~6m 상승할 것이다(낮은 신뢰도). {3.1.3, 그림 3.4} (*Box SPM.1*)

**B.3.2** 임계점에 도달했을 때 촉발된 변화를 포함하여 기후 시스템의 갑작스럽고/또는 돌이킬 수 없는 변화의 가능성과 영향은 지구온난화가 심화됨에 따라 증가한다(높은 신뢰도). 온난화 수준이 증가함에 따라 숲(중간 신뢰도), 산호초(매우 높은 신뢰도), 북극 지역(높은 신뢰도)을 포함하여 생태계에서 종의 멸종 또는 돌이킬 수 없는 생물 다양성 손실의 리스크도 증가한다 2°C에서 3°C 사이의 지속적인 온난화 수준에서 그린란드와 서남극 빙상은 수천년에 걸쳐서 거의 완전히 그리고 돌이킬 수 없게 소실되어 해수면이 수 미터 상승할 것이다(제한된 증거). 빙하 질량 손실의 확률과 속도는 전지구 지표면 온도가 높을수록 증가한다(높은 신뢰도). {3.1.2; 3.1.3}

**B.3.3** 잠재적으로 매우 큰 영향과 관련된 낮은 가능성의 결과가 나타날 확률은 지구온난화 수준이 높을수록 증가한다(높은 신뢰도). 빙상 과정과 관련된 깊은 불확실성으로 인해 전지구 평균 해수면은 가능한 범위 이상으로 상승할 가능성 - 매우 높은 GHG 배출 시나리오(SSP5-8.5)하에서 2100년까지 2m에 접근하고 2300년까지 15m를 초과하는(낮은 신뢰도) - 을 배제할 수 없다. 대서양 자오선 역전 순환이 2100년 이전에 갑자기 붕괴되지 않을 것이라는 데는 중간 정도의 신뢰도가 있지만, 만약 붕괴된다면 지역 날씨 패턴에 급격한 변화를 일으키고 생태계와 인간 활동에 큰 영향을 미칠 가능성이 매우 높다. {3.1.3} (*Box SPM.1*)

## 더 온난한 전지구의 적응 옵션과 그 한계

- B.4 오늘날 실행 가능하고 효과적인 적응 옵션은 지구온난화가 증가함에 따라 제한되고 덜 효과적이게 될 것이다. 온난화가 증가함에 따라, 손실과 피해가 증가할 것이며 추가적으로 인간 및 자연 시스템이 적응 한계에 도달할 것이다. 오적응은 많은 부문과 시스템에 공동편익이 있는 적응 행동의 유연하고 여러 부문의 포괄적이고 장기적인 계획 및 이행을 통해 피할 수 있다. *(높은 신뢰도) {3.2, 4.1, 4.2, 4.3}*
- B.4.1 생태계 기반 및 대부분의 물 관련 옵션을 포함한 적응의 효율성은 온난화가 증가함에 따라 감소할 것이다. 옵션의 실행 가능성과 효과는 기후 리스크에 따라 대응을 차별화하고 시스템을 가로지르며 사회적 불평등을 해결하는 통합된 다부문 솔루션으로 증가한다. 적응 옵션은 이행 기간이 긴 경우가 많기 때문에 장기 계획은 그 효율성을 높인다. *(높은 신뢰도) {3.2, 그림 3.4, 4.1, 4.2}*
- B.4.2 추가적인 지구온난화로 인해 취약한 인구에 집중된 적응의 한계, 손실과 피해가 점점 더 피하기 어려울 것이다(*높은 신뢰도*). 1.5°C의 지구온난화 수준 이상에서 제한적인 담수 자원은 군소도서와 빙하 및 눈이 녹는 지역에 대해 잠재적인 경성 적응 한계를 제기한다(*중간 신뢰도*). 그 수준 이상에서, 일부 따뜻한 물의 산호초, 해안 습지, 열대우림, 극지 및 산악 생태계와 같은 생태계가 경성 적응 한계에 도달하거나 초과할 것이며 결과적으로 일부 생태계 기반 적응 조치도 그 효과를 잃을 것이다(*높은 신뢰도*). *{2.3.2, 3.2, 4.3}*
- B.4.3 고립된 부문과 리스크, 그리고 단기적 이익에 초점을 맞추는 행동은 종종 장기적으로 오적응으로 이어져 변경하기 어려운 취약성, 노출 및 리스크에 대한 고착을 만든다. 예를 들어, 방조제는 단기적으로 사람과 자산에 미치는 영향을 효과적으로 감소시키지만 장기 적응 계획에 통합되지 않는 한 장기적으로는 고착을 초래하고 기후 리스크에 대한 노출을 증가시킬 수 있다. 오적응적 대응은 특히 토착민과 소외 집단에 대한 기존 불평등을 악화시키고 생태계와 생물다양성의 회복력을 감소시킬 수 있다. 오적응은 많은 부문과 시스템에 공동편익이 있는 적응 조치의 유연하고 여러 부문의 포괄적이고 장기적인 계획 및 이행을 통해 피할 수 있다. *(높은 신뢰도) {2.3.2, 3.2}*

## 탄소배출허용총량 및 넷제로 배출

- B.5 인간이 초래한 지구온난화를 제한하려면 CO<sub>2</sub> 배출량이 넷제로가 되어야 한다. 넷제로 CO<sub>2</sub> 배출량에 도달할 때까지의 누적 탄소 배출량과 이번 10년 동안의 온실가스 배출량 감소 수준은 온난화를 1.5°C 또는 2°C로 제한할 수 있는지 여부를 크게 결정한다(*높은 신뢰도*). 추가 저감없이 기존 화석 연료 기반시설에서 예상되는 CO<sub>2</sub> 배출량은 1.5°C로 상승 억제를 위한 잔여탄소배출허용총량(50%)을 초과할 것이다. *(높은 신뢰도) {2.3, 3.1, 3.3, 표 3.1}*
- B.5.1 물리학적 관점에서, 인간이 유발한 지구온난화를 특정 수준으로 제한하려면 누적 CO<sub>2</sub> 배출량을 제한하고 다른 온실가스 배출량을 크게 줄여야 하며 CO<sub>2</sub> 배출량은 넷제로에 도달해야 한다. 넷제로 GHG 배출량에 도달하려면 주로 CO<sub>2</sub>, 메탄 및 기타 GHG 배출량을 줄여야 하며 이는 순 네거티브 CO<sub>2</sub> 배출을 의미한다<sup>39</sup>. 이산화탄소 제거(CDR)는 순 네거티브 CO<sub>2</sub> 배출을 달성하는 데 필요할 것이다(B.6 참조). GHG 넷제로 배출량이 지속된다면 전지구 지표면 온도는 조기에 최고점에 도달한 후 점진적으로 감소할 것으로 예상된다. *(높은 신뢰도) {3.1.1, 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3, 표 3.1, Cross-Section Box. 1}*
- B.5.2 인간 활동으로 1000 GtCO<sub>2</sub>가 배출될 때마다, 전지구 지표면 온도는 0.45°C 상승한다(최적의 추정치는 0.27~0.63°C 범위). 2020년부터의 잔여탄소배출허용총량의 최적의 추정치는 50% 확률로 지구온난화를 1.5°C로 제한하는 경우 500GtCO<sub>2</sub>이고, 67% 확률로 온난화를 2°C<sup>40</sup>로 제한하는 경우 1150GtCO<sub>2</sub>이다. 비CO<sub>2</sub> 배출의 감소가 강할수록 주어진 잔여탄소배출허용총량에 대한 온도 변화가 낮아지거나 동일한 수준의 온도 변화에 대한 잔여탄소배출허용총량은 더 커진다. *{3.3.} <sup>41</sup>*

<sup>39</sup> 100년간 지구온난화 잠재력으로 정의되는 넷제로 GHG 배출량. 각주 9 참조.

<sup>40</sup> 전지구 데이터베이스는 육지에서 발생하는 배출 및 제거 중에 어떤 것이 인위적인 것으로 간주되는 것에 대해 서로 다른 선택을 한다. 대부분의 국가는 국가 GHG 인벤토리의 '관리' 토지에서 인위적인 환경 변화(예: CO<sub>2</sub> 비료)로 인한 플럭스를 포함하여 인위적인 토지 CO<sub>2</sub> 플럭스를 보고한다. 이러한 인벤토리를 기반으로 배출량 산정을 사용하여 잔여탄소배출허용총량을 그에 대응하여 줄여야 한다. *{3.3.}*

<sup>41</sup> 예를 들어, 중앙 사례의 500GtCO<sub>2</sub>와 비교하여, 비CO<sub>2</sub> 배출량이 높거나 낮을 때 1.5°C에 대해(50%) 잔여탄소배출허용총량은 각각 300 또는 600 GtCO<sub>2</sub>가 될 수 있다. *{3.3.}*

- B.5.3 2020~2030년 사이의 연간 CO<sub>2</sub> 배출량이 평균적으로 2019년과 같은 수준으로 유지된다면 누적 배출량은 1.5°C로 제한(50%)하는 경우 잔여탄소배출허용총량을 거의 소진하고, 2°C로 제한(67%)하는 경우 잔여 탄소배출허용총량의 1/3 이상을 소진한다. 추가 저감 없이 기존 화석 연료 기반시설에서 미래 CO<sub>2</sub> 배출량 추정치는<sup>42</sup> 온난화를 1.5°C로 제한(50%)하기 위한 잔여탄소배출허용총량을 이미 초과했다(높은 신뢰도). 기존 및 계획된 화석 연료 기반시설의 수명 기간 동안 예상되는 미래 누적 CO<sub>2</sub> 배출량은 만일 과거의 운영 패턴이 유지되고 추가적인 저감이 없다면<sup>43</sup>, 83% 확률로 온난화를 2°C로 제한하기 위한 잔여탄소배출허용총량과 거의 동일하다<sup>44</sup>(높은 신뢰도). {2.3.1, 3.3.1, 그림 3.5}
- B.5.4 중앙 추정치에만 근거하면, 1850년에서 2019년 사이의 역사적 누적 순 CO<sub>2</sub> 배출량은 50% 확률로 지구온난화를 1.5°C로 제한하기 위한 총 탄소배출허용총량(중앙 추정치 약 2900 GtCO<sub>2</sub>)에 대한 약 4/5<sup>45</sup>에 달하며, 67% 확률로 지구온난화를 2°C로 제한하기 위한 총 탄소배출허용총량(중앙 추정치 약 3550 GtCO<sub>2</sub>)의 약 2/3<sup>46</sup>이다. {3.3.1, 그림 3.5}

## 완화 경로

- B.6 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 모델링된 모든 전지구 경로와 온난화를 2°C로 온난화를 제한(>67%)하는 모델링된 경로는 이번 10년에 모든 부문에서 신속하고 심층적이며, 대부분의 경우 즉각적인 온실가스 배출량 감축을 포함한다. 이러한 경로 범주에서 전지구적 넷제로 CO<sub>2</sub> 배출에는 각각 2050년대 초와 2070년대 초에 도달한다. (높은 신뢰도) {3.3, 3.4, 4.1, 4.5, 표 3.1} (그림 SPM.5, Box SPM.1)
- B.6.1 전지구 모델링된 경로는 온난화를 다양한 수준으로 제한하는 정보를 제공한다. 이러한 경로는 특히 부문별 및 지역적 측면에서 Box SPM.1에 설명된 가정에 따라 달라진다. 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하거나 온난화를 2°C로 제한(>67%)하는 전지구적으로 모델링된 경로는 심층적이고 신속하며 대부분의 경우 즉각적인 GHG 배출 감축을 특징으로 한다. 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 경로는 2050년대 초에 넷제로 CO<sub>2</sub>에 도달한 후 순 네거티브의 CO<sub>2</sub> 배출량에 도달한다. 이러한 경로 중 넷제로 GHG 배출에 도달하는 경로는 2070년대에 넷제로 GHG 배출에 도달한다. 온난화를 2°C로 제한(>67%)하는 경로는 2070년대 초에 넷제로 CO<sub>2</sub> 배출량에 도달한다. 전지구 GHG 배출량은 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 전지구 모델링된 경로와 2°C로 온난화를 제한(>67%)하는 경로에서 2020년과 늦어도 2025년 사이에 정점에 달할 것으로 전망된다. (높은 신뢰도) {3.3.2, 3.3.4, 4.1, 표 3.1, 그림 3.6} (표 SPM.1)

<sup>42</sup> 저감은 여기에서 화석 연료 기반시설에서 대기로 배출되는 온실가스의 양을 줄이는 인간의 개입을 의미한다.

<sup>43</sup> 상동

<sup>44</sup> WGI는 50%, 67% 또는 83%와 같은 다양한 가능성을 가진 온도 한계로 지구온난화를 제한하는 것과 일치하는 탄소배출허용총량을 제공한다. {3.3.1}

<sup>45</sup> 총 탄소배출허용총량에 대한 불확실성은 평가되지 않았으며 특정 계산 비율에 영향을 미칠 수 있다.

<sup>46</sup> 상동

표 SPM 1: 2019년부터 온실가스 및 CO<sub>2</sub> 배출량 감소, 중앙값 및 5~95 백분위수. {3.3.1, 3.3.4.1, 표 3.1, 그림 2.5 Box SPM.1}

		2019년 배출량 대비 감축량(%)			
		2030	2035	2040	2050
오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)	GHG	43 [34~60]	60 [49~77]	69 [58~90]	84 [73~98]
	CO <sub>2</sub>	48 [36~69]	65 [50~96]	80 [61~109]	99 [79~119]
온난화를 2°C로 제한(>67%)	GHG	21 [1~42]	35 [22~55]	46 [34~63]	64 [53~77]
	CO <sub>2</sub>	22 [1~44]	37 [21~59]	51 [36~70]	73 [55~90]

B.6.2 CO<sub>2</sub> 또는 GHG 배출량 넷제로에 도달하려면 주로 CO<sub>2</sub> 총 배출량의 심층적이고 신속한 감축과 비CO<sub>2</sub> GHG 배출량의 상당한 감축이 필요하다(높은 신뢰도). 예를 들어, 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 모델링된 경로에서 전지구 메탄 배출량은 2019년 대비 2030년까지 34[21~57]% 감소한다. 그러나 일부 저감하기 어려운 잔류 GHG 배출(예: 농업, 항공, 해상운송 및 산업 공정에서 발생하는 일부 배출량)은 남아 있으며, CO<sub>2</sub>나 GHG 배출의 넷제로를 달성하기 위해 이산화탄소 제거(CDR)방법을 활용하여 균형을 맞춰야 한다. 결과적으로 CO<sub>2</sub> 넷제로는 GHG 넷제로보다 일찍 도달한다(높은 신뢰도). {3.3.2, 3.3.3, 표 3.1, 그림 3.5} (그림 SPM.5)

B.6.3 넷제로 CO<sub>2</sub> 및 GHG 배출량에 도달하는 전지구 모델링된 완화 경로는 CCS(탄소 포집 및 저장)가 없는 화석 연료에서 CCS를 사용하는 재생 가능 에너지 또는 화석 연료와 같은 탄소 배출이 낮거나 거의 없는 에너지원과 수요 측 측정으로의 전환을 포함하며, 비CO<sub>2</sub> GHG 배출량과 CDR을 감소시키면서 효율성을 향상하는 것을 포함한다<sup>47</sup>. 대부분의 전지구 모델링된 경로에서 토지 이용 변화와 임업(재조림 및 산림 전용 감소를 통해) 및 에너지 공급 부문은 건물, 산업 및 운송 부문보다 더 빨리 넷제로 CO<sub>2</sub> 배출량에 도달한다. (높은 신뢰도) {3.3.3, 4.1, 4.5, 그림 4.1} (그림 SPM.5, Box SPM.1)

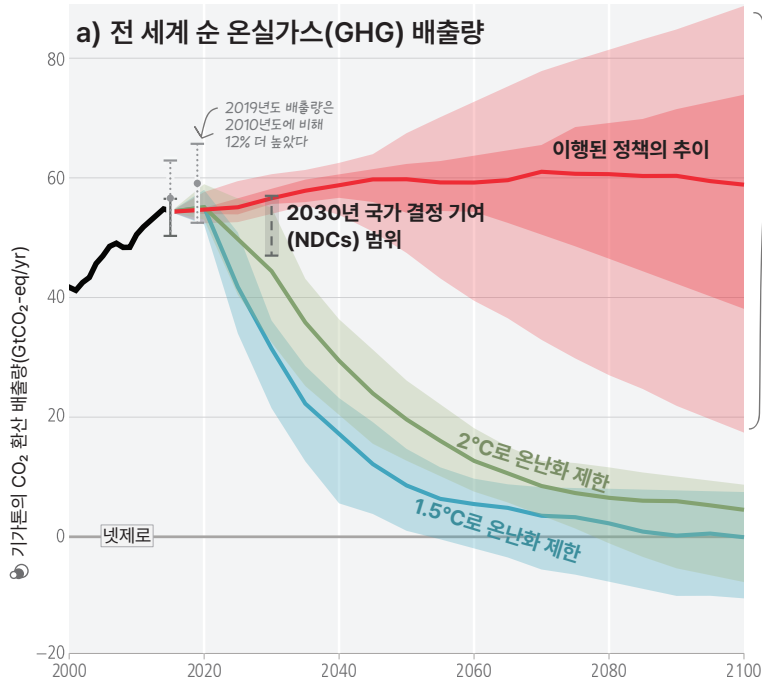
B.6.4 완화 옵션은 종종 지속가능발전의 다른 측면과 시너지가 있지만, 일부 옵션에는 상충효과가 있을 수도 있다. 예를 들어, 지속가능발전과 에너지 효율성 및 재생 가능 에너지 사이에는 잠재적인 시너지가 있다. 마찬가지로 상황에 따라<sup>48</sup>, 재조림, 산림 관리 개선, 토양 탄소 격리, 이탄지 복원 및 해안 블루 카본 관리와 같은 생물학적 CDR 방법은 생물 다양성과 생태계 기능, 고용 및 지역 생계를 향상시킬 수 있다. 그러나 바이오매스 작물의 조림이나 생산은 생물다양성, 식량 및 물 안보, 지역 생계 및 토착민의 권리를 포함하여 특히 대규모로 이행되고 토지 소유권이 불안정한 경우 사회 경제적 및 환경에 불리한 영향을 미칠 수 있다. 자원을 보다 효율적으로 사용하거나 전지구 개발을 지속 가능성으로 전환하는 모델 경로는 CDR에 대한 의존도 감소, 토지 및 생물 다양성에 대한 압력과 같은 문제가 적다. (높은 신뢰도) {3.4.1}

<sup>47</sup> CCS는 지질학적 저장 가능한 경우 대규모 화석 기반 에너지 및 산업 자원에서 배출을 줄이는 옵션이다. CO<sub>2</sub>가 대기(DACCS) 또는 바이오매스(BECCS)에서 직접 포집될 때, CCS는 이러한 CDR 방법의 저장 구성 요소를 제공한다. CO<sub>2</sub> 포집 및 지하 주입은 가스 처리 및 향상된 오일 회수를 위한 발전된 기술이다. 석유 및 가스 부문과 달리, CCS는 중요한 완화 옵션인 시멘트 및 화학 제품 생산뿐만 아니라 전력 부문에서도 덜 발전했다. 기술적 지층 저장 용량은 대략 1000 GtCO<sub>2</sub>로 추정되며, 이는 지층 저장의 지역적 가용성이 제한 요인이 될 수 있지만, 지구온난화를 1.5°C로 제한하기 위한 2100년까지의 CO<sub>2</sub> 저장 요구 사항보다 많은 양이다. 지층 저장 장소를 적절하게 선택하고 관리하면 CO<sub>2</sub>를 대기로부터 영구히 격리할 수 있을 것으로 추정된다. CCS의 이행은 현재 기술적, 경제적, 제도적, 생태적 환경 및 사회 문화적 장벽에 직면해있다. 현재 전지구 CCS 배치 속도는 지구온난화를 1.5°C에서 2°C로 제한하는 모델링된 경로의 속도보다 훨씬 낮다. 정책 도구, 더 큰 대중 지원 및 기술 혁신과 같은 조건을 활성화하면 이러한 장벽을 줄일 수 있다. (높은 신뢰도) {3.3.3}

<sup>48</sup> 생태계, 생물다양성 및 사람을 위한 CDR 배치의 영향, 리스크 및 공동 이익은 방법, 현장별 맥락, 이행 및 규모에 따라 매우 다양할 것이다(높은 신뢰도).

## 온난화를 1.5°C와 2°C로 제한하는 것은 신속하고 심층적이며 대부분의 경우 즉각적인 온실가스 배출량 감소를 포함한다

넷제로 CO<sub>2</sub> 및 넷제로 GHG 배출량은 모든 부문에서 강력한 감소를 통해 달성할 수 있다



이행된 정책은 2.2°C~3.5°C의 범위에서 3.2°C의 온난화로 이어지는 예상 배출량을 초래한다(중간 신뢰도)

### 설명표

이행된 정책 (25~75% 및 5~95%의 백분율, 중앙값)

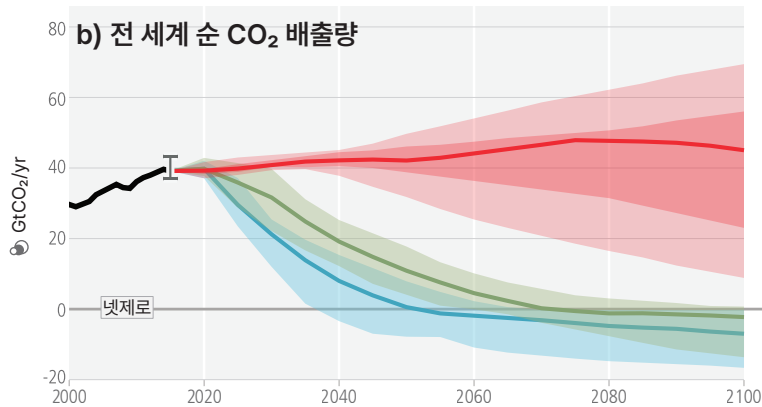
2°C(>67%)로 온난화 제한

오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)

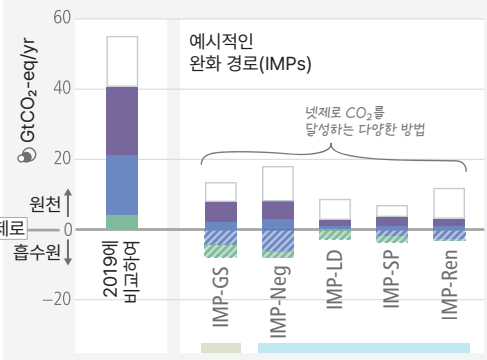
과거 배출량(2000~2015년)

2015년 배출 모델 범위

2015년과 2019년의 과거 온실가스 배출량 및 불확실성(점은 중앙값을 나타냄)



## e) 2019년 대비 넷제로 CO<sub>2</sub> 시점의 부문별 온실가스 배출량



### 설명표

비CO<sub>2</sub> 배출

운송, 산업 및 건물

에너지 공급(전기 포함)

토지 이용 변화 및 임업

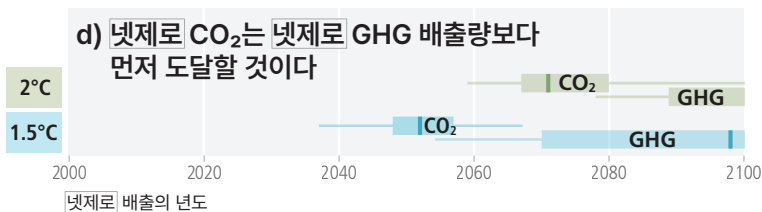
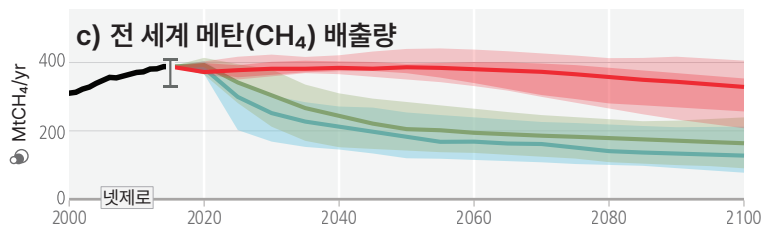


그림 SPM.5: 이행된 정책 및 완화 전략과 일치하는 전지구 배출 경로. (a), (b)와 (c)는 모델링된 경로에서 전지구 GHG, CO<sub>2</sub> 및 메탄 배출량의 발전을 보여주고 패널 (d)는 CO<sub>2</sub> 배출량이 넷제로에 도달하는 관련 시기를 보여준다. 색칠된 범위는 Box SPM.1에 설명된 대로 주어진 범주에 속하는 전지구 모델 경로에서 5번째에서 95번째 백분위 수를 나타낸다. 빨간색 범위는 2020년 말까지 이행된 정책을 가정한 배출 경로를 나타낸다. 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 모델링된 경로의 범위는 하늘색(범주 C1)으로 표시되고 온난화를 2°C로 제한(>67%)하는 경로는 녹색(범주 C3)으로 표시된다. 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 전지구 배출 경로 중에는 세기 후반에 넷제로 GHG에 도달하는 경로는 2070~2075년 사이에 넷제로 GHG에 도달한다. 패널 (e)는 예시적 완화 경로(IMP)에서 넷제로 CO<sub>2</sub> 배출량에 도달했을 때 순 네거티브 배출에 대한 높은 의존 (IMP-Neg) ("높은 오버슈트"), 높은 자원 효율(IMP-LD), 지속가능발전에 집중(IMP-SP), 재생 에너지(IMP-Ren)를 통해 온난화를 1.5°C로 제한하는 것과 일관성이 있는 경로와 완화가 처음에는 덜 신속하지만 점진적으로 강화 (IMP-GS)되어 온난화를 2°C로 제한하는 것과 일관성이 있는 경로의 CO<sub>2</sub> 및 비CO<sub>2</sub> 배출원 및 흡수원의 부문별 기여도를 보여준다. 서로 다른 IMP에 대한 양수 및 음수 배출량을 2019년의 GHG 배출량과 비교한다. 에너지 공급(전기 포함)에는 바이오에너지 이산화탄소 포집 및 저장과 대기 중 이산화탄소 직접 포집 및 저장이 포함된다. 많은 모델이 이 범주의 배출량과 흡수원을 별도로 고지하지 않기 때문에 토지 이용 변화와 임업으로 인한 CO<sub>2</sub> 배출량은 순 수치로만 표시될 수 있다. {그림 3.6, 4.1} (Box SPM.1)

## 오버슈트: 온난화 수준 초과 및 복귀

**B.7 온난화가 1.5°C와 같은 특정 수준을 초과하는 경우, 순 네거티브의 전지구 CO<sub>2</sub> 배출을 달성하고 유지함으로써 온난화를 점차적으로 다시 낮출 수 있다. 이를 위해서 오버슈트 없는 경로 대비 이산화탄소 제거를 추가로 활용해야 하므로 실행 가능성과 지속 가능성의 문제가 커진다. 오버슈트는 인간과 자연 시스템에 대한 악영향, 일부 돌이킬 수 없는 추가 리스크를 수반하며, 이들은 모두 오버슈트의 크기와 기간에 따라 증가한다. (높은 신뢰도) {3.1, 3.3, 3.4, 표 3.1, 그림 3.6}**

**B.7.1 가장 의욕적인 전지구 모델링된 경로 중 오직 소수만이 1.5°C를 일시적으로라도 초과하지 않고 2100년까지 지구온난화를 1.5°C로 제한(>50%)한다. 잔류 CO<sub>2</sub> 배출량보다 더 큰 연간 CDR 비율로 순 네거티브의 전지구 CO<sub>2</sub> 배출을 달성하고 유지하면 온난화 수준을 점진적으로 낮출 것이다(높은 신뢰도). 이 오버슈트 기간 동안 발생하는 악영향과 산불 증가, 나무의 대량 고사, 이탄 지대 건조, 영구 동토층 해동 같은 피드백 메커니즘을 통해 추가적인 온난화를 유발하는 원인은 자연 토지 흡수원 약화 및 온실가스 배출 증가로 더 많은 문제를 일으킬 것이다(중간 신뢰도). {3.3.2, 3.3.4, 표 3.1, 그림 3.6} (Box SPM.1)**

**B.7.2 오버슈트의 규모가 커지고 기간이 길어질수록 더 많은 생태계와 사회가 기후 영향 요인의 더 크고 광범위한 변화에 노출되어 더 많은 자연 시스템과 인간 체계에 대한 리스크가 증가한다. 오버슈트 없는 경로에 대비해서 사회는 기반시설, 저지대 해안 정주지 및 관련 생계에 더 큰 리스크에 직면하게 된다. 1.5°C의 오버슈트는 극지, 산악 및 해안 생태계와 같이 복원력이 낮은 특정 생태계에 돌이킬 수 없는 악영향을 미치고 빙상 빙하가 녹거나 해수면 상승이 가속화되고 더 높아지는 영향을 받을 것이다. (높은 신뢰도) {3.1.2, 3.3.4}**

**B.7.3 오버슈트가 클수록 2100년까지 1.5°C로 되돌리려면 순 네거티브 CO<sub>2</sub> 배출이 더 많이 필요하다. 넷제로 CO<sub>2</sub> 배출량으로 빠르게 전환하고 메탄과 같은 비 CO<sub>2</sub> 배출량을 빠르게 감축하면 최고 온난화 수준을 제한하고 순 네거티브 CO<sub>2</sub> 배출량에 대한 필요를 줄여서 실행 가능성 및 지속 가능성 문제와 CDR 활용과 관련된 사회적 및 환경적 리스크를 대규모로 줄일 수 있다. (높은 신뢰도) {3.3.3, 3.3.4, 3.4.1, 표 3.1}**

## C. 단기적 대응

### 단기 통합 기후 행동의 시급성

- C.1 기후변화는 인간의 복지와 전지구의 건강을 위협한다(**매우 높은 신뢰도**). 모두를 위한 살기 좋고 지속 가능한 미래를 보장할 수 있는 기회의 창이 빠르게 닫히고 있다(**매우 높은 신뢰도**). 기후탄력적 개발은 적응과 완화를 통합하여 모두를 위한 지속가능발전을 증진시키고 특히 취약한 지역, 부문 및 그룹을 위한 적절한 금융 지원에 대한 접근성 개선, 포용적 거버넌스 및 조정된 정책을 포함한 국제 협력 증가로 가능하다(**높은 신뢰도**). 앞으로 10년 동안 이행된 선택과 행동은 현재 수천년 동안 영향을 미칠 것이다(**높은 신뢰도**). {3.1, 3.3, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.7, 4.8, 4.9, 그림 3.1, 그림 3.3, 그림 4.2} (그림 SPM.1; 그림 SPM.6)
- C.1.1 관측된 악영향과 이와 관련된 손실과 피해, 예상되는 리스크, 취약성 및 적응 한계의 수준 및 경향에 대한 증거는 AR5에서 이전에 평가한 것보다 전지구적으로 기후탄력적 개발 행동이 더 시급하다는 것을 보여준다. 기후탄력적 개발은 적응과 GHG 완화를 통합하여 모두를 위한 지속가능발전을 증진한다. 기후탄력적 개발 경로는 과거의 개발, 배출량 및 기후변화에 의해 제약을 받아왔으며 특히 1.5°C를 넘어서는 모든 온난화 증가에 의해 점진적으로 제약을 받는다(**매우 높은 신뢰도**) {3.4; 3.4.2; 4.1}.
- C.1.2 시민 사회 및 민간 부문과 함께 하위 국가, 국가 및 국제 수준의 정부 행동은 지속 가능성을 향한 개발 경로의 전환 및 기후탄력적 개발을 활성화 하고 가속화하는 데 중요한 역할을 한다(**매우 높은 신뢰도**). 기후탄력적 개발은 정부, 시민 사회 및 민간 부문이 리스크 감소, 형평성 및 정의를 우선시하는 포괄적인 개발 선택을 하고 의사 결정 과정, 금융 및 행동이 거버넌스 수준, 부문 및 기간에 걸쳐 통합될 때 가능하다(**매우 높은 신뢰도**). 활성화 조건은 국가, 지역 및 현지 상황과 지역마다 역량에 따라 서로 다르며, 정치적 공약 및 후속 조치, 조율된 정책, 사회 및 국제 협력, 생태계 관리, 포용적 거버넌스, 지식 다양성, 기술 혁신, 모니터링 및 평가, 특히 취약한 지역, 부문 커뮤니티를 위한 적절한 금융지원에 대한 접근성 개선을 포함한다(**높은 신뢰도**). {3.4; 4.2, 4.4, 4.5, 4.7, 4.8} (그림 SPM.6)
- C.1.3 계속되는 배출은 모든 주요 기후 시스템의 구성 요소에 추가적으로 영향을 미칠 것이며, 많은 변화는 100년에서 1000년의 시간 규모로 돌이킬 수 없으며 지구온난화가 증가함에 따라 더 커질 것이다. 긴급하고 효과적이며 형평성 있는 완화 및 적응 행동이 없으면, 기후변화는 점점 더 생태계, 생물 다양성, 현재와 미래 세대의 생계, 건강 및 웰빙을 위협한다. (**높은 신뢰도**) {3.1.3, 3.3.3, 3.4.1, 그림 3.4, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4} (그림 SPM.1, 그림 SPM.6)

## 기후탄력적 개발을 가능하게 하는 기회의 창이 빠르게 좁아지고 있다

다양한 상호 작용 선택 및 조치들을 통해 개발 경로들을 지속 가능한 방향으로 전환할 수 있다.

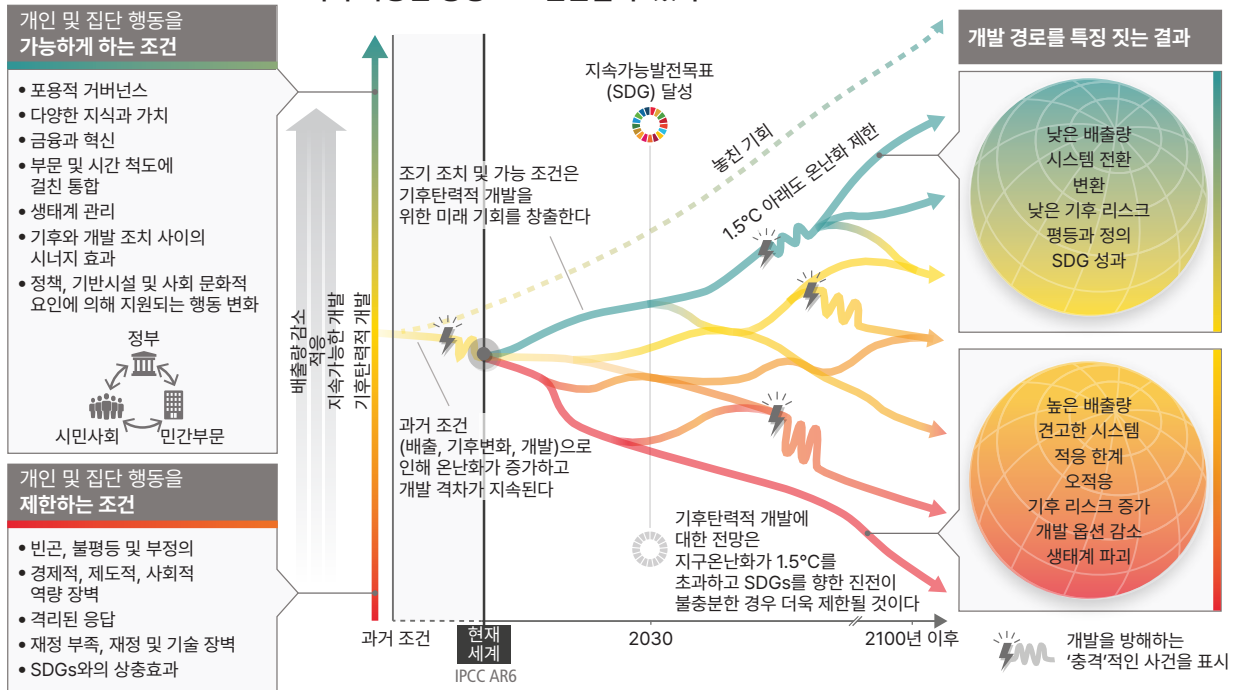


그림 SPM.6: 개발 경로(빨간색에서 녹색으로) 및 관련 결과(오른쪽 패널)에 대한 시각 자료는 모두를 위해 살기 좋고 지속 가능한 미래를 보장할 수 있는 기회의 창이 빠르게 줄어들고 있다는 것을 보여준다. 기후탄력적 개발은 지속가능발전을 지원하기 위해 온실가스 완화 및 적응 조치를 이행하는 과정이다. 다양한 경로는 다양한 정부, 민간 부문 및 시민 사회 활동가의 상호 작용하는 선택과 행동이 기후탄력적 개발을 촉진하고 지속 가능성을 향한 경로를 전환하며 배출량과 적응을 낮출 수 있음을 보여준다. 다양한 지식과 가치는 문화적 가치, 토착 지식, 지역 지식 및 과학적 지식을 포함한다. 가뭄, 홍수 또는 전염병과 같은 기후 및 비기후적 현상은 기후탄력적 개발이 높은 경로(녹색)보다 기후탄력적 개발이 낮은 경로(빨간색에서 노란색)에 더 심각한 충격을 준다. 1.5°C의 지구온난화에서 일부 인간 및 자연 시스템의 적응 및 적응 능력에 한계가 있으며 온난화가 증가할 때마다 손실과 피해가 증가할 것이다. 경제 개발의 모든 단계에서 국가가 취한 개발 경로는 국가와 지역에 따라 달라지는 GHG 배출 및 완화 문제와 기회에 영향을 미친다. 조치를 위한 경로 및 기회는 이전 조치(또는 누락된 무활동 및 기회, 점진적 경로), 활성화 및 제한 조건(왼쪽 패널)에 의해 형성되며 기후 리스크, 적응 제한 및 개발 격차의 맥락에서 발생한다. 배출량 감소가 지연될수록, 효과적인 적응 옵션은 줄어든다. [그림 4.2; 3.1; 3.2; 3.4; 4.2; 4.4; 4.5; 4.6; 4.9]

### 단기 행동의 편익

C.2 이번 10년 동안 심층적이고 신속하며 지속적인 완화 및 가속화하여 이행된 적응 행동은 인간과 생태계에 예상되는 손실과 피해를 줄이고(매우 높은 신뢰도) 특히 대기 질과 건강에 많은 공동편익을 제공할 것이다(높은 신뢰도). 지연된 완화 및 적응 행동은 고배출 기반시설을 고착 시키고, 좌초 자산 및 비용 상승의 리스크를 높이고, 실행 가능성을 낮추고, 손실과 피해를 증가시킬 것이다(높은 신뢰도). 단기 행동은 다양한 활성화 정책으로 줄일 수 있는 높은 선행 투자와 잠재적으로 파괴적인 변화를 포함한다(높은 신뢰도). {2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8}

C.2.1 이번 10년 동안의 심도 있고 신속하며 지속적인 완화 및 가속화된 이행된 적응 행동은 인간과 생태계의 기후변화와 관련된 미래 손실과 피해를 줄일 것이다(매우 높은 신뢰도). 적응 옵션은 이행 기간이 긴 경우가 많기 때문에 적응 격차를 줄이기 위해서 10년 동안 적응 격차를 없애는 것이 중요하다(높은 신뢰도). 적응과 완화를 통합하는 포괄적이고 효과적이며 혁신적인 대응은 시너지를 활용하고 적응과 완화 간의 상충효과를 줄일 수 있다(높은 신뢰도). {4.1, 4.2, 4.3}

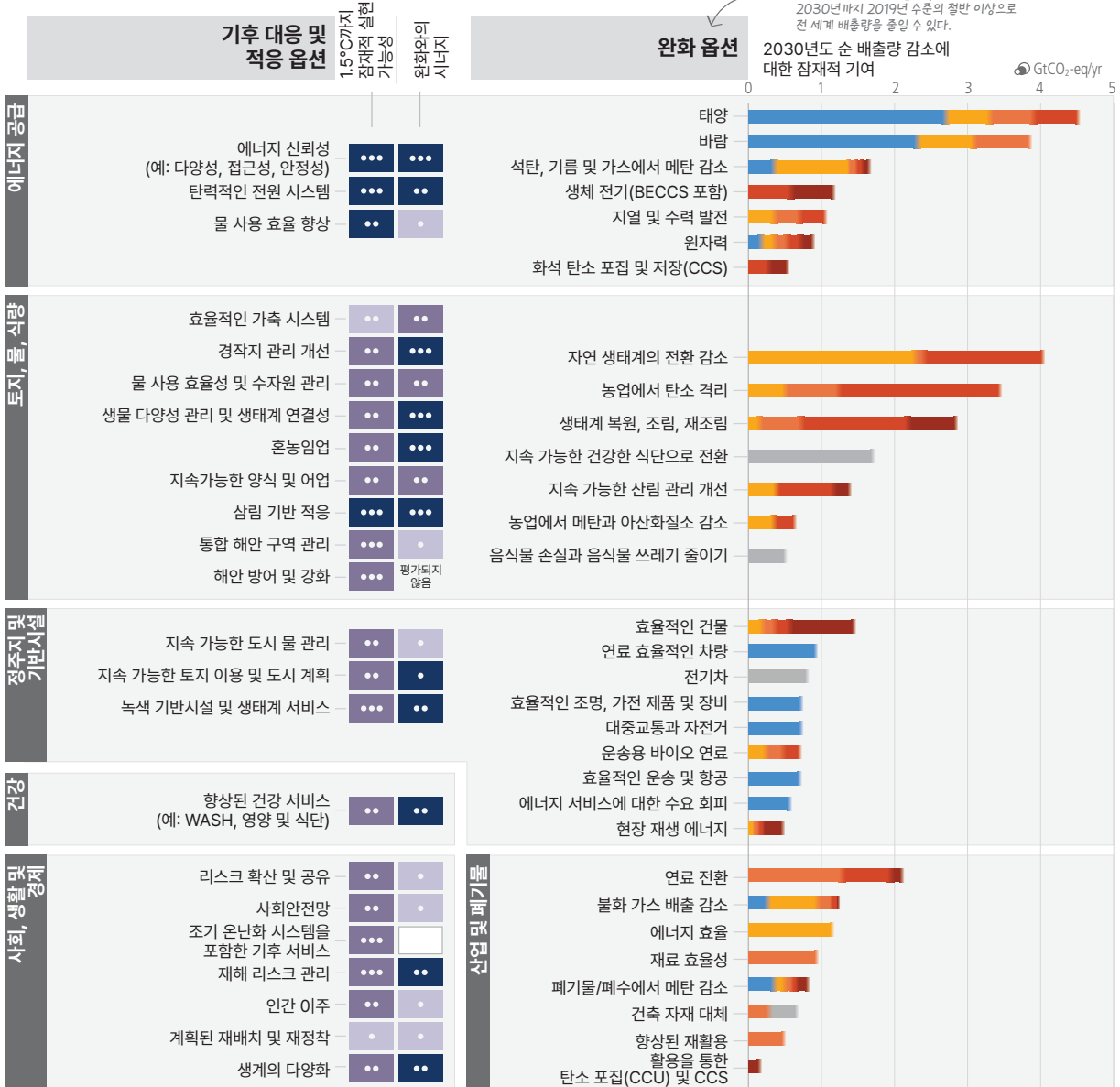
- C.2.2 지연된 완화 행동은 지구온난화를 더욱 증가시킬 것이며 손실과 피해는 증가하고 추가적인 인간 및 자연 시스템은 적응 한계에 도달할 것이다. 지연된 적응 및 완화된 행동으로 인한 도전과제는 비용 증가, 기반시설 고착, 좌초 자산, 적응 및 완화 옵션의 실행 가능성 및 효율 감소 리스크를 포함한다(높은 신뢰도). 신속하고 심층적이며 지속적인 완화와 가속화된 적응 행동 없이는 아프리카, 최빈국, SIDS, 중남미<sup>49</sup>, 아시아 및 북극에서 예상되는 악영향을 포함하여 손실과 피해가 계속 증가할 것이며 가장 취약한 인구에 불균형적으로 영향을 미칠 것이다(높은 신뢰도). {2.1.2; 3.1.2, 3.2, 3.3.1, 3.3.3; 4.1, 4.2, 4.3} (그림 SPM.3, 그림 SPM.4)
- C.2.3 가속화된 기후 행동은 또한 공동편익을 제공할 수 있다(C.4 참조)(높은 신뢰도). 많은 완화 행동은 낮은 대기 오염, 활동적인 이동성(예: 걷기, 자전거 타기) 및 지속 가능한 건강 식단으로의 전환을 통해 건강에 도움이 될 것이다. 강력하고 신속하며 지속적인 메탄 배출 감소는 전지구 지표면 온도를 감소시켜 단기 온난화를 제한하고 대기 질을 개선할 수 있다(높은 신뢰도). 적응은 농업 생산성 향상, 혁신, 건강 및 웰빙, 식량 안보, 생계, 생물 다양성 보전과 같은 여러가지 추가적 편익을 생성할 수 있다(매우 높은 신뢰도). {4.2, 4.5.4, 4.5.5, 4.6}
- C.2.4 비용-편익 분석은 회피한 기후변화 피해를 모두 나타내기에는 능력이 제한적이다(높은 신뢰도). 완화 행동으로 인한 대기 질 개선으로 인간 건강에 대한 경제적 이익은 완화 비용과 같은 규모이며 잠재적으로 더 클 수 있다(중간 신뢰도). 잠재적 피해 방지의 모든 이점을 고려하지 않더라도 지구온난화를 2°C로 제한하는 전지구 경제 및 사회적 편익은 평가된 대부분의 문헌에서 완화 비용을 초과한다(중간 신뢰도)<sup>50</sup>. 더 빠른 기후변화 완화는 배출량이 정점에 이를수록 공동편익이 증가하고 장기적으로는 실행가능성의 리스크와 비용을 감소시키지만 더 높은 선행 투자를 필요로 한다(높은 신뢰도). {3.4, 1, 4.2}
- C.2.5 의욕적인 완화 경로는 국가 내에서 그리고 국가 간에 상당한 분배 결과와 함께 기존 경제 구조에 크고 때로는 파괴적인 변화를 의미한다. 기후 행동을 가속화하기 위해 (i) 지속 가능한 저배출 성장 경로를 지원하는 국가적 상황과 일치하는 경제 전반의 패키지; (ii) 기후탄력적 안전망 및 사회적 보호; (iii) 저배출 기반시설 및 기술에 대한 금융 접근성 개선을 통해, 특히 개발도상국에서 재정, 금융, 제도 및 규제 개혁과 기후 행동을 거시 경제 정책과 통합함으로써 이러한 변화의 부정적인 결과를 완화할 수 있다. (높은 신뢰도) {4.2, 4.4, 4.7, 4.8.1}

<sup>49</sup> 멕시코 남부는 WGI의 기후 하위 지역인 중남미(SCA)에 포함된다. 멕시코는 WGII에서 북미의 일부로 평가된다. SCA 지역의 기후변화 문헌은 때때로 멕시코를 포함하며, 이러한 경우 WGII 평가는 라틴 아메리카를 참조한다. 멕시코는 WGIII에서 라틴 아메리카와 카리브해의 일부로 간주된다.

<sup>50</sup> 온난화를 1.5°C로 제한하는 유사한 강력한 결론을 내리기에는 증거가 너무 제한적이다. 지구온난화를 2°C 대신 1.5°C로 제한하면 완화 비용이 증가하지만 영향 및 관련 리스크 감소와 적응 필요성 감소 측면에서 이점도 증가한다(높은 신뢰도).

## 기후 행동을 확대할 수 있는 여러 기회가 있다

### a) 기후 대응 및 적응의 타당성, 단기 완화 옵션의 가능성



### b) 2050년까지 수요측면 완화 옵션의 잠재력

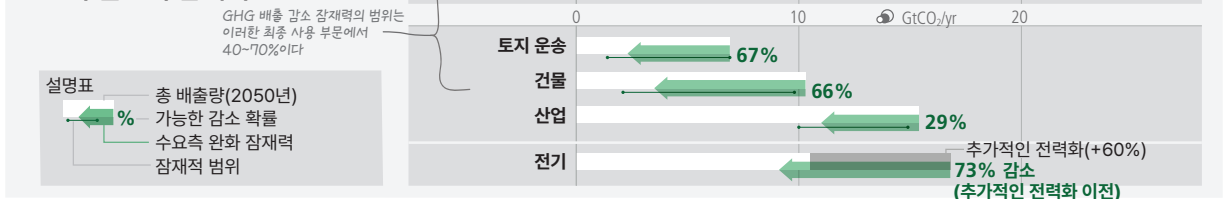


그림 SPM.7: 기후 행동을 확대할 수 있는 다양한 기회. 패널 (a)는 다양한 시스템에서 선택된 완화 및 적응 옵션을 제시한다. (a) 패널의 왼쪽은 단기적으로 최대 1.5°C 지구온난화까지 전지구적 규모에서 다차원적 타당성에 대해 평가된 기후 대응 및 적응 옵션을 보여준다. 1.5°C 이상의 문턱은 제한적이기 때문에 더 높은 수준의 온난화에서 실행가능성이 변경될 수 있으며, 이는 현재 확실하게 평가할 수 없다. 이주, 재배치 및 재정착과 같은 일부 대응은 적응으로 간주될 수도 있고 그렇지 않을 수도 있기 때문에 여기에서 적응이라는 용어와 함께 대응이라는 용어를 사용한다. 산림 기반 적응은 지속 가능한 산림 관리, 산림 보전 및 복원, 재조림 및 조림을 포함한다. WASH는 물, 위생(sanitation) 및 위생(hygiene)을 나타낸다. 여섯 가지 타당성 차원(경제적, 기술적, 제도적, 사회적, 환경적, 지구물리학적)을 사용하여 완화와의 시너지와 함께 기후 반응 및 대응 옵션의 잠재적 타당성을 계산했다. 잠재적 타당성 및 타당성 차원에서 그림은 높은, 중간 또는 낮은 타당성을 보여준다. 완화와의 시너지는 높음, 중간 및 낮음으로 식별된다.패널의 오른쪽은 선택된 완화 옵션의 개요와 2030년 예상

비용 및 잠재력을 제공한다. 비용은 참조 기술과 관련하여 계산된 온실가스 배출 회피에 대한 할인된 순 생애주기 금전적 비용을 의미한다. 상대적 잠재력과 비용은 2030년과 비교하여 장기적으로 감소, 상황 및 시간에 따라 달라질 것이다. 잠재력(가로축)은 AR6 시나리오 데이터베이스의 현재 정책(2019년경)의 참조 시나리오로 구성된 배출 기준선과 관련하여 비용 범주(색상 막대 세그먼트)로 분류된 순 GHG 배출량 감소(배출량 감소 및/또는 향상된 흡수원의 합계)이다. 잠재력은 각 옵션에 대해 독립적으로 평가되며 추가되지 않는다. 의료 시스템 완화 옵션은 대부분 정주지 및 기반시설(예: 효율적인 의료 건물)에 포함되며 별도로 식별할 수 없다. 산업에서의 연료 전환은 전기, 수소, 바이오 에너지 및 천연 가스로의 전환을 의미한다. 점진적인 색색 전환은 불확실성 또는 높은 컨텍스트 중속성으로 인해 비용 범주로의 불확실한 분류를 나타낸다. 총 잠재력의 불확실성은 일반적으로 25~50%이다. **패널 (b)**는 2050년 수요측 완화 옵션의 잠재력 가능성을 보여준다. 잠재력은 전지구 모든 지역을 대표하는 약 500개의 상황식 연구를 기반으로 추정된다. 기준선(현재 막대)은 2020년까지 국가 정부가 발표한 정책과 일치하는 두 시나리오(IEA-STEPS 및 IP\_ModAct)의 2050년 부문별 평균 GHG 배출량에 의해 제공된다. 녹색 화살표는 수요측 배출 감소 가능성을 나타낸다. 잠재력의 범위는 문헌에 보고된 최고 잠재력과 최저 잠재력을 표시하는 점을 연결하는 선으로 표시된다. 식량은 사회문화적 요인과 기반시설 이용, 식량 수요의 변화로 인한 토지 이용 패턴의 변화 등 수요 측면의 잠재력을 보여준다. 수요 측 측정과 최종 서비스 제공의 새로운 방식은 최종 사용 부문(건물, 육상 교통, 식량)의 전지구 GHG 배출량을 기준 시나리오와 비교하여 2050년까지 40~70%까지 줄일 수 있는 반면, 일부 지역 및 사회경제적 그룹은 추가적인 에너지 및 자원을 요구한다. 마지막 행은 다른 부문의 수요 측면 완화 옵션이 전체 전력 수요에 어떻게 영향을 미칠 수 있는지 보여준다. 짙은 회색 막대는 다른 부문의 전기화의 증가로 인해 2050년 기준선을 초과하는 예상 전력 수요 증가를 보여준다. 상황식 평가를 기반으로 예상되는 전력 수요 증가는 산업, 육상 운송 및 건물(녹색 화살표)의 전기 사용에 영향을 미치는 기반시설 사용 및 사회 문화적 요인 영역의 수요 측면 완화 옵션을 통해 피할 수 있다. {그림 4.4}

## 시스템 전반의 완화 및 적응 옵션

**C.3 심층적이고 지속적인 배출량 감소를 달성하고 모두가 살기 좋고 지속 가능한 미래를 확보하려면 모든 부문과 시스템에 걸쳐 신속하고 광범위한 전환이 필요하다. 이러한 시스템 전환은 광범위한 완화 및 적응 옵션 포트폴리오의 상당한 확대를 포함한다. 완화 및 적응을 위한 실행 가능하고 효과적이며 저렴한 옵션은 시스템과 지역에 따라 차이가 있지만 이미 사용 가능하다. (높은 신뢰도) {4.1, 4.5, 4.6} (그림 SPM.7)**

**C.3.1** 신속하고 심층적인 있는 배출량 감축과 기후변화에 대한 변혁적 적응을 달성하는 데 필요한 시스템 변화는 규모 면에서 전례가 없는 일이지만 반드시 속도면에서 그런 것은 아니다(중간 신뢰도). 시스템 전환은 배출이 적거나 없는 기술의 활용; 기반시설 설계 및 접근, 사회 문화 및 행태 변화, 기술 효율 및 채택 증가를 통한 수요 감소 및 변화, 사회적 보호, 기후 서비스 또는 기타 서비스, 생태계 보호 및 복원을 포함한다(높은 신뢰도). 완화 및 적응을 위한 실행 가능하고 효과적이며 저렴한 옵션이 이미 이용 가능하다(높은 신뢰도). 단기 완화 및 적응 옵션의 가용성, 실행 가능성 및 잠재력은 시스템과 지역에 따라 다르다(매우 높은 신뢰도). {4.1, 4.5.1-4.5.6} (그림 SPM.7)

### 에너지 시스템

**C.3.2** 넷제로 CO<sub>2</sub> 에너지 시스템은 전체 화석 연료 사용의 상당한 감소, 저감장치가 없는 화석 연료의 최소 사용<sup>51</sup>, 남아 있는 화석 연료 시스템에서의 탄소 포집 및 저장 사용, 순 CO<sub>2</sub>를 배출하지 않는 전기 시스템, 광범위한 전기화, 전기화가 용이하지 않은 적용처에서 대체 에너지 캐리어, 에너지 절약 및 효율, 에너지 시스템 전반에 걸친 더 큰 통합을 수반한다(높은 신뢰도). USD 20 tCO<sub>2</sub>-eq<sup>-1</sup> 미만의 비용으로 배출량 감축에 크게 기여하는 것은 태양 및 풍력 에너지, 에너지 효율 개선, 메탄 배출 감소(석탄 채굴, 석유 및 가스, 폐기물에서 나온다(중간 신뢰도). 기반시설 탄력성, 신뢰할 수 있는 전력 시스템, 기존 및 새로운 에너지 생성 시스템을 위한 효율적인 물 사용을 지원하는 실행 가능한 적응 옵션이 있다(매우 높은 신뢰도). 에너지 생성 다양화(예: 풍력, 태양광, 소규모 수력 발전) 및 수요 측면 관리(예: 저장 및 에너지 효율 개선)는 에너지 신뢰성을 높이고 기후변화에 대한 취약성을 줄일 수 있다(높은 신뢰도). 기후 반응적 에너지 시장, 현재 및 예상되는 기후변화에 따른 에너지 자산에 대한 개선된 설계 표준, 스마트 그리드 기술, 견고한 송전 시스템 및 공급 부족에 대응할 수 있는 개선된 역량은 완화 공동편익과 함께 중장기적으로 실행 가능성이 높다(매우 높은 신뢰도). {4.5.1} (그림 SPM.7)

<sup>51</sup> 이 맥락에서 '감소되지 않은 화석 연료'는 수명 주기 동안 배출되는 GHG의 양을 실질적으로 줄이는 개입 없이 생산 및 사용되는 화석 연료를 의미한다. 예를 들어, 발전소에서 90% 이상의 CO<sub>2</sub>를 포집하거나 에너지 공급에서 일시적인 메탄 배출량의 50~80%를 포집한다.

## 산업 및 수송

C.3.3 산업 GHG 배출량 감소는 수요 관리, 에너지 및 물질 효율성, 순환 물질 흐름뿐만 아니라 저감 기술 및 생산 공정의 변혁적 변화를 포함한 모든 완화 옵션을 촉진하기 위해 가치 사슬 전반에 걸쳐 조율된 조치를 수반한다(높은 신뢰도). 수송 분야에서 지속 가능한 바이오 연료, 저배출 수소 및 파생물(암모니아 및 합성 연료 포함)은 해상운송, 항공 및 대형 육상 수송에서 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량 완화를 지원할 수 있지만 생산 공정 개선 및 비용 절감이 필요하다(중간 신뢰도). 지속 가능한 바이오 연료는 단기 및 중기적으로 육상 운송에서 추가적인 완화 편익을 제공할 수 있다(중간 신뢰도). GHG 배출량이 낮은 전기로 구동되는 전기 자동차는 수명 주기를 기준으로 육상 수송의 GHG 배출량을 감축할 수 있는 큰 잠재력이 있다(높은 신뢰도). 배터리 기술의 발전은 대형 트럭의 전화(電化)를 촉진하고 기존 전기 철도 시스템을 보완할 수 있다(중간 신뢰도). 배터리 생산의 환경 영향과 주요 광물에 대한 증가하는 우려는 재료 및 공급 다양화 전략, 에너지 및 물질 효율 개선, 순환 물질 흐름을 통해 해결할 수 있다(중간 신뢰도). {4.5.2, 4.5.3} (그림 SPM.7)

## 도시, 정주지 및 기반시설

C.3.4 도시 시스템은 배출량 감축을 달성하고 기후탄력적 개발을 진행하는데 중요하다(높은 신뢰도). 도시의 주요 적응 및 완화 요소에는 정주지 및 기반시설의 설계 및 계획에서 기후변화 영향 및 리스크를 고려하는 것(예: 기후 서비스를 통한), 콤팩트 도시 형태를 달성하기 위한 토지 이용 계획, 일자리와 주택의 공동 배치, 대중 교통 및 활동적 이동성(예: 걷기 및 자전거 타기) 지원, 건물의 효율적인 설계, 건설, 개조 및 사용, 에너지 및 물질 소비 감소 및 변화, 충분성<sup>52</sup>, 재료 대체, 저배출 배출원과 결합된 전기화가 포함된다(높은 신뢰도). 완화, 적응, 인간의 건강 및 웰빙, 생태계 서비스, 저소득 커뮤니티를 위한 취약성 감소에 대한 편익을 제공하는 도시 전환은 물리적, 자연적 및 사회적 기반시설에 대한 통합 접근 방식을 취하는 포괄적인 장기 계획에 의해 촉진된다(높은 신뢰도). 그린/자연 및 블루 인프라는 탄소 흡수 및 저장을 지원하며 단독으로 또는 그레이 인프라와 결합하여 에너지 사용과 폭염, 홍수, 폭우 및 가뭄과 같은 극한 현상으로 인한 리스크를 줄일 수 있으면서 동시에 건강, 웰빙 및 생계를 위한 공동편익을 창출할 수 있다(중간 신뢰도). {4.5.3}

## 토지, 해양, 식량 및 물

C.3.5 많은 농업, 임업 및 기타 토지 이용(AFOLU) 옵션은 대부분의 지역에서 단기적으로 확대될 수 있는 적응 및 완화 편익을 제공한다. 산림 및 기타 생태계의 보전, 개선된 관리 및 복원은 경제적 완화 잠재력의 가장 큰 부분을 제공하며 열대 지역의 산림전용 감소는 총 완화 잠재력이 가장 높다. 생태계 복원, 재조림 및 조림은 토지에 대한 경쟁 수요로 인해 상충관계로 이어질 수 있다. 상충관계를 최소화하기 위해 식량 안보를 비롯한 여러 목표를 달성하기 위한 통합된 접근 방식이 필요하다. 수요측 조치(지속 가능한 건강한 식단<sup>53</sup> 및 식량 손실/폐기물 감소) 및 지속 가능한 농업 강화는 생태계 전환, 메탄 및 아산화질소 배출을 줄이고 재조림 및 생태계 복원을 위한 토지를 확보할 수 있다. 수명이 긴 목재 제품을 포함하여 지속 가능하게 조달된 농업 및 임산물들은 다른 부문의 GHG 집약적 제품 대신 사용될 수 있다. 효과적인 적응 옵션은 품종 개량, 혼농임업, 지역 사회 기반 적응, 농장 및 조경 다양화 및 도시 농업을 포함한다. 이러한 AFOLU 대응 옵션은 생물물리학적, 사회경제적 및 기타 활성화 조건의 통합을 필요로 한다. 고탄소 생태계(예: 이탄 지대, 습지, 방목지, 맹그로브 및 숲)의 보전과 같은 일부 옵션은 즉각적인 편익을 제공하는 반면, 고탄소 생태계 복원, 황폐화된 토양의 개간 또는 신규조림과 같은 다른 옵션들은 측정 가능한 결과를 제공하는 데에 수십년이 걸린다(높은 신뢰도). {4.5.4} (그림 SPM.7)

C.3.6 전지구적 규모에서 생물다양성과 생태계 서비스의 복원력을 유지하는 것은 현재 자연 상태에 가까운 생태계를 포함하여 전지구의 육지, 담수 및 해양 지역의 약 30~50%를 효과적이고 형평성 있게 보존하는 데 달려 있다(높은 신뢰도). 기후변화의 피할 수 없는 영향에 적응하기 위한 목표 관리와 함께 육상, 담수, 해안 및 해양 생태계의 보전, 보호 및 복원은 기후변화에 대한 생물 다양성 및 생태계 서비스의 취약성을 줄이고(높은 신뢰도), 해안 침식 및 홍수를 줄이고(높은 신뢰도), 지구온난화가 제한되면 탄소 흡수 및 저장을 증가시킬 수 있다(중간 신뢰도). 과도하게 개발되거나 고갈된 어장을 재건하면 어장에 대한 부정적인 기후변화 영향을 줄이고(중간 신뢰도) 식량 안보, 생물 다양성, 인간 건강 및 웰빙을 지원한다(높은 신뢰도).

<sup>52</sup> 전지구 경제 내의 모든 사람에게 인간의 복지를 제공하면서 에너지, 재료, 토지 및 물에 대한 수요를 피하는 일련의 조치 및 일상적 관행. {4.5.3}

<sup>53</sup> '지속 가능한 건강한 식단'은 개인의 건강과 웰빙의 모든 측면을 촉진하며 환경적 압력과 영향이 낮고 접근 가능하고 저렴하며 안전하고 공평하다. 또한 FAO 및 WHO에 설명된 대로 문화적으로 허용된다. '균형 잡힌 식단'은 SRCCL에 설명된 대로 거친 곡물, 콩류, 과일 및 채소, 견과류 및 씨앗과 같은 식물성 식량과 회복력 있고 지속 가능하며 저 GHG 배출 시스템에서 생산되는 동물성 식량을 특징으로 한다.

토지 복원은 향상된 생태계 서비스를 통한 시너지와 함께 기후변화 완화 및 적응에 기여하고 경제적으로 긍정적인 수익과 빈곤 감소 및 생태계 개선을 위한 공동편익을 제공한다(높은 신뢰도). 토착민 및 지역 사회와의 협력 및 포괄적인 의사결정은 물론 토착민의 고유한 권리에 대한 인식은 산림 및 기타 생태계 전반에 걸친 성공적인 적응 및 완화에 필수적이다(높은 신뢰도). {4.5.4, 4.6} (그림 SPM.7)

## 건강과 영양

- C.3.7 인간의 건강은 식량, 기반시설, 사회 보호 및 수자원 정책에 건강을 주류화 하는 통합된 완화 및 적응 옵션으로부터 편익을 얻을 것이다(매우 높은 신뢰도). 인간의 건강과 웰빙을 보호하는 데 도움이 되는 다음과 같은 효과적인 적응 옵션이 있다. 기후에 민감한 질병과 관련된 공중 보건 프로그램 강화, 보건 시스템 회복력 증가, 생태계 건강 개선, 식수에 대한 접근성 개선, 홍수에 대한 식수 및 위생 시스템의 노출 감소, 감시 및 조기 경보 시스템 개선, 백신 개발(매우 높은 신뢰도), 정신 건강 관리에 대한 접근성 개선, 조기 경보 및 대응 시스템을 포함하는 고온 건강 행동 계획(높은 신뢰도). 식량 손실과 낭비를 줄이거나 균형 잡히고 지속 가능한 건강 식단을 지원하는 적응 전략은 영양, 건강, 생물 다양성 및 기타 환경적 편익에 기여한다(높은 신뢰도). {4.5.5} (그림 SPM.7)

## 사회, 생태 및 경제

- C.3.8 효과적인 비상 계획과 결합된 날씨 및 건강 보험, 사회 보호 및 적응형 사회적 안전망, 비상 금융 및 예비 자금, 조기 경보 시스템에 대한 보편적 접근을 포함하는 정책 조합은 인간 체계의 취약성과 노출을 줄일 수 있다. 재해 리스크 관리, 조기 경보 시스템, 기후 서비스 및 리스크 확산과 공유 접근 방식은 여러 부문에 걸쳐 광범위하게 적용할 수 있다. 역량 구축, 기후 문해력, 기후 서비스 및 지역사회 접근법을 통해 제공되는 정보를 포함한 교육을 늘리면 리스크 인식을 높이고 행동 변화 및 계획을 가속화 할 수 있다. (높은 신뢰도) {4.5.6}

## 지속가능발전과의 시너지 및 상충효과

- C.4 기후변화 영향을 완화하고 적응하는 데 있어서 가속화되고 형평성 있는 행동은 지속가능발전에 매우 중요하다. 완화 및 적응 행동은 지속가능발전목표(SDG)와의 상충효과보다 더 많은 시너지가 있다. 시너지와 상충효과는 이행의 맥락과 규모에 따라 다르다. (높은 신뢰도) {3.4, 4.2, 4.4, 4.5, 4.6, 4.9, 그림 4.5}
- C.4.1 더 넓은 개발 맥락에 포함된 완화 노력은 배출량 감소의 속도, 깊이 및 폭을 증가시킬 수 있다(중간 신뢰도). 경제 발전의 모든 단계에 있는 국가는 사람들의 웰빙을 개선하기 위해 노력하며 개발 우선 순위는 다양한 출발점과 맥락을 반영한다. 다양한 맥락에는 사회적, 경제적, 환경적, 문화적, 정치적 상황, 자원 부여, 역량, 국제 환경 및 선행 개발이 포함되지만 이에 국한되지는 않는다(높은 신뢰도). 무엇보다도 수익 및 고용 창출을 위해 화석 연료에 대한 의존도가 높은 지역에서 지속가능발전의 리스크를 완화하려면 경제 및 에너지 부문의 다각화를 촉진하는 정책과 공정한 전환 원칙, 과정 및 관행에 대한 고려가 필요하다(높은 신뢰도). 극심한 빈곤, 에너지 빈곤을 근절하고 저배출 국가/지역에서 지속가능발전목표를 달성하는 맥락에서 적절한 생활 수준을 제공하는 것은 단기적으로 상당한 전지구 배출량 증가없이 달성될 수 있다(높은 신뢰도). {4.4, 4.6, 부속서 : 용어집}
- C.4.2 많은 완화 및 적응 행동은 지속가능발전목표(SDG) 및 일반적으로 지속가능발전과 여러가지 시너지가 있지만 일부 조치에는 상충효과가 있을 수 있다. SDG와의 잠재적 시너지는 잠재적인 상충효과를 능가한다. 시너지와 상충효과는 기후 정의를 고려한 불평등을 포함한 변화의 속도와 규모, 개발 맥락에 따라 달라진다. 역량 구축, 금융, 거버넌스, 기술 이전, 투자, 개발, 특정 상황의 맥락에서 성별 기반 및 기타 사회적 형평성 고려사항과 토착민, 지역 사회 및 취약 인구의 의미 있는 참여에 대해 강조함으로써 상충효과를 평가하고 최소화할 수 있다. (높은 신뢰도) {3.4.1, 4.6, 그림 4.5, 4.9}

- C.4.3 완화 및 적응 조치를 함께 이행하고 장단점을 고려하는 것은 인간의 건강과 웰빙을 위한 공동 이익과 시너지를 지원한다. 예를 들어 청정 에너지원 및 기술에 대한 접근성 향상은 특히 여성과 어린이에게 건강상의 이점을 제공한다. 낮은 GHG 에너지와 결합된 전기화, 활동적인 이동성 및 대중 교통으로의 전환은 대기질, 건강, 고용을 향상시킬 수 있으며 에너지 안보를 이끌어내고 형평성을 제공할 수 있다. *(높은 신뢰도) {4.2, 4.5.3, 4.5.5, 4.6, 4.9}*

## 형평성과 포용

- C.5 형평성, 기후 정의, 사회 정의, 포용 및 공정한 전환 과정을 우선시 하는 것은 적응 및 의욕적인 완화 행동과 기후탄력적 개발을 가능하게 할 수 있다. 적응 결과는 기후 리스크에 가장 취약한 지역과 사람들에게 대한 지원 증가로 향상된다. 기후 적응을 사회 보장제도에 통합하는 것은 탄력성을 향상시킨다. 사회적 웰빙을 위한 공동 이익과 함께 행동 및 라이프스타일 변화를 포함하여 배출 집약적인 소비를 줄이기 위해 많은 옵션을 사용할 수 있다. *(높은 신뢰도) {4.4, 4.5}*
- C.5.1 시간이 지남에 따라 국가 간의 차별화가 변화하고 공정한 분배를 평가하는 데 어려움이 있음에도 불구하고 형평성은 UN 기후 체제의 핵심 요소로 남아있다. 의욕적인 완화 경로는 국가 내에서 그리고 국가 간에 상당한 분배 결과와 함께 기존 경제 구조에 크고 때로는 파괴적인 변화를 의미한다. 국가 내 및 국가 간 분배 결과는 고배출 활동에서 저배출 활동으로 전환하는 동안 소득과 고용의 이동을 포함한다. *(높은 신뢰도) {4.4}*
- C.5.2 형평성, 사회 정의, 기후 정의, 권리 기반 접근 방식 및 포용성을 우선시하는 적응 및 완화 조치는 보다 지속 가능한 결과로 이어지고 상충효과를 줄이며 변혁적인 변화를 지원하고 기후탄력적인 개발을 촉진한다. 모든 규모에서 빈곤층과 취약계층들을 보호하는 부문 및 지역 전반에 걸친 재분배 정책, 사회 안전망, 형평성, 포용 및 공정한 전환은 더 심층적인 사회적 의욕을 가능하게 하고 지속가능발전목표와의 상충효과를 해결할 수 있다. 형평성에 대한 관심과 모든 규모의 의사 결정에 관련된 모든 행위자의 광범위하고 의미 있는 참여는 변혁적 변화를 위한 지원을 심화하고 확대하는 완화의 혜택과 부담을 형평성 있게 분담하는 사회적 신뢰를 구축할 수 있다. *(높은 신뢰도) {4.4}*
- C.5.3 상당한 개발 제약이 있는 지역과 인구(33억~36억)는 기후 위해에 대한 취약성이 높다(A.2.2 참조). 형평성, 포괄성, 권리 기반 접근 방식에 초점을 맞춘 접근 방식을 통해 국가 및 지역 내에서 가장 취약한 사람들을 위한 적응 결과가 향상된다. 취약성은 성별, 민족, 저소득, 비공식 정주지, 장애, 연령, 특히 많은 토착민과 지역사회에 대한 식민주의와 같은 불평등의 역사적 및 지속적인 패턴과 관련된 비형평성 및 소외로 인해 악화된다. 기후 적응을 현금 지원 및 공공 사업 프로그램을 포함한 사회보호제도에 통합하는 것은 특히 기본 서비스 및 기반시설이 뒷받침될 때 실행 가능성이 높으며 기후변화에 대한 탄력성을 높인다. 임시 정주지에 거주하는 사람들을 포함하여 저소득 및 소외된 지역의 기후 리스크를 줄이기 위해 금융에 대한 접근을 우선시함으로써 도시 지역의 웰빙에서 가장 큰 이익을 얻을 수 있다. *(높은 신뢰도) {4.4, 4.5.3, 4.5.5, 4.5.6}*
- C.5.4 규제 수단과 경제적 수단, 소비 기반 접근법의 설계는 형평성을 향상시킬 수 있다. 사회 경제적 지위가 높은 개인은 배출량에 불균형적으로 기여하며 배출량 감소 잠재력이 가장 높다. 배출 집약적인 소비를 줄이면서 사회 복지를 개선하는데 사용할 수 있는 많은 옵션이 있다. 사회 문화적 옵션, 행태 및 라이프스타일 변화는 최종 사용자가 다양한 공동편익과 함께 저배출 집약적 소비로 전환하는 데 도움이 될 수 있다. 저배출 국가 인구의 상당 부분은 현대적 에너지 서비스에 대한 접근성이 부족하다. 기술 개발, 이전, 역량 구축 및 자금 조달은 개발도상국/지역이 저탄소 수송 시스템으로 도약하거나 전환하는 것을 지원하여 여러 공동편익을 제공할 수 있다. 기후탄력적 개발은 행위자들이 형평성 있고 공정한 결과를 향해 서로 다른 이해관계, 가치 및 세계관을 조화하기 위해 형평성 있고 공정하고 포용적인 방식으로 일할 때 진행된다. *(높은 신뢰도) {2.1.4.4}*

## 거버넌스 및 정책

- C.6 효과적인 기후 조치는 정치적 약속, 잘 조정된 다단계 거버넌스, 제도적 틀, 법률, 정책 및 전략, 재정 및 기술에 대한 접근성 향상을 통해 가능하다. 명확한 목표, 여러 정책 영역에 걸친 조정 및 포용적인 거버넌스 과정은 효과적인 기후 행동을 촉진한다. 규제 및 경제 수단은 확장하고 광범위하게 적용할 경우 상당한 배출량 감소와 기후탄력성을 지원할 수 있다. 기후탄력적 개발은 다양한 지식을 활용함으로써 이익을 얻는다. *(높은 신뢰도) {2.2, 4.4, 4.5, 4.7}*
- C.6.1 효과적인 기후 거버넌스는 완화와 적응을 가능하게 한다. 효과적인 거버넌스는 목표와 우선순위를 설정하고 국가적 상황과 국제 협력의 맥락에서 정책 영역과 수준 전반에 걸친 기후 행동의 주류화에 대한 전반적인 방향을 제시한다. 이는 감시와 평가, 규제의 확실성을 강화하고 포용적이고 투명하며 공평한 의사 결정을 우선시하고 금융 및 기술에 대한 접근성을 개선한다(*C.7 참조*). *(높은 신뢰도) {2.2.2, 4.7}*
- C.6.2 효과적인 지역, 지자체, 국가 및 하위 국가 기관은 다양한 이해 관계 사이에서 기후 행동에 대한 합의를 구축하고 조정을 가능하게 하며 전략 설정을 알리지만 적절한 기관 역량이 필요하다. 정책 지원은 기업, 청소년, 여성, 노동, 미디어, 토착민, 지역 사회를 포함한 시민 사회 행위자의 영향을 받는다. 효율성은 사회의 다양한 그룹 간의 정치적 헌신과 파트너십을 통해 향상된다. *(높은 신뢰도) {2.2.4.7}*
- C.6.3 완화, 적응, 리스크 관리 및 기후탄력적 개발을 위한 효과적인 다단계 거버넌스는 계획 및 이행, 적절한 자원 할당, 제도적 검토, 모니터링 및 평가에서 형평성과 경의를 우선시하는 포괄적인 의사 결정 과정을 통해 가능하다. 취약성과 기후 리스크는 성별, 민족, 장애, 연령, 위치 및 소득과 같은 상황 별 불평등을 다루는 법, 정책, 참여 과정 및 개입을 신중하게 설계하고 이행함으로써 종종 감소한다. *(높은 신뢰도) {4.4, 4.7}*
- C.6.4 규제 및 경제 수단은 규모를 키우고 더 광범위하게 적용할 경우 상당한 배출량 감소를 지원할 수 있다(*높은 신뢰도*). 규제 수단의 사용을 확대하고 강화하면 국가 상황과 일치하는 부문별 적용에서 완화 결과를 개선할 수 있다(*높은 신뢰도*). 이행된 경우, 탄소 가격 책정 도구는 저비용 배출량 감축 조치에 인센티브를 제공했지만 추가 감축에 필요한 고비용 조치를 촉진하기 위해 자체적으로 그리고 평가 기간 동안 우세한 가격으로는 덜 효과적이었다(*중간 신뢰도*). 탄소세 및 배출권 거래와 같은 탄소 가격 책정 도구의 형평성 및 분배 영향은 수익을 사용하여 다른 접근 방식 중에서 저소득 가구를 지원함으로써 해결할 수 있다. 화석 연료 보조금을 제거하면 배출량<sup>54</sup>이 감소하고 공공 세입, 거시 경제 및 지속 가능성 성과 개선과 같은 혜택을 얻을 수 있다. 보조금 철폐는 특히 경제적으로 가장 취약한 그룹에 불리한 분배 영향을 미칠 수 있으며, 경우에 따라 절약된 세입 재분배와 같은 조치로 완화될 수 있으며 이는 모두 국가 상황에 따라 다르다(*높은 신뢰도*). 공공 지출 공약, 가격 개혁과 같은 경제 전반의 정책 패키지는 배출을 줄이고 개발 경로를 지속 가능성으로 전환하면서 단기 경제 목표를 달성할 수 있다(*중간 신뢰도*). 효과적인 정책 패키지는 포괄적이고 일관되며 목표 간의 균형을 이루고 국가 상황에 맞게 조정될 것이다(*높은 신뢰도*). *{2.2, 2, 4.7}*
- C.6.5 토착 지식, 지역 지식 및 과학 지식을 포함하여 다양한 지식과 문화적 가치, 의미 있는 참여 및 포용적 참여 과정을 활용하여 기후탄력적 개발을 촉진하고 역량을 구축하며 지역적으로 적절하고 사회적으로 수용 가능한 솔루션을 허용한다. *(높은 신뢰도) {4.4, 4.5.6, 4.7}*

<sup>54</sup> 화석 연료 보조금 제거는 지역에 따라 다르지만 2030년까지 전지구 CO<sub>2</sub> 배출량을 1~4%, 온실가스 배출량을 최대 10%까지 줄일 것으로 다양한 연구에 의해 예상된다(*중간 신뢰도*).

## 금융, 기술 및 국제 협력

**C.7 금융, 기술 및 국제 협력**은 가속화된 기후 행동을 위한 핵심적인 활성화 조건이다. 기후 목표를 달성하려면, 적응 및 완화 자금 조달이 몇배로 증가해야 한다. 전지구 투자 격차를 해소할 수 있는 충분한 전지구적 자본이 있지만 자본을 기후 행동으로 전환하는 데에는 장애요인이 있다. 기술 혁신 시스템을 강화하는 것은 기술과 관행의 광범위한 채택을 가속화하는 것이 핵심이다. 여러 채널을 통해 국제 협력을 강화할 수 있다. *(높은 신뢰도)* {2.3, 4.8}

C.7.1 재정<sup>55</sup>에 대한 개선된 가용성과 접근성은 가속화된 기후 행동을 활성화 할 것이다(*매우 높은 신뢰도*). 필요와 격차를 해소하고 국내 및 국제 금융에 대한 형평성 있는 접근을 확대하는 것은 다른 자원 행동과 결합될 때 적응 및 완화를 가속화하고 기후탄력적 개발을 활성화하는 촉매제 역할을 할 수 있다(*높은 신뢰도*). 기후 목표를 달성하고 증가하는 리스크를 해결하며 배출량 감축에 대한 투자를 가속화하려면 적응 및 완화 금융이 몇 배로 증가해야 한다(*높은 신뢰도*). {4.8.1}

C.7.2 금융에 대한 접근성을 높이면 역량을 구축하고 적응에 대한 연성 한계를 해결할 수 있으며 특히 개발도상국, 취약 집단, 지역 및 부문에서 증가하는 리스크를 피할 수 있다(*높은 신뢰도*). 공공 금융은 적응 및 완화의 중요한 활성화 조건이며 민간 금융에 영향을 미칠 수도 있다(*높은 신뢰도*). 온난화를 2°C 또는 1.5°C로 제한하는 시나리오에서 2020~2030년의 평균 연간 모델링된 완화 투자 요건은 현재 수준<sup>56</sup>보다 3~6배 더 크며, 총 완화 투자(공공, 민간, 국내 및 국제)는 모든 부문 및 지역에 걸쳐 증가해야 한다(*중간 신뢰도*). 광범위한 전지구적 완화 노력이 이행되더라도 적응을 위한 금융, 기술 및 인적 자원이 필요할 것이다(*높은 신뢰도*). {4.3, 4.8, 1}

C.7.3 전지구적 금융 시스템의 규모를 고려할 때, 전지구적 투자 격차를 좁힐 수 있는 충분한 전지구적 자본과 유동성이 있지만, 전지구적 금융 부문 안팎에서 그리고 개발도상국이 직면한 경제적 취약성과 부채의 맥락에서 자본을 기후 행동으로 전환하는 데에 장애요인이 있다. 금융 흐름을 확대하기 위한 금융 장벽을 낮추려면 정부의 명확한 신호와 지원이 필요하다. 여기에는 실제 및 인지된 규제, 비용 및 시장 장애요인과 리스크를 낮추고 투자의 리스크-수익 프로파일을 개선하기 위한 공공 금융의 보다 강력한 조정이 포함된다. 동시에, 국가적 상황에 따라 투자자, 금융 관계자, 중앙 은행 및 금융 규제 기관을 포함한 금융 행위자는 기후 관련 리스크의 체계적인 과소평가를 전환하고 가용 자본과 투자 요구 사이의 부문별 및 지역적 불일치를 줄일 수 있다. *(높은 신뢰도)* {4.8.1}

C.7.4 추적된 금융 흐름은 모든 부문과 지역에 걸쳐 적응과 완화 목표를 달성하는 데 필요한 수준에 미치지 못한다. 이러한 격차는 많은 기회를 창출하며 격차를 줄이는 문제는 개발도상국에서 가장 크다. 선진국 및 기타 출처에서 개발도상국에 대한 재정 지원을 가속화하는 것은 적응 및 완화 행동을 강화하고 비용, 조건 및 개발도상국의 기후변화에 대한 경제적 취약성을 포함하여 금융 접근의 비형평성을 해결하는 데 핵심적인 활성화 조건이다. 취약 지역, 특히 사하라 사막 이남 아프리카에 대한 완화 및 적응 기금을 위한 확대된 공공 보조금은 비용 효율적이고 기본 에너지에 대한 접근성 측면에서 높은 사회적 수익을 가져올 것이다. 개발도상국에서 완화 규모를 확대하기 위한 옵션은-연간 1,000억 달러 목표라는 맥락에서 선진국에서 개발도상국으로의 공공 금융 및 공적으로 조달된 민간 금융 흐름의 수준 증가, 리스크를 줄이고 더 낮은 비용으로 민간 흐름을 활용하기 위한 공공 보증의 사용 증가, 지역 자본 시장 개발, 국제 협력 과정에서 더 큰 신뢰 구축 등이다. 팬데믹 이후의 회복을 장기적으로 지속 가능하게 하기 위한 조정된 노력은 높은 부채 비용, 부채 곤경 및 거시 경제 불확실성에 직면한 개발도상 지역 및 국가 등에서 기후 행동을 가속화할 수 있다. *(높은 신뢰도)* {4.8.1}

C.7.5 기술 혁신 시스템을 강화하면 배출량 증가를 낮추고 사회적 및 환경적 공동편익을 창출하며 다른 SDGs를 달성할 수 있는 기회를 제공할 수 있다. 국가적 상황과 기술 특성에 맞춘 정책 패키지는 저배출 혁신과 기술 확산을 지원하는 데 효과적이었다. 공공 정책은 교육 및 R&D를 지원할 수 있으며, 이는 인센티브와 시장 기회를 창출하는 규제 및 시장 기반 수단으로 보완된다.

<sup>55</sup> 금융은 공공 또는 민간, 지역, 국가 또는 국제, 양자간 또는 다자간 및 대안 자원 등 다양한 출처에서 발생한다. 보조금, 기술 지원, 대출(양허성 및 비양허성), 채권, 주식, 리스크 보험 및 재정 보증(다양한 유형)의 형태를 취할 수 있다.

<sup>56</sup> 이러한 추정치는 시나리오 가정에 의존한다.

기술 혁신은 새롭고 더 큰 환경적 영향, 사회적 불평등, 외국 지식 및 제공자에 대한 과도한 의존, 분배 영향 및 반동 효과<sup>57</sup>와 같은 상충효과를 가질 수 있으며, 잠재력을 높이고 상충효과를 줄이기 위한 적절한 거버넌스와 정책이 필요하다. 저배출 기술의 혁신과 채택은 대부분의 개발도상국, 특히 최빈국에서 뒤쳐져 있는데, 부분적으로는 제한된 금융, 기술 개발 및 이전, 역량 구축을 포함하는 약한 활성화 조건 때문이다. (높은 신뢰도) {4.8.3}

- C.7.6 국제 협력은 의욕적인 기후변화 완화, 적응 및 기후탄력적 개발을 달성하기 위한 핵심적인 활성화 조건이다(높은 신뢰도). 기후탄력적 개발은 특히 개발도상국, 취약 지역, 부문 및 그룹을 위한 자금 접근성 강화 및 조달을 포함한 국제 협력 증가, 목표 수준 및 투자 요구와 일치하도록 기후 행동을 위한 재정 흐름을 조정하는 것 등을 통해 가능하다(높은 신뢰도). 금융, 기술 및 역량 구축에 대한 국제 협력을 강화하면 더 큰 의욕을 실현할 수 있고 완화 및 적응을 가속화하고 지속가능성을 향한 개발 경로로 전환하기 위한 촉매제 역할을 할 수 있다(높은 신뢰도). 여기에는 NDC에 대한 지원과 기술 개발 및 활용 가속화가 포함된다(높은 신뢰도). 초국경 파트너십은 정책 개발, 기술 확산, 적응 및 완화를 자극할 수 있지만 비용, 실행 가능성 및 효과에 대한 불확실성이 남아 있다(중간 신뢰도). 국제 환경 및 부문별 협약, 기관 및 이니셔티브는 GHG 저배출량 투자를 촉진하고 배출량을 감축하는 데 도움을 주고 있으며 경우에 따라 도움이 될 수 있다(중간 신뢰도). {2.3.2; 2.3.2}

<sup>57</sup> 순 배출량 감소를 낮추거나 심지어 배출량을 증가시킨다.

# 2023 기후변화 종합보고서

이 섹션은 다음과 같이 인용되어야 한다:

IPCC, 2023: Sections, In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)], IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647



# 섹션 1

## 소개

## 1. 소개

본 IPCC 제6차 평가보고서(AR6)의 종합보고서(SYR)는 2014년 IPCC의 제5차 평가보고서(AR5)가 발행된 이후 상호검토를 거친 과학, 기술 및 사회경제적 기준을 기반으로 기후변화, 그 광범위한 영향 및 리스크, 기후변화 완화 및 적응에 대한 지식의 상태를 요약한다.

평가는 진화하는 국제 환경, 특히 교토의정서의 결과와 파리협정의 채택을 포함하여 UN 기후변화에 관한 기본 협약(UNFCCC) 과정의 발전 상황에서 수행된다. 이는 기후 행동에 관련된 사람들의 다양성이 증가하고 있음을 반영한다.

이 보고서는 AR6 실무그룹 보고서<sup>58</sup>와 세개의 AR6 특별보고서<sup>59</sup>의 주요 결과를 통합한다. 이는 기후, 생태계, 생물 다양성 및 인간 사회의 상호 의존성과 다양한 형태의 지식의 가치 및 기후변화 적응, 완화, 생태계 건강, 인간 복지 그리고 지속가능발전 간의 긴밀한 연결을 인식한다. 물리 및 사회 과학의 체계를 포함하여 여러 분석 체계를 기반으로 하는 이 보고서는 시스템 전환 및 탄력적인 개발 경로의 개념을 사용하여 효과적이고 실현 가능하며, 공정하고 형평성 있는 변혁적 행동의 기회를 식별한다.<sup>60</sup> 기본적인 문헌을 반영하여 다양한 지역 분류 체계<sup>61</sup>가 물리적, 사회적 및 경제적 측면에 사용된다.

이 도입부 후에, 섹션 2, '현황 및 추세'는 변화하는 기후, 인간이 유발한 기후변화의 과거 및 현재 요인 및 그 영향에 대한 관측 증거 평가로 시작된다. 이는 적응 및 완화 대응 옵션의 현재 이행을 평가한다. 섹션 3, '장기 기후 및 개발 미래'에서는 광범위한 사회 경제적 미래에서 2100년 이후까지의 기후변화에 대한 장기 평가를 제공한다.

이는 지속가능발전의 맥락에서 적응 및 완화 경로의 장기적인 특성, 영향, 리스크 및 비용을 고려한다. 섹션 4, '변화하는 기후에서의 단기 대응'은 기후 공약, 약속 및 지속가능발전 추구의 맥락에서 2040년까지 효과적인 행동을 확대할 수 있는 기회를 평가한다.

과학적 이해를 기반으로 주요 발견 사항은 사실 진술로 표현되거나 IPCC 보정 언어<sup>62</sup>를 사용하여 평가된 신뢰 수준과 함께 표현될 수 있다. 이러한 과학적 발견 사항은 근거보고서로부터 도출되었으며 정책결정자를 위한 요약본(이하 SPM), 기술 요약서(이하 TS) 및 근거 챕터에서 발생하며 {} 괄호로 표시된다. 그림 1.1은 이 보고서 내의 여러 그림에 사용되는 시각적 아이콘에 대한 가이드, 종합보고서 그림 설명을 보여준다.

<sup>58</sup> AR6에 대한 세가지 실무그룹 기여는 다음과 같다. 기후변화 2021: 과학적 근거, 기후변화 2022: 영향, 적응 및 취약성; 기후변화 2022: 기후변화 완화. 이들의 평가는 각각 2021년 1월 31일, 2021년 9월 1일 및 2021년 10월 11일까지 출판이 승인된 과학 문헌을 다룬다.

<sup>59</sup> 세 특별보고서는 다음과 같다. 1.5°C 지구온난화(2018): 기후변화 위협에 대한 전지구적 대응 강화, 지속가능발전, 빈곤 퇴치 노력 측면에서 산업화 이전 수준대비 지구온난화 1.5°C의 영향과 관련지구온난화 온실가스 배출 경로에 대한 IPCC 특별보고서(SR1.5); 기후변화 및 토지(2019): 육상생태계의 기후변화, 사막화, 토지 황폐화, 지속 가능한 토지 관리, 식량 안보, 온실가스 플럭스에 대한 IPCC 특별보고서(SRCLL); 변화하는 기후에서의 해양 및 빙권(2019)(SROCC). 특별보고서는 각각 2018년 5월 15일, 2019년 4월 7일 및 2019년 5월 15일까지 출판이 승인된 과학 문헌을 다룬다.

<sup>60</sup> 용어집(부속서I)에는 이러한 정의와 AR6 합동 실무그룹 용어집에서 가져온 이 보고서에 사용된 기타 용어 및 개념이 포함되어 있다.

<sup>61</sup> 기후 정보 맥락에 따라 AR6의 지리적 지역은 아대륙 및 해양 지역과 같은 더 큰 지역을 의미하거나 문순 지역, 해안선, 산맥 또는 도시와 같은 유형학적 지역을 의미할 수 있다. 새로운 표준 AR6 WGI 참조 육상 및 해양 지역 세트가 정의되었다. WGIII는 UN 통계국 분류(WGI 1.4.5, WGI 10.1, WGI 11.9, WGI 12.1~12.4, WGI Atlas.1.3.3~1.3.4)에 따라 국가를 지리적 지역에 할당한다.

<sup>62</sup> 각 결과는 기본 증거 및 동인에 대한 평가를 기반으로 한다. 신뢰 수준은 매우 낮음, 낮음, 중간, 높음, 매우 높음의 다섯 가지의 한정자를 사용하여 표현되며 이탤릭체로 표시된다. (예: 중간 신뢰도) 결과 또는 결과의 평가된 가능성을 나타내는 데 다음 용어가 사용되었다. 거의 확실함 99~100%; 가능성 매우 높음 90~100%; 가능성 높음 66~100%; 가능성 낮지 않음 50~100%; 가능성 중간 33~66%; 가능성 낮음 0~33%; 가능성 매우 낮음 0~10%; 거의 희박함 0~1%. 추가적 용어(가능성 대단히 높음 95~100%; 가능성이 대단히 낮음 0~5%)도 적절한 경우 사용된다. 평가된 가능성은 또한 이탤릭체로 표시된다(예: 가능성 매우 높음). 이는 AR5와 일치한다. 이 보고서에서, 달리 명시되지 않는 한, 평가된 가능성이 매우 높은 범위 또는 90%의 간격을 제공하기 위해 대괄호[x-y]가 사용된다.



Figure 1.1: 종합보고서 그림 설명표



## 섹션 2

### 현황 및 추세



## 섹션 2: 현황 및 추세

### 2.1 관측된 변화, 영향 및 속성

인간 활동은 주로 온실가스 배출을 통해 명백히 지구온난화를 유발하였으며, 2011~2020년의 전지구 지표면 온도는 1850~1900년보다 1.1°C 상승하였다. 전지구 온실가스 배출량은 2010~2019년 동안 역사적으로 지속 불가능한 에너지 사용, 토지 이용 및 토지 이용 변화, 지역 간, 국가 간, 국가 내, 개인 간 소비와 생산의 생활양식 및 패턴에서 과거부터 현재까지 계속된 불균등한 기여로 인해 지속적으로 증가했다(높은 신뢰도). 인간이 초래한 기후변화는 이미 전지구 모든 지역에 많은 날씨와 극한 기후에 영향을 미치고 있다. 이로 인해 식량 및 물 안보, 인간 건강, 경제 및 사회에 대한 광범위한 악영향과 이와 관련된 손실과 피해63가 자연과 사람에게 발생했다(높은 신뢰도). 역사적으로 현재의 기후변화에 가장 적게 기여한 취약한 커뮤니티는 불균형적으로 영향을 받는다(높은 신뢰도).

#### 2.1.1. 관측된 온난화와 그 원인

전지구 지표면 온도는 2011~2020년에 1850~1900년보다 약 1.1°C (1.09°C [0.95°C~1.20°C])<sup>64</sup> 더 높았으며, 육지에서 (1.59 [1.34 ~ 1.83]°C) 해양보다 (0.88°C [0.68°C~ 1.01°C])<sup>65</sup> 더 크게 증가했다. 관측된 온난화는 CO<sub>2</sub>와 메탄(CH<sub>4</sub>)이 주를 이루는 온실가스(GHG)로 인한 온난화와 함께 인위적으로 발생했으며, 부분적으로는 에어로졸 냉각에 의해 상쇄되었다(그림 2.1). 21세기의 첫 20년(2001~2020년) 동안 전지구 지표면 온도는 1850~1900년보다 0.99[0.84~1.10]°C 높았다. 전지구 지표면 온도는 적어도 지난 2000년 내 어떤 50년 기간보다도 1970년 이후 더 빠르게 증가하고 있다(높은 신뢰도). 1850~1900년에서 2010~2019년<sup>66</sup> 사이에 인간이 유발한 전지구 지표면 온도 상승의 가능한 범위는 0.8°C에서 1.3°C이며, 가장 좋은 추정치는 1.07°C이다. 잘 혼합된 GHG들은<sup>67</sup> 1.0°C~2.0°C의 온난화에 기여하였고 다른 인간 요인(주로 에어로졸)은 0.0°C~0.8°C의 냉각에 기여하였으며, 자연(태양 및 화산) 원인은 전지구 지표면을 ±0.1°C 변화시켰으며 내부 변동성은 이를 ±0.2°C 정도 변화시켰을 가능성이 높다. {WGI SPM A.1, WGI SPM A.1.2, WGI SPM A.1.3, WGI SPM A.2.2, WGI 그림 SPM.2; SRCCL TS.2}

1750년경 이후 관측된 잘 혼합된 GHG 농도의 증가는 인간 활동으로 인한 GHG 배출이 원인이라는 점이 명확해졌다. 육지와 해양의 흡수원은 지역별로 다르게 지난 60년 동안 인간 활동으로 인한 CO<sub>2</sub> 배출량의 거의 일정한 비율(전지구적으로 연간 약 56%)을 차지했다(높은 신뢰도). 2019년 대기 중 CO<sub>2</sub> 농도는 410ppm, CH<sub>4</sub>는 1866ppb, 아산화질소(N<sub>2</sub>O)는 332ppb<sup>68</sup>에 도달했다. 온난화의 다른 주요 원인은 대류권 오존(O<sub>3</sub>)과 할로겐화 가스이다. CH<sub>4</sub> 및 N<sub>2</sub>O의 농도는 최소 80만년 동안 전례 없는 수준으로 증가했으며(매우 높은 신뢰도), 현재 CO<sub>2</sub> 농도가 최소 지난 200만년 동안 어느때보다 더 높다는 점은 신뢰도가 높다. 1750년 이후 CO<sub>2</sub>(47%) 및 CH<sub>4</sub>(156%) 농도의 증가는 적어도 지난 80만년 동안 빙기와 간빙기 사이의 자연적인 수천년 변화를 훨씬 초과하고 N<sub>2</sub>O(23%)의 증가는 이와 유사하다. 인위적인 에어로졸에서 발생하는 순 냉각 효과는 20세기 후반에 최고조에 달했다(높은 신뢰도). {WGI SPM A1.1, WGI SPM A1.3, WGI SPM A.2.1, WGI 그림 SPM.2, WGI TS 2.2, WGI 2ES, WGI 그림 6.1}

<sup>63</sup> 이 보고서에서 '손실과 피해'라는 용어는 관측된 부정적 영향 및/또는 예상되는 리스크를 의미하며 경제적 및/또는 비경제적일 수 있다. (부속서 I 참조: 용어집)

<sup>64</sup> AR5 이후 예상되는 전지구 지표면 온도의 증가는 주로 2003~2012(+0.19 [0.16~0.22] °C) 이후 증가한 온도로 인한 것이다. 또한 방법론적인 발전과 새로운 데이터 세트는 북극을 포함하여 지표면 온도의 변화에 대한 보다 완전한 공간적 표현을 제공했다. 이러한 개선과 다른 개선은 전지구 지표면 온도 변화의 추정치를 약 0.1°C 증가시켰지만, 이러한 증가는 AR5 이후 추가적인 물리적 온난화를 나타내지 않는다. {WGI SPM A1.2; 및 각주 10}

<sup>65</sup> 1850~1900년부터 2013~2022년까지 업데이트된 계산은 WGI에서 사용된 것과 정확히 동일한 데이터 세트(2년마다 업데이트) 및 방법을 사용하여 전지구 지표면 온도의 경우 1.15°C [1.00°C~1.25°C], 육지 온도의 경우 1.65°C [1.36°C~1.90°C], 그리고 1850~1900년도 이상의 해양 온도의 경우 0.93°C [0.73°C~1.04°C]였다.

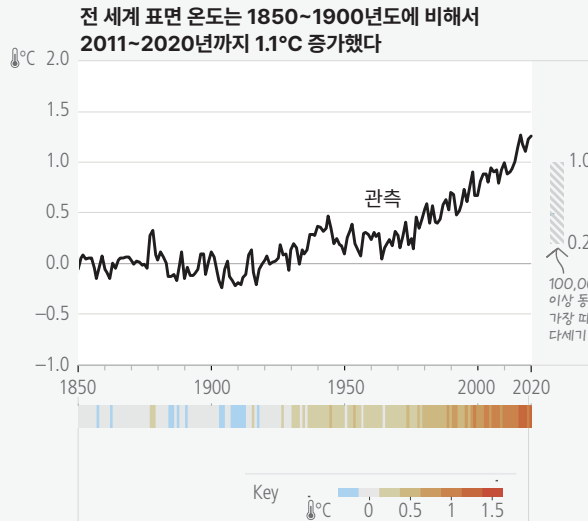
<sup>66</sup> 관측된 평가와 기간 구분은 근거 연구가 이를 약간 더 이른 기간으로 고려하기 때문에 발생한다. 2010~2019년까지 관측된 온난화는 1.06°C [0.88°C~1.21°C]이다. {WGI SPM 각주 11}

<sup>67</sup> 복사강제력 연구에서 평가된 1850~1900년 대비 2010~2019년 온난화에 대한 배출량의 기여는 다음과 같다. CO<sub>2</sub> 0.8[0.5~1.2]°C; 메탄 0.5[0.3~0.8]°C; 아산화질소 0.1[0.0~0.2]°C 및 불화 가스 0.1[0.0~0.2]°C.

<sup>68</sup> AR6 WGI에서와 동일한 관측 결과 및 방법을 사용하는 2021년(최종 수치를 사용할 수 있는 가장 최근 연도) 농도는 415 ppm CO<sub>2</sub>; 1896 ppb CH<sub>4</sub>; 및 335 ppb N<sub>2</sub>O와 같다. 여기서 CO<sub>2</sub>는 WGI와 일치하도록 WMO-CO<sub>2</sub>-X2007 척도를 사용하여 보고된다. 이후 운영 CO<sub>2</sub> 보고는 WMO-CO<sub>2</sub>-X2019 척도를 사용하도록 업데이트되었다

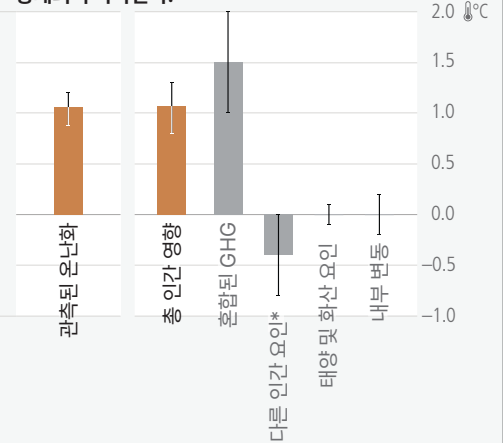
# 인간 활동이 지구온난화의 원인이다

c) 전 세계 표면 온도의 변화



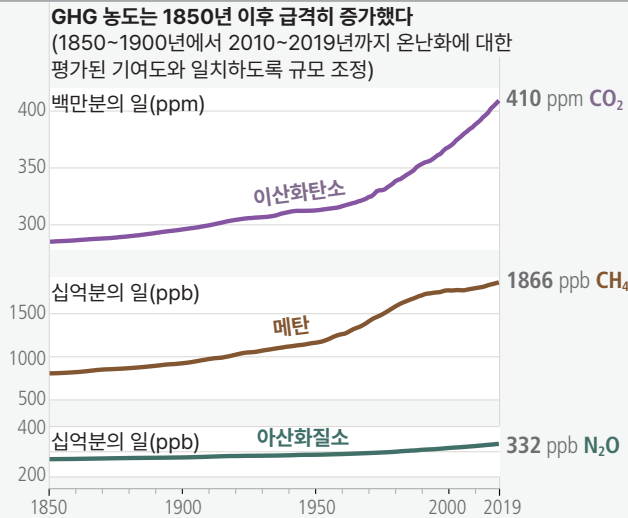
d) 인간에게 책임이 있다

관측된 온난화(1850-1900년 대비 2010-2019년의 변화)는 인간활동에 의한 배출량에 의해 유발되며, 온실가스에 의한 온난화가 부분적으로 미세먼지 냉각에 상쇄되어 나타난다.



\* 다른 인간 요인은 냉각 에어로졸이 우세하지만 온난화 에어로졸, 토지 이용 변화(토지 이용 반사율) 및 오존도 포함된다

b) 대기 중 GHG의 상승된 농도



a) 온실가스(GHGs) 배출량 증가

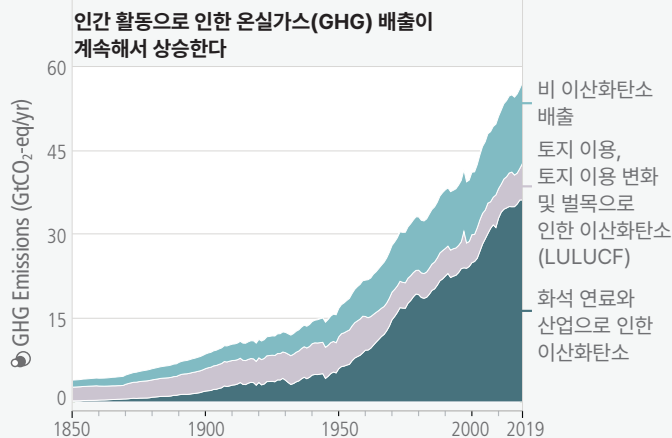


그림 2.1: 배출량에서 기후 시스템의 온난화로 이어지는 인과 사슬. GHG 배출량은 최근 수십 년 동안 급격히 증가했다(패널(a)). 전지구 인위적 순 GHG 배출량에는 화석 연료 연소 및 산업 공정(CO<sub>2</sub>-FFI)(진한 녹색)에서 발생하는 CO<sub>2</sub>; 토지 이용, 토지 이용 변화 및 임업으로 인한 순 CO<sub>2</sub>(CO<sub>2</sub>-LULUCF)(녹색); CH<sub>4</sub>; N<sub>2</sub>O; 및 플루오로화 가스(HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub>)(하늘색)를 포함한다. 이러한 배출은 세 가지 주요한 잘 혼합된 GHG인 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> 및 N<sub>2</sub>O (패널(b), 연간 값)를 포함하여 여러 GHG의 대기 중 농도를 증가시켰다. 상대적 중요성을 나타내기 위해 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> 및 N<sub>2</sub>O에 대한 각 하위 패널의 수직 범위는 1850~1900년부터 2010~2019년까지 온도 변화에 대한 과거 배출량의 평가된 개별 직접 효과(대기권 오존에 대한 대기 화학 영향을 통한 CH<sub>4</sub> 간접 효과의 경우)와 일치하도록 조정된다. 이 추정치는 유효 복사 강제력과 기후 민감도 평가에서 비롯된다. 전지구 지표면 온도(1850~1900년 기준선에서 연간 편차로 표시됨)는 1850~1900년 이후 약 1.1°C 증가했다(패널(c)). 오른쪽의 수직 막대는 약 6,500년 전 현 간빙기(홀로세)에 발생한 최소 지난 10만년중 가장 따뜻한 여러 세기 기간 동안의 추정 온도(매우 가능성이 높은 범위)를 보여준다. 그 이전에 다음으로 가장 최근의 온난한 기간은 약 125,000년 전으로, 평가된 여러 세기 온도 범위 [0.5°C ~ 1.5°C]가 가장 최근 10년의 관측과 겹친다. 이러한 과거 온난 기간은 느린(수천년) 궤도 변동에 의해 발생했다. 공식적인 탐지 및 속성 연구는 기후 모델과 관측으로부터 정보를 종합하고 최선의 추정치는 1850~1900년과 2010~2019년 사이에 관측된 모든 온난화가 인간에 의해 유발되었다는 것을 보여준다(패널(d)). 패널은 다음에 기인한 온도 변화를 보여준다: 총체적인 인간의 영향력; GHG 농도 및 기타 인간 요인(에어로졸, 오존 및 토지 이용 변화(토지 이용 반사율))의 변화로 인한 분해; 태양열 및 화산 요인; 내부 기후 변동성. 휘스커는 가능한 범위를 보여준다. (WGI SPM A.2.2, WGI 그림 SPM.1, WGI 그림 SPM.2, WGI TS.2.2, WGI 2.1; WGIII 그림 SPM.1, WGIII A.III.2.5.1)

2010~2019년의 연평균 GHG 배출량은 이전 10년보다 높았지만, 2010~2019년(1.3% yr<sup>-1</sup>)사이의 증가율은 2000~2009년(2.1% yr<sup>-1</sup>)보다 낮았다.<sup>69</sup> 1850년부터 2019년까지의 누적 순 CO<sub>2</sub> 배출량은 2400 ± 240 GtCO<sub>2</sub>였다. 이 중 절반 이상(58%)이 1850년에서 1989년 사이에[1400 ± 195 GtCO<sub>2</sub>], 그리고 약 40%[1000 ± 90 GtCO<sub>2</sub>]가 1990년에서 2019년 사이에 발생했다. 2019년 전지구 인위적 순 GHG 배출량은 2019년에 59±6.6 GtCO<sub>2</sub>-eq로 2010년보다 약 12% (6.5 GtCO<sub>2</sub>-eq), 1990년보다 54% (21 GtCO<sub>2</sub>-eq) 증가한 것으로 추정되었다. 2019년까지 총 배출량에서 가장 큰 증가는 화석 연료 및 산업에서 발생하는 CO<sub>2</sub>(CO<sub>2</sub>-FFI)에서 발생했으며 그 뒤를 CH<sub>4</sub>가 이은 반면에, 1990년에 가장 낮은 수준에서 시작한 불화 가스(F-gases)는 상대적으로 가장 높은 증가가 발생했다. (높은 신뢰도) {WGIII SPM B.1.1, WGIII SPM B.1.2, WGIII SPM B.1.3, WGIII 그림 SPM.1, WGIII 그림 SPM.2}

전지구 인간 유발 GHG 배출량에 대한 지역적 기여도는 계속해서 지역별로 차이가 크다. CO<sub>2</sub> 배출량의 과거 기여도는 총 규모 측면에서 지역에 따라 크게 다르지만 CO<sub>2</sub>-FFI(1650 ± 73 GtCO<sub>2</sub>-eq) 및 순 CO<sub>2</sub>-LULUCF(760 ± 220 GtCO<sub>2</sub>-eq) 배출량 측면에서도 차이가 있다(그림 2.2). 지역 및 국가별 1인당 배출량의 변동은 부분적으로 다른 개발 단계를 반영하지만, 비슷한 소득 수준에서도 크게 다르다. 2019년 1인당 평균 인위적 순 GHG 배출량은 지역별로 2.6tCO<sub>2</sub>-eq에서 19tCO<sub>2</sub>-eq 범위였다(그림 2.2). 최빈국(LDCs)과 군소도서개발국(SIDS)은 CO<sub>2</sub>-LULUCF를 제외하고 1인당 배출량(각각 1.7 tCO<sub>2</sub>-eq 및 4.6 tCO<sub>2</sub>-eq)이 전지구 평균(6.9 tCO<sub>2</sub>-eq)보다 훨씬 낮다. 2019년 전지구 인구의 약 48%는 1인당 평균 6 tCO<sub>2</sub>-eq 이상을 배출하는 국가에 거주하고 있으며, 전지구 인구의 35%는 1인당 9 tCO<sub>2</sub>-eq (CO<sub>2</sub>-LULUCF 제외) 이상을 배출하는 국가<sup>70</sup>에 거주하고 있는 반면, 다른 41%는 1인당 3 tCO<sub>2</sub>-eq 미만을 배출하는 국가에 거주한다. 이러한 저배출 국가 인구의 상당 부분은 현대식 에너지 서비스에 대한 접근성이 부족하다. (높은 신뢰도) {WGIII SPM B.3, WGIII SPM B.3.1, WGIII SPM B.3.2, WGIII SPM B.3.3}

순 GHG 배출량은 2010년 이후 모든 주요 부문에서 증가했다(높은 신뢰도). 2019년에는 전지구 순 GHG 배출량의 약 34%(20 GtCO<sub>2</sub>-eq)가 에너지 부문에서 발생했으며, 24% (14 GtCO<sub>2</sub>-eq)는 산업 부문에서, 22%(13 GtCO<sub>2</sub>-eq)는 AFOLU에서, 15%(8.7 GtCO<sub>2</sub>-eq)는 수송에서 그리고 6%(3.3 GtCO<sub>2</sub>-eq)는 건축물에서 발생했다<sup>71</sup>(높은 신뢰도).

2010년과 2019년 사이의 연평균 GHG 배출량 증가는 에너지 공급(2.3%에서 1.0%)과 산업(3.4%에서 1.4%)에서 이전 10년 대비 둔화되었지만 수송 분야에서는 약 2% yr<sup>-1</sup>로 대략 일정하게 유지되었다(높은 신뢰도). 총 순 AFOLU 배출량의 약 절반은 CO<sub>2</sub> LULUCF에서 발생하며, 주로 산림 전용에서 발생한다(중간 신뢰도). 전체 토지는 2010~2019년<sup>72</sup> 기간 동안 -6.6 (±4.6) GtCO<sub>2</sub> yr<sup>-1</sup>의 순 흡수원을 구성했다(중간 신뢰도). {WGIII SPM B.2, WGIII SPM B.2.1, WGIII SPM B.2.2, WGIII TS 5.6.1}

인간이 유발한 기후변화는 에너지 이용, 토지 이용 및 토지 이용 변화, 생활양식, 소비 패턴 및 생산에서 발생하는 100년 이상의 순 GHG 배출의 결과이다. GDP의 에너지 집약도 및 에너지의 탄소 집약도 개선으로 인한 화석 연료 및 산업 공정(CO<sub>2</sub>-FFI)의 CO<sub>2</sub> 배출 감축량은 산업, 에너지 공급, 수송, 농업 및 건물에서 전지구 활동 수준의 증가로 인한 배출 증가량보다 적다. 1인당 배출량이 가장 높은 가구의 10%는 전지구 소비 기반 가구 GHG 배출량의 34~45%를 기여하고, 중간 40%는 40~53%, 하위 50%는 13~15%를 기여한다. 배출량의 증가분은 도시 지역에서 기인할 수 있다(2015년에서 2020년 안에 전지구 배출분의 약 62%에서 67~72%로 증가). 도시 GHG 배출<sup>73</sup>의 요인은 복잡하며 인구 규모, 소득, 도시화 상태 및 도시 형태를 포함한다. (높은 신뢰도). {WGIII SPM B.2, WGIII SPM B.2.3, WGIII SPM B.3.4, WGIII SPM D.1.1}

<sup>69</sup> GHG 배출 지표는 서로 다른 GHG의 배출을 공통 단위로 표현하는 데 사용된다. 이 보고서의 총 GHG 배출량은 AR6에 대한 제 1 실무그룹의 기여도를 기반으로 하는 값과 함께 100년의 시간 범위(GWP100)를 가진 지구온난화 잠재력을 사용하여 CO<sub>2</sub> 환산치(CO<sub>2</sub>-eq)로 명시된다. AR6 WGI 및 WGIII 보고서는 개선된 배출 측정 값, 완회 목표와 관련된 다양한 측정 평가, 집합 가스에 대한 새로운 접근 방식 평가를 포함한다. 측정 기준의 선택은 분석 목적에 따라 달라지며 모든 GHG 배출 측정 기준은 물리적 기후 시스템의 복잡성과 과거 및 미래 GHG 배출에 대한 대응을 단순화한다는 점에서 한계와 불확실성이 있다. {WGI SPM D.1.8, WGI 7.6; WG III SPM B.1, WGIII Cross-Chapter Box 2.2} (부속서 I: 용어집)

<sup>70</sup> 영토적 배출

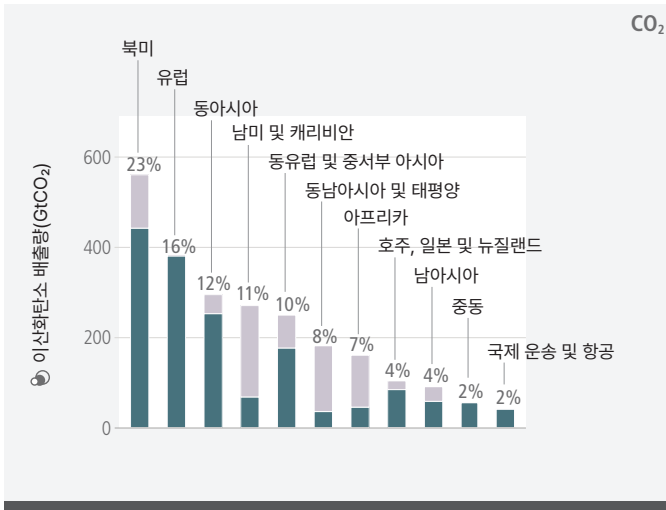
<sup>71</sup> GHG 배출 수준은 유효 숫자 두 자리로 반올림된다. 결과적으로 반올림으로 인해 합계에 약간의 차이가 발생할 수 있다. {WGIII SPM 각주 8}

<sup>72</sup> 인위적인 환경 변화와 자연적인 기후 변동성 모두에 대한 모든 육지의 대응으로 인한 -12.5 (±3.2) GtCO<sub>2</sub> yr<sup>-1</sup>의 총 흡수원과 부기 모델에 기반한 인위적 순 CO<sub>2</sub>-LULUCF 배출량 +5.9 (±4.1) GtCO<sub>2</sub> yr<sup>-1</sup>으로 구성된다. {WGIII SPM 각주 14}.

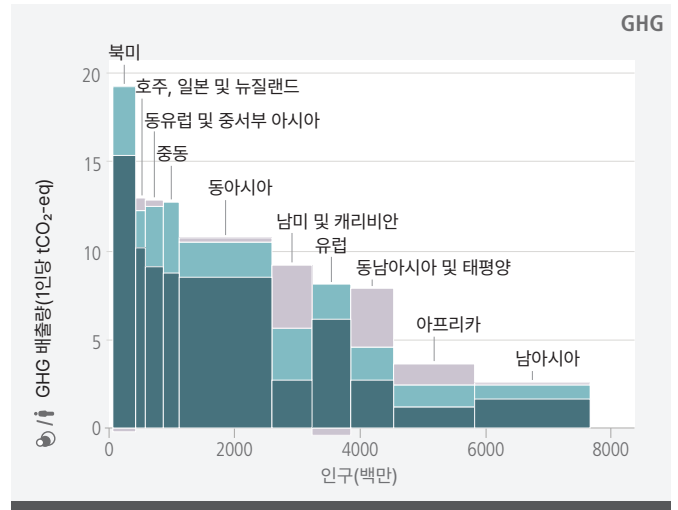
<sup>73</sup> 이 추정치는 도시 지역 내에서 발생하는 직접 배출과 도시에서 소비되는 전기, 상품 및 서비스 생산과 관련된 도시 외부에서 발생하는 간접 배출을 모두 포함하는 소비 기반 계산을 기반으로 한다. 이 추정치는 항공 및 해상 버커 연료, 토지 이용 변화, 임업 및 농업을 제외한 모든 CO<sub>2</sub> 및 CH<sub>4</sub> 배출 범주를 포함한다. {WGIII SPM 각주 15}

현재 그리고 1850년 이후 누적 배출량은 대부분의 지역에서 증가했지만 지역적으로 고르지 않다.

a) 지역별 역사적 누적 순 인위적 이산화탄소 배출량(1850~2019)



b) 지역별 1인당 및 총 인구당 순 인위적 GHG 배출량(2019)



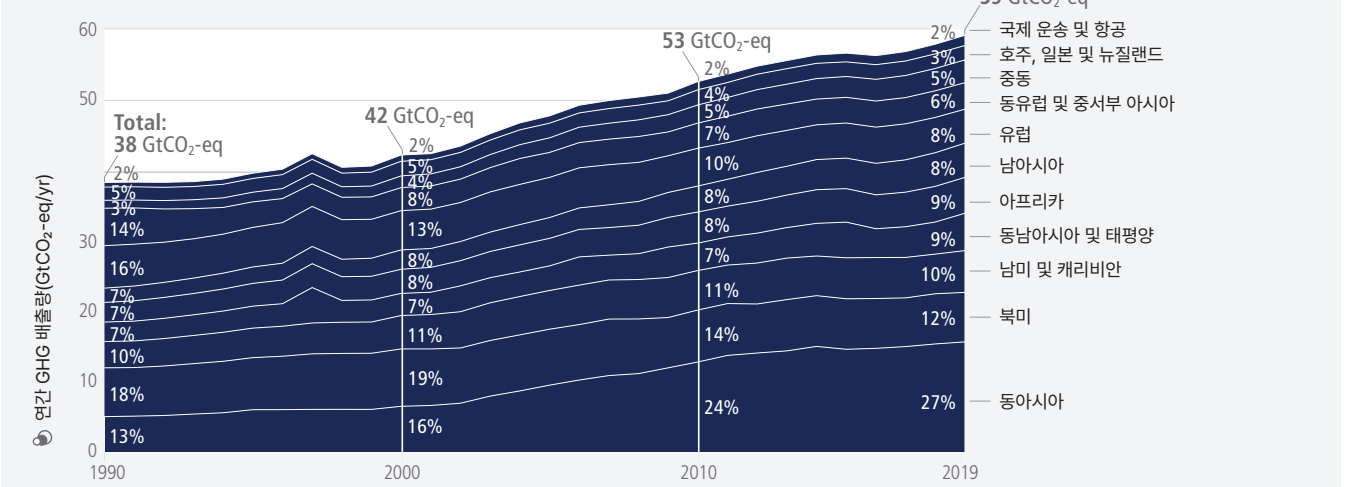
설명표

이 그래프에 표시된 기간

1850 1990 2019

토지 이용, 토지 이용 변화, 임업으로 인한 순 CO<sub>2</sub>(CO<sub>2</sub>LULUCF)  
다른 GHG 배출  
화석 연료 및 산업(CO<sub>2</sub>FFI)  
모든 GHG 배출

c) 지역별 전 세계 순 인위적 GHG 배출량(1990~2019)



d) 지역별 지표(2019) 및 지역별 생산 vs 소비 회계(2018)

	아프리카	호주, 일본, 뉴질랜드	동아시아	동유럽, 중서부 아시아	유럽	남미 및 캐리비안	중동	북미	동남아시아 및 태평양	남아시아
인구(백만 명, 2019)	1292	157	1471	291	620	646	252	366	674	1836
1인당 GDP(2017년 1인당 USD1000 <sub>PPP</sub> ) <sup>1</sup>	5.0	43	17	20	43	15	20	61	12	6.2
<b>2019<sup>2</sup> 순 GHG(생산 기반)</b>										
온실가스 배출 집약도(2017년 tCO <sub>2</sub> -eq/USD1000 <sub>PPP</sub> )	0.78	0.30	0.62	0.64	0.18	0.61	0.64	0.31	0.65	0.42
1인당 GHG(1인당 tCO <sub>2</sub> -eq)	3.9	13	11	13	7.8	9.2	13	19	7.9	2.6
<b>1인당 CO<sub>2</sub>FFI, 2018</b>										
생산기반 배출(1인당 tCO <sub>2</sub> FFI, 2018년 데이터 기반)	1.2	10	8.4	9.2	6.5	2.8	8.7	16	2.6	1.6
소비기반 배출(1인당 tCO <sub>2</sub> FFI, 2018년 데이터 기반)	0.84	11	6.7	6.2	7.8	2.8	7.6	17	2.5	1.5

<sup>1</sup>2017년 미화달러 구매력 기준 2019년 1인당 GDP

<sup>2</sup>국제 항공 및 운송을 제외한 CO<sub>2</sub>FFI, CO<sub>2</sub>LULUCF 및 다른 GHG 포함

이 표에 사용된 지역별 그룹은 오직 통계적인 목적이며

WGIII 부록 II, 파트 I에 나타나 있다.

그림 2.2: 지역 GHG 배출량 및 1850년부터 2019년까지 총 누적 생산 기반 CO<sub>2</sub> 배출량의 지역적 비율. 패널 (a)는 GtCO<sub>2</sub>에서 1850년부터 2019년까지 지역별 역사적 누적 순 인위적인 CO<sub>2</sub> 배출량의 비율을 보여준다. 여기에는 CO<sub>2</sub>-FFI 및 CO<sub>2</sub>-LULUCF가 포함된다. 기타 GHG 배출량은 포함되지 않는다. CO<sub>2</sub>-LULUCF 배출량은 불확실성이 높으며, 전지구 불확실성 추정치는 ±70% (90% 신뢰 구간)이다. 패널 (b)는 2019년 지역별 1인당 CO<sub>2</sub>-eq 톤 단위로 지역 GHG 배출량 분포를 보여준다. GHG 배출량은 다음과 같이 분류된다: CO<sub>2</sub>-FFI; 순 CO<sub>2</sub>-LULUCF; 및 기타 GHG 배출(CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, 플루오르화 가스, GWP100-AR6을 사용하여 CO<sub>2</sub>-eq로 표시). 각 사각형의 높이는 1인당 배출량을 나타내고 너비는 해당 지역의 인구를 나타내므로 사각형의 면적은 각 지역의 총 배출량을 나타낸다. 국제 항공 및 운송으로 인한 배출량은 포함되지 않는다. 두 지역의 경우, CO<sub>2</sub>-LULUCF 면적은 축 아래에 있으며, 이는 배출량이 아닌 순 CO<sub>2</sub> 제거량을 나타낸다. 패널 (c)는 1990~2019년 기간 동안 지역별(GtCO<sub>2</sub>-eq yr<sup>-1</sup>(GWP100-AR6)) 전지구적 순 인위적 GHG 배출량을 보여준다. 백분을 같은 각 기간의 총 GHG 배출량에 대한 각 지역의 기여도를 나타낸다. 1997년 한 해 배출량 최고치는 동남아시아의 산림 및 이탄 화재 사건으로 인한 CO<sub>2</sub>-LULUCF 배출량 증가 때문이었다. 지역은 WGIII의 부속서II에 그룹화되어 있다. 패널 (d)는 인구, 1인당 GDP, 2019년 1인당 총 GHG에 대한 지역별 배출 지표, 총 GHG 배출 집약도를 이 보고서에서 2018년까지 평가되는 생산 기반 및 소비 기반 CO<sub>2</sub>-FFI 데이터와 함께 보여준다. 소비 기반 배출량은 특정 개체(예: 지역)가 소비하는 상품 및 서비스를 생성하기 위해 대기로 배출되는 배출량이다. 국제 항공 및 운송으로 인한 배출량은 포함되지 않는다. [WGI SPM 2]

## 2.1.2. 현재까지 관측된 기후 시스템 변화 및 영향

인간의 영향이 대기, 해양 및 육지를 따뜻하게 했다는 것은 명백하다. 대기, 해양, 빙권 및 생물권에서 광범위하고 급격한 변화가 발생했다(표 2.1). 기후 시스템 전체에 걸친 최근 변화와 기후 시스템의 여러 측면의 현재 상태는 수세기에서 수천년 동안 전례가 없다. GHG 배출이 대류권 온난화의 주요 요인<sup>74</sup>일 가능성이 매우 높으며 인간이 유발한 성층권 오존 감소가 1979년과 1990년대 중반 사이에 성층권 냉각의 주요 요인이었을 가능성이 매우 높다. 1970년대 이후 전지구 상부 해양(0~700m)이 따뜻해졌음이 거의 확실하며 인간의 영향이 주요 요인일 가능성이 매우 높다. 해양 온난화는 기후 시스템에서 온난화의 91%를 차지했으며, 육지 온난화, 얼음 손실 및 대기 온난화는 각각 5%, 3% 및 1%를 차지했다(높은 신뢰도). 1901년과 2019년 사이에 전지구 평균 해수면은 0.20 [0.15~0.25]m 증가했다. 평균 해수면 상승률은 1901~1971년 사이에 1.3 [0.6~2.1]mm yr<sup>-1</sup>였으며, 1971~2006년 사이에는 1.9 [0.8~2.9]mm yr<sup>-1</sup>로 증가했으며, 2006~2018년 사이에는 추가적으로 3.7 [3.2~4.2] mm yr<sup>-1</sup>가 증가했다(높은 신뢰도). 최소한 1971년 이후 이러한 증가의 주요 요인은 인간의 영향이었을 가능성이 매우 높다(그림 3.4). 인간의 영향은 1990년대 이후 전지구적 빙하 후퇴와 1979~1988년과 2010~2019년 사이의 북극해 빙하지역의 감소의 주요 요인일 가능성이 매우 높다. 인간의 영향은 또한 북반구의 봄 적설량 감소와 그린란드 빙상의 표면 융해에 기여했을 가능성이 매우 높다. 인간이 유발한 CO<sub>2</sub> 배출이 현재 외해 표면의 전지구적 산성화의 주요 원인이라는 것은 거의 확실하다. {WGI SPM A.1, WGI SPM A.1.3, WGI SPM A.1.5, WGI SPM A.1.6, WGI SPM A.1.7, WGI SPM A.2, WGI SPM A.4.2; SROCC SPM A.1, SROCC SPM A.2}

인간이 초래한 기후변화는 이미 전지구 모든 지역에 많은 날씨와 극한 기후에 영향을 미치고 있다. 폭염, 폭우, 가뭄 및 열대 저기압과 같은 극한 상황에서 관측된 변화의 증거, 특히 인간 영향에 대한 증거는 AR5 이후 강화되었다(그림 2.3). 1905년대 이후 대부분의 육지 지역에서 극한 고온(폭염 포함)이 더 자주 발생하고 더 강렬해진 반면(그림 2.3), 추위(한파 포함)는 덜 빈번하고 덜 심각해졌음이 확실하며, 인간이 유발한 기후변화는 이러한 변화의 주요 요인이라는 것은 신뢰도가 높다. 해양 폭염은 1980년대 이후 빈도가 약 두 배로 증가했으며(높은 신뢰도), 인간의 영향은 적어도 2006년 이후 대부분의 원인에 기여했을 가능성이 매우 높다.

호우 현상의 빈도와 강도는 1950년대 이후 동향 분석을 위한 관측 데이터가 충분한 대부분의 육지 지역에서 증가했으며(높은 신뢰도), 인간에 의한 기후변화가 주요 요인일 가능성이 높다(그림 2.3). 인간이 초래한 기후변화는 육지의 증발산량 증가로 인해 일부 지역에서 농업 및 생태학적 가뭄의 증가에 기여했다(중간 신뢰도) (그림 2.3). 지난 40년 동안 주요(범주 3~5) 열대성 사이클론 발생의 전지구적 비율이 증가했을 가능성이 있다. {WGI SPM A.3, WGI SPM A.3.1, WGI SPM A.3.2; WGI SPM A.3.4; SRCCL SPM A.2.2; SROCC SPM A.2}

기후변화는 육지, 담수, 빙권, 해안 및 외해 생태계에 상당한 피해를 입히고 점점 돌이킬 수 없는 손실<sup>75</sup>을 초래하고 있다(높은 신뢰도). 기후변화 영향의 범위와 크기는 이전 평가에서 추정된 것보다 더 크다(높은 신뢰도). 전지구적으로 평가된 종의 약 절반이 극지방 또는 육지에서 더 높은 고도로 이동했다(매우 높은 신뢰도). 지리적 위치의 변화와 계절적 시기의 변화를 포함한 생물학적 대응은 종종 최근의 기후변화에 대처하기에 충분하지 않다(매우 높은 신뢰도). 수백 종의 국지적 손실은 극심한 더위의 증가(높은 신뢰도)와 육지와 해양에서의 대량 죽음(매우 높은 신뢰도)으로 인해 발생했다. 일부 생태계에 미치는 영향은 빙하 후퇴로 인한 수문학적 변화의 영향, 일부 산의 변화(중간 신뢰도) 및 영구 동토층 해빙으로 인한 북극 생태계의 변화(높은 신뢰도)와 같이 비가역성에 접근하고 있다. 해양 산성화, 해수면 상승 또는 강수량의 지역적 감소와 같은 천천히 발생하는 과정이 생태계에 미치는 영향은 또한 인간이 초래한 기후변화에 기인한다(높은 신뢰도). 기후변화는 특히 저지대 해안 지역, 강 삼각주, 건조지대, 영구 동토층 지역에서 사막화와 악화된 토지 황폐화에 기여했다(높은 신뢰도). 해안 습지의 거의 50%가 지난 100년 동안 국지적인 인간의 압력, 해수면 상승, 온난화 및 극심한 기후 현상의 결합된 결과로 인해 손실되었다(높은 신뢰도). {WGII SPM B.1.1, WGII SPM B.1.2, WGII 그림 SPM 2.A, WGII TS.B.1; SRCCL SPM A.1.5, SRCCL SPM A.2, SRCCL SPM A.2.6, SRCCL 그림 SPM 1; SROCC SPM A.6.1, SROCC SPM A.6.4, SROCC SPM A.7}

<sup>74</sup> '주요 요인'은 변화의 50% 이상을 담당하는 것을 의미한다. {WGI SPM 각주 12}

<sup>75</sup> 부속서 I 참조: 용어집

표 2.1: 기후 시스템 구성요소 전반에 걸쳐 평균 기후의 대규모 지표에서 관측된 변화와 인간 영향에 대한 기여 평가. 색상 코딩은 관측된 변화에 대한 평가된 신뢰도/가능성<sup>76</sup>과 사용가능한 경우 요인 또는 주요 요인(이 경우 지정됨)으로서의 인적 기여를 나타낸다(색상 번호표 참조). 그 밖의 경우, 설명 텍스트가 제공된다. {WGII, TS, T}

지표 변화	관측된 변화 평가	인간 요인 평가
대기 및 물 순환	1850~1900년 이후 지구온난화 평균 표면 대기 온도	인간 요인([0.8~1.3°C])의 가능성이 높은 범위는 관측된 온난화([0.9~1.2°C])의 가능성이 매우 높은 범위를 포함한다
	1979년 이후 대류권 온난화	주요 요인
	20세기 중반 이후 성층권 하부의 냉각	1979~1990년대 중반의 주요 요인
	1979년 이후 대규모 강우와 대류권 상부의 습도 변화	
	1980년대 이후 지역 평균 해들리 순환의 확장	남반구
해양	1970년대 이후 해양 열량 증가	주요 요인
	20세기 중반 이후 염도 변화	
	1970년 이후 전 세계 평균 수면 높이 증가	주요 요인
빙권	1979년 이후 북극해 손실	주요 요인
	1950년 이후 북반구 봄철 적설량 감소	
	1990년대 이후 그린란드 빙상 질량 손실	
	1990년대 이후 남극 빙상 질량 손실	제한된 증거 및 중간 정도의 동의
	빙하 후퇴	주요 요인
탄소 순환	1960년대 초반 이후 대기 이산화탄소의 계절적 순환의 진폭 상승	주요 요인
	전 세계 해양 표면의 산성화	주요 요인
토양 기후	토양 위 표면 대기 온도 평균 (지구온난화 평균보다 40% 더 큼)	주요 요인
종합	산업화 이전 시대 이후 전 세계 기후 시스템의 온난화	

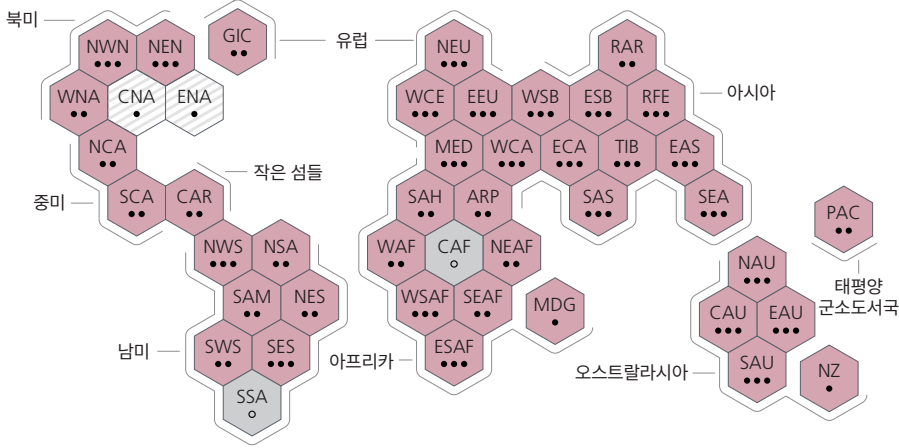


<sup>76</sup> 과학적 이해를 바탕으로 주요 결과는 사실 진술로 공식화되거나 IPCC 보정 언어를 사용하여 표시된 신뢰도 평가 수준과 연관될 수 있다.

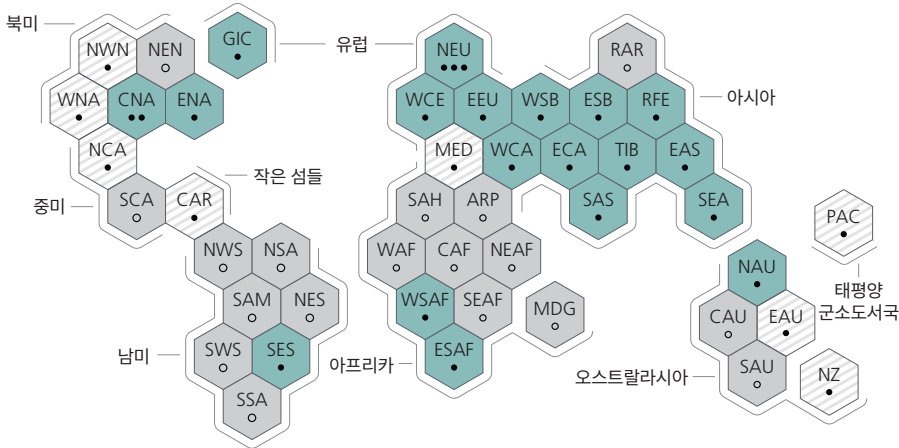
기후변화는 전 세계의 인간과 자연 시스템에 영향을 미쳤으며, 기후변화에 적게 기여한 사람들이 더 취약해졌다.

a) 극한 고온, 폭우 및 가뭄에서 관측된 변화의 평가에 대한 종합, 그리고 세계 지역에서 관측된 변화에 대한 인간 요인의 신뢰도

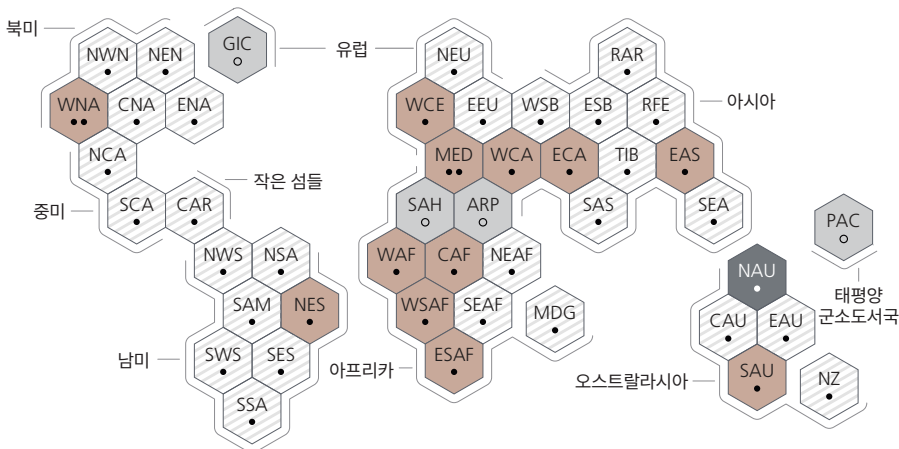
① 극한 고온 ← 폭염포함



② 폭우



③ 농업적 및 생태적 가뭄



리스크 지수: 위험

설명표

1950년대 이후 관측된 변화의 유형

- 상승
- 감소
- 제한된 데이터 및/또는 문헌
- 변화 유형의 낮은 동의

관측된 변화에 대한 인간 요인의 신뢰도

- 높음
- 중간
- 제한된 동의로 인한 낮음
- 제한된 증거로 인한 낮음

각 육각형은 지역에 부합한다

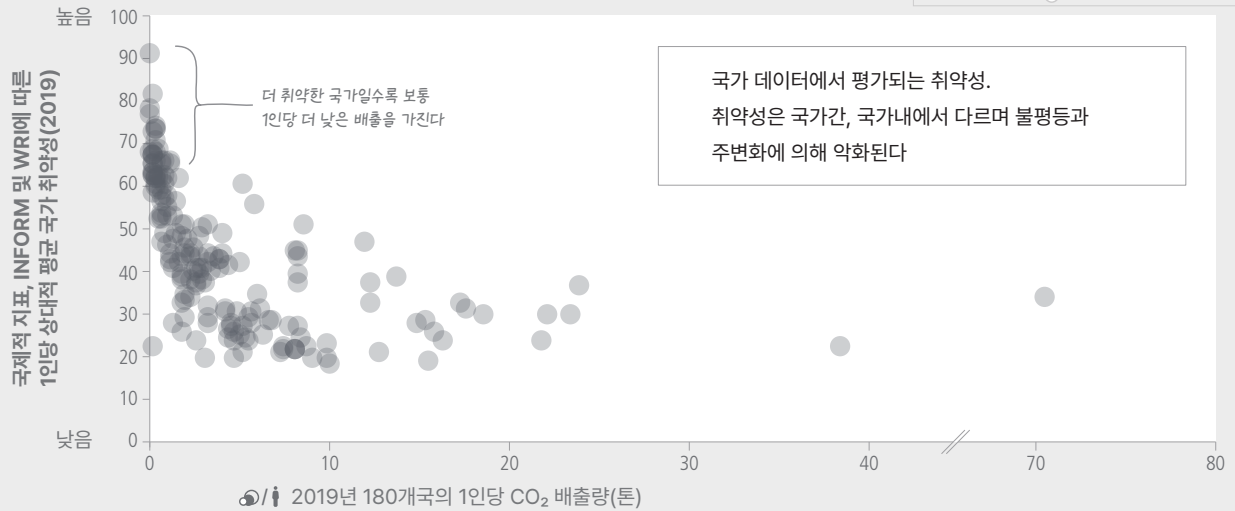
NWN 북서 북미

IPCC AR6 WGI 참조 지역:

북미: NWN(북-서 북미), NEN(북-동 북미), WNA(서북미), CNA(중북미), ENA(동북미), 중미: NCA(북중미), SCA(남중미), CAR(캐리비안), 남미: NWS(북서남미), NSA(북남미), NES(북동남미), SAM(남미 문순), SWS(남서남미), SES(남동남미), SSA(남부남미), 유럽: GIC(그린란드/아이슬란드), NEU(북유럽), WCE(서중부 유럽), EEU(동유럽), MED(지중해), 아프리카: MED(지중해), SAH(사하라), WAF(서아프리카), CAF(중부아프리카), NEAF(북동아프리카), SEAF(남동아프리카), WSAF(서남아프리카), ESAF(동남아프리카), MDG(마다가스카르), 아시아: RAR(러시아북극), WSB(서시베리아), ESB(동시베리아), RFE(러시아극동), WCA(서중아시아), ECA(동중아시아), TIB(티베트고원), EAS(동아시아), ARP(아라비아 반도), SAS(남아시아), SEA(남동아시아), 오스트랄라시아: NAU(북 오스트레일리아), CAU(중부 오스트레일리아), EAU(동부 오스트레일리아), SAU(남부 오스트레일리아), NZ(뉴질랜드), 작은 섬: CAR(캐리비안), PAC(태평양 군소도서국)

b) 2019년 국가별 인구의 취약성 및 1인당 배출량

리스크 지수: 취약



c) 기후변화의 관측된 영향 및 관련 손실과 피해

		전 세계	아프리카	아시아	중동	북미	남미	유럽	북대서양
인간계	물 가용성 및 식량 생산	물리적 물 가용성	●	●	●	●	●	●	●
		농업/곡물 생산	●	●	●	●	●	●	●
		동물 및 가축 건강 및 생산성	●	●	●	●	●	●	●
		어업 수확량 및 양식 생산	●	●	●	●	●	●	●
	건강 및 웰빙	전염성 질환	●	●	●	●	●	●	●
생태계		산불로 인한 열, 영양실조 및 피해	●	●	●	●	●	●	●
		정신 건강	●	●	●	●	●	●	●
		이주	●	●	●	●	●	●	●
	도시, 정주지 및 기반시설	내륙 홍수 및 관련 피해	●	●	●	●	●	●	●
		홍수/폭풍에 의한 연안 지역 피해	●	●	●	●	●	●	●
생태계		기반시설 피해	●	●	●	●	●	●	●
		주요 경제 부문 피해	●	●	●	●	●	●	●
	생태계 구조 변화	육상	●	●	●	●	●	●	●
		담수	●	●	●	●	●	●	●
		해양	●	●	●	●	●	●	●
생태계	종 범위 이동	육상	●	●	●	●	●	●	●
		담수	●	●	●	●	●	●	●
		해양	●	●	●	●	●	●	●
	계절적 변화(생물 기후학)	육상	●	●	●	●	●	●	●
		담수	●	●	●	●	●	●	●
생태계		해양	●	●	●	●	●	●	●

리스크 지수: 영향

설명표

상승한 기후 영향

- 인간계
- 악영향
  - 악영향과 긍정적 영향
- 생태계
- 기후로 인한 변화 관측됨, 영향 방향에 대한 평가 없음

기후변화의 요인에 대한 신뢰도

- 높거나 매우 높음
- 중간
- 낮음
- 증거가 제한되거나 부족함
- / 평가되지 않음

그림 2.3: 현재 극한 기후에 대한 취약성과 기후변화에 대한 역사적 기여는 매우 이질적이며 오늘날까지 기후변화에 가장 적게 기여한 많은 사람들이 그 영향에 가장 취약하다. 패널 (a) IPCC AR6 WGI 거주 지역은 대략적인 지리적 위치에서 동일한 크기의 육각형으로 표시된다(지역 약어는 범례 참조). 모든 평가는 각 지역 전체와 1950년대부터 현재까지 이루어진다. 다른 시간 척도 또는 더 많은 지역 공간 척도에서 수행된 평가는 그림에 표시된 것과 다를 수 있다. 각 패널의 색상은 관측된 변화에 대한 평가의 네 가지 결과를 나타낸다. 줄무늬 육각형(흰색 및 연회색)은 해당 지역 전체의 변화 유형에 대한 동의가 낮은 경우에 사용되며, 회색 육각형은 데이터 및/또는 문헌이 제한되어 있어 해당 지역을 전체적으로 평가할 수 없는 경우에 사용된다. 다른 색상은 관측된 변화에 대해 최소한 중간 신뢰도를 나타낸다. 이러한 관측된 변화에 대한 인간의 영향에 대한 신뢰 수준은 경향 감지, 사건 속성 문헌 평가를 기반으로 하며 점의 수로 표시된다. 점 세 개는 높은 신뢰도를, 점 두 개는 중간 신뢰도를, 그리고 낮은 신뢰도를 나타낸다 (한 개, 색칠된 점: 제한된 동의, 한 개, 빈 점: 제한된 증거). 극한 고온의 경우, 증거는 대부분 일일 최대 기온에 기반한 지표의 변화에서 도출된다. 다른 지표(폭염 지속, 빈도 및 강도)를 사용하는 지역 연구도 추가적으로 사용된다. 폭우의 경우, 증거는 대부분 전지구적 및 지역적 연구를 사용하는 1일 또는 5일 강수량에 기초한 지수의 변화에서 도출된다. 농업 및 생태학적 가뭄은 지표 토양 수분, 수분 균형(강수량에서 증발산량을 뺀 값), 강수량 및 대기 증발 수요로 인한 지표의 변화에 대한 증거로 보완된 연평균 총 토양층 수분 변화의 관찰 및 시뮬레이션 된 변화를 기반으로 평가된다. **패널 (b)** 2019년 두 지표 세트를 사용할 수 있는 180개국에 대한 국가별 1인당 CO<sub>2</sub>-FFI 배출량에 대해 한 국가 인구의 평균 취약성 수준을 보여준다. 취약성 정보는 INFORM과 World Risk Index라는 두가지 전지구 지표 시스템을 기반으로 한다. 평균 취약성이 상대적으로 낮은 국가는 인구 내에 취약성이 높은 그룹이 있는 경우가 많으며, 그 반대의 경우도 마찬가지이다. 기본 데이터는 예를 들어, 빈곤, 불평등, 의료 기반시설 또는 보형 적용 범위에 대한 정보를 포함한다. **패널 (c)** 전지구적 및 지역적 규모의 기후변화로 인한 생태계 및 인간 체계에 대한 관측된 영향. 전지구 평가는 대규모 연구, 다중, 메타 분석 및 대규모 검토에 중점을 둔다. 지역 평가는 전체 지역에 걸친 영향에 대한 증거를 고려하며 특정 국가에 초점을 맞추지 않는다. 인간 체계의 경우, 영향의 방향이 평가되고 부정적인 영향과 긍정적인 영향이 모두 관측되었다. 예를 들어, 한 영역 또는 식량 항목에 대한 부정적인 영향이 다른 영역 또는 식량 항목에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다(자세한 내용 및 방법론은 WGII SMTS 1 참조) 물리적 물 가용성은 지하수, 수질 및 물 수요를 포함한 다양한 출처에서 사용 가능한 물의 균형을 포함한다. 전지구 정신 건강 및 이동 평가는 오직 평가된 지역만 반영한다. 신뢰 수준은 기후변화에 대한 관측된 영향의 속성 평가를 반영한다. {WGI 그림 SPM.3, 표 TS.5, 인터랙티브 아틀라스 WGII 그림 SPM.2, WGII SMTS.1, WGII 8.3.1, 그림 8.5.; WG III 2.2.3}

기후변화는 온난화, 변화하는 강수 패턴, 빙권 요소의 감소 및 소실, 극한 기후의 빈도와 강도 증가로 인해 식량 안보를 낮추고 물 안보에 영향을 미쳐 지속가능발전 목표를 달성하려는 노력을 방해했다(높은 신뢰도). 전반적인 농업 생산성은 증가했지만, 기후변화는 전지구적으로 지난 50년 동안 농업 생산성의 성장을 둔화시켰으며(중간 신뢰도), 관련된 작물 수확량의 부정적인 영향은 주로 중위도 및 저위도 지역에 기록되었고 일부 고위도 지역에서는 긍정적인 영향이 기록되었다(높은 신뢰도). 20세기 이후의 해양 온난화는 최대 어획 잠재력의 전반적인 감소에 기여했으며(중간 신뢰도), 일부 어류 자원에 대한 남획의 영향을 악화시켰다(높은 신뢰도). 해양 온난화와 해양 산성화는 일부 해양 지역에서 패류 양식과 어업으로 인한 식량 생산에 악영향을 미쳤다(높은 신뢰도). 현재 수준의 지구온난화는 건조 지역의 물 부족 증가로 인한 중간 정도의 리스크와 관련이 있다(높은 신뢰도). 전지구 인구의 대략 절반이 현재 기후 요인과 비기후 요인의 조합으로 인해 적어도 일년 중 일정 기간 동안 심각한 물 부족을 경험하고 있다(중간 신뢰도)(그림 2.3). 부분적으로는 불균형 식단<sup>77</sup>으로 인해 지속 불가능한 농업 확장은 생태계와 인간의 취약성을 증가시키고 토지 및/또는 수자원에 대한 경쟁으로 이어진다(높은 신뢰도). 증가하는 기상 이변으로 인해 수백만 명의 사람들이 극심한 식량 불안<sup>78</sup>에 노출되었고 물 안보가 악화되었으며, 아프리카, 아시아, 중남미, 최빈국, 군소 섬, 북극의 많은 지역 및/또는 커뮤니티에서 그리고 소규모 식량 생산자, 저소득 가정 및 전지구 토착민의 경우에 가장 큰 영향을 관측할 수 있었다(높은 신뢰도). {WGII SPM B.1.3, WGII SPM.B.2.3, WGII 그림 SPM.2, WGII TS B.2.3, WGII TS 그림 TS. 6; SRCL SPMA.2.8, SRCL SPMA.5.3; SROCC SPMA.5.4, SROCC SPM A.7.1, SROCC SPM A.8.1, SROCC 그림 SPM.2}

도시 환경에서 기후변화는 인간의 건강, 생계 및 주요 기반시설에 악영향을 미쳤다(높은 신뢰도). 폭염을 포함한 고온현상은 도시에서 심화되었으며(높은 신뢰도), 대기 오염 현상도 악화되었으며(중간 신뢰도), 주요 기반시설의 기능이 제한되었다(높은 신뢰도). 교통, 물, 위생 및 에너지 시스템을 포함한 도시 기반시설은 극단적이고 느리게 발생하는 현상<sup>79</sup>으로 인해 손상되어 경제적 손실, 서비스 중단 및 웰빙에 대한 영향을 초래했다(높은 신뢰도). 관측된 영향은 경제적으로나 사회적으로 소외된 도시 거주자, 예를 들어 비공식 정주지에 거주하는 사람들에게 집중되어 있다(높은 신뢰도). 도시는 인간이 유발한 지역적 온난화를 심화시키는 반면(매우 높은 신뢰도), 도시화는 도시의 바람이 부는 쪽에서 평균 강수를 증가시키고(중간 신뢰도) 유출 강도를 증가시킨다(높은 신뢰도). {WGI SPM C.2.6; WGII SPM B.1.5, WGII 그림 TS.9, WGII 6 E}

기후변화는 평가 대상 지역의 사람들의 신체 건강과 정신 건강에 전지구적으로 악영향을 미쳤으며(매우 높은 신뢰도), 기후 위해가 높은 취약성과 상호 작용하는 인도주의적 위기에 기여하고 있다(높은 신뢰도). 모든 지역에서 극심한 더위 현상의 증가로 인해 인간의 사망률과 질환률의 상승을 유발했다(매우 높은 신뢰도). 기후 관련 식중독 및 수인성 감염병의 발생이 증가했다(매우 높은 신뢰도). 매개체를 통한 질병의 발병은 범위 확장 및/또는 질병 매개체의 번식 증가로 인해 증가했다(높은 신뢰도). 인수축공통감염병을 포함한 동물 및 인간 질병이 새로운 지역에서 나타나고 있다(높은 신뢰도). 평가 대상 지역에서 일부 정신 건강의 문제는 기온 상승(높은 신뢰도), 극한 상황으로 인한 외상(매우 높은 신뢰도), 생계 및 문화 상실(높은 신뢰도)과 관련이 있다(높은 신뢰도) {그림 2.3}.

<sup>77</sup> 균형 잡힌 식단은 SRCL에 설명된 대로 거친 곡물, 콩류, 과일 및 채소, 견과류 및 씨앗과 같은 식물성 식량과 회복력 있고 지속 가능하며 저 GHG 배출 시스템에서 생산되는 동물성 식량을 특징으로 한다. {WGII SPM 각주 32}.

<sup>78</sup> 극심한 식량 불안정은 식량 안보와 영양의 결정 요인을 리스크에 빠뜨리는 충격의 결과로 원인, 맥락 또는 지속 기간에 관계없이 생명, 생계 또는 둘 모두를 위협하는 심각성으로 언제든지 발생할 수 있으며 인도적 활동에 대한 요구를 평가하기 위해 사용된다. {WGII SPM 각주 30}

<sup>79</sup> 서서히 발생하는 현상은 WGI AR6의 기후 영향 요인에 설명되어 있으며, 예를 들어 평균 기온 증가, 사막화, 강수량 감소, 생물다양성 손실, 토지 및 산림 황폐화, 빙하 후퇴 및 관련 영향, 해양 산성화, 해수면 상승 및 염류화 등과 연관된 리스크와 영향을 의미한다. {WGII SPM 각주 29}

기후변화가 건강에 미치는 영향은 경제 및 사회적 조건과 혼란을 포함하여 자연 및 인간 체계를 통해 조정된다(높은 신뢰도). 극한 기후와 날씨의 아프리카, 아시아, 북미(높은 신뢰도), 중남미(중간 신뢰도)에서 이주를 유도하고 있으며(그림 2.3), 카리브해와 남태평양의 군소도서국들은 그들의 작은 인구 규모 대비 불균형적으로 영향을 받고 있다(높은 신뢰도). 극한 현상 및 기후 현상으로 인한 이동 및 비자발적 이주를 통해 기후변화는 취약성을 생성하고 영속화했다(중간 신뢰도). {WGII SPM B.1.4, WGII SPM B.1.7}

인간의 영향은 1950년대 이후로 복합적인 극한 현상<sup>80</sup>가능성을 증가시켰을 가능성이 있다. 동시적이고 반복적인 기후 위해는 모든 지역에서 발생했으며 건강, 생태계, 기반시설, 생계 및 식량에 대한 영향과 리스크를 증가시켰다(높은 신뢰도). 복합적인 극한 현상은 폭염과 가뭄의 동시적인 빈도의 증가를 포함하며(높은 신뢰도), 일부 지역의 산불 날씨(중간 신뢰도), 일부 지역의 복합적인 범람(중간 신뢰도)를 포함한다. 여러 차례 리스크가 상호작용하여 기후 위해에 대한 새로운 취약성의 원인을 생성하고 전체 리스크를 악화시킨다(높은 신뢰도). 복합적인 기후 위해는 적응 능력을 압도하고 피해를 상당히 증가시킬 수 있다(높은 신뢰도). {WGI SPM A.3.5; WGII SPM B.5.1, WGII TS.C.11.3}

기후변화로 인한 경제적 영향은 사람들의 생계에 점점 더 많은 영향을 미치고 있으며 국경을 넘어 경제 및 사회적 영향을 미치고 있다(높은 신뢰도). 기후변화로 인한 경제적 피해는 에너지 수요가 낮은 지역에 긍정적인 영향을 미치고 농산물 시장과 관광업에서 비교 우위를 갖는 일부 예외를 제외하고, 농업, 임업, 어업, 에너지 및 관광에 대한 지역적 효과와 함께 기후에 노출된 부문에서 야외 노동 생산성을 통해 감지되었다. 개인의 생계는 농업 생산성의 변화, 인간 건강과 식량 안보에 미치는 영향, 주택과 기반시설의 파괴, 재산과 소득의 손실에 의해 영향을 받았으며 성별과 사회적 형평성에 부정적인 영향을 미쳤다(높은 신뢰도). 열대 저기압은 단기적으로 경제 성장을 감소시켰다(높은 신뢰도). 영향 탐지(Event attribution) 연구와 과학적 이해는 인간이 초래한 기후변화가 열대성저기압과 관련된 폭우를 증가시킨다는 것을 나타낸다(높은 신뢰도). 많은 지역의 산불은 건축 자산, 경제 활동 및 건강에 영향을 미쳤다(중간에서 높은 신뢰도). 도시와 경주지에서 주요 기반시설에 대한 기후 영향은 물과 식량 시스템 전반에 걸쳐 손실과 피해를 초래하고 경제 활동에 영향을 미치며 기후 위해 요소에 직접 영향을 받는 지역을 넘어 영향을 미치고 있다(높은 신뢰도). {WGI SPM A.3.4, WGII SPM B.1.6, WGII SPM B.5.2, WGII SPM B.5.3}

기후변화는 자연과 사람에게 광범위한 악영향과 이와 관련된 손실과 피해를 초래했다(높은 신뢰도). 손실과 피해는 시스템, 지역 및 부문에 걸쳐 불균등하게 분배된다(높은 신뢰도). 유형 및 무형 유산과 관련한 문화적 손실은 적응 능력을 위협하며 특히 토착민과 생존을 위해 환경에 더 직접적으로 의존하는 사람들에게 소속감, 가치 있는 문화적 관행, 정체성 및 가정의 돌이킬 수 없는 손실을 초래할 수 있다(중간 신뢰도). 예를 들어 많은 북극 지역의 적설량, 호수 및 강의 얼음, 영구 동토층의 변화는 토착민을 포함한 북극주민들의 생계와 문화적 정체성에 해를 끼친다(높은 신뢰도). 교통, 물, 위생 및 에너지를 포함한 기반시설은 극단적이고 느리게 발생하는 현상으로 인해 손상되어 경제적 손실, 서비스 중단 및 복지에 대한 영향을 초래했다(높은 신뢰도). {WGII SPM B.1; WGII SPM B.1.2, WGII SPM B.1.5, WGII SPM C.3.5, WGII TS.B.1.6; SROCC SPM A.7.1}

여러 분야와 지역에 걸쳐 가장 취약한 인구와 시스템이 기후변화의 영향에 불균형적으로 영향을 받았다(높은 신뢰도). 1인당 배출량이 CO<sup>2</sup>-LULUCF를 제외한 전지구 평균(6.9 tCO<sub>2</sub>-eq)보다 훨씬 낮은 최빈국 및 군소도서개발국(각각 1.7 tCO<sub>2</sub>-eq, 4.6 tCO<sub>2</sub>-eq) 또한 기후 위해에 대한 취약성이 높으며, 서부, 중부 및 동부 아프리카, 남아시아, 중남미, 군소도서개발국 및 북극에서와 같이 사람들이 높은 취약성을 보이는 전지구 주요 지점들이 있다(높은 신뢰도). 상당한 개발 제약이 있는 지역과 사람들은 기후 위해에 대해 취약성이 높다(높은 신뢰도). 취약성은 빈곤, 거버넌스 문제, 기본 서비스 및 자원에 대한 제한된 접근, 폭력적인 분쟁, 기후에 민감한 생계 수준이 높은 지역(예: 소작농, 목축업자, 어업 공동체)에서 더 높다(높은 신뢰도). 다양한 공간적 수준에서의 취약성은 성별, 민족, 저소득 또는 이들의 조합과 관련된 불평등 및 소외에 의해 악화되며(높은 신뢰도), 특히 많은 토착민과 지역사회에서 더욱 그러하다(높은 신뢰도). 약 33억에서 36억의 사람들이 기후변화에 매우 취약한 환경에서 살고 있다(높은 신뢰도). 2010년에서 2020년 사이에 홍수, 가뭄, 폭풍으로 인한 인간 사망률은 취약성이 매우 낮은 지역 대비 취약성이 높은 지역에서 15배 더 높았다. 북극과 일부 고산지대에서 빙권 변화의 부정적 영향이 특히 토착민들 사이에서 느껴졌다(높은 신뢰도). 인간과 생태계의 취약성은 상호 의존적이다(높은 신뢰도). 기후변화에 대한 생태계와 사람의 취약성은 지역 간 그리고 지역 내에서 상당히 다르며(매우 높은 신뢰도), 교차하는 사회경제적 발전 패턴, 지속 불가능한 해양 및 토지 이용, 비형평성, 주변화, 식민지배와 같은 역사적이며 진행중인 비형평성들 형태, 거버넌스<sup>81</sup>에 의해 유발된다(높은 신뢰도). {WGII SPM B.1, WGII SPM B.2, WGII SPM B.2.4; WGIII SPM B.3.1; SROCC SPM A.7.1, SROCC SPM A.7.2}

<sup>80</sup> 부속서 1 참조: 용어집

<sup>81</sup> 거버넌스: 민간 및 공공 행위자가 사회적 목표를 다루기 위해 상호작용하는 구조, 과정 및 행동. 여기에는 전지구에서 지역에 이르기까지 모든 지리적 또는 정치적 규모에서 정책 및 조치를 결정, 관리, 이행 및 모니터링하기 위한 공식 및 비공식적 제도와 관련 규범, 규칙, 법률 및 절차를 포함한다. {WGIII SPM 각주 3.1}.

## 2.2 현재까지 이행된 대응

국제 기후 협약, 기후 행동에 대한 국가적 의욕의 증가, 대중 인식 제고는 여러 수준의 거버넌스에서 기후변화를 해결하기 위한 노력을 가속화하고 있다. 완화 정책은 전지구 에너지 및 탄소 집약도 감소에 기여했으며, 여러 국가에서 10년 이상 GHG 배출량 감소를 달성했다. 저배출 기술은 에너지, 건물, 수송 및 산업에서 현재 가용할 수 있는 많은 저배출 또는 무배출 옵션을 통해 더욱 저렴해지고 있다. 적응 계획 및 이행 과정은 기후 리스크를 줄이고 지속가능발전에 기여할 수 있는 잠재력을 가진 효과적인 적응 옵션과 함께 여러 편익을 생산해내었다. 전지구적으로 추적된 완화 및 적응을 위한 금융은 AR5 이후 상승 추세를 보였지만 필요 수준에는 미치지 못했다. (높은 신뢰도).

### 2.2.1. 전지구적 정책 설정

유엔기후변화협약(UNFCCC), 교토의정서, 파리협정은 국가적 목표의 수준을 높이고 다양한 수준의 거버넌스에서 기후 정책의 개발 및 이행을 장려하고 있다(높은 신뢰도). 교토의정서는 일부 국가에서 배출을 감소하도록 하게 했고 GHG 보고, 산정 및 배출 시장에 대한 국가적 및 국제적 역량을 구축하는 데에 중요한 역할을 했다(높은 신뢰도). 거의 모든 국가가 참여하는 UNFCCC 하에서 채택된 파리협정은 특히 기후 행동 및 지원의 향상된 투명성뿐만 아니라 적응 및 완화와 관련하여 국가 및 하위 국가 수준에서 정책 개발 및 목표 설정을 이끌었다(중간 신뢰도). 파리협정에 따라 요구되는 국가 결정 기여(NDC)는 국가가 기후 행동과 관련하여 우선 순위와 목표를 명확히 하도록 요구했다. {WGII 17.4, WGII TS D.1.1; WGIII SPM B.5.1, WGIII SPM E.6}

손실과 피해<sup>82</sup>는 2013년 손실과 피해에 관한 바르샤바 국제 메커니즘(WIM)의 설립을 통해 공식적으로 인정되었으며 2015년에 파리협정 8조가 WIM의 법적 근거를 제공했다. 경제적 및 비경제적 손실과 피해 모두에 대한 이해가 개선되어 국제 기후 정책에 대해 알리고 특히 취약한 개발도상국에서 손실과 피해가 현재 금융, 거버넌스 및 제도적 장치에 의해 포괄적으로 다루어지지 않는다는 점을 강조했다(높은 신뢰도). {WGII SPM C.3.5, WGII Cross-Chapter Box LOSS}

기후변화에 대한 대응에 영향을 미치는 최근 다른 전지구 협약에는 재해 리스크 경감을 위한 센다이 프레임워크(2015~2030), 금융 중심의 아디스 아바바 행동 의제(2015), 새로운 도시 의제(2016), 오존층을 파괴하는 물질에 대한 몬트리올 의정서에 대한 키타리 수정안(2016)이 포함된다. 또한 UN 회원국이 2015년에 채택한 지속가능발전을 위한 2030 의제는 17개의 지속가능발전 목표(SDG)를 설정하고 극심한 빈곤 종식을 우선시하고 지구를 보호하며 보다 평화롭고 번영하며 포용적인 사회를 촉진하기 위해 전지구적으로 노력을 조율하고자 한다. 만약 달성된다면, 이러한 협정은 무엇보다도 기후변화와 건강, 웰빙, 이주 분쟁에 미치는 영향을 줄일 것이다(매우 높은 신뢰도). {WGII TS.A.1, WGII 7 E5}

AR5 이후, 대중의 인식이 높아지고 행위자의 다양성이 증가하면서 전반적으로 기후변화를 해결하기 위한 정치적 약속과 전지구 노력을 가속화하는 데 도움이 되었다(중간 신뢰도).

일부 지역에서는 토착민 주도 운동, 청소년 운동, 인권 운동, 젠더 행동주의 및 기후 소송 등 이전 운동을 기반으로 하여 인식을 높이고, 어떤 경우에는 기후 거버넌스의 결과와 의욕에 영향을 미친 대중적 사회운동이 촉매제로 등장했다(중간 신뢰도). 집단적이고 참여적인 의사 결정 과정을 통해 이행되는 공정한 전환 및 권리 기반 의사 결정 접근 방식을 사용하여 토착민과 지역 사회를 참여시키는 것은 국가적 상황에 따라 다양한 방식으로 모든 규모에서 더 심층적인 의욕을 가능하게 했고 행동을 가속화했다(중간 신뢰도). 미디어는 기후변화에 대한 공공 담론을 형성하는데 도움이 된다. 이는 기후 행동을 가속화하기 위한 대중의 지지를 유용하게 구축할 수 있다(중간 증거, 높은 동의). 어떤 경우에는 미디어의 공개 담론과 조직적인 반대 운동이 기후 행동을 방해하면서 무력감과 허위 정보를 악화시키고 양극화를 촉진하여 기후 행동에 부정적인 영향을 주었다(중간 신뢰도). {WGII SPM C.5.1, WGII SPM D.2, WGII TS.D.9, WGII TS.D.9.7, WGII TS.E.2.1, WGII 18.4; WGIII SPM D.3.3, WGIII SPM E.3.3, WGIII TS.6.1, WGIII 6.7, WGIII 13 ES, WGIII Box.13.7}

### 2.2.2. 현재까지의 완화 행동

AR5 이후 완화를 다루는 정책 및 법률이 지속적으로 확장되었다(높은 신뢰도). 기후 거버넌스는 다양한 행위자가 상호 작용하는 체계와 정책 개발 및 이행의 기반을 제공함으로써 완화를 지원한다(중간 신뢰도). 많은 규제 및 경제 수단이 이미 성공적으로 활용되었다(높은 신뢰도). 2020년까지 GHG 배출량 감축에 주로 초점을 맞춘 법률이 전지구 배출량의 53%를 다루는 56개국에 존재했다(중간 신뢰도). 국가 및 하위 국가 수준에서 완화를 위한 다양한 정책 수단의 적용은 다양한 부문에 걸쳐 지속적으로 증가했다(높은 신뢰도). 정책 적용 범위는 부문에 따라 고르지 않으며 농업, 산업자재 및 공급 원료의 배출에 대해서 여전히 제한적이다(높은 신뢰도). {WGIII SPM B.5, WGIII SPM B.5.2, WGIII SPM E.3, WGIII SPM E.4}

실질적인 경험은 경제 수단 설계에 영향을 미쳤으며 예측 가능성, 환경 효율성, 경제적 효율성, 분배 목표와의 정렬 및 사회적 수용을 개선하는 데 도움이 되었다(높은 신뢰도). 저배출 기술 혁신은 행태 변화 및 시장 기회에 대한 인센티브를 창출하는 정책과 함께 기술 주도 정책의 조합을 통해 강화된다(높은 신뢰도)(섹션 4.8.3). 포괄적이고 일관된 정책 패키지가 단일 정책보다 더 효과적인 것으로 밝혀졌다(높은 신뢰도). 예를 들어 전기화 및 재생 에너지와 결합된 건기 좋은 도시 지역을 촉진하는 조치와 같이 라이프스타일 또는 행태 변화를 유도하는 정책인 개발 경로를 전환하기 위한 정책과 완화를 결합하면 더 깨끗한 공기와 향상된 활동성 이동성으로부터 건강한 공동편익을 창출할 수 있다(높은 신뢰도).

<sup>82</sup> 부속서 I 참조: 용어집

기후 거버넌스는 국가적 상황과 국제 협력의 맥락에서 전반적인 방향을 제시하고, 목표를 설정하고 정책 영역과 수준에 걸쳐 기후 행동을 주류화하여 완화를 가능하게 한다. 효과적인 거버넌스는 규제의 확실성을 강화하고 전문화된 조직을 만들고 금융을 조성할 수 있는 환경을 증진한다(중간 신뢰도). 이러한 기능은 그 수가 증가하고 있는 기후 관련 법률 또는 무엇보다도 국가 및 하위 국가 맥락에 기반한 기후 전략에 의해 촉진될 수 있다(중간 신뢰도). 효과적이고 형평성 있는 기후 거버넌스는 시민 사회 행위자, 정치 행위자, 기업, 청년, 노동, 미디어, 토착민 및 지역사회와의 참여를 기반으로 한다(중간 신뢰도). {WGII SPM E.2.2, WGII SPM E.3, WGII SPM E.3.1; WGIII SPM E.4.2; SROCC SPM E.4.3, SROCC SPM E.4.4}

태양광, 풍력 및 리튬 이온 배터리를 포함한 여러 저배출 기술의 단가는 2010년 이후 지속적으로 하락했다(그림 2.4). 디지털 기술의 사용과 결합된 설계 및 과정 혁신으로 인해 건물, 수송 및 산업 분야에서 많은 저배출 또는 무배출 옵션이 거의 상업적으로 이용 가능하게 되었다. 2010년부터 2019년까지 태양 에너지(85%), 풍력 에너지(55%), 리튬 이온 배터리(85%)의 단위 비용이 지속적으로 감소했으며 태양광의 경우 10배 이상, 전기 자동차(EV)의 경우 100배 이상으로 활용이 크게 증가했지만 지역에 따라 다르다(그림 2.4). 태양광과 풍력의 전기는 이제 많은 지역에서 화석 자원에서 생산된 전기보다 저렴하고, 전기 자동차는 내연 기관과 점점 더 경쟁이 치열해지고 있으며, 전기 그리드의 대규모 배터리 저장은 점점 더 실용적이다. 모듈식 소형 기술과 비교할 때, 경험적 기록에 따르면 학습 기회가 적은 여러 대규모 완화 기술이 최소한의 비용 절감을 보였고 채택이 느리게 증가했다. 배출 집약적 시스템을 유지하는 것은 일부 지역 및 부문에서 저배출 시스템으로 전환하는 것보다 비용이 더 많이 들 수 있다. (높은 신뢰도) {WGIII SPM B.4, WGIII SPM B.4.1, WGIII SPM C.4.2, WGIII SPM C.5.2, WGIII SPM C.7.2, WGIII SPM C.8, WGIII 그림 SPM.3, WGIII 그림 SPM.3}

1차 금속, 건축 자재 및 화학 물질과 같은 거의 모든 기본 재료의 경우 온실가스 집약도가 낮거나 0인 많은 생산 공정이 파일럿에서 상용화 직전 단계에 있으며 경우에 따라 상용화 단계에 있지만 아직 확립된 산업 관행은 아니다. 건물의 건설 및 개조에 통합된 설계로 인해 제로 에너지 또는 제로 탄소 건물의 사례가 증가하고 있다. 기술 혁신으로 LED 조명의 광범위한 채택이 가능해졌다. 센서, 사물 인터넷, 로봇 공학 및 인공 지능을 포함한 디지털 기술은 모든 부문에서 에너지 관리를 개선할 수 있다. 그들은 에너지 효율성을 높이고 분산형 재생 에너지를 포함한 많은 저배출 기술의 채택을 촉진하는 동시에 경제적 기회를 창출할 수 있다. 그러나 이러한 기후변화 완화 효과 중 일부는 디지털 장치 사용으로 인한 상품 및 서비스 수요 증가에 의해 감소되거나 상쇄될 수 있다. 태양 에너지, 풍력 에너지, 도시 시스템의 전력화, 도시 그린 기반시설, 에너지 효율성, 수요 측면 관리, 산림 및 농경지/초지 관리 개선, 음식물 쓰레기 감소와 같은 몇 가지 완화 옵션이 기술적으로 실행 가능하며 점점 더 비용 효과적이고 일반적으로 대중의 지지를 받고 있다. (높은 신뢰도). {WGIII SPM B.4.3, WGIII SPM C.5.2,

WGIII SPM C.7.2, WGIII SPM E.1.1, WGIII TS.6.5}

전지구 기후 금융 흐름의 규모가 증가했고 자금 조달 채널이 확대되었다(높은 신뢰도). 기후 완화 및 적응을 위한 연간 추정된 총 금융 흐름은 2013/14년과 2019/20년 사이에 최대 60%까지 증가했지만, 평균 성장은 2019년 이후 둔화되었고(중간 신뢰도) 대부분의 기후 금융은 국경 내에 머물렀다(높은 신뢰도). 녹색 채권, 환경, 사회, 거버넌스 및 지속 가능한 금융 상품 시장은 AR5 이후 크게 확대되었다(높은 신뢰도). 투자자, 중앙 은행 및 금융 규제 기관은 기후 정책 개발 및 이행을 지원하기 위해 기후 리스크에 대한 인식을 높이고 있다(높은 신뢰도). 가속화된 국제 금융 협력은 GHG 저배출과 공정 전환의 핵심적인 활성화 조건이다(높은 신뢰도). {WGIII SPM B.5.4, WGIII SPM E.5, WGIII TS.6.3, WGIII TS.6.4}

경제 수단은 배출 감축에 효과적이었으며, 주로 국가, 하위 국가 및 지역 수준에서 규제 수단으로 보완되었다(높은 신뢰도). 2020년까지 전지구 GHG 배출량의 20% 이상이 탄소세 또는 배출권 거래제에 의해 다루어졌지만 적용 범위와 가격은 심층적인 감축을 달성하기에 불충분했다(중간 신뢰도). 탄소 가격제 수단의 형평성 및 분배 영향은 다른 접근 방식 중에서 저소득 가구를 지원하기 위해 탄소세 또는 배출권 거래 수익을 사용하여 해결할 수 있다(높은 신뢰도). 비용을 절감하고 태양 에너지, 풍력 에너지 및 리튬 이온 배터리의 채택을 촉진하는 정책 수단의 혼합은 공공 R&D, 실증 및 시행 단계 프로젝트에 대한 자금 조달 및 규모 달성을 위한 배치 보조금과 같은 수요 견인 수단을 포함한다(높은 신뢰도). (그림 2.4). {WGIII SPM B.4.1, WGIII SPM B.5.2, WGIII SPM E.4.2, WG III TS.3}

정책에 의해 지원되는 완화 행동은 2010년과 2019년 사이에 전지구 에너지 및 탄소 집약도 감소에 기여했으며, 점점 더 많은 국가가 10년 이상 절대 GHG 배출량 감축을 달성했다(높은 신뢰도). 2010년 이후 전지구 순 GHG 배출량이 증가한 반면, 전지구 에너지 집약도(단위 GDP당 총 1차 에너지)는 2010년과 2019년 사이에 2%  $yr^{-1}$  감소했다. 전지구적 탄소 집약도(1차 에너지 단위당  $CO_2$ -FFI)는 또한 0.3%  $yr^{-1}$  감소했는데, 이는 주로 석탄에서 가스로의 연료 전환, 석탄 용량 확장의 감소 및 재생 에너지의 사용 증가로 인한 것이었으며, 같은 기간 동안 큰 지역적 편차가 있었다. 많은 국가에서, 정책을 통해 에너지 효율성이 향상되고 산림 전용률이 감소하며 기술 활용이 가속화되어 배출을 피하고 경우에 따라 배출을 줄이거나 제거했다(높은 신뢰도). 최소 18개국이 정책 및 경제 구조 변화로 인한 에너지 공급 탈탄소화, 에너지 효율 향상 및 에너지 수요 감소를 통해 2005년부터 10년 이상 생산 기반  $CO_2$ , GHG 및 소비 기반  $CO_2$  절대 배출량 감축을 지속했다(높은 신뢰도). 일부 국가는 정점 이후 생산 기반 GHG 배출을 1/3 이상 감소시켰고 일부 국가는 연속적으로 약 4% $yr^{-1}$ 의 감소율을 달성했다(높은 신뢰도). 여러 줄의 증거에 따르면 완화 정책으로 인해 몇몇  $GtCO_2$ -eq  $yr^{-1}$ 의 전지구적 배출을 방지할 수 있었다(중간 신뢰도).

재생 가능한 전력 생산은 가격 경쟁력이  
점점 더 높아지고 있으며 일부 부문은  
전력화되고 있다.

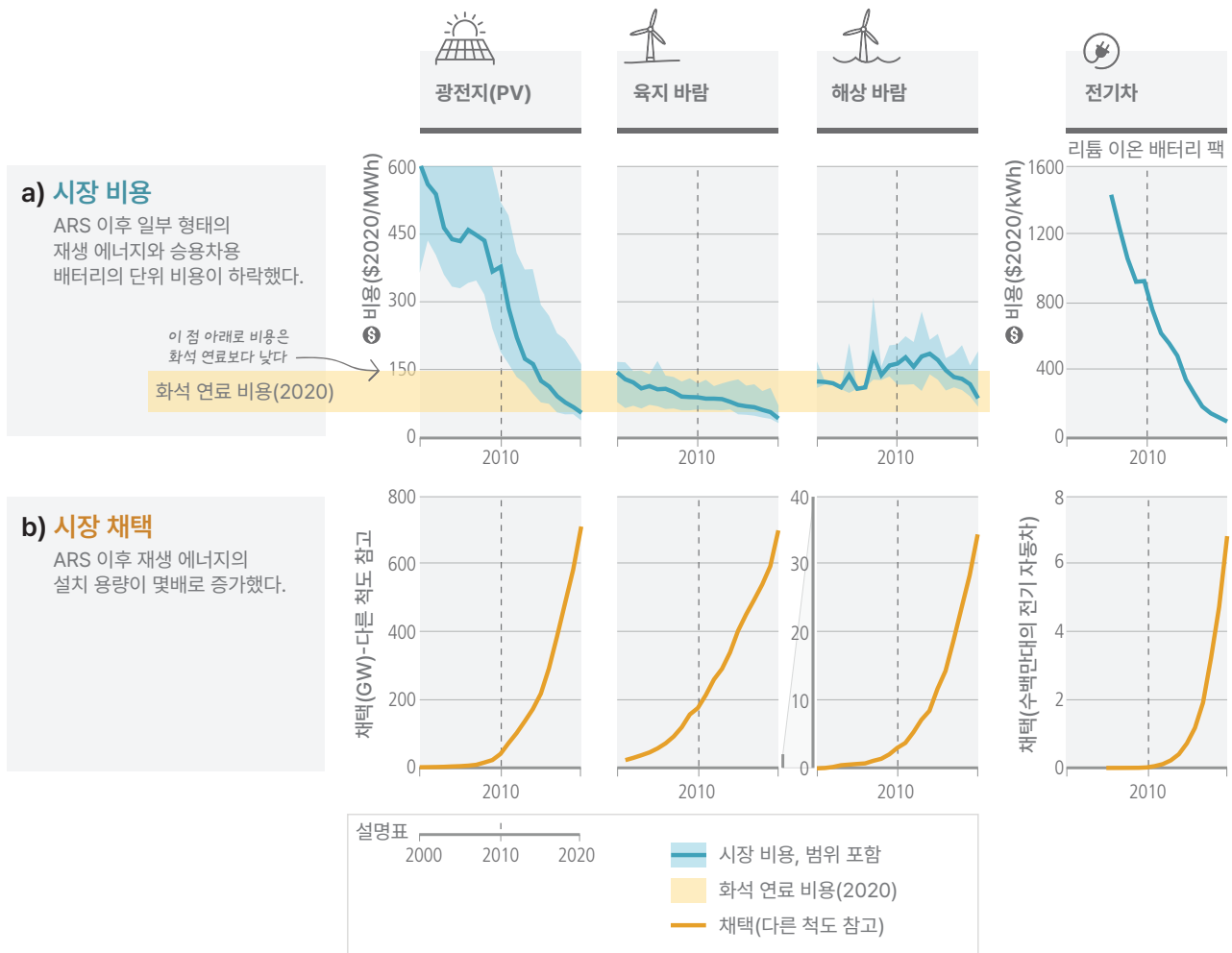


그림 2.4: 빠르게 변화하는 일부 완화 기술에서 단가 절감 및 사용. 상단 패널(a)은 빠르게 변화하는 일부 완화 기술에 대한 에너지 단위당 전지구 비용(USD/MWh)을 보여준다. 파란색 실선은 각 연도의 평균 단가를 나타낸다. 하늘색 음영 영역은 5번째와 95번째 백분위수 사이의 범위를 나타낸다. 노란색 음영은 2020년 새로운 화석 연료(석탄 및 가스) 전력의 단위 비용 범위를 나타낸다(MWh당 USD 55~148에 해당). 2020년에는 세 가지 재생 에너지 기술의 균등화 비용(LCOE)이 여러 곳에서 화석 연료와 경쟁할 수 있다. 배터리의 경우 표시된 비용은 배터리 저장 용량 1kWh에 대한 것이다. 나머지 비용은 LCOE이며 여기에는 생산된 전력의 MWh당 설치, 자본, 운영 및 유지 관리 비용이 포함된다. 문헌에서는 LCOE를 사용하는데, 이는 만들어질 다양한 에너지 기술 세트에 대한 비용 추세를 일관되게 비교할 수 있기 때문이다. 그러나 그리드 통합 비용이나 기후 영향은 포함하지 않는다. 게다가, LCOE는 기술의 전체(금전적 및 비금전적) 비용을 수정하고 그 배치를 변경할 수 있는 다른 환경 및 사회적 외부 요인을 고려하지 않는다. 하단 패널(b)은 재생 에너지용 설치 용량의 GW 및 배터리 전기 자동차용 수백만 대의 차량에서 각 기술에 대한 누적 전지구 채택을 보여준다. 지난 10년 동안의 변화를 나타내기 위해 2010년에 세로 점선이 배치되었다. 전기 생산 점유율은 다양한 용량 요소를 반영한다. 예를 들어, 동일한 양의 설치 용량에 대해 풍력은 태양광 발전보다 약 두배 더 많은 전기를 생산한다. 재생 에너지 및 배터리 기술은 최근 비용 및 채택의 급격한 변화를 보여주고 일관된 데이터를 사용할 수 있기 때문에 분명히 드러내 보여주는 예시로 선택되었다. WGIII 보고서에서 평가된 다른 완화 옵션은 이러한 기준을 충족하지 않기 때문에 포함되지 않는다. {WGIII 그림 SPM.3, WGIII 2.5, 6.4}

최소한 1.8 GtCO<sub>2</sub>-eq yr<sup>-1</sup>의 저감된 배출은 경제 및 규제 수단의 영향에 대한 별도의 추정치를 합산하여 설명할 수 있다(중간 신뢰도). 점점 더 많은 법률과 행정 명령이 전지구 배출량에 영향을 미치고 있으며 2016년의 저감된 배출량은 5.9 GtCO<sub>2</sub>-eq yr<sup>-1</sup>로 추정된다(중간 신뢰도). 이러한 감축량은 전지구 배출 증가량을 부분적으로 상쇄했을 뿐이다(높은 신뢰도). {WGII SPM B.1, WGIII SPM B.2.4, WGIII SPM B.3.5, WGIII SPM B.5.1, WGIII SPM B.5.3, WGIII 1.3.2, WGIII 2.2.3}

### 2.2.3. 현재까지의 적응 행동

적응 계획 및 이행의 진전은 모든 부문과 지역에서 관측되었으며 여러 편익을 창출했다(매우 높은 신뢰도). 적응에 대한 목표, 범위 및 진전은 기업, 커뮤니티 및 시민 사회와 함께 지역, 국가 및 국제 수준의 정부 사이에서 증가했다(높은 신뢰도). 적응 이행을 활성화 하고 가속화하며 지속할 수 있는 다양한 도구, 조치 및 과정이 이용 가능하다(높은 신뢰도). 기후 영향과 리스크에 대한 대중 및 정치적 인식이 높아지면서 적어도 170개 국가와 많은 도시가 기후 정책과 계획 과정에 적응을 포함하게 되었다(높은 신뢰도). 의사결정 지원 도구와 기후 서비스가 점점 더 많이 사용되고 있으며(매우 높은 신뢰도) 시범 프로젝트와 지역 실험이 다양한 부문에서 이행되고 있다(높은 신뢰도). {WGII SPM C.1, WGII SPM C.1.1, WGII TS.D.1.3, WGII TS.D.10}

물 관련 리스크 및 영향에 대한 적응이 모든 문서화된<sup>83</sup> 적응의 대부분(~60%)을 구성한다(높은 신뢰도). 이러한 적응 대응의 다수는 농업 부문에 있으며 이는 농장 내 물 관리, 물 저장, 토양 수분 보존 및 관개를 포함한다. 다른 적응은 품종 개량, 혼농임업, 지역사회 기반 적응, 농장 및 경관 다양화를 포함한다(높은 신뢰도). 내륙 홍수의 경우, 조기 경보 시스템과 같은 비구조적 조치의 조합, 습지 및 강 복원과 같은 자연적 물 보유력 향상, 비건축 구역 또는 상류 산림 관리와 같은 토지 이용 계획을 통해 홍수 리스크를 줄일 수 있다(중간 신뢰도). 지속 가능한 식량 생산, 개선되고 지속 가능한 산림 관리, 토양 유기 탄소 관리, 생태계 보존 및 토지 복원, 산림 전용 및 황폐화 감소, 식량 손실 및 폐기물 감소와 같은 일부 토지 관련 적응 행동이 수행되고 있으며 완화의 공동편익을 갖고 있다(높은 신뢰도). 기후변화에 대한 다양성 및 생태계 서비스의 탄력성을 높이는 적응 조치는 추가 스트레스 또는 교란의 최소화, 파편화 감소, 자연 서식지 범위, 연결성 및 이질성의 증가, 미시기후 조건이 종을 유지할 수 있는 소규모 서식지 보호와 같은 대응을 포함한다(높은 신뢰도).

도시 적응의 대부분의 혁신은 재해 리스크 관리, 사회 안전망 및 그린/블루 기반시설의 발전을 통해 발생했다(중간 신뢰도). 건강과 웰빙에 도움이 되는 많은 적응 조치는 다른 부문(예: 식량, 생계, 사회적 보호, 물과 위생, 기반시설)에서 발견된다(높은 신뢰도). {WGII SPM C.2.1, WGII SPM C.2.2, WGII TS.D.1.2, WGII TS.D.1.4, WGII TS.D.4.2, WGII TS.D.8.3, WGII 4 ES; SRCCL SPM B.1.1}

적응은 농업 생산성 향상, 혁신, 건강 및 웰빙, 식량 안보, 생계, 생물다양성 보존 및 리스크와 피해 감소와 같은 여러 추가적인 혜택을 생성할 수 있다(매우 높은 신뢰도). {WGII SPM C.1.1}

전지구적으로 추적된 적응 금융은 AR5 이후 상승 추세를 보였지만, 전체 기후 금융의 작은 부분만을 차지하고 고르지 않으며 지역과 부문에 걸쳐 다양한 형태로 발전했다(높은 신뢰도). 적응 금융은 주로 보조금, 양허성 및 비양허성 수단을 통해 주로 공적 자원에서 나왔다(매우 높은 신뢰도). 전지구적으로 상업 금융 기관, 기관 투자자, 기타 사모 펀드, 비금융 기업, 지역 사회 및 가정과 같은 다양한 출처에서 적응을 위한 민간 부문 자금 조달은 특히 개발도상국에서 제한되어 왔다(높은 신뢰도). 공공 메커니즘과 금융은 예를 들어 공공-민간 파트너십을 통해 실제 및 인지도된 규제, 비용 및 시장 장애요인을 해결함으로써 적응을 위해 민간 부문 금융을 활용할 수 있다(높은 신뢰도). 예측 기반/예측 금융 시스템 및 지역 리스크 보험 풀과 같은 적응력 및 탄력성이 있는 금융의 혁신이 시범 운영되었으며 규모가 커지고 있다(높은 신뢰도). {WGII SPM C.3.2, WGII SPM C.5.4; WGII TS.D.1.6, WGII Cross-Chapter Box FINANCE; WGIII SPM E.5.4}

특정 상황, 부문 및 지역에 대해 기후 리스크<sup>85</sup>를 줄이는 데 효과적인<sup>84</sup> 적응 옵션이 있으며 지속가능발전 및 다른 사회적 목표에 긍정적으로 기여한다. 농업 부문에서 품종 개량, 농장 내 물 관리 및 저장, 토양 수분 보존, 관개<sup>86</sup>, 혼농임업, 지역 사회기반 적응, 농장 및 경관 수준의 다양화, 지속 가능한 토지 관리 접근 방식은 여러가지 편익을 제공하고 기후 리스크를 줄인다. 식량 손실 및 낭비 감소, 균형 잡힌 식단을 지원하는 적응 조치는 영양, 건강 및 생물 다양성 편익에 기여한다. (높은 신뢰도) {WGII SPM C.2, WGII SPM C.2.1, WGII SPM C.2.2; SRCCL B.2, SRCCL SPM C.2.1}

도시 녹화, 습지 복원 및 상류 산림 생태계와 같은 생태계 기반 적응<sup>87</sup> 접근법은 홍수 리스크, 도시 열을 포함한 다양한 기후변화 리스크를 줄이고 여러가지 공동편익을 제공한다. 일부 육상 기반 적응 옵션은 즉각적인 편익을 제공한다(예: 이탄지, 습지, 방목지, 맹그로브 및 숲의 보전).

<sup>83</sup> 문서화된 적응은 계획되었지만 이행되지 않은 적응과 달리 동료에 의해 검토된 문헌에 이행되고 문서화된 적응 정책, 조치 및 행동에 대한 출판된 문헌을 의미한다.

<sup>84</sup> 여기서 효과성은 기후 관련 리스크를 줄이기 위해 적응 옵션이 예상되거나 관측되는 정도를 의미한다.

<sup>85</sup> 부속서 I 참조: 용어집

<sup>86</sup> 관개는 많은 지역에서 가뭄 리스크와 기후 영향을 줄이는 데 효과적이며 몇 가지 생계 이점이 있지만 지하수 및 기타 수원의 고갈 가속화와 토양 염분화 증가를 포함할 수 있는 잠재적인 불리한 결과를 피하기 위해 적절한 관리가 필요하다(중간 신뢰도).

<sup>87</sup> EbA는 생물다양성협약(CD14/5)에 따라 국제적으로 인정된다. 관련 개념은 자연 기반 해법(NbS)이다. 부속서 I 참조 용어집

반면 신규조림 및 재조림, 고탄소 생태계 복원, 혼농임업, 훼손된 토양의 개간은 측정 가능한 결과를 제공하는 데에 더 많은 시간이 걸린다. 예를 들어 지속 가능한 토지 관리 접근법을 통해 적응과 완화 사이에 상당한 시너지가 존재한다. 농생태학의 원칙과 관행, 그리고 자연적 과정과 함께 작동하는 기타 접근 방식은 식량 안보, 영양, 건강 및 웰빙, 생계 및 생물 다양성, 지속 가능성 및 생태계 서비스를 지원한다. (높은 신뢰도) {WGII SPM C.2.1, WGII SPM C.2.2, WGII SPM C.2.5, WGII TS.D.4.1; SRCCL SPM B.1.2, SRCCL SPM.B.6.1; SROCC SPM C.2}

조기 경보 시스템과 같은 비구조적 조치와 제방과 같은 구조적 조치의 조합은 내륙 홍수의 경우 인명 손실을 감소시켰고(중간 신뢰도) 건물의 홍수 방지와 함께 조기 경보 시스템은 현재 해수면 상승에 따른 해안 범람의 상황에서 비용 효과적인 것으로 입증되었다(높은 신뢰도). 조기 경보 및 대응 시스템을 포함하는 고온 건강 행동 계획은 폭염에 대한 효과적인 적응 옵션이다(높은 신뢰도). 물, 식량, 매개체에 의해 매개되는 질병에 대한 효과적인 적응 옵션에는 음용수에 대한 접근성 개선, 극한 기상 현상에 대한 물 및 위생 시스템의 노출 감소, 조기 경보 시스템, 감시, 및 백신 개발의 개선이 포함된다(매우 높은 신뢰도). 재해 리스크 관리, 조기 경보 시스템, 기후 서비스 및 사회 안전망과 같은 적응 옵션은 여러 부문에 걸쳐 광범위하게 적용할 수 있다(높은 신뢰도). {WGII SPM C.2.1, WGII SPM C.2.5, WGII SPM C.2.9, WGII SPM C.2.11, WGII SPM C.2.13; SROCC SPM C.3.2}

사회적 불평등을 다루고, 기후 리스크에 따라 대응을 차별화하고, 시스템을 아우르는, 통합된 다부문 솔루션은 여러 부문에서 적응의 실행 가능성과 효과를 높인다(높은 신뢰도). {WGII SPM C.2}

## 2.3 불충분한 현재의 완화 및 적응 조치와 정책

현재 평가 기간에서<sup>88</sup> 전지구적인 의욕과 선언된 국가적 목표의 종합 사이에는 차이가 있다. 선언된 국가적 목표와 기후 행동의 모든 측면에 대한 현재의 이행 사이의 격차로 인해 문제는 더욱 복잡해진다. 완화를 위해, 2021년 10월까지 발표된 NDC에 의해 암시된 2030년의 전지구 GHG 배출량은 21세기 동안 온난화가 1.5°C를 초과할 가능성이 있고 2°C 미만으로 온난화를 제한하는 것을 더 어렵게 만들 것이다.<sup>89</sup> 이러한 진전에도 불구하고, 적응 격차<sup>90</sup>는 지속되며 단기적 리스크 감소만을 우선시하는 많은 이니셔티브들이 변혁적인 적응을 방해한다. 일부 부문과 지역에서는 적응에 대한 경성 및 연성 한계에 도달하고 있는 반면, 오적응도 증가하고 있으며 취약 계층에 불균형적으로 영향을 미치고 있다. 기후 문해력 및 데이터 부족을 포함하여 자금, 지식, 실천 격차와 같은 시스템적인 장벽은 적응 진행을 방해한다. 특히 개발도상국에서 적응을 위한 불충분한 자금조달은 기후 행동을 제약한다. (높은 신뢰도).

### 2.3.1. 온난화를 1.5 또는 2°C 이하로 제한하는 완화 정책, 공약 및 경로 사이의 격차

COP26<sup>91</sup> 이전에 발표된 NDC 이행과 관련된 2030년 전지구 GHG 배출량으로 인해 21세기 동안 온난화가 1.5°C를 초과할 가능성이 높으며 추가적인 공약이 없거나 행동을 취하지 않으면 온난화를 2°C 미만으로 제한하는 것은 더욱 어려워질 것이다(그림 2.5, 표 2.2). COP26 이전에 발표된 NDC의 이행과 관련된 2030년 전지구 GHG 배출량이 2019년 배출량 수준과 유사하거나 약간 낮고 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하거나 즉각적인 행동을 가정하면서 2°C로 제한(>67%)하는 모델링된 완화 경로와 관련된 배출량보다 높기 때문에 상당한 '배출 격차'가 존재하며, 이는 이번 10년 동안 대폭적이고 심층적이고 신속하며 지속적인 전지구 GHG 배출량 감축을 시사한다(높은 신뢰도) (표 2.2, 표 3.1, 4.1).<sup>92</sup> 배출 격차의 크기는 지구온난화 수준과 NDC<sup>93</sup>의 무조건적 요소만 고려되는지 혹은 조건적 요소도 고려되는지 여부에 따라 달라진다(높은 신뢰도)(표 2.2). COP26 이전에 발표된 NDC와 2030년까지 일치하고 이후에는 의욕이 증가하지 않는다고 가정한 모델링된 경로는 배출량이 더 많아져서 2100년까지 지구온난화 중간값이 2.8 [2.1~3.4]°C가 된다(중간 신뢰도).

'배출 격차'가 줄어들지 않으면, COP26 이전에 발표된 NDC와 일치하는 2030년의 전지구 GHG 배출량은 21세기 동안 온난화가 1.5°C를 초과할 가능성이 높은 반면 온난화를 2°C로 제한(>67%)하는 것은 2030~2050년 동안 완화 노력의 전례 없는 가속화를 시사할 것이다(중간 신뢰도)(섹션 4.1, 섹션 Cross-Section Box.2 참조). {WGIII SPM B.6, WGIII SPM B.6.1, WGIII SPM B.6.3, WGIII SPM B.6.4, WGIII SPM C.1.1}.

2020년 말까지 이행된 정책은 NDC가 암시하는 것보다 2030년에 더 높은 전지구 GHG 배출을 초래할 것으로 예상되며, 이는 '이행 격차'<sup>94</sup>를 나타낸다(높은 신뢰도)(표 2.2, 그림 2.5). 2020년 말까지 이행된 정책에 의해 암시된 예상 전지구 배출량은 2030년에 57 (52~60) GtCO<sub>2</sub>-eq이다(표 2.2). 이는 NDC와 비교하여 2030년에 4 ~ 7 GtCO<sub>2</sub>-eq의 이행 격차를 나타낸다(표 2.2). 정책을 강화하지 않으면 배출량이 증가하여 2100년까지 지구온난화 중간값이 2.2°C ~ 3.5°C(가능성이 매우 높은 범위)에 이를 것으로 예상된다(중간 신뢰도)(섹션 3.1.1 참조). {WGIII SPM B.6.1, WGIII SPM C.1}

<sup>88</sup> 다양한 평가 마감 시점은 WG 보고서와 평가 측면에 따라 다르다. 섹션 1의 각주 1을 참조한다.

<sup>89</sup> 시나리오 및 경로에 대한 논의는 CSB.2를 참조한다.

<sup>90</sup> 부속서 I 참조: 용어집

<sup>91</sup> COP26 이전에 발표된 NDC는 WGIII 보고서의 문헌 마감일인 2021년 10월 11일까지 UNFCCC에 제출된 가장 최근 NDC와 2021년 10월 이전에 발표는 되었지만 제출만 그 이후에 된 중국, 일본 및 대한민국의 개정된 NDC를 의미한다. 25개의 개정된 NDC는 2021년 10월 12일과 COP26 시작 사이에서 제출되었다. {WGIII SPM 각주 24}

<sup>92</sup> 전지구적으로 모델링된 경로에서의 즉각적 행동은 지구온난화를 주어진 수준으로 제한하기 위한 기후 정책을 2020년에서 늦어도 2025년 이전 사이에 채택한다는 것을 의미한다. 즉각적인 행동을 기반으로 온난화를 2°C로 제한(>67%)하는 모델링된 경로는 표 3.1의 범주 C3a에 요약되어 있다. 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 평가된 모든 전지구적으로 모델링된 모든 경로는 여기에 정의된 대로 즉각적인 행동을 취한다고 가정한다(표 3.1의 범주 C1). {WGIII SPM 각주 26}

<sup>93</sup> 이 보고서에서 NDC의 '무조건'적인 요소는 조건 없이 제시된 완화 노력을 의미한다. '조건부' 요소는 예를 들면 양자간 및 다자간 협정, 금융 또는 금전적 및/또는 기술 이전과 같은 국제 협력을 조건으로 하는 완화 노력을 의미한다. 이 용어는 파리협정이 아닌 문헌 및 UNFCCC의 NDC 종합보고서에서 사용된다. {WGIII SPM 각주 27}

<sup>94</sup> 이행 격차는 현재 제정된 정책과 조치가 공약에 도달하는 데 얼마나 부족한지를 의미한다. '2020년 말까지 이행된 정책'의 GHG 배출을 예측하는 데 사용된 연구에서 정책 마감일은 2019년 7월부터 2020년 11월까지 다양하다. {WGIII 표 4.2, WGIII SPM 각주 25}

추가 저감<sup>95</sup>없이 기존 화석 연료 기반시설의 수명 동안 예상되는 미래 누적 CO<sub>2</sub> 배출량은 오버슈트 없거나 제한이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 경로에서의 총 누적 순 CO<sub>2</sub> 배출량을 초과한다. 이는 83%<sup>96</sup>의 가능성으로 온난화를 2°C로 제한하는 경로에서의 총 누적 순 CO<sub>2</sub> 배출량과 거의 같다(그림 3.5 참조). 온난화를 2°C 이하로 제한(>67%)하면 좌초 자산이 발생한다. 온난화가 2°C로 제한되면 석탄의 약 80%, 가스의 50%, 매장된 석유의 30%는 연소 및 배출되지 못한다. 온난화가 1.5°C로 제한되면 훨씬 더 많은 매장량이 연소되지 않은 상태로 유지될 것으로 예상된다(높은 신뢰도) {WGIII SPM B.7, WGIII Box. 6.3}.

표 2.2 2020년 말까지 이행된 정책과 COP26 이전에 발표된 NDC 및 관련 배출 격차와 관련된 2030년 예상 전지구 배출량. 2030년 배출량 예측 및 총 배출량 차이는 기본 모델 연구<sup>97</sup>에서 가정한 2019년 배출량 52~56 GtCO<sub>2</sub>-eq yr<sup>-1</sup>을 기반으로 한다. (중간 신뢰도) {WGIII 표 SPM.1} (표 3.1, Cross-Section Box.2)

## 국가 결정 기여(NDCs) 및 이행된 정책에 따라 2030년에 예상되는 전 세계 배출량과 관련된 배출량 및 이행 격차

	2020년 말까지 이행된 정책에 의해 암시됨(GtCO <sub>2</sub> -eq/yr)	COP26 이전에 알려진 국가 결정 기여(NDCs)에 의해 암시됨	
		무조건적인 요소 (GtCO <sub>2</sub> -eq/yr)	조건적 요소 포함 (GtCO <sub>2</sub> -eq/yr)
중간 예상 전 세계 배출량 (min-max)*	57 [52-60]	53 [50-57]	50 [47-55]
이행된 정책과 NDCs 간의 이행 격차(중앙값)	-	4	7
즉각적인 조치로 온난화를 2°C(>67%)로 제한하는 NDCs와 경로 사이의 배출 격차	-	10-16	6-14
즉각적인 조치로 오버슈트 없거나 제한된 상태의 온난화를 1.5°C(>50%)로 제한하는 NDCs와 경로 사이의 배출 격차	-	19-26	16-23

\*2030년 배출량 예측 및 총 배출량 차이는 기본 모델 연구에서 가정한 2019년 배출량인 52-56 GtCO<sub>2</sub>-eq/yr를 기반으로 한다. (중간 신뢰도)

<sup>95</sup> 여기서 저감이란 화석 연료 기반시설에서 대기로 배출되는 온실가스의 양을 줄이는 인간의 개입을 의미한다. {WG III SPM 각주 34}

<sup>96</sup> WGI는 50%, 67% 또는 83%와 같은 다양한 가능성을 가진 온도 한계로 지구온난화를 제한하는 것과 일치하는 탄소배출허용총량을 제공한다. {WGI 표 SPM.2}

<sup>97</sup> 경로 전반에 걸친 2019년 조화된 GHG 배출량 범위[53~58 GtCO<sub>2</sub>-eq]는 WGIII 2장에서 평가한 2019년 배출량의 불확실한 범위[53~66 GtCO<sub>2</sub>-eq] 내에 있다.

**COP26 이전에 발표된 NDCs에서 예상되는 전 세계 GHG 배출량은 온난화를 1.5°C를 초과할 가능성이 높으며, 2030년 이후에는 온난화를 2°C 미만으로 제한하기 더 어렵게 만들 것이다.**

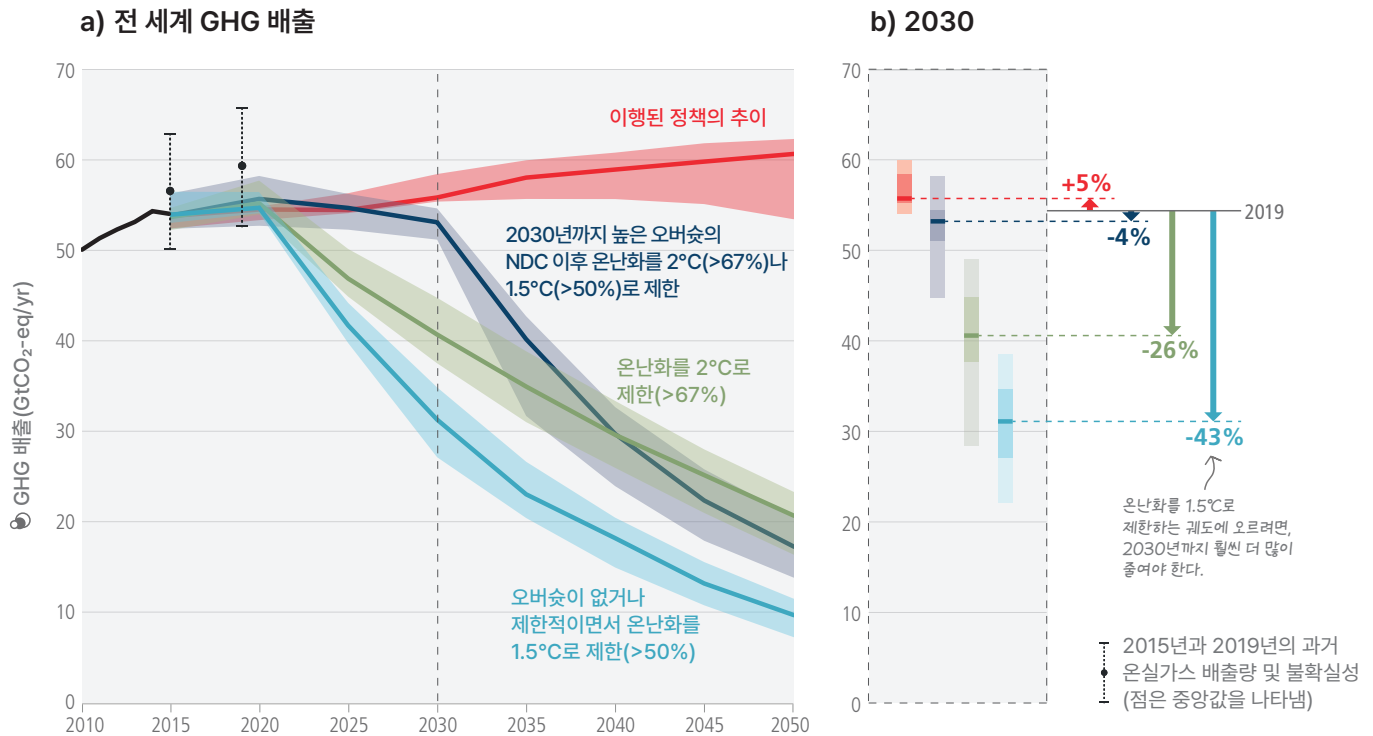


그림 2.5 모델링된 경로(패널 a의 갈래기)의 전지구 GHG 배출량과 2030년 단기 정책 평가에서 예상되는 배출 결과(패널 b). 패널 a는 2015~2050년 동안 평가된 네 가지 유형의 모델링된 전지구 경로에 대한 전지구 GHG 배출량을 보여준다.

- 이행된 정책의 추세: 2020년 말까지 시행되고 2030년 이후에 유사한 목표 수준으로 확장된 정책에 따라 예상되는 단기 GHG 배출량이 있는 경로 (카테고리 C5~C7, WGIII 표 SPM.2에 걸친 29개의 시나리오);
- 2030년까지 NDC는 2°C(>67%)로 제한하거나 높은 오버슈트 이후 1.5°C (>50%)로 온난화를 되돌린다. COP26 이전에 발표된 NDC 이행과 관련된 2030년까지의 GHG 배출경로와 그 이후에 이어지는 가속된 배출 감소는 온난화를 2°C로 제한하거나(C3b, WGIII 표 SPM.2) 높은 오버슈트 이후 50% 이상의 확률로 온난화를 1.5°C로 되돌릴 가능성이 있다(C2, WGIII 표 SPM.2의 42개 시나리오 하위 집합).
- 즉각적인 조치로 2°C로 제한(>67%): 2020년 이후 즉각적인 조치로 온난화를 2°C(>67%)로 제한하는 경로(C3a, WGIII 표 SPM.2).
- 오버슈트가 없거나 제한적이면서 1.5°C로 제한(>50%): 오버슈트가 없거나 제한적이면서 1.5°C로 온난화를 제한하는 경로(C1, WGIII 표 SPM.2 C1).

이 모든 경로는 2020년 이후 즉각적인 조치를 취한다고 가정한다. 모델링된 경로의 지구온난화 결과를 예측하는 데 사용된 2010~2015년의 과거 GHG 배출량은 검은색 선으로 표시된다. **패널 b**는 WGIII 4.2장(표 4.2 및 4.3; 중간 및 전체 범위)의 2030년 모델 경로의 GHG 배출 범위 스냅샷과 2030년 단기 정책 평가의 예상 배출 결과를 보여준다. GHG 배출량은 AR6 WGI의 GWP100을 사용하여 CO<sub>2</sub>와 동일하다. {WGIII 그림 SPM.4, WGIII 3.5, 4.2, 표 4.2, 표 4.3, Cross-Chapter Box 4 챕터 4} (표 3.1, Cross-Section Box.2)

Cross-Section Box.1: 넷제로 CO<sub>2</sub>와 넷제로 GHG 배출에 대한 이해

인간이 초래한 지구온난화를 특정 수준으로 제한하는 것은 넷제로 또는 순 네거티브 CO<sub>2</sub> 배출에 도달하고 다른 GHG 배출을 크게 줄이면서 누적 CO<sub>2</sub> 배출량을 제한하는 것을 요구한다(3.3.2 참조). 미래의 추가적인 온난화는 과거와 미래의 누적 CO<sub>2</sub> 배출이 주도하는 전체 온난화와 함께 미래 배출에 달려있다 {WGI SPM D.1.1, WGI 그림 SPM.4; SR1.5 SPM A.2.2}.

넷제로 CO<sub>2</sub> 배출에 도달하는 것은 넷제로 GHG 배출에 도달하는 것과는 다르다. GHG 바스켓에 대한 넷제로 시점은 비CO<sub>2</sub> 배출량을 CO<sub>2</sub> 환산량으로 변환하기 위해 선택한 100년 기간 동안의 지구온난화 잠재력과 같은 배출 지표에 따라 다르다(높은 신뢰도). 그러나 주어진 배출 경로에 대해 물리적 기후 대응은 선택한 측정 기준과 무관하다(높은 신뢰도) {WGI SPM D.1.8; WGIII Box TS.6, WGIII Cross-Chapter Box 2}.

전지구 넷제로 GHG 배출을 달성하려면 남아 있는 모든 CO<sub>2</sub> 및 가중되어 환산된<sup>98</sup> 비CO<sub>2</sub> GHG 배출량이 장기간 저장된 CO<sub>2</sub> 제거량과 균형을 이루어야 한다(높은 신뢰도). 농업에서 발생하는 CH<sub>4</sub> 및 N<sub>2</sub>O와 같은 일부 비 CO<sub>2</sub> 배출은 기존 및 예상되는 기술적 조치를 사용하여 완전하게 제거할 수 없다 {WGIII SPM C.2.4, WGIII SPM C.11.4, Cross-Chapter Box 3}.

일부 부문과 지역이 순 배출원인 경우에도 다른 부문과 지역이 순 네거티브의 배출에 도달한다면 전지구 넷제로 CO<sub>2</sub> 또는 GHG 배출이 달성될 수 있다(그림 4.1 참조). 넷제로 또는 순 네거티브의 배출을 달성할 수 있는 가능성과 비용은 부문과 지역에 따라 다르다. 주어진 부문 또는 지역에 대한 배출량 넷제로에 도달하는 경우와 시기는 GHG 배출량을 감축할 수 있는 잠재력을 포함하여 여러 요인에 따라 달라지며 이산화탄소 제거, 관련 비용, 부문과 국가간 배출량과 제거의 균형을 맞추기 위한 정책 메커니즘의 가용성을 활용한다. (높은 신뢰도) {WGIII Box TS.6, WGIII Cross-Chapter Box 3}.

국가 및 지역별 넷제로 배출 목표의 채택 및 이행은 형평성 및 용량 고려사항에 따라 달라진다(높은 신뢰도). 국가별 넷제로 경로를 구축하는 것은 범위, 행동 계획 및 공정성에 대한 명확성이라는 편익을 얻을 것이다. 넷제로 배출 목표를 달성하는 것은 정책, 제도기관 및 진행 상황을 추적할 이정표에 달려 있다. 전지구적으로 모델링된 최소 비용 경로는 완화 노력을 불균등하게 분배하는 것으로 나타났으며 형평성 원칙의 통합은 국가 수준의 넷제로 시점을 변경할 수 있다(높은 신뢰도). 또한 파리협정은 선진국보다 개발도상국에서 배출량 정점이 더 늦게 발생할 것임을 인정한다(4.1조) {WGIII Box TS.6, WGIII Cross-Chapter Box 3, WGIII 14.3}.

국가 차원의 넷제로 공약에 대한 자세한 정보는 섹션 2.3.1 에서, 전지구 넷제로 배출 시기는 섹션 3.3.2 에서, 부문별 넷제로 배출량은 섹션 4.1 에서 제공된다.

<sup>98</sup> 위의 각주 12 참조.

많은 국가들이 금세기 중반까지 넷제로 GHG 또는 넷제로 CO<sub>2</sub> 배출을 달성하겠다는 의사를 밝혔다(Cross-Section Box 1). 100개 이상의 국가가 넷제로 GHG 또는 넷제로 CO<sub>2</sub> 배출 공약을 채택, 발표 또는 논의 중이며, 이는 전지구 GHG 배출의 2/3 이상을 차지한다. 점점 더 많은 도시에서 넷제로 GHG 목표를 포함하여 기후 목표를 설정하고 있다. 많은 회사와 기관들이 최근 몇 년 동안 넷제로 배출 목표를 발표했다. 다양한 넷제로 배출 공약은 범위와 구체성 측면에서 국가마다 다르며 현재까지 이를 이행하기 위한 정책이 제한적으로 시행되고 있다. {WGIII SPM C.6.4, WGIII TS.4.1, WGIII 표 TS.1, WGIII 13.9, WGIII 14.3, WGIII 14.5}

모든 완화 전략은 기술 리스크, 규모화 및 비용을 포함한 이행 도전과제에 직면한다(높은 신뢰도). 거의 모든 완화 옵션은 대규모 적응을 가능하게 하기 위해 해결해야 하는 제도적 장애요인에 직면해 있다(중간 신뢰도). 현재 개발 경로는 모든 규모에서 가속화된 완화에 대한 행동적, 공간적, 경제적 및 사회적 장애요인을 만들 수 있다(높은 신뢰도). 정책결정자, 시민, 민간 부문 및 기타 이해관계자의 선택은 사회의 발전 경로에 영향을 미친다(높은 신뢰도). 국가적 상황 및 역량의 구조적 요인(예: 경제적 자연적 자산, 정치 시스템 및 문화적 요인, 성별 고려 사항)은 기후 거버넌스의 폭과 깊이에 영향을 미친다(중간 신뢰도). 시민 사회 행위자, 정치 행위자, 기업, 청년, 노동자, 미디어, 토착민, 지역 사회가 참여하는 정도는 기후변화 완화 및 궁극적인 정책 결과에 대한 정치적 지원에 영향을 미친다(중간 신뢰도). {WGIII SPM C.3.6, WGIII SPM E.1.1, WGIII SPM E.2.1, WGIII SPM E.3.3}

대부분의 개발도상국, 특히 최빈국에서 저배출 기술의 채택이 부분적으로 제한된 금융, 기술 개발 및 이전과 역량 등의 더 약한 실행 활성화 조건으로 인해 뒤쳐져 있다(중간 신뢰도). 많은 국가, 특히 제도적 역량이 제한적인 국가에서 저배출 기술의 확산으로 인해 가치가 낮은 고용, 외국 지식 및 공급자에 대한 의존 등 몇 가지 부작용이 관찰되었다(중간 신뢰도). 강화된 활성화 요건과 함께 저배출 혁신은 개발 편익을 강화할 수 있으며, 이는 결국 정책에 대한 대중의 더 큰 지지에 대한 피드백을 만들 수 있다(중간 신뢰도). 지속적이며 지역 특정적인 장애요인은 AFOLU 완화 옵션의 활용에 대한 경제적 및 정치적 실행 가능성을 계속해서 방해하고 있다(중간 신뢰도). AFOLU 완화의 이행에 대한 장애요인은 불충분한 제도적 및 금융 지원, 장기적인 부가성과 상충효과에 대한 불확실성, 취약한 거버넌스, 불안정한 토지 소유권, 저소득 및 대체 소득원에 대한 접근성 부족, 역전 리스크를 포함한다(높은 신뢰도). {WGIII SPM B.4.2, WGIII SPM C.9.1, WGIII SPM C.9.3}

### 2.3.2. 적응 격차 및 장애요인

진전에도 불구하고, 현재의 적응 수준과 영향에 대응하고 기후 리스크를 줄이는 데 필요한 수준 사이에 적응 격차가 존재한다(높은 신뢰도). 모든 부문과 지역에 걸쳐 적응 이행의 진전이 관측되는 반면(매우 높은 신뢰도), 많은 적응 계획은 예를 들면 강한 홍수 대응에서와 같이 즉각적이고 단기적인 기후 리스크 감소만을 우선시하여 변혁적인 적응의 기회를 감소시킨다<sup>99</sup>(높은 신뢰도). 관측된 대부분의 적응은 파편적이고 규모가 작으며 점진적이고 부문별로 다르고 이행보다는 계획에 더 중점을 둔다(높은 신뢰도). 또한 관측된 적응은 지역 전체에 불균등하게 분포되어 있으며 가장 큰 적응 격차는 인구 소득이 낮은 그룹에 존재한다(높은 신뢰도). 도시 맥락에서 가장 큰 적응 격차는 복잡한 리스크를 관리하는 프로젝트, 예를 들어 식량-에너지-물-건강 연계 또는 대기 질과 기후 리스크의 상호 관계에 존재한다(높은 신뢰도). 효과적인 이행, 모니터링 및 평가를 위해서 많은 투자, 지식 및 이행 격차가 남아 있으며 현재 적응 노력은 기존 목표를 달성하지 못할 것으로 예상된다(높은 신뢰도). 현재의 적응 계획 및 이행 속도에서는 적응 격차가 계속 커질 것이다(높은 신뢰도). {WGII SPM C.1, WGII SPM C.1.2, WGII SPM C.4.1, WGII TS.D.1.3, WGII TS.D.1.4}

적응이 일부 기후 영향을 완화했음에도 불구하고 연성 및 경성 적응 한계<sup>100</sup>는 일부 부문과 지역에서 이미 도달했다(높은 신뢰도). 이미 경성 적응 한계에 도달한 생태계는 일부 온대 산호초, 일부 해안 습지, 일부 열대우림 및 일부 극지와 산악 생태계를 포함한다(높은 신뢰도). 오스트랄라시아와 군소도시의 저지대 해안 지역에 있는 개인과 가정, 중남미, 아프리카, 유럽, 아시아의 소작농은 연성 한계에 도달하였고(중간 신뢰도) 이는 금융, 거버넌스, 제도적, 정책적 제약에서 기인하였으며 이러한 제약들을 해결함으로써 극복할 수 있다(높은 신뢰도). 점진적 적응에서 변혁적 적응으로 전환하는 것은 연성 적응 한계를 극복하는 데 도움이 될 수 있다(높은 신뢰도). {WGII SPM C.3, WGII SPM C.3.1, WGII SPM C.3.2, WGII SPM C.3.3, WGII SPM C.3.4, WGII 16 E5}

적응은 연성 및 경성 한계에 도달하기 전의 효과적인 적응으로 손실과 피해를 모두 방지하지 않는다. 손실과 피해는 시스템, 지역 및 부문에 걸쳐 불균등하게 분배되며 특히 취약한 개발 도상국에서 현재 금융, 거버넌스 및 제도적 장치에 의해 포괄적으로 다루어지지 않는다. (높은 신뢰도) {WGII SPM C.3.5}

다양한 부문과 지역에서 오적응<sup>101</sup>의 증거가 증가하고 있다. 오적응의 예는 도시 지역(예: 쉽게 또는 저렴하게 조정될 수 없는 새로운 도시 기반시설), 농업(예: 가뭄이 심할 것으로 예상되는 지역에서 고비용 관개 사용), 생태계(예: 자연적으로 화재에 적응한 생태계의 화재 진압 또는 홍수에 대한 강력한 방어), 인간 정주(예: 이동하거나 적응할 여력이 없고 사회 안전망의 증가가 필요한 좌초 자산과 취약한 커뮤니티) 등이 있다.

<sup>99</sup> 부속서 I 참조: 용어집.

<sup>100</sup> 적응 한계: 적응 조치를 통해 행위자의 목표(또는 시스템 요구)를 견딜 수 없는 리스크로부터 보호받을 수 없는 지점이다. 경성 적응 한계 - 견딜 수 없는 리스크를 피하기 위한 적응 조치가 불가능하다. 연성 적응 한계 - 적응 조치를 통해 견딜 수 없는 리스크를 방지하기 위한 옵션은 현재 사용할 수 없다.

<sup>101</sup> 오적응은 현재 또는 미래에 온실가스 배출의 증가, 기후변화에 대한 취약성 증가 또는 더 불평등한 결과 또는 복지 감소를 포함하여 불리한 기후 관련 결과의 리스크 증가로 이어질 수 있는 행동을 의미한다. 대부분의 경우 오적응은 의도하지 않은 결과이다. 부속서 I 참조: 용어집.

오적응은 특히 소외되고 취약한 집단(예: 토착민, 소수 민족, 저소득 가구, 비공식 정주지에 거주하는 사람들)에게 불리한 영향을 미치며 기존 비형평성을 강화하고 공고히 한다. 오적응은 많은 부문과 시스템에 편익이 있는 적응 행동의 유연하고 다부문적이며 포괄적이고 장기적인 계획 및 이행을 통해 피할 수 있다. (높은 신뢰도) {WGII SPM C.4, WGII SPM C.4.3, WGII TS.D.3.1}

시스템적 장애요인은 취약한 부문, 지역 및 사회 집단에서 적응 옵션의 이행을 제약한다(높은 신뢰도). 주요 장애요인은 제한된 자원, 민간 부문 및 시민 참여의 부족, 불충분한 금융 조달, 정치적 공약의 부족, 제한된 연구 및/또는 적응 과학의 느리고 낮은 이해 및 낮은 긴박감을 포함한다. 또한 비형평성과 빈곤은 적응을 제약하여 연성 한계로 이어지고 가장 취약한 그룹에 대한 불균형 노출과 영향을 초래한다(높은 신뢰도). 가장 큰 적응 격차는 저소득 인구 집단에서 존재한다(높은 신뢰도). 적응 옵션은 이행 기간이 긴 경우가 많기 때문에, 일부 지역에는 제약이 남아있다는 점을 인식하면서 적응 격차를 줄이기 위해 특히 이번 10년 동안 장기 계획 및 가속화 이행이 중요하다(높은 신뢰도). 기득권, 경제적 종속성, 제도적 경로의 의존성, 널리 퍼진 관행, 문화, 규범 및 신념 체계로 인해 옵션의 우선순위 지정 및 점진적 적응에서 변혁적 적응으로의 전환이 제한된다(높은 신뢰도). 적응의 효과적인 이행, 모니터링 및 평가를 위해서 많은 투자, 지식 및 실천 격차가 남아 있으며(높은 신뢰도), 이는 모든 수준의 기후 문해력 부족과 데이터 및 정보의 제한된 가용성을 포함한다(중간 신뢰도). 예를 들어 아프리카의 경우, 심각한 기후 데이터 제약과 연구 자금 및 리더십 불평등으로 인해 적응 능력이 감소한다(매우 높은 신뢰도). {WGII SPM C.1.2, WGII SPM C.3.1, WGII SPM TS.D.1.3, WGII TS.D.1.5, WGII TS.D.2.4}

### 2.3.3. 기후 행동의 장애요인으로서의 금융 부족

불충분한 자금 조달, 금융에 대한 정책적 체계 및 유인의 부족은 완화와 적응 모두에 대한 이행 격차의 주요 원인이다(높은 신뢰도). 금융 흐름은 완화에 크게 집중되어 있고, 고르지 않으며, 지역과 부문에 걸쳐 이질적으로 발전해왔다(높은 신뢰도). 2018년에 선진국에서 개발도상국으로의 공공 및 공적으로 조달된 민간 기후 자금 흐름은 의미 있는 완화 행동 및 이행 투명성의 맥락에서 2020년까지 연간 1,000억 달러를 조달하기 위한 UNFCCC 및 파리협정에 따른 공동 목표보다 낮았다(중간 신뢰도). 화석 연료에 대한 공공 및 민간 금융 흐름은 여전히 기후 적응 및 완화를 위한 금융 흐름보다 크다(높은 신뢰도). 추적된 기후 금융의 압도적 다수는 완화를 지향한다(매우 높은 신뢰도). 그럼에도 불구하고 온난화를 2°C 또는 1.5°C로 제한하는 시나리오에서 2020~2030년의 모델링된 연평균 투자 요구는 현재 수준보다 3~6배 더 크며, 총 완화 투자(공공, 민간, 국내 및 국제)는 모든 부문 및 지역에 걸쳐 증가해야 한다(중간 신뢰도). 녹색 채권 및 유사 상품은 특히 건전성과 추가성과 관련해서 또한 개발도상국에 이러한 시장의 적응 가능성이 제한적이라는 점에서 도전 과제가 남아있다(높은 신뢰도). {WGII SPM C.3.2, WGII SPM C.5.4; WGIII SPM B.5.4, WGIII SPM E.5.1}

공공 및 민간 금융 출처를 포함하여 적응을 위한 현재의 전지구적 금융 흐름은 특히 개발도상국에서 적응 옵션의 이행에 불충분하고 제약이 있다(높은 신뢰도). 예상되는 적응 비용과 적응에 할당된 문서화된 금융 사이에서 격차가 커진다(높은 신뢰도). 적응 금융 요구는 AR5에서 평가한 것보다 더 높은 것으로 추정되며 재정 자원의 강화된 조달과 접근은 적응 이행과 적응 격차 감소에 필수적이다(높은 신뢰도). 예를 들어, 아프리카의 적응을 목표로 하는 연간 금융 흐름은 단기 기후변화에 대한 최저 적응 비용 추정치보다 수십억 달러 적다(높은 신뢰도). 부정적 기후 영향은 손실과 피해를 유발하고 국가 경제 성장을 방해함으로써 재정 자원의 가용성을 더욱 감소시킬 수 있으며, 따라서 특히 개발 도상국과 최빈국의 적응에 대한 재정적 제약을 더욱 증가시킬 수 있다(중간 신뢰도). {WGII SPM C.1.2, WGII SPM C.3.2, WGII SPM C.5.4, WGII TS.D.1.6}

효과적인 완화와 적응이 없다면, 손실과 피해는 계속해서 가장 가난하고 가장 취약한 인구에 불균형적으로 영향을 미칠 것이다. 선진국 및 다른 원천에서 개발도상국에 대한 가속화된 금융 지원은 완화 행동을 강화하는데 핵심적인 활성화 조건이다 {WGIII SPM E.5.3}. 많은 개발도상국은 필요한 규모의 포괄적 데이터가 부족하고 관련 경제적 및 비경제적 손실과 피해를 줄이기 위한 적응에 필요한 적절한 재정 자원이 부족하다. (높은 신뢰도). {WGII Cross-Chapter Box LOSS, WGII SPM C.3.1, WGII SPM C.3.2, WGII TS.D.1.3, WGII TS.D.1.5; WG III SPM E.5.3}

전지구 금융 부문의 내부와 외부 모두에서 자본을 기후 행동으로 전환하는데 장애요인이 있다. 이러한 장애요인에는 기후 관련 리스크 및 투자 기회에 대한 부적절한 평가, 가용 자본 및 투자 요구 사이의 지역적 불일치, 자국편향 요인, 국가 부채 수준, 경제적 취약성 및 제한된 제도적 역량이 포함된다. 금융 부문 외부의 제한적인 지역 자본 시장, 특히 의욕 수준과 일치하지 않는 누락되거나 약한 규제 환경으로 인해 매력적이지 않은 리스크-수익 프로필, 보호 장치를 보장하기에는 제한적인 제도적 역량; 투자 기회 및 금융 모델의 표준화와 통합 및 규모화 및 복제 가능성, 그리고 상업적 투자를 위해 준비된 파이프라인 등과 같다. (높은 신뢰도) {WGII SPM C.5.4; WGIII SPM E.5.2; SR15 SPM D.5.2}

## Cross-Section Box.2: 시나리오, 지구온난화 수준 및 리스크

모델링된 시나리오 및 경로<sup>102</sup>는 미래 배출, 기후변화, 관련 영향 및 리스크, 가능한 완화 및 적응 전략을 탐색하는 데 사용되며 사회 경제적 변수 및 완화 옵션을 포함한 다양한 가정을 기반으로 한다. 이것은 정량적 전망이며 예측이나 예보가 아니다. 비용 효율적인 접근 방식을 기반으로 하는 것을 포함하여 전지구적으로 모델링된 배출 경로는 지역적으로 차별화된 가정과 결과를 포함하며 이러한 가정을 주의 깊게 인식하여 평가해야 한다. 대부분은 전지구 형평성, 환경적 정의 또는 지역 내 소득 분배에 대해 명시적인 가정을 하지 않는다. 가능한 모든 미래를 다루고 있는 것은 아니며, 이 보고서에서 평가된 문헌의 시나리오에 기초한 가정에 대해 IPCC는 중립적이다.<sup>103</sup> {WGI Box SPM. 1; WGII Box SPM. 1; WGIII Box SPM. 1, WGIII Box SPM. 1; SRCCL Box SPM. 1, 그림 SPM.2}

## 사회 경제적 개발, 시나리오 및 경로

5개의 공동사회경제경로(SSP1-SSP5)는 기후변화 완화 및 적응에 대한 다양한 도전 과제를 포괄하도록 설계되었다. 기후 영향, 리스크 및 적응 평가를 위해 SSP는 미래 노출, 취약성 및 적응 문제에 사용된다. GHG 완화 수준에 따라 SSP를 기반으로 모델링된 배출 시나리오는 낮거나 높은 온난화 수준<sup>104</sup>과 일치할 수 있다. 2100년에 다양한 수준의 지구온난화와 일치할 수 있는 다양한 완화 전략이 있다(그림 4.1 참조). {WGI Box SPM. 1; WGII Box SPM. 1; WGIII Box SPM. 1, WGIII Box TS.5, WGIII 부속서 III; SRCCL Box SPM. 1, 그림 SPM.2}

WGI는 문헌에서 발견된 기후변화의 인위적 요인의 가능한 미래 개발 범위를 다루는 SSP<sup>105</sup>에 기반한 다섯가지 예시 시나리오에 대한 기후 대응을 평가했다. 이러한 시나리오는 사회 경제적 가정, 기후 완화 수준, 토지 이용 및 에어로졸과 비CH<sub>4</sub> 오존 전구물질에 대한 대기 오염 제어를 결합한다. 높거나 매우 높은 GHG 배출 시나리오(SSP3-7.0 및 SSP5-8.5)는 각각 2100년 및 2050년까지 현재 수준에서 대략 두 배의 CO<sub>2</sub> 배출을 포함한다<sup>106</sup>. 중간 GHG 배출 시나리오(SSP2-4.5)에서는 세기 중반까지 CO<sub>2</sub> 배출이 현재 수준으로 유지된다. 매우 낮거나 낮은 GHG 배출량 시나리오(SSP1-1.9 및 SSP1-2.6)에서는 CO<sub>2</sub> 배출량이 각각 2050년과 2070년경에 넷제로로 감소한 후 다양한 수준의 음의 CO<sub>2</sub> 순 배출량이 뒤따른다. 또한 대표 농도 경로(Representative Concentration Pathways, RCP)<sup>107</sup>는 WGI 및 WGIII에서 지역 기후변화, 영향 및 리스크를 평가하는 데 사용되었다. {WGI Box SPM. 1} (Cross-Section Box.2, 그림 1)

WGIII에서는 많은 수의 전지구적으로 모델링된 배출 경로가 평가되었으며, 그 중에서 1202개의 경로가 21세기 동안 예상되는 지구온난화를 기반으로 분류되었으며, (50% 이상의 가능성<sup>108</sup>)으로 오버슈트 없이거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한하는 경로(C1)에서부터 4°C를 초과하는 경로(C8)에 이르기까지 다양한 범주가 있다. 모델링된 경로와 관련된 지구온난화를 예측하는 방법은 AR6 WGI의 기후 시스템 대응 평가와의 일관성을 담보하기 위해 업데이트되었다<sup>109</sup>. {WGIII Box SPM. 1, WGIII 부 3. 1} (부 3. 1, Cross-Section Box.2, 그림 1)

<sup>102</sup> 문헌에 경로와 시나리오라는 용어는 같은 의미로 사용되며, 전자는 기후 목표와 관련하여 더 자주 사용된다. WGI는 주로 시나리오라는 용어를 사용했고 WGIII는 모델링된 배출 및 완화 경로라는 용어를 주로 사용했다. SYR은 주로 WGI를 참조할 때 시나리오를 사용하고 WGIII를 참조할 때 모델링된 배출 및 완화 경로를 사용한다. {WGI Box SPM. 1; WG III 각주 4A}

<sup>103</sup> 전지구적으로 모델링된 모든 배출 경로의 약 절반은 전지구적으로 최소 비용 완화/저감 옵션에 의존하는 비용 효율적인 접근 방식을 가정한다. 나머지 절반은 기존 정책과 지역 및 부문별로 차별화된 조치를 살펴본다. 기본 인구 가정은 2019년 76억에서 시작하여 2050년에는 85억에서 97억, 2100년에는 74억에서 109억(5~95번째 백분위) 범위이다. 전지구 GDP 성장에 대한 기본 가정은 2019~2050년 기간 동안 연간 2.5~3.5%, 2050~2100년(5~95번째 백분위)동안 매년 1.3~2.1% 범위이다. {WGIII Box SPM. 1}

<sup>104</sup> 예를 들어, 느린 기술 변화, 높은 수준의 전지구 인구 증가, 및 공동사회경제경로 SSP3에서와 같은 높은 파편화라는 가정으로 인해 높은 완화의 도전과제는 온난화를 2°C로 제한(> 67%)하거나 더 낮은 모델링된 경로를 실행 불가능하게 만들 수 있다(중간 신뢰도) {SRCCL Box SPM. 1; WG III SPM C. 1. 4}. {WGIII SPM C. 1. 4; SRCCL BoxSPM. 1}

<sup>105</sup> SSP 기반 시나리오는 SSPx-y로 지칭되며, 여기에서 'SSPx'는 시나리오의 근간이 되는 사회경제적 추세를 설명하는 공동사회경제경로를 의미하고, 'y'는 2100년에 시나리오에서 나타난 복사강제력의 수준(평방미터당 와트 또는 Wm<sup>-2</sup>)을 의미한다. {WGI SPM 각주 2J}

<sup>106</sup> 매우 높은 배출량 시나리오는 가능성이 낮아졌지만 배제할 수는 없다. 4°C 이상의 온도 수준은 매우 높은 배출 시나리오에서 발생할 수 있지만, 기후 민감도 또는 탄소 순환 피드백이 최선의 추정치보다 높은 경우 낮은 배출 시나리오에서도 발생할 수 있다. {WGIII SPM C. 1. 3}

<sup>107</sup> RCP 기반 시나리오를 RCPy라고 하며, 여기에서 'y'는 2100년 시나리오에서 발생한 대략적인 복사 강제력 수준(제곱미터 당 와트 또는 Wm<sup>-2</sup>)을 나타낸다. {WGII SPM 각주 2I}

<sup>108</sup> 이 보고서에서 '>50%'로 표시됨.

<sup>109</sup> 배출량에 대한 기후 대응은 기후 모델, 고기후학적 통찰력 및 기타 증거를 통해 조사된다. 평가 결과는 단순한 물리적 기반 기후 모델(에뮬레이터) {WGI TS. 1.2.2}을 통해 수천 개의 시나리오를 분류하는데 사용된다. {WGI TS. 1.2.2}

## 지구온난화 수준(Global Warming Levels; GWLs)

많은 기후 및 리스크 변수의 경우, 기후 영향 요인<sup>110</sup>의 변화에 대한 지리적 패턴과 지구온난화 수준<sup>111</sup>에 대한 기후 영향은 고려되는 모든 시나리오에 공통적이며 해당 수준에 도달하는 시기와 무관하다. 이는 GWL을 통합 차원으로 사용하도록 동기를 부여한다. {WGI Box SPM.1.4, WGI TS.1.3.2; WGII Box SPM.1} (그림 3.1, 그림 3.2)

## 리스크

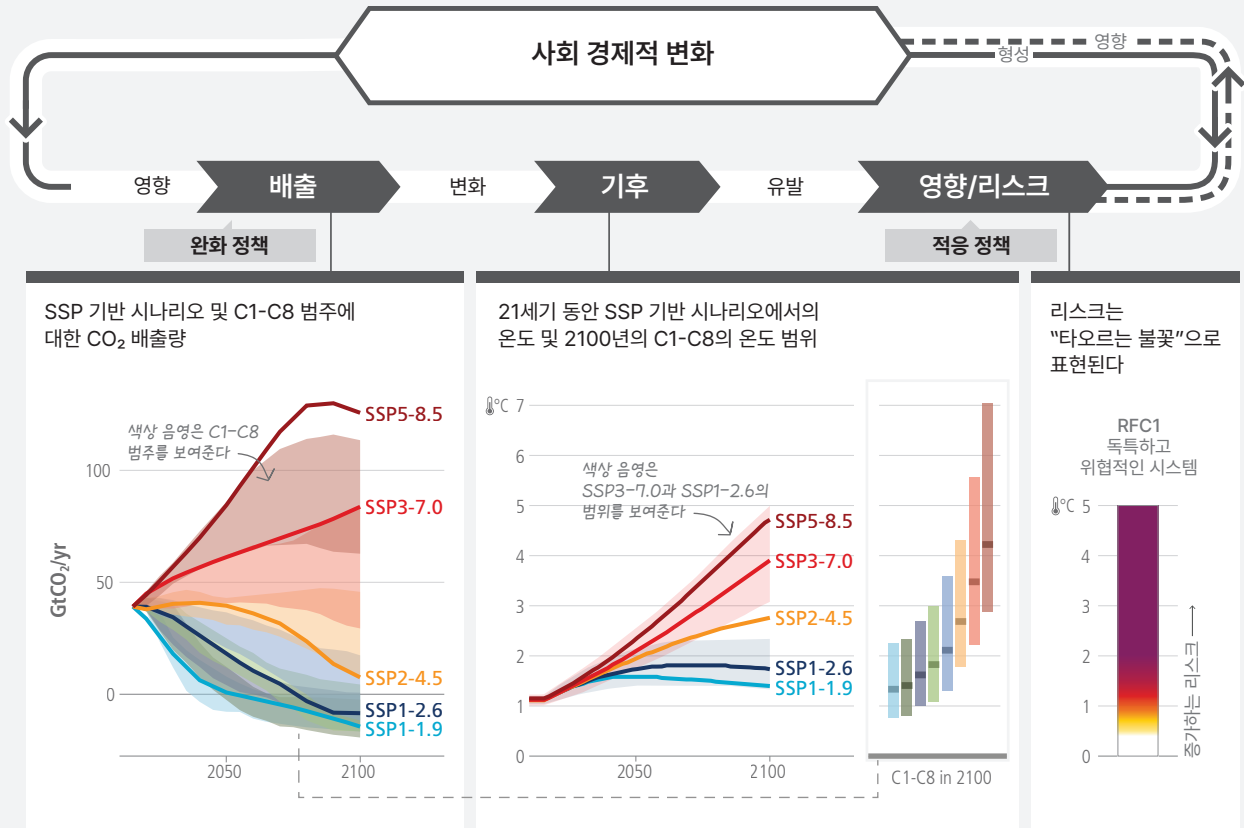
기후 관련 위해, 노출 및 영향을 받는 인간 사회, 종, 또는 생태계의 취약성 간의 역동적인 상호작용은 기후변화로 인해 발생하는 리스크를 초래한다. AR6는 부문 및 지역 전반에 걸쳐 주요 리스크를 평가할 뿐만 아니라 우려 요인(Reasons for Concern; RFC)에 대한 업데이트된 평가를 제공한다. 이는 전지구 지표면 온도 상승에 따른 리스크 발생을 평가하는 전지구적으로 집계된 다섯가지 리스크 범주이다. 대응이 의도한 목표를 달성하지 못하거나 다른 사회적 목표에 악영향을 미칠 때 기후변화 완화 및 적응 대응에서 리스크가 발생할 수도 있다. {WGII SPM A, WGII 그림 SPM.3, WGII Box TS.1, WGII 그림 TS.4; SR1.5 그림 SPM.2; SROCC 경오표 SPM.3; SRCCL 그림 SPM.2} (3.1.2, Cross-Section Box2 그림 1, 그림 3.3)

<sup>110</sup> 부속서 I 참조: 용어집

<sup>111</sup> 부속서 I 참조: 용어집 여기서, 지구온난화는 1850~1900년 대비 상대적인 20년 평균 전지구 지표면의 온도이다. 특정 시나리오에서 특정 지구온난화 수준에 도달하는 평가 시간은 여기에서 평가된 평균 전지구 지표면 온도 변화가 지구온난화 수준을 초과하는 첫 20년 평균 기간의 중간 지점으로 정의된다. {WGI SPM 각주 26, Cross-Section Box TS.1}

시나리오와 온난화 수준은 배출량에서 기후변화 및 리스크에 이르는  
인과 관계 사슬 전반에 걸쳐 우리의 이해를 구조화한다

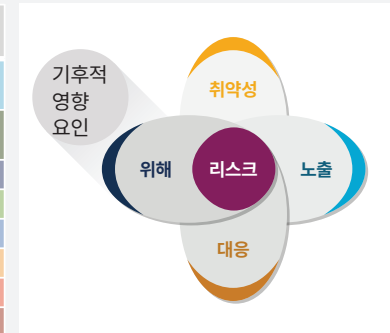
a) 미래 기후, 영향 및 완화에 관한 AR6 통합 평가 프레임워크



b) AR6 실무그룹 보고서에 대한 시나리오 및 경로

WGIII의 범주	범주 설명	WGI & WGII의 GHG 배출 시나리오(SSPx-y*)	WGI & WGII의 RCPy**
C1	오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)	매우 낮음(SSP1-1.9)	
C2	높은 오버슈트 이후 1.5°C 온난화로 복귀(>50%)		
C3	온난화를 2°C로 제한(>67%)	낮음(SSP1-2.6)	RCP2.6
C4	온난화를 2°C로 제한(>50%)		
C5	온난화를 2.5°C로 제한(>50%)		
C6	온난화를 3°C로 제한(>50%)	중간(SSP2-4.5)	RCP4.5
C7	온난화를 4°C로 제한(>50%)	높음(SSP3-7.0)	
C8	온난화가 4°C를 초과(>50%)	매우 높음(SSP5-8.5)	RCP8.5

c) 리스크의 결정요인



\* 용어 SSPx-y가 사용되는데, 여기서 'SSPx'는 공통사회경제경로 또는 시나리오의 기본이 되는 사회 경제적 경향을 설명하는 'SSP'를 의미하고 'y'는 2100년의 시나리오로부터 생겨난 대략적인 복사 강제력의 수준(제곱미터당 와트 또는 Wm<sup>-2</sup>)을 의미한다.

\*\*AR6 WGI 및 WGII 평가에 부분적으로 영향을 미치는 AR5 시나리오(RCPy)는 대략 2100 복사 강제력 수준(Wm<sup>-2</sup>)의 유사한 집합으로 색인화된다. SSP 시나리오는 RCP보다 더 넓은 범위의 GHG 및 대기 오염 물질 미래를 다룬다. 이들은 서로 다른 GHG에 대한 농도 궤적의 차이로 유사하지만 동일하지는 않다. 전체 복사 강제력은 동일한 레이블을 가진 RCP와 비교하여 SSP에서 더 높은 경향이 있다(중간 신뢰도). {WGI TS. 1.3.1}

\*\*\*제한된 오버슈트는 최대 약 0.1°C까지 지구온난화를 1.5°C를 초과하는 경우이며, 높은 오버슈트는 0.1°C~0.3°C까지를 의미하며, 두 경우 모두 최대 수십년 동안 지속된다.

Cross-Section Box.2 그림1: 미래 온실가스 배출, 기후변화, 리스크, 영향 및 완화를 평가하기 위한 AR6 프레임워크의 개략도. 패널 (a) 통합 프레임워크는 WGI(SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 및 SSP5-8.5)에서 고려한 다섯가지 시나리오에 대한 사회 경제적 개발 및 정책, 배출 경로 및 전지구 지표면 온도 대응과 WGIII에 의해 평가된 여덟 개의 전 지구적 기온 변화의 평균 범주(C1~C8)와 WGII 리스크 평가를 포함한다. 점선 화살표는 AR6에서 평가된 시나리오에서 사회 경제적 변화에 대한 영향/리스크의 영향이 아직 고려되지 않았음을 나타낸다. 배출에는 GHG, 에어로졸 및 오존 전구체가 포함된다. CO<sub>2</sub> 배출은 왼쪽에 예시로 표시된다. 다섯가지 GHG 배출 시나리오에 대해 1850~1900년과 비교하여 21세기에 걸쳐 평가된 전지구 지표면 온도 변화가 중앙에 예시로 나타나 있다. SSP1-2.6 및 SSP3-7.0에 대해 매우 가능성이 높은 범위가 표시된다. 1850~1900년 대비 2100년의 예상 기온 결과는 중앙값(선)과 여러 시나리오에 걸쳐 결합된 매우 가능성이 높은 범위(막대)가 있는 C1~C8 범주에 대해 표시된다. 오른쪽에는 온난화의 증가로 인한 미래 리스크가 '불꽃 모양 그래프' 그림의 예시로 표시된다(RFC1의 정의는 3.1.2 참조). 패널 (b) AR6 실무그룹 보고서에 고려된 시나리오의 설명 및 관계. 패널 (c) 기후변화에 대한 취약성, 노출 및 대응과 위해(기후 영향 요인의 변화에 의해 유발됨)의 상호 작용에서 발생하는 리스크에 대한 설명. {WGI TS1.4, 그림 4.11; WGII 그림 1.5, WGII 그림 14.8; WGIII 표 SPM.2, 그림 3.11}

## 섹션 3

# 장기 기후 및 개발 미래

## 섹션 3: 장기 기후 및 개발 미래

### 3.1 장기 기후변화, 영향 및 관련 리스크

미래 온난화는 미래 배출에 의해 유발될 것이며 모든 주요 기후 시스템 구성 요소에 영향을 미치고 모든 지역에서 여러가지 동시 발생적인 변화를 경험하게 될 것이다. 많은 기후 관련 리스크가 이전 평가보다 높은 것으로 평가되었으며 예상되는 장기 영향은 현재 관측된 것보다 최대 몇 배 더 높다. 다양한 기후 및 비기후적 리스크가 상호 작용하여 부문과 지역에 걸쳐 복합적이고 연쇄적인 리스크를 초래할 것이다. 해수면 상승과 되돌릴 수 없는 변화는 미래 배출에 따라 수천년 동안 계속될 것이다. **(높은 신뢰도)**

#### 3.1.1. 장기 기후변화

전지구 지표면 온도의 평가된 미래 변화에 대한 불확실성의 범위는 AR5보다 줄어들었다. IPCC 평가 주기에서 처음으로 전지구 지표면 온도, 해양 온난화 및 해수면의 다중 모델 전망이 관측 및 평가된 기후 민감도를 사용하여 제한된다. 평형 기후 민감도의 가능성 있는 범위는 구름 되먹임에 대한 향상된 이해를 포함하여 다양한 증거<sup>112</sup>를 기반으로 2.5°C~4.0°C(최상의 추정치는 3.0°C)로 좁혀졌다. 관련 배출 시나리오의 경우, 이는 AR5보다 장기적으로 예상되는 전지구 온도 변화에 대한 불확실성 범위를 좁게 한다. {WGI A.4, WGI Box SPM.1, WGI TS.3.2, WGI 4.3}

미래 온난화는 미래 온실가스(GHG) 배출량에 달려 있으며 누적 순 CO<sub>2</sub>가 지배적이다. 1850~1900년 대비 2081~2100년에 평가된 최선의 추정치와 매우 가능성이 높은 온난화의 범위는 매우 낮은 GHG 배출 시나리오(SSP1~1.9)의 1.4°C[1.0~1.8°C]에서 중간 GHG 배출 시나리오의 2.7°C[2.1] 및 매우 높은 GHG 배출 시나리오의 4.4°C[3.3°C~5.7°C]에 이르기까지 다양하다<sup>113</sup>. {WGI SPM B.1.1, WGI Ⅱ SPM.1, WGI 그림 SPM.4} (Cross-Section Box.2 그림 1)

2020년 말까지 이행된 정책의 지속과 일치하는 모델링된 경로는 2100년까지 지구온난화를 3.2[2.2~3.5]°C (5~95% 범위)로 이끈다(중간 신뢰도) (섹션 2.3.1 참조). 2100년까지 >4°C (≥50%)의 경로는 현재 기술 및/또는 완화 정책의 추세의 역전을 의미한다(중간 신뢰도). 그러나 그러한 온난화는 기후 민감도 또는 탄소 순환 피드백이 최선의 추정치보다 높을 경우 2020년 말까지 이행된 정책과 일치하는 배출 경로에서 발생할 수 있다(높은 신뢰도). {WGI SPM C.1.3}

지구온난화는 고려된 거의 모든 시나리오와 모델링된 경로에서 단기적으로 계속 증가할 것이다. 특히 CH<sub>4</sub>의 강력한 배출 감소를 포함하여 넷제로 CO<sub>2</sub> 배출에 도달하는 심층적이고 신속하며 지속적인 GHG 배출감소는 세기 말까지 온난화를 1.5°C(>50%) 또는 2°C 미만(>67%)으로 제한하는데 필요하다(높은 신뢰도). 지구온난화가 1.5°C에 도달하는 최선의 추정치는 대부분 고려된 시나리오와 모델링된 경로에서 2030년대 전반기에 있다<sup>114</sup>. 매우 낮은 GHG 배출 시나리오(SSP1-1.9)에서, 1.5°C 지구온난화보다 0.1°C 이상 높지 않은 일시적인 오버슈트(섹션 3.3.4 참조) 후, CO<sub>2</sub> 배출량은 2050년경에 넷제로에 도달하고 세기말 온난화의 최고 추정치는 1.4°C이다. 향후 수십년 동안 CO<sub>2</sub> 및 기타 GHG 배출이 크게 감소하지 않는 한 21세기 동안 지구온난화는 2°C를 초과할 것이다. GHG 배출의 대폭적이고, 빠르고 지속적인 감소는 몇 년 안에 대기 질 개선으로 이어질 것이며, 약 20년 후, 그리고 다른 많은 기후 영향 요인의 경우 더 오랜 시간 동안 식별할 수 있는 전지구 지표면 온도 추세의 감소로 이어질 것이다<sup>115</sup>(높은 신뢰도). 대기 오염 물질 배출량의 목표 저감은 GHG 배출량만 감축할 때보다 대기 질이 더 빠르게 개선되지만, 장기적으로 대기 오염 물질과 GHG 배출량을 줄이기 위한 노력을 결합한 시나리오에서는 추가적인 개선이 예상된다(높은 신뢰도)<sup>116</sup>. {WGI SPM B.1, WGI SPM B.1.3, WGI SPM D.1, WGI SPM D.2, WGI 그림 SPM.4, WGI Ⅱ SPM.1, WGI Cross-Section Box TS.1; WGI SPM C.3, WGI Ⅱ SPM.2, WGI 그림 SPM.5, WGI Box SPM.1 그림 1, WGI Ⅱ 3.2} (Ⅱ 3.1, Cross-Section Box.2 그림 1)

고려된 다섯가지 시나리오로 인해 단기 기후변화 유발물질(Short-Lived Climate Forcers; SLCF)의 변화는 단기 및 장기적으로 추가 순 지구온난화를 초래한다(높은 신뢰도). 동시적이고 긴박한 기후변화 완화 및 대기 오염 제어 정책은 이러한 추가적인 온난화를 제한하고 대기 질에 대한 강한 편익으로 이어진다(높은 신뢰도).

<sup>112</sup> 기후 과정, 도구 기록, 고기후 및 모델 기반 긴급 제약에 대한 이해(부속서 I 참조: 용어집). {WGI SPM 각주 21}

<sup>113</sup> 다양한 시나리오에 대한 최상의 추정치[및 가능성이 매우 높은 범위]는 다음과 같다: 1.4[1.0 ~ 1.8]°C (SSP1-1.9); 1.8[1.3~2.4]°C (SSP1-2.6); 2.7[2.1 ~ 3.5]°C (SSP2-4.5); 3.6[2.8~4.6]°C (SSP3-7.0); 및 4.4[3.3~5.7]°C (SSP5-8.5). {WGI Box SPM.1} (Cross-Section Box.2)

<sup>114</sup> 단기적으로(2021~2040), 1.5°C의 지구온난화 수준은 매우 높은 GHG 배출 시나리오(SSP5-8.5)에서 초과될 가능성이 매우 높으며, 중간 및 높은 GHG 배출 시나리오에서 초과될 가능성이 높고(SSP2-4.5, SSP3-7.0), 낮은 GHG 배출 시나리오(SSP1-2.6)에서 초과하지 못할 가능성이 높으며, 매우 낮은 GHG 배출 시나리오(SSP1-1.9)에서 도달하지 못할 가능성보다 높다. 매우 높은 배출 시나리오를 제외하고 WGI가 고려한 모든 시나리오에서 평가된 지구온난화가 1.5°C에 도달하는 첫 20년 연속 평균 기간의 중간점은 2030년의 전반부에 있다. 매우 높은 GHG 배출 시나리오에서, 중간점은 2020년대 후반이다. WGI에서 고려한 모델링된 경로 범주에서 1.5°C 지구온난화 수준에 도달하는(50% 확률) 평균 5년 간격은 2030~2035년이다. {WGI SPM B.1.3, WGI Cross-Section Box TS.1, WGI Ⅱ 3.2} (Cross-Section Box.2)

<sup>115</sup> Cross-Section Box 2. 참조

<sup>116</sup> 추가 시나리오에 기반

높거나 매우 높은 GHG 배출 시나리오(SSP3-7.0 및 SSP5-8.5)에서, CH<sub>4</sub>, 에어로졸 및 오존 전구체와 같은 SLCF 배출의 결합된 변화는 2019년 대비 2100년까지 0.4°C~0.9°C의 순 지구온난화로 이어질 가능성이 높다. 이것은 CH<sub>4</sub>, 대류권 오존, 수소불화탄소의 대기 농도 증가가 예상되고 강력한 대기 오염 제어가 고려될 때, 에어로졸에 의한 냉각이 감소하기 때문이다. 낮거나 매우 낮은 GHG 배출 시나리오(SSP1-1.9 및 SSP1-2.6)에서 대기 오염 제어 정책, CH<sub>4</sub> 및 기타 오존 전구체의 감소는 순 냉각으로 이어지는 반면, 인위적인 냉각 에어로졸의 감소는 순 온난화로 이어진다(높은 신뢰도). 전체적으로, 이는 2019년 대비 2100년의 SLCF 변화와 전지구 지표면 오존 및 입자 물질의 감소로 인해 0.0°C~0.3°C의 순 온난화를 유발할 가능성이 높다(높은 신뢰도). {WGI SPM D.1.7, WGI Box TS.7} (Cross-Section Box.2)

지속되는 GHG 배출은 주요 기후 시스템 구성 요소에 추가적으로 영향을 미칠 것이고 많은 변화가 100년에서 1000년의 시간 척도에서 돌이킬 수 없이 발생할 것이다. 기후 시스템의 많은 변화는 지구온난화 증가와 직접적으로 관련되어 더 커진다. 지구온난화가 추가적으로 증가할 때마다 극한현상 변화는 계속해서 커진다. 추가적인 온난화는 더 빈번하고 강렬한 해양 폭염으로 이어질 것이고 영구 동토층의 해빙 및 계절적 적설, 빙하, 육지 얼음, 북극 해빙의 손실을 더욱 증폭시킬 것으로 예상된다(높은 신뢰도). 계속되는 지구온난화는 변동성, 전지구적 몬순 강수량<sup>117</sup>, 매우 습하고 건조한 날씨, 기후 현상 및 계절을 포함하여 전지구적 물 순환을 더욱 심화할 것으로 예상된다(높은 신뢰도). 계절 평균 강수량에서 감지할 수 있는 변화를 경험하는 전지구 육지의 부분에서 더 다양한 강수량과 계절에 따라(높은 신뢰도) 그리고 해마다(중간 신뢰도) 대부분의 육지 지역에서 흐르는 지표수가 증가할 것으로 예상된다(중간 신뢰도). 과거와 미래의 GHG 배출로 인한 많은 변화는 100년에서 1000년의 시간 규모, 특히 해양, 빙상 및 전지구 해수면에서 돌이킬 수 없다<sup>118</sup>(3.1.3 참조). 해양 산성화(거의 확실함), 해양 탈산소화(높은 신뢰도) 및 전지구 평균 해수면 상승(거의 확실함)은 21세기에도 미래 배출량에 따라 속도가 계속 증가할 것이다. {WGI SPM B.2, WGI SPM B.2.2, WGI SPM B.2.3, WGI SPM B.2.5, WGI SPM B.3, WGI SPM B.3.1, WGI SPM B.3.2, WGI SPM B.4, WGI SPM B.5, WGI SPM B.5.1, WGI SPM B.5.3, WGI 그림 SPM.8} (그림 3.1)

지구온난화가 심화됨에 따라 모든 지역은 점점 더 기후 영향 요인의 동시 및 다중 변화를 경험할 것으로 예상된다. 극한 기온과 같은 기후 영향 요인인 고온의 증가, 저온의 감소는 모든 지역에서 예상된다(높은 신뢰도). 1.5°C 지구온난화에서 폭우와 홍수 현상은 아프리카, 아시아(높은 신뢰도), 북미(중간에서 높은 신뢰도) 및 유럽(중간 신뢰도)의 대부분의 지역에서 강화되고 더욱 빈번해질 것으로 예상된다. 2°C나 그 이상에서, 이러한 변화는 더 많은 지역으로 확장되거나 더 중요해지고(높은 신뢰도), 유럽, 아프리카, 오스트랄라시아, 북미 및 중남미에서 더 빈번하고 심각한 농업 및 생태학적 가뭄이 예상된다(중간에서 높은 신뢰도). 예상되는 다른 지역적 변화는 열대성저기압 및/또는 온대성 폭풍의 강화(중간 신뢰도), 건조 및 산불 날씨<sup>119</sup>의 증가(중간에서 높은 신뢰도)를 포함한다. 복합 폭염과 가뭄은 여러 위치에서 동시에 발생하는 것을 포함하여 더 자주 복합적으로 발생할 가능성이 있다(높은 신뢰도). {WGI SPM C.2, WGI SPM C.2.1, WGI SPM C.2.2; WGI SPM C.2.3; SRCCL C.2.4; SROCC SPM. C.2.7}

<sup>117</sup> 특히 서쪽 사헬을 제외한 서남아시아와 동남아시아, 동아시아와 서아프리카 {WGI SPM B.3.3}

<sup>118</sup> 부속서 I 참조: 용어집.

<sup>119</sup> 부속서 I 참조: 용어집.

## 지구온난화가 심화될 때마다 평균 기후와 극한 기후의 지역적 변화가 더 광범위해지고 보다 확연해진다

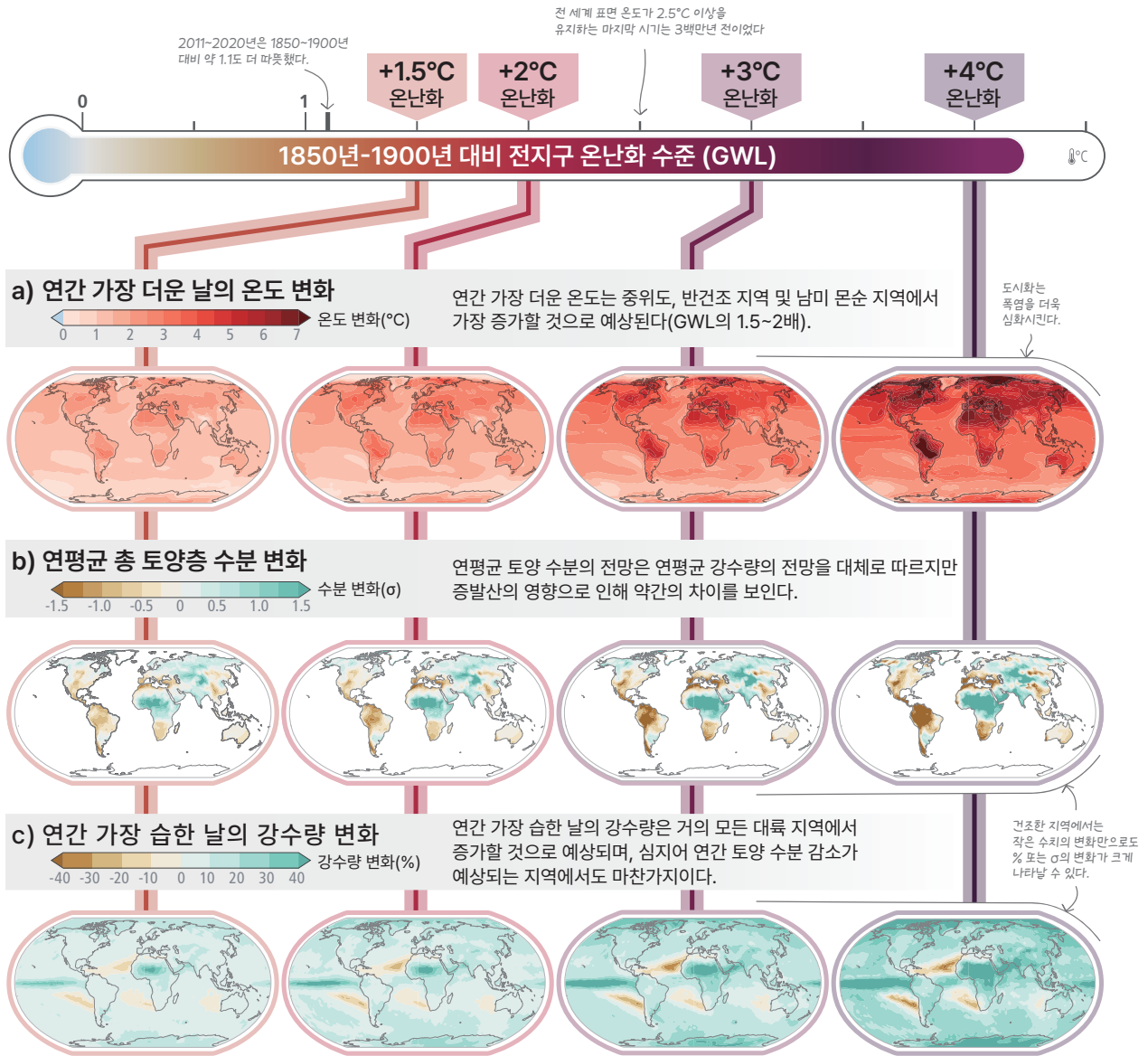


그림 3.1: 연간 최대 일일 기온의 예상 변화, 평균 총 토양 수분 CMIP, 1850~1900년 대비 1.5°C, 2°C, 3°C, 4°C의 지구온난화 수준에서 연간 최대 일일 강수량. 시뮬레이션된 (a) 연간 최대 온도 변화, (b) 연간 연평균 총 토양층 수분 변화 (표준 편차), (c) 연간 일일 최대 일일 강수량 변화(%). 변경 사항은 CMIP6 다중 모델 중앙값 변경 사항에 해당한다. 패널 (b)와 (c)에서 건조 지역의 큰 양의 상대적 변화는 작은 절대적 변화에 해당할 수 있다. 패널 (b)에서, 단위는 1850~1900년 동안 토양 수분의 연간 변동성의 표준 편차이다. 표준 편차는 가뭄의 심각도를 특성화하는 데 널리 사용되는 척도이다. 1 표준 편차만큼의 예상되는 토양 수분의 감소는 1850~1900년 동안 약 6년에 한 번씩 발생한 가뭄의 전형적인 토양 수분 조건에 해당한다. WGI 인터랙티브 아틀라스는 (<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>) 이 그림에 제시된 지구온난화 수준 범위에 걸쳐 기후 시스템의 추가 변화를 탐색하는 데 사용할 수 있다. {WGI 그림 SPM.5, WGI 그림 TS.5, WGI 그림 11.11, WGI 그림 11.16, WGI 그림 11.19} (Cross-Section Box 2)

### 3.1.2 영향 및 관련 리스크

주어진 온난화 수준에 대해 많은 기후 관련 리스크가 AR5보다 높은 것으로 평가된다(높은 신뢰도). 모든 우려 요인(RFC)<sup>121</sup>에 대한 리스크 수준<sup>120</sup>은 AR5에서 평가된 것과 비교하여 낮은 지구온난화 수준에서 높음에서 매우 높음으로 평가된다(높은 신뢰도). 이는 최근 관측된 영향의 증거, 개선된 과정 이해, 적응 한계를 포함하여 인간계 및 자연계의 노출 및 취약성에 대한 새로운 지식에 기반한다. 지구온난화 수준에 따라 평가된 장기적 영향은 예를 들어 영향을 받은 사람과 종의 수의 측면에서 확인된 127개의 주요 리스크에 대해 현재 관측된 것보다 최대 몇배 더 높을 것이다(높은 신뢰도). 연속적인 리스크(3.1.3 참조) 및 오버슈트로 인한 리스크(3.3.4 참조)를 포함한 리스크는 지구온난화가 증가함에 따라 점점 심각해질 것으로 예상된다(매우 높은 신뢰도). {WGII SPM B.3.3, WGII SPM B.4, WGII SPM B.5, WGII 16.6.3; SRCCL SPMA5.3} (그림 3.2, 그림 3.3)

자연계 및 인간계에 대한 기후 관련 리스크는 현재(1.1°C)보다 지구온난화가 1.5°C일 때 더 높지만 2°C일 때 보다 낮다(섹션 2.1.2 참조). 건강, 생계, 식량 안보, 물 공급, 인간 안보 및 경제 성장에 대한 기후 관련 리스크는 지구온난화가 1.5°C 증가함에 따라 증가할 것으로 예상된다. 육상 생태계에서 평가된 수만 종의 3~14%는 GWL 1.5°C에서 매우 높은 멸종 리스크에 직면하게 될 것이다. 산호초는 1.5°C의 지구온난화에서 추가로 70~90% 감소할 것으로 예상된다(높은 신뢰도). 이 GWL에서 전지구의 많은 저고도 및 작은 빙하는 대부분의 질량을 잃거나 수십년에서 수세기 내에 사라질 것이다(높은 신뢰도). 불균형적으로 더 높은 리스크에 처한 지역은 북극 생태계, 건조 지역, 작은 섬 개발 국가 및 최빈국을 포함한다(높은 신뢰도). {WGII SPM B.3, WGII SPM B.4.1, WGII TS.C.4.2; SR1.5 SPM A.3, SR1.5 SPM B.4.2, SR1.5 SPM B.5, SR1.5 SPM B.5.1} (그림 3.3)

2°C의 지구온난화에서 영향의 불균등한 분포(RFC3), 전지구적 총 영향(RFC4) 및 대규모 특이 현상(RFC5)과 관련된 전반적인 리스크 수준은 높음(중간 신뢰도)으로 전환될 것이며, 극한 기상 현상(RFC2)과 관련된 현상은 매우 높음(중간 신뢰도)으로 전환될 것이다. 또한 독특하게 위협받는 시스템(RFC1)과 관련된 것들은 매우 높음으로 전환될 것이다(높은 신뢰도)(그림 3.3, 패널 a).

약 2°C의 온난화로 식량 가용성 및 식단의 질에 대한 기후 관련 변화는 영양 관련 질병을 증가시키고 특히 사하라 사막 이남 아프리카, 남아시아 및 중앙 아메리카의 저소득 및 중간 소득 국가의 저소득 가정에서, 수천만 명(낮은 취약성 및 낮은 온난화 상태)에서 수억 명(높은 취약성 및 높은 온난화 상태)에 영향을 미치는 영양실조 인구의 수를 증가시키는 것으로 추정된다(높은 신뢰도). 예를 들어, 관개를 위한 눈 녹은 물의 가용성은 일부 눈 녹은 강 유역에서 최대 20%까지 감소할 것으로 예상된다(중간 신뢰도). 도시, 정주지 및 주요 기반시설에 대한 기후변화의 리스크는 특히 이미 고온에 노출되어 있거나 해안선을 따라 있거나 취약성이 높은 지역에서 지구온난화가 심해짐에 따라 중장기적으로 급격히 증가할 것이다(높은 신뢰도). {WGII SPM B.3.3, WGII SPM B.4.2, WGII SPM B.4.5, WGII TS.C.3.3, WGII TS.C.12.2} (그림 3.3)

3°C의 지구온난화에서 많은 부문과 지역의 추가 리스크가 높거나 매우 높은 수준에 도달하는데, 이는 광범위한 시스템 영향, 돌이킬 수 없는 변화 및 많은 추가적인 적응 한계를 의미한다(섹션 3.2 참조)(높은 신뢰도). 예를 들어, 생물다양성 핫스팟의 고유종에 대한 매우 높은 멸종 리스크는 온난화가 1.5°C에서 3°C로 상승하면 최소 10배 이상 증가할 것으로 예상된다(중간 신뢰도). 직접적인 홍수 피해의 예상 증가는 적응이 없는 1.5°C의 지구온난화 대비 1.4~2배, 3°C에서 2.5~3.9배 더 높다(중간 신뢰도). {WGII SPM B.4.1, WGII SPM B.4.2, WGII 그림 SPM.3, WGII TS 부속서 AII, WGII 부록 I 전지구에서 지역별 아틀라스 그림 A1.46} (그림 3.2, 그림 3.3)

4°C 이상의 지구온난화는 자연계 및 인간계에 광범위한 영향을 미친 것으로 예상된다(높은 신뢰도). 4°C 이상의 온난화에서 자연계에 미치는 예상되는 영향은 열대 해양 생물의 ~50%가 국지적으로 멸종(중간 신뢰도)되고 지구 육지 면적의 35%에 걸친 생물군계 이동(중간 신뢰도)이 포함된다. 이 수준의 온난화에서 전지구 육지 면적의 약 10%가 증가하는 높은 흐름과 감소하는 낮은 극한 흐름을 직면할 것으로 예상되며, 추가적인 적응 없이 21억명이 넘는 사람들(중간 신뢰도)과 대략 40억명의 사람들이 물 부족을 경험할 것으로 예상된다(중간 신뢰도). 4°C의 온난화에서 전지구 연소 면적은 현재와 비교하여 50~70% 증가하고 화재 빈도는 ~30% 증가할 것으로 예상된다(중간 신뢰도). {WGII SPM B.4.1, WGII SPM B.4.2, WGII TS.C.1.2, WGII TS.C.2.3, WGII TS.C.4.1, WGII TS.C.4.4} (그림 3.2, 그림 3.3)

<sup>120</sup> 감지할 수 없는 리스크 수준은 관련 영향을 감지할 수 없고 기후변화로 인한 것이라고 할 수 없음을 나타낸다. 중간 리스크는 관련 영향이 최소한 중간 신뢰도로 감지 가능하고 기후변화로 인한 것임을 나타내며, 주요 리스크에 대한 다른 특정 기준도 설명한다. 높은 리스크는 주요 리스크를 평가하기 위한 하나 이상의 기준에서 높은 것으로 판단되는 심각하고 광범위한 영향을 나타낸다. 매우 높은 리스크 수준은 위해 또는 영향/리스크의 특성으로 인해 적응 능력이 제한된 것과 결합하여 심각한 영향의 리스크가 매우 높으며 상당한 비가역성이 존재하거나 기후 관련 위해가 지속됨을 나타낸다. {WGII 그림 SPM.3}

<sup>121</sup> 우려 요인(RFC) 프레임워크는 다섯개의 광범위한 범주에 대한 리스크 발생에 대해 과학적 이해를 전달한다. (WGII 그림 SPM.3). RFC1: 독특하고 위협받는 시스템: 기후 관련 조건에 의해 제한된 지리적 범위를 가지고 있고 고유성이 높거나 다른 독특한 특성을 가진 자연계 및 인간계. 예를 들면 산호초, 북극과 그 토착민, 산악 빙하 및 생물 다양성 핫스팟이 있다. RFC2: 극한 기상 현상: 폭염, 폭우, 가뭄 및 관련 산불, 해안 범람과 같은 극한 기상 현상으로 인해 인간의 건강, 생계, 자산 및 생태계에 대한 리스크/영향. RFC3: 영향의 분포: 물리적 기후변화 위해, 노출 또는 취약성의 균일하지 않은 분포로 인해 특정 그룹에 불균형적으로 영향을 미치는 리스크/영향. RFC4: 전지구적 종합 영향: 금전적 피해, 영향을 받는 생명, 멸종된 종 또는 전지구적 규모의 생태계 파괴와 같은 단일 지표로 전지구적으로 종합될 수 있는 사회생태계에 미치는 영향. RFC5: 대규모 특이 현상: 빙상 불안정성 또는 열 염분 순환 둔화와 같은 지구온난화로 인해 발생하는 상대적으로 크고 갑작스럽고 때로는 돌이킬 수 없는 시스템 변화. 평가 방법은 WGII SM16.6에 설명된 문헌을 기반으로 하는 구조화된 전문가 추출이 포함되며 AR5와 동일하지만 견고성을 개선하고 AR5와 AR6간의 비교를 용이하게 하는 구조화된 접근 방식으로 향상되었다. 전지구 리스크 수준 및 우려 요인에 대한 추가 설명은 WGII TS.AIII를 참조한다. {WGII 그림 SPM.3}

기후변화로 인해 예상되는 악영향과 이와 관련된 손실과 피해는 지구온난화가 심화될 때마다 증가하지만(매우 높은 신뢰도), 취약성과 노출을 줄이기 위한 사회경제적 발전 궤적과 적응 행동에 의해 크게 좌우될 것이다(높은 신뢰도). 예를 들어, 식량, 동물 사료, 물에 대한 수요 증가, 자원 집약적 소비 및 생산, 제한된 기술 개발이 있는 개발 경로는 건조 지역의 물부족, 토지 황폐화 및 식량 불안으로 인한 리스크를 높인다(높은 신뢰도). 예를 들어 인구통계학적 변화나 의료 시스템에 대한 투자는 열 관련 질병 및 사망률을 포함한 다양한 건강 관련 결과에 영향을 미친다(그림 3.3 패널 d). {WGII SPM B.3, WGII SPM B.4, WGII 그림 SPM.3; SRCCL SPM A.6}

온난화가 심화될 때마다, 기후변화의 영향과 리스크는 점점 더 복잡해지고 관리하기 어려워질 것이다. 동시다발적인 폭염과 가뭄, 복합 홍수 및 화재 날씨와 같이 지구온난화가 심해지면 많은 지역에서 복합적인 현상들의 확률이 증가할 것으로 예상된다. 게다가, 생물다양성 손실이나 폭력적인 분쟁과 같은 다양한 기후 및 비기후 리스크 요인이 상호작용하여 전반적인 리스크와 부문 및 지역에 걸쳐 연속적인 리스크가 복합적으로 작용할 것이다. 또한, 일부 배출 감소 및 이산화탄소 제거(CDR)조치의 부작용과 같이 기후변화의 리스크를 줄이기 위한 일부 대응에서 리스크가 발생할 수 있다(3.4.1 참조). (높은 신뢰도) {WGII SPM C.2.7, WGI 그림 SPM.6, WGI TS.4.3; WGII SPM B.1.7, WGII B.2.2, WGII SPM B.5, WGII SPM B.5.4, WGII SPM C.4.2, WGII SPM B.5, WGII CCB2}

태양 복사 조정(Solar Radiation Modification; SRM) 접근 방식은 이행될 경우 사람과 생태계에 잘 알려지지 않은 광범위한 새로운 리스크를 초래한다. SRM은 10년 또는 20년 이내에 온난화를 상쇄하고 일부 기후 위해를 개선할 수 있는 잠재력을 갖고 있지만 기후를 이전 상태로 복원하지는 않을 것이며 상당한 잔류 또는 과잉 보상 기후변화가 지역 및 계절 규모에서 발생할 것이다(높은 신뢰도). SRM의 효과는 사용된 특정 접근법<sup>122</sup>에 기반하며 높은 CO<sub>2</sub> 배출 시나리오에서 SRM의 갑작스럽고 지속적인 종료는 급속한 기후변화를 유발할 것이다(높은 신뢰도). SRM은 대기중 CO<sub>2</sub> 농도가 증가하는 것을 막지 못할 것이며 지속적인 인위적 배출 하에서 해양 산성화를 감소시키지 않을 것이다(높은 신뢰도). 큰 불확실성과 지식 격차는 기후변화 리스크를 줄이기 위한 SRM 접근법의 잠재력과 관련이 있다. 견고하고 계획적인 SRM 거버넌스의 부족은 제한된 수의 국가에 의한 전개가 국제적 긴장을 유발할 수 있으므로 리스크를 내포한다. {WGI 4.6; WGII SPM B.5.5; WGIII 14.4.5.1; WGIII 14 Cross-Working Group Box 태양 복사 수정; SR1.5 SPM C.1.4}

<sup>122</sup> 성충권 에어로졸 주입, 해양 구름 밝기, 지상 기반 알베도 수정 및 해양 알베도 변화를 포함하여 여러 SRM 접근법이 제안되었다. 부속서 I 참조: 용어집.

# 미래 기후변화는 자연과 인간 시스템에 걸쳐 영향의 강도를 증가시킬 것으로 예상되며 지역적 차이를 증가시킬 것이다

추가적인 적응이 없다면 나타날 영향들의 예시

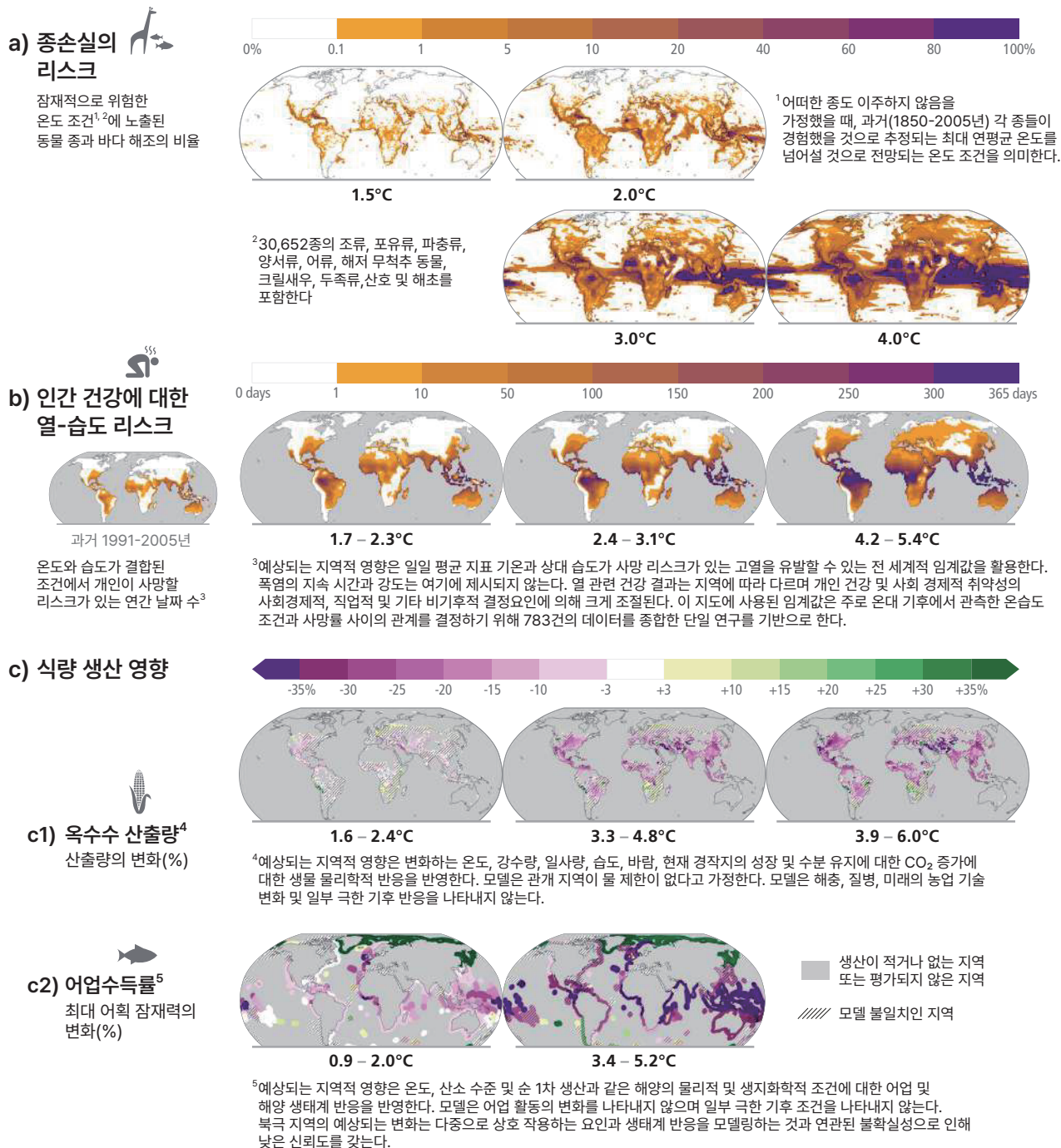
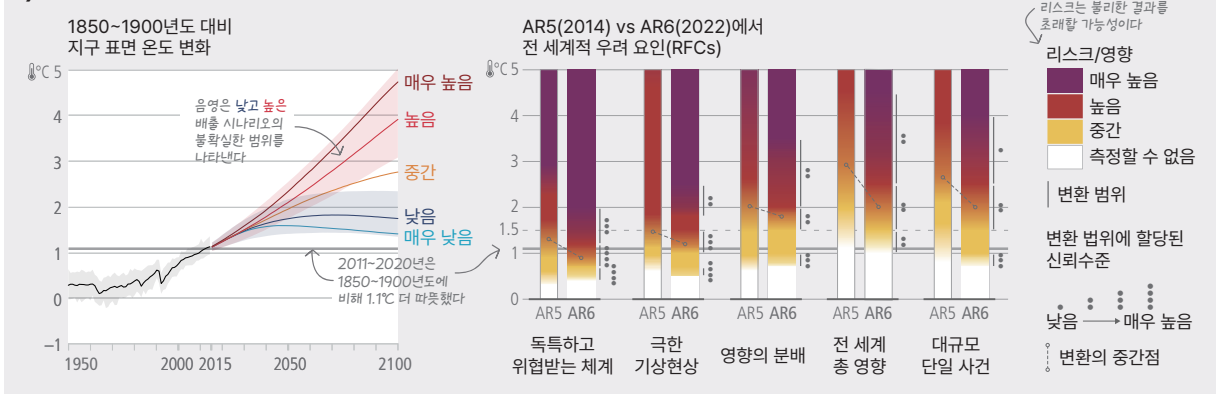


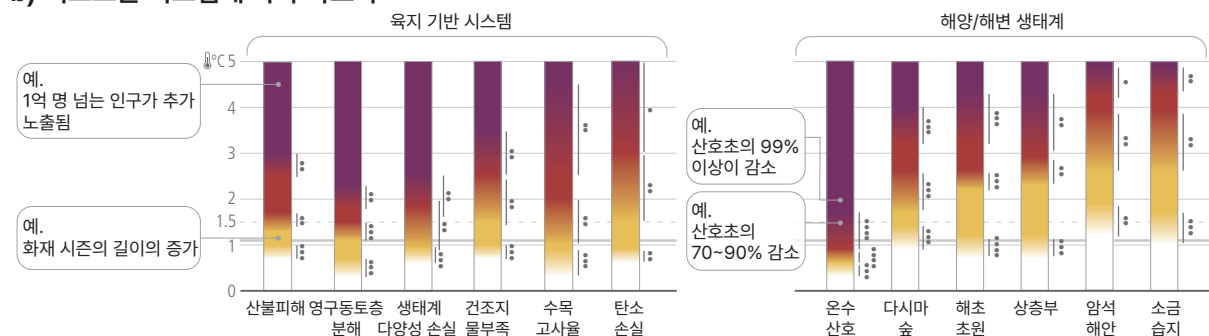
그림 3.2: 1850~1900년 수준과 비교하여 다양한 지구온난화 수준(GWL)에서 자연계 및 인간계에 대한 기후변화의 예상 리스크 및 영향. 지도에 표시된 예상 리스크 및 영향은 추가적인 조정없이 각 영향 지표를 예상하는 데 사용된 전지구 시스템 모델의 다양한 하위 집합의 결과를 기반으로 한다. WGII는 이러한 예상과 추가 증거를 사용하여 인간계 및 자연계에 미치는 영향에 대한 추가 평가를 제공한다. (a) 1.5°C, 2°C, 3°C 및 4°C의 GWL에서 각 종이 경험한 추정된 역사적(1850~2005) 최대 연간 평균 기온을 넘어서 조건으로 정의된 잠재적으로 리스크가 있는 온도 조건에 노출된 평가된 종의 비율로 표시되는 종 손실의 리스크. 온도의 기초 예측은 21개의 전지구 시스템 모델에서 나온 것이며 북극과 같은 생태계에 영향을 미치는 극한 현상은 고려하지 않는다. (b) 역사적 기간(1991~2005년) 및 GWL 1.7°C~2.3°C(평균 = 1.9°C, 13개 기후 모델), 2.4°C~3.1°C(2.7°C, 16개 기후 모델) 및 4.2°C~5.4°C(4.7°C, 15개 기후 모델)에서 지표 온도 및 습도 조건으로 인해 사망 리스크가 있는 저체온 조건에 인구가 연간 노출된 일수로 표시된 인체 건강에 대한 리스크. RCP2.6, RCP4.5 및 RCP8.5에서 2081~2100년까지 WGL의 사분위수 범위. 제시된 지수는 WGI 및 WGII 평가에 포함된 많은 지수에서 발견되는 공통 기능과 일치한다. (c) 식량 생산에 미치는 영향: (c1) 1.6°C~2.4°C(2.0°C), 3.3°C~4.8°C(4.1°C) 및 3.9°C~6.0°C(4.9°C)의 예상 GWL에서 옥수수 수확량의 변화. 농업 모델 상호 비교 및 개발 계획(AgMIP) 및 부문간 영향 모델 상호 비교 계획(ISMIP)의 다섯가지 전지구 시스템 모델에서 바이어스 조정된 출력에 의해 각각 구동되는 12개의 작물 모델의 총체에서 평균 수확량 변화. 지도는 현재 재배 지역(>10ha)에 대해 1986~2005년과 비교하여 2080~2099년을 묘사하며, 미래 지구온난화 수준의 해당 범위는 각각 SSP1-2.6, SSP3-7.0 및 SSP5-8.5에 표시된다. 해칭은 기후-작물 모델 조합의 70% 미만이 영향을 징후에 동의하는 영역을 나타낸다. (c2) 0.9°C~2.0°C(1.5°C) 및 3.4°C~5.2°C(4.3°C)의 예상 GWL에서 1986~2005년 대비 2081~2099년까지 최대 어획 잠재력의 변화. RCP2.6 및 RCP8.5에 따라 2081~2100까지 GWL. 해칭은 두 기후 어업 모델이 변화 방향에서 일치하지 않는 부분을 나타낸다. 저수역 지역의 큰 상대적 변화는 작은 절대적 변화에 해당할 수 있다. 남극 대륙의 생물 다양성과 어업은 데이터 제한으로 인해 분석되지 않았다. 식량 안보는 여기에 제시되지 않은 농작물 및 어업 실패의 영향도 받는다. {WGII 그림 TS.5, WGII 그림 TS.9, WGII 부속서 I: 전지구에서 지역으로의 아틀라스 AI.15, 그림 AI.22, 그림 AI.23, 그림 AI.29; WG II 7.3.1.2, 7.2.4.1, SROCC 그림 SPM.3} (3.1.2, Cross-Section Box.2)

## 온난화가 심화될 때마다 리스크가 증가한다

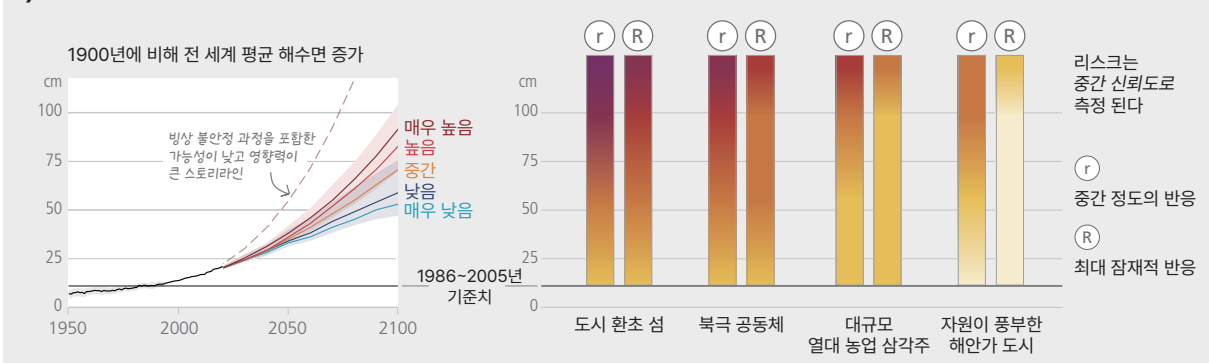
### a) 낮은 지구온난화 수준에서 높은 리스크가 발생할 것으로 평가된다



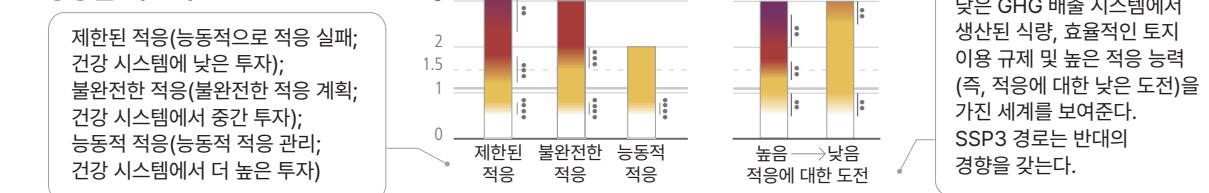
### b) 리스크는 시스템에 따라 다르다



### c) 해변 기후의 리스크는 해수면 상승에 따라 증가하고 반응에 의존한다



### d) 적응 및 사회 경제적 경로는 기후 관련 리스크 수준에 영향을 미친다



## e) 다른 지역에서 주요 리스크의 예시

리스크 도표가 없다는 것은 지역 내에 리스크가 없다는 것을 의미하지 않는다. 변화의 방향 불확실성, 지역 내의 기후학 및 사회 경제적 맥락의 다양성과 서로 다른 온난화 수준에 대한 영향과 리스크 예상의 적은 결과의 숫자와 함께 적절하게 축적이 낮은 기후 예상의 부족으로 인해 작은 섬들, 아시아 및 중남미 지역의 종합적 도표 발달은 제한되었다.

나열된 리스크는 최소한 중간 신뢰도이다:

**작은 섬들** - 내륙의, 해양 및 해안 생물 다양성과 생태계 서비스의 상실

- 정주지 및 기반시설의 파괴로 인한 생명, 자산의 상실, 식량 안정성의 리스크 및 경제적 분열
- 경제적 쇠퇴와 전통적인 농업생태계에서 생물다양성의 상실로 인한 어업, 농업, 여행을 통한 생계 실패
- 이주 증가로 이혼 압도 및 비감초 섬의 거주가능성 감소
- 거의 대부분의 작은 섬에서 물 안정성의 리스크

**북미**

- 기후에 민감한 정신 건강 결과, 증가하는 평균 온도, 기후 및 극단적인 날씨, 복합적인 기후 위해로 인한 인간 사망률과 질환률
- 생물다양성, 기능 및 보호적 서비스의 상실을 포함한 해양, 해변 및 육상 생태계의 악화 리스크
- 생태계의 결과, 관개 농업을 위한 지표수 가용성의 감소, 다른 인간 사용 및 수질의 저하 등과 함께 담수 자원의 리스크
- 농업, 가축, 사냥, 어업, 수경 생산성 및 접근의 변화를 통한 식량 및 영양 안정성의 리스크
- 해수면 상승으로 인한 해변 도시, 정주지 및 기반시설의 리스크를 포함하여 연속적이고 복합적인 기후 위해로 인한 웰빙, 생계 및 경제 활동의 리스크

**유럽**

- 해안 및 내륙 홍수로 인한 사람, 경제 및 기반시설의 리스크
- 증가하는 온도 및 극한 열로 인한 인간의 스트레스와 사망률
- 해양 및 육상 생태계 혼란
- 다중으로 상호 연결된 부분의 물 부족
- 복합적인 열 및 건조 조건, 극단적인 기후로 인한 곡물 생산의 상실

**중남미**

- 물 안정성의 리스크
- 특히 매개체 감염 질환과 같은 증가하는 유행병으로 인한 심각한 건강 영향
- 산호 탈색으로 인한 산호초 생태계의 저하
- 빈번한/극도의 가뭄으로 인한 식량 안정성의 리스크
- 홍수, 산사태, 해수면 상승, 폭풍 및 해안가 침식으로 인한 생명 및 기반시설 손상

**오스**

**트랄라시아**

- 얕은 열대 산호초 및 관련된 생태계 다양성과 생태계 서비스 가치의 저하
- 해수면 상승으로 인한 저지대 해변 지역의 인간 및 자연 시스템 상실
- 농업 생산의 감소로 인한 생계 및 소득에 영향
- 열과 관련된 사망률 및 인간과 야생동물의 질환률 증가
- 적은 눈으로 인한 호주 고산 생물 다양성의 상실

**아시아**

- 특히 해안 도시와 정주지의 홍수로 인한 인간 웰빙과 건강에 대한 도시 기반시설 손실과 영향
- 담수, 토양 및 해양 생태계에 걸친 인간 시스템에 의존하는 관련 혼란뿐만 아니라 생물다양성 상실 및 서식지 이동
- 더 빈번하고 광범위한 산호 탈색 및 해양 온난화, 산성화, 해수면 상승, 해양 열파 및 자원 고갈로 인한 산호 사망률
- 해수면 상승으로 인한 해안 어업 자원의 감소, 일부 지역의 강수량 감소 및 온도상승
- 극단적인 온도 증가, 강수 변화와 가뭄으로 인한 식량과 물 안정성 리스크

**아프리카**

- 종의 멸종 및 감소 또는 담수, 토양 및 해양 생태계를 포함하여 비지역적인 생태계 및 그 서비스의 상실
- 곡물, 가축 및 어업으로부터의 식량 생산의 감소로 인한 식량 안정성 리스크, 영양실조의 리스크(미량 영양소 결핍) 및 생계 상실
- 해안가 공동체의 생계 및 해양 생태계 건강의 리스크
- 열과 전염성 질환으로 인한 인간 사망률 및 질환율의 증가 (매개체 감염 및 설사 질환을 포함)
- 경제적 산출과 성장의 감소 및 불평등과 빈곤율의 증가
- 가뭄과 열로 인한 물과 에너지 안정성의 리스크 증가

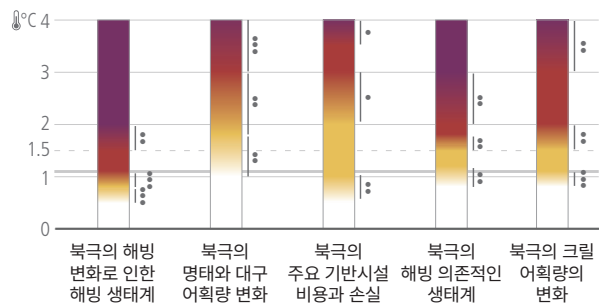
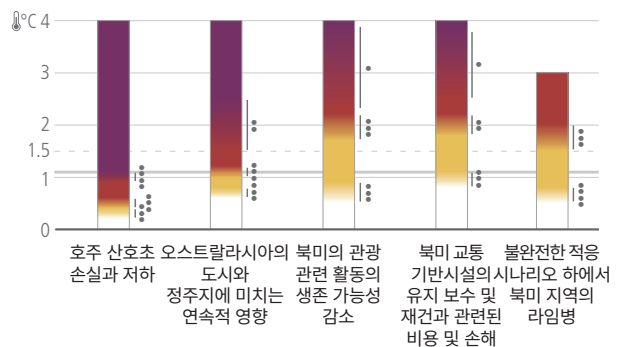
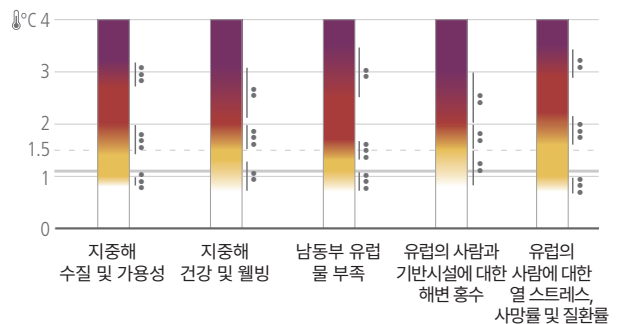
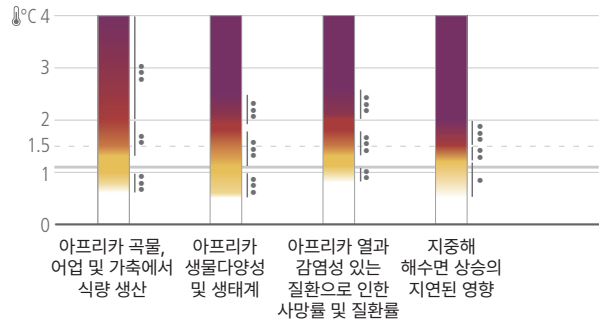


그림 3.3: 전지구 및 부문별 평가의 합성 리스크 다이어그램과 지역 주요 리스크의 예. 불타는 불씨는 문헌 기반 전문가 추출의 결과이다. **패널 (a): 왼쪽** - 1850~1900년 대비 전지구 온도 변화(°C 단위). 이러한 변화는 CMIP6 모델 시뮬레이션을 과거에 시뮬레이션된 온난화에 기반한 관측 제약 조건과 평형 기후 민감도의 업데이트된 평가를 결합하여 얻은 것이다. 낮고 높은 GHG 배출 시나리오에 대한 가능성이 매우 높은 범위가 표시된다(SSP1-2.6 및 SSP3-7.0)(Cross-Section Box. 2). **오른쪽** - AR6(두꺼운 불씨) 및 AR5(얇은 불씨) 평가를 비교한 전지구적 우려 요인(RFC). 적응이 적거나 전혀 없다고 가정하여 각 RFC에 대한 다이어그램이 표시된다(즉, 적응이 단편화되고 지역화되며 기존 관행에 대한 증분 조정으로 구성된다). 그러나, 매우 높은 리스크 수준으로의 전환은 비가역성과 적응 한계에 중점을 둔다. 수평선은 1.1°C의 현재 지구온난화를 나타내며, 이는 선 아래에서 관측된 과거 영향과 그 위에 예상되는 미래 리스크를 구분하는 데 사용된다. 선은 AR5와 AR6에서 중간 리스크에서 높은 리스크로 전환되는 중간 지점을 연결한다. **패널 (b):** 육상 기반 시스템 및 해양/해안 생태계에 대한 리스크. 적응이 적거나 없다고 가정하여 각 RFC에 대한 다이어그램이 표시된다. 텍스트 거품은 주어진 온난화 수준에서 영향의 예를 나타낸다. **패널 (c): 왼쪽** 1900년대비 cm 단위의 전지구적 평균 해수면의 변화. 역사적 변화(검은색)는 1992년 이전의 검조기와 이후의 고도계로 관찰된다. 2100년까지의 미래 변화(색깔 있는 선 및 음영)는 CMIP, 빙상 및 빙하 모델의 에뮬레이션을 기반으로 하는 관측 제약 조건으로 일관되게 평가되며 SSP1-2.6 및 SSP3-7.0에 대한 가능성의 범위가 표시된다. **오른쪽** - SROCC 기준 기간(1986~2005)과 관련하여 그리고 IPCC AR6 기준 기간(1995~2014)을 나타내는 두 가지 대응 시나리오 하에서 평균 및 극한 해수면 변화로 인해 2100년에 4개의 예시가 되는 해안 지역에 대한 해안 범람, 침식 및 염류화의 통합 리스크 평가 평가는 평균 해수면 상승에 의해 직접적으로 유발된 것 이상의 극한 해수면 변화를 설명하지 않는다. 극단적인 해수면의 다른 변화를 고려하면(예: 사이클론 강도의 변화로 인해) 리스크 수준이 증가할 수 있다. “중간 정도의 대응 없음”은 현재의 노력을 설명한다(즉, 더 이상 중요한 조치 또는 새로운 유형의 조치가 없음). “최대 잠재적 대응”은 최소한의 재정적, 사회적 및 정치적 장벽을 가정하고 현재와 비교하여 최대한으로 이행된 대응 및 상당한 추가적 노력의 조합을 나타낸다. 평가 기준에는 노출 및 취약성(자산 밀도, 육지 및 해양 완충 생태계의 저하 수준), 연안 위해(홍수, 해안선 침식, 염류화), 현장 대응(하드 엔지니어링 해안 방어, 생태계 복원 또는 새로운 자연 완충 지역 생성 및 침하 관리), 그리고 계획된 재배치를 포함한다. 계획된 재배치는 관리된 후퇴 또는 재정착을 의미한다. 강제된 이주는 이 평가에서 고려되지 않는다. 후퇴와 같은 일부 대응은 적응으로 간주될 수도 있고 그렇지 않을 수도 있기 때문에 여기에서는 적응이라는 용어 대신 대응이라는 용어를 사용한다. **패널 (d): 왼쪽** - 적응 효과의 세 가지 시나리오에서 열에 민감한 사람의 건강 결과. 다이어그램은 세 가지 SSP 시나리오 하에서 2100년 온도 변화 범위 내에서 가장 가까운 전체 °C에서 잘린다. **오른쪽** - 기후변화 및 사회 경제적 발전 패턴으로 인한 식량 안보와 관련된 리스크. 식량 안보에 대한 리스크는 굶주림 리스크에 대한 인구, 식량 가격 인상, 아동기 저체중으로 인한 장애 조정 수명 증가를 포함하여 식량에 대한 가용성 및 접근성을 포함한다. 목표 완화 및 적응 정책의 효과를 제외하고 두 가지 대조되는 사회 경제적 경로(SSP1 및 SSP3)에 대해 리스크를 평가한다. **패널 (e):** 지역 주요 리스크의 예. 식별된 리스크는 최소한 중간 수준이다. 주요 리스크는 불리한 결과의 규모(결과의 총만화, 변화의 정도, 결과의 비가역성, 영향 임계값 또는 티핑 포인트의 가능성, 시스템 경계를 넘어서는 연쇄 효과의 가능성), 불리한 결과의 가능성, 리스크의 시간적 특성, 예를 들면 적응에 의해 리스크에 대응하는 능력에 기반하여 식별된다. {WGI 그림 SPM.8; WGII SPM B.3.3, WGII 그림 SPM.3, WGII SM 16.6, WGII SM 16.7.4; SROCC 그림 SPM.3d; SROCC 그림 SPM.5a; SROCC 4SM; SROCC SPM.2; SRCLL 7.3.1; SRCLL 7SM} (Cross-Section Box.2)

### 3.1.3 갑작스럽고 돌이킬 수 없는 변화의 가능성과 리스크

갑작스럽고 돌이킬 수 없는 변화의 가능성과 그 영향은 지구온난화 수준이 높아짐에 따라 증가한다(높은 신뢰도). 온난화 수준이 증가함에 따라 숲(중간 신뢰도), 산호초(매우 높은 신뢰도), 북극 지역(높은 신뢰도)과 같은 생태계에서 종의 멸종 또는 돌이킬 수 없는 생물 다양성 손실의 리스크도 증가한다. 빙상 불안정성 또는 열대우림의 생태계 손실과 같은 대규모 단일 특이 현상 또는 임계점과 관련된 리스크는 1.5°C~2.5°C사이에서 높은 리스크로 전환되고(중간 신뢰도) 2.5°C~4°C 사이에서 매우 높은 리스크로 전환된다(낮은 신뢰도). 인위적 동요에 대한 생물 지구 화학적 순환의 대응은 지역적 규모에서는 갑작스러울 수 있으며 10년에서 100년의 시간 규모에서는 비가역적일 수 있다(높은 신뢰도). 불확실한 지역 임계값을 넘을 확률은 추가 온난화와 함께 증가한다(높은 신뢰도). {WGI SPM C.3.2, WGI Box TS.9, WGI TS.2.6; WGII 그림 SPM.3, WGII SPM B.3.1, WGII SPM B.4.1, WGII SPM B.5.2, WGII 표 TS.1, WGII TS.C.1, WGII TS.C.13.3; SROCC SPM B.4}

해수면 상승은 지속적인 심해 온난화와 빙상 용해로 인해 수세기에서 수천년 동안 피할 수 없으며 해수면은 수천년 동안 상승한 상태를 유지할 것이다(높은 신뢰도). 전지구 평균 해수면 상승은 21세기에도 계속될 것이며(거의 거의 확실함), 전지구 해안선의 2/3을 따라 전지구 평균 20% 이내의 지역에서 상대적 해수면이 상승할 것으로 예상된다(중간 신뢰도). 한계치 초과와 규모, 속도, 시기 및 해수면 상승의 장기적 영향은 배출량에 달려있으며 배출량이 높을수록 해수면 상승 속도가 더욱 빨라진다. 상대적 해수면 상승으로 인해 최근 과거 100년에 한 번 발생했던 극한의 해수면 현상이 2100년까지 모든 검조기 위치의 절반 이상에서 적어도 매년 발생할 것으로 예상되며

해안 생태계, 사람 및 기반시설에 대한 리스크는 2100년 이후에도 계속 증가할 것이다(높은 신뢰도). 2°C에서 3°C 사이의 지속적인 온난화 수준에서 그린란드와 서남극 빙상은 수천년에 걸쳐서 거의 완전히 그리고 돌이킬 수 없게 소실될 것이다(제한된 증거). 빙하 질량 손실의 확률과 속도는 전지구 지표면 온도가 높을수록 증가한다(높은 신뢰도). 향후 2000년 동안 전지구 평균 해수면은 온난화가 1.5°C로 제한되면 약 2~3m, 2°C로 제한되면 2~6m 상승할 것이다(낮은 신뢰도). 수 천년에 걸친 전지구 평균 해수면 상승의 전망은 과거 온난한 기후 기간 동안 재구성된 수준과 일치한다. 전지구 평균 해수면은 지구 온도가 1850~1900년보다 2.5°C~4°C 높았을 때인 대략 300만년 전에 오늘날보다 5~25m 더 높았을 가능성이 높다(중간 신뢰도). 수십년 또는 더 긴 대응 시간 규모로 인한 기후 시스템의 피할 수 없는 변화의 추가적인 예에는 지속적인 빙하 용해(매우 높은 신뢰도) 및 영구동토층 탄소 손실(높은 신뢰도)이 포함된다. {WGI SPM B.5.2, WGI SPM B.5.3, WGI SPM B.5.4, WGI SPM C.2.5, WGI Box TS.4, WGI Box TS.9, WGI 9.5.1; WGII TS C.5; SROCC SPM B.3, SROCC SPM B.6, SROCC SPM B.9} (그림 3.4)

잠재적으로 매우 큰 영향과 관련된 가능성이 낮은 결과의 확률은 지구온난화 수준이 높을수록 증가한다(높은 신뢰도). 주어진 시나리오에 대한 매우 가능성이 높은 범위의 평가 이상의 상당한 수준의 온난화를 배제할 수 없으며, 이는 기후 시스템의 여러 측면에서 평가된 것보다 더 큰 지역적 변화로 이어질 것이라는 높은 신뢰도가 있다. 주어진 GHG 배출 시나리오에 대해 가능성이 매우 높은 평가 범위 내에서 지구온난화에 대해서도 지역 규모에 가능성이 낮고 영향이 큰 결과가 발생할 수 있다. 전지구 평균 해수면이 예상 범위 - 매우 높은 GHG 배출 시나리오 (SSP5-8.5) 하에서 2100년까지 2m에 근접하고 2300년까지 15m를 초과하는(낮은 신뢰도)-이상으로 상승하는 것은 빙상 과정<sup>123</sup>의 깊은 불확실성으로 인해 배제할 수 없으며 저고도 해안 지역의 인구에 심각한 영향을 미칠 것이다.

<sup>123</sup> 이 결과는 깊은 불확실성을 특징으로 한다. 그 가능성은 정량적 평가를 무시하지만 높은 잠재적 영향으로 인해 고려된다. {WGI Box TS.1; WGII Cross-Chapter Box DEEP}

지구온난화가 증가하면 일부 복합 극한 현상<sup>124</sup>이 더 자주 발생하고 전례 없는 강도, 기간, 또는 공간적 범위가 발생할 가능성이 높아질 것이다(높은 신뢰도). 대서양 자오선 역전 순환은 고려된 모든 시나리오에 대해 21세기 동안 약화될 가능성이 매우 높지만(높은 신뢰도), 2100년 이전에 급격한 붕괴가 예상되지는 않는다(중간 신뢰도). 만약 그러한 낮은 확률의 현상이 발생한다면, 열대 강수 벨트가 남쪽으로 이동하는 것과 같이 지역 날씨 패턴과 물 순환에 급격한 변화를 일으키고 생태계와 인간 활동에 큰 영향을 미칠 가능성이 매우 높다.

### 3.2 장기 적응 옵션 및 한계

온난화가 증가함에 따라, 적응 옵션은 제한되고 덜 효과적으로 될 것이다. 더 높은 수준의 온난화에서는 손실과 피해가 증가하고 추가적인 인간 및 자연 시스템이 적응 한계에 도달한다. 통합되고 교차된 다분야 솔루션은 적응의 효율을 높인다. 오적응은 취약성, 노출 및 리스크의 고착을 만들 수 있지만 장기 계획과 유연하고 다부문적이며 포괄적인 적응 조치의 이행을 통해 피할 수 있다. (높은 신뢰도)

기후 리스크를 줄이기 위한 적응의 효과는 특정 상황, 부문 및 지역에 대해 문서화되어 있으며(높은 신뢰도) 온난화가 증가함에 따라 감소할 것이다(높은 신뢰도)<sup>125</sup>. 예를 들어, 농업에서의 일반적인 적응 대응(개선된 품종 및 농경법 채택, 수확 패턴 및 작물 체계의 변화)은 2°C에서 더 높은 수준의 온난화로 갈수록 덜 효과적일 것이다(높은 신뢰도). 예상되는 리스크를 줄이기 위한 대부분의 물 관련 적응 옵션의 효과는 온난화가 증가함에 따라 감소한다(높은 신뢰도). 수력 발전과 화력 발전에 대한 적응은 최대 1.5°C에서 2°C까지 대부분의 지역에서 효과적이며 더 높은 수준의 온난화에서는 효율성이 감소한다(중간 신뢰도). 생태계 기반 적응은 기후변화 영향에 취약하며, 지구온난화가 증가함에 따라 효율성이 감소한다(높은 신뢰도). 전지구적으로 혼농임업 및 임업과 관련된 적응 옵션은 3°C에서 효과가 급격히 감소하고 잔류 리스크가 상당히 증가한다(중간 신뢰도). {WGII SPM C.2, WGII SPM C.2.1, WGII SPM C.2.5, WGII SPM C.2.10, WGII 그림 TS.6 패널 (e), 4.7.2}

지구온난화가 심화됨에 따라 적응에 대한 더 많은 한계에 도달하고 가장 빈곤한 취약 인구에 집중된 손실과 피해가 증가할 것이다(높은 신뢰도). 이미 1.5°C 미만에서 육상 및 수중 생태계의 자율적이고 진화적인 적응 대응은 점점 더 경성 한계에 직면하게 될 것이다(높은 신뢰도)(섹션 2.1.2). 1.5°C 이상에서는 이러한 생태계가 경성 적응 한계에 도달하므로 일부 생태계 기반 적응 조치는 사람들에게 혜택을 제공하는 효과를 잃을 것이다(높은 신뢰도). 인간을 위한 열 스트레스, 열 사망률 및 야외 업무 능력 감소의 리스크를 해결하기 위한 적응은 1.5°C에서 훨씬 더 심각해지고 특히 온난한 기후를 가진 지역 전반에 걸쳐 연성 및 경성 한계에 직면한다(높은 신뢰도). 1.5°C의 지구온난화 수준 이상에서 제한된 담수 자원은 작은 섬들과 빙하 및 눈 녹는 지역에 대해 잠재적인 경성 한계를 제기한다(중간 신뢰도). 2°C까지, 특히 열대 지역에서 여러 주요 작물에 대한 연성 한계가 예상된다(높은 신뢰도).

과거에 발생했던 것처럼 수십년 내에 일련의 대규모 폭발성 화산 폭발은 수십 년에 걸쳐 전지구적으로 상당한 냉각 및 지역적 기후 교란을 초래할 가능성은 낮지만 영향이 큰 현상이다. {WGII SPM B.5.3, WGII SPM C.3, WGII SPM C.3.1, WGII SPM C.3.2, WGII SPM C.3.3, WGII SPM C.3.4, WGII SPM C.3.5, WGII 그림 SPM.8, WGII Box TS.3, WGII 그림 TS.6, WGII Box 9.4; WGII SPM B.4.5, WGII SPM C.2.8; SROCC SPM B.2.7}. (그림 3.4, Cross-Section Box.2)

3°C까지, 많은 지역의 일부 물 관리 조치에 대해서 연성 한계가 예상되며 일부 유럽 지역에서는 경성 한계가 예상된다(중간 신뢰도). {WGII SPMC.3, WGII SPMC.3.3, WGII SPMC.3.4, WGII SPMC.3.5, WGII TS.D.2.2, WGII TS.D.2.3; SR1.5 SPM B.6; SROCC SPM C.1}

통합된 다분야 중첩 솔루션은 적응의 효율을 높인다. 예를 들어, 효과적인 규제 및 모니터링 시스템, 금융 및 기술 자원과 역량과 함께 지역, 지자체, 하위국가 및 국가 규모의 포괄적이고 통합된 장기 계획은 도시 및 농촌 시스템의 전환을 촉진한다. 재해 리스크 관리, 조기 경보 시스템, 기후 서비스 및 리스크 분산과 공유와 같이 여러 부문에 걸쳐 광범위하게 적용할 수 있고 결합 시 다른 적응 옵션에 더 큰 편익을 제공하는 다양한 다분야 중첩 적응 옵션들이 있다. 점진적 적응에서 변혁적 적응으로 전환하고 주로 금융, 거버넌스, 제도 및 정책 영역에서 다양한 제약 조건을 해결하면 연성 적응 한계를 극복하는 데 도움이 될 수 있다. 그러나, 적응은 연성 및 경성 한계에 도달하기 전의 효과적인 적응에도 모든 손실과 피해를 방지하지 않는다. (높은 신뢰도) {WGII SPM C.2, WGII SPM C.2.6, WGII SPM C.2.13, WGII SPM C.3.1, WGII SPM C.3.4, WGII SPM C.3.5, WGII 그림 TS.6 패널 (e)}

기후변화에 대한 오적응적 대응은 변화하기 어렵고 비용이 많이 드는 취약성, 노출 및 리스크의 고착을 만들고 기존의 불평등을 악화시킬 수 있다. 특정 분야와 리스크에만 단독으로 초점을 맞추고 단기적인 편익에 초점을 맞추는 행동은 종종 오적응으로 이어진다. 적응 옵션은 생태계 서비스를 제한하고 생물 다양성과 기후변화에 대한 생태계 탄력성을 감소시키는 환경적인 영향으로 인해 또는 다른 그룹에 불리한 결과를 초래하여 비형평성을 악화시킴으로써 오적응하게 될 수 있다. 오적응은 많은 부문과 시스템에 이점이 있는 적응 행동의 유연하고 여러 부문의 포괄적이고 장기적인 계획 및 이행을 통해 피할 수 있다. (높은 신뢰도) {WGII SPM C.4, WGII SPM C.4.1, WGII SPM C.4.2, WGII SPM C.4.3}

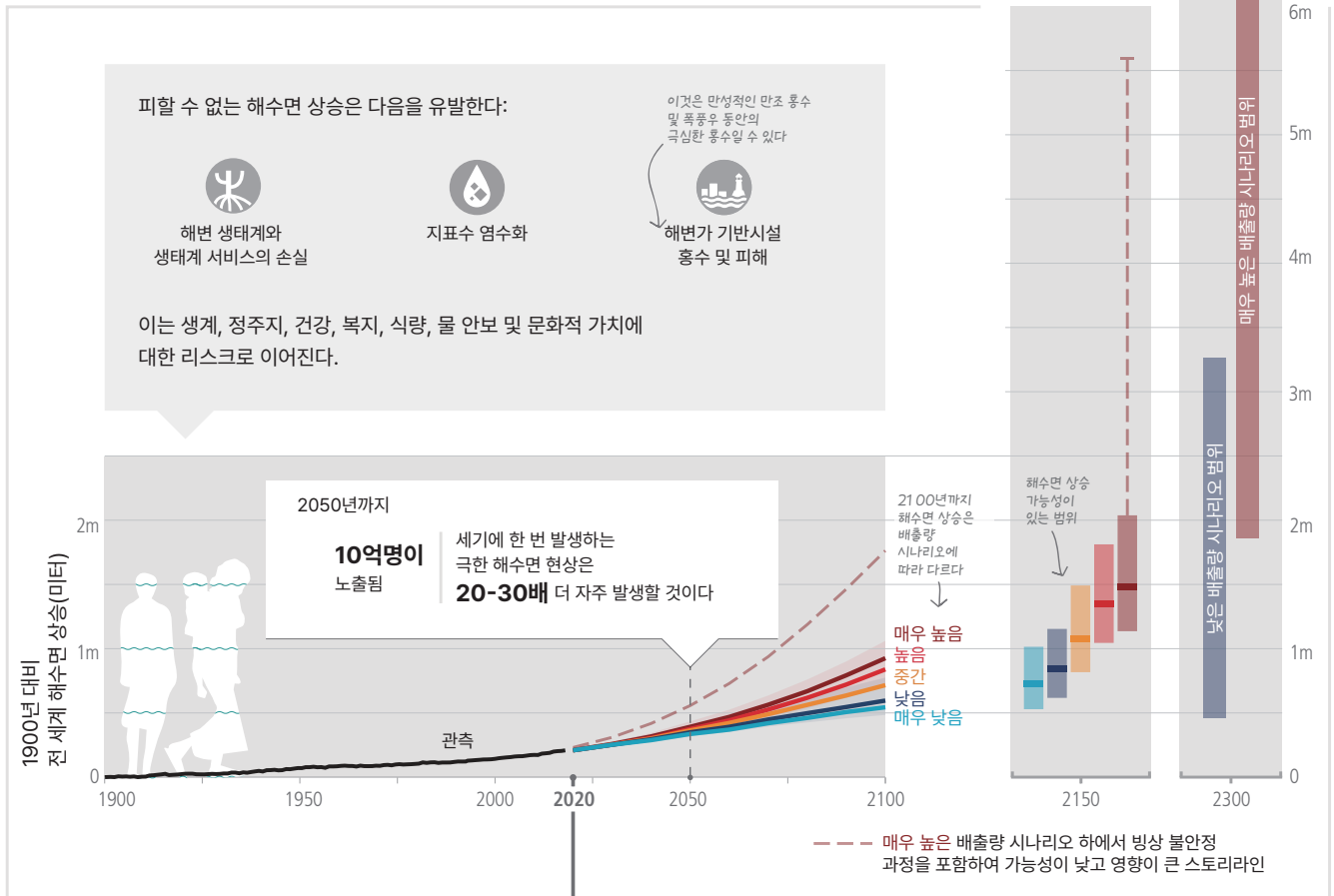
<sup>124</sup> 부속서 I 참조: 용어집. 복합 극한 현상의 예는 동시에 발생하는 폭염과 가뭄 또는 복합적인 홍수이다. {WGII SPM 각주 18}

<sup>125</sup> 가능한 모든 미래 적응 대응이 기후 영향 모델에 통합될 수 없고 미래 적응 예측이 현재 사용 가능한 기술이나 접근 방식에 따라 달라지기 때문에 미래에 사용할 수 있는 적응 옵션의 전체 범위를 평가하는 데에는 한계가 있다. {WGII 4.7.2}

해수면 상승은 서서히 진행되는 변화와 극한의 해수면 현상의 빈도 및 규모 증가를 모두 다루기 때문에 독특하고 심각한 적응 문제를 제기한다(높은 신뢰도). 이러한 적응 문제는 높은 해수면 상승률에서 훨씬 더 일찍 발생할 것이다(높은 신뢰도). 진행 중인 해수면 상승 및 지반 침하에 대한 대응에는 보호, 수용, 선제적 이주 및 계획된 이주가 포함된다(높은 신뢰도). 이러한 대응은 결합 및/또는 순서화되고 미리 계획되며 사회문화적 가치와 일치하고 포괄적인 커뮤니티 참여 과정에 의해 뒷받침되는 경우에 더 효과적이다(높은 신뢰도). 습지와 같은 생태계 기반 솔루션은 환경 및 기후 완화에 대한 공동편익을 제공하고 홍수 방어 비용을 절감하지만(중간 신뢰도), 최소한 1.5°C 이상의 지구온난화에서는 장소에 따라 물리적 한계를 갖고 있으며(높은 신뢰도) 0.5~1 cm yr<sup>-1</sup>를 넘는 높은 해수면 상승률에서는 효과를 상실한다(중간 신뢰도). 방조제는 단기적으로 영향을 효과적으로 줄일 수 있지만, 장기 적응 계획에 통합되지 않는 한 장기적으로 고착화되고 기후 리스크에 대한 노출이 증가할 수 있기 때문에 오적응적일 수 있다(높은 신뢰도). {WGII SPM C.2.5; WGII SPM C.2.8, WGII SPM C.4.1; WGII 13.10, WGII Cross-Chapter Box SLR; SROCC SPM B.9, SROCC SPM C.3.2, SROCC 그림 SPM.4, SROCC 그림 SPM.5c} (그림 3.4)

## 해수면 상승은 천 년간 지속될 것이지만 얼마나 빠르고 얼마나 많이 상승할지는 미래 배출량에 달려있다

a) 해수면 상승: 2020~2100년, 2150년, 2300년의 관측 및 예상(1900년 대비)



## 해수면 상승에 대응하려면 장기 계획이 필요하다

b) 해안 리스크 관리 조치의 일반적인 시간 척도

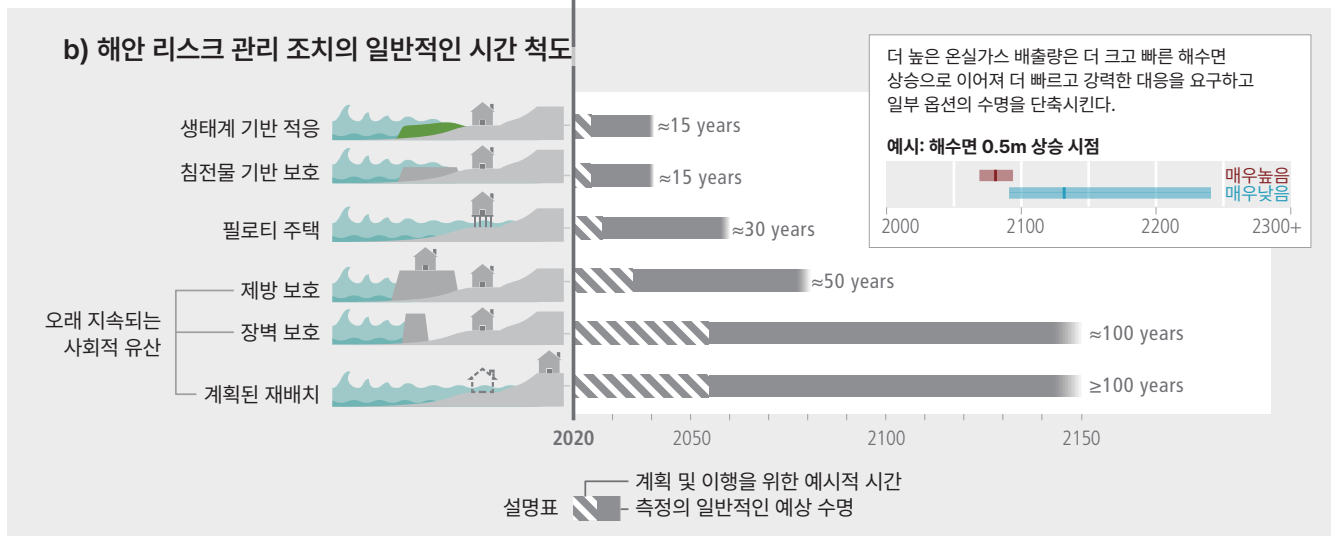


그림 3.4: 관측 및 예상되는 전지구 평균 해수면 변화와 그 영향, 연안 리스크 관리의 시간 척도. **패널 (a):** 1900년 대비 미터 단위의 전지구적 평균 해수면의 변화. 역사적 변화(검은색)는 1992년 이전의 조석계와 이후의 고도계로 관측된다. 2100년과 2150년의 미래 변화(색깔 있는 선 및 음영)는 CMIP, 빙상 및 빙하 모델의 에뮬레이션을 기반으로 하는 관측 제약 조건으로 일관되게 평가되며, 고려된 시나리오에 대한 중앙값과 가능한 범위가 표시된다. 1995~2014년 대비 2050년까지 전지구 평균 해수면 상승 가능성은 매우 낮은 GHG 배출 시나리오(SSP1-1.9)에서 0.15~0.23m, 매우 높은 GHG 배출 시나리오(SSP5-8.5)에서 0.20~0.29m 사이이다. 2100년까지 SSP1-1.9에서 0.28~0.55m, SSP5-8.5에서 0.63~1.01m 사이이다. 2150년까지 SSP1-1.9에서 0.37~0.86m, SSP5-8.5에서 0.98~1.88m 사이이다(중간 신뢰도). 1900년에 비한 변화는 1995~2014년에 대한 시뮬레이션된 변화에 0.158m(1900년부터 1995~2014년까지 관측된 전지구 평균 해수면 상승)를 더하여 계산된다. 2300년(막대)에 대한 향후 변경은 SSP1-2.6(0.3 ~ 3.1 m) 및 SSP5-8.5(1.7 ~ 6.8 m)에 대한 17~83번째 백분위수 범위를 나타내는 문헌 평가를 기반으로 한다. 빨간 점선: 빙상 불안정 과정을 포함하여 가능성이 낮고 영향력이 큰 스토리 라인. 이는 매우 불확실한 과정의 잠재적 영향을 나타내며 배제할 수 없는 가능성이 낮고 영향이 큰 과정을 포함하는 SSP5-8.5 예측의 83번째 백분위수를 보여준다. 이러한 과정의 예측에 대한 신뢰도가 낮기 때문에 이는 가능한 범위의 일부가 아니다. IPCC AR6 전지구 및 지역 해수면 예측은 다음에서 추출된다. <https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool> 저지대 해안 지역에는 현재 약 8억 9,600만 명(2020년 전지구 인구의 거의 11%)이 거주하고 있으며, 2050년까지 5개의 모든 SSP에서 10억명 이상에 이를 것으로 예상된다. **패널 (b):** 계획, 이행(점선 막대)과 현재 해안 리스크 관리 조치의 운영 수명(파란색 막대)에 대한 일반적인 시간 척도. 해수면 상승률이 높을수록 더 빠르고 강력한 대응이 필요하며 조치의 수명이 단축된다(삽화). 해수면 상승의 규모와 속도가 2050년 이후 가속화됨에 따라 일부 지역에서는 장기적인 조정이 현재 적응 옵션의 한계를 넘어설 수 있으며 일부 작은 섬과 저지대 해안의 경우에는 실존적인 리스크가 될 수 있다. {WGI SPM B.5, WGI C.2.5, WGI 그림 SPM.8, WGI 9.6; WGII SPM B.4.5, WGII B.5.2, WGII C.2.8, WGII D.3.3, WGII TS.D.7, WGII Cross-Chapter Box SLR} (Cross-Section Box.2)

### 3.3 완화 경로

인간이 초래한 지구온난화를 제한하려면 인위적인 CO<sub>2</sub> 배출량이 넷제로가 되어야 한다. 1.5°C 및 2°C 탄소배출허용총량과 일치하는 경로는 모든 부문에서 신속하고 심층적이며 대부분의 경우 즉각적인 GHG 배출 감소를 의미한다(높은 신뢰도). 온난화 수준을 초과하고 복귀하는 것(즉, 오버슈트)은 증가된 리스크와 잠재적인 돌이킬 수 없는 영향을 의미한다. 전지구 순 음의 CO<sub>2</sub> 배출량을 달성하고 유지하면 온난화가 감소할 것이다(높은 신뢰도).

#### 3.3.1 잔여탄소배출허용총량

전지구 온도 상승을 특정 수준으로 제한하려면 다른 GHG의 강력한 감소와 함께 누적 순 CO<sub>2</sub> 배출량을 한정된 탄소배출허용총량 내로 제한<sup>126</sup>해야 한다. 인간 활동에 의해 1000 GtCO<sub>2</sub>가 배출될 때마다 전지구 평균 기온은 0.27°C~0.63°C(최상의 추정치는 0.45°C) 정도 상승할 가능성이 높다. 이 관계는 온난화를 주어진 수준으로 제한하기 위해 초과할 수 없는 한정된 탄소배출허용총량이 있음을 의미한다. {WGI SPM D.1, WGI SPM D.1.1; SR1.5 SPM C.1.3} (그림 3.5)

2020년 초부터 온난화를 50% 가능성<sup>127</sup>으로 1.5°C로 제한하기 위한 잔여탄소배출허용총량(Remaining Carbon Budget; RCB)의 최선의 추정치는 500GtCO<sub>2</sub>로 추정된다. 2°C(67% 가능성)의 경우 이것은 1150 GtCO<sub>2</sub>이다.<sup>128</sup> 잔여탄소배출허용총량은 TCRE의 평가값과 그 불확실성, 역사적인 온난화 추정치, 영구 동토층 해동으로 인한 배출과 같은 기후 시스템 피드백, 전지구 인위적 CO<sub>2</sub> 배출량이 넷제로에 도달한 이후 전지구 지표면의 온도 변화, 부분적으로 완화된 조치로 인한 비 CO<sub>2</sub> 배출로 인한 예상 온난화의 변화를 기반으로 정량화 되었다. 비 CO<sub>2</sub> 배출량 감축이 강할수록 결과 온도는 주어진 RCB나 동일한 온도 변화 수준에 대해 더 큰 RCB에 대해 더 낮아진다. 예를 들어, 50% 가능성으로 온난화를 1.5°C로 제한하기 위한 RCB는 비CO<sub>2</sub> 온난화<sup>129</sup>에 따라 300~600GtCO<sub>2</sub> 사이에서 달라질 수 있다. 2020년이 시작하는 때부터 67%(또는 83%) 가능성으로 온난화를 2°C로 제한하는 것은 처음부터 1150(900) GtCO<sub>2</sub>의 RCB를 의미한다. 50% 가능성으로 2°C 미만으로 유지하려면 RCB가 더 높아야 한다(예: 1350 GtCO<sub>2</sub><sup>130</sup>). {WGI SPM D.1.2, WGI II SPM.2; WGI III Box SPM.1, WGI III Box 3.4; SR1.5 SPM C.1.3}

2020~2030년 사이의 연간 CO<sub>2</sub> 배출량이 평균적으로 2019년과 같은 수준으로 유지된다면 누적 배출량은 1.5°C(50%)에 대한 잔여탄소배출허용총량을 거의 소진하고 2°C에 대한 잔여탄소배출허용총량(67%)의 1/3 이상을 소진한다(그림 3.5). 중앙 추정치에만 근거하면, 1850년에서 2019년 사이의 역사적 누적 순 CO<sub>2</sub> 배출량(2400±240 GtCO<sub>2</sub>)은 50% 확률로 지구온난화를 1.5°C로 제한하는 것(중앙 추정치 약 2900 GtCO<sub>2</sub>)에 대한 총 탄소배출허용총량의 약 4/5<sup>131</sup>이며, 67% 확률로 지구온난화를 2°C로 제한하는 것(중앙 추정치 약 3550 GtCO<sub>2</sub>)에 대한 총 탄소배출허용총량의 약 2/3<sup>132</sup>이다. {WGI II SPM.2; WGI III SPM B.1.3, WGI III II.2.1}

CO<sub>2</sub> 배출량이 증가하는 시나리오에서 육지와 해양에 의한 탄소 흡수는 대기중 CO<sub>2</sub> 축적을 늦추는 데 덜 효과적일 것으로 예상된다(높은 신뢰도). 자연 육지와 해양의 탄소 흡수원은 절대값 CO<sub>2</sub> 저배출 시나리오 대비 고배출 시나리오에서 점진적으로 더 많은 양의 CO<sub>2</sub>를 흡수할 것으로 예상되지만, 이는 덜 효과적이다. 즉, 육지와 해양에 의한 배출량의 흡수 비율은 누적 CO<sub>2</sub> 배출량이 증가함에 따라 감소한다(높은 신뢰도). 기후 모델에 완전히 포함되지 않은 온난화에 대해 추가적인 생태계 대응(예: 습지의 GHG 플럭스, 영구 동토층의 해빙 및 산불)은 대기 중에 이러한 가스의 농도를 더욱 증가시킬 것이다(높은 신뢰도). 21세기에 CO<sub>2</sub> 농도가 정점에 도달했다가 감소하는 시나리오에서 육지와 해양은 감소하는 대기 CO<sub>2</sub> 농도에 대응하여 더 적은 탄소를 흡수하기 시작하고(높은 신뢰도) 매우 낮은 GHG 배출 시나리오에서 2100년까지 약한 순 배출원으로 변한다(중간 신뢰도)<sup>133</sup>. {WGI SPM B.4, WGI SPM B.4.1, WGI SPM B.4.2, WGI SPM B.4.3}

<sup>126</sup> 부속서 I 참조: 용어집

<sup>127</sup> 이 가능성은 누적 순 CO<sub>2</sub> 배출량과 추가적인 전지구 시스템 피드백에 대한 일시적인 기후 대응의 불확실성을 기반으로 하여 지구온난화가 지정된 온도 수준을 초과하지 않을 확률을 제공한다. {WGI II SPM.1}

<sup>128</sup> 전지구 데이터베이스는 육지에서 발생하는 배출 및 제거 중에 어떤 것이 인위적인 것으로 간주되는 것에 대해 서로 다른 선택을 한다. 대부분의 국가는 국가 GHG 인벤토리의 '관리' 토지에서 인간에 의해 유발된 환경 변화(예: CO<sub>2</sub> 비료)로 인한 흐름을 포함하여 인위적인 토지 CO<sub>2</sub> 흐름을 보고한다. 이러한 인벤토리를 기반으로 배출량 산정을 사용하여 잔여탄소배출허용총량을 그에 대응하여 줄여야 한다. {WG III SPM 각주 9, WGI III TS.3, WGI III Cross-Chapter Box 6}

<sup>129</sup> 중앙 사례 RCB는 엄격한 완화 시나리오에 따라 2010~2019년보다 약 0.1°C 이상의 미래 비 CO<sub>2</sub> 온난화(에어로졸 및 비 CO<sub>2</sub> GHG의 순 추가 기여)를 가정한다. 추가 비 CO<sub>2</sub> 온난화가 더 높으면 50%의 가능성으로 온난화를 1.5°C로 제한하는 RCB는 약 300 GtCO<sub>2</sub>로 축소된다. 그러나 추가 비CO<sub>2</sub> 온난화가 오직 0.05°C로 제한된다면(심층 구조 및 행동 변화(예: 식이 변화)의 조합을 통해 CH<sub>4</sub> 및 N<sub>2</sub>O의 더 강력한 감소를 통해) RCB는 1.5°C의 온난화에 대해 약 600GtCO<sub>2</sub>가 될 수 있다. {WGI II SPM.2, WGI Box TS.7; WGI III Box 3.4}

<sup>130</sup> 이전 보고서 이후 배출량에 대해 조정하면, 이러한 RCB 추정치는 SR1.5와 유사하지만 방법론적 개선으로 인해 AR5 값보다 크다. {WGI SPM D.1.3}

<sup>131</sup> 총 탄소배출허용총량에 대한 불확실성은 평가되지 않았으며 특정 계산 비율에 영향을 미칠 수 있다.

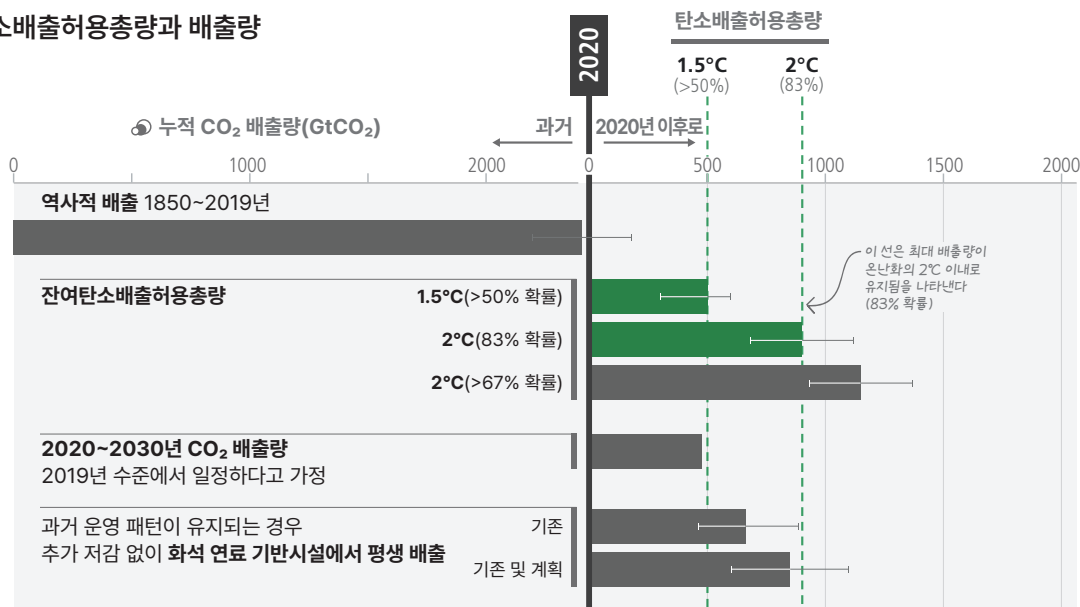
<sup>132</sup> 각주 131 참조.

<sup>133</sup> 대기 중 CO<sub>2</sub> 농도의 안정화 또는 감소에 대한 탄소 흡수원의 이러한 예상 조정은 잔여탄소배출허용총량의 계산에서 설명이 된다. {WGI SPM 각주 32}

## 온난화를 1.5°C로 제한하기 위한 잔여탄소배출허용총량이 곧 소진될 수 있으며, 2°C에 대한 잔여탄소배출허용총량은 크게 고갈될 수 있다

잔여탄소배출허용총량은 추가 저감 없이 기존 및 계획된 화석 연료 기반시설 사용으로 인한 배출량과 유사하다

### a) 탄소배출허용총량과 배출량



### 1톤의 CO<sub>2</sub>가 지구온난화를 증가시킨다

### b) 2050년까지 누적 CO<sub>2</sub> 배출량과 온난화

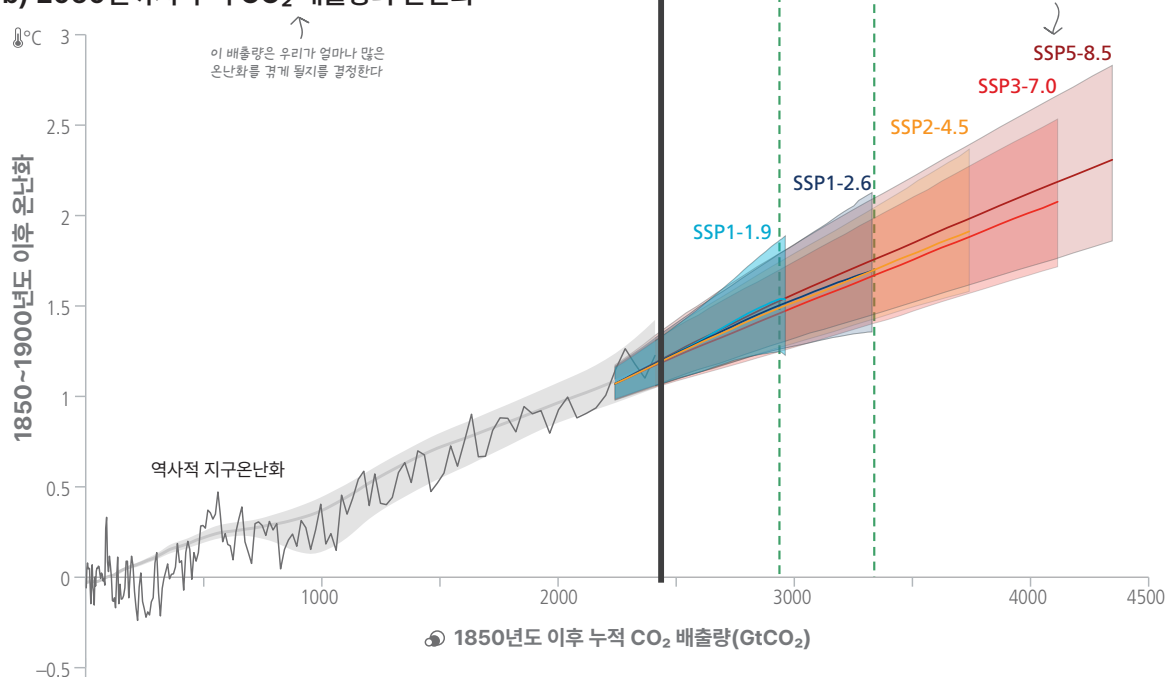


그림 3.5: 누적된 과거, 예상 및 사용된 배출량과 관련 전지구 온도 변화. 패널 (a) 2030년까지 지속되는 2019년 배출에 해당하는 누적 배출량과 기존 및 계획된 화석 연료 기반시설(GtCO<sub>2</sub>)과 비교하여 83% 및 67% 가능성으로 1.5°C에서 2°C 미만은 아닐 확률이 높은 온난화를 제한하기 위한 평가된 잔여탄소배출허용총량. 잔여탄소배출허용총량의 경우 가는 선은 비CO<sub>2</sub> 온난화의 기여로 인한 불확실성을 나타낸다. 화석 연료 기반시설에서 평생 배출의 경우, 가는 선은 평가된 민감도 범위를 나타낸다. 패널 (b) 누적 CO<sub>2</sub> 배출량과 전지구 지표면 온도 상승 간의 관계. 과거 데이터(가는 검은색 선)는 1850~1900년 기간 대비 관측된 전지구 지표면 온도 증가 대비 과거 CO<sub>2</sub> 배출량을 보여준다. 중심선이 있는 회색 범위는 역사적 온난화에서 인간이 유발한 비율의 해당 추정치를 보여준다. 색칠된 영역은 매우 가능성이 높은 평가된 전지구 지표면의 온도 예측 범위를 보여주고 두껍게 색칠된 중심선은 선택된 시나리오 SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, 및 SSP5-8.5를 위한 누적 CO<sub>2</sub> 배출량의 함수로써 중앙값 추정치를 보여준다. 2050년까지의 예측은 각 시나리오의 누적 CO<sub>2</sub> 배출량을 사용하며 예상되는 지구온난화에는 모든 인위적 요인의 기여가 포함된다. {WGI SPM D.1, WGI 그림 SPM.10, WGI 표 SPM.2; WGIII SPM B.1, WGIII SPM B.7, WGIII 2.7; SR1.5 SPM C.1.3}

표 3.1: 모델링된 전지구 배출 경로의 주요 특성. 예상되는 CO<sub>2</sub> 및 GHG 배출량, 넷제로 예상 시기 및 그에 따른 지구온난화 결과 요약. 경로는 서로 다른 최고 온난화 수준(최고 온도가 2100년 이전에 발생하는 경우) 및 2100년 온난화 수준으로 온난화를 제한할 가능성에 따라 분류된다. 표시된 중앙값[p50] 및 5~95번째 백분위수[p5~p95]에 대한 값이며, 모든 경로가 넷제로 CO<sub>2</sub> 또는 GHG를 달성하는 것은 아니라는 점에 유의한다. {WGI 표 SPM.2}

범주 [# 경로]	p50 [p5~p95] <sup>(1)</sup>	예상되는 지구온난화 수준으로 분류된 모델링 된 지구 배출 경로. 자세한 가능성 정의는 SPM Box1에서 제공된다. AR6 WGII에서 고려한 5가지 예시 시나리오와 WGIII에서 평가한 예시 경로는 온도 범주와 정렬되며 별도의 열에 표시된다. 전 세계 배출 경로에는 지역적으로 차별화된 정보가 포함되어 있다. 이 평가는 전 세계 특성에 중점을 둔다.	C1 [97]	C1a [50]	C1b [47]	C2 [133]	C3 [311]	C3a [204]	C3b [97]	C4 [159]	C5 [212]	C6 [97]
			오버슈트 없이 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)	... 넷제로 GHG가 있는	... 넷제로 GHG가 없는	높은 오버슈트 이후에 1.5°C 온난화로 복귀(>50%)	온난화를 2°C로 제한(>67%)	... 2020년에 행동 시작	... 2030년까지 NDC	온난화를 2°C로 제한(>50%)	온난화를 2.5°C로 제한(>50%)	온난화를 3°C로 제한(>50%)
2019년 이후 GHG 배출 감소 <sup>(3)</sup>	2030년	광화 안의 5-59번째 백분위수와 함께 2019년 모델과 비교하여 시나리오 전반에 걸쳐 해당 연도 경로의 예상 온실가스 배출량 감소의 중앙값.	43 [34-60]	41 [31-59]	48 [35-61]	23 [0-44]	21 [1-42]	27 [13-45]	5 [0-14]	10 [0-27]	6 [-1 to 18]	2 [-10 to 11]
	2040년	연도 경로의 예상 온실가스 배출량 감소의 중앙값. 음수는 2019년 대비 배출량 증가를 나타낸다.	69 [58-90]	66 [58-89]	70 [62-87]	55 [40-71]	46 [34-63]	47 [35-63]	46 [34-63]	31 [20-5]	18 [4-33]	3 [-14 to 14]
	2050년		84 [73-98]	85 [72-100]	84 [76-93]	75 [62-91]	64 [53-77]	63 [52-76]	68 [56-83]	49 [35-65]	29 [11-48]	5 [-2 to 18]
배출 단계 <sup>(4)</sup>	넷제로 CO <sub>2</sub> (% 넷제로 경로)	이 범주의 경로에서 예상되는 CO <sub>2</sub> 및 GHG 배출량이 넷제로에 도달하는 5년 간격 중앙값(대괄호에 있는 5-95번째 백분위수 간격). 넷제로 경로의 백분율은 동근 광화 안에 표시된다. 세계의 점(...)은 해당 백분위 수에 도달하지 못한 넷제로를 나타낸다.	2050-2055 (100%) [2035-2070]			2055-2060 (100%) [2045-2070]	2070-2075 (93%) [2055-...]	2070-2075 (91%) [2055-...]	2065-2070 (97%) [2055-2090]	2080-2085 (86%) [2065-...]	...-... (41%) [2080-...]	no net-zero
	넷제로 GHGs (% 넷제로 경로)		2095-2100 (52%) [2050-...]	2070-2075 (100%) [2050-2090]	...-... (0%) [...-...]	2070-2075 (87%) [2055-...]	...-... (30%) [2075-...]	...-... (24%) [2080-...]	...-... (41%) [2075-...]	...-... (31%) [2075-...]	...-... (12%) [2090-...]	no net-zero
누적 CO <sub>2</sub> 배출량[GtCO <sub>2</sub> ] <sup>(6)</sup>	2020년 넷제로 CO <sub>2</sub>	넷제로에 도달할 때까지나 2100년까지 이 범주의 예상 시나리오에 걸쳐 누적 순 CO <sub>2</sub> 배출량 중앙값 (대괄호 안에 5-95번째 백분위수 간격 포함)	510 [330-710]	550 [340-760]	460 [320-590]	720 [530-930]	890 [640-1160]	860 [640-1180]	910 [720-1150]	1210 [970-1490]	1780 [1400-2360]	no net-zero
	2020~ 2100년		320 [-210-570]	160 [-220-620]	360 [10-540]	400 [-90-620]	800 [510-1140]	790 [480-1150]	800 [560-1050]	1160 [700-1490]	1780 [1260-2360]	2790 [2440-3520]
지구 온난화 기온 변화 50% 확률(°C)	온난화 정점	시나리오 전반에 걸친 중앙값 및 대괄호 안의 5-95번째 백분위수 간격의 경우, 1850~1900년, 온난화 정점 및 2100년에 비해 이 범주의 예상되는 온도 변화 경로 (기후 불확실성 범위에 걸쳐 50% 확률)	1.6 [1.4-1.6]	1.6 [1.4-1.6]	1.6 [1.5-1.6]	1.7 [1.5-1.8]	1.7 [1.6-1.8]	1.7 [1.6-1.8]	1.8 [1.6-1.8]	1.9 [1.7-2.0]	2.2 [1.9-2.5]	no peaking by 2100
	2100년		1.3 [1.1-1.5]	1.2 [1.1-1.4]	1.4 [1.3-1.5]	1.4 [1.2-1.5]	1.6 [1.5-1.8]	1.6 [1.5-1.8]	1.6 [1.5-1.7]	1.8 [1.5-2.0]	2.1 [1.9-2.5]	2.7 [2.4-2.9]
지구온난화 정점이 아래에 머무는 가능성(%)	<1.5°C	시나리오 전반에 걸친 중앙값 및 대괄호 안의 5-95번째 백분위수 간격의 경우, 1850~1900년, 온난화 정점 및 2100년에 비해 이 범주의 예상되는 온도 변화 경로 (기후 불확실성 범위에 걸쳐 50% 확률)	38 [33-58]	38 [34-60]	37 [33-56]	24 [15-42]	20 [13-41]	21 [14-42]	17 [12-35]	11 [7-22]	4 [0-10]	0 [0-0]
	<2.0°C		90 [86-97]	90 [85-97]	89 [87-96]	82 [71-93]	76 [68-91]	78 [69-91]	73 [67-87]	59 [50-77]	37 [18-59]	8 [2-18]
	<3.0°C		100 [99-100]	100 [99-100]	100 [99-100]	100 [99-100]	99 [98-100]	100 [98-100]	99 [98-99]	98 [95-99]	91 [83-98]	71 [53-88]

1 표에 대한 자세한 설명은 WGIII 상자 SMP.1 및 WGIII 표 SPM.2에 나와 있다. 온도 범주와 SSP/RCP 간의 관계는 Cross-Section Box2에 설명되었다. 표의 값은 WGIII Box SPM.1에 정의된 대로 주어진 범주에 속하는 경로 전체의 50번째 및 [5번째~95번째] 백분위수 값을 나타낸다. 세 개의 점(...) 기호는 값을 제공할 수 없음을 나타낸다(값이 2100년 이후이거나 순 영점의 경우 순 영점에 도달하지 않는다). ARW WG I(챕터 7, Box 7.1)의 기후 에뮬레이터 평가를 기반으로 경로의 결과적인 온난화의 확률론적 평가를 위해 두 개의 기후 에뮬레이터가 사용되었다. '기온 변화' 및 '가능성' 열의 경우, 대괄호로 묶이지 않은 값은 해당 범주의 경로 전체에서 50번째 백분위수를 나타내고 확률론적 MAGICC 기후 모델 에뮬레이터의 온난화 추정치에서 [50번째 백분위수]를 나타낸다. "가능성"열의 대괄호로 묶인 범위의 경우 해당 범주의 모든 경로에 대한 중앙값 온난화는 두 기후 모델 에뮬레이터(MAGICC 및 FaIR) 각각에 대해 계산된다. 이 범위는 배출 경로의 불확실성과 기후 에뮬레이터의 불확실성을 모두 포함한다. 모든 지구온난화 수준은 1850~1900년에 상대적이다.

2 C3 경로는 WGIII 그림 SPM.4의 배출 경로와 일치하도록 정책 조치의 시기에 따라 하위 분류된다.

3 완화 경로의 전지구 배출량 감소는 WGIII SPM 섹션 B 및 WGIII 2장에 보고된 전지구 배출량이 아니라 2019년에 조화롭게 모델링된 전지구 배출량과 관련된 경로별 기준으로 보고된다. 이는 배출 및 활동에 대한 과정의 내부 일관성과 WGI의 물리적 기후 과학 평가를 기반으로 한 기존 예측과의 일관성을 보장한다(WGIII SPM 각주 49 참조). 음수 값(예: C5, C6)은 배출량 증가를 나타낸다. 2019년 모델링된 GHG 배출량은 55[53~58] GtCO<sub>2</sub>-eq이므로 2019년 배출량 [53~66] GtCO<sub>2</sub>-eq 추정치의 불확실한 범위 내에 있다(2.1.1 참조).

4 모델링된 경로의 기본 5년 시간 단계 데이터와 일관성을 유지하기 위해 배출 단계가 5년 간격으로 제공된다. 아래의 대괄호 안의 범위는 5년 간격의 5번째 백분위수 하한과 5년 간격의 95번째 백분위수 상한으로 구성된 경로 전체의 범위를 나타낸다. 동근 괄호 안의 숫자는 21세기 동안 특정 이정표에 도달한 경로의 비율을 나타낸다. 해당 범주의 모든 경로에서 보고된 백분위수에는 2100년 이전에 넷제로에 도달하지 않은 항목이 포함된다.

5 모델이 모든 GHG를 보고하지 않는 경우, 누락된 GHG 중은 100년의 지구온난화 잠재력으로 정의된 CO<sub>2</sub>-eq의 GHG 배출량에 대한 교토 바스켓에 채워지고 집계된다. 각 경로에 대해 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> 및 N<sub>2</sub>O 배출량 보고는 기후 대응 및 기후 범주 할당에 대한 평가에 필요한 최소값이었다. 기후 평가가 없는 배출 경로는 여기에 제시된 범위에 포함되지 않는다. WGIII Annex III, II.5 참조.

6 누적 배출량은 2020년 시작부터 넷제로 및 2100년까지 각각 계산된다. 그것들은 조화된 순 CO<sub>2</sub> 배출량을 기반으로 하며, 잔여탄소배출허용총량에 대한 WG I 평가와의 일관성을 보장한다. {WGIII Box 3.4, WGIII SPM 각주 50}

### 3.3.2 넷제로 배출: 시기와 시사점

물리학적 관점에서 인간이 초래한 지구온난화를 특정 수준으로 제한하려면 다른 GHG 배출량의 강력한 감축과 함께 넷제로 또는 순 네거티브의 CO<sub>2</sub> 배출량에 도달함으로써 누적 CO<sub>2</sub> 배출량을 제한하는 것이 필요하다(Cross-Section Box 1 참조). GHG 넷제로 배출에 도달하고 유지하는 전지구 모델링된 경로는 지표 온도의 점진적인 감소가 나타날 것으로 전망된다(높은 신뢰도). 넷제로 GHG 배출량에 도달하려면 주로 CO<sub>2</sub>, 메탄 및 기타 GHG 배출량을 줄여야 하며 이는 순 네거티브 CO<sub>2</sub> 배출을 의미한다<sup>134</sup>. 이산화탄소 제거(CDR)는 순 네거티브 CO<sub>2</sub> 배출을 달성하는 데 필요할 것이다<sup>135</sup>. 남아있는 인위적 CO<sub>2</sub> 배출량이 인위적 제거로 인해 장기간 저장된 CO<sub>2</sub>와 균형을 이루어 전지구 넷제로 CO<sub>2</sub> 배출을 달성하는 것이 CO<sub>2</sub>가 유발한 전지구 지표면 온도 상승을 안정화하기 위한 요구사항이다(3.3.3 참조)(높은 신뢰도). 이것은 가중되어 환산된 인위적 GHG 배출량(Cross-Section Box 1 참조)이 CO<sub>2</sub> 제거와 동일한 경우를 의미하는(높은 신뢰도) GHG 배출량 넷제로를 달성하는 것과 다르다(높은 신뢰도). 100년간의 지구온난화의 잠재력으로 정의되는 넷제로 GHG 배출량에 도달하고 이를 유지하는 배출 경로는 순 네거티브 CO<sub>2</sub> 배출량을 의미하며 더 이른 정점 이후 지표 온도의 점진적인 감소를 초래할 것으로 예상된다(높은 신뢰도). 넷제로 CO<sub>2</sub> 또는 넷제로 GHG 배출량에 도달하려면 총 배출량을 심층적이고 신속하게 감축해야 하는 반면에, 감소하기 어려운 잔류 배출량(예: 농업, 항공, 수송 및 산업 공정에서 발생하는 일부 배출)을 상쇄하기 위해 CDR을 활용하는 것은 불가피하다(높은 신뢰도). {WGI SPM D.1, WGI SPM D.1.1, WGI SPM D.1.8; WGIII SPM C.2, WGIII SPM C.3, WGIII SPM C.11, WGIII BoxTS.6; SR1.5 SPM A.2.2}

모델링된 경로에서 넷제로 CO<sub>2</sub> 배출량에 이어 넷제로 GHG 배출량의 시기는 원하는 기후 결과, 완화 전략 및 대상 가스를 포함한 여러 변수에 따라 달라진다(높은 신뢰도). 전지구 넷제로 CO<sub>2</sub> 배출량은 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 경로에서는 2050년대 초에, 그리고 온난화를 2°C로 제한(>67%)하는 경로에서는 2070년대 초에 도달한다. 비 CO<sub>2</sub> GHG 배출량은 온난화를 2°C(>67%) 이하로 제한하는 모든 경로에서 크게 감소하지만, 약 8 [5~11] GtCO<sub>2</sub>-eq y<sup>-1</sup>의 CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O 및 F-가스의 잔류 배출량은 순 네거티브 CO<sub>2</sub> 배출에 의해 상쇄된 넷제로 GHG 시점에 남아있다. 결과적으로 넷제로 CO<sub>2</sub>는 넷제로 GHG보다 먼저 도달할 것이다(높은 신뢰도). {WGIII SPM C.2, WGIII SPM C.2.3, WGIII SPM C.2.4, WGIII Table SPM.2, WGIII 3.3} (그림 3.6)

<sup>134</sup> 100년간 지구온난화 잠재력으로 정의되는 넷제로 GHG 배출량. 각주 70 참조.

<sup>135</sup> 섹션 3.3.3 및 3.4.1 참조.

오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 전 세계 모델 경로는 2050년경에 넷제로 CO<sub>2</sub> 배출량에 도달한다

총 온실가스(GHG)는 나중에 넷제로에 도달한다

a) 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C (>50%)로 유지하는 경우

b) 온난화를 2°C (>67%) 아래로 유지하는 경우

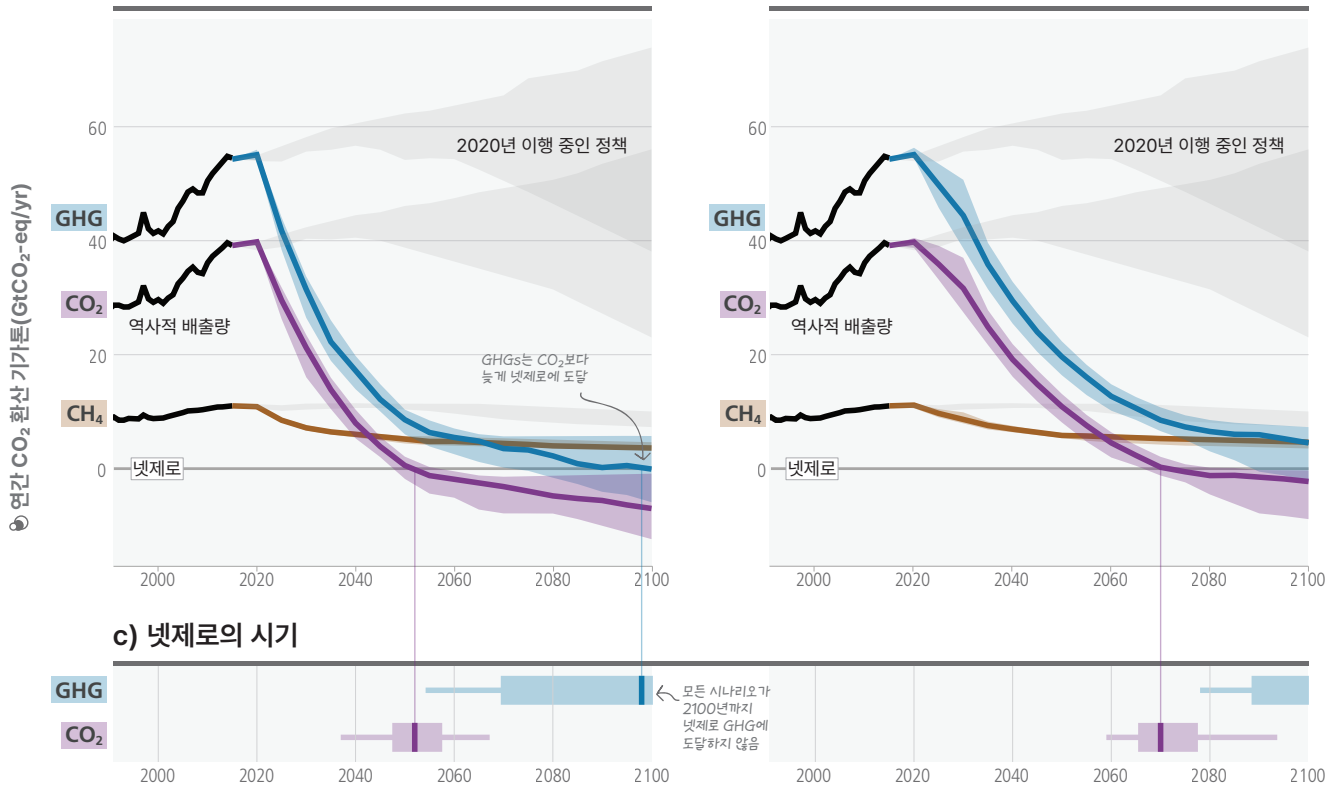


그림 3.6: 총 GHG, CO<sub>2</sub> 및 CH<sub>4</sub> 배출량과 다양한 완화 경로에서 넷제로에 도달하는 시기. 상단 열: 시간 경과에 따른 GHG, CO<sub>2</sub> 및 CH<sub>4</sub> 배출량(GtCO<sub>2</sub>eq)과 역사적 배출량, 2020년 말까지 이행된 정책에 따른 예상 배출량(회색), 색상의 온도 목표와 일치하는 경로(각각 파란색, 보라색 및 갈색). 패널 (a)(왼쪽)은 오버슈트(C1)이 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 경로를 보여주고 패널 (b)(오른쪽)은 온난화를 2°C로 제한(>67%)하는 경로를 보여준다(C3). 하단 열: 패널 (c)는 오버슈트 없거나 제한된(C1)(왼쪽) 또는 2°C (>67%)(C3)(오른쪽)의 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 전지구적 모델화된 경로에 대해 GHG 및 CO<sub>2</sub> 배출량이 넷제로에 도달하는 중간값(수직선), 가능성이 있는(막대) 그리고 매우 가능성이 높은(가는 선) 기간을 보여준다. {WGII 그림 SPM.5}

### 3.3.3 완화에 대한 부문별 기여

2100년까지 온난화를 2°C 이하로 제한(>67%)하는 전지구적으로 모델링된 모든 경로는 모든 부문에서 신속하고 심층적이며 대부분의 경우 즉각적인 GHG 배출량의 감축을 포함한다(4.1, 4.5 참조). 산업, 수송, 건물 및 도시 지역의 GHG 배출 감축은 에너지 효율성과 보존의 조합, GHG 저배출 기술 및 에너지 운반체로의 전환을 통해 달성할 수 있다(4.5, 그림 4.4 참조). 사회 문화적 선택과 행태 변화는 개선된 기반시설 설계 및 접근성과 결합될 경우, 선진국에서 대부분의 잠재력으로 최종 사용 부문의 전지구 GHG 배출량을 줄일 수 있다. (높은 신뢰도) {WGIII SPM C.3, WGIII SPM C.5, WGIII SPM C.6, WGIII SPM C.7.3, WGIII SPM C.8, WGIII SPM C.10.2}

넷제로 CO<sub>2</sub> 및 GHG 배출량에 도달하는 전지구 모델링된 완화된 경로는 탄소 포집 및 저장(CCS)이 없는 화석 연료에서 탄소가 매우 적거나 없는 에너지원으로의 전환을 포함하는데, 이는 재생 에너지 또는 CCS를 사용한 화석 연료, 수요측면 조치 및 효율 개선, 비CO<sub>2</sub> GHG 배출량 감소 및 CDR<sup>136</sup>가 있다. 온난화를 2°C 이하로 제한하는 전지구적으로 모델링된 경로에서 2050년에는 거의 모든 전기가 CO<sub>2</sub> 포집 및 저장 기능이 있는 재생 에너지 또는 화석 연료와 같은 무탄소 또는 저탄소 원료에서 공급되며 에너지 수요의 전기화 증가와 결합된다. 이러한 경로는 상대적으로 낮은 에너지 사용으로 에너지 서비스 수요를 충족하는데, 예를 들면 향상된 에너지 효율 및 행태 변화와 에너지 최종 사용에서의 전기화 향상을 통해서다.

<sup>136</sup> CCS는 지질학적 저장이 가능한 경우 대규모 화석 기반 에너지 및 산업 자원에서 배출을 줄이는 옵션이다. CO<sub>2</sub>가 대기에서 직접 포집(DACCS)되거나 바이오매스에서 포집(BECCS)될 때, CCS는 이러한 CDR 방법의 저장 구성 요소를 제공한다. CO<sub>2</sub> 포집 및 지하 주입은 가스 공정처리 및 원유회수증진에서 발전된 기술이다. 석유 및 가스 부문과 달리, CCS는 중요한 완화 옵션인 시멘트 및 화학 제품 생산뿐만 아니라 전력 부문에서도 덜 발전했다. 기술적 지중 저장 용량은 대략 1000 GtCO<sub>2</sub>로 추정되며, 이는 지중 저장의 지역적 가용성이 제한 요인이 될 수 있지만, 지구온난화를 1.5°C로 제한하기 위한 2100년까지의 CO<sub>2</sub> 저장 요구 사항보다 많은 양이다. 지중 저장 장소를 적절하게 선택하고 관리하면 CO<sub>2</sub>를 대기로부터 영구히 격리할 수 있을 것으로 추정된다. CCS의 이행은 현재 기술적, 경제적, 제도적, 생태적 환경 및 사회 문화적 장애요인에 직면해 있다. 현재 전지구 CCS 배치 속도는 지구온난화를 1.5°C에서 2°C로 제한하는 모델링된 경로에서의 속도보다 훨씬 낮다. 정책 수단, 더 큰 대중 지원 및 기술 혁신과 같은 활성화 조건은 이러한 장애요인을 줄일 수 있다. (높은 신뢰도) {WGIII SPM C.4.6}

오버슈트 없거나 제한적이면서 지구온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 전지구적으로 모델링된 경로는 지구온난화를 2°C (>67%)로 제한하는 경로보다 이러한 변화를 더 빠르게 이행한다. (높은 신뢰도) {WGIII SPM C.3, WGIII SPM C.3.2, WGIII SPM C.4, WGIII TS.4.2; SR1.5 SPM C.2.2}

AFOLU 완화 옵션은 지속 가능하게 이행될 때 대규모 GHG 배출량 감축 및 향상된 CO<sub>2</sub> 제거를 제공할 수 있다. 그러나 이행에 대한 장벽 및 상충효과가 기후변화의 영향, 토지에 대한 경쟁 수요, 식량 안보 및 생태계의 충돌, 토지 소유권 및 관리 시스템의 복잡성, 및 문화적 측면으로 인해 발생할 수 있다(3.4.1 참조). 2100년까지 온난화를 2°C 이하로 제한(>67%)하는 평가된 모든 모델 경로는 토지 기반 완화 및 토지 이용 변화를 포함하며 대부분 재조림, 신규조림, 산림 전용 감소 및 바이오 에너지의 다양한 조합을 포함한다. 그러나 초목과 토양에 축적된 탄소는 홍수, 가뭄, 화재 또는 해충 발생과 같은 교란이나 미래의 부실한 관리와 기후변화에 의해 촉발된 미래 손실(또는 흡수원의 역전)로 인해 리스크에 처해 있다. (높은 신뢰도) {WGI SPM B.4.3; WGII SPM B.2.3, WGII SPM B.5.4; WGIII SPM C.9, WGIII SPM C.11.3, WGIII SPM D.2.3, WGIII TS.4.2, 3.4; SR1.5 SPM C.2.5; SRCCL SPM B.1.4, SRCCL SPM B.3, SRCCL SPM B.7}

심층적이고 신속하고 지속적인 배출량 감축 외에도 CDR은 다음과 같은 세가지 보완적인 역할을 수행할 수 있다. 단기적으로 넷 CO<sub>2</sub> 또는 넷 GHG 배출량을 낮추는 것, 넷제로 CO<sub>2</sub> 또는 GHG 배출량에 도달하는 데 도움이 되도록 '저감하기 어려운' 잔류 배출량(예: 농업, 항공, 운송, 산업 공정에서 발생하는 일부 배출)의 균형을 맞추는 것, 그리고 연간 잔류 배출량을 초과하는 수준으로 배치되는 경우 순 네거티브 CO<sub>2</sub> 또는 GHG 배출을 달성하는 것이다(높은 신뢰도). CDR 방법은 발전정도, 제거 과정, 탄소 저장 시간 규모, 저장 매체, 완화 잠재력, 비용, 공동편익, 영향 및 리스크, 거버넌스 요구사항 측면에서 다양하다(높은 신뢰도). 특히 발전정도는 낮은 발전정도(예: 해양 알칼리화)에서 높은 발전정도(예: 재조림)까지 다양하다. 제거 및 저장 가능성 범위는 낮은 가능성 (<1 Gt CO<sub>2</sub> yr<sup>-1</sup>, 예: 블루 카본 관리)에서 높은 가능성 (>3 Gt CO<sub>2</sub> yr<sup>-1</sup>, 예: 혼농임업)까지이다. 비용은 낮은 비용(예: 토양 탄소 격리의 경우 -45 ~ 100 USD/tCO<sub>2</sub><sup>-1</sup>)에서 높은 비용(예: 대기 중의 이산화탄소 직접 포집 및 저장의 경우 100~300 USD/tCO<sub>2</sub><sup>-1</sup>)까지 다양하다(중간 신뢰도). 예상 저장 시간 척도는 초목에 탄소를 저장하고 토양 탄소 관리를 통해 탄소를 저장하는 방법의 경우 수십 년에서 수백 년까지, 지질 구조에 탄소를 저장하는 방법의 경우 만년 이상까지 다양하다(높은 신뢰도). 신규조림, 재조림, 개선된 산림 관리, 혼농임업 및 토양 탄소 격리는 현재 유일하게 광범위하게 실행되는 CDR 방법이다(높은 신뢰도). 전지구적으로 모델링 된 완화 경로에서 CDR 활용 방법 및 수준은 비용, 가용성 및 제약 조건에 대한 가정에 따라 다르다(높은 신뢰도). {WGIII SPM C.3.5, WGIII SPM C.11.1, WGIII SPM C.11.4}

### 3.3.4 오버슈트 경로: 리스크 증가 및 기타 영향

특정 잔여탄소배출허용총량을 초과하면 지구온난화가 더 심해진다. 순 네거티브 전지구 CO<sub>2</sub> 순 배출을 달성하고 유지하는 것은 온도 초과를 역전시킬 수 있다(높은 신뢰도). 온도 정점에 도달한 후 단기 기후 요인, 특히 메탄의 지속적인 배출량 감축은 온난화를 더욱 감소시킬 것이다(높은 신뢰도). 가장 의욕적인 전지구적으로 모델링된 경로 중 오직 소수만이 오버슈트 없이 지구온난화를 1.5°C로 제한(>50%)한다. {WGI SPM D.1.1, WGI SPM D.1.6, WGI SPM D.1.7; WGIII TS.4.2}

온난화 수준의 오버슈트는 그 규모와 기간에 따라 리스크가 증가하면서 온난화 수준 아래에 머무르는 것과 비교하여 인간 및 자연 시스템에 더 많은 악영향, 일부 돌이킬 수 없는 추가적인 리스크를 초래한다(높은 신뢰도). 오버슈트가 없는 경로와 비교할 때, 사회와 생태계는 기반시설, 저지대 해안 정착지 및 관련 생태계에 대한 리스크 증가와 함께 극심한 더위와 극심한 강수량과 같은 기후 영향 요인의 더 크고 더 광범위한 변화에 노출될 것이다(높은 신뢰도). 1.5°C의 오버슈트는 극지, 산악 및 해안 생태계와 같이 복원력이 낮은 특정 생태계에 돌이킬 수 없는 악영향을 미치고 빙상 빙하가 녹거나 해수면 상승이 가속화되고 더 높아지는 영향을 받을 것이다(높은 신뢰도). 오버슈트는 산불 증가, 나무의 대량 고사, 이탄 지대 건조, 영구 동토층의 해빙 및 자연 토지 탄소 흡수원의 약화와 같은 심각한 영향의 리스크를 증가시킨다. 그러한 영향은 GHG 배출을 증가시켜 온도 역전을 더욱 어렵게 만들 수 있다(중간 신뢰도). {WGI SPM C.2, WGI SPM C.2.1, WGI SPM C.2.3; WGII SPM B.6, WGII SPM B.6.1, WGII SPM B.6.2; SR1.5 3.6}

오버슈트가 클수록 주어진 온난화 수준으로 돌아가는 데 더 많은 순 네거티브 CO<sub>2</sub> 순 배출이 필요하다(높은 신뢰도). CO<sub>2</sub>를 제거하여 전지구 온도를 낮추려면 10분의 1도마다 220 GtCO<sub>2</sub>(최상의 추정치, 160 to 370 GtCO<sub>2</sub> 범위)의 순 네거티브 배출이 필요하다(중간 신뢰도). 오버슈트가 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 모델링된 경로는 2100년까지 누적 순 네거티브 배출량의 중앙값인 220 GtCO<sub>2</sub>에 도달하고 높은 오버슈트 이후에 1.5°C로 복귀(>50%)하는 경로는 중앙값인 360 GtCO<sub>2</sub>에 도달한다(높은 신뢰도).<sup>137</sup> CO<sub>2</sub> 및 비 CO<sub>2</sub> 배출량, 특히 메탄의 더 빠른 감축은 최대 온난화 정점 수준을 제한하고 순 네거티브 CO<sub>2</sub> 배출량 및 CDR에 대한 요구 사항을 감소시켜 실행 가능성 및 지속 가능성 문제와 사회적 및 환경적 리스크를 줄인다(높은 신뢰도). {WGI SPM D.1.1; WGIII SPM B.6.4, WGIII SPM C.2, WGIII SPM C.2.2, WGIII TS.4.2}

<sup>137</sup> 제한된 오버슈트는 최대 약 0.1°C까지 지구온난화를 1.5°C를 초과하는 경우이며, 높은 오버슈트는 0.1°C~0.3°C까지를 의미하며, 두 경우 모두 최대 수십년 동안 지속된다. {WGIII Box SPM.1}























































위의 모든 영역에서 효과적인 조치를 취하려면 단기적인 정치적 약속과 후속 조치, 사회적 협력, 재정, 보다 통합된 부문 간 정책과 지원 및 조치가 필요하다. (높은 신뢰도) {WGII SPM C.1, WG II SPM C.2, WGII SPM C.2, WGII SPM C.5, WGII SPM D.2, WGII SPM D.3.2, WGII SPM D.3.3, WGII Figure SPM.4; WGIII SPM C.6.3, WGIIISPM C.8.2, WGIII SPM C.9, WGIII SPM C.9.1, WGIII SPM C.9.2, WGIII SPM D.2, WGIII SPM D.2.4, WGIII SPM D.3.2, WGIII SPM E.1, WGIII SPM E.2.4, WGIII Figure SPM.8, WGIII TS.7, WGIII TS 그림 TS.29: SRCCL ES 7.4.8, SRCCL SPM B.6} (3.4, 4.4)



부속서



# 부속서 I 용어집

## 편집팀:

Andy Reisinger (뉴질랜드), Diego Cammarano (이탈리아), Andreas Fischlin (스위스), Jan S. Fuglestad (노르웨이), Gerrit Hansen (독일), Yonghun Jung (대한민국), Chloé Ludden (독일/프랑스), Valérie Masson-Delmotte (프랑스), J.B. Robin Matthews (프랑스/영국), Katja Mintenbeck (독일), Dan Jezreel Orendain (필리핀/벨기에), Anna Pirani (이탈리아), Elvira Poloczanska (영국/호주), José Romero (스위스)

이 섹션은 다음과 같이 인용되어야 한다: IPCC, 2023: Annex I: Glossary [Reisinger, A., D. Cammarano, A. Fischlin, J.S. Fuglestad, G. Hansen, Y. Jung, C. Ludden, V. Masson-Delmotte, R. Matthews, J.B.K. Mintenbeck, D.J. Orendain, A. Pirani, E. Poloczanska, and J. Romero (eds.)]. *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 119-130, doi:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.002.





















### 도시(Urban)

정부 통계 부서에서 지역을 “도시”로 분류하는 것은 일반적으로 인구 규모, 인구 밀도, 경제 기반, 서비스 제공 또는 위의 일부 조합을 기반으로 한다. 도시 시스템은 자본, 문화, 물질적 대상을 포함하는 집중적인 상호작용과 교류의 네트워크이자 노드이다. 도시 지역은 농촌 지역과 연속적으로 존재하며 더 높은 수준의 복잡성, 더 높은 인구 및 인구 밀도, 자본 투자 강도, 2차(가공) 및 3차(서비스) 부문 산업의 우세를 나타내는 경향이 있다. 이러한 기능의 범위와 강도는 도시 지역 내에서 그리고 도시 지역 간에 크게 다르다. 도시의 장소와 시스템은 개방되어 있으며, 더 많은 농촌 지역과 다른 도시 지역 간에 많은 이동과 교류가 있다. 도시 지역은 전지구적으로 상호 연결되어 자본 투자, 아이디어와 문화, 인간 이주 및 질병의 빠른 흐름을 촉진할 수 있다. **참조: 도시, 도시 지역, 도시 주변 지역, 도시 시스템, 도시화.**

### 도시화(Urbanisation)

**도시화**는 적어도 세가지 동시 변화를 포함하는 다차원 과정이다. 1) **토지 이용 변화**: 이전의 농촌 **주거지**나 자연 토지가 **도시 주거지**로 변화하는 것; 2)인구통계학적 변화: 인구의 공간적 분포가 농촌에서 도시로 이동하는 것; 3)**기반시설** 변화: 전기, 위생 등을 포함한 **기반시설** 서비스의 제공 증가. **도시화**는 종종 라이프스타일, 문화 및 행동의 변화를 포함하므로 도시와 농촌 지역 모두의 인구 통계학적, 경제적, 사회적 구조를 변경한다. **참조: 정착, 도시, 도시 시스템.**

### 매개체 질병(Vector-borne disease)

다양한 매개체(예: 모기, 모래파리, 트리아토마인 노린재, 흑파리, 진드기, 체체파리, 진드기, 달팽이 및 이)에 의해 전염되는 기생충, 바이러스 및 박테리아로 인한 질병.

### 취약성(Vulnerability)

불리한 영향을 받는 경향이나 소인. 취약성은 피해에 대한 민감성 또는 취약성과 대처 및 적응 능력 부족을 포함하여 다양한 개념과 요소를 포함한다. **참조: 위해, 노출, 영향, 리스크.**

### 물 안보(Water security)

**생계** 유지, 인간 **복지** 및 사회 경제적 발전을 위해, 수인성 오염 및 수인성 재해로부터의 보호 보장을 위해, 그리고 평화로운 상태와 정치적 안정 상태에서 **생태계** 보존을 위해 적절한 양의 수용 가능한 수질에 대한 지속 가능한 접근을 보호하는 인구의 능력.

### 웰빙(Well-being)

물질적 생활 조건과 삶의 질, 목표를 추구하고 번성하며 삶에 만족할 수 있는 능력 등 인간의 다양한 욕구를 충족시키는 존재 상태. 생태계 웰빙은 **생태계**가 다양성과 품질을 유지하는 능력을 의미한다.

# 부속서 II

## 약어, 화학 기호 및 과학 단위

### 편집팀:

Andreas Fischlin (스위스), Yonhung Jung (대한민국), Noémie Leprince- Ringuet (프랑스), Chloé Ludden (독일/프랑스), Clotilde Péan (프랑스), José Romero (스위스)

이 섹션은 다음과 같이 인용되어야 한다: IPCC, 2023: Annex II: Acronyms, Chemical Symbols and Scientific Units [Fischlin, A., Y. Jung, N. Leprince-Ringuet, C. Ludden, C. Péan, J. Romero (eds.)]. *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, 스위스, 제네바 pp. 131-133, doi:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.003.

AFOLU	농업, 임업 및 기타 토지 이용*	Gt	기가톤
AR5	제5차 평가보고서	GW	기가와트
AR6	제6차 평가보고서	GWL	지구온난화 수준
BECCS	바이오 에너지 이산화탄소 포집 및 저장*	GWP100	100년 동안의 지구온난화 가능성*
CCS	탄소 포집 및 저장*	HFCs	수소불화탄소
CCU	탄소 포집 및 활용	IEA	국제 에너지 기구
CDR	이산화탄소 제거*	IEA-STEPS	국제 에너지 기구 규정 정책 시나리오
CH <sub>4</sub>	메탄	IMP	예시적인 완화 경로
CID	기후 영향 요인*	IMP-LD	예시적인 완화 경로 - 낮은 수요
CMIP5	결합 모델 상호 비교 프로젝트 5단계	IMP-NEG	예시적인 완화 경로 - 네거티브 배출 전개
CMIP6	결합 모델 상호 비교 프로젝트 6단계	IMP-SP	예시적인 완화 경로 - 개발 경로 전환
CO <sub>2</sub>	이산화탄소	IMP-REN	예시적인 완화 경로 - 재생 에너지에 크게 의존
CO <sub>2</sub> -eq	이산화탄소 상당*	IP-ModAct	예시적인 경로 중간 수준의 행동
CRD	기후탄력적 개발*	IPCC	기후변화에 관한 정부 간 협의체
CO <sub>2</sub> -FFI	화석 연료 연소 및 산업 공정에서 발생하는 CO <sub>2</sub>	kWh	Kilowatt hour
CO <sub>2</sub> -LULUCF	토지 이용, 토지 이용 변화 및 임업으로 인한 CO <sub>2</sub>	LCOE	균등화된 에너지 비용
CSB	Cross-Section Box	LDC	최빈국*
DACCS	직접 공기 탄소 포집 및 저장	Li-on	리튬이온
DRM	재해 리스크 관리*	LK	현지 지식*
EbA	생태계 기반 적응*	LULUCF	토지 이용, 토지 이용 변화 및 임업*
ECs	평형 기후 민감도*	MAGICC	온실가스로 인한 기후변화 평가모델
ES	요약	MWh	메가와트 시
EV	전기차	N <sub>2</sub> O	아산화질소
EWS	조기 경보 시스템*	NDC	국가 결정 기여
FaIR	유한 진폭 임펄스 응답 단순 기후 모델	NF <sub>3</sub>	삼불화질소
FAO	유엔 식량 농업 기구	O <sub>3</sub>	오존
FFI	화석 연료 연소 및 산업 공정	PFCs	과불화탄소
F-gases	불화 가스	ppb	10억분의 1
GDP	국내 총생산	PPP	구매력 평가
GHG	GHG 온실가스*		

ppm	백만분의 일	WIM	UNFCCC에 따른 손실과 피해에 관한 바르샤바 국제 메커니즘*
PV	태양광	Wm <sup>-2</sup>	평방미터당 와트
R&D	연구 및 개발		
RCB	허용총량		
RCPs	대표적인 농도 경로 (예: RCP2.6, 2100년까지 복사 강제력이 2.6 Wm <sup>-2</sup> 로 제한되는 경로)		
RFCs	우려 요인(RFCs)*		
SDG	지속가능발전목표*		
SDPs	개발경로이동(SPD)*		
SF <sub>6</sub>	육불화황		
SIDS	군소도서개발국(SIDS)*		
SLCF	단기 기후변화 유발물질		
SPM	정책결정자를 위한 요약본		
SR1.5	지구온난화 1.5°C 특별보고서		
SRCCCL	기후변화와 토지에 관한 특별보고서		
SRM	태양 복사 조정*		
SROCC	변화하는 기후에서 해양과 빙권에 관한 특별보고서		
SSP	공동사회경제경로*		
SYR	종합보고서		
tCO <sub>2</sub> -eq	이산화탄소 환산 톤		
tCO <sub>2</sub> -FFI	화석 연료 연소 및 산업 공정에서 발생하는 이산화탄소 톤		
TS	기술 요약본		
UNFCCC	유엔기후변화협약		
USD	미국 달러		
WG	실무그룹		
WGI	IPCC 제1실무그룹		
WGII	IPCC 제2실무그룹		
WGIII	IPCC 제3실무그룹		
WHO	세계보건기구		

\*전체 정의는 부속서 I 참조: 용어집  
추가 용어 정의는 IPCC 온라인 용어집에서 확인할 수 있다:  
<https://apps.ipcc.ch/glossary/>



## 부속서 III 기여자







**SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, Roberto A.**

IPCC WGII Vice-Chair  
The College of the Northern Border  
Mexico

**ÜRGE-VORSATZ, Diana**

IPCC WGIII Vice-Chair  
Central European University  
Hungary

**XIAO, Cunde**

Beijing Normal University  
China

**YASSAA, Noureddine**

IPCC WGI Vice-Chair  
Centre de Développement des Energies Renouvelables  
Algeria

*기여 저자*

**ALEGRÍA, Andrés**

IPCC WGII TSU  
Alfred Wegener Institute  
Germany / Honduras

**ARMOUR, Kyle**

University of Washington  
USA

**BEDNAR-FRIEDL, Birgit**

Universität Graz  
Austria

**BLOK, Kornelis**

Delft University of Technology  
The Netherlands

**CISSÉ, Guéladio**

Swiss Tropical and Public Health Institute and University of  
Basel  
Mauritania / Switzerland / France

**DENTENER, Frank**

European commission  
EU

**ERIKSEN, Siri**

Norwegian University of Life Sciences  
Norway

**FISCHER, Erich**

ETH Zurich  
Switzerland

**GARNER, Gregory**

Rutgers University  
USA

**GUIVARCH, Céline**

Centre International de Recherche sur l'Environnement et le développement  
France

**HAASNOOT, Marjolijn**

Deltares  
The Netherlands

**HANSEN, Gerrit**

German Institute for International and Security Affairs  
Germany

**HAUSER, Matthias**

ETH Zurich  
Switzerland

**HAWKINS, Ed**

University of Reading  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**HERMANS, Tim**

Royal Netherlands Institute for Sea Research  
The Netherlands

**KOPP, Robert**

Rutgers University  
USA

**LEPRINCE-RINGUET, Noémie**

France

**LEWIS, Jared**

University of Melbourne and Climate Resource  
Australia / New Zealand

**LEY, Debora**

Latinoamérica Renovable, UN ECLAC  
Mexico / Guatemala

**LUDDEN, Chloé**

WG III Technical Support Unit  
Germany / France

**NIAMIR, Leila**

International Institute for Applied Systems  
Analysis Iran / The Netherlands / Austria

**NICHOLLS, Zebedee**

University of Melbourne  
Australia

**SOME, Shreya**

IPCC WGIII Technical Support Unit  
Asian Institute of Technology  
India / Thailand

**SZOPA, Sophie**

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement  
France

**TREWIN, Blair**

Australian Bureau of Meteorology  
Australia

**VAN DER WIJST, Kaj-Ivar**

Netherlands Environmental Assessment Agency  
The Netherlands

**WINTER, Gundula**

Deltares  
The Netherlands / Germany

**WITTING, Maximilian**

Ludwig Maximilian University of Munich  
Germany

*과학 운영 위원회***ABDULLA, Amjad**

IPCC WGIII Vice-Chair  
IRENA  
Maldives

**ALDRIAN, Edvin**

IPCC WGI Co-Chair  
Agency for Assessment and Application of Technology  
Indonesia

**CALVO, Eduardo**

IPCC TFI Co-Chair  
National University of San Marcos  
Peru

**CARRARO, Carlo**

IPCC WGIII Vice-Chair  
Ca' Foscari University of Venice  
Italy

**DRIQUECH, Fatima**

IPCC WGI Vice-Chair  
University Mohammed VI Polytechnic  
Morocco

**FISCHLIN, Andreas**

IPCC WGII Vice-Chair  
ETH Zurich  
Switzerland

**FUGLESTVEDT, Jan**

IPCC WGI Vice-Chair  
Center for International Climate Research (CICERO)  
Norway

**DADI, Diriba Korecha**

IPCC WGIII Vice-Chair  
Ethiopian Meteorological Institute  
Ethiopia

**MAHMOUD, Nagmeldin G.E.**

IPCC WGIII Vice-Chair  
Higher Council for Environment and Natural Resources  
Sudan

**REISINGER, Andy**

IPCC WGIII Co-Chair  
He Pou A Rangi Climate Change Commission  
New Zealand

**SEMENOV, Sergey**

IPCC WGII Co-Chair

Yu.A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology  
Russian Federation**TANABE, Kiyoto**

IPCC TFI Co-Chair

Institute for Global Environmental Strategies  
Japan**TARIQ, Muhammad Irfan**

IPCC WGI Co-Chair

Ministry of Climate Change  
Pakistan**VERA, Carolina**

IPCC WGI Co-Chair

Universidad de Buenos Aires (CONICET)  
Argentina**YANDA, Pius**

IPCC WGII Co-Chair

University of Dar es Salaam  
United Republic of Tanzania**YASSAA, Noureddine**

IPCC WGI Co-Chair

Centre de Développement des Energies Renouvelables  
Algeria**ZATARI, Taha M.**

IPCC WGII Co-Chair

Ministry of Energy, Industry and Mineral Resources  
Saudi Arabia



## 부속서 IV

### AR6 SYR 전문 검토자



**BELAID**, Fateh  
King Abdullah Petroleum Studies and Research Center  
Saudi Arabia

**BELEM**, Andre  
Universidade Federal Fluminense  
Brazil

**BENDZ**, David  
Swedish Geotechnical Institute  
Sweden

**BENKO**, Bernadett  
Ministry of Innovation and Technology  
Hungary

**BENNETT**, Helen  
Department of Industry, Science, Energy and  
Resources Australia

**BENTATA**, Salah Eddine  
Algerian Space Agency  
Algeria

**BERK**, Marcel  
Ministry of Economic Affairs and Climate Policy  
Netherlands

**BERNDT**, Alexandre  
EMBRAPA  
Brazil

**BEST**, Frank  
HTWG Konstanz  
Germany

**BHATT**, Jayavardhan Ramanlal  
Ministry of Environment, Forests and Climate Change  
India

**BHATTI**, Manpreet  
Guru Nanak Dev University  
India

**BIGANO**, Andrea  
Euro-Mediterranean Centre on Climate Change (CMCC)  
Italy

**BOLLINGER**, Dominique  
HEIG-VD / HES-SO  
Switzerland

**BONDUELLE**, Antoine  
E&E Consultant sarl  
France

**BRAGA**, Diego  
Universidade Federal do ABC and WayCarbon Environmental Solutions  
Brazil

**BRAUCH**, Hans Guenter  
Hans Günter Brauch Foundation on Peace and Ecology in the Anthropocene  
Germany

**BRAVO**, Giangiacomo  
Linnaeus University  
Sweden

**BROCKWAY**, Paul  
University of Leeds  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**BRUN**, Eric  
Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire  
France

**BRUNNER**, Cyril  
Institute of Atmospheric and Climate Science, ETH Zürich  
Switzerland

**BUDINIS**, Sara  
International Energy Agency, Imperial College London  
France

**BUTO**, Olga  
Wood Plc  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**CARDOSO**, Manoel  
Brazilian Institute for Space Research (INPE)  
Brazil

**CASERINI**, Stefano  
Politecnico di Milano  
Italy

**CASTELLANOS**, Sebastián  
World Resources Institute  
United States of America

**CATALANO**, Franco  
ENEA  
Italy

**CAUBEL**, David  
Ministry of Ecological Transition  
France

**CHAKRABARTY**, Subrata  
World Resources Institute  
India

**CHAN SIEW HWA**, Nanyang  
Technological University  
Singapore

**CHANDRASEKHARAN**, Nair Kesavachandran  
CSIR-National Institute for Interdisciplinary Science and  
Technology India

**CHANG**, Hoon  
Korea Environment Institute  
Republic of Korea

**CHANG'A** Ladislaus  
Tanzania Meteorological Authority (TMA)  
United Republic of Tanzania

**CHERYL**, Jeffers  
Ministry of Agriculture, Marine Resources, Cooperatives,  
Environment and Human Settlements  
Saint Kitts and Nevis

**CHESTNOY**, Sergey  
UC RUSAL  
Russian Federation

**CHOI**, Young-jin  
Phineo gAG  
Germany

**CHOMTORANIN**, Jainta  
Ministry of Agriculture and Cooperatives  
Thailand

**CHORLEY**, Hanna  
Ministry for the Environment  
New Zealand

**CHRISTENSEN**, Tina  
Danish Meteorological Institute  
Denmark

**CHRISTOPHERSEN**, Øyvind  
Norwegian Environment Agency  
Norway

**CIARLO**, James  
International Centre for Theoretical Physics  
Italy

**CINIRO**, Costa Jr  
CGIAR  
Brazil

**COOK**, Jolene  
Department for Business, Energy & Industrial Strategy  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**COOK**, Lindsey  
FWCC  
Germany

**COOPER**, Jasmin  
Imperial College London  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**COPPOLA**, Erika  
ICTP  
Italy

**CORNEJO RODRÍGUEZ**, Maria del Pilar  
Escuela Superior Politécnica del Litoral  
Ecuador

**CORNELIUS**, Stephen  
WWF  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**CORTES**, Pedro Luiz  
University of Sao Paulo  
Brazil

**COSTA, Inês**  
Ministry of Environment and Climate Action  
Portugal

**COVACIU, Andra**  
Centre of Natural Hazards and Disaster Science  
Sweden

**COX, Janice**  
World Federation for Animals  
South Africa

**CURRIE-ALDER, Bruce**  
International Development Research Centre  
Canada

**CZERNICHOWSKI-LAURIOL, Isabelle**  
BRGM  
France

**D'TORIO, Marc**  
Environment and Climate Change Canada  
Canada

**DAS, Anannya**  
Centre for Science and Environment  
India

**DAS, Pallavi**  
Council on Energy, Environment and Water (CEEW)  
India

**DE ARO GALERA, Leonardo**  
Universität Hamburg Germany

**DE MACEDO PONTUAL COELHO, Camila**  
Rio de Janeiro City Hall  
Brazil

**DE OLIVEIRA E AGUIAR, Alexandre**  
Invento Consultoria  
Brazil

**DEDEOGLU, Cagdas**  
Yorkville University  
Canada

**DEKKER, Sabrina**  
Dekker Dublin City Council  
Ireland

**DENTON, Peter**  
Royal Military College of Canada, University of Winnipeg, University of Manitoba  
Canada

**DEVKOTA, Thakur Prasad**  
ITC  
Nepal

**DICKSON, Neil**  
ICAO  
Canada

**DIXON, Tim**  
IEAGHG  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**DODOO, Ambrose**  
Linnaeus University  
Sweden

**DOMÍNGUEZ Sánchez, Ruth**  
Creara  
Spain

**DRAGICEVIC, Arnaud**  
INRAE  
France

**DREYFUS, Gabrielle**  
Institute for Governance & Sustainable Development  
United States of America

**DUMBLE, Paul**  
Retired Land, Resource and Waste Specialist  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**DUNHAM, Maciel André**  
Ministry of Foreign Affairs  
Brazil

**DZIELIŃSKI, Michał**  
Stockholm University  
Sweden

**ELLIS, Anna**  
The Open University  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**EL-NAZER, Mostafa** National Research Centre Egypt

**FARROW, Aidan**  
Greenpeace Research Laboratories  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**FERNANDES, Alexandre** Belgian Science Policy Office Belgium

**FINLAYSON, Marjahn** Cape Eleuthera Institute Bahamas

**FINNVEDEN, Göran** KTH  
Sweden

**FISCHER, David** International Energy Agency France

**FLEMING, Sea**  
University of British Columbia, Oregon State University, and US  
Department of Agriculture  
United States of America

**FORAMITTI, Joël**  
Universitat Autònoma de Barcelona Spain

**FRA PALEO, Urbano** University of Extremadura Spain

**FRACASSI, Umberto**  
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia Italy

**FRÖLICHER, Thomas** University of Bern Switzerland

**FUGLESTVEDT, Jan**  
IPCC WGI Vice-Chair CICERO  
Norway

**GARCÍA MORA, Magdalena** ACCIONA ENERGÍA  
Spain

**GARCÍA PORTILLA, Jason**  
University of St. Gallen Switzerland

**GARCÍA SOTO, Carlos**  
Spanish Institute of Oceanography Spain

**GEDEN, Oliver**  
German Institute for International and Security Affairs Germany

**GEHL, Georges**  
Ministère du Développement Durable et des Infrastructures  
Luxembourg

**GIL, Ramón Vladimir** Catholic University of Peru Peru

**GONZÁLEZ, Fernando Antonio Ignacio** IIESS  
Argentina

**GRANSHAW, Frank D.**  
Portland State University United States of America

**GREEN, Fergus**  
University College London  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**GREENWALT, Julie**  
Go Green for Climate Netherlands

**GRIFFIN, Emer**  
Department of Communications, Climate Action and Environment  
Ireland

**GRIFFITHS, Andy**  
Diageo  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**GUENTHER, Genevieve** The New School  
United States of America

**GUIMARA, Kristel**  
North Country Community College United States of America

**GUIOT, Joël** CEREGE / CNRS  
France

**HAIRABEDIAN, Jordan**  
EcoAct France

**HAMAGUCHI, Ryo** UNFCCC  
Germany

**HAMILTON, Stephen**  
Michigan State University and Cary Institute of Ecosystem  
Studies United States of America

**HAN, In-Seong**  
National Institute of Fisheries Science Republic of Korea

**HANNULA, Ilkka** IEA  
France

**HARJO, Rebecca** NOAA/National Weather Service United States  
of America

**HARNISCH, Jochen** KFW Development Bank Germany

**HASANEIN, Amin**  
Islamic Relief Deutschland Germany

**HATZAKI, Maria**  
National and Kapodistrian University of Athens Greece

**HAUSKER, Karl**  
World Resources Institute United States of America

**HEGDE, Gajanana** UNFCCC  
Germany

**HENRIKKA, Säkö**  
Forward Advisory Switzerland

**HIGGINS, Lindsey** Pale Blue Dot Sweden

**HOFFERBERTH, Elena**  
University of Leeds Switzerland

**IGNASZEWSKI, Emma**  
Good Food Institute United States of America

**IMHOF, Lelia**  
IRNASUS (CONICET-Universidad Católica de Córdoba) Argentina

**JÁCOME POLIT, David**  
Universidad de las Américas Ecuador

**JADRIJEVIC GIRARDI, Maritza**  
Ministry of Environment Chile

**JAMDADE, Akshay Anil** Central European University Austria

**JAOUDE, Daniel**  
Studies Center for Public Policy in Human Rights at Federal University of  
Rio de Janeiro  
Brazil

**JATIB**, María Inés  
Institute of Science and Technology of the National University of  
Tres de Febrero (ICyTec-UNTREF)  
Argentina

**JIE**, Jiang  
Institute of Atmospheric Physics  
China

**JÖCKEL**, Dennis Michael  
Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und  
Ressourcenstrategie IWKS  
Germany

**JOHANNESSEN**, Ase  
Global Center on Adaptation and Lund University  
Sweden

**JOHNSON**, Francis Xavier  
Stockholm Environment Institute  
Thailand

**JONES**, Richard  
Met Office Hadley Centre  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**JRAD**, Amel  
Consultant  
Tunisia

**JUNGMAN**, Laura  
Consultant  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**KÄÄB**, Andreas  
University of Oslo  
Norway

**KADITI**, Eleni  
Organization of the Petroleum Exporting Countries  
Austria

**KAINUMA**, Mikiko  
Institute for Global Environmental Strategies  
Japan

**KANAYA**, Yugo  
Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology  
Japan

**KASKE-KUCK**, Clea  
WBCSD  
Switzerland

**KAUROLA**, Jussi  
Finnish Meteorological Institute  
Finland

**KEKANA**, Maesela  
Department of Environmental Affairs  
South Africa

**KELLNER**, Julie  
ICES and WHOI  
Denmark

**KEMPER**, Jasmin  
IEAGHG United  
Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**KHANNA**, Sanjay  
McMaster University  
Canada

**KIENDLER-SCHARR**, Astrid  
Forschungszentrum Jülich and University Cologne  
Austria

**KILKIS**, Siir  
The Scientific and Technological Research Council of Turkey  
Turkey

**KIM**, Hyungjun  
Korea Advanced Institute of Science and Technology  
Republic of Korea

**KIM**, Rae Hyun  
Central Government  
Republic of Korea

**KIMANI**, Margaret  
Kenya Meteorological services  
Kenya

**KING-CLANCY**, Erin  
King County Prosecuting Attorney's Office  
United States of America

**KOFANOV, Oleksii**  
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"  
Ukraine

**KOFANOVA, Olena**  
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"  
Ukraine

**KONDO, Hiroaki**  
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology  
Japan

**KOPP, Robert**  
Rutgers University  
United States of America

**KOREN, Gerbrand**  
Utrecht University  
Netherlands

**KOSONEN, Kaisa**  
Greenpeace  
Finland

**KRUGLIKOVA, Nina**  
University of Oxford  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**KUMAR, Anupam**  
National Environment Agency  
Singapore

**KUNNAS, Jan**  
University of Jyväskylä  
Finland

**KUSCH-BRANDT, Sigrid**  
University of Southampton and ScEnSers Independent Expertise  
Germany

**KVERNDOKK, Snorre**  
Frisc  
Norway

**LA BRANCHE, Stéphane**  
International Panel On behavioural Change  
France

**LABINTAN, Adeniyi**  
African Development Bank (AfDB)  
South Africa

**LABRIET, Maryse**  
Eneris Consultants  
Spain

**LAMBERT, Laurent**  
Doha Institute for Graduate Studies (Qatar) and Sciences Po Paris (France)  
France / Qatar

**LE COZANNET, Gonéri**  
BRGM  
France

**LEAVY, Sebastián**  
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria / Universidad Nacional de Rosario  
Argentina

**LECLERC, Christine**  
Simon Fraser University  
Canada

**LEE, Arthur**  
Chevron Services Company  
United States of America

**LEE, Joyce**  
Global Wind Energy Council  
Germany

**LEHOCZKY, Annamaria**  
Fauna and Flora International  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**LEITER, Timo**  
London School of Economics and Political Science  
Germany

**LENNON, Breffní**  
University College Cork  
Ireland

**LIM, Jinsun**  
International Energy Agency  
France

**LLASAT**, Maria Carmen  
Universidad de Barcelona  
Spain

**LOBB**, David  
University of Manitoba  
Canada

**LÓPEZ DÍEZ**, Abel  
University of La Laguna  
Spain

**LUENING**, Sebastian  
Institute for Hydrography, Geoecology and Climate Sciences  
Germany

**LYNN**, Jonathan  
IPCC  
Switzerland

**MABORA**, Thupana  
University of South Africa and Rhodes University  
South Africa

**MARTINERIE**, Patricia  
Institut des Géosciences de l'Environnement, CNRS  
France

**MARTIN-NAGLE**, Renée  
A Ripple Effect  
United States of America

**MASSON-DELMOTTE**, Valerie  
IPCC WGI Co-Chair  
IPSL/LSCE, Université Paris Saclay France

**MATHESON**, Shirley  
WWF EPO  
Belgium

**MATHISON**, Camilla  
UK Met Office  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**MATKAR**, Ketna  
Cipher Environmental Solutions LLP  
India

**MBATU**, Richard  
University of South Florida  
United States of America

**MCCABE**, David  
Clean Air Task Force  
United States of America

**MCKINLEY**, Ian  
McKinley Consulting  
Switzerland

**MERABET**, Hamza  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Algeria

**LUBANGO**, Louis Mitondo  
United Nations  
Ethiopia

**MKUHLANI**, Siyabusa  
International Institute for Tropical Agriculture  
Kenya

**MOKIEVSKY**, Vadim  
IO RAS  
Russian Federation

**MOLINA**, Luisa  
Molina Center for Strategic Studies in Energy and the Environment  
United States of America

**MORENO**, Ana Rosa  
National Autonomous University of Mexico  
Mexico

**MUDELSEE**, Manfred  
Climate Risk Analysis - Manfred Mudelsee e.K.  
Germany

**MUDHOO**, Ackmez  
University of Mauritius  
Mauritius

**MUKHERJI**, Aditi  
IWMI  
India

**MULCHAN, Neil**  
Retired from University System of Florida  
United States of America

**MÜLLER, Gerrit**  
Utrecht University  
Netherlands

**NAIR, Sukumaran**  
Center for Green Technology & Management  
India

**NASER, Humood**  
University of Bahrain  
Bahrain

**NDAO, Séga**  
New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre  
Senegal

**NDIONE, Jacques André**  
ANSTS  
Senegal

**NEGREIROS, Priscilla**  
Climate Policy Initiative  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**NELSON, Gillian**  
We Mean Business Coalition  
France

**NEMITZ, Dirk**  
UNFCCC  
Germany

**NG, Chris**  
Greenpeace  
Canada

**NICOLINI, Cecilia**  
Ministry of Environment and Sustainable Development  
Argentina

**NISHIOKA, Shuzo**  
Institute for Global Environmental Strategies  
Japan

**NKUBA, Michael**  
University of Botswana  
Botswana

**NOHARA, Daisuke**  
Kajima Technical Research Institute  
Japan

**NOONE, Clare**  
Maynooth University  
Ireland

**NORDMARK, Sara**  
The Swedish Civil Contingencies Agency  
Sweden

**NTAHOMPAGAZE, Pascal**  
Expert  
Belgium

**NYINGURO, Patricia**  
Kenya Meteorological Service  
Kenya

**NZOTUNGICIMPAYE, Claude-Michel**  
Concordia University  
Canada

**OBBARD, Jeff**  
Cranfield University (UK) and Centre for Climate Research (Singapore)  
Singapore

**O'BRIEN, Jim**  
Irish Climate Science Forum  
Ireland

**O'CALLAGHAN, Donal**  
Retired from Teagasc Agriculture Development Authority  
Ireland

**OCKO, Ilissa**  
Environmental Defense Fund  
United States of America

**OH, Yae Won**  
Korea Meteorological Administration  
Republic of Korea

**O'HARA, Ryan**  
Harvey Mudd College  
United States of America

**OHNEISER, Christian**  
University of Otago  
New Zealand

**OKPALA, Denise**  
ECOWAS Commission  
Nigeria

**OMAR, Samira**  
Kuwait Institute for Scientific Research  
Kuwait

**ORLOV, Alexander**  
Ukraine

**ORTIZ, Mark**  
The University of North Carolina at Chapel Hill  
United States of America

**OSCHLIES, Andreas**  
GEOMAR  
Germany

**OTAKA, Junichiro**  
Ministry of Foreign Affairs  
Japan

**PACAÑOT, Vince Davidson**  
University of the Philippines Diliman  
Philippines

**PALMER, Tamzin**  
Met Office  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**PARRIQUE, Timothée**  
Université Clermont Auvergne  
France

**PATTNAYAK, Kanhu Charan**  
Ministry of Sustainability and Environment  
Singapore

**PEIMANI, Hooman**  
International Institute for Asian Studies and Leiden University (The Netherlands)  
Canada

**PELEJERO, Carles**  
ICREA and Institut de Ciències del Mar, CSIC  
Spain

**PERUGINI, Lucia**  
Euro-Mediterranean Center on Climate Change  
Italy

**PETERS, Aribert**  
Bund der Energieverbraucher e.V.  
Germany

**PETERSON, Bela**  
coneve GmbH  
Germany

**PETERSSON, Eva**  
Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry  
Sweden

**PINO MAESO, Alfonso**  
Ministerio de la Transición Ecológica  
Spain

**PLAISANCE, Guillaume**  
Bordeaux University  
France

**PLANTON, Serge**  
Association Météo et Climat  
France

**PLENCOVICH, María Cristina**  
Universidad de Buenos Aires  
Argentina

**PLESNIK, Jan**  
Nature Conservation Agency of the Czech Republic  
Czech Republic

**POLONSKY, Alexander**  
Institute of Natural Technical Systems  
Russian Federation

**POPE, James**  
Met Office  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**PÖRTNER, Hans-Otto**  
IPCC WGII Co-Chair  
Alfred-Wegener-Institute for Polar and Marine Research  
Germany

**PRENKERT, Frans**  
Örebro University  
Sweden

**PRICE, Joseph**  
UNEP  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**QUENTA, Estefania**  
Universidad Mayor de San Andrés  
Bolivia

**RADUNSKY, Klaus**  
Austrian Standard International  
Austria

**RAHAL, Farid**  
University of Sciences and Technology of Oran - Mohamed Boudiaf  
Algeria

**RAHMAN, Syed Masiur**  
King Fahd University of Petroleum & Minerals  
Saudi Arabia

**RAHMAN, Mohammad Mahbubur**  
Lancaster University  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**RAYNAUD, Dominique**  
CNRS  
France

**REALE, Marco**  
National Institute of Oceanography and Applied Geophysics  
Italy

**RECALDE, Marina**  
FUNDACION BARILOCHE / CONICET  
Argentina

**REISINGER, Andy**  
IPCC WGIII Vice-Chair  
Climate Change Commission  
New Zealand

**RÉMY, Eric**  
Université Toulouse III Paul Sabatier  
France

**REYNOLDS, Jesse**  
Consultant  
Netherlands

**RIZZO, Lucca**  
Mattos Filho  
Brazil

**RÓBERT, Blaško**  
Slovak Environment Agency  
Slovakia

**ROBOCK, Alan**  
Rutgers University  
United States of America

**RODRIGUES, Mónica A.**  
University of Coimbra  
Portugal

**ROELKE, Luisa**  
Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety  
Germany

**ROGERS, Cassandra**  
Australian Bureau of Meteorology  
Australia

**ROMERI, Mario Valentino**  
Consultant  
Italy

**ROMERO, Javier**  
University of Salamanca  
Spain

**ROMERO, Mauricio**  
National Unit for Disaster Risk Management  
Colombia

**RUIZ-LUNA**, Arturo  
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. - Unidad Mazatlán  
Mexico

**RUMMUKAINEN**, Markku  
Swedish Meteorological and Hydrological Institute  
Sweden

**SAAD-HUSSEIN**, Amal  
Environment & Climate Change Research Institute, National Research  
Centre  
Egypt

**SALA**, Hernan E.  
Argentine Antarctic Institute - National Antarctic Directorate  
Argentina

**SALADIN**, Claire  
IUCN / WIDECAST  
France

**SALAS Y MELIA**, David  
Météo-France  
France

**SANGHA**, Kamaljit K.  
Charles Darwin University  
Australia

**SANTILLO**, David  
Greenpeace Research Laboratories (University of Exeter)  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**SCHACK**, Michael  
ENGIE, Consultant  
France

**SCHNEIDER**, Linda  
Heinrich Boell Foundation  
Germany

**SEMENOV**, Sergey  
IPCC WGII Vice-Chair  
Institute of Global Climate and Ecology  
Russian Federation

**SENSOY**, Serhat  
Turkish State Meteorological Service  
Turkey

**SHAH**, Parita  
University of Nairobi  
Kenya

**SILVA**, Vintura  
UNFCCC  
Grenada

**SINGH**, Bhawan  
University of Montreal  
Canada

**SMITH**, Sharon  
Geological Survey of Canada, Natural Resources Canada  
Canada

**SMITH**, Inga Jane  
University of Otago  
New Zealand

**SOLMAN**, Silvina Alicia  
CIMA (CONICET/UBA)-DCAO (FCEN/UBA)  
Argentina

**SOOD**, Rashmi  
Concentrix  
India

**SPRINZ**, Detlef  
PIK  
Germany

**STARK**, Wendelin  
ETH Zurich,  
Switzerland

**STRIDBÆK**, Ulrik  
Ørsted A/S  
Denmark

**SUGIYAMA**, Masahiro  
University of Tokyo  
Japan

**SUN**, Tianyi  
Environmental Defense Fund  
United States of America

**SUTTON**, Adrienne  
NOAA  
United States of America

**SYDNOR**, Marc  
Apex Clean Energy  
United States of America

**SZOPA**, Sophie  
Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies  
Alternatives France

**TADDEI**, Renzo  
Federal University of Sao Paulo  
Brazil

**TAIMAR**, Ala  
Estonian Meteorological & Hydrological Institute  
Estonia

**TAJBAKSH**, Mosalman Sahar  
Islamic Republic of Iran Meteorological Organization  
Iran

**TALLEY**, Trigg  
U.S. Department of State  
United States of America

**TANCREDI**, Elda  
National University of Lujan  
Argentina

**TARTARI**, Gianni  
Water Research Institute - National Research Council of Italy  
Italy

**TAYLOR**, Luke  
Otago Innovation Ltd (University of Otago)  
New Zealand

**THOMPSON**, Simon  
Chartered Banker Institute  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**TIRADO**, Reyes  
Greenpeace International and University of Exeter  
Spain

**TREGUIER**, Anne Marie  
CNRS  
France

**TULKENS**, Philippe  
European Union  
Belgium

**TURTON**, Hal  
International Atomic Energy Agency  
Austria

**TUY**, Héctor  
Organismo Indígena Naleb'  
Guatemala

**TYRRELL**, Tristan  
Ireland

**URGE-VORSATZ**, Diana  
IPCC WGIII Vice-Chair  
Central European University  
Hungary

**VACCARO**, James  
Climate Safe Lending Network  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**VAN YPERSELE**, Jean-Pascal  
Université Catholique de Louvain  
Belgium

**VASS**, Tiffany  
IEA  
France

**VERCHOT**, Louis  
Alliance Bioversity Ciat  
Colombia

**VICENTE-VICENTE**, Jose Luis  
Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research  
Germany

**VILLAMIZAR**, Alicia  
Universidad Simón Bolívar  
Venezuela

**VOGEL**, Jefim  
University of Leeds  
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

**VON SCHUCKMANN**, Karina  
Mercator Ocean International  
France

**VORA**, Nemi  
Amazon Worldwide Sustainability and IIASA  
United States of America

**WALZ**, Josefine  
Federal Agency for Nature Conservation  
Germany

**WEI**, Taoyuan  
CICERO  
Norway

**WEIJIE**, Zhang  
Ministry of Environment and Natural Resources  
Singapore

**WESSELS**, Josepha  
Malmö University  
Sweden

**WITTENBRINK**, Heinrich  
FH Joanneum  
Austria

**WITTMANN**, Veronika  
Johannes Kepler University Linz  
Austria

**WONG**, Li Wah  
CEARCH  
Germany

**WONG**, Poh Poh  
University of Adelaide  
Australia / Singapore

**WYROWSKI**, Lukasz  
UNECE  
Switzerland

**YAHYA**, Mohammed  
IUCN  
Kenya

**YANG**, Liang Emlyn  
LMU Munich  
Germany

**YOMMEE**, Suriyakit  
Thammasat University  
Thailand

**YU**, Jianjun  
National Environment Agency  
Singapore

**YULIZAR**, Yulizar  
Universitas Pertamina  
Indonesia

**ZAEKE**, Durwood  
Institute for Governance & Sustainable Development  
United States of America

**ZAJAC**, Joseph  
Technical Reviewer  
United States of America

**ZANGARI DEL BALZO**, Gianluigi  
Sapienza University of Rome  
Italy

**ZDRULI**, Pandi  
CIHEAM  
Italy

**ZHUANG**, Guotai  
China Meteorological Administration  
China

**ZOMMERS**, Zinta  
Latvia

**ZOPATTI**, Alvaro  
University of Buenos Aires  
Argentina

**부속서 V**  
**기후변화에 관한**  
**정부 간 협의체 보고서**





대기 온실가스 안정화: 물리적, 생물학적 및 사회 경제적 영향  
IPCC 기술 문서 III, 1997

IPCC 2차 평가보고서에 사용된 간단한 기후 모델 소개  
IPCC 기술 보고서 II, 1997

기후변화 완화를 위한 기술, 정책 및 조치  
IPCC 기술 보고서 I, 1996

IPCC에서 발표한 지원 자료 목록(워크숍 및 회의 보고서)의 경우,  
[www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)를 참조하거나 스위스, CH-1211 제네바 2, Case  
Postale 2300, bis Avenue de la Paix, 세계기상기구, IPCC  
사무국에 연락한다.

색인













## 교정 및 감수

심성보(국립기상과학원), 박진한(한국환경연구원), 송예원(국가녹색기술연구소),  
기상청 기후정책과

## CLIMATE CHANGE 2023

Synthesis Report

## 기후변화 2023

종합보고서

발행 : 기상청  
발행일 : 2023년 09월  
편집 : 기상청 기후과학국 기후정책과

이 책자는 초판(2023.09.)으로, ipcc\_kor@korea.kr로  
제출된 오탈자 및 감수의견은 추후 반영 예정입니다.

전화 042-481-7386

팩스 042-489-0365

Website [www.climate.go.kr](http://www.climate.go.kr)



기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)는 기후변화를 평가하는 선도적인 국제 기구이다. 유엔 환경계획(UNEP)과 세계기상기구(World Meteorological Organization)는 전 세계적으로 발표된 가장 최신의 과학적, 기술적 및 사회경제적 정보를 바탕으로 기후변화의 과학적 측면에 대한 권위 있는 국제 평가를 제공하기 위해 IPCC를 설립하였다. IPCC는 기후변화의 원인과 그 영향 및 실현 가능한 대응 전략을 주기적으로 평가하여 기후변화에 관한 가장 포괄적이고 최신 정보를 제공하며, 전 세계 학계, 정부 및 산업 부문에서 기후변화와 관련된 모든 사항에 대해 표준 참고 자료를 만들었다. 본 종합보고서는 IPCC 제6차 평가보고서인 기후변화 2021/23의 네번째 보고서로 800명이 넘는 국제 전문가가 이번 평가보고서를 통해 기후변화를 평가하였다. 세 개의 실무그룹 보고서들은 캠브리지 대학 출판국(Cambridge University Press)에서 받아볼 수 있다.

### **기후변화 2021: 과학적 근거**

IPCC 제6차 평가보고서 중 제1실무그룹 보고서

ISBN - 2 Volume Set: 978-1-009-15788-9 Paperback

ISBN - Volume 1: 978-1-009-41954-3 Paperback

ISBN - Volume 2: 978-1-009-41958-1 Paperback doi:10.1017/9781009157896

### **기후변화 2022: 영향, 적응 및 취약성**

IPCC 제6차 평가보고서 중 제2실무그룹 보고서

ISBN - 3 Volume Set: 978-1-009-32583-7 Paperback

ISBN - Volume 1: 978-1-009-15790-2 Paperback

ISBN - Volume 2: 978-1-009-15799-5 Paperback

ISBN - Volume 3: 978-1-009-34963-5 Paperback doi:10.1017/9781009374347

### **기후변화 2022: 기후변화 완화**

IPCC 제6차 평가보고서 중 제3실무그룹 보고서

ISBN - Two volume set: ISBN 978-1-009-15793-3 Paperback

ISBN - Volume 1: ISBN 978-1-009-42390-8 Paperback

ISBN - Volume 2: ISBN 978-1-009-42391-5 Paperback

doi: 10.1017/9781009157926

---

**기후변화 2023: 본 종합보고서**는 IPCC의 세 실무그룹의 평가 내용을 바탕으로 핵심저자팀이 작성한 것이며, 기후변화에 대한 종합적 평가와 다음 주제에 대해 다루고 있다.

- 현황 및 추세
- 장기 기후 및 개발 미래
- 변화하는 기후에서의 단기적 대응

ISBN: 978-92-9169-164-7

doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647



**기상청**

Korea Meteorological Administration

ISBN 979-11-6988-102-9(95450)