

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)과 IPCC 누리집(www.ipcc.ch)에서 전자파일로 내려받기가 가능합니다.)

기후변화 2023

종합보고서

편집

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), Aïda 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-Friedl (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 Fuglestedt(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. Zatar (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

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 위협, 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 CO₂ 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 요약물 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, 옵저버 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 Barret, 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 Fuglestvedt, Muhammad Tariq, Carolina Vera, Nouredine Yassaa, Andreas Fischlin, Joy Jacqueline Pereira, Sergey Semenov, Pius Yanda, Taha M, Zadari, 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 ₂ 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

섹션 3: 장기 기후 및 개발 미래	67
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
섹션 4: 변화하는 기후에서의 단기적 대응	91
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 실무그룹¹의 기여를 바탕으로 한 제6차 평가보고서(AR6)와 특별보고서²의 주요 결과를 통합한다. 정책결정자를 위한 요약본(SPM)은 SPM.A 현황 및 추세, SPM.B 미래 기후변화, 리스크 및 장기 대응, SPM.C 단기 대응³ 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 언어⁴를 사용과 함께 표현될 수 있다.

¹ 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.

² 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 플럭스에 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.

³ 본 보고서에는 단기를 2040년까지의 기간으로 정의하고 있다. 장기는 2040년 이후의 기간으로 정의된다.

⁴ 각 결과는 기본 증거 및 함의에 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 1850~1900년⁵보다 2011~2020년에 1.09°C[0.95°C~1.20°C]⁶ 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 2010~2019년⁷ 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°C⁸의 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 CO₂ 순배출량은 2400±240 GtCO₂였으며, 그 중 절반 이상(58%)이 1850년부터 1898년 사이에 발생했고 약 42%가 1990년부터 2019년 사이에 발생했다(높은 신뢰도), 2019년에 대기중 CO₂ 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 GtCO₂-eq⁹로 2010년 대비 약 12%(6.5 GtCO₂-eq), 1990년 대비 54%(21 GtCO₂-eq) 증가한 것으로 추정되며, 화석 연료 및 산업 공정(CO₂-FFI)에서 발생하는 CO₂에서 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.

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

⁶ 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.

⁷ 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.

⁸ 복사강제력 연구에서 평가된 1850~1900년 대비 2010~2019년 온난화에 대한 배출량의 기여는 다음과 같다. CO₂ 0.8[0.5~1.2]°C; 메탄 0.5[0.3~0.8]°C; 아산화질소 0.1[0.0~0.2]°C 및 플루오로화 가스 0.1[0.0~0.2]°C. {2.1.1}

⁹ 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 CO₂ 상당(CO₂-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%¹⁰는 농업, 임업 및 기타 토지 이용(AFOLU)에서 발생했다. GDP의 에너지 집약도 및 에너지의 탄소 집약도 개선으로 인한 CO₂-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 CO₂ 배출량의 과거 기여도는 총 규모 면에서 지역에 따라 크게 다르지만 CO₂-FFI에 대한 기여도와 토지 이용, 토지 이용 변화 및 임업(CO₂-LULUCF)으로 인한 CO₂ 순 배출량 측면에서도 크게 다르다. 2019년에 전지구 인구의 약 35%가 1인당 9tCO₂-eq 이상을 배출하는 국가¹¹ (CO₂-LULUCF 제외)에 거주하는 반면, 41%는 1인당 3tCO₂-eq 미만을 배출하는 국가에 거주했다. 후자의 상당 부분은 현대 에너지 서비스에 대한 접근성이 부족하다. 최빈국(LDC)과 군서도서개발국(SIDS)은 CO₂-LULUCF를 제외하고 1인당 배출량(각각 1.7 tCO₂-eq 및 4.6 tCO₂-eq)이 전지구 평균(6.9 tCO₂-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⁻¹, 1971~2006년 사이에 1.9[0.8~2.9]mm yr⁻¹, 2006년과 2018년 사이에는 더 증가하여 3.7[3.2~4.2]mm yr⁻¹까지 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 불안¹²에 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)*

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

¹¹ 영토적 배출

¹² 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 둔화시켰으며(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 피해¹³를 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 현상¹⁴으로 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}

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

¹⁴ 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

물 가용성 및 식량 생산



건강 및 복지



도시, 정주지 및 기반시설



생물다양성 및 생태계



설명표
전 세계적 수준에서 평가된 인간계 및 생태계에 대한 기후 영향에서 관측된 경우

- 악영향
- 불리하고 긍정적인 영향
- 기후로 인한 변화 관측됨, 영향 방향에 대한 전 세계 평가 없음

기후변화에 대한 책임 신뢰도

- 높거나 매우 높은 신뢰도
- 중간 신뢰도
- 낮은 신뢰도

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



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

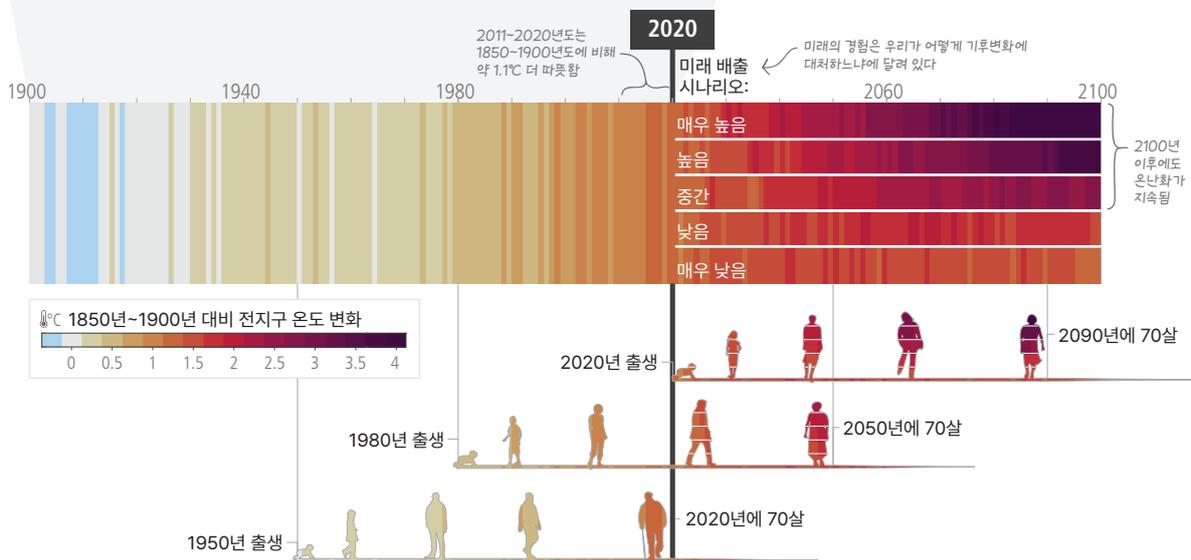


그림 SPM.1: (a) 기후변화는 이미 전지구적으로 인간 체계와 변경된 육상, 담수 및 해양 생태계에 광범위한 영향과 관련 손실과 피해를 초래했다. 물리적 물 가용성은 지하수, 수질 및 물 수요를 포함한 다양한 출처에서 사용 가능한 물의 균형을 포함한다. 전지구 정신 건강 및 이동 평가는 오직 평가된 지역만 반영한다. 신뢰 수준은 기후변화에 대한 관측된 영향의 속성 평가를 반영한다. (b) 관측된 영향은 표시된 선택된 기후 영향 요인과 같이 인간의 영향에 기인한 많은 것을 포함하여 물리적 기후변화와 연결된다. 신뢰 수준과 가능성은 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 출무늬'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 출무늬에 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)

정책결정자를 위한 요약본

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 감소¹⁵에 대한 적응의 효과¹⁶는 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 적응¹⁷ 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 점진적이며¹⁸, 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}

¹⁵ 부속서 I 참조: 용어집 {2.2.3}

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

¹⁷ 생태계 기반 적응(EbA)은 생물 다양성 협약(CBD 14/5)에 따라 국제적으로 인정된다. 관련 개념은 자연 기반 솔루션(NbS)이다. 부속서 I 참조: 용어집

¹⁸ 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 경로¹⁹는 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.²⁰ {Cross-Section Box.2}

WGI는 문헌에서 발견된 기후변화의 인위적 요인의 가능한 미래 개발 범위를 다루는 SSP²¹에 기반한 다섯가지 예시 시나리오에 대한 기후 대응을 평가했다. GHG 배출이 다소 높거나 매우 높은 시나리오(SSP3-7.0 및 SSP5-8.5)²²는 각각 2100년 및 2050년까지 현재 수준에서 대략 두 배의 CO₂ 배출을 갖는다. 중간 GHG 배출 시나리오(SSP2-4.5)에서는 21세기 중반까지 CO₂ 배출이 현재 수준으로 유지된다. 매우 낮거나 낮은 GHG 배출량 시나리오(SSP1-1.9 및 SSP1-2.6)에서는 CO₂ 배출량이 각각 2050년과 2070년경에 넷제로로 감소한 후 다양한 수준의 음의 CO₂ 순 배출량이 뒤따른다. 또한 대표 농도 경로(Representative Concentration Pathways, RCP)²³는 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}

¹⁹ 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.

²⁰ 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.

²¹ 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⁻²)을 의미한다. {Cross-Section Box.2}

²² 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}

²³ RCP 기반 시나리오를 RCPy라고 하며, 여기에서 'y'는 2100년 시나리오에서 발생한 대략적인 복사 강제력 수준(제곱미터 당 와트 또는 W m⁻²)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 각주²¹을 참조한다.

** SSPx-y 용어는 각주²³을 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 수²⁴ Gt CO₂-eq yr⁻¹ 정도 감소했다(**중간 신뢰도**). 최소 18개국이 10년 넘게 절대적인 생산 기반 GHG 및 소비 기반 CO₂ 감축²⁵을 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.

²⁴ 최소한 1.8 GtCO₂-eq yr⁻¹은 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 5.9GtCO₂-eq yr⁻¹ 감소한 것으로 추정된다. (**중간 신뢰도**) {2.2.2}

²⁵ 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 수요 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 COP26²⁶ 이전에 발표된 NDC의 이행과 관련된 2030년 전지구 GHG 배출량과 비교해, 오버슈트 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). 오버슈트 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)²⁷. 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 CO₂ 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}

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

²⁷ 예상되는 2030년 GHG 배출량은 모든 조건부 NDC 요소를 고려할 경우 50(47~55) GtCO₂-eq이다. 조건부 요소가 없으면, 전지구 배출량은 53(50~57) GtCO₂-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 지구온난화는²⁸ 주로 고려된 거의 모든 시나리오 및 모델링된 경로에서 누적 CO₂ 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 있다²⁹. 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)³⁰의 경우 4.4°C 범위에서 AR5의 해당 시나리오보다 불확실성 범위가³¹ 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 변동성³²에서 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 예상된다³³. (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).

²⁸ 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 ±0.25°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)

²⁹ 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)

³⁰ 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). {3.1.1} (Box SPM.1)

³¹ 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}

³² 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}

³³ 추가 시나리오에 기반

CO₂ 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 요소³⁴의 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 약화시키거나 증폭시키면서 인위적 기후변화를 계속 가감할 것이다(높은 신뢰도). 이러한 가감은 특히 지역 규모와 단기적으로 적응 계획에서 고려하는 것이 중요하다. 대규모 폭발성 화산 폭발이 일어난다면³⁵, 1년에서 3년 동안 전지구 지표면 온도와 강수량을 감소시켜 인간이 유발한 기후변화를 일시적으로 그리고 부분적으로 숨길 것이다(중간 신뢰도). {4.3}

³⁴ 영구 동토층, 계절적 적설, 그린란드와 남극 빙상, 북극 해빙.

³⁵ 2500년 재구성에 근거하여, 이 보고서에서 평가된 문헌에서 화산 성층권 에어로졸의 복사 효과와 관련된 -1 W m^{-2} 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

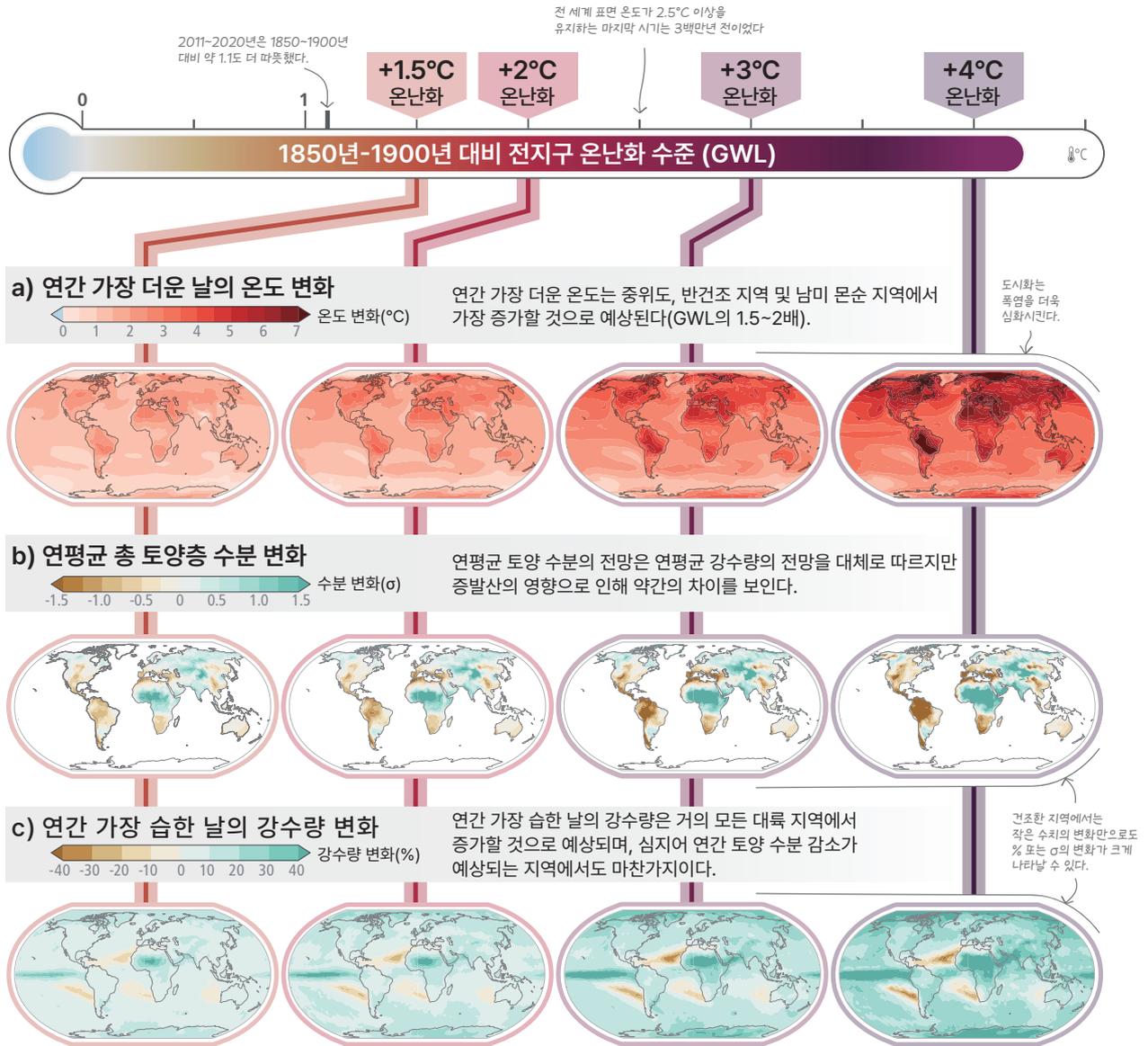


그림 SPM.2: 연간 최대 일일 기온의 예상 변화, 연간 평균 총 토양 수분 및 1850~1900년 대비 1.5°C, 2°C, 3°C, 4°C의 지구온난화 수준에서 연간 최대 일일 강수량. 예상되는 (a) 연간 최대 일일 온도 변화(°C), (b) 연평균 총 토양층 수분 변화(표준 편차), (c) 연간 최대 1일 강수량 변화(%). 패널은 CMIP6 다중 중앙값 변화를 보여준다. 패널 (b)와 (c)에서 건조 지역의 큰 양의 상대적 변화는 작은 절대적 변화에 해당할 수 있다. 패널 (b)에서, 단위는 1850~1900년 동안 토양 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. {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 약영향 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 문제³⁶(*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 수준³⁷(우려 요인³⁸)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 확장과 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}

³⁶ 모든 평가 지역에서.

³⁷ 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}

³⁸ 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

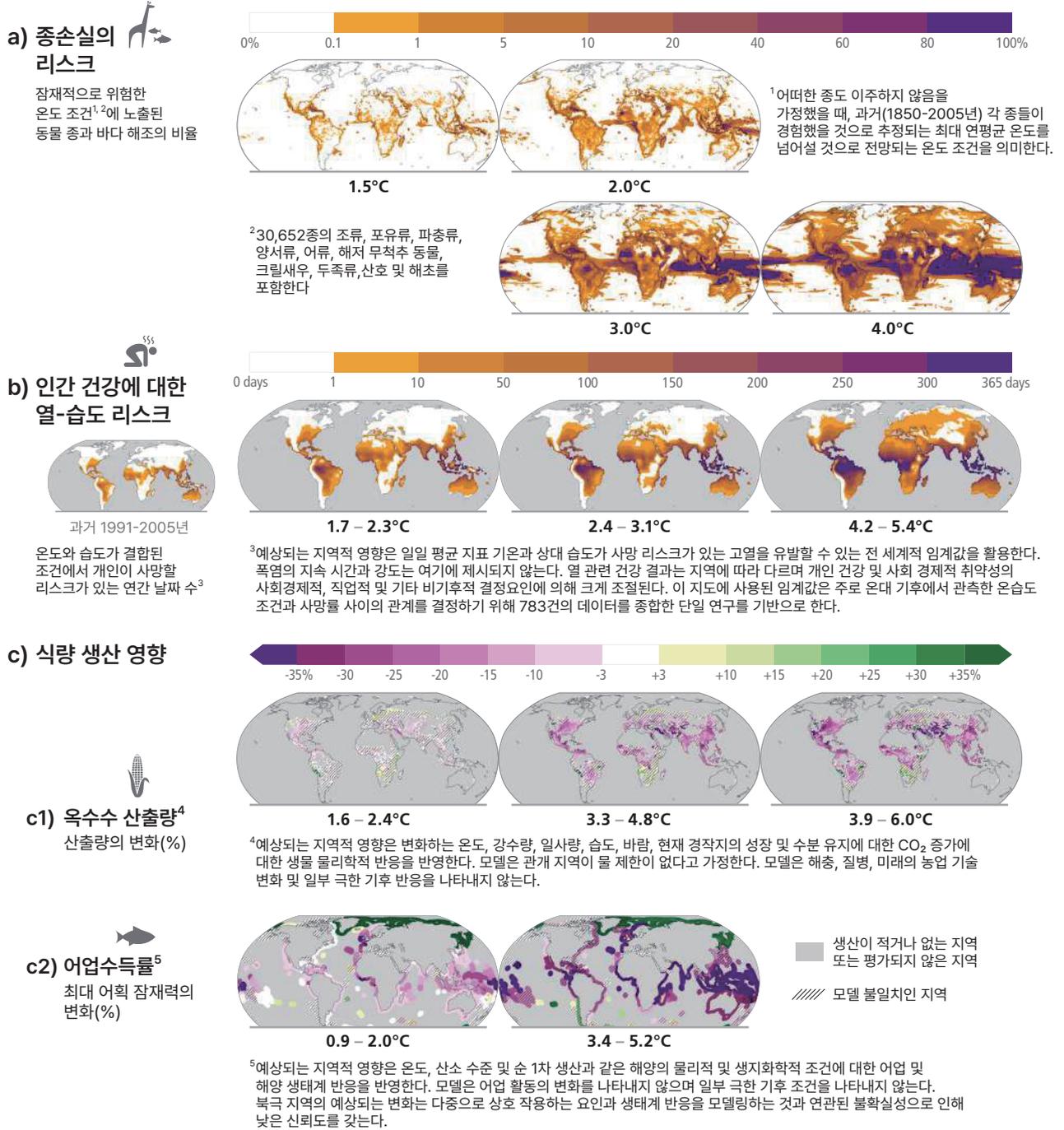
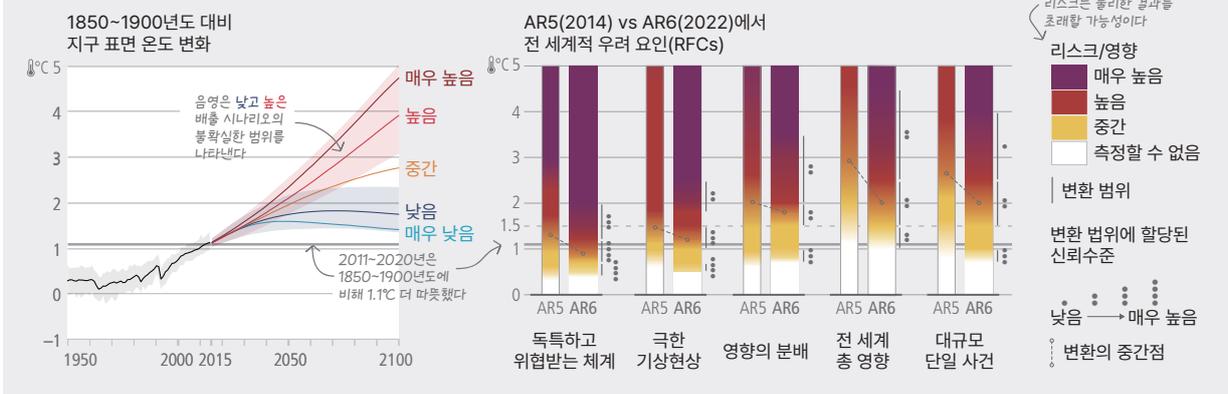


그림 SPM.3: 1850~1900년 수준과 비교하여 다양한 지구온난화 수준(GWL)에서 자연 및 인간 체계에 대한 기후변화의 예상 리스크 및 영향. 지도에 표시된 예상 리스크 및 영향은 추가적인 조정없이 각 영향 지표를 예상하는 데 사용된 전지구 시스템과 영향 모델의 다양한 하위 집합의 결과를 기반으로 한다. WGII는 이러한 예상과 추가 증거를 사용하여 인간 및 자연 시스템에 미치는 영향에 대한 추가 평가를 제공한다. (a) 1.5°C, 2°C, 3°C 및 4°C의 GWL에서 각 종이 경험한 추정된 역사적(1850~2005년) 최대 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 바이오스 조정된 출력에 의해 각각 구동되는 12개의 작물 모델의 총체에서 평균 수확량 변화.

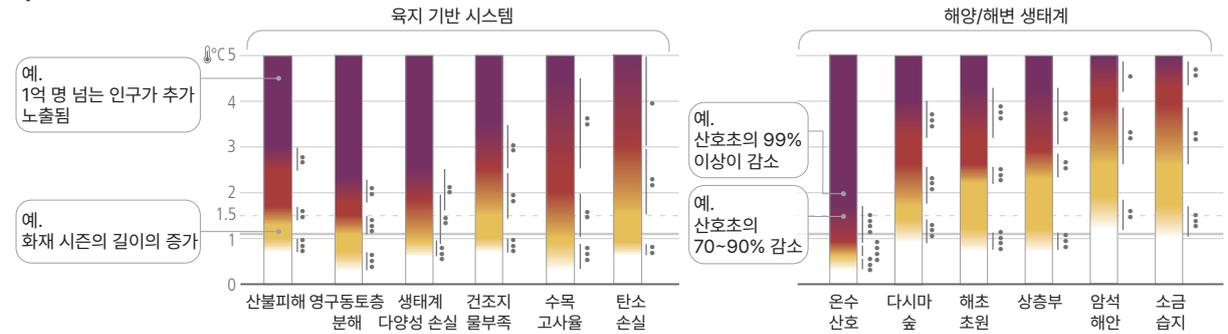
지도는 현재 재배 지역 (>10ha)에 대해 1986~2005년과 비교하여 2080~2099년을 묘사하며, 미래 지구온난화 수준의 해당 범위는 각각 SSP1-2.6, SSP3-7.0 및 SSP5-8.5에 표시된다. 해칭은 기후-작물 모델 조합의 70% 미만이 영향을 칭후에 동의하는 영역을 나타낸다. (c2) 0.9°C~2.0°C(1.5°C) 및 3.4°C~5.2°C(4.3°C)의 예상 GWL에서 1986~2005년 대비 2081~2099년까지 최대 어획 잠재력의 변화. RCP2.6 및 RCP8.5에 따라 2081~2100년까지 GWL. 해칭은 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

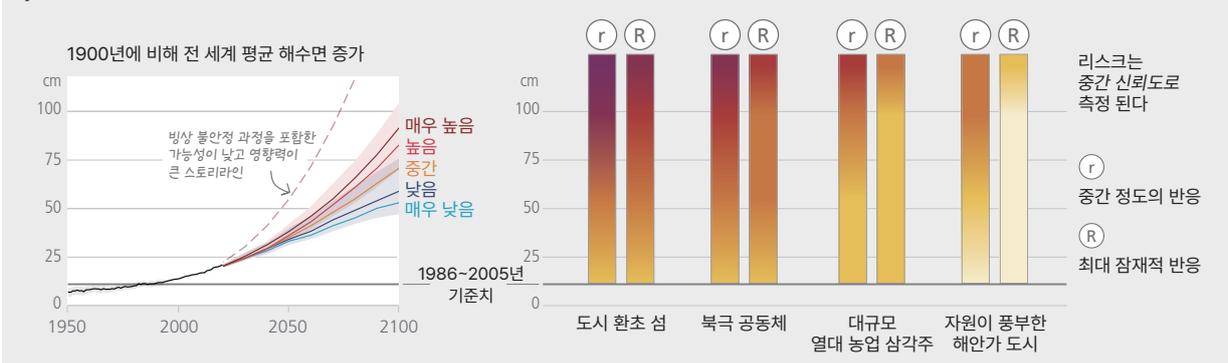
a) 낮은 지구온난화 수준에서 높은 리스크가 발생할 것으로 평가된다



b) 리스크는 시스템에 따라 다르다

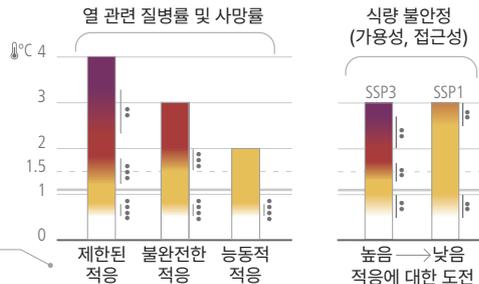


c) 해변 기후의 리스크는 해수면 상승에 따라 증가하고 반응에 의존한다



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

제한된 적응(능동적으로 적응 실패; 건강 시스템에 낮은 투자); 불안정한 적응(불안정한 적응 계획; 건강 시스템에서 중간 투자); 능동적 적응(능동적 적응 관리; 건강 시스템에서 더 높은 투자)



SSP1 경로는 낮은 인구 성장, 높은 소득, 감소된 불평등, 낮은 GHG 배출 시스템에서 생산된 식량, 효율적인 토지 이용 규제 및 높은 적응 능력(즉, 적응에 대한 낮은 도전)을 가진 세계를 보여준다. SSP3 경로는 반대의 경향을 갖는다.

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(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(1986~2005년)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 CO₂ 배출량이 넷제로가 되어야 한다. 넷제로 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 배출량을 제한하고 다른 온실가스 배출량을 크게 줄여야 하며 CO₂ 배출량은 넷제로에 도달해야 한다. 넷제로 GHG 배출량에 도달하려면 주로 CO₂, 메탄 및 기타 GHG 배출량을 줄여야 하며 이는 순 네거티브 CO₂ 배출을 의미한다³⁹. 이산화탄소 제거(CDR)는 순 네거티브 CO₂ 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 GtCO₂가 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 500GtCO₂이고, 67% 확률로 온난화를 2°C⁴⁰로 제한하는 경우 1150GtCO₂이다. 비CO₂ 배출의 감소가 강할수록 주어진 잔여탄소배출허용총량에 대한 온도 변화가 낮아지거나 동일한 수준의 온도 변화에 대한 잔여탄소배출허용총량은 더 커진다. *{3.3. 1}*⁴¹

³⁹ 100년간 지구온난화 잠재력으로 정의되는 넷제로 GHG 배출량. 각주 9 참조.

⁴⁰ 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: CO₂ 비료)로 인한 플럭스를 포함하여 인위적인 토지 CO₂ 플럭스를 보고한다. 이러한 인벤토리를 기반으로 배출량 산정을 사용하여 잔여탄소배출허용총량을 그에 대응하여 줄여야 한다. *{3.3. 1}*

⁴¹ 예를 들어, 중앙 사례의 500GtCO₂와 비교하여, 비CO₂ 배출량이 높거나 낮을 때 1.5°C에 대해(50%) 잔여탄소배출허용총량은 각각 300 또는 600 GtCO₂가 될 수 있다. *{3.3. 1}*

- B.5.3 2020~2030년 사이의 연간 CO₂ 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 CO₂ 배출량 추정치는⁴² 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 CO₂ 배출량은 만일 과거의 운영 패턴이 유지되고 추가적인 저감이 없다면⁴³, 83% 확률로 온난화를 2°C로 제한하기 위한 잔여탄소배출허용총량과 거의 동일하다⁴⁴(높은 신뢰도). {2.3.1, 3.3.1, 그림 3.5}
- B.5.4 중앙 추정치에만 근거하면, 1850년에서 2019년 사이의 역사적 누적 순 CO₂ 배출량은 50% 확률로 지구온난화를 1.5°C로 제한하기 위한 총 탄소배출허용총량(중앙 추정치 약 2900 GtCO₂)에 대한 약 4/5⁴⁵에 달하며, 67% 확률로 지구온난화를 2°C로 제한하기 위한 총 탄소배출허용총량(중앙 추정치 약 3550 GtCO₂)의 약 2/3⁴⁶이다. {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 CO₂ 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 제한이면서 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 CO₂에 도달한 후 순 네거티브의 CO₂ 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 CO₂ 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)

⁴² 저감은 여기에서 화석 연료 기반시설에서 대기로 배출되는 온실가스의 양을 줄이는 인간의 개입을 의미한다.

⁴³ 상동

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

⁴⁵ 총 탄소배출허용총량에 대한 불확실성은 평가되지 않았으며 특정 계산 비율에 영향을 미칠 수 있다.

⁴⁶ 상동

표 SPM 1: 2019년부터 온실가스 및 CO₂ 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 ₂	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 ₂	22 [1~44]	37 [21~59]	51 [36~70]	73 [55~90]

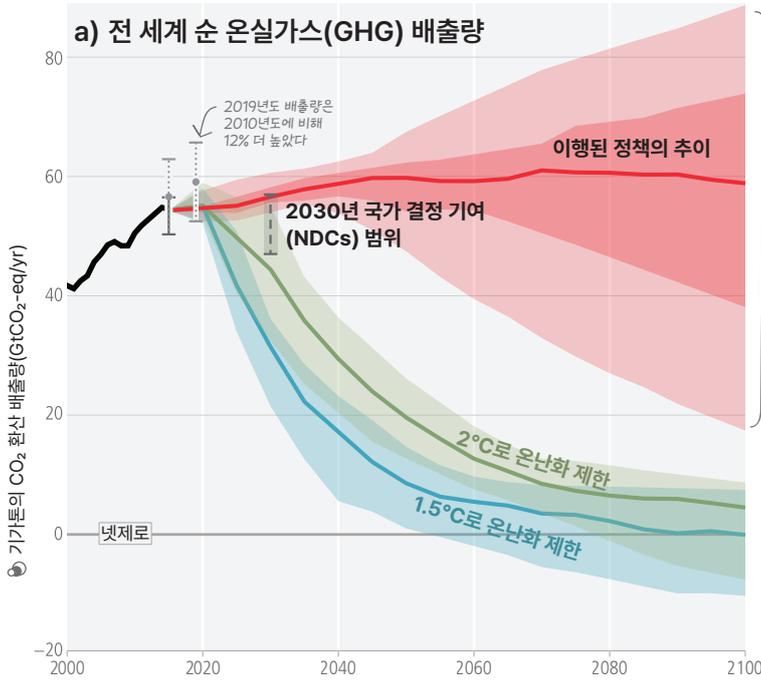
- B.6.2 CO₂ 또는 GHG 배출량 넷제로에 도달하려면 주로 CO₂ 총 배출량의 심층적이고 신속한 감축과 비CO₂ GHG 배출량의 상당한 감축이 필요하다(높은 신뢰도). 예를 들어, 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 모델링된 경로에서 전지구 메탄 배출량은 2019년 대비 2030년까지 34[21~57]% 감소한다. 그러나 일부 저감하기 어려운 잔류 GHG 배출(예: 농업, 항공, 해상운송 및 산업 공정에서 발생하는 일부 배출량)은 남아 있으며, CO₂나 GHG 배출의 넷제로를 달성하기 위해 이산화탄소 제거(CDR)방법을 활용하여 균형을 맞춰야 한다. 결과적으로 CO₂ 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 CO₂ 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, 비CO₂ GHG 배출량과 CDR을 감소시키면서 효율성을 향상하는 것을 포함한다⁴⁷. 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 CO₂ 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 따라⁴⁸, 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}

⁴⁷ CCS는 지질학적 저장이 가능한 경우 대규모 화석 기반 에너지 및 산업 자원에서 배출을 줄이는 옵션이다. CO₂가 대기(DACCS) 또는 바이오매스(BECCS)에서 직접 포집될 때, CCS는 이러한 CDR 방법의 저장 구성 요소를 제공한다. CO₂ 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 GtCO₂로 추정되며, 이는 지층 저장의 지역적 가용성이 제한 요인이 될 수 있지만, 지구온난화를 1.5°C로 제한하기 위한 2100년까지의 CO₂ 저장 요구 사항보다 많은 양이다. 지층 저장 장소를 적절하게 선택하고 관리하면 CO₂를 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}

⁴⁸ 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 CO₂ 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)

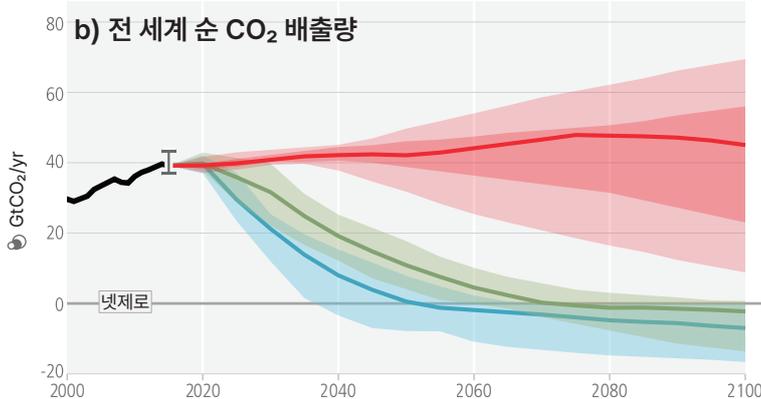
2°C(>67%)로 온난화 제한

오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)

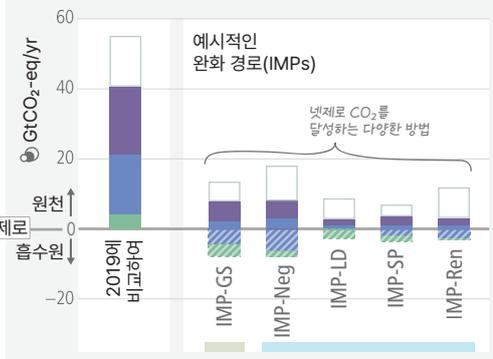
과거 배출량(2000~2015년)

2015년 배출 모델 범위

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



e) 2019년 대비 넷제로 CO₂ 시점의 부문별 온실가스 배출량



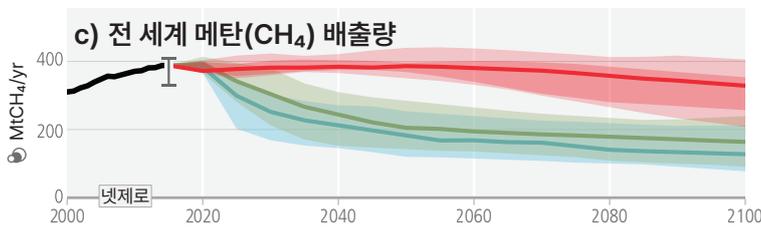
설명표

비CO₂ 배출

운송, 산업 및 건물

에너지 공급(전기 포함)

토지 이용 변화 및 임업



d) 넷제로 CO₂는 넷제로 GHG 배출량보다 먼저 도달할 것이다



그림 SPM.5: 이행된 정책 및 완화 전략과 일치하는 전지구 배출 경로. (a), (b)와 (c)는 모델링된 경로에서 전지구 GHG, CO₂ 및 메탄 배출량의 발전을 보여주고 패널 (d)는 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 및 비CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 배출량보다 더 큰 연간 CDR 비율로 순 네거티브의 전지구 CO₂ 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 경주지 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 CO₂ 배출이 더 많이 필요하다. 넷제로 CO₂ 배출량으로 빠르게 전환하고 메탄과 같은 비 CO₂ 배출량을 빠르게 감축하면 최고 온난화 수준을 제한하고 순 네거티브 CO₂ 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.

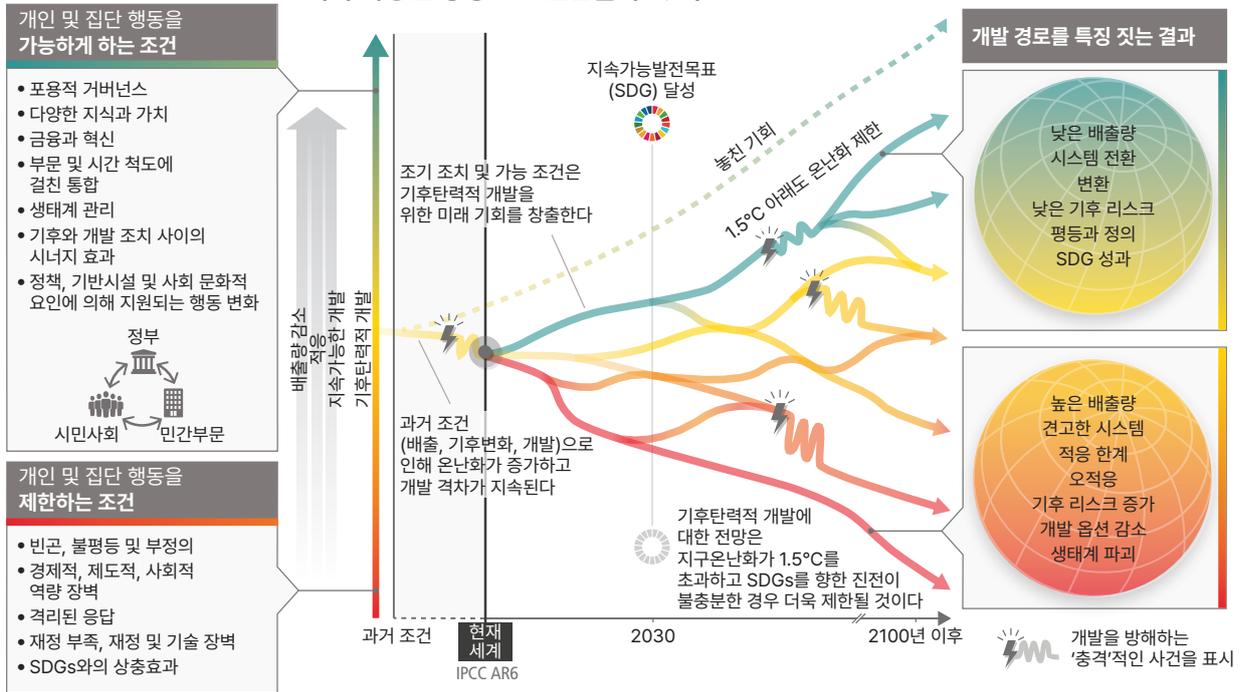


그림 SPM.6: 개발 경로(빨간색에서 녹색으로) 및 관련 결과(오른쪽 패널)에 대한 시각 자료는 모두를 위해 살기 좋고 지속 가능한 미래를 보장할 수 있는 기회의 창이 빠르게 줄어들고 있다는 것을 보여준다. 기후탄력적 개발은 지속가능발전을 지원하기 위해 온실가스 완화 및 적응 조치를 이행하는 과정이다. 다양한 경로는 다양한 정부, 민간 부문 및 시민 사회 활동가의 상호 작용하는 선택과 행동이 기후탄력적 개발을 촉진하고 지속 가능성을 향한 경로를 전환하며 배출량과 적응을 낮출 수 있음을 보여준다. 다양한 지식과 가치는 문화적 가치, 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, 점진 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}

정책결정자를 위한 요약본

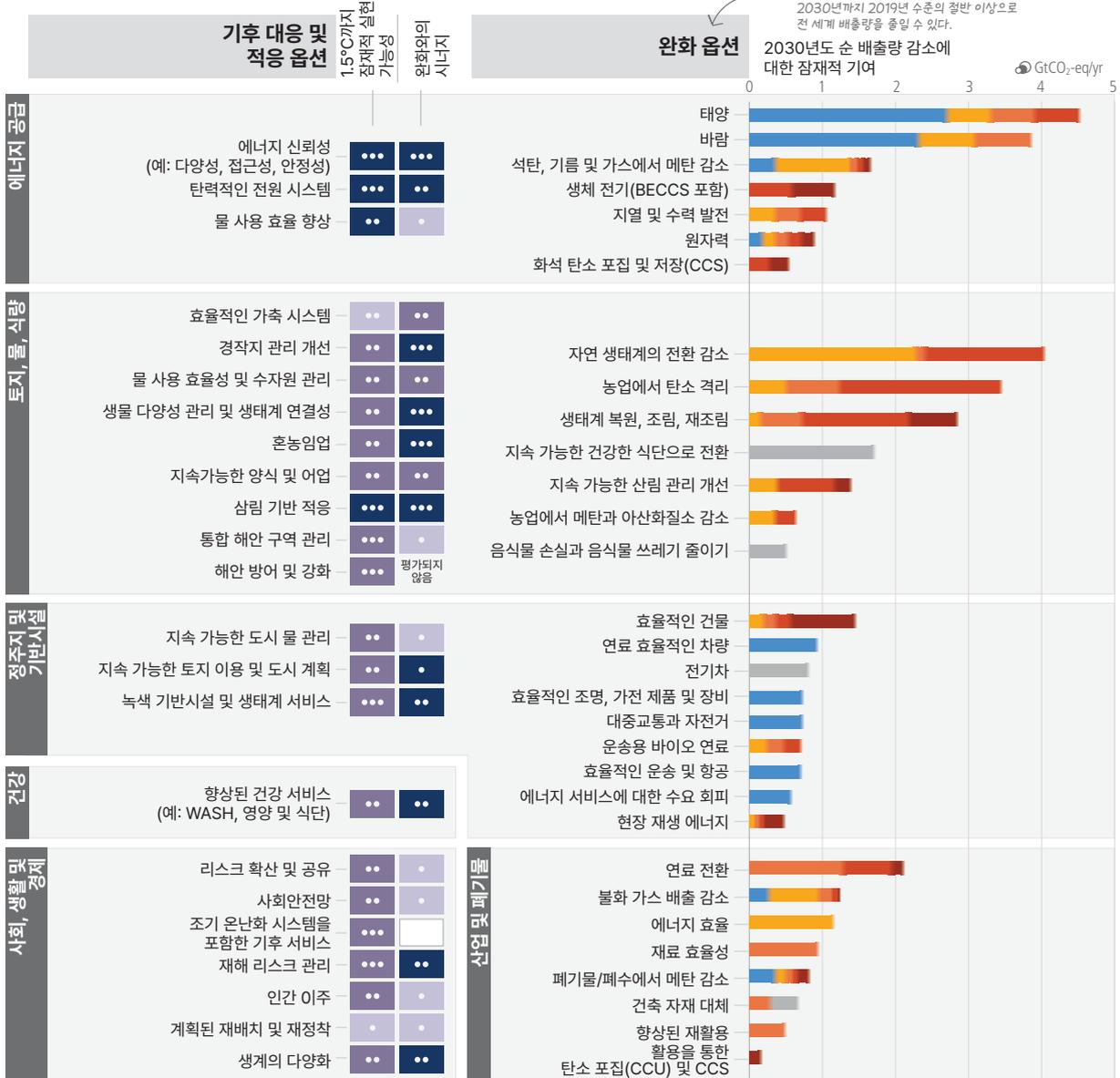
- C.2.2 지연된 완화 행동은 지구온난화를 더욱 증가시킬 것이며 손실과 피해는 증가하고 추가적인 인간 및 자연 시스템은 적응 한계에 도달할 것이다. 지연된 적응 및 완화된 행동으로 인한 도전과제는 비용 증가, 기반시설 고착, 좌초 자산, 적응 및 완화 옵션의 실행 가능성 및 효율 감소 리스크를 포함한다(높은 신뢰도). 신속하고 심층적이며 지속적인 완화와 가속화된 적응 행동 없이는 아프리카, 최빈국, SIDS, 중남미⁴⁹, 아시아 및 북극에서 예상되는 악영향을 포함하여 손실과 피해가 계속 증가할 것이며 가장 취약한 인구에 불균형적으로 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 오존을 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 인한 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)⁵⁰. 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}

⁴⁹ 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.

⁵⁰ 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



정책결정자를 위한 요약본

b) 2050년까지 수요 측면

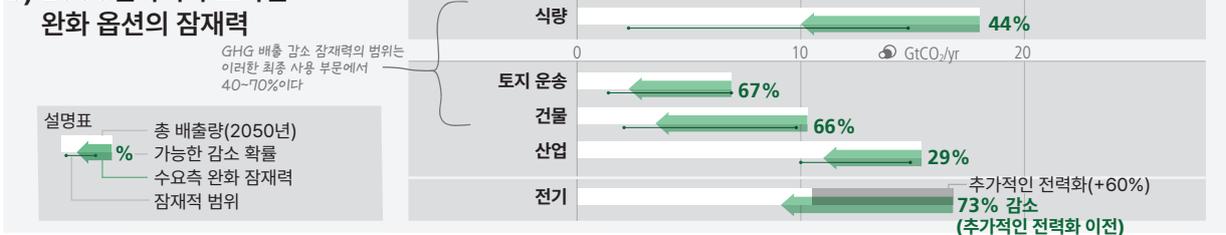


그림 SPM.7: 기후 행동을 확대할 수 있는 다양한 기회. 패널 (a)는 다양한 시스템에서 선택된 완화 및 적응 옵션을 제시한다. (a) 패널의 왼쪽은 단기적으로 최대 1.5°C 지구온난화까지 전지구적 규모에서 다차원적 타당성에 대해 평가된 기후 대응 및 적응 옵션을 보여준다. 1.5°C 이상의 문헌은 제한적이기 때문에 더 높은 수준의 온난화에서 실행가능성이 변경될 수 있으며, 이는 현재 확실하게 평가할 수 없다. 이주, 재배치 및 재정착과 같은 일부 대응은 적응으로 간주될 수도 있고 그렇지 않을 수도 있기 때문에 여기에서 적응이라는 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 색상 전환은 불확실성 또는 높은 컨텍스트 종속성으로 인해 비용 범주로의 불확실한 분류를 나타낸다. 총 잠재력의 불확실성은 일반적으로 25~50%이다. **패널 (b)**는 2050년 수요측 완화 옵션의 잠재적 가능성을 보여준다. 잠재력은 전지구 모든 지역을 대표하는 약 500개의 상향식 연구를 기반으로 추정된다. 기준선(흰색 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. 상향식 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 CO₂ 에너지 시스템은 전체 화석 연료 사용의 상당한 감소, 저감장치가 없는 화석 연료의 최소 사용⁵¹, 남아 있는 화석 연료 시스템에서의 탄소 포집 및 저장 사용, 순 CO₂를 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 tCO₂-eq⁻¹ 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)

⁵¹ 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 CO₂를 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 저장 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 CO₂ 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, 충전성⁵², 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 식단⁵³ 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 임산물은 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).

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

⁵³ '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, 생계 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 사람들에 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 지역사회의 기후 리스크를 줄이기 위해 금융에 대한 접근을 우선시함으로써 도시 지역의 웰빙에서 가장 큰 이득을 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, 행동 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 배출량⁵⁴이 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}*

⁵⁴ 화석 연료 보조금 제거는 지역에 따라 다르지만 2030년까지 전지구 CO₂ 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 협력은 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 재정⁵⁵에 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 지원 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 수준⁵⁶보다 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 추체된 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 SDG를 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.

⁵⁵ 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.

⁵⁶ 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 효과⁵⁷와 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}

⁵⁷ 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 보고서⁵⁸와 세계의 AR6 특별보고서⁵⁹의 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.⁶⁰ 기본적인 문헌을 반영하여 다양한 지역 분류 체계⁶¹가 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 언어⁶²를 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 꺾임표로 표시된다. 그림 1.1은 이 보고서 내의 여러 그림에 사용되는 시각적 아이콘에 대한 가이드, 종합보고서 그림 설명을 보여준다.

⁵⁸ 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.

⁵⁹ 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 플렉스에 대한 IPCC 특별보고서(SRCCCL); 변화하는 기후에서의 해양 및 빙권(2019)(SROCC). 특별보고서는 각각 2018년 5월 15일, 2019년 4월 7일 및 2019년 5월 15일까지 출판이 승인된 과학 문헌을 다룬다.

⁶⁰ 용어집(부속서)에는 이러한 정의와 AR6 합동 실무그룹 용어집에서 가져온 이 보고서에 사용된 기타 용어 및 개념이 포함되어 있다.

⁶¹ 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. WGI는 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.

⁶² 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])⁶⁴ 더 높았으며, 육지에서 (1.59 [1.34 ~ 1.83]°C) 해양보다 (0.88°C [0.68°C~ 1.01°C])⁶⁵ 더 크게 증가했다. 관측된 온난화는 CO₂와 메탄(CH₄)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 2010~2019년⁶⁶ 사이에 인간이 유발한 전지구 지표면 온도 상승의 가능한 범위는 0.8°C에서 1.3°C이며, 가장 좋은 추정치는 1.07°C이다. 잘 혼합된 GHG들은⁶⁷ 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 CO₂ 배출량의 거의 일정한 비율(전지구적으로 연간 약 56%)을 차지했다(높은 신뢰도). 2019년 대기 중 CO₂ 농도는 410ppm, CH₄는 1866ppb, 아산화질소(N₂O)는 332ppb⁶⁸에 도달했다. 온난화의 다른 주요 원인은 대류권 오존(O₃)과 할로겐화 가스이다. CH₄ 및 N₂O의 농도는 최소 80만년 동안 전례 없는 수준으로 증가했으며(매우 높은 신뢰도), 현재 CO₂ 농도가 최소 지난 200만년 동안 어느때보다 더 높다는 점은 신뢰도가 높다. 1750년 이후 CO₂(47%) 및 CH₄(156%) 농도의 증가는 적어도 지난 80만년 동안 빙기와 간빙기 사이의 자연적인 수천년 변화를 훨씬 초과하고 N₂O(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}

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

⁶⁴ AR5 이후 예상되는 전지구 지표면 온도의 증가는 주로 2003~2012(+0.19 [0.16~0.22] °C)이후 증가한 온도도 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}

⁶⁵ 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.

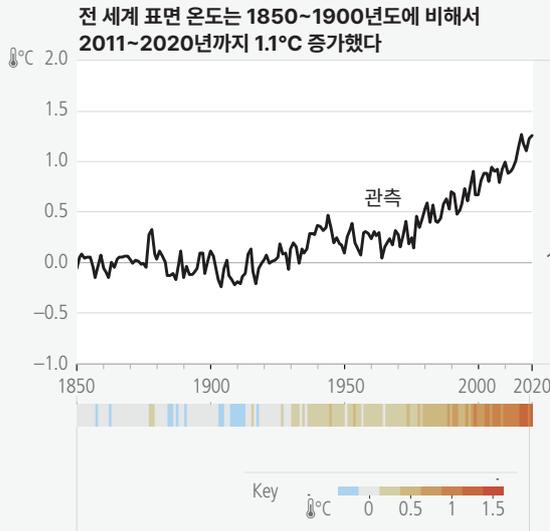
⁶⁶ 관측된 평가와 기간 구분은 근거 연구가 이를 약간 더 이른 기간으로 고려하기 때문에 발생한다. 2010~2019년까지 관측된 온난화는 1.06°C [0.88°C~1.21°C]이다. {WGI SPM 각주 11}

⁶⁷ 복사강제력 연구에서 평가된 1850~1900년 대비 2010~2019년 온난화에 대한 배출량의 기여는 다음과 같다. CO₂ 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.

⁶⁸ AR6 WGI에서와 동일한 관측 결과 및 방법을 사용하는 2021년(최종 수치를 사용할 수 있는 가장 최근 연도) 농도는 415 ppm CO₂; 1896 ppb CH₄; 및 335 ppb N₂O와 같다. 여기서 CO₂는 WGI와 일치하도록 WMO-CO₂-X2007 척도를 사용하여 보고된다. 이후 운영 CO₂ 보고는 WMO-CO₂-X2019 척도를 사용하도록 업데이트되었다

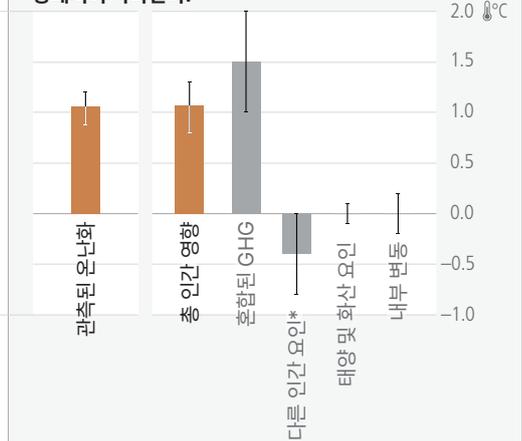
인간 활동이 지구온난화의 원인이다

c) 전 세계 표면 온도의 변화



d) 인간에게 책임이 있다

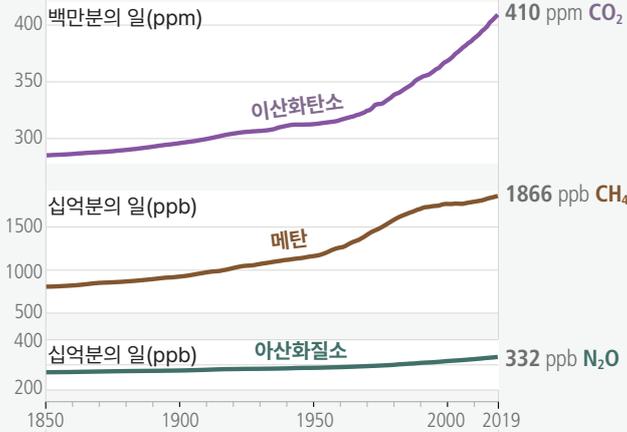
관측된 온난화(1850-1900년 대비 2010-2019년의 변화)는 인간활동에 의한 배출량에 의해 유발되며, 온실가스에 의한 온난화가 부분적으로 미세먼지 냉각에 상쇄되어 나타난다.



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

b) 대기 중 GHG의 상승된 농도

GHG 농도는 1850년 이후 급격히 증가했다 (1850~1900년에서 2010~2019년까지 온난화에 대한 평가된 기여도와 일치하도록 규모 조정)



a) 온실가스(GHG) 배출량 증가

인간 활동으로 인한 온실가스(GHG) 배출이 계속해서 상승한다

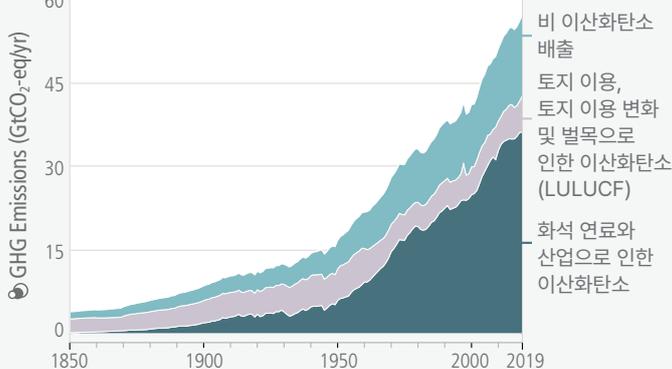


그림 2.1: 배출량에서 기후 시스템의 온난화로 이어지는 인과 사슬. GHG 배출량은 최근 수십 년 동안 급격히 증가했다(패널(a)). 전지구 인위적 순 GHG 배출량에는 화석 연료 연소 및 산업 공정(CO₂-FFI)(진한 녹색)에서 발생하는 CO₂; 토지 이용, 토지 이용 변화 및 임업으로 인한 순 CO₂(CO₂-LLUCF)(녹색); CH₄; N₂O; 및 플루오르화 가스(HFCs, PFCs, SF₆, NF₃)(하늘색)를 포함한다. 이러한 배출은 세 가지 주요한 잘 혼합된 GHG인 CO₂, CH₄ 및 N₂O (패널(b), 연간 값)를 포함하여 여러 GHG의 대기 중 농도를 증가시켰다. 상대적 중요성을 나타내기 위해 CO₂, CH₄ 및 N₂O에 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 CH₄ 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; 태양 및 화학 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; WGI III 그림 SPM.1, WGI III A.III.II.2.5.1]

2010~2019년의 연평균 GHG 배출량은 이전 10년보다 높았지만, 2010~2019년(1.3% yr⁻¹)사이의 증가율은 2000~2009년(2.1% yr⁻¹)보다 낮았다.⁶⁹ 1850년부터 2019년까지의 누적 순 CO₂ 배출량은 2400 ±240 GtCO₂였다. 이 중 절반 이상(58%)이 1850년에서 1989년 사이에[1400 ±195 GtCO₂], 그리고 약 40% [1000 ±90 GtCO₂]가 1990년에서 2019년 사이에 발생했다. 2019년 전지구 인위적 순 GHG 배출량은 2019년에 59±6.6 GtCO₂-eq로 2010년보다 약 12% (6.5 GtCO₂-eq), 1990년보다 54% (21 GtCO₂-eq) 증가한 것으로 추정되었다. 2019년까지 총 배출량에서 가장 큰 증가는 화석 연료 및 산업에서 발생하는 CO₂(CO₂-FFI)에서 발생했으며 그 뒤를 CH₄가 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. CO₂ 배출량의 과거 기여도는 총 규모 측면에서 지역에 따라 크게 다르지만 CO₂-FFI(1650 ± 73 GtCO₂-eq) 및 순 CO₂-LULUCF(760 ± 220 GtCO₂-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 2.6tCO₂-eq에서 19tCO₂-eq 범위였다(그림 2.2). 최빈국(LDCs)과 군소도서개발국(SIDS)은 CO₂-LULUCF를 제외하고 1인당 배출량(각각 1.7 tCO₂-eq 및 4.6 tCO₂-eq)이 전지구 평균(6.9 tCO₂-eq)보다 훨씬 낮다. 2019년 전지구 인구의 약 48%는 1인당 평균 6 tCO₂-eq 이상을 배출하는 국가에 거주하고 있으며, 전지구 인구의 35%는 1인당 9 tCO₂-eq (CO₂-LULUCF 제외) 이상을 배출하는 국가⁷⁰에 거주하고 있는 반면, 다른 41%는 1인당 3 tCO₂-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 GtCO₂-eq)가 에너지 부문에서 발생했으며, 24% (14 GtCO₂-eq)는 산업 부문에서, 22%(13 GtCO₂-eq)는 AFOLU에서, 15%(8.7 GtCO₂-eq)는 수송에서 그리고 6%(3.3 GtCO₂-eq)는 건축물에서 발생했다⁷¹(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⁻¹로 대략 일정하게 유지되었다(높은 신뢰도). 총 순 AFOLU 배출량의 약 절반은 CO₂ LULUCF에서 발생하며, 주로 산림 전용에서 발생한다(중간 신뢰도). 전체 토지는 2010~2019년⁷² 기간 동안 -6.6 (±4.6) GtCO₂ yr⁻¹의 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(CO₂-FFI)의 CO₂ 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 배출⁷³의 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}

⁶⁹ 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 CO₂ 환산치(CO₂-eq)로 명시된다. AR6 WGI 및 WGIII 보고서는 개선된 배출 측정 값, 완화 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)

⁷⁰ 영도적 배출

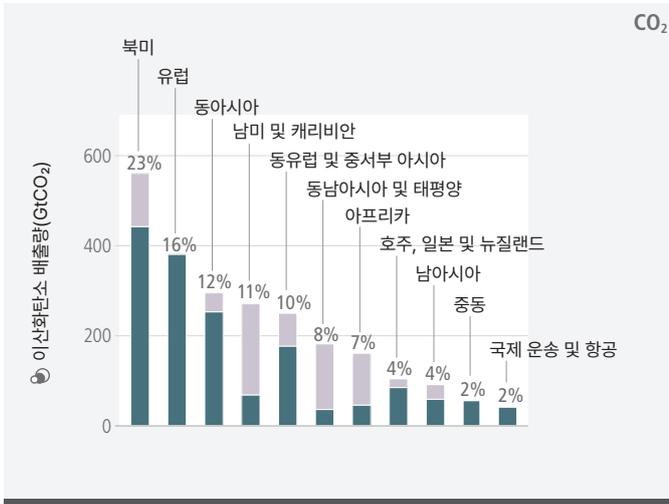
⁷¹ GHG 배출 수준은 유효 숫자 두 자리로 반올림된다. 결과적으로 반올림으로 인해 합계에 약간의 차이가 발생할 수 있다. {WGIII SPM 각주 8}

⁷² 인위적인 환경 변화와 자연적인 기후 변동성 모두에 대한 모든 육지의 대응으로 인한 -12.5 (±3.2) GtCO₂ yr⁻¹의 총 흡수원과 부기 모델에 기반한 인위적 순 CO₂-LULUCF 배출량 +5.9 (±4.1) GtCO₂ yr⁻¹으로 구성된다. {WGIII SPM 각주 14}

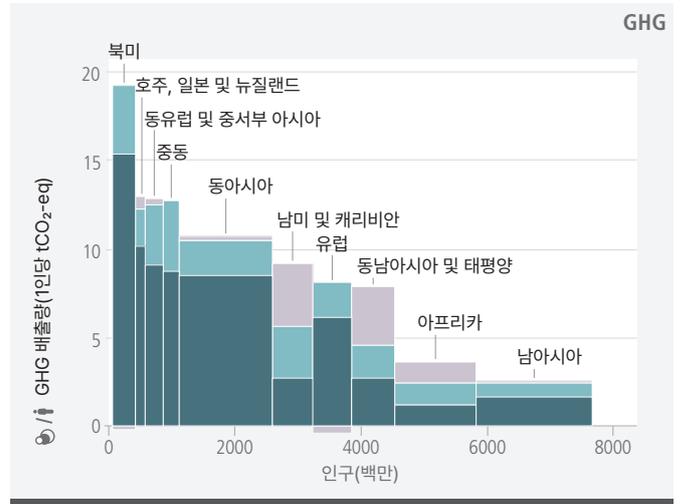
⁷³ 이 추정치는 도시 지역 내에서 발생하는 직접 배출과 도시에서 소비되는 전기, 상품 및 서비스 생산과 관련된 도시 외부에서 발생하는 간접 배출을 모두 포함하는 소비 기반 계산을 기반으로 한다. 이 추정치는 항공 및 해상 버커 연료, 토지 이용 변화, 임업 및 농업을 제외한 모든 CO₂ 및 CH₄ 배출 범주를 포함한다. {WGIII SPM 각주 15}

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

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

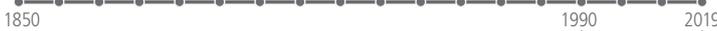


b) 지역별 1인당 및 총 인구당 순 인위적 GHG 배출량(2019)



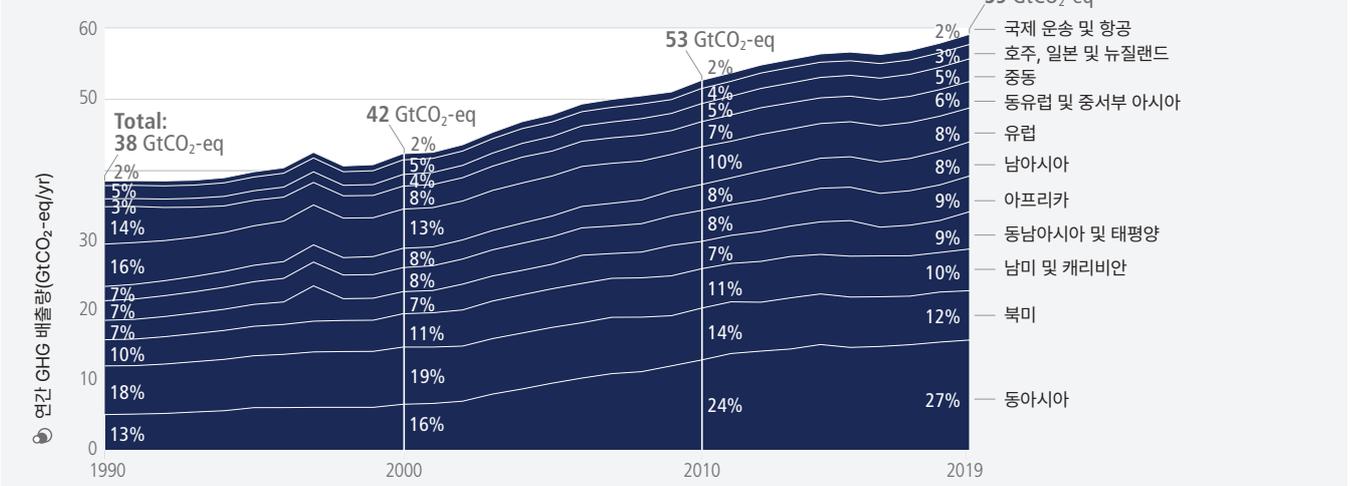
설명표

이 그래프에 표시된 기간



- 토지 이용, 토지 이용 변화, 임업으로 인한 순 CO₂(CO₂LULUCF)
- 다른 GHG 배출
- 화석 연료 및 산업(CO₂FFI)
- 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 _{PPP}) ¹	5.0	43	17	20	43	15	20	61	12	6.2
2019² 순 GHG(생산 기반)										
온실가스 배출 집약도(2017년 tCO ₂ -eq/USD1000 _{PPP})	0.78	0.30	0.62	0.64	0.18	0.61	0.64	0.31	0.65	0.42
1인당 GHG(1인당 tCO ₂ -eq)	3.9	13	11	13	7.8	9.2	13	19	7.9	2.6
1인당 CO₂FFI, 2018										
생산기반 배출(1인당 tCO ₂ 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 ₂ FFI, 2018년 데이터 기반)	0.84	11	6.7	6.2	7.8	2.8	7.6	17	2.5	1.5

¹2017년 미화달러 구매력 기준 2019년 1인당 GDP

²국제 항공 및 운송을 제외한 CO₂FFI, CO₂LULUCF 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 CO₂ 배출량의 지역적 비율. 패널 (a)는 GtCO₂에서 1850년부터 2019년까지 지역별 역사적 누적 순 인위적인 CO₂ 배출량의 비율을 보여준다. 여기에는 CO₂-FFI 및 CO₂-LULUCF가 포함된다. 기타 GHG 배출량은 포함되지 않는다. CO₂-LULUCF 배출량은 불확실성이 높으며, 전지구 불확실성 추정치는 ±70% (90% 신뢰 구간)이다. 패널 (b)는 2019년 지역별 1인당 CO₂-eq 톤 단위로 지역 GHG 배출량 분포를 보여준다. GHG 배출량은 다음과 같이 분류된다: CO₂-FFI; 순 CO₂-LULUCF; 및 기타 GHG 배출(CH₄, N₂O, 플루오르화 가스, GWP100-AR6을 사용하여 CO₂-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, CO₂-LULUCF 면적은 축 아래에 있으며, 이는 배출량이 아닌 순 CO₂ 제거량을 나타낸다. 패널 (c)는 1990~2019년 기간 동안 지역별(GtCO₂-eq yr⁻¹(GWP100-AR6)) 전지구적 순 인위적 GHG 배출량을 보여준다. 백분율 값은 각 기간의 총 GHG 배출량에 대한 각 지역의 기여도를 나타낸다. 1997년 한 해 배출량 최고치는 동남아시아의 산림 및 이탄 화재 사건으로 인한 CO₂-LULUCF 배출량 증가 때문이었다. 지역은 WGIII의 부속서에 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 CO₂-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. [WGIII 그림 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 요인⁷⁴일 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 따뜻해 졌음이 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⁻¹였으며, 1971~2006년 사이에는 1.9 [0.8~2.9]mm yr⁻¹로 증가했으며, 2006~2018년 사이에는 추가적으로 3.7 [3.2~4.2] mm yr⁻¹가 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 CO₂ 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 심각해 졌음이 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; SRCL SPM.A.2.2; SROCC SPM. A.2}

기후변화는 육지, 담수, 빙권, 해안 및 외해 생태계에 상당한 피해를 입히고 점점 돌이킬 수 없는 손실⁷⁵을 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; SRCL SPM A.1.5, SRCL SPM A.2, SRCL SPM A.2.6, SRCL 그림 SPM.1; SROCC SPM A.6.1, SROCC SPM, A.6.4, SROCC SPM A.7}

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

⁷⁵ 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/가능성⁷⁶과 사용가능한 경우 요인 또는 주요 요인(이 경우 지정됨)으로서의 인적 기여를 나타낸다(색상 번호표 참조). 그 밖의 경우, 설명 텍스트가 제공된다. {WGI # TS.}

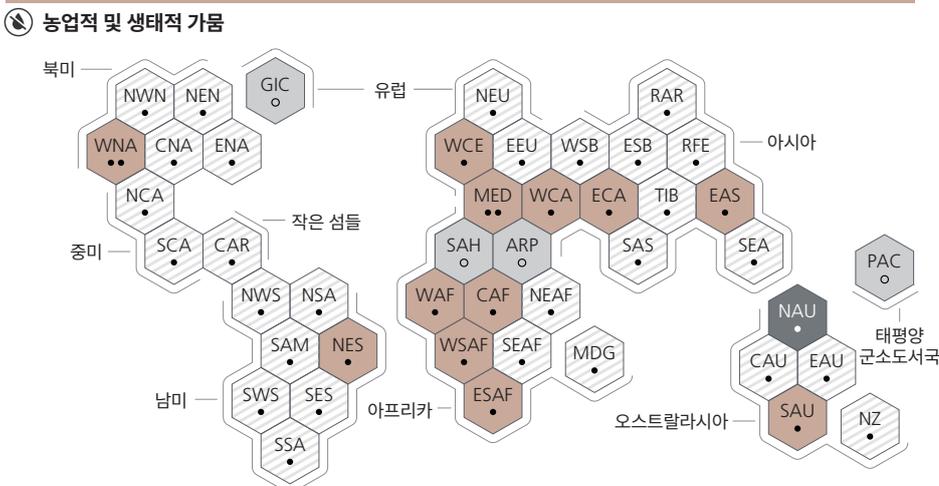
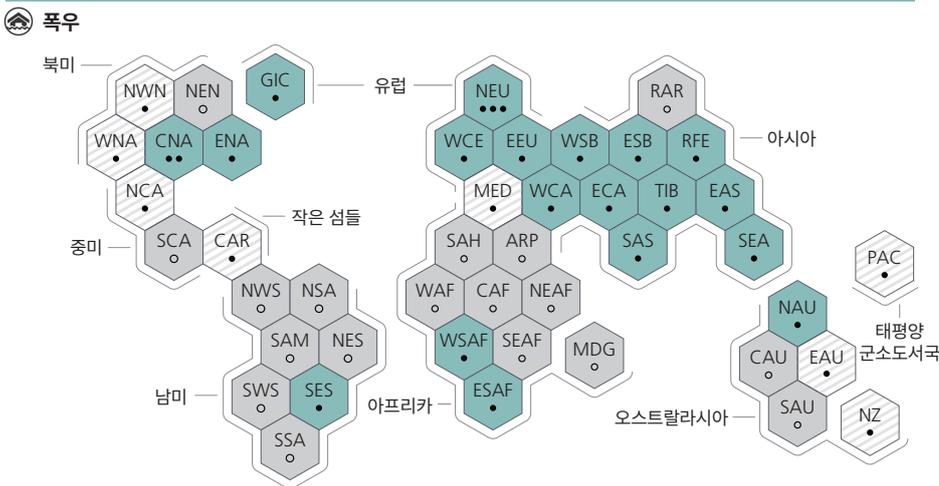
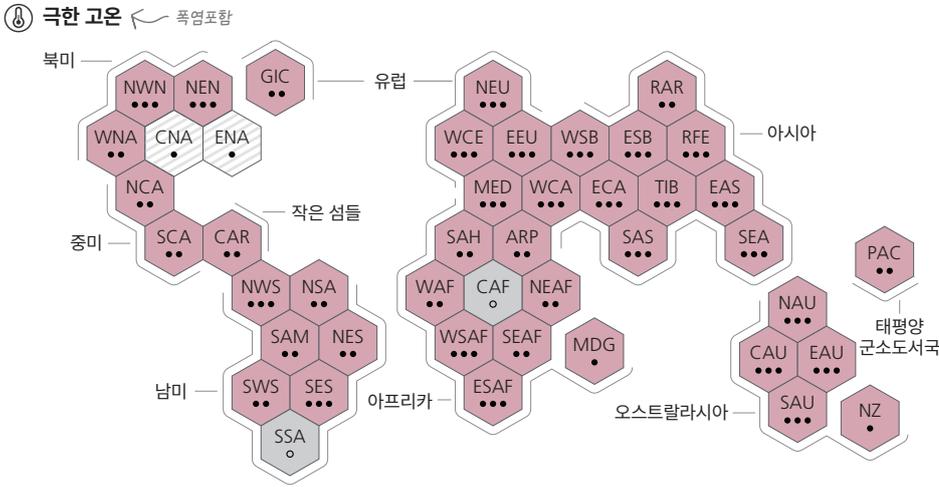
지표 변화	관측된 변화 평가	인간 요인 평가
대기 및 물 순환	1850~1900년 이후 지구온난화 평균 표면 대기 온도	인간 요인((0.8~1.3°C)의 가능성이 높은 범위는 관측된 온난화((0.9~1.2°C)의 가능성이 매우 높은 범위를 포함한다
	1979년 이후 대류권 온난화	주요 요인
	20세기 중반 이후 성층권 하부의 냉각	1979~1990년대 중반의 주요 요인
	1979년 이후 대규모 강우와 대류권 상부의 습도 변화	
	1980년대 이후 지역 평균 해들리 순환의 확장	남반구
해양	1970년대 이후 해양 열량 증가	주요 요인
	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	



⁷⁶ 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



리스크 지수: 위해

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

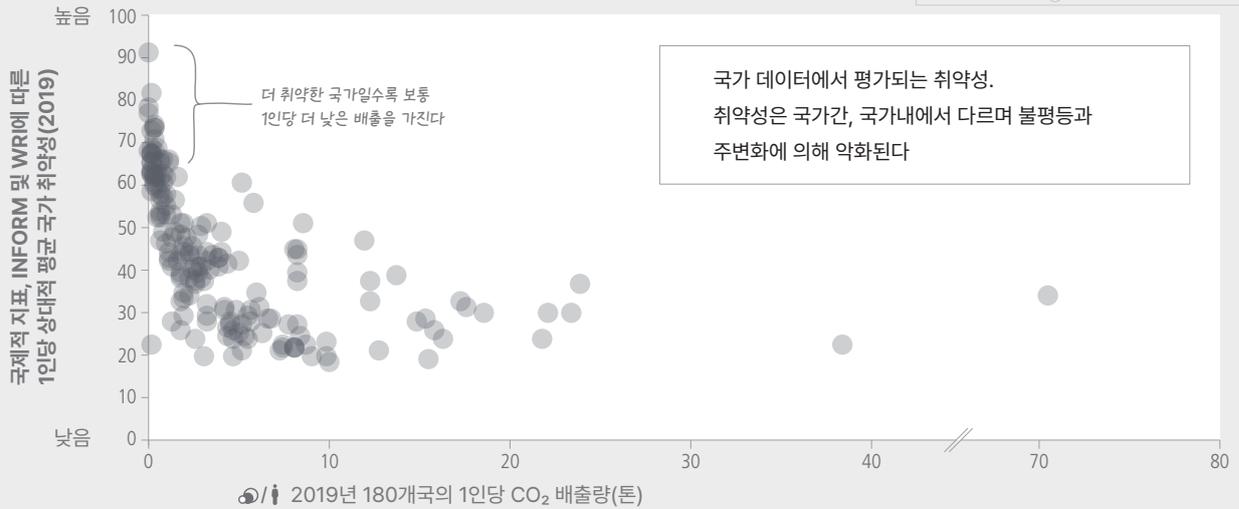
각 육각형은 지역에 부합한다

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	중·남미	유럽	북미	북극 지역
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	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
	산불로 인한 열, 영양실조 및 피해	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
	정신 건강	●●	-	●●	/	●●	●●	-
	이주	●●	●●	●●	/	●●	●●	●●
도시, 정주지 및 기반시설	내륙 홍수 및 관련 피해	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
	홍수/폭풍에 의한 연안 지역 피해	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
	기반시설 피해	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
	주요 경제 부문 피해	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
생태계 구조 변화	육상	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
	담수	●●	●●	●●	-	●●	●●	●●
	해양	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
종 범위 이동	육상	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
	담수	●●	-	●●	-	●●	●●	●●
	해양	●●	●●	-	●●	●●	●●	●●
계절적 변화(생물 기후학)	육상	●●	-	●●	-	●●	●●	●●
	담수	●●	●●	-	-	●●	●●	-
	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 CO₂-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 식단⁷⁷으로 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 불안⁷⁸에 노출되었고 물 안보가 약화되었으며, 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; SRCCL SPMA.2.8, SRCCL 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 현상⁷⁹으로 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 ES}

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}.

⁷⁷ 균형 잡힌 식단은 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. {WGIII SPM 각주 32}.

⁷⁸ 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. {WGIII SPM 각주 30}

⁷⁹ 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 관련된 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 날씨는 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 현상⁸⁰가능성을 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 CO²-LULUCF를 제외한 전지구 평균(6.9 tCO₂-eq)보다 훨씬 낮은 최빈국 및 군소도서개발국(각각 1.7 tCO₂-eq, 4.6 tCO₂-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, 거버넌스⁸¹에 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}

⁸⁰ 부속서 1 참조: 용어집

⁸¹ 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 31}.

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 데 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 피해⁸²는 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 키파리 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 E5, 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)**.

⁸² 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 추적된 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 CO₂-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 CO₂, GHG 및 소비 기반 CO₂ 절대 배출량 감축을 지속했다(높은 신뢰도). 일부 국가는 정점 이후 생산 기반 GHG 배출을 1/3 이상 감소시켰고 일부 국가는 연속적으로 약 4%yr⁻¹의 감소율을 달성했다(높은 신뢰도). 여러 줄의 증거에 따르면 완화 정책으로 인해 몇몇 GtCO₂-eq yr⁻¹의 전지구적 배출을 방지할 수 있었다(중간 신뢰도).

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

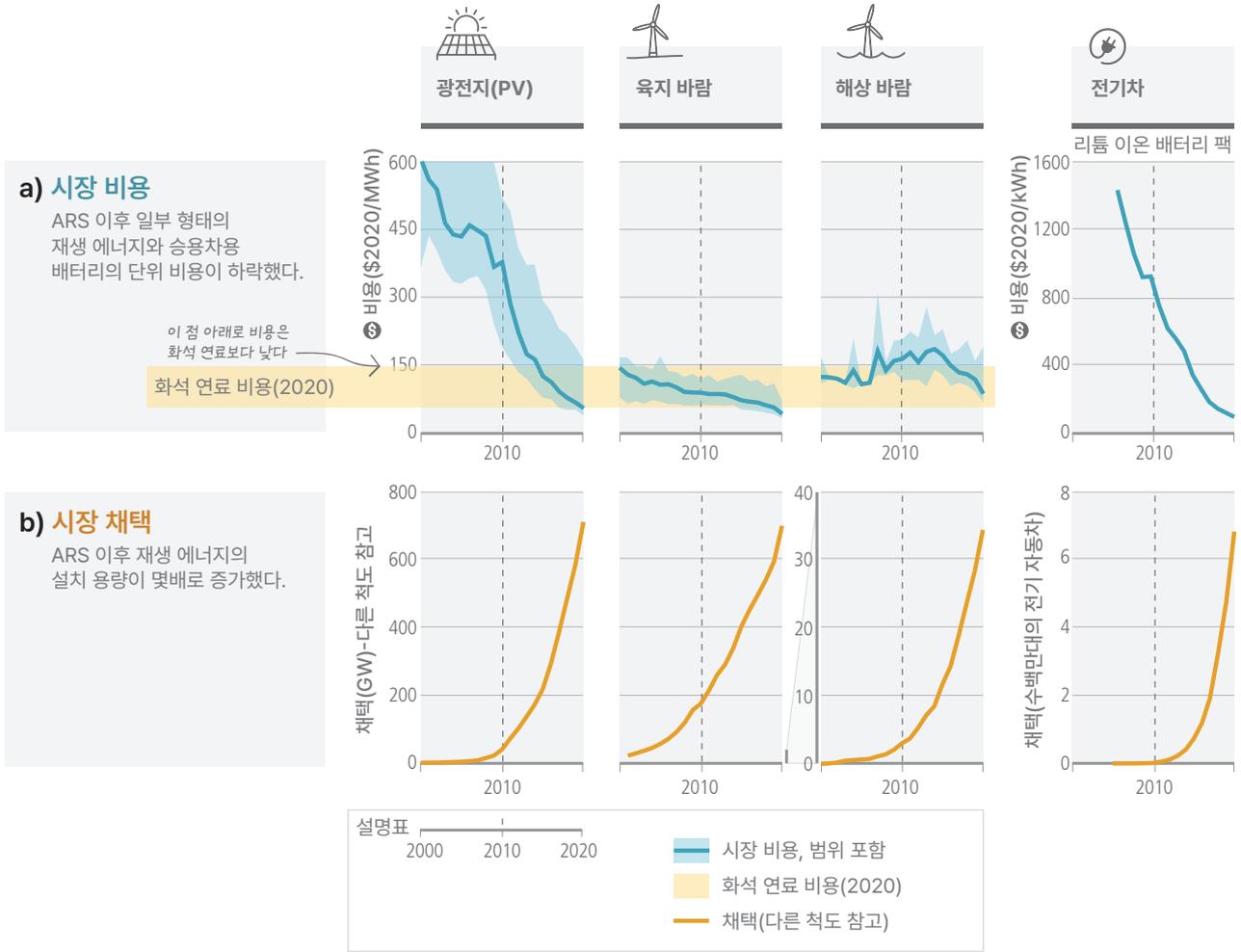


그림 2.4: 빠르게 변화하는 일부 완화 기술에서 단가 절감 및 사용. 상단 패널(a)은 빠르게 변화하는 일부 완화 기술에 대한 에너지 단위당 전지구 비용(USD/MWh)을 보여준다. 파란색 실선은 각 연도의 평균 단가를 나타낸다. 하늘색 음영 영역은 5번째와 95번째 백분위수 사이의 범위를 나타낸다. 노란색 음영은 2020년 새로운 화석 연료(석탄 및 가스) 전력의 단위 비용 범위를 나타낸다(MWh당 USD 55~148에 해당). 2020년에는 세 가지 재생 에너지 기술의 균등화 비용(LCOE)이 여러 곳에서 화석 연료와 경쟁할 수 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 GtCO₂-eq yr⁻¹의 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 GtCO₂-eq yr⁻¹로 추정된다(중간 신뢰도). 이러한 감축량은 전지구 배출 증가량을 부분적으로 상쇄했을 뿐이다(높은 신뢰도). {WGIII 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 문서화된⁸³ 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, 불편함 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 C1.1}

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 공격 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 리스크⁸⁵를 줄이는 데 효과적인⁸⁴ 적응 옵션이 있으며 지속가능발전 및 다른 사회적 목표에 긍정적으로 기여한다. 농업 부문에서 품종 개량, 농장 내 물 관리 및 저장, 토양 수분 보존, 관개⁸⁶, 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 적응⁸⁷ 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).

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

⁸⁴ 여기서 효과성은 기후 관련 리스크를 줄이기 위해 적응 옵션이 예상되거나 관측되는 정도를 의미한다.

⁸⁵ 부속서 I 참조: 용어집

⁸⁶ 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).

⁸⁷ 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 기간에서⁸⁸ 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.⁸⁹ 이러한 진전에도 불구하고, 적응 격차⁹⁰는 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

COP26⁹¹ 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).⁹² 배출 격차의 크기는 지구온난화 수준과 NDC⁹³의 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 가정할 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'⁹⁴를 나타낸다(높은 신뢰도)(표 2.2, 그림 2.5). 2020년 말까지 이행된 정책에 의해 암시된 예상 전지구 배출량은 2030년에 57 (52~60) GtCO₂-eq이다(표 2.2). 이는 NDC와 비교하여 2030년에 4 ~ 7 GtCO₂-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}

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

⁸⁹ 시나리오 및 경로에 대한 논의는 CSB.2를 참조한다.

⁹⁰ 부속서 I 참조: 용어집

⁹¹ 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}

⁹² 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}

⁹³ 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}

⁹⁴ 이행 격차는 현재 제정된 정책과 조치가 공약에 도달하는 데 얼마나 부족함을 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 저감⁹⁵없이 기존 화석 연료 기반시설의 수명 동안 예상되는 미래 누적 CO₂ 배출량은 오버슈트 없거나 제한이면서 온난화를 1.5°C 로 제한(>50%)하는 경로에서의 총 누적 순 CO₂ 배출량을 초과한다. 이는 83%⁹⁶의 가능성으로 온난화를 2°C로 제한하는 경로에서의 총 누적 순 CO₂ 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 연구⁹⁷에서 가정한 2019년 배출량 52~56 GtCO₂-eq yr⁻¹을 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 ₂ -eq/yr)	COP26 이전에 알려진 국가 결정 기여(NDCs)에 의해 암시됨	
		무조건적인 요소 (GtCO ₂ -eq/yr)	조건적 요소 포함 (GtCO ₂ -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 GtCO₂-eq/yr를 기반으로 한다. (중간 신뢰도)

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

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

⁹⁷ 경로 전반에 걸친 2019년 조화된 GHG 배출량 범위[53~58 GtCO₂-eq]는 WGIII 2장에서 평가한 2019년 배출량의 불확실한 범위[53~66 GtCO₂-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.

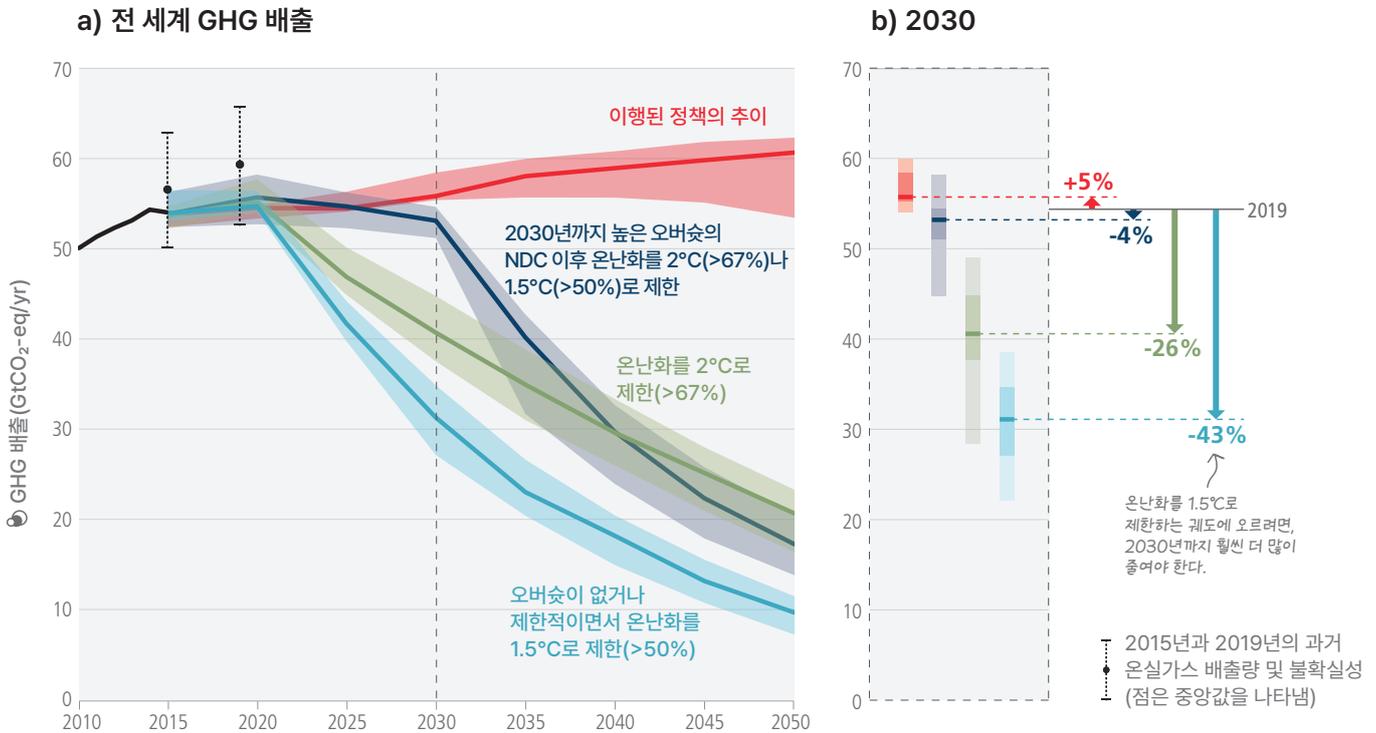


그림 2.5 모델링된 경로(패널 a의 갈래기)의 전지구 GHG 배출량과 2030년 단기 정책 평가에서 예상되는 배출 결과(패널 b). 패널 a는 2015~2050년 동안 평가된 네 가지 유형의 모델링된 전지구 경로에 대한 전지구 GHG 배출량을 보여준다.

- 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 CO₂와 동일하다. {WGIII 그림 SPM.4, WGIII 3.5, 4.2, 표 4.2, 표 4.3, Cross-Chapter Box 4 챗터 4 (표 3.1, Cross-Section Box.2)}

Cross-Section Box.1: 넷제로 CO₂와 넷제로 GHG 배출에 대한 이해

인간이 초래한 지구온난화를 특정 수준으로 제한하는 것은 넷제로 또는 순 네거티브 CO₂ 배출에 도달하고 다른 GHG 배출을 크게 줄이면서 누적 CO₂ 배출량을 제한하는 것을 요구한다(3.3.2 참조). 미래의 추가적인 온난화는 과거와 미래의 누적 CO₂ 배출이 주도하는 전체 온난화와 함께 미래 배출에 달려있다 {WGI SPM D.1.1, WGI 그림 SPM.4; SR1.5 SPM A.2.2}.

넷제로 CO₂ 배출에 도달하는 것은 넷제로 GHG 배출에 도달하는 것과는 다르다. GHG 바스켓에 대한 넷제로 시점은 비CO₂ 배출량을 CO₂ 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 CO₂ 및 가중되어 환산된⁹⁸ 비CO₂ GHG 배출량이 장기간 저장된 CO₂ 제거량과 균형을 이루어야 한다(높은 신뢰도). 농업에서 발생하는 CH₄ 및 N₂O와 같은 일부 비 CO₂ 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 CO₂ 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.

⁹⁸ 위의 각주 12 참조.

많은 국가들이 금세기 중반까지 넷제로 GHG 또는 넷제로 CO₂ 배출을 달성하겠다는 의사를 밝혔다(Cross-Section Box 1). 100개 이상의 국가가 넷제로 GHG 또는 넷제로 CO₂ 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 Ⅱ 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 적용을 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 특정한 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 감소시킨다⁹⁹(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 한계¹⁰⁰는 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 오적응¹⁰¹의 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.

⁹⁹ 부속서 I 참조: 용어집.

¹⁰⁰ 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.

¹⁰¹ 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 여성 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 적용 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 경로¹⁰²는 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.¹⁰³ {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 수준¹⁰⁴과 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 SSP¹⁰⁵에 기반한 다섯가지 예시 시나리오에 대한 기후 대응을 평가했다. 이러한 시나리오는 사회 경제적 가정, 기후 완화 수준, 토지 이용 및 에어로졸과 비CH₄ 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 CO₂ 배출을 포함한다¹⁰⁶. 중간 GHG 배출 시나리오(SSP2-4.5)에서는 세기 중반까지 CO₂ 배출이 현재 수준으로 유지된다. 매우 낮거나 낮은 GHG 배출량 시나리오(SSP1-1.9 및 SSP1-2.6)에서는 CO₂ 배출량이 각각 2050년과 2070년경에 넷제로로 감소한 후 다양한 수준의 음의 CO₂ 순 배출량이 뒤따른다. 또한 대표 농도 경로(Representative Concentration Pathways, RCP)¹⁰⁷는 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 가능성¹⁰⁸)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 업데이트되었다¹⁰⁹. {WGIII Box SPM. 1, WGIII 표 3.1} (표 3.1, Cross-Section Box.2, 그림 1)

¹⁰² 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}

¹⁰³ 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}

¹⁰⁴ 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 Box SPM. 1}

¹⁰⁵ SSP 기반 시나리오는 SSPx-y로 지칭되며, 여기에서 'SSPx'는 시나리오의 근간이 되는 사회경제적 추세를 설명하는 공동사회경제경로를 의미하고, 'y'는 2100년에서 시나리오에서 나타난 복사강제력의 수준(평방미터당 와트 또는 Wm⁻²)을 의미한다. {WGI SPM 각주 22}

¹⁰⁶ 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}

¹⁰⁷ RCP 기반 시나리오를 RCPy라고 하며, 여기에서 'y'는 2100년 시나리오에서 발생한 대략적인 복사 강제력 수준(제곱미터 당 와트 또는 Wm⁻²)을 나타낸다. {WGII SPM 각주 21}

¹⁰⁸ 이 보고서에서 '>50%'로 표시됨.

¹⁰⁹ 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 요인¹¹⁰의 변화에 대한 지리적 패턴과 지구온난화 수준¹¹¹에 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

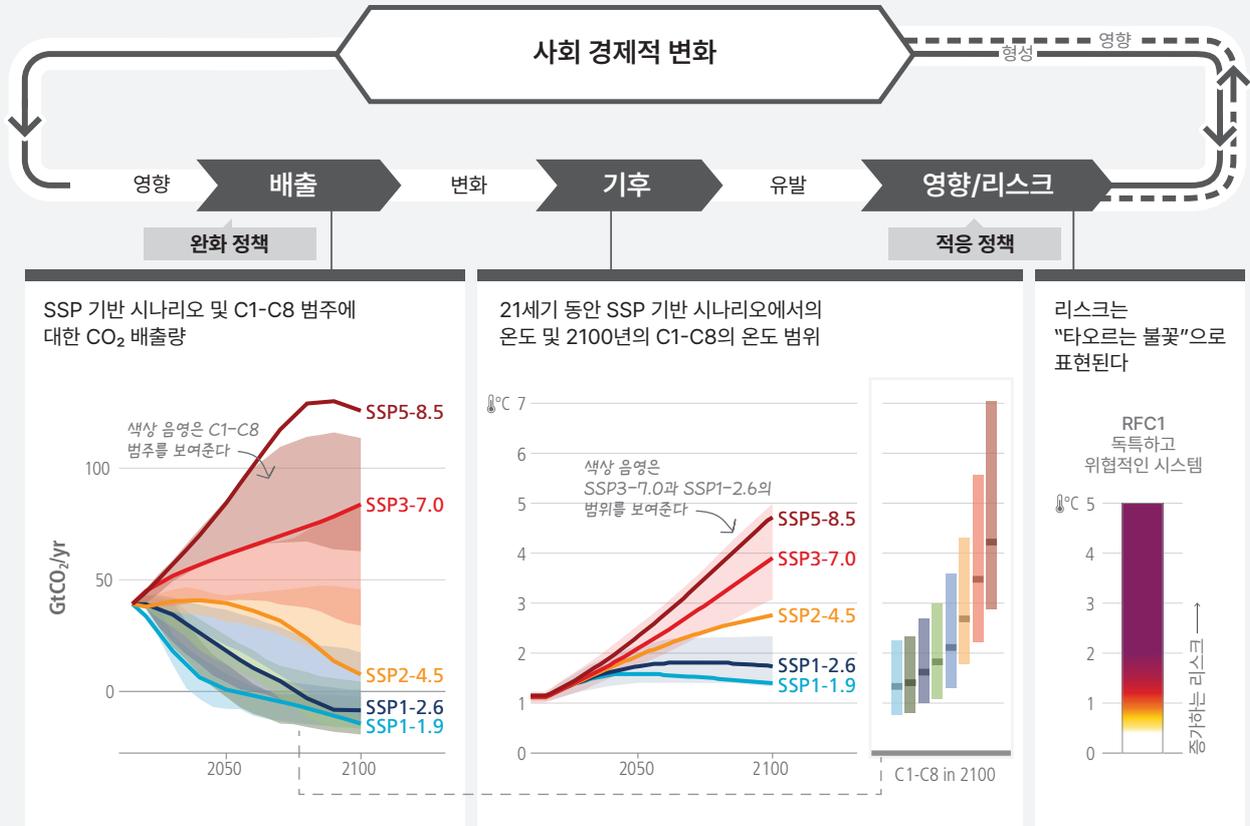
기후 관련 위해, 노출 및 영향을 받는 인간 사회, 종, 또는 생태계의 취약성 간의 역동적인 상호작용은 기후변화로 인해 발생하는 리스크를 초래한다. AR6는 부문 및 지역 전반에 걸쳐 주요 리스크를 평가할 뿐만 아니라 우려 요인(Reasons for Concern; RFC)에 대한 업데이트된 평가를 제공한다. 이는 전지구 지표면 온도 상승에 따른 리스크 발생을 평가하는 전지구적으로 집계된 다섯가지 리스크 범주이다. 대응이 의도한 목표를 달성하지 못하거나 다른 사회적 목표에 악영향을 미칠 때 기후변화 완화 및 적응 대응에서 리스크가 발생할 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)

¹¹⁰ 부속서 I 참조: 용어집

¹¹¹ 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

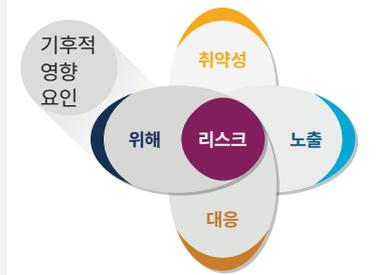
a) 미래 기후, 영향 및 완화에 관한 AR6 통합 평가 프레임워크



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^{-2})을 의미한다.

**AR6 WGI 및 WGII 평가에 부분적으로 영향을 미치는 AR5 시나리오(RCPy)는 대략 2100 복사 강제력 수준(Wm^{-2})의 유사한 집합으로 색인화된다. SSP 시나리오는 RCP보다 더 넓은 범위의 GHG 및 대기 오염 물질 미래를 다룬다. 이들은 서로 다른 GHG에 대한 농도 계획의 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. CO₂ 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 증거¹¹²를 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 CO₂가 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 다양하다¹¹³. {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 CH₄의 강력한 배출 감소를 포함하여 넷제로 CO₂ 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 있다¹¹⁴. 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, CO₂ 배출량은 2050년경에 넷제로에 도달하고 세기말 온난화의 최고 추정치는 1.4°C이다. 향후 수십년 동안 CO₂ 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 것이다¹¹⁵(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)¹¹⁶. {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 Ⅲ 그림 SPM.5, WGI Ⅲ Box SPM.1 그림 1, WGI Ⅲ 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).

¹¹² 기후 과정, 도구 기록, 고기후 및 모델 기반 긴급 제약에 대한 이해(부속서 I 참조: 용어집). {WGI SPM 각주 2}

¹¹³ 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)

¹¹⁴ 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)

¹¹⁵ Cross-Section Box 2. 참조

¹¹⁶ 추가 시나리오에 기반

높거나 매우 높은 GHG 배출 시나리오(SSP3-7.0 및 SSP5-8.5)에서, CH₄, 에어로졸 및 오존 전구체와 같은 SLCF 배출의 결합된 변화는 2019년 대비 2100년까지 0.4°C~0.9°C의 순 지구온난화로 이어질 가능성이 높다. 이것은 CH₄, 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, CH₄ 및 기타 오존 전구체의 감소는 순 냉각으로 이어지는 반면, 인위적인 냉각 에어로졸의 감소는 순 온난화로 이어진다(높은 신뢰도). 전체적으로, 이는 2019년 대비 2100년의 SCLF 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 강력한 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 강수량¹¹⁷, 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 없다¹¹⁸(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 날씨¹¹⁹의 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}

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

¹¹⁸ 부속서 I 참조: 용어집.

¹¹⁹ 부속서 I 참조: 용어집.

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

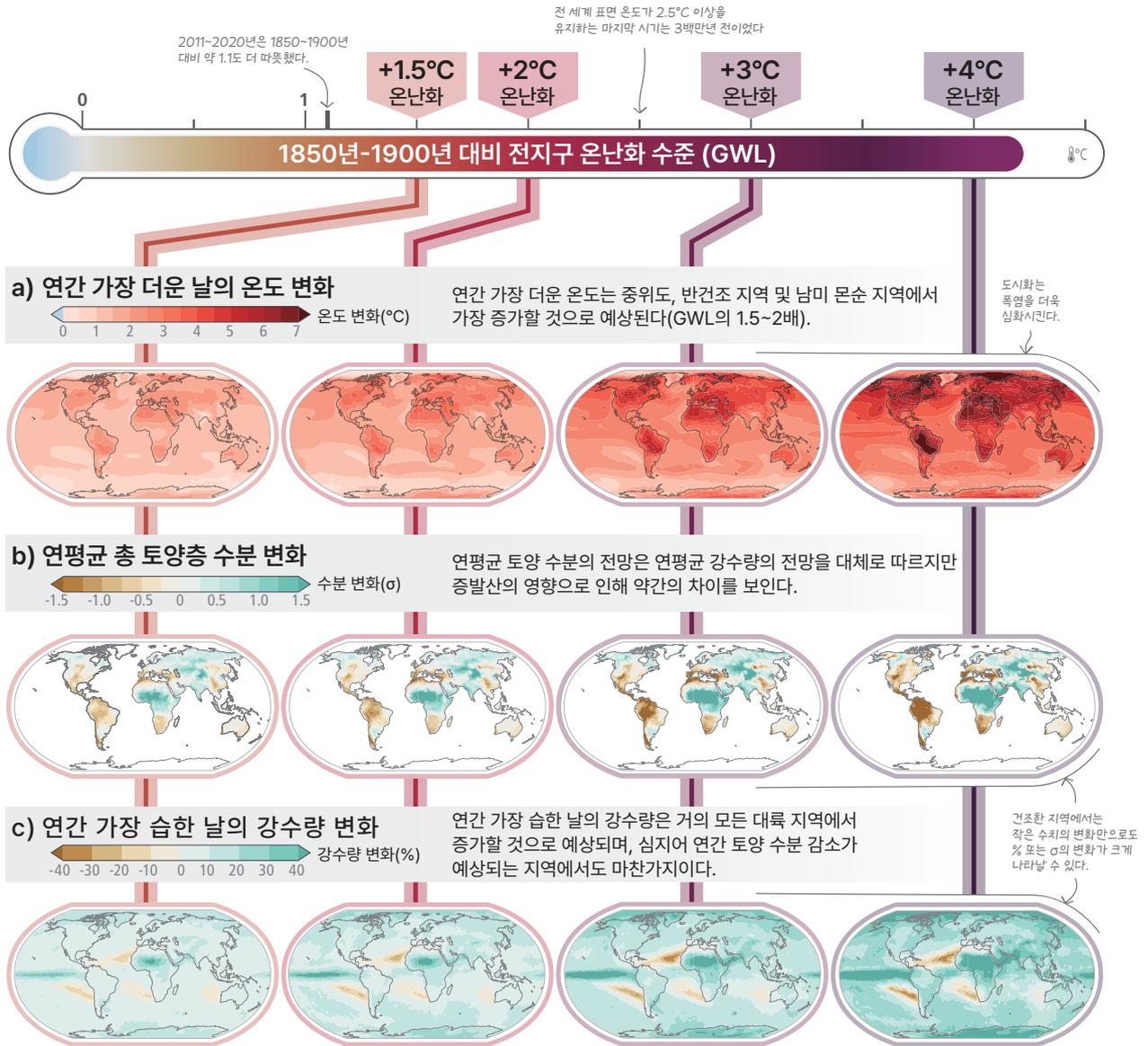


그림 3.1: 연간 최대 일일 기온의 예상 변화, 평균 총 토양 수분 CMIP, 1850~1900년 대비 1.5°C, 2°C, 3°C, 4°C의 지구온난화 수준에서 연간 최대 일일 강수량. 시뮬레이션된 (a) 연간 최대 온도 변화, (b) 연간 연평균 총 토양층 수분 변화 (표준 편차), (c) 연간 일일 최대 일일 강수량 변화(%). 변경 사항은 CMIP6 다중 모델 중앙값 변경 사항에 해당한다. 패널 (b)와 (c)에서 건조 지역의 큰 양의 상대적 변화는 작은 절대적 변화에 해당할 수 있다. 패널 (b)에서, 단위는 1850~1900년 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)¹²¹에 대한 리스크 수준¹²⁰은 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 오버슛으로 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)

¹²⁰ 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}

¹²¹ 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 질병률 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}

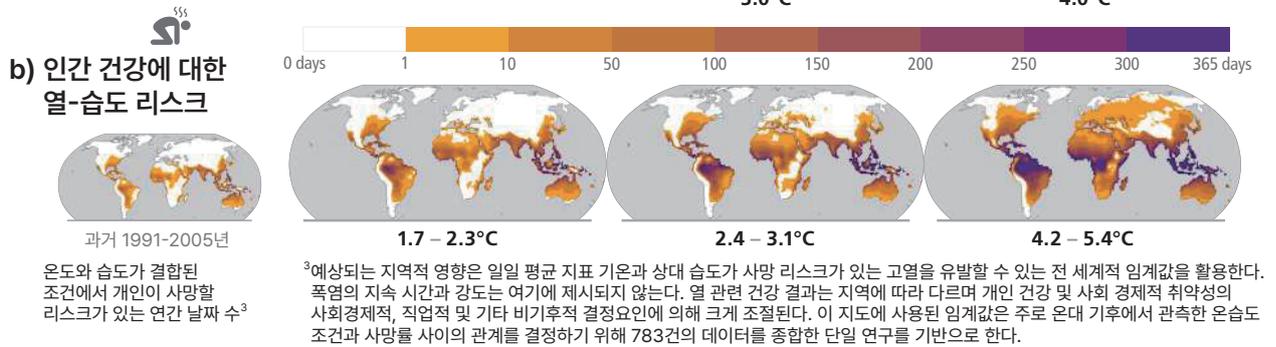
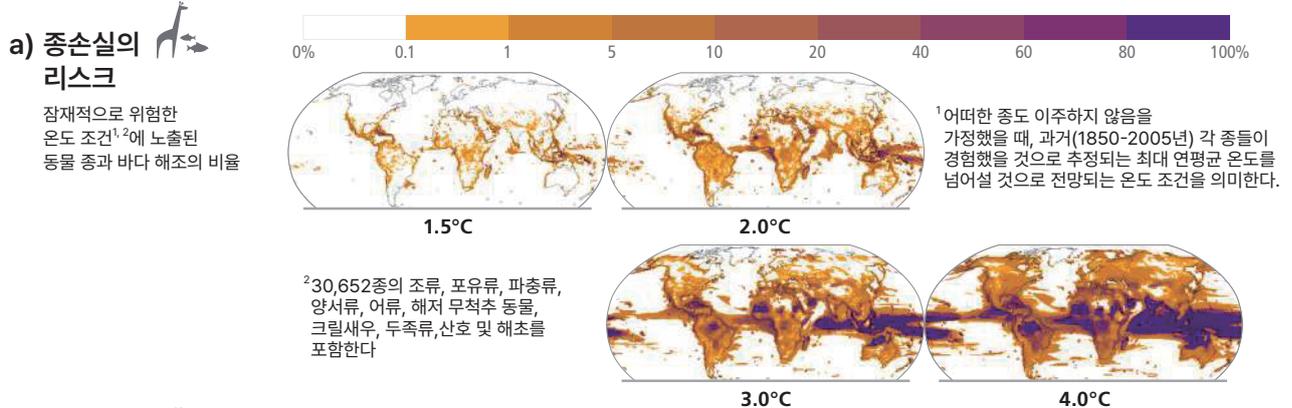
온난화가 심화될 때마다, 기후변화의 영향과 리스크는 점점 더 복잡해지고 관리하기 어려워질 것이다. 동시다발적인 폭염과 가뭄, 복합 홍수 및 화재 날씨와 같이 지구온난화가 심해지면 많은 지역에서 복합적인 현상들의 확률이 증가할 것으로 예상된다. 게다가, 생물다양성 손실이나 폭력적인 분쟁과 같은 다양한 기후 및 비기후 리스크 요인이 상호작용하여 전반적인 리스크와 부문 및 지역에 걸쳐 연속적인 리스크가 복합적으로 작용할 것이다. 또한, 일부 배출 감소 및 이산화탄소 제거(CDR)조치의 부작용과 같이 기후변화의 리스크를 줄이기 위한 일부 대응에서 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 접근법¹²²에 기반하며 높은 CO₂ 배출 시나리오에서 SRM의 갑작스럽고 지속적인 종료는 급속한 기후변화를 유발할 것이다(높은 신뢰도). SRM은 대기중 CO₂ 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}

¹²² 성층권 에어로졸 주입, 해양 구름 밝기, 지상 기반 알베도 수정 및 해양 알베도 변화를 포함하여 여러 SRM 접근법이 제안되었다. 부속서 | 참조: 용어집.

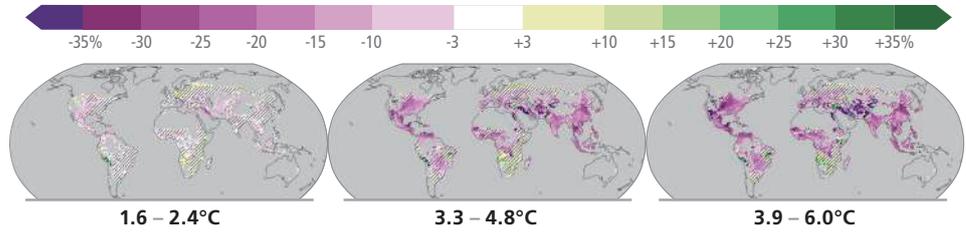
미래 기후변화는 자연과 인간 시스템에 걸쳐 영향의 강도를 증가시킬 것으로 예상되며 지역적 차이를 증가시킬 것이다

추가적인 적응이 없다면 나타날 영향들의 예시



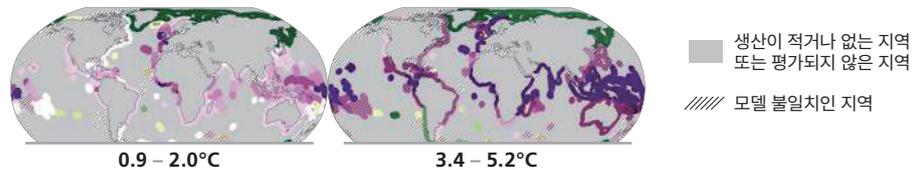
c) 식량 생산 영향

c1) 옥수수 산출량⁴
산출량의 변화(%)



⁴예상되는 지역적 영향은 변화하는 온도, 강수량, 일사량, 습도, 바람, 현재 경작지의 성장 및 수분 유지에 대한 CO₂ 증가에 대한 생물 물리학적 반응을 반영한다. 모델은 관개 지역이 물 제한이 없다고 가정한다. 모델은 해충, 질병, 미래의 농업 기술 변화 및 일부 극한 기후 반응을 나타내지 않는다.

c2) 어업수득률⁵
최대 어획 잠재력의 변화(%)

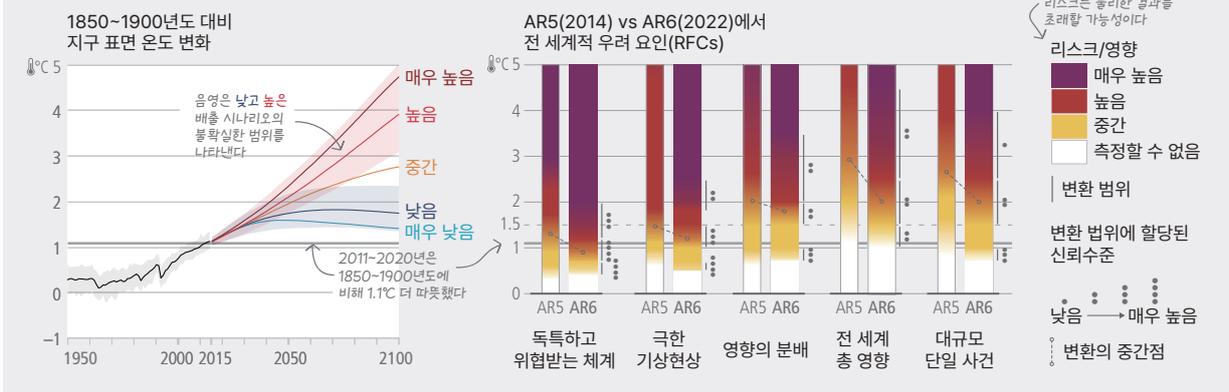


⁵예상되는 지역적 영향은 온도, 산소 수준 및 순 1차 생산과 같은 해양의 물리적 및 생지화학적 조건에 대한 어업 및 해양 생태계 반응을 반영한다. 모델은 어업 활동의 변화를 나타내지 않으며 일부 극한 기후 조건을 나타내지 않는다. 북극 지역의 예상되는 변화는 다중으로 상호 작용하는 요인과 생태계 반응을 모델링하는 것과 연관된 불확실성으로 인해 낮은 신뢰도를 갖는다.

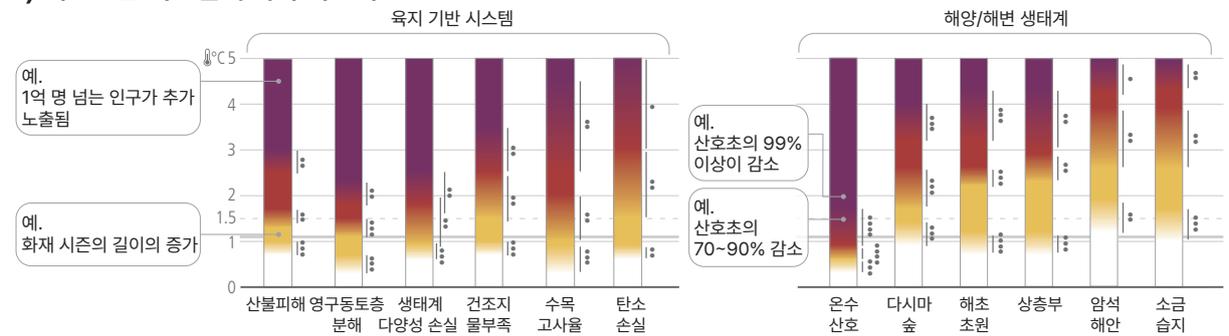
그림 3.2: 1850~1900년 수준과 비교하여 다양한 지구온난화 수준(GWL)에서 자연계 및 인간계에 대한 기후변화의 예상 리스크 및 영향. 지도에 표시된 예상 리스크 및 영향은 추가적인 조정없이 각 영향 지표를 예상하는 데 사용된 전지구 시스템 모델의 다양한 하위 집합의 결과를 기반으로 한다. WGII는 이러한 예상과 추가 증거를 사용하여 인간계 및 자연계에 미치는 영향에 대한 추가 평가를 제공한다. (a) 1.5°C, 2°C, 3°C 및 4°C의 GWL에서 각 종이 경험한 추정된 역사적(1850~2005) 최대 연간 평균 기온을 넘어서는 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 2081~2100년까지 GWL. 해칭은 두 기후 어업 모델이 변화 방향에서 일치하지 않는 부분을 나타낸다. 저수의 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

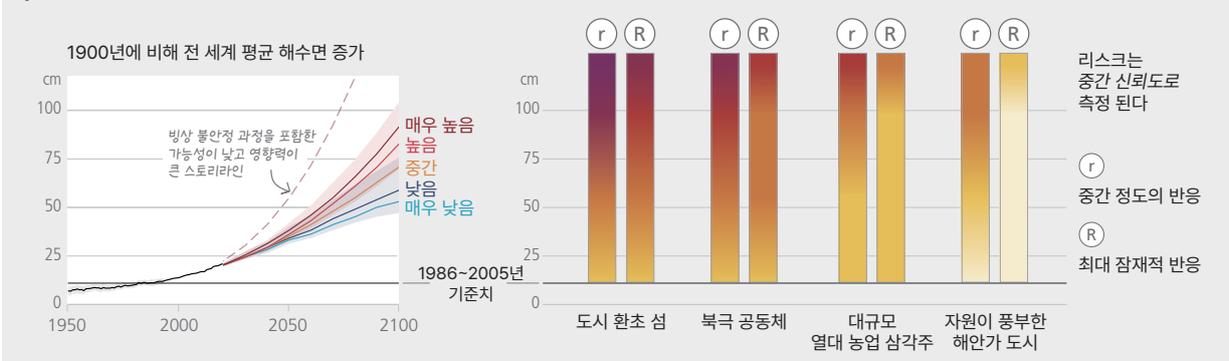
a) 낮은 지구온난화 수준에서 높은 리스크가 발생할 것으로 평가된다



b) 리스크는 시스템에 따라 다르다

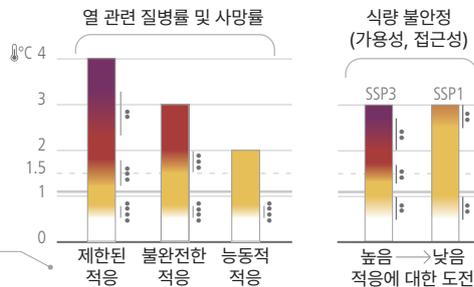


c) 해면 기후의 리스크는 해수면 상승에 따라 증가하고 반응에 의존한다



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

제한된 적응(능동적으로 적응 실패; 건강 시스템에 낮은 투자);
 불안정한 적응(불안정한 적응 계획; 건강 시스템에서 중간 투자);
 능동적 적응(능동적 적응 관리; 건강 시스템에서 더 높은 투자)



SSP1 경로는 낮은 인구 성장, 높은 소득, 감소된 불평등, 낮은 GHG 배출 시스템에서 생산된 식량, 효율적인 토지 이용 규제 및 높은 적응 능력(즉, 적응에 대한 낮은 도전)을 가진 세계를 보여준다. SSP3 경로는 반대의 경향을 갖는다.

e) 다른 지역에서 주요 리스크의 예시

리스크 도표가 없다는 것은 지역 내에 리스크가 없다는 것을 의미하지 않는다. 변화의 방향 불확실성, 지역 내의 기후 및 사회 경제적 맥락의 다양성과 서로 다른 운난화 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	<ul style="list-style-type: none"> - 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 이권 압초 및 비암초 섬의 거주가능성 감소 - 거의 대부분의 작은 섬에서 물 안정성의 리스크
북미	<ul style="list-style-type: none"> - 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 약화 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	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - 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
오스트랄라시아	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - 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

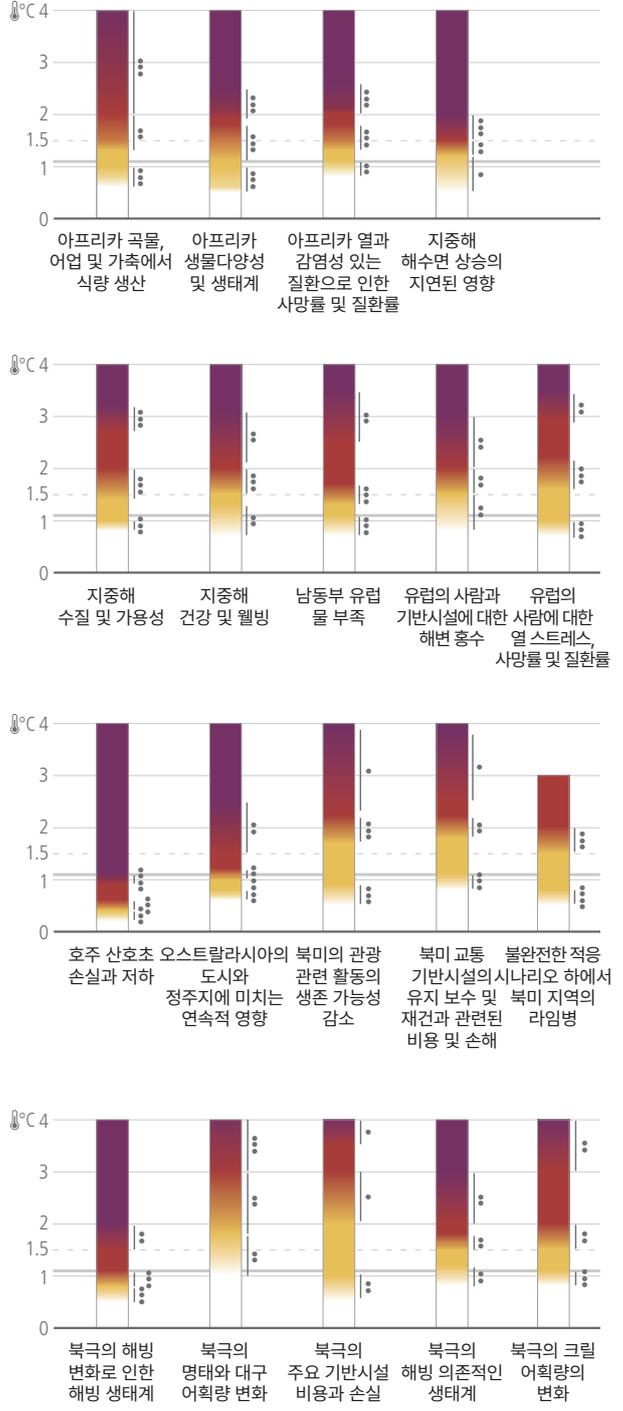


그림 3.3: 전지구 및 부문별 평가의 합성 리스크 다이어그램과 지역 주요 리스크의 예. 불타는 불씨는 문헌 기반 전문가 추출의 결과이다. **패널 (a): 왼쪽** - 1850~1900년 대비 전지구 온도 변화(°C 단위). 이러한 변화는 CMIP6 모델 시뮬레이션용 과거에 시뮬레이션된 온난화에 기반한 관측 제약 조건과 평형 기후 민감도의 업데이트된 평가를 결합하여 얻은 것이다. 낮고 높은 GHG 배출 시나리오에 대한 가능성이 매우 높은 범위가 표시된다 (SSP1-2.6 및 SSP3-7.0)(Cross-Section Box. 2). **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 중분 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 에뮬레이션용 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 위태(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 후 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 총만함, 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 중의 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 과정¹²³의 깊음 불확실성으로 인해 배제할 수 없으며 저고도 해안 지역의 연구에 심각한 영향을 미칠 것이다.

¹²³ 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}

섹션 3

지구온난화가 증가하면 일부 복합 극한 현상¹²⁴이 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)¹²⁵. 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 SPM C.3, WGII SPM C.3.3, WGII SPM C.3.4, WGII SPM C.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}

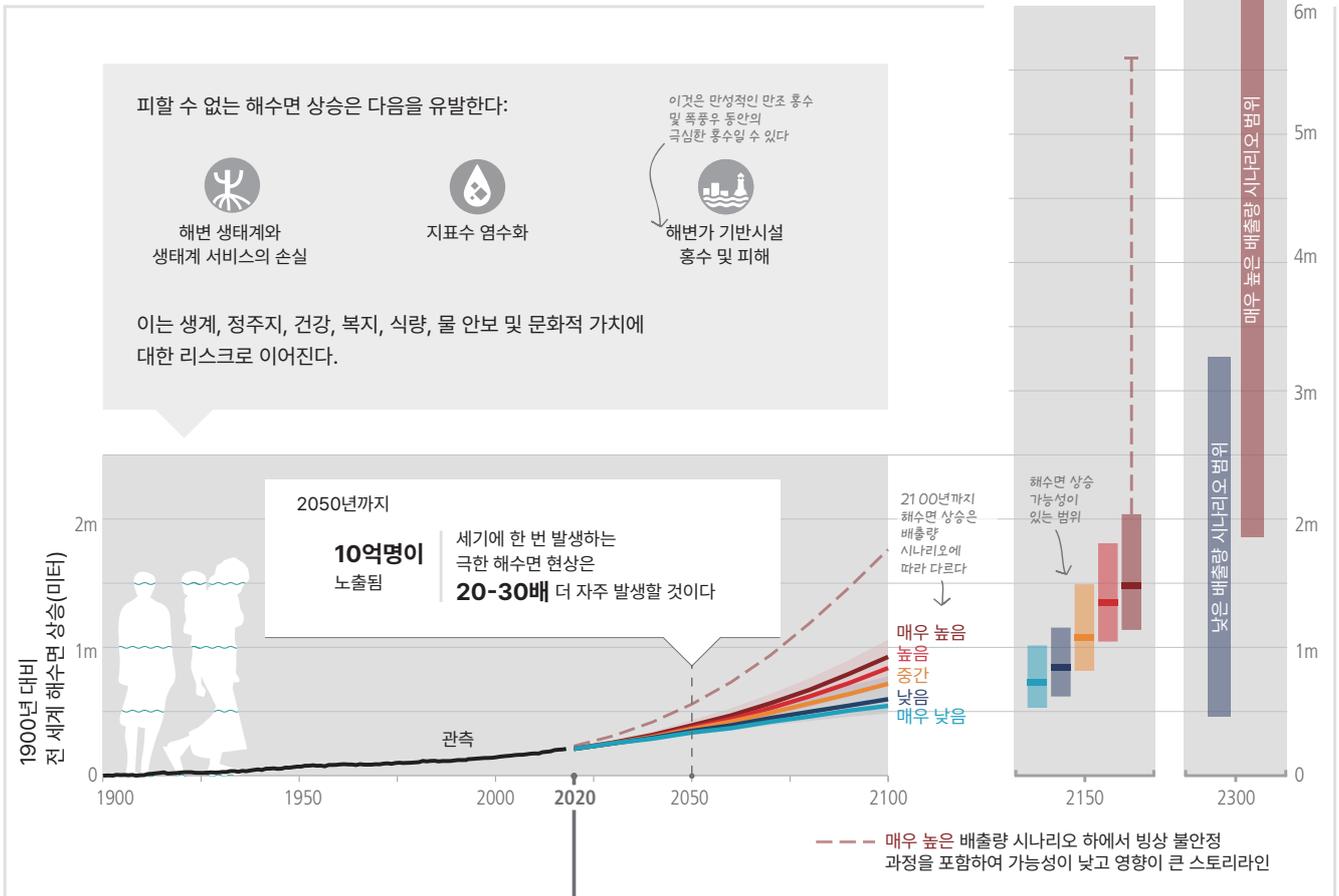
¹²⁴ 부속서 I 참조: 용어집. 복합 극한 현상의 예는 동시에 발생하는 폭염과 가뭄 또는 복합적인 홍수이다. {WGII SPM 각주 18}

¹²⁵ 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⁻¹를 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). {*WGI 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

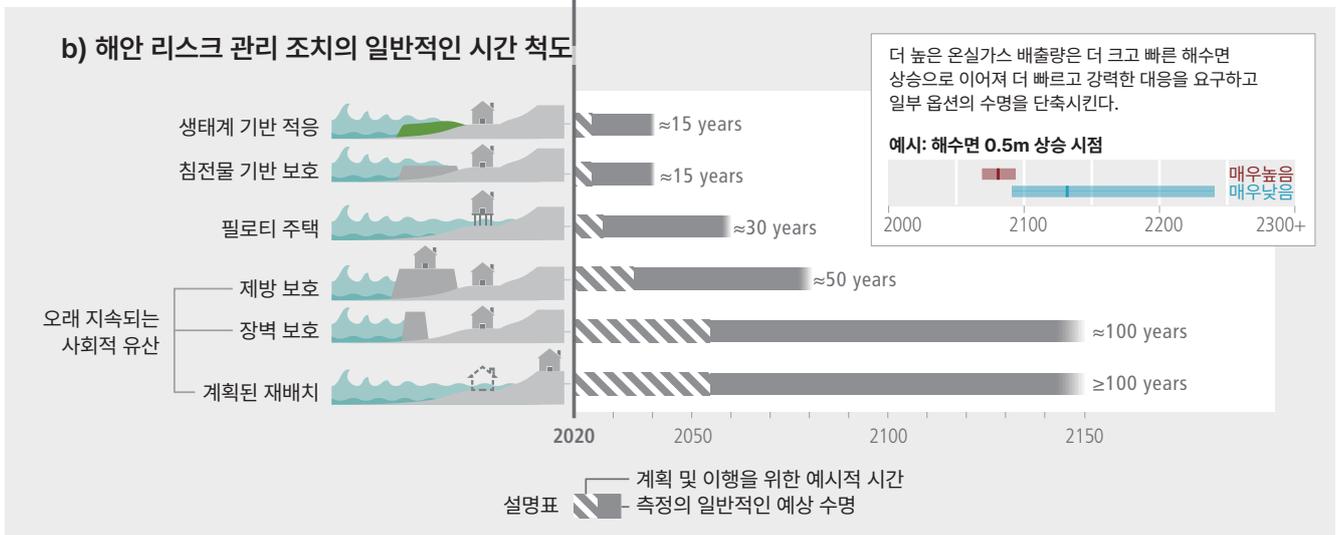


그림 3.4: 관측 및 예상되는 전지구 평균 해수면 변화와 그 영향, 연안 리스크 관리의 시간 척도. **패널 (a)**: 1900년 대비 미터 단위의 전지구적 평균 해수면의 변화. 역사적 변화(검은색)는 1992년 이전의 조석계와 이후의 고도계로 관측된다. 2100년과 2150년의 미래 변화(색깔 있는 선 및 음영)는 CMIP, 빙상 및 빙하 모델의 에뮬레이션을 기반으로 하는 관측 제약 조건으로 일관되게 평가되며, 고려된 시나리오에 대한 중앙값과 가능한 범위가 표시된다. 1995~2014년 대비 2050년까지 전지구 평균 해수면 상승 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 비해 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 주취된다. <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 10억면 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(삼화). 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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 배출량을 한정된 탄소배출허용총량 내로 제한¹²⁶해야 한다. 인간 활동에 의해 1000 GtCO₂가 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% 가능성¹²⁷으로 1.5°C로 제한하기 위한 잔여탄소배출허용총량(Remaining Carbon Budget; RCB)의 최선의 추정치는 500GtCO₂로 추정된다. 2°C(67% 가능성)의 경우 이것은 1150 GtCO₂이다.¹²⁸ 잔여탄소배출허용총량은 TCRE의 평가값과 그 불확실성, 역사적인 온난화 추정치, 영구 동토층 해동으로 인한 배출과 같은 기후 시스템 피드백, 전지구 인위적 CO₂ 배출량이 넷제로에 도달한 이후 전지구 지표면의 온도 변화, 부분적으로 완화된 조치로 인한 비 CO₂ 배출로 인한 예상 온난화의 변화를 기반으로 정량화 되었다. 비 CO₂ 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 비CO₂ 온난화¹²⁹에 따라 300~600GtCO₂ 사이에서 달라질 수 있다. 2020년이 시작하는 때부터 67%(또는 83%) 가능성으로 온난화를 2°C로 제한하는 것은 처음부터 1150(900) GtCO₂의 RCB를 의미한다. 50% 가능성으로 2°C 미만으로 유지하려면 RCB가 더 높아야 한다(예: 1350 GtCO₂¹³⁰). {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 CO₂ 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 CO₂ 배출량(2400±240 GtCO₂)은 50% 확률로 지구온난화를 1.5°C로 제한하는 것(중앙 추정치 약 2900 GtCO₂)에 대한 총 탄소배출허용총량의 약 4/5¹³¹이며, 67% 확률로 지구온난화를 2°C로 제한하는 것(중앙 추정치 약 3550 GtCO₂)에 대한 총 탄소배출허용총량의 약 2/3¹³²이다. {WGI II SPM.2; WGI III SPM B.1.3, WGI III II.2.1}

CO₂ 배출량이 증가하는 시나리오에서 육지와 해양에 의한 탄소 흡수는 대기중 CO₂ 축적을 늦추는 데 덜 효과적인 것으로 예상된다(높은 신뢰도). 자연 육지와 해양의 탄소 흡수원은 절대값 CO₂ 저배출 시나리오 대비 고배출 시나리오에서 점진적으로 더 많은 양의 CO₂를 흡수할 것으로 예상되지만, 이는 덜 효과적이다. 즉, 육지와 해양에 의한 배출량의 흡수 비율은 누적 CO₂ 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 CO₂ 농도가 정점에 도달했다가 감소하는 시나리오에서 육지와 해양은 감소하는 대기 CO₂ 농도에 대응하여 더 적은 탄소를 흡수하기 시작하고(높은 신뢰도) 매우 낮은 GHG 배출 시나리오에서 2100년까지 약한 순 배출원으로 변한다(중간 신뢰도)¹³³. {WGI SPM B.4, WGI SPM B.4.1, WGI SPM B.4.2, WGI SPM B.4.3}

¹²⁶ 부속서 | 참조: 용어집

¹²⁷ 이 가능성은 누적 순 CO₂ 배출량과 추가적인 전지구 시스템 피드백에 대한 일시적인 기후 대응의 불확실성을 기반으로 하여 지구온난화가 지정된 온도 수준을 초과하지 않을 확률을 제공한다. {WGI II SPM.1}

¹²⁸ 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: CO₂ 비료)로 인한 흐름을 포함하여 인위적인 토지 CO₂ 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}

¹²⁹ 중앙 사례 RCB는 엄격한 완화 시나리오에 따라 2010~2019년보다 약 0.1°C 이상의 미래 비 CO₂ 온난화(에어로졸 및 비 CO₂ GHG의 순 추가 기여)를 가정한다. 추가 비 CO₂ 온난화가 더 높으면 50%의 가능성으로 온난화를 1.5°C로 제한하는 RCB는 약 300 GtCO₂로 축소된다. 그러나 추가 비CO₂ 온난화가 오직 0.05°C로 제한된다면(심층 구조 및 행동 변화(예: 식이 변화)의 조합을 통해 CH₄ 및 N₂O의 더 강력한 감소를 통해) RCB는 1.5°C의 온난화에 대해 약 600GtCO₂가 될 수 있다. {WGI II SPM.2, WGI Box TS.7; WGI III Box 3.4}

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

¹³¹ 총 탄소배출허용총량에 대한 불확실성은 평가되지 않았으며 특정 계산 비율에 영향을 미칠 수 있다.

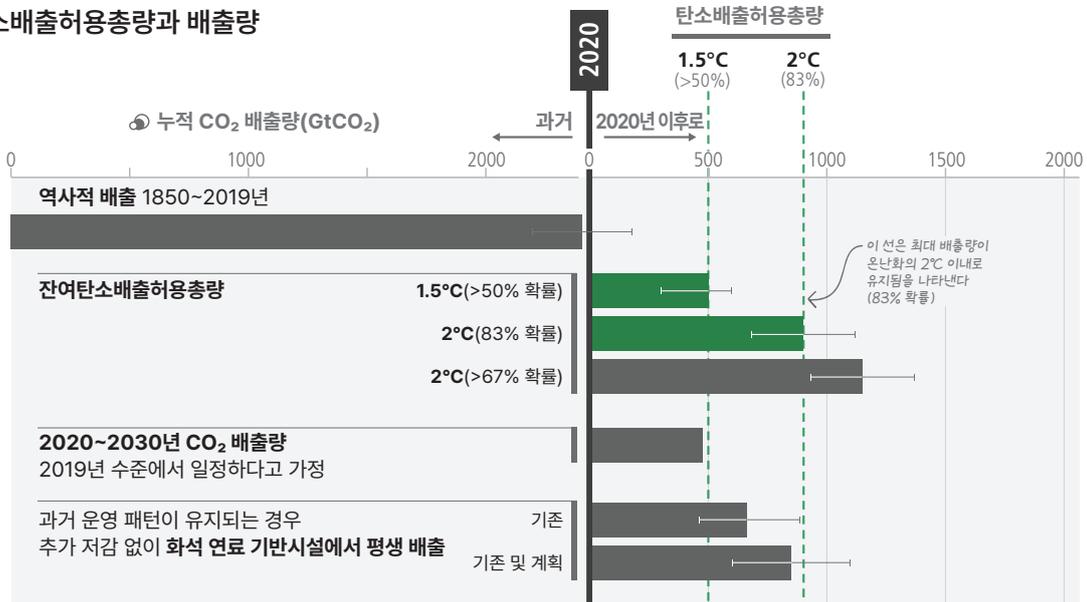
¹³² 각주 131 참조.

¹³³ 대기 중 CO₂ 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 CO₂가 지구온난화를 증가시킨다

b) 2050년까지 누적 CO₂ 배출량과 온난화

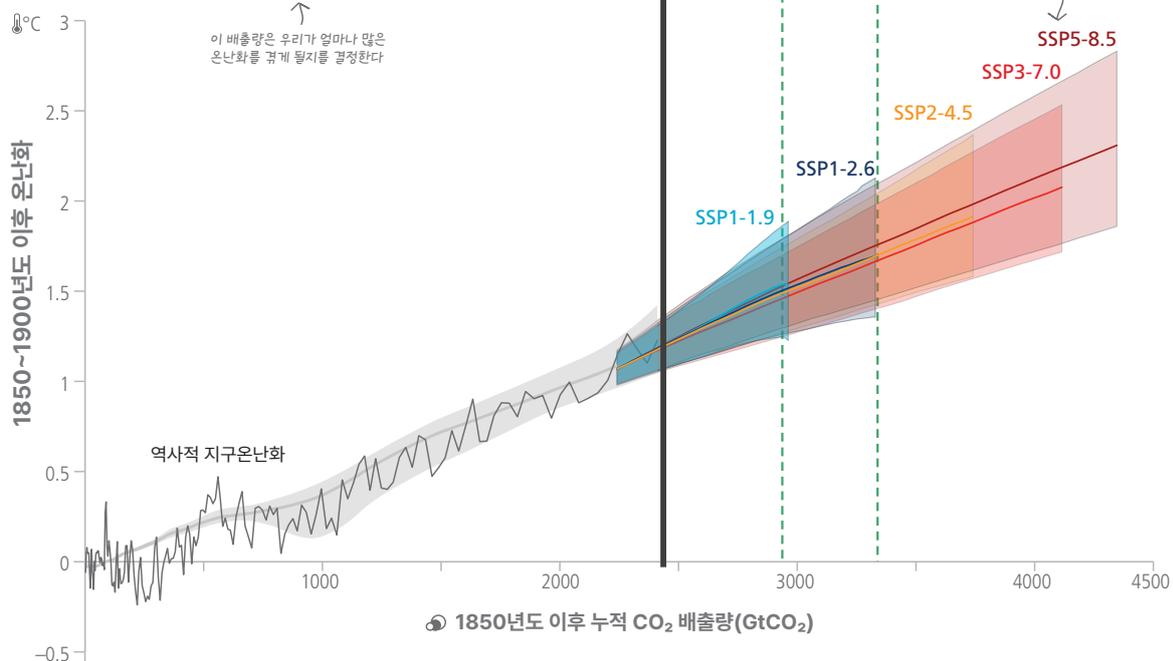


그림 3.5: 누적된 과거, 예상 및 사용된 배출량과 관련 전지구 온도 변화. 패널 (a) 2030년까지 지속되는 2019년 배출에 해당하는 누적 배출량과 기존 및 계획된 화석 연료 기반시설(GtCO₂)과 비교하여 83% 및 67% 가능성으로 1.5°C에서 2°C 미만은 아닐 확률이 높은 온난화를 제한하기 위한 평가된 잔여탄소배출허용총량. 잔여탄소배출허용총량의 경우 가는 선은 비CO₂ 온난화의 기여로 인한 불확실성을 나타낸다. 화석 연료 기반시설에서 평생 배출의 경우, 가는 선은 평가된 민감도 범위를 나타낸다. 패널 (b) 누적 CO₂ 배출량과 전지구 지표면 온도 상승 간의 관계. 과거 데이터(가는 검은색 선)는 1850~1900년 기간 대비 관측된 전지구 지표면 온도 증가 대비 과거 CO₂ 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 CO₂ 배출량의 함수로써 중앙값 측정치를 보여준다. 2050년까지의 예측은 각 시나리오의 누적 CO₂ 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 SPM B.7, SR1.5 SPM C.1.3}

표 3.1: 모델링된 전지구 배출 경로의 주요 특성. 예상되는 CO₂ 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 CO₂ 또는 GHG를 달성하는 것은 아니라는 점에 유의한다. {WGI 표 SPM.2}

범주 [# 경로]	예상되는 지구온난화 수준으로 분류된 모델링 된 지구 배출 경로. 자세한 가능성 정의는 SPM Box1에서 제공된다. AR6 WG1에서 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]			C2 [133]	C3 [311]	C3a [204]		C3b [97]	C4 [159]	C5 [212]	C6 [97]
		C1a [50]	C1b [47]	C1c [50]	C2 [133]	C3 [311]	C3a [204]	C3b [97]	C4 [159]	C5 [212]	C6 [97]	
p50 [p5~p95] ⁽¹⁾		오버슈트 없거나 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%)	
범주/하위 집합 레이블												
2019년 이후 GHG 배출 감소 ⁽²⁾	2030년	괄호 안의 5-50번째 백분위수와 함께 2019년 모델과 비교하여 시나리오 전반에 걸쳐 해당 연도 경로의 예상 온실가스 배출량 감소의 중앙값. 음수는 2019년 대비 배출량 증가를 나타낸다.	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		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]
넷제로 CO ₂ (% 넷제로 경로) 배출 단계 ⁽⁴⁾	이 범주의 경로에서 예상되는 CO ₂ 및 GHG 배출량이 넷제로에 도달하는 5년 간격 중앙값(대괄호에 있는 5-95번째 백분위수 간격). 넷제로 경로의 백분율은 등근 괄호 안에 표시된다. 세계의 점(...)은 해당 백분위수에 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) ⁽⁵⁾	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 ₂ 배출량[GtCO ₂] ⁽⁶⁾	2020년 넷제로 CO ₂	넷제로에 도달할 때까지나 2100년까지 이 범주의 예상 시나리오에 걸쳐 누적 순 CO ₂ 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 평균 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 배출원 및 활동에 대한 과정의 내부 일관성과 WGI의 물리적 기후 과학 평가를 기반으로 한 기온 예측과의 일관성을 보장한다(WGIII SPM 각주 49 참조). 음수 값(예: C5, C6)은 배출량 증가를 나타낸다. 2019년 모델링된 GHG 배출량은 55[53~58] GtCO₂-eq이므로 2019년 배출량 [53~66] GtCO₂-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 CO₂-eq의 GHG 배출량에 대한 교토 바스켓에 채워지고 집계된다. 각 경로에 대해 CO₂, CH₄ 및 N₂O 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 CO₂ 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 CO₂ 배출량에 도달함으로써 누적 CO₂ 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 CO₂, 메탄 및 기타 GHG 배출량을 줄여야 하며 이는 순 네거티브 CO₂ 배출을 의미한다¹³⁴. 이산화탄소 제거(CDR)는 순 네거티브 CO₂ 배출을 달성하는 데 필요할 것이다¹³⁵. 남아있는 인위적 CO₂ 배출량이 인위적 제거로 인해 장기간 저장된 CO₂와 균형을 이루어 전지구 넷제로 CO₂ 배출을 달성하는 것이 CO₂가 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 CO₂ 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 CO₂ 배출량을 의미하며 더 이른 정점 이후 지표 온도의 점진적인 감소를 초래할 것으로 예상된다(높은 신뢰도). 넷제로 CO₂ 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 CO₂ 배출량에 이어 넷제로 GHG 배출량의 시기는 원하는 기후 결과, 완화 전략 및 대상 가스를 포함한 여러 변수에 따라 달라진다(높은 신뢰도). 전지구 넷제로 CO₂ 배출량은 오버슈트이거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 경로에서는 2050년대 초에, 그리고 온난화를 2°C로 제한(>67%)하는 경로에서는 2070년대 초에 도달한다. 비 CO₂ GHG 배출량은 온난화를 2°C(>67%) 이하로 제한하는 모든 경로에서 크게 감소하지만, 약 8 [5~11] GtCO₂-eq y⁻¹의 CH₄, N₂O 및 F-가스의 잔류 배출량은 순 네거티브 CO₂ 배출에 의해 상쇄된 넷제로 GHG 시점에 남아있다. 결과적으로 넷제로 CO₂는 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)

¹³⁴ 100년간 지구온난화 잠재력으로 정의되는 넷제로 GHG 배출량. 각주 70 참조.

¹³⁵ 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 CO₂ 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

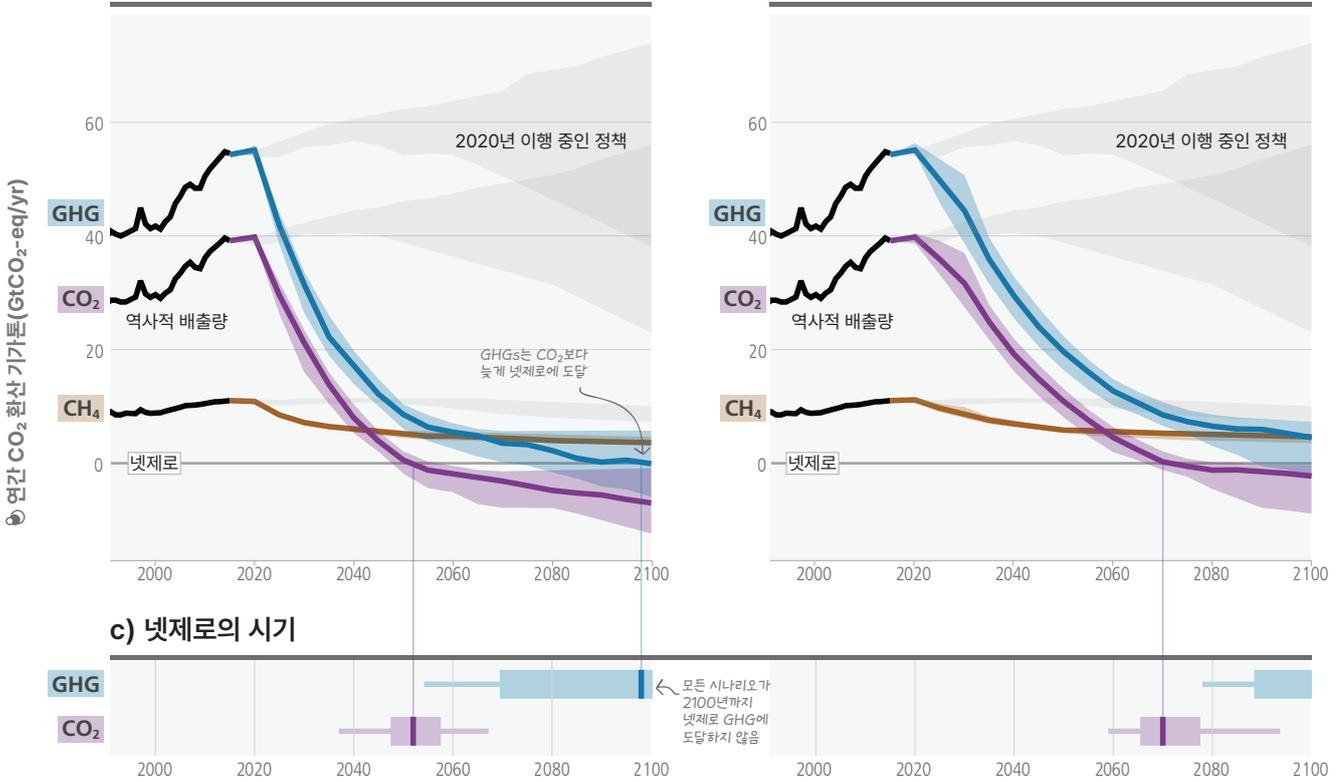


그림 3.6: 총 GHG, CO₂ 및 CH₄ 배출량과 다양한 완화 경로에서 넷제로에 도달하는 시기. 상단 열: 시간 경과에 따른 GHG, CO₂ 및 CH₄ 배출량(GtCO₂eq)과 역사적 배출량, 2020년 말까지 이행된 정책에 따른 예상 배출량(회색), 색상의 온도 목표와 일치하는 경로(각각 파란색, 보라색 및 갈색). **패널 (a)(왼쪽)**은 오버슈트(C1)이 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 경로를 보여주고 **패널 (b)(오른쪽)**은 온난화를 2°C로 제한(>67%)하는 경로를 보여준다(C3). **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 모델링된 경로에 대해 GHG 및 CO₂ 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 극각적인 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 CO₂ 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, 비CO₂ GHG 배출량 감소 및 CDR¹³⁶가 있다. 온난화를 2°C 이하로 제한하는 전지구적으로 모델링된 경로에서 2050년에는 거의 모든 전기가 CO₂ 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.

¹³⁶ CCS는 지질학적 저장이 가능한 경우 대규모 화석 기반 에너지 및 산업 자원에서 배출을 줄이는 옵션이다. CO₂가 대기에서 직접 포집(DACCS)되거나 바이오매스에서 포집(BECCS)될 때, CCS는 이러한 CDR 방법의 저장 구성 요소를 제공한다. CO₂ 포집 및 지하 주입은 가스 공경처리 및 원유회수증진에서 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 GtCO₂로 추정되며, 이는 지층 저장의 지역적 가용성이 제한 요인이 될 수 있지만, 지구온난화를 1.5°C로 제한하기 위한 2100년까지의 CO₂ 저장 요구 사항보다 많은 양이다. 지층 저장 장소를 적절하게 선택하고 관리하면 CO₂를 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 CO₂ 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 CO₂ 또는 넷 GHG 배출량을 낮추는 것, 넷제로 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ yr⁻¹, 예: 블루 카본 관리)에서 높은 가능성 (>3 Gt CO₂ yr⁻¹, 예: 혼농임업)까지이다. 비용은 낮은 비용(예: 토양 탄소 격리의 경우 -45 ~ 100 USD/tCO₂⁻¹)에서 높은 비용(예: 대기 중의 이산화탄소 직접 포집 및 저장의 경우 100~300 USD/tCO₂⁻¹)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 CO₂ 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 CO₂ 순 배출이 필요하다(높은 신뢰도). CO₂를 제거하여 전지구 온도를 낮추려면 10분의 1도마다 220 GtCO₂(최상의 추정치, 160 to 370 GtCO₂ 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 GtCO₂에 도달하고 높은 오버슈트 이후에 1.5°C로 복귀(>50%)하는 경로는 중앙값인 360 GtCO₂에 도달한다(높은 신뢰도).¹³⁷ CO₂ 및 비 CO₂ 배출량, 특히 메탄의 더 빠른 감축은 최대 온난화 정점 수준을 제한하고 순 네거티브 CO₂ 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 SPM D.2}

¹³⁷ 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}

3.4 적응, 완화 및 지속가능발전 간의 장기적인 상호 작용

완화와 적응은 지속가능발전과의 시너지와 상충효과로 이어질 수 있다(높은 신뢰도). 가속화되고 형평성 있는 완화 및 적응은 기후변화로 인한 피해를 방지함으로써 이익을 가져오고 지속가능발전을 달성하는 데 중요하다(높은 신뢰도). 기후탄력적 개발¹³⁸ 경로는 추가 온난화가 증가할 때마다 점진적으로 제약을 받는다(매우 높은 신뢰도). 모두를 위한 살기 좋고 지속 가능한 미래를 보장할 수 있는 기회의 창이 빠르게 닫히고 있다(매우 높은 신뢰도).

3.4.1 시너지와 상충효과, 비용과 편익

완화 및 적응 옵션은 지속가능발전의 다른 측면과 시너지 및 상충효과로 이어질 수 있다(섹션 4.6, 그림 4.4 참조). 시너지와 상충효과는 기후 정의를 고려하여 변화의 속도와 규모, 불평등을 포함한 개발 맥락에 따라 달라진다. 일부 적응 및 완화 옵션의 잠재력 또는 효과는 기후변화가 심화됨에 따라 감소한다(섹션 3.2, 3.3.3, 4.5 참조). (높은 신뢰도) {WGII SPM C.2, WGII Figure SPM.4b; WGIII SPM D.1, WGIII SPM D.1.2, WGIII TS.5.1, WGIII 그림 SPM.8; SR1.5 SPM D.3, SR1.5 SPM D.4; SRCCL SPM B.2, SRCCL SPM B.3, SRCCL SPM D.3.2, SRCCL 그림 SPM.3}

에너지 부문에서 저배출 시스템으로의 전환은 대기 질 및 건강 개선을 포함하여 여러 가지 공동편익을 가져올 것이다. 예를 들어, 지속가능발전과 에너지 효율 및 재생 에너지 사이에는 잠재적인 시너지가 있다. (높은 신뢰도) {WGIII SPM C.4.2, WGIII SPM D.1.3}

농업, 토지 및 식량 시스템의 경우, 많은 토지 관리 옵션과 수요측 대응 옵션(예: 식이 선택, 수확 후 손실 감소, 음식물 쓰레기 감소)은 건강과 웰빙, 깨끗한 물과 위생 및 지상에서의 삶을 증진시키면서 빈곤 및 기아 제거에 기여할 수 있다(중간 신뢰도). 대조적으로, 관개와 같이 생산 강화를 촉진하는 특정 적응 옵션은 지속 가능성에 부정적인 영향을 미칠 수 있다(예: 생물 다양성, 생태계 서비스, 지하수 고갈 및 수질)(높은 신뢰도). {WGII TS.D.5.5; WGIII SPM D.10; SRCCL SPM B.2.3}

재조림, 개선된 산림 관리, 토양 탄소 격리, 이탄지 복원 및 해양 블루카본 관리는 상황에 따라 생물다양성과 생태계 기능, 고용 및 지역 생계를 향상시킬 수 있는 CDR 방법의 예이다¹³⁹. 그러나 바이오에너지 이산화탄소 포집 및 저장 또는 바이오차를 위한 바이오 에너지를 위한 바이오매스 작물의 신규조림이나 생산은 생물다양성, 식량 및 물 안보, 지역 생계 및 토착민의 권리를 포함하여 특히 대규모로 이행되고 토지 소유권이 불안정한 경우 사회 경제적 및 환경에 악영향을 미칠 수 있다. (높은 신뢰도) {WGII SPM B.5.4, WGII SPM C.2.4; WGIII SPM C.11.2; SR1.5 SPM C.3.4, SR1.5 SPM C.3.5; SRCCL SPM B.3, SRCCL SPM B.7.3, SRCCL 그림 SPM.3}

자원을 보다 효율적으로 사용하거나 지속가능성으로 전지구 개발 경로를 전환하는 모델링된 경로에는 CDR에 대한 의존도, 토지 및 생물 다양성에 대한 압력과 같은 문제가 적고 지속가능한 발전과 관련하여 가장 뚜렷한 시너지가 있다(높은 신뢰도). {WGIII SPM C.3.6; SR1.5 SPM D.4.2}

기후변화 완화 행동을 강화하는 것은 더 신속한 전환과 더 높은 선행 투자를 수반하지만 기후변화로 인한 피해를 방지하고 적응 비용을 줄이는 편익이 있다. 기후변화 완화와 전지구 GDP에 미치는 총 효과(기후변화로 인한 피해 및 적응 비용 제외)는 전지구 예상 GDP 성장 대비 작다. 전지구적 순 경제 피해와 적응 비용의 예상 추정치는 일반적으로 지구온난화 수준에 따라 증가한다. (높은 신뢰도) {WGII SPM B.4.6, WGII TS.C.10; WGIII SPM C.12.2, WGIII SPM C.12.3}

비용-편익 분석은 비금전적 피해를 포함하여 기후변화로 인한 모든 피해를 나타내거나 피해의 이질적인 특성 및 치명적인 피해 리스크를 포착하는 능력에 여전히 제한적이다(높은 신뢰도). 이러한 요인이나 완화의 공동편익을 고려하지 않더라도 온난화를 2°C로 제한하는 전지구 편익은 완화 비용을 초과한다(중간 신뢰도). 이 발견사항은 시간이 경과함에 따른 불평등과 할인(discounting)에 대한 사회적 선호의 광범위한 가정에도 대해 견고하다(중간 신뢰도). 지구온난화를 2°C 대신 1.5°C로 제한하는 것은 완화 비용을 증가시킬 수 있지만 영향 및 관련 리스크 감소(3.1.1, 3.1.2 참조) 및 적응 필요성의 감소 측면에서 편익이 증가한다(높은 신뢰도)¹⁴⁰. {WGII SPM B.4, WGII SPM B.6; WGIII SPM C.12, WGIII SPM C.12.2, WGIII SPM C.12.3; WGIII Box TS.7; SR1.5 SPM B.3, SR1.5 SPM B.5, SR1.5 SPM B.6}

대기 질 개선으로 인한 인간 건강에 대한 잠재적으로 강력한 경제적 편익과 같은 다른 지속가능발전 차원을 고려하면 완화가 불러 올 수 있는 예상되는 편익을 향상시킬 수 있다(중간 신뢰도). 강화된 완화 행동의 경제적 효과는 특히 경제 구조, 지역 배출량 감소, 정책 설계 및 국제 협력 수준에 따라 지역 및 국가에 걸쳐 다양하다(높은 신뢰도). 의욕적인 완화 경로는 경제 구조의 크고 때로는 파괴적인 변화를 의미하며, 단기 행동(섹션 4.2), 형평성(섹션 4.4), 지속 가능성(섹션 4.6) 및 금융(섹션 4.8)에 영향을 미친다(높은 신뢰도). {WGIII SPM C.12.2, WGIII SPM D.3.2, WGIII TS.4.2}

¹³⁸ 부속서 | 참조: 용어집

¹³⁹ 생태계, 생물다양성 및 사람을 위한 CDR 배치의 영향, 리스크 및 공동 이익은 방법, 현장 별 맥락, 이행 및 규모에 따라 매우 다양할 것이다(높은 신뢰도). {WGIII SPM C.11.2}

¹⁴⁰ 온난화를 1.5°C로 제한하는 유사한 강력한 결론을 내리기에는 증거가 너무 제한적이다. {WG III SPM 각주 68}

3.4.2 지속가능발전을 위한 통합 기후 행동 추진

적응, 완화 및 개발을 통합하는 포용적이고 형평성 있는 접근 방식은 장기적으로 지속가능발전을 전진시킬 수 있다(높은 신뢰도). 통합된 대응은 지속가능발전을 위한 시너지를 활용하고 상충효과들을 줄일 수 있다(높은 신뢰도). 정부, 시민 사회 및 민간 부문이 리스크 감소, 형평성 및 정의를 우선시하는 개발 선택을 하고 의사 결정 과정, 금융 및 행동이 거버넌스 수준, 부문 및 기간에 걸쳐 통합될 때 지속 가능성을 향한 개발 경로의 전환 및 기후탄력적 개발의 진전이 가능하다(매우 높은 신뢰도)(그림 4.2 참조). 지역 지식과 토착 지식을 포함하는 포용적 과정은 이러한 전망을 높인다(높은 신뢰도). 그러나, 행동의 기회는 역사적 및 진행 중인 개발 패턴에 따라 지역간 및 지역 내에서 상당히 다르다(매우 높은 신뢰도). 개발도상국에 대한 금융 지원 가속화는 완화 및 적응 행동을 강화하는 데 매우 중요하다(높은 신뢰도). {WGII SPM C.5.4, WGII SPM D.1, WGII SPM D.1.1, WGII SPM D.1.2, WGII SPM D.2, WGII SPM D.3, WGII SPM D.5, WGII SPM D.5.1, WGII SPM D.5.2; WGIII SPM D.1, WGIII SPM D.2, WGIII SPM D.2.4, WGIII SPM E.2.2, WGIII SPM E.2.3, WGIII SPM E.5.3, WGIII Cross-Chapter Box 5}

지속가능성을 향해 개발 경로를 전환하는 정책은 사용 가능한 완화 및 적응 대응의 포트폴리오를 확장할 수 있다(중간 신뢰도). 보다 광범위한 부문별 정책, 라이프 스타일 또는 행태 변화를 유도하는 접근 방식, 금융 규제 또는 거시 경제 정책과 같이 개발 경로를 전환하기 위한 행동과 완화를 결합하면 장애요인을 극복하고 보다 광범위한 완화 옵션을 열 수 있다(높은 신뢰도). 도시 기반시설에 대한 일상적인 의사 결정에 대한 통합적이고 포괄적인 계획 및 투자는 도시 및 농촌 정주지의 적응 능력을 크게 증가시킬 수 있다. 해안 도시와 정주지는 저고도 해안 지역에 거주하는 많은 사람들, 그들이 직면하고 있는 증가하는 기후 복합 리스크, 국가 경제 및 그 이상에서 중요한 역할로 인해 기후탄력적 개발을 전진시키는 데 중요한 역할을 한다(높은 신뢰도). {WGII SPM D.3, WGII SPM D.3.3; WGIII SPM E.2, WGIII SPM E.2.2; SR1.5 SPM D.6}

관측된 악영향과 이와 관련된 손실과 피해, 예상되는 리스크, 취약성 경향 및 적응 한계는 지속 가능성 및 기후탄력적 개발 행동을 위한 변혁이 이전에 평가된 것 보다 더 시급하다는 것을 보여준다(매우 높은 신뢰도). 기후탄력적 개발은 적응과 GHG 완화를 통합함으로써 모두를 위한 지속가능발전을 전진시킨다. 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). 지구온난화가 2°C를 초과하는 경우 일부 지역 및 하위 지역에서는 기후탄력적 개발이 불가능할 것이다(중간 신뢰도). 생물다양성과 생태계를 보호하는 것은 기후탄력적 개발에 기본적인 것이지만, 생물다양성과 생태계 서비스는 증가하는 지구온난화 수준에 적응할 수 있는 능력이 제한되어 있어서 기후탄력적인 개발을 1.5°C 온난화 이상에서 달성하기가 점진적으로 더 어려워진다(매우 높은 신뢰도). {WGII SPM D.1, WGII SPM D.1.1, WGII SPM D.4, WGII SPM D.4.3, WGII SPM D.5.1; WGIII SPM D.1.1}

누적된 과학적 증거는 명백하다. 기후변화는 인간의 웰빙과 전지구의 건강에 위협이 된다(매우 높은 신뢰도). 적응 및 완화에 대한 일치된 전지구적 선행 행동이 더 지연되면 모두를 위해 살기 좋고 지속 가능한 미래를 확보할 수 있는 짧고 빠른 기회를 놓치게 될 것이다(매우 높은 신뢰도). 단기 행동을 위한 기회는 다음 섹션에서 평가된다. {WGII SPM D.5.3; WGIII SPM D.1.1}

섹션 4

변화하는 기후에서의 단기적 대응

섹션 4: 변화하는 기후에서의 단기적 대응

4.1 기후 행동의 시기와 긴급성

심층적이고 신속하며 지속적인 완화와 가속화하여 이행된 적응은 인간과 생태계에 대한 기후변화의 리스크를 줄인다. 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 모델 경로와 즉각적인 행동을 가정하고 온난화를 2°C로 제한(>67%)하는 모델 경로에서 전 지구 GHG 배출량은 2020년대 초기에 정점에 이른 후 뒤이어 빠르고 심층적인 감축이 뒤따를 것으로 예상된다. 적응 옵션은 이행 시간이 긴 경우가 많기 때문에 특히 10년 안에 적응을 가속화하여 이행하는 것은 적응 격차를 줄이는데 중요하다. (높은 신뢰도).

기후변화 및 관련 리스크의 규모와 속도는 단기 완화 및 적응 행동에 크게 좌우된다(매우 높은 신뢰도). 지구온난화는 매우 낮은 GHG 배출 시나리오(SSP1-1.9)에서도 2021년에서 2040년 사이에 1.5°C에 도달할 가능성이 낮지 않으며, 더 높은 배출 시나리오¹⁴¹에서 1.5°C를 초과할 가능성이 높거나 매우 높다. 많은 적응 옵션은 1.5°C까지 중간 또는 높은 타당성을 갖지만(옵션에 따라 중간에서 높은 신뢰도), 일부 생태계에서는 이미 적응에 대한 경성 한계에 도달했으며 기후 리스크를 줄이기 위한 적응의 효과는 온난화가 증가함에 따라 감소할 것이다(높은 신뢰도). 이 10년 동안 이행된 사회적 선택과 행동은 중장기 경로가 더 높거나 더 낮은 기후 회복력 개발을 제공할 정도를 결정한다(높은 신뢰도). 현재의 온실가스 배출량이 급격히 감소하지 않는다면, 특히 단기에 지구온난화가 1.5°C를 초과한다면 기후탄력적 개발 전망은 점점 더 제한적이게 된다(높은 신뢰도). 긴급하고 효과적이며 형평성 있는 적응 및 완화 행동이 없다면 기후변화는 전지구 사람들의 건강과 생계, 생태계 건강, 생물 다양성을 점점 더 위협하며 현재와 미래 세대에 심각한 악영향을 미친다(높은 신뢰도). {WGI SPM B.1.3, WGI SPM B.5.1, WGI SPM B.5.2; WGII SPM A, WGII SPM B.4, WGII SPM C.2, WGII SPM C.3.3, WGII 그림 SPM.4, WGII SPM D.1, WGII SPM D.5, WGIII SPM D.1.1 SR1.5 SPM D.2.2}. (Cross-Section Box.2, 그림 2.1 그림 2.3)

오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 모델 경로와 즉각적인 행동을 가정하고 온난화를 2°C로 제한(>67%)하는 모델링된 경로에서 전지구 GHG 배출량은 2020년대 초기에 정점을 이룬 후 뒤이어 빠르고 심층적인 GHG 배출 감축이 뒤따를 것으로 예상된다(높은 신뢰도)¹⁴². 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 경로에서 전지구 GHG 순 배출량은 2030년까지 2019년 수준보다 43%[34~60%]¹⁴³, 60% 감소할 것으로 예상되며, 2035년까지 69%[58~90%], 2040년까지 84%[73~98%], 그리고 2050년까지 84%[73~98%]로 감소할 것으로 예상된다(높은 신뢰도)(섹션 2.3.1, 표 2.2, 그림 2.5, 표 3.1)¹⁴⁴. 온난화를 2°C로 제한(>67%)하는 전지구적으로 모델링된 경로는 GHG 배출량을 2030년까지 2019년 수준인 21%[1~42%] 이하로, 2035년까지 35%[22~55%], 2040년까지 46%[34~63%] 2050년까지 64%[53~77%]만큼 감소시킨다¹⁴⁵(높은 신뢰도). COP26 이전에 발표된 NDC와 연관된 전지구 GHG 배출량은 온난화가 1.5°C를 초과하도록 만들 가능성이 높으며(높은 신뢰도) 온난화를 2°C로 제한(>67%)하는 것은 2030~2050년 동안 배출 감축의 급속한 가속화를 의미하고 이는 온난화를 2°C로 제한(>67%)하기 위해 즉각적인 행동을 취하는 경로보다 약 70% 더 빠르다(중간 신뢰도)(섹션 2.3.1). 2030년 이전까지 저감장치가 없는 고배출 기반시설¹⁴⁶에 대한 지속적인 투자와 저배출 대안의 제한된 개발 및 배치는 이러한 가속화에 대한 장애요인으로 작용하고 실행 가능성 리스크를 증가시킬 것이다(높은 신뢰도). {WGIII SPM B.6.3, WGIII 3.5.2, WGIII SPM B.6, WGIII SPM B.6, WGIII SPM C.1, WGIII SPM C.1, WGIII 표 SPM.2} (Cross-Section Box.2)

¹⁴¹ 단기(2021~2040)에, 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 초과할 가능성이 낮지 않으며, 매우 낮은 GHG 배출 시나리오(SSP1-1.9)에서 도달할 가능성이 낮지 않다. 단기에 다양한 시나리오에 대한 지구온난화의 최선의 추정치 및 가능성이 매우 높은 범위는 다음과 같다. 1.5°C[1.2~1.8°C] (SSP1-1.9); 1.8°C[1.2~1.8] (SSP1-2.6); 1.5°C[1.2~1.8°C] (SSP2-4.5); 1.5°C[1.2~1.8°C] (SSP3-7.0); 및 1.6°C[1.3~1.9°C] (SSP5-8.5). {WGI SPM B.1.3, WGI 표 SPM.1} (Cross-Section Box.2)

¹⁴² 괄호 안의 값은 온난화를 지정된 수준으로 제한할 가능성을 나타낸다(Cross-Section Box.2 참조).

¹⁴³ 중앙값 및 가능성이 매우 높은 범위[5~95번째 백분위수] {WGIII SPM 각주 30}

¹⁴⁴ 이러한 CO₂ 수치는 2030년에는 48%[36~69%], 2035년에는 65%[50~96%], 2040년에는 80%[61~109%], 2050년에는 99%[79~119%]이다.

¹⁴⁵ 이러한 CO₂ 수치는 2030년에는 22%[1~44%], 2035년에는 37%[21~59%], 2040년에는 51%[36~70%], 2050년에는 73%[55~90%]이다.

¹⁴⁶ 이 맥락에서 저감장치가 없는 화석 연료는 수명 주기 동안 배출되는 GHG의 양을 상당량 감축하는 개입 없이 생산 및 사용되는 화석 연료를 의미한다. 예를 들어, 발전소에서 90% 이상의 CO₂를 포집하거나 에너지 공급에서 탈루 메탄 배출량의 50~80%를 포집한다. {WGIII SPM 각주 54}

2100년까지 온난화를 2°C 이하로 제한(>67%)하는 전지구적으로 모델링된 모든 경로는 순 CO₂ 배출량과 비CO₂ 배출량 모두의 감소를 포함한다(그림 3.6 참조)(**높은 신뢰도**). 예를 들어 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 경로에서 전지구 CH₄(메탄) 배출량은 2030년까지 2019년 수준에서 34%[21~57%]만큼 감소하고 2040년에 44%[31~63%]만큼 감소한다(**높은 신뢰도**). 전지구 CH₄ 배출량은 2030년까지 2019년 수준보다 24%[9~53%] 감소하고 2020년부터 행동을 시작하여 온난화를 2°C로 제한(>67%)하는 모델 경로에서 2040년에는 37%[20~60%] 감소한다(**높은 신뢰도**). {WGIII SPM C1.2, WGIII 표 SPM.2, WGIII 캡처 3.3; SR1.5 SPM C.1, SR1.5 SPM C.1.2} {Cross-Section Box.2}

2100년까지 온난화를 2°C 이하로 제한(>67%)하도록 전지구적으로 모델링된 모든 경로는 모든 부문에서의 GHG 배출량 감축을 포함한다(**높은 신뢰도**). 다른 부문의 기여도는 모델링된 완화 경로에 따라 차이가 있다. 대부분의 전지구 모델 완화 경로에서 재조림 및 산림 전용 감소를 통한 토지 이용, 토지 이용 변화 및 임업과 에너지 공급 부문에서 발생하는 배출량은 건물, 산업 및 운송 부문보다 더 빨리 넷제로 CO₂ 배출에 도달한다(그림 4.1). 전략은 다양한 옵션의 조합에 달려있을 수 있지만(그림 4.1, 섹션 4.5), 온난화를 제한하려면 한 부문에서 덜 감축하는 것이 다른 부문에서 추가 감축으로 보상되어야 한다. (**높은 신뢰도**) {WGIII SPM C.3, WGIII SPM C.3.1, WGIII SPM 3.2, WGIII SPM C.3.3} (Cross-Section Box.2)

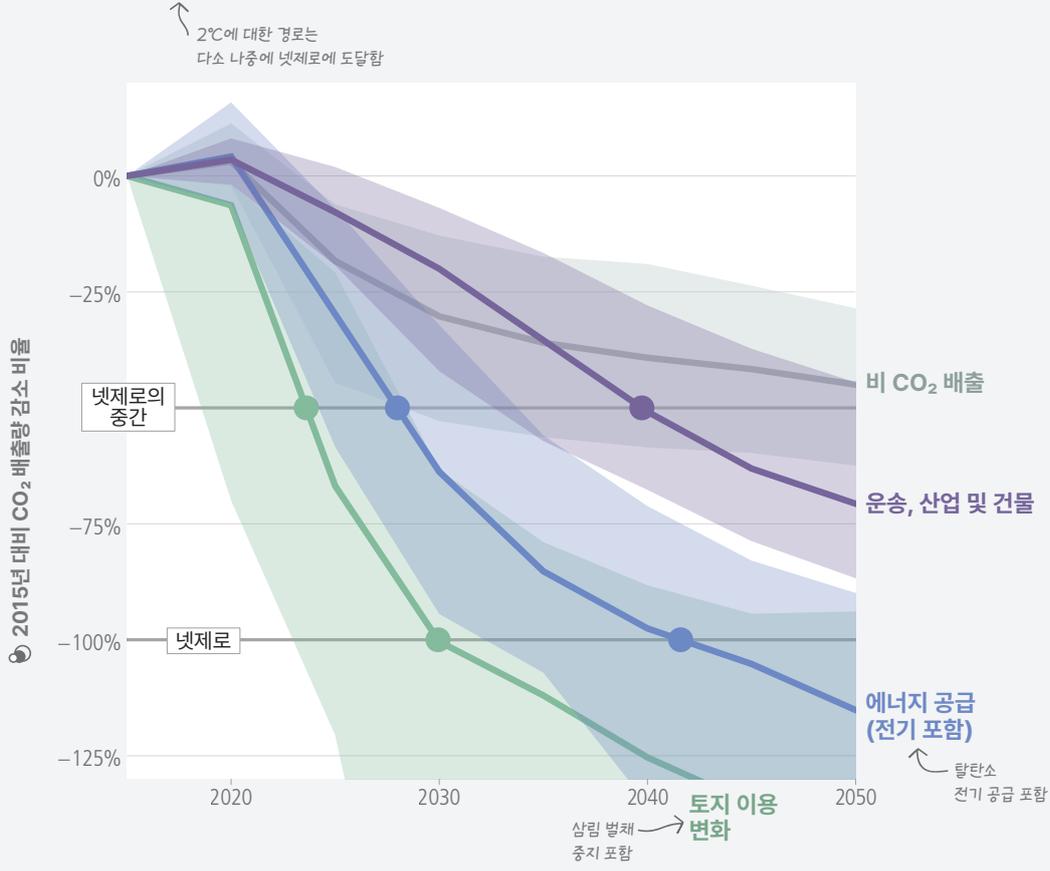
신속하고 심층적이며 지속적인 완화와 가속화된 적응 행동 없이는 아프리카, 최빈국, SIDS, 중남미¹⁴⁷, 아시아 및 북극에서 예상되는 악영향을 포함하여 손실과 피해가 계속 증가할 것이며 가장 취약한 인구에 불균형적으로 영향을 미칠 것이다(**높은 신뢰도**). {WGII SPM C.3.5, WGII SPM B.2.4, WGII 12.2, WGII 10.Box 10.6, WGII TS D.7.5, WGII Cross-Chapter Box 6 ES, WGII 전지구에서 지역별 아틀라스 부속서 A1.15, WGII 전지구에서 지역별 아틀라스 부속서 A1.27; SR1.5 SPM B.5.3, SR 1.5 SPM B.5.7; SRCL A.5.6} (그림 3.2; 그림 3.3)

¹⁴⁷ 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. {WGII 12.1.1, WGIII AII.1.1}

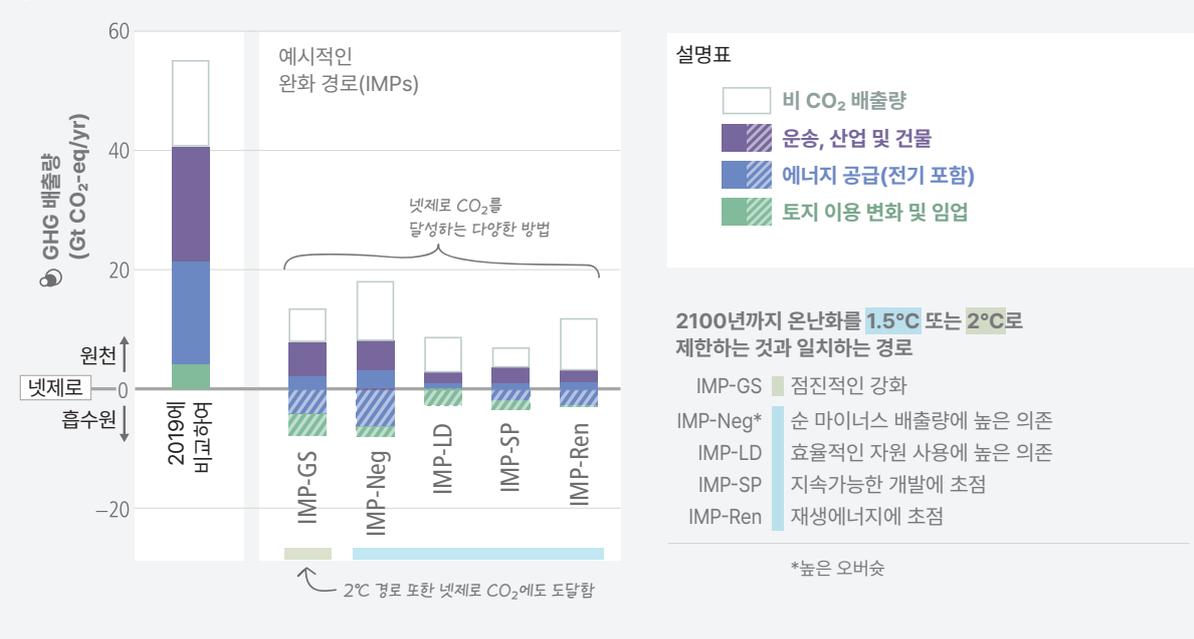
넷제로 CO₂로의 전환은 부문마다 다른 속도를 보일 것이다

전기/화석 연료 산업 부문의 CO₂ 배출량과 토지 이용 변화는 일반적으로 다른 부문보다 더 빨리 넷제로에 도달한다.

a) 온난화를 1.5°C로 제한하는 경로의 부문별 배출량



b) 2019년 대비 CO₂ 넷제로 시점의 부문별 온실가스 배출량



넷제로

그림 4.1: 온난화를 1.5°C로 제한하는 경로의 부문별 배출량, 패널 (a)는 오버슈트가 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 전지구적으로 모델링된 경로에서 부문별 CO₂ 및 비 CO₂ 배출량을 보여준다. 수평선은 2015년 배출량(경로 기준 연도)의 절반(점선)과 넷제로 배출량 달성(실선)을 나타낸다. 범위는 경로 전체 배출량의 5~95번째 백분위수를 보여준다. 전기/화학 연료 산업 부문의 CO₂ 배출량과 토지 이용 변화가 일반적으로 더 일찍 넷제로에 도달하는 등 시기는 부문별로 크게 다르다. 농업에서 발생하는 비CO₂ 배출량 또한 기후 정책이 없는 경로 대비 상당히 감소하지만 일반적으로 0에 도달하지 않는다. **패널 (b)** 모든 경로에서 배출량이 크게 감소했지만, IPCC WGIII에서 사용된 예시 완화 경로에 표시된 대로 다른 경로가 있다. 경로는 완화 조치의 덜 신속한 도입과 그 이후의 점진적 강화(IMP-GS)를 기반으로 하며, 순 음 배출에 크게 의존하여 온난화를 1.5°C로 제한하는 것(IMP-Neg), 높은 자원 효율성(IMP-LD), 지속가능발전(IMP-SP) 또는 재생 에너지(IMP-Ren)와 2°C에 일치하는 것에 중점을 두는 것을 강조한다. 다양한 예시 완화 경로에 대한 양수(단색으로 채워진 막대) 및 음수 배출(해칭 막대)은 2019년의 GHG 배출량과 비교된다. “에너지 공급(전기 포함)” 범주에는 탄소 포집 및 저장과 직접 공기 탄소 포집 및 저장을 통한 바이오 에너지가 포함된다. {WGIII Box TS.5, WGIII 3.3, WGIII 3.4, WGIII 6.6, WGIII 10.3, WGIII 11.3} (Cross-Section Box.2)

4.2 단기 행동 강화의 편익

적응의 가속화된 이행은 취약한 인구의 경우라면 더욱더 손실과 피해를 줄임으로써 웰빙을 향상시킬 것이다. 심층적이고 신속하며 지속적인 완화 행동은 미래의 적응 비용과, 손실과 피해를 줄이고 지속가능발전의 공동 편익을 강화하며 배출원의 고착현상을 피하고 좌초 자산과 돌이킬 수 없는 기후변화를 줄일 것이다. 이러한 단기 행동은 더 많은 선행 투자와 파괴적인 변화를 필요로 하며, 이는 다양한 활성화 조건과 실행 가능성에 대한 장애요인의 제거 또는 감소에 의해 완화될 수 있다. (높은 신뢰도).

적응 대응의 가속화된 이행은 인간 웰빙에 편익을 가져올 것이다(높은 신뢰도) (섹션 4.3). 적응 옵션은 이행 기간이 긴 경우가 많기 때문에, 일부 지역에는 제약이 남아있다는 점을 인식하면서 적응 격차를 줄이기 위해 특히 이번 10년 내의 장기 계획 및 가속화된 이행이 중요하다. 취약 인구에 대한 편익은 높을 것이다(섹션 4.4 참조). (높은 신뢰도) {WGI SPM B.1, WGI SPM B.1.3, WGI SPM B.2.2, WGI SPM B.3; WGII SPM C.1.1, WGII SPM C.1.2, WGII SPM C.2, WGII SPM C.3.1, WGII SPM 그림 SPM.4b; SROCC SPM C.3.4, 그림 3.4, SROCC 그림 SPM.5}

지구온난화를 1.5°C에 가깝게 제한하는 단기 행동은 더 높은 온난화 수준과 비교하여 인간계와 자연계에 있어 기후변화와 관련된 예상 손실과 피해를 상당히 줄일 수 있지만 모두 제거할 수는 없다(매우 높은 신뢰도). 기후변화 및 관련 리스크의 규모와 속도는 단기 완화 및 적응 행동에 크게 달려 있으며 예상되는 악영향과 이와 관련된 손실과 피해는 지구온난화가 증가할 때마다 커진다(매우 높은 신뢰도). 지연된 완화 행동은 지구온난화를 더욱 증가시켜 생태계 기반 적응 및 많은 물 관련 옵션을 포함한 많은 적응 옵션의 효과를 감소시킬 뿐만 아니라 생태계 기반 옵션과 같은 완화 타당성 리스크를 증가시킬 것이다(높은 신뢰도). 적응과 완화를 통합하는 포괄적이고 효과적이며 혁신적인 대응은 시너지를 활용하고 적응과 완화 사이의 상충 효과를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 금융 요구 사항을 충족할 수 있다(매우 높은 신뢰도)(섹션 4.5, 4.6, 4.8 및 4.9 참조). {WGII SPM B.3, WGII SPM B.4, WGII SPM B.6.2, WGII SPM C.2, WGII SPM C.3, WGII SPM D.1, WGII SPM D.4.3, WGII SPM D.5, WG II TS D.1.4, WG II TS.D.5, WGII TS D.7.5; WGIII SPM B.6.3, WGIII SPM B.6.4, WGIII SPM C.9, WGIII SPM D.2, WGIII SPM E.13; SR1.5 SPM C.2.7, SR1.5 D.1.3, SR1.5 D.5.2}

완화 행동은 다른 지속가능발전 공동 편익을 가질 것이다(높은 신뢰도). 많은 대기 오염 물질이 GHG 배출 부문에서 함께 배출되고 메탄 배출이 지표 오존 형성으로 이어지기 때문에 완화는 단기적으로 대기 질과 인간 건강을 개선할 것이다(높은 신뢰도). 대기 질 개선의 편익에는 대기 오염 관련 조기 사망, 만성 질환, 생태계 및 작물 피해의 예방 등이 있다. 완화 행동에 기인한 대기 질 개선으로 인한 인간 건강에 대한 경제적 이익은 완화 비용과 같은 규모이며 잠재적으로 더 클 수 있다(중간 신뢰도).

메탄은 체류 기간이 짧지만 강력한 GHG이기 때문에 강력하고 신속하며 지속적인 메탄 배출량 감축은 전지구 지표 오존을 감소시켜 단기 온난화를 제한하고 대기 질을 개선할 수 있다(높은 신뢰도). {WGI SPM D.1.7, WGI SPM D.2.2, WGI 6.7, WGI TS Box TS.7, WGI 6 Box 6.2, WGI 그림 6.3, WGI 그림 6.16, WGI 그림 6.17; WGII TS.D.8.3, WGII Cross-Chapter Box HEALTH, WGII 5 ES, WGII 7 ES; WGII 7.3.1.2; WGIII 그림 SPM.8, WGIII SPM C.2.3, WGIII SPM C.4.2, WGIII TS.4.2}

지연된 적응 및 완화된 행동으로 인한 도전과제에는 비용 증가, 기반시설 고착, 좌초 자산 및 적응과 완화 옵션의 실행 가능성 및 효과 감소 리스크 등이 있다(높은 신뢰도). 저감장치가 없는 화석 연료¹⁴⁸ 기반시설의 지속적인 설치 GHG 배출량을 ‘고착’할 것이다(높은 신뢰도). 지구온난화를 2°C 또는 그 이하로 제한하면 상당한 양의 화석 연료가 연소되지 않은 채 남게 되고 상당량의 화석 연료 기반시설을 남겨 놓을 수 있으며(높은 신뢰도), 이들의 전지구적으로 할인된 가치는 2015년부터 2050년까지 약 1~4조 달러가 될 것으로 예상된다(중간 신뢰도). 초기 행동은 이러한 좌초 자산의 규모를 제한하는 반면, 2030년 이전까지 저감장치가 없는 고배출 기반시설에 대한 지속적인 투자와 저배출 대안의 제한된 개발 및 배치로 지연된 행동은 미래의 좌초 자산을 불확실성 범위의 상단으로 끌어올릴 것이다. 이는 장애요인으로 작용하고 지구온난화를 제한하려는 노력을 위태롭게 할 수 있는 정치 경제적 타당성 리스크를 증가시킨다. (높은 신뢰도) {WGIII SPM B.6.3, WGIII SPM C.4, WGIII Box TS.8}

¹⁴⁸ 이 맥락에서 ‘저감장치가 없는 화석 연료’는 수명 주기 동안 배출되는 GHG의 양을 실질적으로 줄이는 개입 없이 생산 및 사용되는 화석 연료를 의미한다. 예를 들어, 발전소에서 90% 이상의 CO₂를 포집하거나 에너지 공급에서 탈탄 메탄 배출량의 50~80%를 포집한다. {WGIII SPM 주석 5A}

단기 기후 행동을 확대(섹션 4.1)하면서 저비용 옵션 및 고비용 옵션을 혼합하여 동원할 것이다. 미래 고착을 피하고 혁신을 촉진하며 변혁적인 전환을 시작하려면 에너지 및 기반시설과 같은 고비용 옵션이 필요하다(그림 4.4). 모두를 위한 지속가능발전을 지원하는 기후탄력적 개발 경로는 형평성과 사회 및 기후 정의에 의해 형성된다(매우 높은 신뢰도). 개발 계획에 효과적이고 형평성 있는 적응 및 완화를 포함하면 취약성을 줄이고 생태계를 보존 및 복원하며 기후탄력적 개발을 가능하게 할 수 있다. 이는 지속적인 개발 격차와 제한된 자원이 있는 지역에서는 특히 어려운 일이다. (높은 신뢰도) {WGII SPM C.5, WGII SPM D.1; WGIII TS.5.2, WGIII 8.3.1, WGIII 8.3.4, WGIII 8.4.1, WGIII 8.6}

기후 행동을 확대하는 것은 분배 결과와 함께 경제 구조에 파괴적인 변화를 일으키고 국가 내 및 국가 간 다양한 이해 관계, 가치 및 세계관을 조정할 필요가 있을 수 있다. 보다 심층적인 재정, 금융, 제도 및 규제 개혁을 통해 이러한 부작용을 상쇄하고 완화 잠재력을 열 수 있다. 이 10년 내에 이행된 사회적 선택과 행동은 중장기 개발 경로가 제공하는 기후탄력적 개발 결과가 더 높거나 더 낮을지 정도를 결정할 것이다. (높은 신뢰도) {WGII SPM D.2, WGII SPM D.5, WGII Box TS.8; WGIII SPM D.3, WGIII SPM E.2, WGIII SPM E.3, WGIII SPM E.4, WGIII TS.2, WGIII TS.4.1, WGIII TS.6.4, WGIII 15.2, WGIII 15.6}

심층적이고 신속한 적응 및 완화 행동과 기후탄력적 개발에 대한 기회를 실현하기 위해서는 단기내에 활성화 조건을 강화하고 장애요인을 축소하거나 제거해야 한다(높은 신뢰도)(그림 4.2). 이러한 활성화 조건은 역량에 따라 국가, 지역 및 현지 상황과 지역마다 서로 다르며, 기후 행동에서의 형평성 및 포용성(섹션 4.4 참조), 부문 및 시스템의 신속하고 광범위한 전환(섹션 4.5 참조), 지속가능발전목표와의 시너지를 달성하고 상충효과를 줄이기 위한 조치(섹션 4.6 참조), 거버넌스 및 정책 개선(섹션 4.7 참조), 금융 접근성, 국제 협력 및 기술 개선 향상(섹션 4.8 참조), 부문, 시스템 및 지역 전반에 대한 단기 행동의 통합(섹션 4.9 참조)을 포함한다. {WGII SPM D.2, WGIII SPM E.1, WGIII SPM E.2}

완화 및 적응 옵션을 대규모로 적용하려면 실행 가능성에 대한 장애요인을 줄이거나 제거해야 할 것이다. 경제적, 기술적, 제도적, 사회적, 환경적 및 지구물리학적 등 다양한 장애요인을 해결함으로써 대응의 실행 가능성과 효과에 대한 많은 한계를 극복할 수 있다. 기후 리스크에 따라 대응을 차별화하고 시스템을 가로지르며 사회적 불평등을 해결하는 통합된 다부문 솔루션을 통해 옵션의 실행 가능성과 효과는 증가한다. 지구온난화를 2°C 이하로 제한하는 모델링된 비용 효과적인 경로에서 강화된 단기 행동은 지연되거나 조정되지 않은 행동이 있는 모델링된 경로와 비교하여 시스템 전환의 실행 가능성에 대한 전반적인 리스크를 줄인다. (높은 신뢰도) {WGII SPM C.2, WGII SPM C.3, WGII SPM C.5; WGIII SPM E.1, WGIII SPM E.1.3}

전지구적 불확실성 하에서 의욕적인 기후 행동을 거시 경제 정책과 통합하는 것은 편익을 제공할 것이다(높은 신뢰도). 여기에는 세가지 주요 방향인 다음을 포함한다:

- (a) 지속 가능한 저배출 경제 회복, 개발 및 일자리 창출 프로그램을 개선하기 위한 옵션을 지원하는 경제 전반의 주류화 패키지(섹션 4.4, 4.5, 4.6, 4.8, 4.9)
- (b) 전환기의 안전망 및 사회적 보호(섹션 4.4, 4.7);
- (b) 특히 개발도상국 및 부채 스트레스 하에서의 저배출 기반시설(‘도약 잠재력’)에 대한 금융, 기술 및 역량 구축에 대한 접근 확대 및 조정된 지원(높은 신뢰도). (섹션 4.8) {WGII SPM C.2, WGII SPM C.4.1, WGII SPM D.1.3, WGII SPM D.2, WGII SPM D.3.2, WGII SPM E.2.2, WGII SPM E.4, WGII SPM TS.2, WGII SPM TS.5.2, WGII TS.6.4, WGII TS.15, WGII TS Box TS.3; WGIII SPM B.4.2, WGIII SPM C.5.4, WGIII SPM C.6.2, WGIII SPM C.12.2, WGIII SPM D.3.4, WGIII SPM E.4.2, WGIII SPM E.4.5, WGIII SPM E.5.2, WGIII SPM E.5.3, WGII TS.1, WGIII Box TS.15, WGIII 15.2, 챕터 1 COVID의 WGIII Cross-Chapter Box 1}

기후탄력적 개발을 가능하게 하는 기회의 창이 빠르게 좁아지고 있다

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

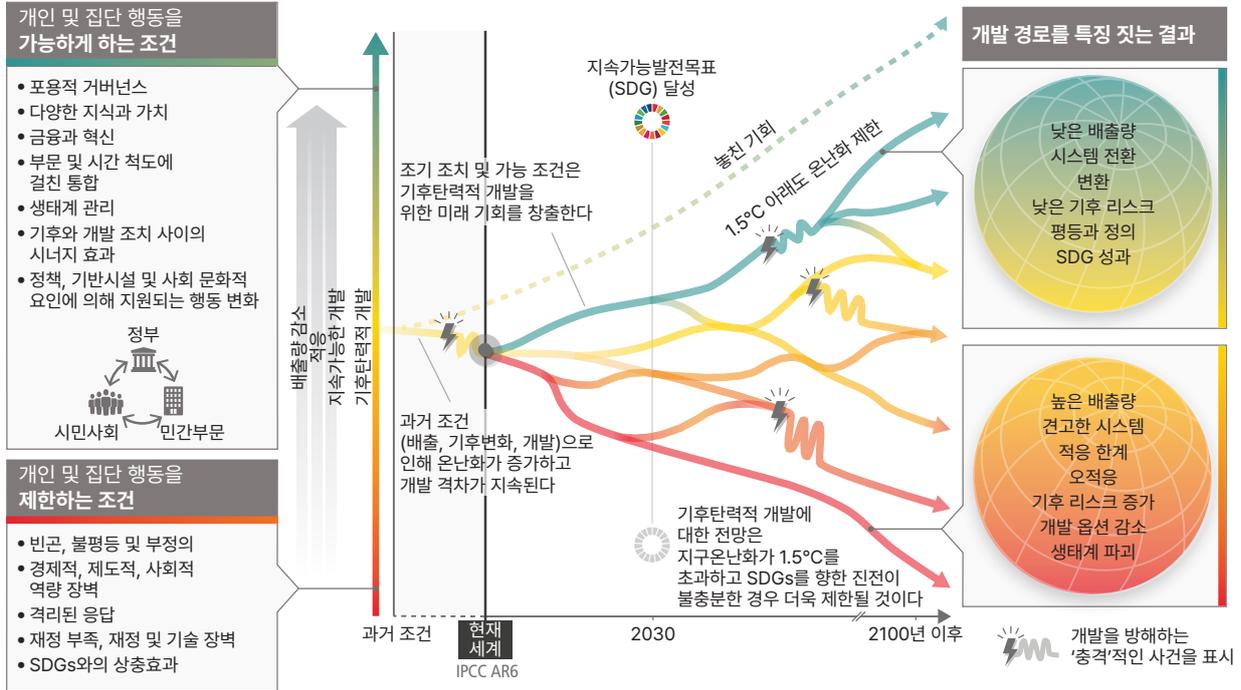


그림 4.2: 예시적인 개발 경로(빨간색에서 녹색으로) 및 관련 결과(오른쪽 패넬)는 모두를 위해 살기 좋고 지속 가능한 미래를 보장할 수 있는 기회의 창이 빠르게 줄어들고 있다는 것을 보여준다. 기후탄력적 개발은 지속가능발전을 지원하기 위해 온실가스 완화 및 적응 조치를 이행하는 과정이다. 다양한 경로는 다양한 정부, 민간 부문 및 시민 사회 활동가의 상호 작용하는 선택과 행동이 기후탄력적 개발을 촉진하고 지속 가능성을 향한 경로를 전환하며 배출량과 적응을 낮출 수 있음을 보여준다. 다양한 지식과 가치는 문화적 가치, 토착 지식, 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 인간계 및 자연계의 적응 및 적응 능력에 한계가 있으며 온난화가 증가할 때마다 손실과 피해가 증가할 것이다. 경제 개발의 모든 단계에서 국가가 취한 개발 경로는 GHG 배출량에 영향을 미치므로 국가 및 지역에 따라 다양한 완화 과제와 기회를 형성한다. 조치를 위한 경로 및 기회는 이전 조치(또는 누락된 무활동 및 기회, 점진 경로), 활성화 및 제한 조건(왼쪽 패넬)에 의해 형성되며 기후 리스크, 적응 제한 및 개발 격차의 맥락에서 발생한다. 배출량 감소가 지연될수록, 효과적인 적응 옵션은 줄어든다. {WGII SPM B.1; WGII SPM B.1 to B.5, WGII SPM C.2 to 5, WGII SPM D.1 to 5, WGII 그림 SPM.3, WGII 그림 SPM.4, WGII 그림 SPM.5, WGII TS.D.5, WGII 3.1, WGII 3.2, WGII 3.4, WGII 4.2, WGII 그림 4.4, WGII 4.5, WGII 4.6, WGII 4.9; WGIII SPM A, WGIII SPM B.1, WGIII SPM B.3, WGIII SPM B.6, WGIII SPM C.4, WGIII SPM D.1 to 3, WGIII SPM E.1, WGIII SPM E.2, WGIII SPM E.4, WGIII SPM E.5, WGIII 그림TS.1, WGIII 그림TS.7, WGIII Box TS.3, WGIII Box TS.8, 챕터 3의 Cross Working Group Box 1, 챕터 4의 WGIII Cross-Chapter Box5; SR1.5 SPM D.1 to 6; SRCLL SPM D.3}

4.3 단기 리스크

극한 현상을 포함한 기후 시스템의 많은 변화는 지구온난화가 증가함에 따라 단기적으로 더 커질 것이다(높은 신뢰도). 다양한 기후 및 비기후 리스크가 상호작용하여 복합적이고 연속적인 영향이 증가하여 관리하기가 더욱 어려워질 것이다(높은 신뢰도). 손실과 피해는 지구온난화가 심화됨에 따라 증가하는 반면(매우 높은 신뢰도), 가장 빈곤한 취약 인구에 강하게 집중될 것이다(높은 신뢰도). 현재의 지속 불가능한 개발 패턴을 계속 유지하면 기후 위해에 대한 생태계와 사람의 노출과 취약성이 증가할 것이다(높은 신뢰도).

주로 고려된 거의 모든 시나리오 및 모델링된 경로에서의 누적 CO₂ 배출량 증가가 주요 원인이 되어 지구온난화는 단기(2021~2040)에 계속 증가할 것이다. 단기에 전지구의 모든 지역은 기후 위해가 더욱 증가하는 것에 직면할 것으로 전망되며(지역 및 위해 요소에 따라 중간에서 높은 신뢰도), 이는 생태계와 인간에 대한 다중 리스크를 증가시킨다(매우 높은 신뢰도). 단기에 자연 변동성¹⁴⁹이 특히 지역적 규모에서 예상되는 변화를 약화시키거나 증폭시키면서 인위적 변화를 가감할 것이나, 100년 정도의 지구온난화에는 거의 영향을 미치지 않을 것이다. 이러한 가감 효과를 적응 계획에서 고려하는 것이 중요하다. 단일 연도의 전지구 지표면 온도는 자연적 변동성으로 인해 인간이 유발한 장기적 동향보다 높거나 낮을 수 있다. 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). 전지구 지표면 온도 변화가 특정 수준 이상으로 올라가는 개별 연도의 발생이 그 지구온난화 수준에 도달했음을 의미하지는 않는다. 대규모 폭발성 화산 폭발이 단기 시일 내에 일어난다면¹⁵⁰, 특히 육지에서 1~3년 동안 전지구 지표면 온도와 강수량을 감소시켜 인간이 유발한 기후변화를 일시적으로 그리고 부분적으로 숨길 것이다(중간 신뢰도). {WGI SPM B.1.3, WGI SPM B.1.4, WGI SPM C.1, WGI SPM C.2, WGI Cross-Section Box TS.1, WGI Cross-Chapter Box 4.1; WGII SPM B.3, WGII SPM B.3.1; WGIII Box SPM.1 그림 1}.

인간과 생태계에 대한 리스크 수준은 취약성, 노출 및 사회 경제적 발전 및 적응 수준의 단기 추세에 따라 달라질 것이다(높은 신뢰도). 단기적으로 자연계 및 인간계에 대한 많은 기후 관련 리스크는 배출 시나리오 간의 기후 위해의 차이보다 이러한 시스템의 취약성과 노출의 변화에 더 크게 달려 있다(높은 신뢰도). 기후 위해에 대한 미래의 노출은 불평등 심화를 포함한 사회 경제적 발전 추세와 도시화 또는 이주로 인한 노출의 증가로 인해 전지구적으로 증가하고 있다(높은 신뢰도). 도시화는 극한 고온(매우 높은 신뢰도)과 강수 유출량 강도(높은 신뢰도)를 증가시킨다. 저지대 해안 지역의 도시화 증가는 극심한 범람과 해수면 상승 위해에 대한 노출을 증가시키는 주요 요인이 될 것이며 리스크도 증가할 것이다(높은 신뢰도)(그림 4.3). 또한 인간의 취약성 역시 해수면 상승의 맥락에서 저지대 군소도서 개발도상국과 환초에서 빠르게 증가할 것이다(높은 신뢰도)(그림 3.4 및 그림 4.3 참조). 인간의 취약성은 임시 정주지와 빠르게 성장하는 소규모 정주지에 집중될 것이다. 농촌 지역의 취약성은 거주 가능성 감소와 기후에 민감한 생계 수단에 대한 높은 의존도에 의해 높아질 것이다(높은 신뢰도). 인간과 생태계의 취약성은 상호 의존적이다(높은 신뢰도). 생태계의 기후변화에 대한 취약성은 지속 불가능한 소비 및 생산, 증가하는 인구 압력, 토지, 해양 및 수자원의 계속되는 지속 불가능한 사용 및 관리를 포함하여 인간 개발의 과거, 현재 및 미래 패턴에 의해 크게 영향을 받을 것이다(높은 신뢰도). 몇 가지 단기 리스크는 적응을 통해 경감될 수 있다(높은 신뢰도). {WGI SPM C.2.6; WGII SPM B.2, WGII SPM B.2.3, WGII SPM B.2.5, WGII SPM B.3, WGII SPM B.3.2, WGII TS.C.5.2} (섹션 4.5 and 3.2)

단기에 (1.5°C 지구온난화에서) 예상되는 주요 위해 및 관련 리스크는 다음과 같다:

- 극한 고온 및 위험한 고온다습 환경의 강도 및 빈도 증가와 함께 인간 사망률, 이환율, 노동 생산성 손실을 증가시킬 것이다(높은 신뢰도). {WGI SPM B.2.2, WGI TS 그림 TS.6; WGII SPM B.1.4, WGII SPM B.4.4, WGII 그림 SPM.2}
- 해양 폭염의 빈도 증가는 대량 사망 사건을 포함하여 해양의 생물 다양성 손실 리스크를 증가시킬 것이다(높은 신뢰도). {WGI SPM B.2.3; WGII SPM B.1.2, WGII SPM 그림 SPM.2; SROCC SPM B.5.1}
- 생물다양성 손실에 대한 단기적 리스크는 산림 생태계(중간 신뢰도)와 켈프 및 해조류 생태계(높음에서 매우 높은 신뢰도)에서 중간에 높음으로, 북극 해양 및 육상 생태계(높은 신뢰도)와 따뜻한 바다의 산호초(매우 높은 신뢰도)에서 높음에서 매우 높음으로 나타난다. {WGII SPM B.3.1}
- 해안 및 기타 저지대 도시를 포함한 많은 지역에서 더 강하고 빈번한 폭우 및 이로 인한 홍수(중간에서 높은 신뢰도), 강한 열대성 사이클론의 빈도 및 최대 풍속을 증가시킬 것이다(높은 신뢰도). {WGI SPM B.2.4, WGI SPM C.2.2, WGI SPM C.2.6, WGI 11.7}
- 건조 지역의 물 부족, 산불 피해 및 영구 동토층 훼손으로 인한 높은 리스크를 발생시킬 것이다(중간 신뢰도). {SRCL SPM A.5.3}
- 해안가 인간 정주지를 잠식하고 해안 기반시설을 손상시키는 지속적인 해수면 상승과 극한 해수면 현상의 빈도와 규모 증가(높은 신뢰도), 저지대 해안 생태계의 침수 및 손실(중간 신뢰도), 토지 염류화 확대(매우 높은 신뢰도), 이로 인한 생계, 건강, 복지, 문화적 가치, 식량 및 물 안보에 대한 리스크를 발생시킬 것이다(높은 신뢰도). {WGI SPM C.2.5, WGI SPM C.2.6; WGII SPM B.3.1, WGII SPM B.5.2; SRCL SPMA.5.6; SROCC SPM B.3.4, SROCC SPM 3.6, SROCC SPM B.9.1} (그림 3.4, 4.3)
- 기후변화는 단기에서 장기적으로 질병과 조기 사망을 크게 증가시킬 것이다(높은 신뢰도). 추가 온난화는 기후에 민감한 식량으로 인한, 물로 인한, 그리고 매개체에 의한 질병 리스크(높은 신뢰도)과 불안 및 스트레스를 포함한 정신 건강 문제(매우 높은 신뢰도)를 증가시킬 것이다. {WGII SPM B.4.4}

¹⁴⁹ 부속서 1 참조: 용어집. 주요 내부 변동성 현상에는 지역적 영향을 통한 엘니뇨-남방진동, 태평양 10년 변동성 및 대서양 수십년 변동이 포함된다. 단일 연도의 전지구 지표면 온도의 내부 변동성은 약 ±0.25°C(595% 범위, 높은 신뢰도)로 추정된다. {WGI SPM 각주 29, WGI SPM 각주 37}

¹⁵⁰ 2500년 재구성에 근거하여, 이 보고서에서 평가된 문헌에서 화산 성층권 에어로졸의 복사 효과와 관련된 -1 Wm²보다 더 음의 복사 강제력을 가진 분출은 평균적으로 한 세기에 두 번 발생한다. {WGI SPM 각주 38}

• 빙권과 관련된 홍수, 산사태 및 물 가용성의 변화는 대부분의 산악 지역에서 사람, 기반시설 및 경제에 심각한 결과를 초래할 잠재력이 있다(높은 신뢰도). {WGII TS C.4.2}

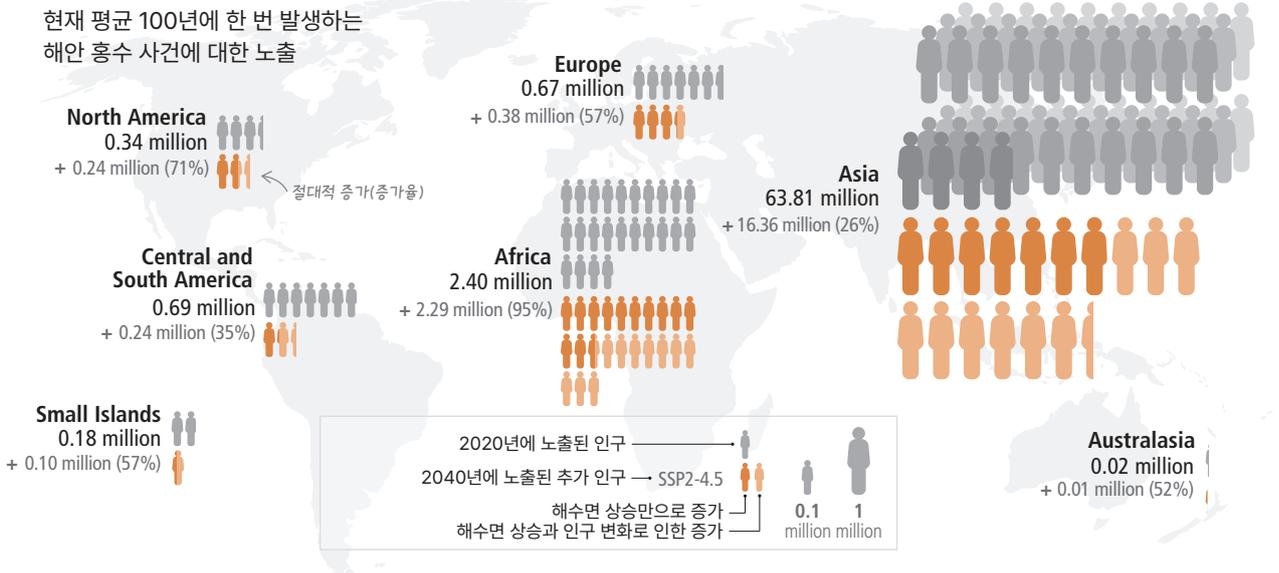
• 예상되는 호우 빈도와 강도의 증가(높은 신뢰도)는 강수로 인한 지역 홍수를 증가시킬 것이다(중간 신뢰도). {WGI 그림 SPM.6; WGI SPM B.2.2; WGII TS C.4.5}

다양한 기후변화 리스크는 단기 내에 점점 더 복합적이게 되고 더 큰 연쇄효과를 불러올 것이다(높은 신뢰도). 동시다발적인 폭염과 가뭄을 포함하여 더 높은 지구온난화로 인해 많은 지역에서 복합 현상의 확률이 증가할 것으로 예상된다(높은 신뢰도). 건강과 식량 생산에 대한 리스크는 더위와 가뭄으로 인한 갑작스러운 식량 생산 손실의 상호작용으로 더 심각해질 것이며 더위로 인한 노동 생산성 손실로 악화될 것이다(높은 신뢰도)(그림 4.3). 이러한 상호작용 영향은 식량 가격을 상승시키고 가계 소득을 감소시키며 특히 열대 지역에서 적응 수준이 없거나 낮은 상태에서 영양 실조 및 기후 관련 사망을 증가와 같은 건강 리스크로 이어질 것이다(높은 신뢰도). 기후변화로 인한 식량 시스템, 인간 정주지, 기반시설 및 건강에 대한 동시다발적이고 연쇄적인 리스크는 도시 확장과 식량 생산 간의 토지 경쟁, 전염병과 같은 비기후적 리스크 요인과 상호 작용할 때를 포함하여 이러한 리스크를 더욱 심각하고 관리하기 어렵게 만들 것이다(높은 신뢰도). 생태계와 그 서비스의 손실은 전지구의 사람들, 특히 생태계에 직접적으로 의존하는 토착민과 지역 사회가 기본적인 필요를 충족하는 것에 연쇄적이고 장기적인 영향을 미친다(높은 신뢰도). 기상 및 극한 기후의 영향이 공급망, 시장 및 천연 자원 흐름을 통해 전파되고(높은 신뢰도) 팬데믹과 같은 다른 위기의 영향과 상호작용할 수 있으므로 식량, 에너지 및 물 부문에 걸쳐 국경을 넘는 리스크가 증가할 것으로 예상된다. 리스크는 또한 오적응으로 인한 리스크와 자연적으로 산림이 없는 토지의 신규 조림이나 생물다양성, 식량 및 수자원 안보, 생계에 대한 기후 관련 리스크를 악화시키는 바이오에너지의 부실한 활용과 같은 일부 배출량 감축 및 이산화탄소 제거 조치의 부작용 등과 같이 기후변화의 리스크를 줄이기 위한 일부 대응에서도 발생한다.(높은 신뢰도)(섹션 3.4.1 및 4.5 참조). {WGI SPM.2.7; WGII SPM B.2.1, WGII SPM B.5, WGII SPM B.5.1, WGII SPM B.5.2, WGII SPM B.5.3, WGII SPM B.5.4, 챕터 7의 WGII Cross-Chapter Box COVID; WGIII SPM C.11.2; SRCL SPM A.5, SRCL SPM A.6.5} (그림 4.3)

지구온난화가 증가할 때마다 손실과 피해는 증가하고(매우 높은 신뢰도), 피하기가 점점 더 어려워지며 가장 빈곤한 취약 인구에 강하게 집중될 것이다(높은 신뢰도). 적응은 효과적인 적응과 연성 및 경성 한계에 도달하기 전의 효과적인 적응이라 할지라도 적응이 모든 손실과 피해를 방지하지는 않는다. 손실과 피해는 시스템, 지역 및 부문에 걸쳐 불균등하게 분배될 것이고 현재의 금융, 거버넌스 및 제도적 장치는 이들을 포괄적으로 다루지 않으며, 이는 취약한 개발 도상국에서 더 심하다. (높은 신뢰도) {WGII SPM B.4, WGII SPMC.3, WGII SPMC.3.5}

모든 지역은 더 심각하고 빈번한 복합적이고 연속적인 기후 리스크에 직면한다

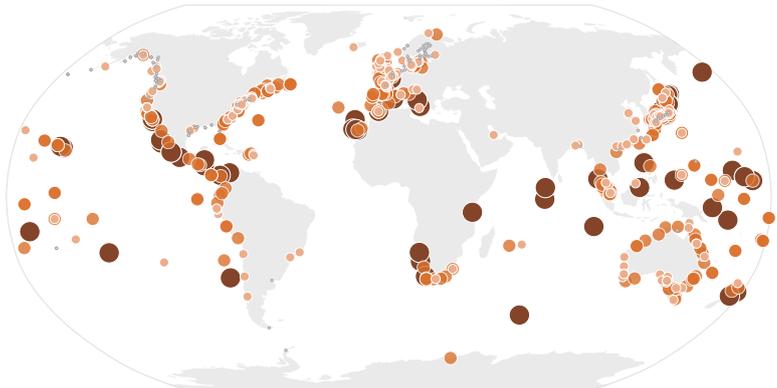
a) 2020년부터 2040년까지 해수면 상승에 노출된 인구 증가



b) 2040년까지 극한 해수면 현상의 빈도 증가

현재 평균적으로 100년에 한 번 발생하는 사건의 빈도

원이 없음은 데이터 부족으로 평가를 수행할 수 없음을 나타낸다



중간 SSP2-4.5 시나리오에서 100년에 1번의 사건으로 예상되는 변화

- 연례사건 (10년 간 사건)
- 10년 간 사건 (100년 간 사건)
- 100년 간 사건 (1,000년 간 사건)
- 변화 없음

c) 극심한 기후 현상의 영향이 소작농의 식량, 영양, 생계 및 복지에 연속적인 영향을 미치는 복잡한 리스크의 예

다중 기후변화 리스크는 단기적으로 점점 더 복잡해지고 연쇄적으로 증가할 것이다

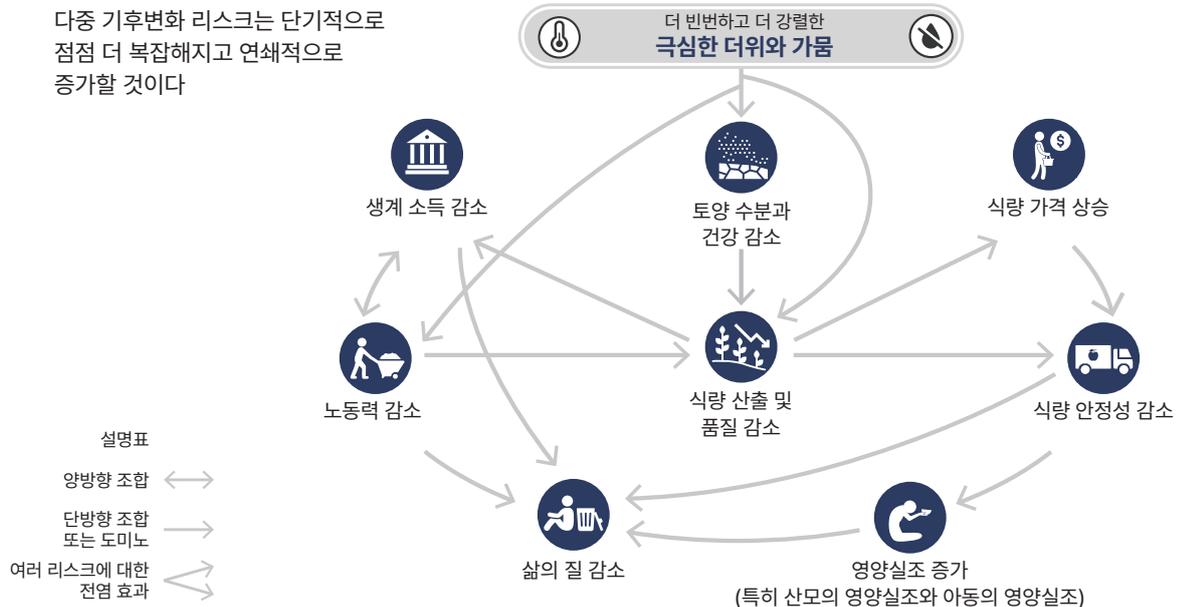


그림 4.3: 모든 지역은 단기적으로 더 심각하거나 빈번한 복합 및/또는 연속적인 기후 리스크에 직면한다. 리스크의 변화는 위해 정도, 노출된 인구, 사람, 자산, 또는 생태계의 취약성의 정도의 변화로 발생한다. 패널 (a) 해안 홍수 현상은 인구의 많은 비율이 노출되어 있는 인구 밀도가 높은 전지구적 여러 지역에 영향을 미친다. 이 패널은 중간 GHG 배출 시나리오 (SSP2-4.5)와 현재 적응 조치를 기반으로 2020년에서 2040년(해수면 상승 및 인구 변화로 인한)의 증가로 묘사된 100년간의 홍수 현상에 노출된 인구의 단기 예상 증가를 보여준다. 미래의 해수면 상승으로 인한 연안 지역에서의 이주는 시나리오에서 고려되지 않는다. 패널 (b)는 2040년에 평균 해수면 상승, 조수 및 폭풍 해일의 조합으로 인한 극한 수위의 중앙값 확률을 예측했으며, 이는 과거 연평균 1%의 확률이었다. 점점 기준을 초과하는 시계열(99.7%) 방법은 전지구 극한 해수면 분석 버전 2 데이터베이스에서 사용할 수 있는 과거 검조기 관측에 적용되었으며, 이 정보는 WGI 그림 9.32와 동일한 정보이며, 여기를 제외하고 패널은 2050년 대신 2040년에 대해 SSP2-4.5에 따라 상대적 해수면 예측을 사용한다. 원이 없다는 것은 데이터 부족으로 평가를 수행할 수 없음을 나타내지만 빈도가 증가하지 않는다는 것을 의미하지는 않는다. 패널 (c) 기후 위하는 여러 부문에 영향을 미치고 복잡한 자연 및 사회적 연결을 따라 지역 전체에 전파되는 연속된 리스크를 일으킬 수 있다. 농업 지역을 강타한 복합 폭염과 가뭄 현상의 예시는 다중 리스크가 어떻게 상호 연결되어 있으며, 이것이 어떻게 특히 영향을 받는 소작농, 어린이 및 임산부와 같은 취약 계층이 있는 먼 지역에서도 연쇄적인 생물 물리학적, 경제적 사회적 영향을 주는지를 보여준다. {WGI 그림 9.32; WGI SPM B.4.3, WGI SPM B.1.3, WGI SPM B.5.1, WGI TS 그림 TS.9, WGI TS 그림 TS.10 (c), WGI 그림 5.2, WGI TS.B.2.3, WGI TS.B.2.3, WGI TS.B.3.3, WGI 9.11.1.2}

4.4 기후변화 행동에 대한 형평성과 포용

형평성, 기후 정의, 사회 정의 및 포용을 우선시하는 행동은 보다 지속 가능한 결과와 공동편익으로 이어지며, 상충효과를 감소시키고 변혁적인 변화를 지원하며 기후탄력적 있는 개발을 촉진한다. 증가하는 기후 리스크를 줄이려면 즉각적인 적응 대응이 필요하며, 가장 취약한 사람들에게는 더욱 그러하다. 형평성, 포용 및 공정한 전환은 적응과 가속화된 완화를 위한 더 심층적인 사회적 의욕을 진전시키는 핵심이다. (높은 신뢰도)

형평성, 기후 정의, 권리 기반 접근법, 사회 정의 및 포용성을 우선시하는 규모, 부문 및 지역에 걸친 적응 및 완화 행동은 보다 지속 가능한 결과로 이어지고 상충효과를 줄이며 변혁적인 변화를 지원하고 기후탄력적인 개발을 촉진한다(높은 신뢰도). 빈곤층과 취약계층을 보호하는 부문 및 지역 전반에 걸친 재분배 정책, 사회 안전망, 형평성, 포용 및 공정 전환은 모든 규모에서 더 깊은 사회적 목표를 가능하게 하고 특히 교육, 기아, 빈곤, 성별 및 에너지 접근성과 같은 지속가능발전목표(SDGs)와의 상충효과 문제를 해결할 수 있다(높은 신뢰도). 더 넓은 개발 맥락에 포함된 완화 노력은 배출량 감축의 속도, 깊이 및 폭을 증가시킬 수 있다(중간 신뢰도). 모든 규모의 형평성, 포용 및 공정 전환은 가속화된 완화를 위한 더 깊은 사회적 목표와 기후 행동을 더욱 광범위하게 활성화 한다(높은 신뢰도). 식량 가격 상승, 소득 감소, 건강 및 기후 관련 영양실조(특히 산모 영양실조 및 아동 영양실조), 사망률 증가와 같은 위기의 복잡성은 적응 수준이 낮을수록 증가한다(높은 신뢰도). {WGI SPM B.5.1, WGI SPM C.2.9, WGI SPM D.2.1, WGI TS Box TS.4; WGI SPM D.3, WGI SPM D.3.3, WGI SPM WGI SPM E.3, SR1.5 SPM D.4.5} (그림 4.3c)

상당한 개발 제약이 있는 지역과 사람들은 기후 위해에 대해 취약성이 높다. 기후변화에 매우 취약한 상황에 살고 있는 33억~36억명의 사람들을 포함하여 국가 및 지역 내에서 가장 취약한 사람들을 위한 적응 결과는 형평성, 포괄성 및 권리 기반 접근 방식에 초점을 맞춘 접근법을 통해 향상된다(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). 몇 가지 단기 리스크는 적응을 통해 완화될 수 있다(높은 신뢰도). 가장 큰 적응 격차는 저소득 인구 집단 사이에 존재하며(높은 신뢰도) 적응 진행은 관측된 적응 격차와 함께 고르지 않게 분포한다(높은 신뢰도). 높은 취약성을 유발하는 현재의 개발 과제는 특히 많은 토착민과 지역 사회에 대한 식민주의와 같은 불평등의 역사적 및 지속적 패턴에 의해 영향을 받는다(높은 신뢰도). 취약성은 특히 많은 토착민과 지역 사회에서 성별, 민족, 저소득 또는 이들의 조합과 관련된 불평등 및 소외로 인해 악화된다(높은 신뢰도). {WGI SPM B.2, WGI SPM B.2.4, WGI SPM B.3.2, WGI SPM B.3.3, WGI SPM C.1, WGI SPM C.1.2, WGI SPM C.2.9}

문화적 가치, 토착 지식, 지역 지식 및 과학적 지식에 기반한 유의미한 참여 및 포용적 계획은 적응 격차를 해소하고 오적응을 피하는데 도움이 될 수 있다(높은 신뢰도). 유연한 경로가 있는 이러한 행동은 후회가 적고 시의적절한 행동을 장려할 것이다(매우 높은 신뢰도). 기후 적응을 현금 지원 및 공공 사업 프로그램을 포함한 사회보장제도에 통합하는 것은 특히 기본 서비스 및 기반시설이 뒷받침될 때 기후변화에 대한 탄력성을 높여줄 것이다(높은 신뢰도). {WGI SPM C.2.3, WGI SPM C.4.3, WGI SPM C.4.4, WGI SPM C.2.9, WGI WPM D.3}

모든 규모의 의사결정에서 형평성, 포용, 공정 전환, 모든 관련된 행위자의 광범위하고 의미 있는 참여는 가속화된 완화를 위한 더 심층적인 사회적 의욕과 기후 행동을 더 광범위하게 활성화하고, 사회적 신뢰를 구축하고 변혁적인 변화를 지원하며 편익과 부담의 형평성 있는 분담을 지원한다(높은 신뢰도). 시간이 지남에 따라 국가 간의 차별화가 변화하고 공정한 분배를 평가하는 데 어려움이 있음에도 불구하고 형평성은 UN 기후 체제의 핵심 요소로 남아있다. 의욕적인 완화 경로는 고배출 활동에서 저배출 활동으로 전환하는 동안 소득과 고용의 이동을 포함하여 국가 내에 그리고 국가 간의 상당한 분배 결과와 함께 경제 구조의 크고 때때로 파괴적인 변화를 의미한다(높은 신뢰도). 일부 일자리는 사라질 수 있지만, 저배출 개발은 기술을 향상하고 일자리를 창출할 수 있는 기회 역시 열어줄 수 있다(높은 신뢰도). 완화를 촉진하는 금융, 기술 및 거버넌스에 대한 형평성 있는 접근과 기후 정의에 대한 고려를 확대하는 것은 부담의 형평성 있는 분담에 도움이 될 수 있으며, 취약한 국가와 지역사회에서는 더욱 그러하다. {WGI SPM D.3, WGI SPM D.3.2, WGI SPM D.3.3, WGI SPM D.3.4, WGI TS Box TS.4}

국가 간의 개발 우선 순위는 또한 서로 다른 출발점과 맥락을 반영하며 따라서 향상된 지속 가능성을 향한 개발 경로 전환의 활성화 조건은 서로 다를 것이며 서로 다른 요구를 유발할 것이다(높은 신뢰도). 집단적이고 참여적인 의사결정 과정을 통해 공정 전환 원칙을 이행하는 것은 형평성 원칙을 국가 상황에 따라 모든 규모의 정책에 통합하는 효과적인 방법이며, 일부 국가는 공정 전환 위원회, 태스크 포스 및 국가 정책을 수립했다(중간 신뢰도). {WGIII SPM D.3.1, WGIII SPM D.3.3}

많은 경제 및 규제 수단이 배출량 감축에 효과적이었으며 실제 경험은 분배 목표 및 사회적 수용을 다루면서 이를 개선하기 위한 수단 설계에 정보를 제공했다(높은 신뢰도). 선택지가 소비자에게 제공되는 방식 등의 행태 개입을 설계하는 것은 가격 신호와 시너지를 발휘하여, 그 결합을 더욱 효과적으로 만든다(중간 신뢰도). 사회 경제적 지위가 높은 개인, 예를 들어 시민, 투자자, 소비자, 역할 모델 및 전문가 등은 배출량에 불균형적으로 기여하고 배출량 감축에 대한 잠재력이 가장 높다(높은 신뢰도). 세금, 보조금, 가격 및 소비 기반 접근법과 같은 수단을 설계하기 위한 옵션이 존재하며, 이들은 형평성과 사회적 복지를 개선하면서 고배출 소비를 줄이기 위해 규제 수단으로 보완된다(높은 신뢰도). 최종 사용자가 GHG 집약도가 낮은 옵션을 채택하도록 돕기 위한 행태 및 라이프스타일 변화에는 사회 복지를 위한 여러가지 공동편익이 있는 정책, 기반시설 및 기술이 도움을 줄 수 있다(높은 신뢰도). 국내 및 국제 금융, 기술 및 역량에 대한 형평성 있는 접근을 확대하는 것은 저소득 상황에서 완화를 가속화하고 개발 경로를 전환하는 촉매제 역할을 할 수 있다(높은 신뢰도). 극심한 빈곤, 에너지 빈곤을 근절하고 지속가능발전 목표를 달성하는 맥락에서 이 지역의 모든 사람들에게 적정 생활 수준을 제공하는 것은 단기적으로 상당한 전지구 배출량 증가 없이 달성될 수 있다(높은 신뢰도).

4.5 단기 완화 및 적응 행동

심층적이고 지속적인 배출량 감축을 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 확장을 필요로 한다. 완화 및 적응을 위한 실행 가능하고 효과적이며 저렴한 옵션은 시스템과 지역에 따라 차이가 있긴 하지만 이미 이용 가능하다. (높은 신뢰도)

심층적이고 지속적인 배출량 감축을 달성하고 모두가 살기 좋고 지속 가능한 미래를 확보하려면 모든 부문과 시스템에 걸쳐 신속하고 광범위한 전환이 필요하다(높은 신뢰도). 오버슈트 없거나 제한적이면서 온난화를 1.5°C로 제한(>50%)하는 경로와 일치하는 시스템 전환¹⁵¹은 온난화를 2°C로 제한(>67%)하는 경로의 경우보다 단기적으로 더 빠르고 확연하다(높은 신뢰도). 이러한 시스템적 변화는 규모 면에서 전례가 없지만 속도 면에서 반드시 그런 것은 아니다(중간 신뢰도). 시스템 전환은 높은 수준의 인간 건강과 웰빙, 경제 및 사회적 탄력성, 생태계 건강 및 행성의 건강에 필요한 변형적 적응을 가능하게 한다. {WGII SPM A, WGII SPM 그림 SPM.1; WGIII SPM C.3; SR1.5 SPM C.2, SR1.5 SPM C.2.1, SR1.5 SPM C.2, SR1.5 SPM C.5}

완화 및 적응을 위한 실행 가능하고 효과적이며 저렴한 옵션이 이미 이용 가능하다(높은 신뢰도)(그림 4.4). USD 100 tCO₂-eq 이하의

기술 개발, 이전, 역량 구축 및 금융은 개발도상국/지역이 저탄소 운송 시스템으로 도약하거나 전환하는 것을 지원하여 여러 공동편익을 제공할 수 있다(높은 신뢰도). 기후탄력적 개발은 행위자가 형평성 있고 공정한 결과를 향해 다양한 이해관계, 가치 및 세계관을 조화시킬 수 있는 방식으로 형평성 있고 공정하게 협력할 때 진행된다(높은 신뢰도). {WGII D.2.1, WGIII SPM B.3.3, WGIII SPM C.8.5, WGIII SPM C.10.2, WGIII SPM C.10.4, WGIII SPM D.3.4, WGIII SPM E.4.2, WGIII TS.5.1, WGIII 5.4, WGIII 5.8, WGIII 15.2}

비용이 드는 완화 옵션은 2030년까지 전지구 GHG 배출량을 최소 2019년의 절반까지 줄일 수 있다(USD 20tCO₂-eq⁻¹ 미만의 비용이 드는 옵션은 이 잠재력의 절반 이상을 차지하는 것으로 추정된다)(높은 신뢰도)(그림 4.4). 단기적으로 완화 옵션의 가용성, 실행 가능성¹⁵² 및 잠재력 또는 적응의 효과는 시스템과 지역에 따라 다르다(매우 높은 신뢰도). {WGII SPM C.2; WGIII SPM C.12, WGIII SPM E.1.1; SR1.5 SPM B.6}

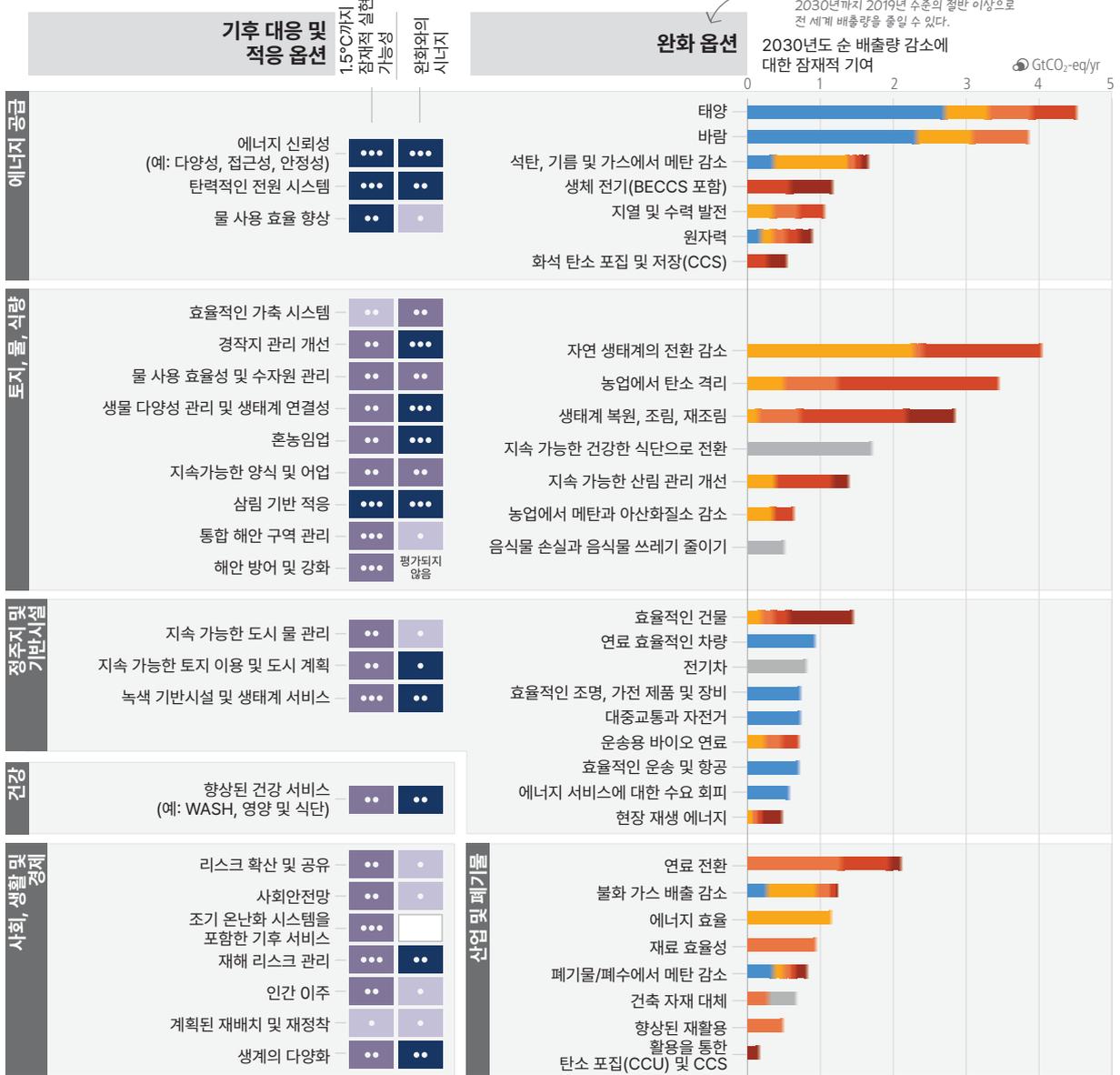
일부 지역 및 사회경제적 그룹은 추가적인 에너지 및 자원을 필요로 하긴 하지만, 수요 측면의 조치와 최종 서비스 제공의 새로운 방식은 최종 사용 부문의 전지구 GHG 배출량을 기준 시나리오 대비 2050년까지 40~70%까지 줄일 수 있다. 수요 측면의 완화는 기반시설 사용, 최종 사용 기술 사용 채택, 사회 문화 및 행태 변화에 대한 변화를 포함한다. (높은 신뢰도) (그림 4.4) {WGIII SPM C.10}

¹⁵¹ 시스템 전환은 모든 부문에서 근본적인 배출 감소 및 변형적 적응을 가능하게 하는 완화 및 적응 옵션의 광범위한 포트폴리오를 포함한다. 이 보고서는 특히 다음과 같은 시스템 전환에 중점을 둔다. 에너지, 산업, 도시, 경주지 및 기반시설, 토지, 바다, 식량, 물, 건강과 영양, 사회, 생계 및 경제. {WGII SPM A, WGII 그림 SPM.1, WGII SPM 그림 SPM.4; SR1.5 SPM C.2}

¹⁵² 부속서 I 참조: 용어집

기후 행동을 확대할 수 있는 여러 기회가 있다

a) 기후 대응 및 적응의 타당성, 단기 완화 옵션의 가능성



타당성 수준 및 완화와의 시너지 효과
 ●●● 높음 ●● 중간 ● 낮음 □ 불충분한 증거

잠재적 실행 가능성 및 완화와의 시너지 효과에 대한 신뢰 수준
 ●●● 높음 ●● 중간 ● 낮음

옵션의 순 일생 비용:
 ● 비용이 참조보다 낮음 ● 50~100(tCO₂-eq 당 달러)
 ● 0~20(tCO₂-eq 당 달러) ● 100~200(tCO₂-eq 당 달러)
 ● 20~50(tCO₂-eq 당 달러) ● 높은 가변성 또는 데이터 부족으로 인해 할당되지 않은 비용

b) 2050년까지 수요 측면

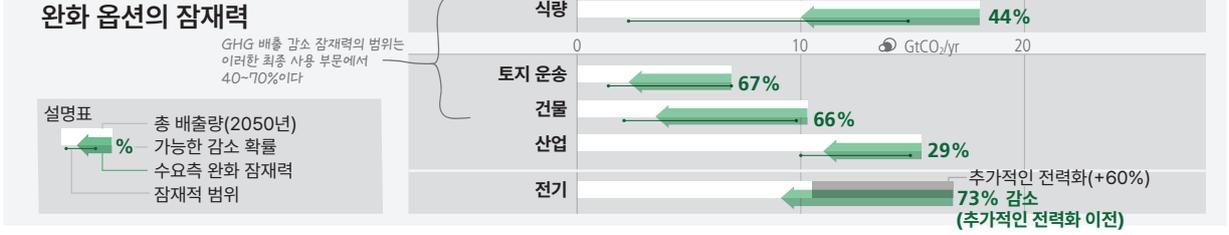


그림 4.4: 기후 행동을 확대할 수 있는 다양한 기회. **패널 (a)**는 다양한 시스템에서 선택된 완화 및 적응 옵션을 제시한다. (a) 패널의 왼쪽은 단기적으로 최대 1.5 °C 지구온난화까지 전지구적 규모에서 다차원적 타당성에 대해 평가된 기후 대응 및 적응 옵션을 보여준다. 1.5°C 이상의 문헌은 제한적이기 때문에 더 높은 수준의 온난화에서 실행 가능성이 변경될 수 있으며, 이는 현재 확실하게 평가할 수 없다. 이주, 재배치 및 재정착과 같은 일부 대응은 적응으로 간주될 수도 있고 그렇지 않을 수도 있기 때문에 여기에서 적응이라는 용어와 함께 대응이라는 용어를 사용한다. 자발적이고 안전하며 질서 있는 이주를 통해 기후 및 비기후 스트레스 요인에 대한 리스크를 줄일 수 있다. 산림 기반 적응은 지속 가능한 산림 관리, 산림 보존 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 완화와 시너지와 함께 기후 대응 및 적응 옵션의 잠재적 타당성을 계산했다. 잠재적 타당성 및 타당성 차원에서 그림은 높은, 중간 또는 낮은 타당성을 보여준다. 완화와 시너지는 높음, 중간 및 낮음으로 식별된다. 패널의 오른쪽은 선택된 완화 옵션의 개요와 2030년 예상 비용 및 잠재력을 제공한다. 상대적 잠재력과 비용은 2030년과 비교하여 장기적으로 감소, 상황 및 시간에 따라 달라질 것이다. 비용은 참조 기술과 비교하여 저장된 온실가스 배출의 계산된 순 생애주기 할인 금전 비용이다. 잠재력(가로축)은 지정된 배출 기준선과 관련하여 주어질 완화 옵션으로 달성할 수 있는 순 GHG 배출 감소량이다. 순 GHG 배출량 감소는 감소된 배출량 및/또는 향상된 흡수원의 합계이다. 사용된 기준선은 AR6 시나리오 데이터베이스(25~75 백분위수 값)의 현재 정책(2019년경) 참조 시나리오로 구성된다. 완화 가능성은 각 옵션에 대해 독립적으로 평가되며 반드시 부가적인 것은 아니다. 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. 실선 막대의 길이는 옵션의 완화 가능성을 나타낸다. 잠재력은 다양한 색상으로 표시된 비용 범주로 분류된다(별도 참조). 할인된 생애주기에 따른 금전적 비용만 고려된다. 점진적인 색상 전환이 표시되는 경우, 잠재력을 비용 범주로 분류하는 것은 잘 알려져 있지 않거나 또는 지리적 위치, 자원 가용성 및 지역적 상황과 같은 요인에 크게 의존하며 색상은 추정 범위를 나타낸다. 총 잠재력의 불확실성은 일반적으로 25~50%이다. 이 그림을 해석할 때, 다음 사항을 고려해야 한다. (1) 대체되는 기존 기술(및 배출량), 신기술 채택률 및 기타 여러 요인에 따라 달라지므로 완화 가능성은 불확실하다. (2) 다른 옵션은 그림에 반영되지 않은 비용 측면을 넘어 다른 실행 가능성을 가지고 있다. (3) 전기 시스템에서 가변 재생 에너지원의 통합을 수용하기 위한 비용은 2030년까지 적당할 것으로 예상되며 포함되지 않는다. **패널 (b)**는 2050년 수요측 완화 옵션의 잠재적 가능성을 보여준다. 잠재력은 전지구 모든 지역을 대표하는 약 500개의 상황식 연구를 기반으로 추정된다. 기준선(흰색 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. 같은 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. {WGII 그림 SPM.4, *캡처 18의 WGII Cross-Chapter Box FEASIB; WGIII SPM C.10, WGIII 12.2.1, WGIII 12.2.2, WGIII 그림 SPM.6, WGIII 그림 SPM.7}*

4.5.1. 에너지 시스템

GHG 배출의 신속하고 심층적인 감축은 주요 에너지 시스템 전환을 필요로 한다(높은 신뢰도). 적응 옵션은 에너지 시스템에 대한 기후 관련 리스크를 줄이는 데 도움이 될 수 있다(매우 높은 신뢰도). 넷제로 CO₂ 에너지 시스템은 다음을 포함한다: 전체 화석 연료 사용의 상당한 감소, 저장장치가 없는 화석 연료의 최소 사용¹⁵³, 남아 있는 화석 연료 시스템에서의 탄소 포집 및 저장 사용, 순 CO₂를 배출하지 않는 전기 시스템, 광범위한 전기화, 전기화가 용이하지 않은 적용처에서의 대체 에너지 캐리어, 에너지 절약 및 효율성, 에너지 시스템 전반에 걸친 더 큰 통합(높은 신뢰도). 배출량 감축에 대한 큰 기여는 태양 및 풍력 에너지, 에너지 효율 개선, CH₄(메탄) 배출량 감축(석탄 채굴, 석유 및 가스, 폐기물에서 나오는)을 포함하여 USD 20 tCO₂-eq⁻¹ 미만의 비용이 드는 옵션에서 나올 수 있다(중간 신뢰도).¹⁵⁴ 이러한 대응 옵션 중 다수는 기술적으로 실행 가능하며 대중의 지지를 받는다(높은 신뢰도). 배출 집약적 시스템을 유지하는 것은 일부 지역 및 부문에서 저배출 시스템으로 전환하는 것보다 비용이 더 많이 들 수 있다(높은 신뢰도) {WGII SPM C.2.10; WGIII SPM C.4.1, WGIII SPM C.4.2, WGIII SPM C.12.1, WGIII SPM E.1.1, WGIII TS.5.1}.

기후변화 및 관련 극한 현상은 수력 발전, 바이오 에너지 생산량, 화력 발전소 효율 및 난방과 냉방 수요를 포함한 미래 에너지 시스템에 영향을 미칠 것이다(높은 신뢰도).

가장 실행 가능한 에너지 시스템 적응 옵션은 기반시설 탄력성, 신뢰할 수 있는 전력 시스템, 기존 및 신규 에너지 발전 시스템을 위한 효율적인 물 사용에 도움을 준다(매우 높은 신뢰도). 수력 발전과 열전 발전에 대한 적응은 최대 1.5°C에서 2°C까지는 대부분의 지역에서 효과적이며 더 높은 수준의 온난화에서는 효과가 감소한다(중간 신뢰도). 에너지 발전의 다양화(예: 풍력, 태양광, 소규모 수력 발전) 및 수요 측면 관리(예: 저장 및 에너지 효율 개선)는 특히 농촌 인구에서 에너지 신뢰성을 높이고 기후변화에 대한 취약성을 줄일 수 있다(높은 신뢰도). 기후 반응 에너지 시장, 현재 및 예상되는 기후변화에 따른 에너지 자산에 대한 개선된 설계 표준, 스마트 그리드 기술, 강건한 송전 시스템 및 공급 부족에 대응할 수 있는 개선된 역량은 완화 공동편익과 함께 중장기적으로 실행 가능성이 높다(매우 높은 신뢰도). {WGII SPM B.5.3, WGII SPM C.2.10; WGIII TS.5.1}

4.5.2. 산업

산업 유형에 따라 산업 배출량을 감축하기 위한 몇 가지 옵션이 있다. 많은 산업이 기후변화, 특히 극한 현상으로 인해 혼란을 겪고 있다(높은 신뢰도). 산업 배출량 감축은 수요 관리, 에너지 및 물질 효율성, 순환 물질 흐름뿐만 아니라 저장 기술 및 생산 공정의 변혁적 변화를 포함한 모든 완화 옵션을 촉진하기 위해 가치 사슬 전반에 걸쳐 조율된 행동을 수반할 것이다(높은 신뢰도).

¹⁵³ 이 맥락에서 '저장장치가 없는 화석 연료'는 체류 기간 주기 동안 배출되는 GHG의 양을 실질적으로 줄이는 개입 없이 생산 및 사용되는 화석 연료를 의미한다. 이러한 개입의 예시로는 발전소에서 90% 이상의 CO₂를 포집하거나 에너지 공급에서 탈탄 메탄 배출량의 50~80%를 포집하는 것을 들 수 있다. {WGIII SPM 주석 54}

¹⁵⁴ 특정 상황이나 지역에서 개별 기술의 완화 잠재력과 완화 비용은 제공된 추정치로부터 상당히 다르다(중간 신뢰도) {WGIII SPM C.12.1}

경공업 및 제조업은 사용가능한 저감 기술(예: 물질 효율성, 순환성), 전기화(예: 전열 난방, 히트 펌프), GHG 배출이 적거나 없는 연료로의 전환(예: 수소, 암모니아, 바이오 기반 및 기타 합성 연료)을 통해 상당히 탈탄소화될 수 있지만(높은 신뢰도), 시멘트 공정 배출량의 심층적인 감축은 시멘트 물질 대체와 새로운 화학 물질이 숙달될 때까지 탄소 포집 및 저장(CCS)의 가용성에 달려 있을 것이다(높은 신뢰도). 화학 물질의 생산 및 사용으로 인한 배출량 감축은 플라스틱 재활용 증가, 연료 및 공급 원료 전환, 생물 유래 탄소 공급, 가용성에 따라 탄소 포집 및 활용(CCU), 대기 중 CO₂ 직접 포집 및 CCS 등을 포함해 생애 주기 접근법에 의존할 필요가 있을 것이다(높은 신뢰도). 산업 부문 배출량을 감축하기 위한 행동은 고용 및 경제 구조에 대한 분배 효과와 함께 GHG 집약 산업의 위치와 가치 사슬의 구성을 변화시킬 수 있다(중간 신뢰도). {WGII TS.B.9.1, WGII 챕터 16.5.2 WGIII SPM C.5, WGIII SPM C.5.2, WGIII SPM C.5.3, WGIII TS.5.5}

많은 산업 및 서비스 부문은 특히 극한 현상 등 기후변화로 인해 공급 및 운영 중단 등의 부정적인 영향을 받으며(높은 신뢰도) 적응 노력이 필요할 것이다. 물 집약적 산업(예: 광업)은 물 재활용 및 재사용과 같은 물과 관련된 스트레스를 줄이기 위한 조치를 취할 수 있다. 그러나 잔류 리스크가 남아 있을 것이며, 더 높은 수준의 온난화에서는 더욱 그러할 것이다(중간 신뢰도). {WGII TS.B.9.1, WGII 16.5.2, WGII 4.6.3} (섹션 3.2)

4.5.3. 도시, 정주지 및 기반시설

도시 시스템은 특히 물리적, 자연적 및 사회적 기반시설을 통합하는 통합 계획과 관련하여 심층적인 배출량 감축을 달성하고 기후탄력적 개발을 진행하는 데에 중요하다(높은 신뢰도). 심층적인 배출량 감축 및 통합 적응 행동은 다음을 통해 진행된다. 통합되고 포괄적인 토지 이용 계획 및 의사 결정, 일차리와 주택을 함께 배치한 콤팩트 도시, 도시 에너지 및 물질 소비 감소 또는 변화, 저배출원과 결합된 전기화, 개선된 물 및 폐기물 관리 기반시설, 도시 환경에서 탄소 흡수 및 저장을 향상시키는 것(예: 바이오 기반 건축 자재, 투과성 지표면, 도시 그린 및 블루 기반시설). 공급망을 통해 행정 경계 내외에서 배출량을 줄이면 도시는 넷제로 배출량을 달성하여 다른 부문에 걸쳐 유익한 연쇄 효과를 만들 수 있다. (높은 신뢰도). {WGII SPM C.5.6, WGII SPM D.1.3, WGII SPM D.3; WGIII SPM C.6, WGIII SPM C.6.2, WGIII TS 5.4, SR1.5 SPM C.2.4}

도시 및 농촌 정주지와 기반시설의 설계 및 계획에서 기후변화 영향 및 리스크(예: 기후 서비스를 통한)을 고려하는 것은 복원력과 인간 복지 향상에 매우 중요하다. 효과적인 완화는 건물의 각 설계, 건설, 개조, 사용 및 폐기 단계에서 진행될 수 있다. 건물에 대한 완화 개입은 다음을 포함한다. 건설 단계에서 저배출 건축 자재, 고효율 건물 외피 및 재생 에너지 솔루션의 통합, 사용 단계에서 고효율 기기/장비, 건물 사용 최적화 및 저배출 에너지원 공급, 폐기 단계에서 건축 자재 재활용 및 재사용. 총분성¹⁵⁵ 조치는 건물 및 가전 제품의 수명 주기 동안 에너지 및 재료에

대한 수요를 제한할 수 있다.(높은 신뢰도) {WGIII SPM C.2.5, WGIII SPM C.7.2}

수송 관련 GHG 배출량은 수요 측면 옵션과 GHG 저배출 기술을 통해 감축할 수 있다. 도시 형태의 변화, 자전거와 걷기를 위한 거리 공간의 재할당, 디지털화(예: 원격 근무) 및 소비자 행태의 변화를 장려하는 프로그램(예: 교통, 가격책정)은 교통 서비스에 대한 수요를 줄이고 보다 에너지 효율적인 교통 수단으로의 전환에 도움을 줄 수 있다(높은 신뢰도). 저배출 전기로 구동되는 전기 자동차는 수명 주기를 기준으로 육상 운송에 가장 큰 탈탄소화 잠재력을 제공한다(높은 신뢰도). 전기 자동차의 비용은 감소하고 채택은 가속화되고 있지만 보급 규모를 늘리기 위해 지원 기반시설에 대한 지속적인 투자가 필요하다(높은 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). 배터리 기술의 발전은 대형 트럭의 전기화를 촉진하고 기존 전기 철도 시스템을 보완할 수 있다(중간 신뢰도). 지속 가능한 바이오 연료는 단기 및 중기적으로 육상 수송에서 추가적인 완화 편익을 제공할 수 있다(중간 신뢰도). 지속 가능한 바이오 연료, 저배출 수소 및 파생물(합성 연료 포함)은 해상 운송, 항공 및 대형 육상 수송에 발생하는 CO₂ 배출 완화를 지원할 수 있지만 생산 공정 개선 및 비용 절감이 필요하다(중간 신뢰도). 설계 표준이 변화하는 기후 조건을 고려하지 않는다면 위생, 물, 건강, 수송, 통신 및 에너지를 포함한 주요 기반시설 시스템은 점점 더 취약해질 것이다(높은 신뢰도). {WGII SPM B.2.5; WGIII SPM C.6.2, WGIII SPM C.8, WGIII SPM C.8.1, WGIII SPM C.8.2, WGIII SPM C.10.2, WGIII SPM C.10.3, WGIII SPM C.10.4}

도시 임업, 녹색 지붕, 연못 및 호수, 강 복원과 같은 그린/자연 및 블루 기반시설은 폭염, 폭우 및 가뭄과 같은 극한 현상으로 인한 리스크를 줄이고, 건강, 웰빙 및 생계를 위한 공동편익을 증진하는 동시에 탄소 흡수 및 저장, 배출 방지하고 에너지 사용을 줄임으로써 기후변화를 완화할 수 있다(중간 신뢰도). 도시 녹화는 지역의 온도를 낮출 수 있다(매우 높은 신뢰도). 그린/자연 및 그레이/물리 기반시설 적응 대응을 결합하면 적응 비용을 줄이고 홍수 통제, 위생, 수자원 관리, 산사태 예방 및 해안 보호에 기여할 수 있는 잠재력이 있다(중간 신뢰도). 전지구적으로 그린/자연 기반시설 및 사회 기반시설보다 그레이/물리 기반시설에 더 많은 자금 조달이 이루어지고 있으며(중간 신뢰도), 임시 정주지에 대한 투자가 이루어지고 있다는 증거는 제한적이다(중간에서 높은 신뢰도). 임시 정주지에 거주하는 사람들을 포함하여 저소득 및 소외된 커뮤니티의 기후 리스크를 줄이기 위해 금융을 우선시함으로써 도시 지역의 웰빙에 대한 이익을 가장 크게 얻을 수 있다(높은 신뢰도). {WGII SPM C.2.5, WGII SPM C.2.6, WGII SPM C.2.7, WGII SPM D.3.2, WGII TS.E.1.4, WGII Cross-Chapter Box FEAS; WGIII SPM C.6, WGIII SPM C.6.2, WGIII SPM D.1.3, WGIII SPM D.2.1}

¹⁵⁵ 지구 경계 내의 모든 사람에게 웰빙을 제공하면서 에너지, 재료, 토지 및 물에 대한 수요를 피하는 일련의 조치 및 일상적 관행. {WGIII 부속서 1}

저지대 해안 도시 및 경주지와 작은 섬에서 진행 중인 해수면 상승과 지반 침하에 대한 대응에는 보호, 수용, 선제적 이주 및 계획된 이주가 포함된다. 이러한 대응은 결합 및/또는 순서화되고 미리 계획되고 사회문화적 가치 및 개발 우선 순위를 따라서 조정되고, 포용적인 커뮤니티 참여 과정에 의해 뒷받침되는 경우에 더 효과적이다. *(높은 신뢰도) {WGII SPM C.2.8}*

4.5.4. 토지, 해양, 식량 및 물

농업, 임업 및 기타 토지 이용과 해양 옵션에는 대부분의 지역에서 단기적으로 확대될 수 있는 상당한 완화 및 적응 잠재력이 있다(*높은 신뢰도*) (그림 4.5). 산림 및 기타 생태계의 보전, 개선된 관리 및 복원은 경제적 완화 잠재력의 가장 큰 부분을 제공하며 열대 지역의 산림 전용 감소는 총 완화 잠재력이 가장 높다. 생태계 복원, 재조림 및 신규조림은 토지에 대한 경쟁 수요로 인해 상충효과로 이어질 수 있다. 상충효과를 최소화하기 위해 식량 안보를 비롯한 여러 목표를 달성하기 위한 통합된 접근 방식이 필요하다. 수요측 조치(지속 가능한 건강한 식단으로의 전환 및 식량 손실/폐기물 감소)와 지속 가능한 농업 강화는 생태계 전환과 CH₄ 및 N₂O 배출량을 감축하고 재조림 및 생태계 복원을 위한 토지를 확보할 수 있다. 수명이 긴 목재 제품을 포함하여 지속 가능하게 조달된 농산물 및 임산물은 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. 생태계 기반 적응 및 대부분의 물 관련 적응 옵션의 효율성은 온난화가 증가함에 따라 감소한다(3.2 참조). *(높은 신뢰도) {WGII SPM C.2.1, WGII SPM C.2.2, WGII SPM C.2.5; WGIII SPM C.9.1; SRCCL SPM B.1.1, SRCCL SPM B.5.4, SRCCL SPM D.1; SROCC SPM C}*

고탄소 생태계(예: 이탄 지대, 습지, 방목지, 맹그로브 및 숲)의 보전과 같은 일부 옵션은 즉각적인 영향을 미치는 반면, 고탄소 생태계 복원, 황폐화된 토양의 개간 또는 신규조림과 같은 다른 옵션들은 측정 가능한 결과를 제공하는 데에 수십년이 걸린다(*높은 신뢰도*). 많은 지속 가능한 토지 관리 기술과 관행은 3년에서 10년 안에 재정적으로 수익을 낼 수 있다(*중간 신뢰도*). *{SRCCL SPM B.1.2, SRCCL SPM D.2.2}*

전지구적 규모에서 생물 다양성과 생태계 서비스의 복원력을 유지하는 것은 현재 자연 상태에 가까운 생태계를 포함하여 지구의 육지, 담수 및 해양 지역의 약 30~50%를 효과적이고 형평성 있게 보존하는 데 달려 있다(*높은 신뢰도*). 육지, 담수, 해안 및 해양 생태계가 제공하는 서비스와 옵션은 보호, 복원, 재생 가능한 자원 사용의 예방적 생태계 기반 관리, 오염 및 기타 스트레스 요인의 감소로 뒷받침될 수 있다(*높은 신뢰도*). *{WGII SPM C.2.4, WGII SPM D.4; SROCC SPM C.2}*

바이오 에너지, 바이오차 또는 신규조림을 위한 대규모 토지 전환은 생물 다양성, 물 및 식량 안보에 대한 리스크를 증가시킬 수 있다. 반대로 자연림과 배수된 이탄지를 복원하고 관리된 숲의 지속 가능성을 개선하면 탄소 저장량과 흡수원의 탄력성이 향상되고 기후변화에 대한 생태계 취약성이 감소한다. 지역 사회 및 토착민과의 협력 및 포용적 의사 결정은 토착민 고유의 권리에 대한 인식과 더불어 숲 및 기타 생태계 전반에 걸친 성공적인 적응에 필수적이다. *(높은 신뢰도) {WGII SPM B.5.4, WGII SPM C.2.3, WGII SPM C.2.4; WGIII SPM D.2.3; SRCCL B.7.3, SRCCL SPM C.4.3, SRCCL TS.7}*

자연 하천, 습지 및 상류 산림은 대부분의 상황에서 홍수 리스크를 감소시킨다(*높은 신뢰도*). 습지 및 강 복원과 같은 자연적 물 보유력 향상, 비건축 구역 또는 상류 산림 관리와 같은 토지 이용 계획을 통해 홍수 리스크를 더욱 줄일 수 있다(*중간 신뢰도*). 내륙 홍수의 경우, 조기 경보 시스템과 같은 비구조적 조치와 제방과 같은 구조적 조치의 조합이 인명 손실을 감소시켰지만(*중간 신뢰도*), 홍수나 해수면 상승에 대한 강한 방어는 오작동일 수도 있다(*높은 신뢰도*). *{WGII SPM C.2.1, WGII SPM C.4.1, WGII SPM C.4.2, WGII SPM C.2.5}*

해안의 '블루 탄소' 생태계(예: 맹그로브, 감조 습지, 해초 목초지)의 보호 및 복원은 배출량을 감축하고/또는 탄소 흡수 및 저장을 증가시킬 수 있다(*중간 신뢰도*). 해안 습지는 해안 침식과 범람을 방지한다(*매우 높은 신뢰도*). 과도하게 개발되거나 고갈된 어장 재건과 같은 예방적 접근법을 강화하고 기존 어장 관리 전략의 대응력을 강화하면 기후변화가 어업에 미치는 부정적 영향을 줄이고 지역 경제 및 생계에 도움이 된다(*중간 신뢰도*). 어업 및 양식업의 생태계 기반 관리는 식량 안보, 생물다양성, 인간의 건강 및 웰빙을 지원한다(*높은 신뢰도*). *{WGII SPM C.2.2, WGII SPM C.2; SROCC SPM C.2.3, SROCC SPM C.2.4}*

4.5.5. 건강과 영양

인간의 건강은 식량, 기반시설, 사회 보호 및 수자원 정책에 건강을 주류화 하는 통합된 완화 및 적응 옵션으로부터 편익을 얻을 것이다(*매우 높은 신뢰도*). 균형 잡히고 지속 가능한 건강한 식습관¹⁵⁶과 감소된 식량 손실 및 낭비는 적응 및 완화를 위한 중요한 기회를 제공하는 동시에 생물 다양성과 인간 건강 측면에서 상당한 공동편익을 창출한다(*높은 신뢰도*). 공공 조달, 건강 보험, 재정적 인센티브 및 인식 제고 캠페인에서 식량 공급원의 다양성 증가와 같은 영양 개선을 위한 공중 보건 정책은 잠재적으로 식량 수요에 영향을 미치고 음식물 쓰레기를 줄이며 의료 비용을 줄이고 GHG 배출량을 줄이는데 기여하며 적응 능력을 향상시킨다(*높은 신뢰도*).

¹⁵⁶ 균형 잡힌 식단은 SRCCL에 설명된 대로 거친 곡물, 콩류, 과일 및 채소, 견과류 및 씨앗과 같은 식물성 식량과 회복력 있고 지속 가능한 저 GHG 배출 시스템에서 생산되는 동물성 식량을 기반으로 하는 특성의 식단을 말한다.

청정 에너지원 및 기술에 대한 접근성 향상, 활동적인 이동성(예: 걷기 및 자전거 타기) 및 대중 교통으로의 전환은 특히 여성과 어린이에게 사회 경제적, 대기 질 및 건강상의 편익을 제공할 수 있다(높은 신뢰도). {WGII SPM C.2.2, WGII SPM C.2.11, WGII Cross-Chapter Box HEALTH; WGIII SPM C.2.2, WGIII SPM C.4.2, WGIII SPM C.9.1, WGIII SPM C.10.4, WGIII SPM D.1.3, WGIII 그림 SPM.6, WGIII 그림 SPM.8; SRCCL SPM B.6.2, SRCCL SPM B.6.3, SRCCL B.4.6, SRCCL SPM C.2.4}

인간의 건강과 웰빙을 보호하는 데 도움이 되는 효과적인 적응 옵션이 존재한다(높은 신뢰도). 조기 경보 및 대응 시스템을 포함하는 건강 조치 계획은 폭염에 효과적이다(높은 신뢰도). 물, 식량에 의해 매개되는 질병에 대한 효과적인 옵션에는 음용수에 대한 접근성 개선, 물 및 위생 시스템의 홍수 및 기상 이변에 대한 노출 감소, 조기 경보 시스템 개선이 포함된다(매우 높은 신뢰도). 매개체 질병의 경우, 효과적인 적응 옵션은 감시, 조기 경고 시스템 및 백신 개발이 포함된다(매우 높은 신뢰도). 기후변화 하에서 정신 건강 리스크를 줄이기 위한 효과적인 적응 옵션에는 정신 건강 관리에 대한 감시 및 접근 개선, 극한 기상 현상으로 인한 심리 사회적 영향 모니터링이 포함된다(높은 신뢰도). 보건 부문에서 기후탄력적으로 가는 핵심 경로는 의료에 대한 보편적 접근이다(높은 신뢰도). {WGII SPM C.2.11, WGII 7.4.6}

4.5.6 사회, 생계 및 경제

리스크에 대한 지식과 사용 가능한 적응 옵션을 강화하는 것은 사회적 대응을 촉진하고 정책, 기반시설 및 기술이 뒷받침되는 행태 및 라이프스타일 변화가 전지구 GHG 배출을 줄이는 데 도움이 될 수 있다(높은 신뢰도). 토착 지식 및 지역 지식에 의해 정보를 얻는 것을 포함하여 기후 서비스 및 커뮤니티 접근 방식을 통해 제공되는 기후 문해력 및 정보는 행태 변화 및 계획을 가속화할 수 있다(높은 신뢰도). 예술, 참여 모델링 및 시민 과학을 사용하는 교육 및 정보 프로그램은 인식을 촉진하고 리스크 인식을 높이며 행동에 영향을 줄 수 있다(높은 신뢰도). 선택지가 제시되는 방식은 균형 잡히고 지속 가능한 건강 식습관으로의 전환, 음식물 쓰레기 감소, 활동적인 이동성과 같은 저온 GHG 집약적 사회 문화적 옵션의 채택을 가능하게 할 수 있다(높은 신뢰도). 사회적 규범에 대한 신중한 명명, 구성 및 소통은 명령, 보조금 또는 세금의 효과를 증가시킬 수 있다(중간 신뢰도) {WGII SPM C.5.3, WGII TS.D.10.1; WGIII SPM C.10, WGIII SPM C.10.2, WGIII SPM C.10.3, WGIII SPM E.2.2, WGIII 그림 SPM.6, WGIII TS.6.1, 5.4; SR1.5 SPM D.5.6; SROCC SPM C.4}

재해 리스크 관리, 조기 경보 시스템, 기후 서비스, 리스크 확산 및 공유 접근 방식과 같은 다양한 적응 옵션은 여러 부문에 걸쳐 광범위하게 적용할 수 있으며 결합 시 더 큰 리스크 감소 편익을 제공한다(높은 신뢰도). 주요 중심적이고 다양한 사용자와 공급자를 포함하는 기후 서비스는 농업 관행을 개선하고 더 나은 물 사용 및 효율성을 알리고 탄력적인 기반시설 계획을 가능하게 할 수 있다(높은 신뢰도). 효과적인 비상 계획과 결합된 날씨 및 건강 보험, 사회 보호 및 적응형 안전망, 비상 금융 및 예비 자금, 조기 경보 시스템에 대한 보편적 접근을 포함하는 정책 조합은 인간 체계의 취약성과 노출을 줄일 수 있다(높은 신뢰도).

현금 지원 및 공공 사업 프로그램을 포함한 사회보장제도에 기후 적응을 통합하는 것은 특히 기본 서비스 및 기반시설이 뒷받침을 받을 때 매우 실현 가능하며 기후변화에 대한 탄력성을 증가시킨다(높은 신뢰도). 사회 안전망은 적응 능력을 구축하고 사회 경제적 취약성을 줄이며 위해 요소와 관련된 리스크를 감소시킬 수 있다(강력한 증거, 중간 동의). {WGII SPM C.2.9, WGII SPM C.2.13, WGII Cross-Chapter Box Chapter 18의 FEASIB; SRCCL SPM C.1.4, SRCCL SPM D.1.2}.

기후변화로 인한 비자발적 이주 및 이동에 대한 미래 리스크를 줄이는 것은 제도적 적응 능력과 지속가능발전을 강화하기 위한 협력적이고 국제적인 노력을 통해 가능하다(높은 신뢰도). 적응 역량을 높이면 비자발적 이주 및 비이동과 관련된 리스크를 최소화하고 이주 결정에 대한선택의 정도를 개선하는 한편, 정책 개입을 통해 장애물을 제거하고 취약한 사람들이 기후변화에 적응할 수 있도록 안전하고 질서 있고 규칙적인 이주를 위한 대안을 확장할 수 있다(높은 신뢰도). {WGII SPM C.2.12, TS.D.8.6, WGII Cross-Chapter Box Chapter 7의 MIGRATE}

적용, 책임성 및 투명성 메커니즘에 대한 비즈니스 사례를 구축하고 진행 상황을 모니터링 및 평가하는 것 등을 통해 민간 부문의 약속 및 후속 조치를 가속화하는 것이 촉진된다(중간 신뢰도). 기후 리스크 관리를 위한 통합 경로는 소위 '후회가 적은' 예상 옵션이 시의 적절한 방식으로 여러 부문에 걸쳐 공동으로 설정되고 해당 지역 상황에서 실현 가능하고 효과적일 때, 그리고 부문 간 경로 의존성과 오적응을 피할 때 가장 적합할 것이다(높은 신뢰도). 지속적인 적응 조치는 제도적 예산 및 정책 계획 주기, 법적 계획, 모니터링 및 평가 프레임워크, 재해 복구 노력에 적응을 주류화 함으로써 강화된다(높은 신뢰도). 정책 및 법적 프레임워크와 같은 적응을 통합하는 수단, 행태 인센티브, 기후 리스크 공개와 같은 시장 실패를 다루는 경제적 수단, 포용적이고 숙고하는 과정은 공공 및 민간 행위자의 적응 행동을 강화한다(중간 신뢰도). {WGII SPM C.5.1, WGII SPM C.5.2, WGII TS.D.10.4}

4.6 지속가능발전목표를 위한 적응 및 완화의 공동편익

완화 및 적응 행동은 지속가능발전목표(SDG)와의 상충효과보다 더 많은 시너지가 있다. 시너지와 상충효과는 이행의 맥락과 규모에 따라 다르다. 추가적인 정책, 투자 및 금융 파트너십을 통해 잠재적인 상충효과를 보상하거나 피할 수 있다. **(높은 신뢰도)**

많은 완화 및 적응 행동에는 지속가능발전목표(SDG)와 여러 시너지가 있지만, 일부 행동에는 상충효과가 있을 수도 있다. SDGs와의 잠재적 시너지는 잠재적 상충효과를 능가한다. 시너지와 상충효과는 상황에 따라 다르며 이행 수단 및 규모, 부문 내 및 부문 간 상호 작용, 국가 및 지역 간의 협력, 행동의 순서, 시기 및 엄격성, 거버넌스 및 정책 설계에 따라 달라진다. 극심한 빈곤, 에너지 빈곤을 근절하고 모든 사람에게 적절한 생활 수준을 제공하는 것은 단기적으로 지속가능발전목표와 일치하며 상당한 전지구 배출량 없이 달성될 수 있다. **(높은 신뢰도)**. {WGII SPM C.2.3, WGII Figure SPM.4b; WGIII SPM B.3.3; WGIII SPM C.9.2, WGIII SPM D.1.2, WGIII SPM D.1.4, WGIII 그림 SPM.8} (그림 4.5)

몇 가지 완화 및 적응 옵션은 에너지, 도시 및 토지 시스템에서 지속가능발전을 진행하기 위한 단기 시너지를 활용하고 상충효과를 줄일 수 있다(그림 4.5)(**높은 신뢰도**). 청정 에너지 공급 시스템에는 대기 질 및 건강 개선을 포함하여 여러 공동편익이 있다. 조기 경보 및 대응 시스템을 포함하는 고온 건강 행동 계획은 식량, 생계, 사회적 보호, 물 및 위생에 대해 주류 건강이 건강과 웰빙에 도움이 되도록 접근한다. 여러 지속가능발전목표와 지속 가능한 토지 이용, 더 많은 녹지 공간, 대기 오염 감소, 균형 잡히고 지속 가능한 건강 식단으로의 전환을 포함할 수요 측면 완화를 통한 도시 계획 사이에는 잠재적 시너지가 있다. 낮은 GHG 에너지와 결합된 전기화와 대중교통으로의 전환은 건강과 고용을 향상시킬 수 있으며 에너지 안보에 기여하고 형평성을 제공할 수 있다. 기후변화의 피할 수 없는 영향에 적응하기 위한 목표 관리와 함께 육지, 담수, 해안 및 해양 생태계의 보존, 보호 및 복원은 농업 생산성, 식량 안보 및 생물 다양성 보존과 같은 여러가지 추가적인 편익을 생성할 수 있다. **(높은 신뢰도)** {WGII SPM C.1.1, WGII C.2.4, WGII SPM D.1, WGII 그림 SPM.4, 챕터 7의 WGII Cross-Chapter Box HEALTH, 챕터 18의 WGII Cross-Chapter Box FEASIB; WGIII SPM C.4.2, WGIII SPM D.1.3, WGIII SPM D.2, WGIII 그림 SPM.8; SRCCL SPM B.4.6}

완화와 적응을 함께 이행하고 상충효과를 고려할 때, 인간의 웰빙은 온 생태계와 지구의 건강을 위한 여러 공동편익과 시너지가 실현될 수 있다(**높은 신뢰도**). 지속가능발전, 취약성 및 기후 리스크 사이에는 강력한 연관성이 있다. 기후변화 적응을 지원하는 사회 안전망은 교육, 빈곤 완화, 성별 포용 및 식량 안보와 같은 개발 목표와 강력한 공동편익을 갖고 있다. 토지 복원은 향상된 생태계 서비스를 통한 시너지와 경제적으로 긍정적인 수익 및 빈곤 감소와 생계 개선을 위한 공동편익으로 완화 및 적응에 기여한다. 역량 구축, 금융, 기술 이전, 투자, 거버넌스, 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)** {WGII SPM C.2.9, WGII SPM C.5.6, WGII SPM D.5.2, 챕터 18의 성에 대한 WGII Cross-Chapter Box; WGIII SPM C.9.2, WGIII SPM D.1.2, WGIII SPM D.1.4, WGIII SPM D.2; SRCCL SPM D.2.2, SRCCLTS.4}

맥락에 맞는 설계 및 이행은 사람들의 필요, 생물 다양성 및 기타 지속가능발전 차원을 고려해야 한다(**매우 높은 신뢰도**). 경제 발전의 모든 단계에 있는 국가는 사람들의 복지를 개선하기 위해 노력하며 개발 우선 순위는 다양한 출발점과 맥락을 반영한다. 다양한 맥락에는 사회적, 경제적, 환경적, 문화적 또는 정치적 상황, 자원 부족, 능력, 국제 환경과 과거 개발 상황이 포함되지만 이에 국한되지 않는다. 무엇보다도, 수익 및 고용 창출을 위해 화석 연료에 대한 의존도가 높은 지역에서 지속가능발전의 리스크를 완화하려면 경제 및 에너지 부문의 다각화를 촉진하는 정책과 공정 전환 원칙, 과정 및 관행에 대한 고려가 필요하다(**높은 신뢰도**). 작은 섬 및 저지대 해안 지역에 있는 개인과 가정, 소작농의 경우, 점진적인 적응에서 변혁적인 적응으로 전환하는 것이 연성 적응 한계를 극복하는 데 도움이 될 수 있다(**높은 신뢰도**). 식량 시스템, 생물 다양성, 기타 생태계 기능 및 서비스, 생계를 위한 활용하려는 리스크로 인해 대규모 조림 및 바이오 에너지 옵션과 같은 일부 완화 옵션의 상충효과를 제한하려면 효과적인 거버넌스가 필요하다(**높은 신뢰도**). 효과적인 거버넌스는 모든 수준에서 적절한 제도적 역량을 필요로 한다(**높은 신뢰도**). {WGII SPM B.5.4, WGII SPM C.3.1, WGII SPM C.3.4; WGIII SPM D.1.3, WGIII SPM E.4.2; SR1.5 SPM C.3.4, SR1.5 SPM C.3.5, SR1.5 SPM 그림 SPM.4, SR1.5 SPM D.4.3, SR1.5 SPM D.4.4}

단기 적응 및 완화 행동은 지속가능발전목표(SDGs)와의 상충효과보다 더 많은 시너지가 있다

시너지와 상충효과는 상황과 규모에 따라 달라진다

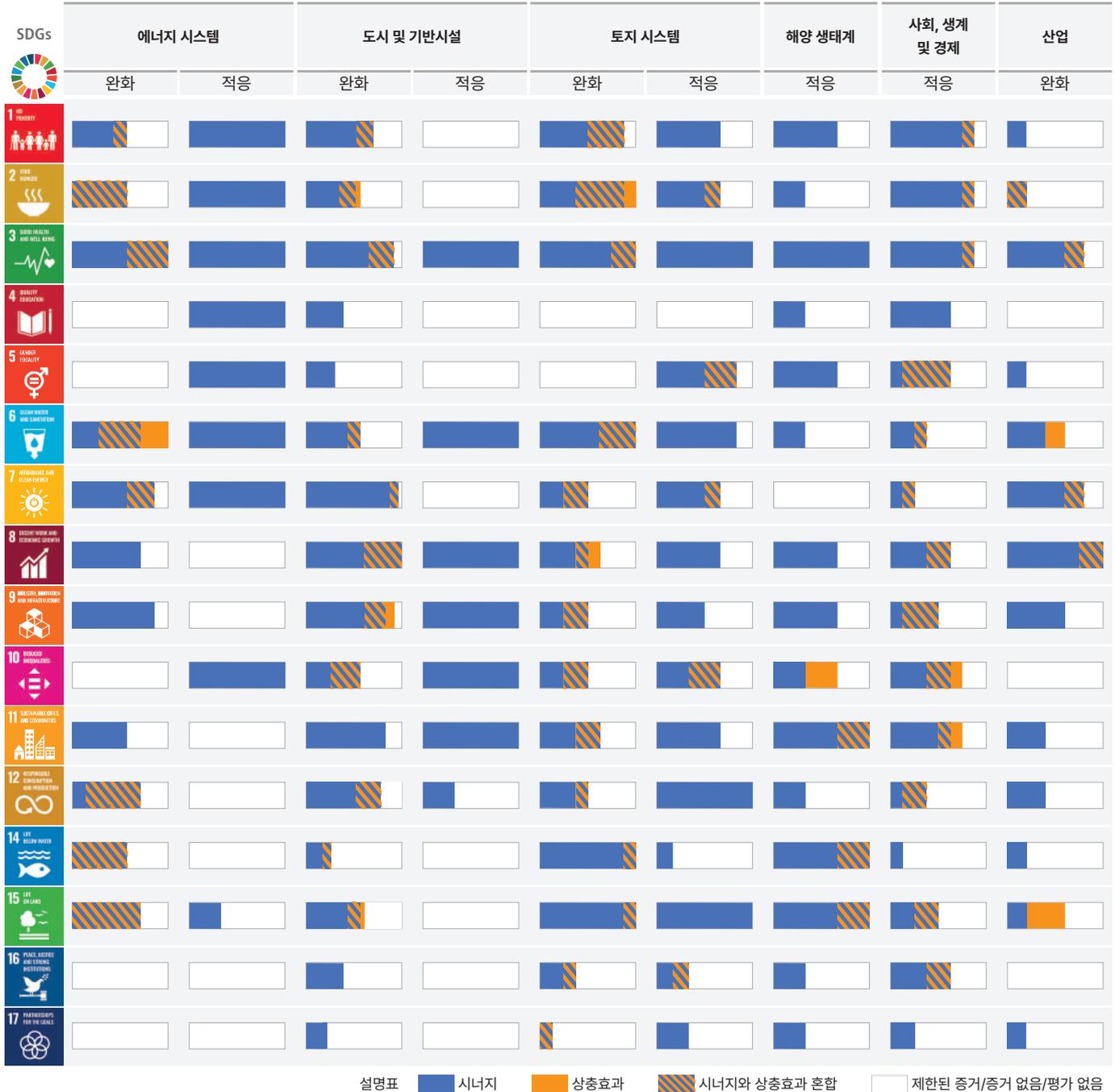


그림 4.5: 기후변화 완화 및 적응 옵션 포트폴리오와 지속가능발전목표(SDG) 사이의 잠재적인 시너지 및 상충효과. 이 그림은 각 개별 완화 및 옵션의 정성적 및 정량적 평가를 기반으로 WG II 그림 SPM.4b 및 WG III 그림 SPM.8에서 평가된 잠재적 시너지 및 상충효과에 대한 높은 수준의 요약을 제공한다. SDG는 2030 SDG 목표의 기간을 넘어 확장하는 다양한 지속가능발전 차원을 평가하기 위한 분석 프레임워크 역할을 한다. 섹터/시스템 내의 모든 개별 옵션에 걸친 시너지와 상충효과는 전체 완화 또는 적응 포트폴리오에 대한 섹터/시스템 잠재력으로 집계된다. 각 막대의 길이는 각 시스템/부문에 완화 또는 적응 옵션의 총 수를 나타낸다. 적응 및 완화 옵션의 수는 시스템/부문에 따라 다르며 100%로 정규화 되어 완화, 적응, 시스템/부문 및 SDG 간에 막대를 비교할 수 있다. WG II 그림 SPM.4b 및 WG III 그림 SPM.8에 표시된 긍정적인 링크는 여기에서 막대 내의 파란색 비율로 표시되는 시너지의 백분율 공유를 생성하기 위해 계산되고 집계된다. WG II 그림 SPM.4b 및 WG III 그림 SPM.8에 표시된 네거티브 링크는 계산되고 집계되어 상충효과 비율을 생성하며 막대 내의 주황색 비율로 표시된다. WG II 그림 SPM.4b WGIII 그림 SPM.8에 표시된 '시너지와 상충효과 모두'를 세고 합산하여 막대 내의 줄무늬 비율로 표시되는 '시너지와 상충효과'의 백분율 점유율을 생성한다. 막대 내의 '흰색' 비율은 제한된 증거/증거 없음/평가되지 않음을 나타낸다. 에너지 시스템은 적응을 위해 WGIII 그림 SPM.8 및 WGII 그림 SPM.4b에 나열된 모든 완화 옵션으로 구성된다. 도시 및 기반시설은 도시 시스템, 건물 및 운송 하에서 WGIII 그림 SPM.8에 나열된 모든 완화 옵션과 도시 및 기반시설 시스템 하의 WGII 그림 SPM.4b에 나열된 적응 옵션으로 구성된다.

토지 시스템은 AFOLU의 WG III 그림 SPM.8에 나열된 완화 옵션과 토지 및 해양 시스템의 WGII 그림 SPM.4b에 나열된 적응 옵션으로 구성된다: 산림 기반 적응, 혼농임업, 생물다양성 관리 및 생태계 연결성, 경작지 관리 개선, 효율적인 가축 관리, 물 사용 효율성 및 수자원 관리. 해양 생태계는 육지 및 해양 시스템에서 WGII 그림 SPM.4b에 나열된 적응 옵션으로 구성된다: 해안 방어 및 강화, 통합 해안 지역 관리 및 지속 가능한 양식 및 어업. 사회, 생계 및 경제는 부문간 부문의 WGII 그림 SPM.4b에 나열된 적응 옵션으로 구성된다. 산업은 WGIII 그림 SPM.8에 나열된 모든 완화 옵션으로 구성된다. SDG 13(기후 조치)은 완화/적응이 SDG와의 상호 작용 측면에서 고려되고 있으며 그 반대가 아니기 때문에 목록에 없다(SPM SR1.5 그림 SPM.4 캡션). 막대는 연결의 강도를 나타내며 SDGs에 미치는 영향의 강도는 고려하지 않는다. 시너지와 상충효과는 이행의 맥락과 규모에 따라 다르다. 이행 규모는 부족한 자원에 대한 경쟁이 있을 때 특히 중요하다. 통일성을 위해 WGII 그림 SPM.4b에서 알 수 있듯이 SDGs와 SDGs의 신뢰 수준과의 적응 옵션 관련 지식 격차가 있기 때문에, 우리는 통일성을 위해 신뢰 수준을 보고하지 않는다. {WGII 그림 SPM.4b; WGIII 그림 SPM.8}

4.7 단기 기후변화 행동을 위한 거버넌스 및 정책

효과적인 기후 행동은 정치적 약속, 잘 조정된 다단계 거버넌스 및 제도적 체계, 법률, 정책 및 전략이 필요하다. 명확한 목표, 적절한 재정 및 자금 조달 도구, 여러 정책 영역에 걸친 조정, 포용적인 거버넌스 과정이 필요하다. 많은 완화 및 적응 정책 수단이 성공적으로 활용되었으며, 국가 상황에 따라 규모가 확대되고 광범위하게 적용될 경우, 심층적인 배출량 감축 및 기후탄력성을 지원할 수 있다. 적응 및 완화 행동은 다양한 지식을 활용함으로써 편익을 얻는다. *(높은 신뢰도)*

효과적인 기후 거버넌스는 국가적 상황과 국제 협력의 맥락에서 국가적 상황, 목표 및 우선 순위 설정, 정책 영역 및 수준 전반에 걸친 기후 행동의 주류화를 기반으로 전반적인 방향을 제시함으로써 완화 및 적응을 가능하게 한다. 효과적인 거버넌스는 감시와 평가, 규제와 확실히 강화하고 포용적이고 투명하며 형평성 있는 의사 결정을 우선시하고 금융 및 기술에 대한 접근성을 개선한다*(높은 신뢰도)*. 이러한 기능은 기후 관련 법률 및 계획에 의해 촉진될 수 있으며, 이는 부문 및 지역 전반에 걸쳐 그 수가 증가하고 완화 결과 및 적응 편익을 향상시킨다*(높은 신뢰도)*. 기후 법은 그 수가 증가하고 있으며 완화 및 적응 결과를 제공하는 데 도움이 되었다*(중간 신뢰도)*. {WGII SPM C.5, WGII SPM C.5.1, WGII SPM C.5.4, WGII SPM C.5.6; WGIII SPM B.5.2, WGIII SPM E.3.1}

전문가 및 조정 기구와 같은 효과적인 지자체, 국가 및 하위 국가 기후 제도는 공동 생산, 다중 규모 의사 결정 과정을 가능하게 하고 다양한 이해 관계 사이에서 행동에 대한 합의를 구축하고 전략 설정에 대한 정보를 제공한다*(높은 신뢰도)*. 이를 위해서는 모든 수준에서 적절한 제도적 역량이 필요하다*(높은 신뢰도)*. 취약성과 기후 리스크는 성별, 민족, 장애, 연령, 위치 및 소득과 같은 상황별 비형평성을 다루도록 신중하게 설계되고 이행된 법, 정책, 참여 과정 및 개입을 통해 종종 경감된다*(높은 신뢰도)*. 정책 지원은 토착민, 기업, 시민 사회의 행위자(청소년, 노동, 언론, 지역사회 포함)의 영향을 받으며, 효과는 사회의 다양한 그룹 간의 파트너십을 통해 향상된다*(높은 신뢰도)*. 기후 관련 소송이 증가하고 있으며, 일부 선진국에서는 많은 사례가 있고 일부 개발도상국에서는 훨씬 더 적은 사례가 있으며, 어떤 경우에는 기후 거버넌스의 결과와 목표에 영향을 미쳤다*(중간 신뢰도)*. {WGII SPM C.2.6, WGII SPM C.5.2, WGII SPM C.5.5, WGII SPM C.5.6, WGII SPM D.3.1; WGIII SPM E.3.2, WGIII SPM E.3.3}

효과적인 기후 거버넌스는 포용적인 의사 결정 과정, 적절한 자원 할당, 제도적 검토, 모니터링 및 평가를 통해 가능하다*(높은 신뢰도)*. 단단계, 하이브리드 및 교차 부문 거버넌스는 특히 농장 수준에서 국가 규모에 이르는 의사 결정 과정이 있는 토지 부문에서 공동편익 및 상충효과에 대한 적절한 고려를 용이하게 한다*(높은 신뢰도)*. 기후 정의에 대한 고려는 지속 가능성을 향한 개발 경로의 전환을 촉진하는 데 도움이 될 수 있다. {WGII SPM C.5.5, WGII SPM C.5.6, WGII SPM D.1.1, WGII SPM D.2, WGII SPM D.3.2; SRCCL SPM C.3, SRCCL TS.1}

여성, 청년, 토착민, 지역 사회 및 소수 민족을 포함하여 다양한 지식과 파트너십을 활용하면 기후탄력적인 개발을 촉진할 수 있으며 지역적으로 적절하고 사회적으로 수용 가능한 해결책을 가능하게 했다*(높은 신뢰도)*. {WGII SPM D.2, D.2.1}

많은 규제 및 경제적 수단이 이미 성공적으로 활용되었다. 이러한 수단의 규모가 확대되고 더 광범위하게 적용될 경우, 심층적인 배출량 감축을 지원할 수 있다. 실용적인 경험은 수단 설계에 정보를 제공하고 예측 가능성, 환경 효율성, 경제적 효율성 및 형평성을 개선하는 데 도움이 되었다. *(높은 신뢰도)* {WGIII SPM E.4, WGIII SPM E.4.2}

국가 상황과 일치하는 규제 수단의 사용을 확대하고 강화하는 것은 부문별 적용에서 완화 결과를 개선할 수 있으며*(높은 신뢰도)*, 유연성 메커니즘을 포함하는 규제 수단은 배출량 감축 비용을 줄일 수 있다*(중간 신뢰도)*. {WGII SPM C.5.4; WGIII SPM E.4.1}

정책이 이행된 경우, 탄소 가격제 수단은 저비용 배출량 감축 조치를 장려했으나, 추가 감축에 필요한 고비용 조치를 촉진하는 데 있어 탄소 가격제 자체만으로 그리고 평가 기간 동안의 지배적인 가격으로는 덜 효과적이었다*(중간 신뢰도)*. 탄소세 또는 배출권 거래로 인한 수익은 형평성 및 분배 목표(예: 저소득 가구 지원 등의 다양한 접근법)에 사용될 수 있다*(높은 신뢰도)*. 현재의 배출권 거래 시스템이 상당한 배출 유출을 초래했다는 일관된 증거는 없다*(중간 신뢰도)*. {WGIII SPM E.4.2, WGIII SPM E.4.6}

화석 연료 보조금을 제거하면 배출량을 줄이고 공공 세입 및 거시경제 성과를 개선하고 공공 세입, 거시 경제 및 지속 가능성 성과 개선과 같은 기타 환경 및 지속가능발전 편익을 얻을 수 있다. 보조금 철폐는 특히 경제적으로 가장 취약한 그룹에 불리한 분배 영향을 미칠 수 있으며, 경우에 따라 절감된 수익 재분배와 같은 조치로 완화될 수 있으며 국가적 맥락에 달려 있다(높은 신뢰도). 화석 연료 보조금 제거는 지역에 따라 다르지만 2030년까지 전지구 CO₂ 배출량을 1~4%, 온실가스 배출량을 최대 10%까지 줄일 것으로 다양한 연구에 의해 예상된다(중간 신뢰도). {WGIII SPM E.4.2}

기술 개발을 지원하는 국가 정책과 배출량 감축을 위한 국제 시장 참여는 다른 국가에 긍정적인 파급 효과를 가져올 수 있으나(중간 신뢰도), 기후 정책의 결과로 화석 연료에 대한 수요감소가 수출국에 비용을 초래할 수 있다(높은 신뢰도), 기후 정책의 결과로 화석연료에 대한 수요감소가 수출국에 비용을 초래할 수도 있다(높은 신뢰도). 경제 전반에 걸친 패키지는 배출량을 줄이고 개발 경로를 지속 가능성으로 전환하면서 단기 경제 목표를 달성할 수 있다(중간 신뢰도). 그러한 예시로는 공공 지출 약속, 가격 개혁, 교육 및 훈련에 대한 투자, R&D 및 기반시설 등이 있다(높은 신뢰도). 효과적인 정책 패키지는 적용 범위가 포괄적이고 변화에 대한 명확한 비전에 활용되고 목표 간의 균형을 이루고 특정 기술 및 시스템 요구와 일치하고 설계 측면에서 일관되고 국가 상황에 알맞게 조정될 것이다(높은 신뢰도). {WGIII SPM E4.4, WGIII SPM 4.5, WGIII SPM 4.6}

4.8 대응 강화: 금융, 국제협력 및 기술

금융, 국제 협력 및 기술은 가속화된 기후 행동을 위한 중요한 활성화 조건이다. 기후 목표를 달성하려면, 적응 및 완화 자금 조달이 몇배로 증가해야 한다. 전지구 투자 격차를 해소할 수 있는 충분한 전지구 자본이 있지만 자본을 기후 행동으로 전환하는 데에는 장애요인이 있다. 장애요인에는 제도적, 규제적 및 시장 접근 장애요인 등이 있으며, 많은 개발도상국의 필요와 기회, 경제적 취약성 및 부채를 해결하기 위해 이들이 줄어들 수 있다. 여러 채널을 통해 국제 협력을 강화할 수 있다. 기술 혁신 시스템을 강화하는 것은 기술과 관행의 광범위한 채택을 가속화하는 것이 핵심이다. (높은 신뢰도)

4.8.1. 완화 및 적응 행동을 위한 금융

금융¹⁵⁷에 대한 개선된 가용성과 접근성은 가속화된 기후 행동을 가능하게 할 것이다(매우 높은 신뢰도). 필요와 격차를 해소하고 국내 및 국제 금융에 대한 형평성 있는 접근을 확대하는 것은 다른 지원 행동과 결합될 때 완화를 가속화하고 개발 경로를 전환하는 촉매제 역할을 할 수 있다(높은 신뢰도). 기후탄력적 개발은 특히 취약한 지역, 부문 및 그룹을 위한 재정 자원에 대한 접근성 개선, 포용적 거버넌스 및 조정된 정책을 포함하여 증가된 국제 협력을 통해 가능하다(높은 신뢰도). 가속화된 국제 금융 협력은 GHG 저감 및 공정한 전환을 가능하게 하는 중요한 요소이며 금융 접근의 불평등과 기후변화의 영향에 대한 비용 및 취약성을 해결할 수 있다(높은 신뢰도). {WGII SPM C.1.2, WGII SPM C.3.2, WGII SPM C.5, WGII SPM C.5.4, WGII SPM D.2, WGII SPM D.3.2, WGII SPM D.5, WGII SPM D.5.2; WGIII SPM B.4.2, WGIII SPM B.5, WGIII SPM B.5.4, WGIII SPM C.4.2, WGIII SPM C.7.3, WGIII SPM C.8.5, WGIII SPM D.1.2, WGIII SPM D.2.4, WGIII SPM D.3.4, WGIII SPM E.2.3, WGIII SPM E.3.1, WGIII SPM E.5, WGIII SPM E.5.1, WGIII SPM E.5.2, WGIII SPM E.5.3, WGIII SPM E.5.4, WGIII SPM E.6.2}

증가하는 기후 리스크를 해결하고 배출량 감축에 대한 투자를 가속화하기 위해 적응 및 완화 금융 모두를 여러 배로 증가해야 한다(높은 신뢰도). 금융 증가는 특히 취약한 개발도상국에서 관련 손실과 피해를 일부 방지하는 동시에 적응 및 증가하는 기후 리스크에 대한 연성 한계를 해결할 것이다(높은 신뢰도).

특히 가장 취약한 그룹, 지역 및 부문에 대해 증가하는 리스크와 비용을 감안할 때 적응 행동을 이행하고 적응 격차를 줄이기 위해서는 역량 구축과 함께 금융의 조달 및 접근성 향상이 필수적이다(높은 신뢰도). 공공 금융은 적응 및 완화의 중요한 요소이며 민간 금융에 영향을 미칠 수도 있다(높은 신뢰도). 적응 자금은 주로 공적 자원에서 나오며, 예를 들어 공공-민간 파트너십을 통해 실제 및 인지도 규제, 비용 및 시장 장벽을 해결함으로써 민간 부문 금융을 활용할 수 있다(높은 신뢰도). 금융 및 기술 자원은 특히 적응의 필요성과 수용 능력을 잘 이해하고 있는 기관의 지원을 받을 때 효과적이고 지속적인 적응 이행을 가능하게 한다(높은 신뢰도). 온난화를 2°C 또는 1.5°C로 제한하는 시나리오에서 2020~2030년의 평균 연간 모델링된 완화 투자 요건은 현재 수준보다 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 많이 필요할 것이다(높은 신뢰도). {WGII SPM C.1.2, WGII SPM C.2.11, WGII SPM C.3, WGII SPM C.3.2, WGII SPM C.3.5, WGII SPM C.5, WGII SPM C.5.4, WGII SPM D.1, WGII SPM D.1.1, WGII SPM D.1.2, WGII SPM C.5.4; WGIII SPM D.2.4, WGIII SPM E.5, WGIII SPM E.5.1, WGIII 15.2} (섹션 2.3.2, 2.3.3, 4.4, 그림 4.6)

¹⁵⁷ 금융은 공공 또는 민간, 지역, 국내 또는 국제, 양자간 또는 다자간 및 대안 자원(예: 자산, 탄소 상쇄) 등 다양한 출처에서 단독으로 또는 조합하여 발생할 수 있다. 보조금, 기술 지원, 대출(양허성 및 비양허성), 채권, 주식, 리스크 보험 및 재정 보증(다양한 유형)의 형태를 취할 수 있다.

전지구적 금융 시스템의 규모를 고려할 때 전지구적 투자 격차를 좁힐 수 있는 충분한 전지구적 자본과 유동성이 있지만, 전지구적 금융 부문 안팎에서 그리고 많은 개발도상국들이 직면한 경제적 취약성과 부채의 맥락에서 자본을 기후 행동으로 전환하는 데에는 장애요인이 있다(높은 신뢰도). 민간 금융의 변화의 경우, 옵션에는 금융 시스템 내에서 기후 관련 리스크 및 투자 기회에 대한 더 나은 평가가 포함되며, 이는 가용 자본과 투자 요구 간의 부문별 및 지역적 불일치를 줄이고, 기후 투자의 리스크-수익 프로필을 개선하고, 제도적 역량과 지역 자본 시장을 개발한다. 거시경제학적 장애요인은 다른 것들 중에서도 특히 개발도상국의 부채와 경제적 취약성을 포함한다. (높은 신뢰도) {WGII SPM C.5.4; WGIII SPM E.4.2, WGIII SPM E.5, WGIII SPM E.5.2, WGIII SPM E.5.3}

금융 흐름을 확대하려면 정부와 국제 사회의 명확한 신호가 필요하다(높은 신뢰도). 추적된 금융 흐름은 모든 부문과 지역에 걸쳐 적응과 완화 목표를 달성하는 데 필요한 수준에 미치지 못한다(높은 신뢰도). 이러한 격차는 많은 기회를 창출하며 격차를 줄이는 문제는 개발도상국에서 가장 크다(높은 신뢰도). 이는 공공 금융의 강화, 실제 및 인식된 규제, 비용 및 시장 장벽을 낮추는 것, 저배출 투자와 관련된 리스크를 낮추기 위한 공공 금융의 수준 향상이 포함된다. 선행 리스크는 경제적으로 건전한 저탄소 프로젝트를 방해하며 지역 자본 시장을 개발하는 것은 옵션이 된다. 투자자, 금융 중개자, 중앙 은행 및 금융 규제 기관은 기후 관련 리스크의 체계적인 저평가를 전환할 수 있다. 저축자를 유인하려면 채권에 대한 강력한 라벨링과 투명성이 필요하다. (높은 신뢰도) {WGII SPM C.5.4; WGIII SPM B.5.4, WGIII SPM E.4, WGIII SPM E.5.4, WGIII 15.2, WGIII 15.6.1, WGIII 15.6.2, WGIII 15.6.7}

가장 큰 기후 금융 격차와 기회는 개발도상국에 있다(높은 신뢰도). 선진국과 다자간 기관의 지원 가속화는 완화 및 적응 행동을 강화하는 데 중요한 활성화 조건이 되며 비용, 계약 조건, 기후변화에 대한 경제적 취약성을 포함한 금융의 불평등을 해결할 수 있다. 취약 지역(예: 사하라 사막 이남 아프리카)에 대한 완화 및 적응 기금을 위한 확대된 공공 보증은 비용 효과적이고 기본 에너지에 대한 접근성 측면에서 높은 사회적 수익을 가져올 것이다. 개발도상국에서 완화 및 적응을 확장하기 위한 옵션에는 다음이 포함된다. 파리협정의 연간 1,000억 달러 목표라는 맥락에서 공공재정 수준을 높이고 선진국에서 개발도상국으로의 공공 금융 및 공적으로 조달된 금융 흐름의 수준 향상, 리스크를 줄이고 더 낮은 비용으로 민간 흐름을 활용하기 위한 공공 보증의 활용 증가. 지역 자본 시장 개발, 국제 협력 과정에서의 더 큰 신뢰 구축. 현 10년 기간 동안 금융 흐름의 증가를 통해 팬데믹 이후 회복을 장기적으로 지속 가능하게 하기 위해 조정된 노력은 기후 행동을 가속화할 수 있으며 높은 부채 비용, 부채 곤경 및 거시 경제 불확실성에 직면한 개발도상국에서의 기후 행동이 포함된다. (높은 신뢰도) {WGII SPM C.5.2, WGII SPM C.5.4, WGII SPM C.6.5, WGII SPM D.2, WGII TS.D.10.2; WGIII SPM E.5, WGIII SPM E.5.3, WGIIITS.6.4, WGIII BoxTS.1, WGIII 15.2, WGIII 15.6}

4.8.2. 국제 협력 및 조정

국제 협력은 의욕적인 기후변화 완화 목표와 기후탄력적 개발을 달성하기 위한 중요한 활성화 조건이다(높은 신뢰도). 기후탄력적 있는 개발은 특히 개발도상국, 취약 지역, 부문 및 그룹을 위해 금융 조달 및 접근성 강화를 포함한 국제 협력의 증가와, 목표 수준 및 투자 수요와 일치하도록 기후 행동을 위한 금융 흐름의 조정을 통해 활성화된다(높은 신뢰도). UNFCCC, 교도의정서, 파리협정과 같은 동의된 과정과 목표가 도움이 되고 있지만(섹션 2.2.1), 개발도상국에 대한 국제 금융, 기술 및 역량 구축 지원은 더 큰 이행과 더 의욕적인 행동을 가능하게 할 것이다(중간 신뢰도). 형평성과 기후 정의의 통합함으로써, 국가 및 국제 정책은 특히 취약한 지역, 부문 및 커뮤니티를 위한 금융 조달 및 접근성을 강화함으로써 지속 가능성으로의 개발 경로의 전환을 촉진하는 데 도움이 될 수 있다(높은 신뢰도). 결합된 정책 패키지를 포함한 국제 협력 및 조율은 국제 경쟁에 노출된 배출 집약적이고 교역량이 많은 기본 재료 산업의 지속 가능성 전환에 특히 중요할 수 있다(높은 신뢰도). 대부분의 배출 모델링 연구는 금융 흐름을 확보하고 지구온난화를 제한하는 경로에서 불평등과 빈곤 문제를 해결하기 위해 상당한 국제 협력을 가정한다. 특히 경제 구조, 지역 배출량 감소, 정책 설계 및 국제 협력 수준에 따라 지역에 걸쳐 GDP에 대한 완화의 모델링된 효과에는 큰 차이가 있다(높은 신뢰도). 지원된 전지구적 협력은 지역 전반에 걸쳐 정책 비용을 증가시킨다(높은 신뢰도). {WGII SPM D.2, WGII SPM D.3.1, WGII SPM D.5.2; WGIII SPM D.3.4, WGIII SPM C5.4, WGIII SPM C.12.2, WGIII SPM E.6, WGIII SPM E.6.1, WGIII E.5.4, WGIII TS.4.2, WGIII TS.6.2; SR1.5 SPM D.6.3, SR1.5 SPM D.7, SR1.5 SPM D.7.3}

많은 기후변화 리스크의 초국경적 특성(예: 공급망, 시장 및 식량, 어업, 에너지 및 수자원의 천연 자원 흐름과 분쟁 가능성)은 다국적 또는 지역 거버넌스 과정을 통한 기후 정보에 기반한 국경 간 관리, 협력, 대응 및 해결책의 필요성을 증가시킨다(높은 신뢰도). 다자간 거버넌스 노력은 기후변화를 다루는 방법에 대해 논쟁적인 이해, 세계관 및 가치를 조정하는 데 도움이 될 수 있다. 국제 환경 및 부문별 협정과 몇몇 이니셔티브는 GHG 저감 투자를 촉진하고 배출량(예: 오존층 파괴, 국경을 넘는 대기 오염 및 대기 중 수은 배출)을 줄이는 데 도움이 될 수 있다. 국가 및 국제 거버넌스 구조의 개선은 예를 들어 보다 엄격한 효율성 및 탄소 집약도 기준을 통해 저배출 연료의 활용을 통해 해상운송 및 항공의 탈탄소화를 더욱 가능하게 할 것이며, 예시로는 보다 엄격한 효율 및 탄소 집약도 기준을 활용하는 것이 있다. 초국적 파트너십은 또한 도시, 지역, 비정부 조직 및 민간 부문 단체를 포함하여 하위 국가 및 기타 행위자를 연결하고 비용, 실행 가능성 및 효과성에 대한 불확실성이 남아있지만 국가 및 비국가 행위자 간의 상호작용을 강화함으로써 정책 개발, 저배출 기술 확산, 배출량 감축 및 적응을 촉진할 수 있다. 국제 환경 및 부문별 협약, 제도 및 이니셔티브는 GHG 저배출 투자를 촉진하고 배출량을 줄이는 데 도움을 주고 있으며 경우에 따라 도움이 될 수 있다. (중간 신뢰도) {WGII SPM B.5.3, WGII SPM C.5.6, WGII TS.E.5.4, WGII TS.E.5.5, WGIII SPM C.8.4, WGIII SPM E.6.3, WGIII SPM E.6.4, WGIII SPM E.6.4, WGIII TS.5.3}

지구온난화를 제한하기 위해 모든 부문과 지역에 필요한 더 높은 완화 투자 흐름

⑨ 매년 평균 연간 수십억 달러의 수요(2015년)와 비교한 실제 연간 흐름

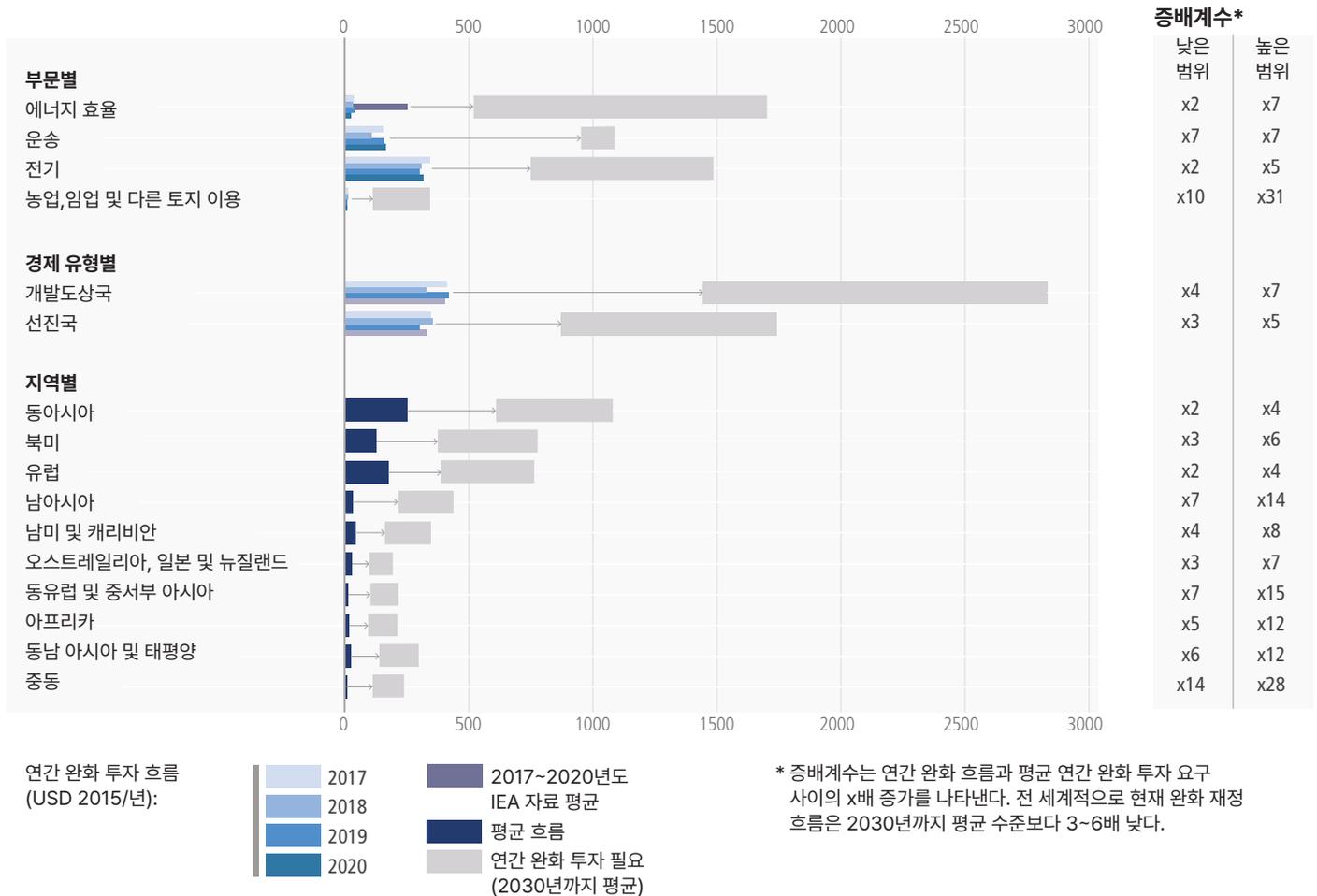


그림 4.6: 2030년까지 평균 완화 투자 흐름 및 투자 필요성 분석(미화 10억 달러). 부문별(에너지 효율, 운송, 전기, 농업, 임업 및 기타 토지 이용), 경제 유형 및 지역별 완화 투자 흐름 및 투자 필요(국가 및 지역 분류 체계는 WGIII 부속서 II Part I 섹션 1 참조). 파란색 막대는 4년 동안 완화 투자 흐름에 대한 데이터를 표시한다. 2017년, 2018년, 2019년 및 2020년 부문별 및 경제 유형별 지역 분석의 경우, 2017~2019년의 연평균 완화 투자 흐름이 표시된다. 회색 막대는 평가된 시나리오에서 전지구적 연간 완화 투자 요구의 최소 및 최대 수준을 보여준다. 이는 2030년까지의 평균이다. 곱셈 계수는 전지구 평균 조기 완화 투자 필요(2030년까지의 평균)와 현재 연간 완화 흐름(2017/18~2020 평균)의 비율을 보여준다. 낮은 곱셈 계수는 투자 요구 범위의 하단을 나타낸다. 상위 곱셈 계수는 투자 요구 상위 범위를 나타낸다. 출처가 다양하고 통일된 방법론이 없다는 점을 감안할 때, 투자 요구의 규모와 패턴을 나타내는 경우에만 데이터를 고려할 수 있다. {WGIII 그림 TS.25, WGIII 15.3, WGIII 15.4, WGIII 15.4, WGIII 15.5, WGIII 표 15.2, WGIII 표 15.3, WGIII 표 15.4}

4.8.3. 기술 혁신, 채택, 확산 및 이전

기술 혁신 시스템을 강화하면 배출량 증가를 낮추고 사회적 및 환경적 공동편익을 창출할 수 있는 기회를 제공할 수 있다. 국가적 상황과 기술 특성에 맞춘 정책 패키지는 저배출 혁신과 기술 확산을 지원하는 데 효과적이다. 성공적인 저탄소 기술 혁신을 위한 지원은 교육 및 R&D와 같은 공공 정책을 포함하며, 가전 제품 성능 표준 및 건물 규정과 같은 인센티브 및 시장 기회를 창출하는 규제 및 시장 기반 도구로 보완된다. (높은 신뢰도) {WGIII SPM B.4, WGIII SPM B.4.4, WGIII SPM E.4.3, WGIII SPM E.4.4}

역량 구축, 지식 공유, 기술 및 재정 지원과 함께 혁신 시스템과 기술 개발 및 이전에 대한 국제 협력은 완화 기술, 관행 및 정책의 전지구적 확산을 가속화하고 이를 다른 개발 목표와 일치시킬 수 있다(높은 신뢰도). 건축물의 선택은 최종 사용자가 기술과 GHG 집약도가 낮은 옵션을 채택하는 데 도움이 될 수 있다(높은 신뢰도). 대부분의 개발도상국, 특히 최빈국에서 저배출 기술의 채택이 부분적으로 제한된 금융, 기술 개발 및 이전과 역량 구축 등의 더 약한 활성화 조건으로 인해 뒤쳐져 있다(중간 신뢰도). {WGIII SPM B.4.2, WGIII SPM E.6.2, WGIII SPM C.10.4, WGIII TS 16.5}

혁신에 대한 국제 협력은 지역 가치 사슬에 맞춰지고 유익할 때, 파트너가 동등한 입장에서 협력할 때, 그리고 역량 구축이 노력의 필수적인 부분일 때 가장 잘 작동한다(중간 신뢰도). {WGIII SPM E.4.4, WGIII SPM E.6.2}

기술 혁신은 환경에 대한 새롭고 더 큰 영향 및 사회적 불평등, 순 배출 감축을 낮추거나 심지어 배출량 증가로 이어지는 반동 효과, 외국 지식 제공자에 대한 지나친 의존과 같은 새롭고 더 큰 영향 및 사회적 불평등과 같은 외부성을 포함하는 상충효과를 가질 수 있다(높은 신뢰도). 적절하게 설계된 정책 및 거버넌스는 분배 영향 및 반동 효과를 해결하는데 도움이 되었다(높은 신뢰도). 예를 들어, 디지털 기술은 조정 및 서비스로의 경제 전환을 통해 에너지 효율의 큰 증가를 촉진할 수 있다(높은 신뢰도). 그러나 사회적 디지털화는 노동 시장에 부정적인 영향을 미치고 국가 간 및 국가 내 불평등을 악화시킬 뿐만 아니라 상품 및 에너지 소비 증가와 전자 폐기물 증가를 유발할 수 있다(중간 신뢰도).

디지털화는 완화 잠재력을 강화하기 위해 적절한 거버넌스와 정책을 필요로 한다(높은 신뢰도). 효과적인 정책 패키지는 시너지를 실행하고 상충효과를 피하거나 반동 효과를 줄이는 데 도움이 될 수 있다. 여기에는 효율성 목표, 성능 표준, 정보 제공, 탄소 가격제, 금융 및 기술 지원이 포함될 수 있다(높은 신뢰도). {WGIII SPM B.4.2, WGIII SPM B.4.3, WGIII SPM E.4.4, WGIII TS 6.5, 챕터 16 디지털화의 WGIII Cross-Chapter Box 11}

토지 이용 모니터링, 지속 가능한 토지 관리, 농업 생산성 향상을 위한 디지털 기술의 사용을 확대하기 위한 기술 이전은 산림 전용 및 토지 이용 변화로 인한 배출량 감축을 지원하는 동시에 GHG 산정 및 표준화를 개선한다(중간 신뢰도) {SRCCL SPM C.2.1, SRCCL SPM D.1.2, SRCCL SPM D.1.4, SRCCL 7.4.4, SRCCL 7.4.6}

4.9 부문 및 시스템 전반에 걸친 단기 행동의 통합

완화 및 적응 행동의 실행 가능성, 효과 및 편익은 시스템을 가로지르는 다부문 솔루션이 취해질 때 증가한다. 이러한 옵션이 보다 광범위한 지속가능발전목표와 결합하면 인간의 웰빙, 사회적 형평성 및 정의, 생태계 및 지구의 건강에 더 큰 편익을 줄 수 있다. (높은 신뢰도)

기후, 생태계, 생물 다양성, 인간 사회를 통합 시스템의 일부로 다루는 기후탄력적 개발 전략이 가장 효과적이다(높은 신뢰도). 인간과 생태계의 취약성은 상호 의존적이다(높은 신뢰도). 기후탄력적 개발은 의사결정 과정과 행동이 여러 부문에 걸쳐 통합될 때 활성화된다(매우 높은 신뢰도). 지속가능발전목표와의 시너지 및 진전은 기후탄력적 개발에 대한 전망을 향상시킨다. 인간과 생태계를 하나의 통합 시스템으로 취급하는 선택과 행동은 기후 리스크, 형평성 있고 공정하며 포용적인 접근법, 생태계 관리에 대한 다양한 지식을 기반으로 한다. {WGII SPM B.2, WGII 그림 SPM.5, WGII SPM D.2, WGII SPM D2.1, WGII SPM 2.2, WGII SPM D4, WGII SPM D4.1, WGII SPM D4.2, WGII SPM D5.2, WGII SPM 그림 SPM.5}

여러 부문에 걸쳐 목표와 행동을 일치시키는 접근 방식은 단기적으로 여러 가지 대규모 편익을 제공하고 피해를 피할 수 있는 기회를 제공한다. 이러한 조치는 또한 부문 전반에 걸쳐 연쇄적인 효과를 통해 더 큰 편익을 달성할 수 있다(중간 신뢰도). 예를 들어, 농업과 중앙집중식 태양열 발전 모두를 위한 토지 이용의 실행 가능성은 그러한 옵션이 결합될 때 증가할 수 있다(높은 신뢰도). 마찬가지로, 통합 운송 및 에너지 기반시설 계획 및 운영은 운송 및 에너지 부문의 탈탄소화로 인한 환경적, 사회적 및 경제적 영향을 함께 줄일 수 있다(높은 신뢰도). 다양한 도시 규모의 완화 전략 패키지를 이행하면 여러 부문에 걸쳐 연쇄적인 효과를 나타낼 수 있으며 도시의 행정 구역 내외에서 GHG 배출량을 감축할 수 있다(매우 높은 신뢰도). 건물의 건설 및 개조에 대한 통합 설계 접근 방식은 다양한 지역에서 제로 에너지 또는 무탄소 건물의 사례를 점점 더 많이 제공한다. 오적응을 최소화하기 위해 유연한 경로를 통한 다중 부문, 다중 행위자 및 포용적 계획은 후회가 적고 시의적절한 조치를 장려하여 옵션의 효력을 유지하고 여러 부문 및 시스템에서 편익을 보장하며 장기 기후변화에 적응하기 위해 사용 가능한 솔루션 공간을 제안한다(매우 높은 신뢰도).

에너지, 식량, 물에 대한 접근성과 가격을 비롯하여, 고용, 물 사용, 토지 이용 경쟁, 생물다양성 측면에서의 상충효과는 잘 이행된 토지 기반 완화 옵션(특히 통합된 정책 이행을 위한 프레임워크와 함께 기존의 지속 가능한 토지 이용 및 토지 권리를 위협하지 않는 옵션들)과 특히 통합된 정책 이행 체계를 통해 피할 수 있다(높은 신뢰도). {WGII SPM C.2, WGII SPM C.4.4; WGIII SPM C.6.3, WGIII SPM C.6, WGIII SPM C.7.2, WGIII SPM C.8.5, WGIII SPM D.1.2, WGIII SPM D.1.5, WGIII SPM E.1.2}

완화와 적응이 함께 이행되고 더 광범위한 지속가능발전목표와 결합될 때 인간의 웰빙은 물론 생태계와 지구 건강에 더 광범위한 이점을 제공할 것이다(높은 신뢰도). 이러한 긍정적인 상호 작용의 범위는 지역, 부문 및 시스템 전반에 걸친 단기 기후 정책의 환경에서 중요하다. 예를 들어, 토지 이용 변화 및 임업에서의 AFOLU 완화 조치는 지속 가능하게 이행될 때 생물 다양성, 식량 안보, 목재 공급 및 기타 생태계 서비스에 동시에 이익이 되는 대규모 GHG 배출량 감축 및 제거를 제공할 수 있지만 다른 분야에서 지연된 완화 조치를 완전히 보상할 수는 없다. 유사하게, 육지, 해양 및 생태계의 적응 조치는 식량 안보, 영양, 건강 및 웰빙, 생태계 및 생물 다양성에 광범위한 편익을 줄 수 있다. 마찬가지로, 도시 시스템은 기후탄력적 개발을 위해 핵심적이고 상호 연결된 장소이다. 다양한 개입을 이행하는 도시 정책은 형평성과 인간 웰빙과 함께 적응 또는 완화 이득을 얻을 수 있다. 통합 정책 패키지는 형평성, 성 평등 및 정의에 대한 고려 사항을 통합하는 능력을 향상시킬 수 있다. 조정된 교차 부문 정책 및 계획은 시너지를 극대화하고 완화와 적응 사이의 상충효과를 피하거나 줄일 수 있다.

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. Fuglestedt (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. Fuglestedt, 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.

이 간결한 종합보고서(SYR) 용어집은 AR6에 대한 세계의 실무그룹 보고서 용어집에서 가져온 이 보고서에 사용된 주요 용어를 정의한다. 이 SYR 및 세계의 AR6 실무그룹 보고서에 사용된 용어에 대한 보다 포괄적이고 조화된 정의는 IPCC 온라인 용어집에서 확인할 수 있다. <https://apps.ipcc.ch/glossary/>

보다 전문적인 용어 정의 및 개별 용어와 관련된 과학적 참고 자료를 보려면 이 포괄적인 온라인 용어집을 참조한다. 이탤릭체 단어는 해당 용어가 이 또는/및 온라인 용어집에 정의되어 있음을 나타낸다. 하위 용어는 기본 용어 아래에 이탤릭체로 표시된다.

2030 지속가능발전의제(2030 Agenda for Sustainable Development)
2015년 9월 UN 결의안은 17개의 **지속가능발전목표**에 기반한 새로운 전지구적 개발 프레임워크에서 사람, 지구 및 번영을 위한 행동 계획을 채택했다.

급격한 기후변화(Abrupt climate change)
수십 년 내외로 발생하고 적어도 수십 년 동안 지속되거나 지속될 것으로 예상되는 **기후 시스템**의 대규모 **갑작스러운 변화**는 **인간 및/또는 자연 체계**에 상당한 **영향**을 미친다. **참조: 급격한 변화, 티핑 포인트.**

적응(Adaptation)
인간 체계에서 피해를 완화하거나 유익한 기회를 활용하기 위해 실제 또는 예상되는 기후와 그 영향에 적응하는 과정. **자연 체계**에서 실제 기후와 그 영향에 적응하는 과정과 인간의 개입은 예상되는 기후와 그 영향에 대한 조정을 용이하게 할 수 있다. **참조: 적응 옵션, 적응 능력, 오적응 행동(maladaptation).**

적응 격차(Adaptation gap)
실제로 이행된 **적응**과 허용되는 기후변화 영향과 관련된 선호도와 자원 제한 및 경쟁 우선순위로 반영되어 결정된 사회적으로 설정된 목표 사이의 차이.

적응 한계(Adaptation limits)
적응 조치를 통해 행위자의 목표(또는 시스템 요구)를 견딜 수 없는 **리스크**로부터 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 존재할 수 있으나 현재 사용할 수 없다.

변혁적 적응(Transformational adaptation)
기후변화와 그 **영향**을 예상하여 사회-생태 시스템의 기본 속성을 변경하는 적응.

에어로졸(Aerosol)
수 나노미터에서 수십 마이크로미터 범위의 일반적인 입자 크기를 가진 공기 중 고체 또는 액체 입자의 현탁액 및 대류권에서 며칠간, 그리고 성층권에서 최대 몇 년의 대기 체류 기간을 가진 입자와 현탁 가스를 모두 포함하는 에어로졸이라는 용어는 이 보고서에서 '에어로졸 입자'를 의미하는 복수형으로 자주 사용된다. 에어로졸은 **대류권**에서 자연적이거나 인위적일 수 있다. **성층권**의 에어로졸은 대부분 화산 폭발에서 비롯된다. 에어로졸은 방사능 산란 및 흡수(**에어로졸-복사 상호 작용**)를 통해 직접적으로 간접적으로는 구름의 특성(**에어로졸-구름 상호 작용**)에 그리고 눈 또는 얼음으로 덮인 지표면에 영향을 미치는 **구름 응결 핵** 또는 얼음 핵 생성 입자로 작용함으로써 **유호 복사 강제력**을 유발할 수 있다. 대기 에어로졸은 1차 미립자 물질로 배출되거나 기체 전구체(2차 생산)에서 **대기** 내에서 형성될 수 있다. 에어로졸은 해염, 유기 탄소, **흑색 탄소(BC)**, 광물 중(주로 사막 먼지), 황산염, 질산염, 암모늄 또는 이들의 혼합물로 구성될 수 있다. **참조: 미립자 물질(PM), 에어로졸-복사 상호작용, 단기 기후 요인(SLCF).**

조림(Afforestation)
역사적으로 숲이 없었던 토지를 숲으로 전환. **참조: 인위적 제거, 이산화탄소 제거(CDR), 산림 전용, 산림 전용 및 산림 황폐화로 인한 배출량 감소(REDD+), 재조림**

[참고: 산림이라는 용어와, **조림, 재조림 및 산림 전용**과 같은 관련 용어에 대한 논의의 경우, 2006년 IPCC 국가 온실가스 인벤토리 가이드라인 및 2019년 개선 사항과 UN 기후변화 협약에서 제공한 정보를 참조한다.]

농업 가뭄(Agricultural drought)
참조: 가뭄.

농업, 임업 및 기타 토지 이용 (Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU))
유엔기후변화협약(UNFCCC)에 따른 국가 **온실가스(GHG)** 인벤토리 맥락에서 AFOLU는 온실가스 인벤토리 부문인 **농업 및 토지 이용, 토지 이용 변화 및 임업(LULUCF)**의 합계이다. 자세한 내용은 국가 GHG 인벤토리에 대한 2006년 IPCC 지침을 참조한다. 국가와 전지구 모델링 커뮤니티 간의 '**인위적 이산화탄소(CO₂)** 제거 추정치의 차이를 감안할 때, 이 보고서에 포함된 전지구 모델의 토지 관련 순 GHG 배출량은 반드시 국가 GHG 인벤토리의 LULUCF 추정치와 직접적으로 비교할 수는 없다. **참조: 토지 이용, 토지 이용 변화 및 임업(LULUCF), 토지 이용 변화(LUC).**

혼농임업(Agroforestry)
다년생 나무(나무, 관목, 야자나무, 대나무 등)가 어떤 형태의 공간적 배열 또는 시간적 형태로 농작물 및/또는 동물과 같은 **토지 관리** 단위에서 의도적으로 사용되는 **토지 이용** 시스템 및 기술의 총칭. 혼농임업 시스템에서는 서로 다른 구성 요소 간에 생태학적 및 경제적 상호 작용이 모두 있다. 임농복합경영은 또한 농장과 농업 경관에 나무를 통합함으로써 모든 수준의 토지 사용자에게 사회적, 경제적 및 환경적 이익을 증가시키기 위해 생산을 다양화하고 지속시키는 역동적이고 생태학적 기반의 천연 자원 관리 시스템으로 정의할 수 있다.

인위적(Anthropogenic)

인간 활동에 의한 결과 또는 생산물.

행동 변화(Behavioural change)

이 보고서에서 행동 변화는 **기후변화**를 완화하고/하거나 기후변화 영향의 부정적인 결과를 줄이는 방식으로 인간의 결정과 행태를 변경하는 것을 의미한다.

생물다양성(Biodiversity)

생물다양성 또는 생물학적 다양성이란 특히 육상, 해양 및 기타 수중 **생태계**와 이들이 속한 생태적 복합물을 포함한 모든 자원으로부터의 살아있는 유기체의 다양성을 의미한다. **참조: 생태계, 생태계 서비스.**

바이오에너지(Bioenergy)

모든 형태의 바이오매스 또는 그 대사 부산물에서 파생된 에너지.

참조: 바이오연료.

바이오 에너지 이산화탄소 포집 및 저장(BECCS)

(Bioenergy with carbon dioxide capture and storage)

바이오 에너지 설비에 적용된 **이산화탄소 포집 및 저장(CCS)** 기술. BECCS 공급망의 총 배출량에 따라 대기에서 **이산화탄소(CO₂)**를 제거할 수 있다.

참조: 인위적 제거, 이산화탄소 포집 및 저장(CCS), 이산화탄소 제거(CDR).

블루 카본(Blue carbon)

관리가 용이한 해양 시스템의 생물학적 기반 탄소 플럭스 및 저장. 해안 블루 카본은 조수 습지, 맹그로브 및 해초와 같은 해안 지역의 뿌리 식생에 중점을 둔다. 이러한 **생태계**는 단위 면적당 탄소 매장률이 높으며 토양과 퇴적물에 탄소를 축적한다. 그들은 많은 비기후적 혜택을 제공하며 **생태계 기반 적응**에 기여할 수 있다. 해안 블루카본 생태계는 분해되거나 유실되면 대부분의 탄소를 **대기**로 다시 배출할 가능성이 높다. 블루 카본 개념을 외해를 포함한 다른 해안 및 비해안 과정 및 생태계에 적용하는 것에 대해 현재 논쟁이 있다. **참조: 생태계 서비스, 격리.**

블루 기반시설(Blue infrastructure)

참조: 기반시설.

탄소배출허용총량(Carbon budget)

문헌에서 두 가지 개념을 나타낸다.

(1) **화석 연료** 및 시멘트 배출, **토지 이용 및 토지 이용 변화**와 관련된 배출 및 제거, 해양 및 자연 토지 배출원 및 **탄소(CO₂)** 흡수원에 대한 증거를 종합하여, 그리고 대기 중 CO₂ 농도 변화에 대한 증거 종합을 통해 전지구적 수준에서 탄소 순환 **배출원** 및 **흡수원** 평가. 이를 전지구 탄소배출허용총량(Global Carbon Budget)이라고 한다. (2) 다른 **인위적** 기후 강제 요인의 영향을 고려하여 지구온난화를 주어진 확률로 주어진 수준으로 제한하는 결과를 낳을 누적 순 지구 **인위적** CO₂ 배출량의 최대량. 이것은 **산업화 이전** 기간부터 표시될 때 총 탄소배출허용총량이라고 하고, 최근 지정된 날짜부터 표시될 때 잔여탄소배출허용총량이라고 한다.

[참고 1: 순 인위적 CO₂ 배출량은 인위적 CO₂ 배출량에서 인위적 CO₂ 제거량을 뺀 값이다. **참조: 이산화탄소 제거(CDR).**

참고 2: 연간 순 **인위적** CO₂ 배출량이 0에 도달할 때 누적 전지구적 순 CO₂ 배출량의 최대량에 도달한다.

참고 3: CO₂ 이외의 **인위적** 기후 강제 요인이 총 탄소배출허용총량과 잔여탄소배출허용총량에 영향을 미치는 정도는 이러한 요인이 완화되는 정도와 그에 따른 기후 영향에 대한 인간의 선택에 따라 달라진다.

참고 4: 총 탄소배출허용총량과 잔여탄소배출허용총량의 개념은 과학 문헌의 일부와 지역, 국가, 또는 하위 국가 수준의 일부 기관에서도 적용되고 있다. 다양한 개별 독립체 및 배출체에 대한 전체 탄소배출허용총량의 분배는 **형평성** 및 기타 가치 판단에 대한 고려에 크게 의존한다.

이산화탄소 포집 및 저장(Carbon dioxide capture and storage, CCS)

산업 및 에너지 관련 공급원에서 나오는 상대적으로 순수한 **이산화탄소(CO₂)** 흐름을 분리(포집), 조절, 압축하고 대기로부터 장기간 격리하기 위해 저장 위치로 운반하는 과정이다. 탄소포집 및 저장이라고도 한다. **참조: 인위적 제거, 이산화탄소 포집 및 저장을 통한 바이오에너지(BECCS), 이산화탄소 포집 및 활용(CCU), 이산화탄소 제거(CDR), 격리.**

이산화탄소 제거(Carbon dioxide removal, CDR)

대기에서 **이산화탄소(CO₂)**를 제거하고 지질, 육상 또는 **해양** 저장소나 제품에 지속적으로 저장하는 인위적 활동. 이는 생물학적 또는 지구화학적 CO₂ **흡수원**과 직접적인 공기 중 이산화탄소 포집 및 저장(DACCS)의 잠재적인 **인위적** 향상을 포함하지만 인간 활동에 의해 직접 발생하지 않은 자연적인 CO₂ 흡수는 제외된다. **참조: 조림, 인위적 제거, 바이오체어, 이산화탄소 포집 및 저장을 통한 바이오 에너지 (BECCS), 탄소 이산화탄소 포집 및 저장(CCS), 향상된 풍화, 해양 알칼리화/해양 알칼리도 향상, 재조림, 토양 탄소 격리 (SCS).**

연쇄적인 영향(Cascading impacts)

극한의 날씨/기후 현상으로 인한 연쇄적인 영향은 극한현상 **위해**요소가 자연 및 인간 체계에서 물리적, 자연적, 사회적 또는 경제적 혼란을 초래하는 일련의 이차 현상을 생성할 때 발생하며, 그에 따라 결과 영향이 초기 영향보다 훨씬 더 크다. 연속적인 영향은 복잡하고 다차원적이며, **위해**의 경우보다 **취약성**의 정도와 더 관련이 있다.

기후(Climate)

좁은 의미에서 기후는 보통 평균 날씨로 정의되거나 더 엄밀하게는 몇 달에서 수천 또는 수백만 년에 이르는 기간 동안의 관련 양의 평균과 변동성에 관한 통계적 설명으로 정의된다. 이러한 변수를 평균화하는 고전적 기간은 세계기상기구(WMO)에서 정의한 대로 30년이다. 관련된 양은 대부분 온도, 강수량 및 바람과 같은 지표면 변수이다. 넓은 의미의 기후는 통계적 설명을 포함한 **기후 시스템**의 상태이다.

기후변화(Climate change)

특성의 평균 및/또는 가변성의 변화로 식별할 수 있고(예: 통계 테스트를 사용하여), 장기간, 일반적으로 수십 년 이상 지속되는 기후 상태의 변화. 기후변화는 자연적인 내부 과정이나 태양 주기의 조정, 화산 폭발, 대기 구성이나 토지 이용의 지속적인 인위적 변화와 같은 외부 강제력에 기인할 수 있다. **참조:** *기후 변동성, 탐지 및 속성, 지구온난화, 자연(기후) 변동성, 해양 산성화(OA).*

[유엔기후변화협약(UNFCCC)은 제1조에서 기후변화를 다음과 같이 정의한다: '지구 대기의 구성을 변화시키는 인간 활동에 직간접적으로 기인하는 기후의 변화이며 비교 가능한 기간 동안 관측되는 **자연적 기후 변동성**에 추가된다.' 따라서 UNFCCC는 대기 구성을 변경하는 인간 활동으로 인한 기후변화와 자연적 원인으로 인한 기후 변동성을 구분한다.]

극한 기후(극한 기상 또는 기후 현상)**(Climate extreme(extreme weather or climate event))**

변수의 관측된 값 범위의 상한(또는 하한) 끝 근처에서 임계값 위(또는 아래)의 기상 또는 **기후** 변수 값의 발생. 정의에 따르면 극한 날씨라고 불리는 것의 특성은 절대적인 의미에서 장소에 따라 다를 수 있다. 계절과 같이 극한 **날씨** 패턴이 한동안 지속되면, 특히 그 자체로 극한현상 평균 또는 총계를 산출하는 경우(예: 한 계절에 걸친 고온, 가뭄 또는 폭우) 극한 기후 현상으로 분류될 수 있다. 단순화를 위해 극한 기상 현상과 극한 기후 현상을 통틀어 '극한 기후' 라고 한다.

기후 금융(Climate finance)

기후 금융에 대한 동의된 정의는 없다. '기후 금융'이라는 용어는 **개발도상국**이 **기후변화**를 해결하는 데 도움을 주기 위해 국제 금융 흐름을 포함하여 전지구적 규모에서 지역 규모에 이르기까지 모든 공공 및 민간 행위자가 기후변화를 해결하는 데 사용하는 재정 자원에 적용된다. 기후 금융은 순 온실가스 배출량을 줄이고 또는 **적응**을 강화하고 현재 및 예상되는 기후변화의 영향에 대한 **탄성력**을 높이는 것을 목표로 한다. 자금은 다양한 중개자들을 통해 민간 및 공적 자원에서 나올 수 있으며 보조금, 양허성 및 비양허성 부채, 내부 예산 재할당을 포함한 다양한 수단을 통해 전달된다.

기후 거버넌스(Climate governance)

민간 및 공공 행위자가 **기후변화**를 완화하고 적응하기 위해 사용하는 구조, 과정 및 조치이다

기후 정의(Climate justice)

참조: *정의.*

기후 문해력(Climate literacy)

기후 문해력은 기후변화, 기후변화의 **인위적** 원인 및 영향에 대한 인식을 포함한다.

기후탄력적 개발(CRD)(Climate resilient development, CRD)

기후탄력적 개발은 **지속가능발전**을 지원하기 위해 **온실가스 완화** 및 **적응** 조치를 이행하는 과정이다.

기후 민감도(Climate sensitivity)

대기 중 **이산화탄소(CO₂)** 농도 또는 기타 복사 강제력의 변화에 따른 지표 온도의 변화. **참조:** *기후 피드백 매개변수.*

평형 기후 민감도(Equilibrium climate sensitivity, ECS)

산업화 이전 조건에서 대기 **이산화탄소(CO₂)** 농도가 두배가 된 후 지표면 온도의 평형(정상 상태) 변화.

기후 서비스(Climate services)

기후 서비스는 의사 결정을 지원하는 방식으로 기후 정보를 제공하는 것을 포함한다. 이 서비스는 사용자와 공급자의 적절한 참여를 포함하고 과학적으로 신뢰할 수 있는 정보와 전문 지식을 기반으로 하여 효과적인 접근 메커니즘을 갖고 있으며 사용자 요구에 응답한다.

기후 시스템(Climate system)

지구 시스템은 **대기, 수권, 빙권, 암석권, 생물권**의 다섯 가지 주요 구성 요소와 이들 간의 상호 작용으로 구성된다. 기후 시스템은 자체 내부 역학의 영향과 화산 폭발, 태양 변동, 궤도 강제력, 대기 구성 변화 및 **토지 이용 변화**와 같은 **인위적** 강제력과 같은 **외부 강제력**으로 인해 시간이 지남에 따라 변화한다.

기후 영향 요인(Climatic impact-driver, CID)

사회 또는 생태계의 요소에 영향을 미치는 물리적 **기후 시스템 조건**(예: 평균값, 사례, 극한현상). 시스템 허용 오차에 따라 CID 및 해당 변경 사항은 상호 작용하는 시스템 요소 및 **영역**에서 해롭거나 유익하거나 중립적이거나 각각의 혼합일 수 있다. **참조:** *위해, 영향, 리스크.*

CO₂ 상당 배출량(CO₂-equivalent emission, CO₂-eq)

다른 **온실가스(GHG)**의 양 또는 다른 GHG의 혼합물의 배출량으로써 지정된 기간 동안 **기후변화**의 특정 주요 척도에 동등한 영향을 미칠 **이산화탄소(CO₂)** 배출량. GHG 혼합의 경우 각 가스의 CO₂ 상당 배출량을 합산하여 얻는다. 이러한 상당 배출량을 계산하는 다양한 방법과 시간 범위가 있다(**온실가스 배출량 참조**). CO₂ 상당 배출량은 일반적으로 서로 다른 GHG의 배출량을 비교하는 데 사용되지만 이러한 배출이 **기후변화**의 모든 조치에 걸쳐 동등한 영향을 미친다는 의미로 받아들여서는 안 된다.

[참고: 파리 규정집[결정 18/CMA.1, 부속서, 단락 37]에 따라 당사자들은 IPCC AR5의 GWP100 값 또는 후속 IPCC 평가보고서의 GWP100 값을 사용하여 총 배출량 및 GHG 제거량을 보고하는 데 동의했다. 또한 당사자들은 GHG 총 배출 및 제거에 대한 추가 정보를 보고하기 위해 다른 측정기준을 사용할 수 있다.]

복합 날씨/기후 이벤트(Compound weather/climate events)

‘복합 현상’, ‘복합 극한’ 및 ‘복합 극한 현상’이라는 용어는 문헌과 이 보고서에서 상호 교환적으로 사용되며 사회 및/또는 환경 **리스크**에 기여하는 여러 **요인** 및/또는 **위해** 요소의 조합을 나타낸다.

산림 전용(Deforestation)

산림을 비산림으로 전환. **참조: 조림, 재조림, 산림 전용 및 산림 황폐화로 인한 배출량 감소(REDD+).**

[참고: 산림이라는 용어와, 조림, 재조림 및 산림 전용과 같은 관련 용어에 대한 논의의 경우, 2006년 IPCC 국가 온실가스 인벤토리 가이드라인 및 2019년 개선 사항과 UN 기후변화 협약에서 제공한 정보를 참조한다.]

수요 측면 조치(Demand-side measures)

상품 및/또는 서비스에 대한 **수요**에 영향을 미치는 정책 및 프로그램. 에너지 부문에서 수요 측면 **완화** 조치는 사용된 에너지 서비스 단위당 배출되는 **온실가스** 배출량을 줄이는 것을 목표로 한다.

선진국/개발도상국(선진국/선진국/개발도상국)

(Developed / developing countries (Industrialised / developed / developing countries))

개발 수준에 따라 국가를 분류하고 선진국 또는 개발도상국과 같은 용어를 정의하는 방법은 다양하다. 이 보고서에서는 여러 분류가 사용된다. (1) 유엔(UN) 체제에는 선진국과 개발도상국 또는 지역 지경에 관한 확립된 협약이 없다. (2) 유엔(UN) 통계국은 일반적인 관행에 따라 선진국과 개발도상국을 구체적으로 지명한다. 또한 특정 국가는 최빈국, 내륙개도국, **군사도서개도국(SIDS)**, 전환경제국으로 지정된다. 많은 국가가 이러한 범주 중 하나 이상에 나타난다. (3) 전지구 은행은 국가를 저소득, 중하위, 중상위, 고소득으로 분류하는 주요 기준으로 **소득**을 사용한다. (4) 유엔개발계획(UNDP)은 기대수명, 교육수준, 소득에 대한 지표를 하나의 복합 인간개발지수(HDI)로 집계하여 국가를 인간 개발의 낮음, 중간, 높음 또는 매우 높음으로 분류한다.

개발 경로(Development pathways)

참조: 경로.

재해 리스크 관리(DRM) (Disaster risk management, DRM)

인간의 안보, 웰빙, 삶의 질 및 **지속가능발전(SD)**을 증가시키려는 분명한 목적을 갖고 현재 및 미래의 **재해 리스크**에 대한 이해를 개선하고 **재해 리스크** 감소 및 이전을 촉진하고 재해 대비, 예방 및 보호, 대응 및 복구 관행의 지속적인 개선을 촉진하기 위한 전략, 정책 및 조치를 설계, 이행 및 평가하는 과정.

(사람의) 이주 (Displacement (of humans))

특히 무력 분쟁, 내란, 자연재해 또는 인재로 인해 국가 또는 지역 사회에서 개인 또는 집단적으로 비자발적으로 이주하는 것.

가뭄(Drought)

기존 **생태계**와 인구에 대한 예외적인 물 부족 기간(낮은 강수량, 고온 및/또는 바람으로 인해). **참조: 식물 증발 스트레스.**

농업 및 생태 가뭄(Agricultural and ecological drought)

영향을 받는 **생물 군**에 따라: 비정상적인 **토양 수분** 부족 기간은 강수량 부족과 과도한 **증발산**으로 인해 발생하며 성장기에는 일반적으로 작물 생산 또는 생태계 기능에 영향을 미친다.

조기 경보 시스템(EWS) (Early warning systems, EWS)

개인, 커뮤니티, 관리되는 **생태계** 및 **위해**를 받는 조직이 피해 또는 손실 가능성을 줄이기 위해 신속하고 적절하게 행동할 준비를 할 수 있도록 시기 적절하고 의미 있는 경고 정보를 예측, 예상 및 전달할 수 있는 일련의 기술 및 제도적 역량. 상황에 따라 EWS는 과학 및/또는 **토착 지식** 및 기타 지식 유형을 활용할 수 있다. EWS는 또한 예를 들어 조직 자체는 위협받지 않지만 농업에서 (예: 폭우, **가뭄**, 지면 서리 및 우박 경고) 및 어업에서 (예: 폭풍, **폭풍 해일** 및 쓰나미 경고)와 같이 보존 중인 생태계(예: **산호 백화** 경고)에서 생태학적 적용을 위해 고려된다.

생태적 가뭄(Ecological drought)

참조: 가뭄.

생태계(Ecosystem)

생태계는 살아있는 유기체, 그들의 무생물 환경 및 그들 사이의 상호 작용으로 구성된 기능적 단위이다. 주어진 생태계에 포함된 구성 요소와 그 공간적 경계는 생태계가 정의된 목적에 따라 다르다. 어떤 경우에는 상대적으로 급격하지만 다른 경우에는 확산된다. 생태계 경계는 시간이 지남에 따라 변경될 수 있다. 생태계는 다른 생태계 내에 중첩되어 있으며 그 규모는 아주 작은 것부터 전체 **생물권**까지 다양하다. 현대에 대부분의 생태계는 사람을 핵심 유기체로 포함하거나 환경에서 인간 활동의 영향에 의해 영향을 받는다. **참조: 생태계 건강, 생태계 서비스.**

생태계 기반 적응(EbA) (Ecosystem-based adaptation, EbA)

복원력을 높이고 **기후변화**에 대한 사람과 생태계의 **취약성**을 줄이기 위한 **생태계** 관리 활동의 사용. **참조: 적응, 자연 기반 솔루션(NbS).**

생태계 서비스(Ecosystem services)

개인이나 사회 전반에 금전적 또는 비금전적 가치를 지닌 생태학적 과정이나 기능. 이들은 종종 (1) 생산성 또는 **생물 다양성** 유지와 같은 서비스 지원, (2) 식량 또는 섬유와 같은 서비스 제공, (3) 기후 규제 또는 **탄소 격리**와 같은 서비스 규제, (4) 관광 또는 정신적 및 미적 감상과 같은 문화적 서비스로 분류된다. **참조: 생태계, 생태계 건강, 인간에 대한 자연의 기여(NCP).**

배출 시나리오(Emission scenario)

참조: [시나리오](#).

배출 경로(Emission pathways)

참조: [경로](#).

활성화 조건(적응과 완화를 위한)

(Enabling conditions (for adaptation and mitigation options))

적응 및 완화 옵션의 타당성을 향상시키는 조건. [활성화 조건](#)은 금융, 기술 혁신, 정책 도구 강화, [제도적 역량](#), [다단계 거버넌스](#), [인간 행동 및 라이프스타일의 변화](#)를 포함한다.

평등(Equality)

기원에 관계없이 동등한 기회, 권리 및 의무를 포함하여 모든 인간에게 동등한 가치를 부여하는 원칙. 참조: [형평성](#), [공정성](#).

불평등(inequality)

불균등한 기회와 사회적 지위, 집단이나 사회 내에서의 성별, 계급, 민족, 연령, (장애)능력에 기반한 차별 과정은 종종 불균등한 발전으로 인해 발생한다. 소득 불평등은 한 국가 내 및 국가 간 최고 소득자와 최저 소득자 사이의 격차를 의미한다.

평형 기후 민감도(ECS) (Equilibrium climate sensitivity, ECS)

참조: [기후 민감도](#).

형평성(Equity)

공정하고 공평하다는 원칙과 비용과 편익을 포함하여 기후변화에 대한 [영향](#)과 대응이 어느 정도 동등한 방식으로 사회에 분배되는 방식을 이해하기 위한 기초이다. 종종 [평등](#), [공정성](#) 및 [정의](#)의 개념과 일치하고 사회, 세대 및 성별, 그리고 누가 참여하고 의사 결정 과정을 통제하는 지에 대한 의미에서 기후 [영향](#) 및 정책에 대한 책임 및 분배의 형평성과 관련하여 적용된다.

노출(Exposure)

사람들의 존재; 생계; 중 또는 생태계; 환경 기능, 서비스 및 자원; [하부 구조](#); 또는 부정적으로 영향을 받을 수 있는 장소 및 환경의 경제적, 사회적 또는 문화적 자산. 참조: [위해](#), [노출](#), [취약성](#), [영향](#), [리스크](#).

실행 가능성(Feasibility)

이 보고서에서 타당성은 이행될 [완화](#) 또는 [적응 옵션](#)의 가능성을 나타낸다. 실행 가능성에 영향을 미치는 요인은 상황에 따라 다르고 시간적으로 역동적이며 다른 그룹과 행위자 간에 다를 수 있다. 타당성은 옵션의 이행을 가능하게 하거나 제한하는 지구물리학적, 환경-생태학적, 기술적, 경제적, 사회문화적 및 제도적 요인에 따라 달라진다. 옵션의 실행 가능성은 여러 옵션이 결합될 때 변경될 수 있으며 활성화 조건이 강화되면 증가할 수 있다. 참조: [활성화 조건\(적응과 완화를 위한\)](#).

화재 날씨(Fire weather)

산불을 유발하고 지속시키는 데 도움이 되는 기상 조건으로, 일반적으로 온도, [토양 수분](#), 습도 및 바람을 포함한 일련의 지표 및 지표 조합을 기반으로 한다. 화재 날씨는 연료 부하의 유무를 포함하지 않는다.

식량 손실 및 폐기물(Food loss and waste)

식량의 양이나 질의 감소. 음식물 쓰레기는 식량물 손실의 일부이며 1차 생산에서 최종 가정 소비자 수준에 이르기까지 전체 식량 공급망을 따라 사람이 소비하기에 안전하고 영양가 있는 식량을 폐기하거나 대체(비식량) 사용하는 것을 말한다. 음식물 쓰레기는 그것을 생성하는 원인과 그 해결책이 식량 손실의 것과 다르기 때문에 식량 손실의 별개로 인식되어야 한다.

식량 안보(Food security)

모든 사람들이 활동적이고 건강한 삶을 위해 그들의 식이 요구와 선호하는 식량을 충족시키는 충분하고 안전하며 영양가 있는 식량에 항상 물리적, 사회적, 경제적으로 접근할 수 있는 상황이다. 식량 안보의 네 기둥은 가용성, 접근, 활용 및 안정성이다. 영양 차원은 식량 안보 개념에 필수적이다.

지구온난화(Global warming)

지구온난화는 매년간 변화를 제거하기에 충분한 기간(예: 20년 또는 30년)에 걸쳐 평균적으로 기준선 [기준 시간](#) 대비 지표면 온도의 증가를 나타낸다. 일반적으로 기준선은 1850~1900년(충분한 지리적 범위를 가진 신뢰할 수 있는 관측의 가장 초기 기간)이며, 적용에 따라 더 현대적인 기준선이 사용된다. 참조: [기후변화](#), [기후 변동성](#), [자연\(기후\) 변동성](#).

지구온난화 지수(Global warming potential, GWP)

기준 물질인 이산화탄소(CO₂)와 관련하여 선택한 시간 범위에 걸쳐 누적된 주어진 물질의 단위 질량 배출에 따른 [복사 강제력](#)을 측정하는 지수이다. 따라서 GWP는 이러한 물질이 [대기](#)에 남아 있는 다양한 시간과 복사 강제력을 유발하는 효과성과 결합된 효과를 나타낸다. 참조: [일생, 온실가스, 가스 배출 측정 기준](#).

그린 기반시설(Green infrastructure)

참조: [기반시설](#).

온실가스(Greenhouse gases, GHGs)

지표면, 대기 자체 및 구름에 의해 배출되는 복사 스펙트럼 내의 특정 파장에서 복사를 흡수하고 배출하는 자연 및 [인위적 대기](#)의 가스 구성 요소. 이 속성은 온실 효과를 유발한다. 수증기(H₂O), 이산화탄소(CO₂), [아산화질소](#)(N₂O), [메탄](#)(CH₄) 및 [오존](#)(O₃)은 지구 대기의 주요 온실가스이다. 인간이 만든 GHG는 [육불화황](#)(SF₆), [수소불화탄소](#)(HFC), [염화불화탄소](#)(CFC) 및 과불화탄소(PFC)를 포함한다. 이들 중 몇몇은 또한 오존 고갈 물질이다([몬트리올 의정서](#)에 따라 규제됨). 참조: [잘 혼합된 온실가스](#)

그레이 기반시설(Grey infrastructure)

참조: [기반시설](#).

위해(Hazard)

재산, **기반시설**, **생계**, 서비스 제공, **생태계** 및 환경 자원에 대한 손상 및 손실뿐만 아니라 인명 손실, 부상 또는 기타 건강 영향을 유발할 수 있는 자연적 또는 인위적인 물리적 사건 또는 경향의 잠재적 발생. **참조: 노출, 취약성, 영향, 리스크.**

영향(Impacts)

리스크가 기후 관련 **위해(극한 기상/기후 현상 포함)**, **노출** 및 **취약성**의 상호 작용으로 인해 발생하는 자연 및 **인간 체계**에 대한 실현된 **리스크**의 결과. **영향**은 일반적으로 생명, **생계**, **건강 및 웰빙**, **생태계** 및 중, 경제적, 사회적 및 문화적 자산, 서비스(**생태계 서비스** 포함) 및 **기반시설**에 미치는 영향을 의미한다. 영향은 결과라고 할 수 있으며 불리하거나 유익할 수 있다. **참조: 적응, 위해, 노출, 취약성, 리스크.**

불평등(Inequality)

참조: 평등.

토착 지식(Indigenous knowledge, IK)

자연 환경과의 오랜 상호 작용 역사를 가진 사회에서 개발한 이해, 기술 및 철학. 많은 **토착민**에게 IK는 일상적인 활동에서 장기적인 행동에 이르기까지 삶의 근본적인 측면에 대한 의사 결정에 정보를 제공한다. 이 지식은 언어, 분류 체계, 자원 사용 관행, 사회적 상호 작용, 가치, 의식 및 영성을 포함하는 문화 복합물에 필수적이다. 이러한 독특한 지식 방식은 전지구 문화 다양성의 중요한 측면이다. **참조: 현지 지식(LK)**

토착민(Indigenous Peoples)

토착민과 국가는 그들의 영토에서 발전한 침략 이전 및 식민지 이전 사회와 역사적 연속성을 가지고 있으며, 현재 해당 영토 또는 그 일부에서 우세한 사회의 다른 부분과 구별된다고 생각하는 사람들이다. 그들은 현재 주로 사회의 비지배적인 부분을 형성하고 있으며 종종 그들의 조상 영토와 민족적 정체성을 민족으로서의 지속적인 존재의 기초로서 그들의 문화 패턴, 사회 제도 및 관습법 시스템에 따라 미래 세대에 보전, 개발 및 전수하기로 결정한다.

임시 정주지(Informal settlement)

적어도 하나의 기준에 의해 공식 규칙 및 규정을 벗어나는 **정주지** 또는 주거 지역에 부여된 용어이다. 대부분의 임시 정주지는 열악한 주택(임시 자재의 광범위한 사용)을 가지고 있으며 높은 수준의 인구 밀집으로 불법적으로 점유된 토지에서 개발된다. 대부분 이러한 정주지에서는 안전한 물, 위생, 배수, 포장 도로 및 기본 서비스에 대한 규정이 부적절하거나 부족하다. '빈민가'라는 용어는 종종 비공식 정주지에 사용되지만, 많은 비공식 정주지가 특히 정부가 그러한 개발을 지원하는 경우, 양질의 주거 지역으로 발전하기 때문에 오해의 소지가 있다.

기반시설(Infrastructure)

경제 성장, **건강**, 삶의 질 및 안전을 지원하는 서비스를 제공하기 위해서 사람, 지역 사회 및 더 넓은 환경을 중재하는 일련의 물리적 시스템 및 해당 제도적 장치의 설계 및 제작된 세트.

블루 기반시설(Blue infrastructure)

블루 기반시설은 **증발**, 증산, **배수**, 침투, **유거수** 및 배출의 임시 저장을 포함하는 생태학적 및 수문학적 기능을 제공하는 수역, 수로, 연못, 호수 및 빗물 배수를 포함한다.

그린 기반시설(Green infrastructure)

공기 및 수질 정화, 온도 관리, 홍수 관리 및 해안 방어를 포함하는 기능과 서비스를 제공할 수 있는 자연 및 인공 생태계, 녹지 공간 및 기타 조경 기능이 전략적으로 계획되어 상호 연결되어 있으며 종종 사람과 **생물 다양성**을 위한 **공동편익**을 제공한다. 그린 기반시설은 심어진 자생 식물, 토양, **습지**, 공원 및 녹지 공간뿐만 아니라 식물을 포함하는 건물 및 거리 수준 설계 도입이 포함된다.

그레이 기반시설(Grey infrastructure)

에너지, 운송, 통신(디지털 포함), 건축 양식, 물 및 위생 시설, 고품 폐기물 관리 시스템을 뒷받침하는 파이프, 전선, 트랙 및 도로의 엔지니어링 된 물리적 구성 요소 및 네트워크.

비가역성(Irreversibility)

동적 시스템의 교란 상태는 자연적인 과정으로 인해 이 상태에서 복구하는 데 관심 있는 시간 척도보다 상당히 오래 걸리는 경우 주어진 시간 척도에서 돌이킬 수 없는 것으로 정의된다. **참조: 티핑 포인트**

공정 전환(Just transition)

참조: 전환

정의(Justice)

정의는 사람들이 마땅히 받아야 할 것을 얻도록 보장하는 것과 관련이 있으며, 종종 사회의 윤리와 가치에 기반하여 사람이 대우받는 방식에서 **공정성**과 **형평성**의 도덕적 또는 법적 원칙을 설정한다.

기후 정의(Climate justice)

개발과 **인권**을 연결하여 **기후변화**에 대처하고 가장 취약한 사람들의 권리를 보호하고, 기후변화와 그 **영향**의 부담과 혜택을 공평하고 공정하게 공유하는 인간 중심적인 접근 방식을 달성하는 정의.

사회적 정의(Social justice)

정의와 **공평**의 원칙에 따라 부의 분배, 자원에 대한 접근, 기회 및 지원을 해결하고자 하는 사회 내에서의 정당하거나 공정한 관계.

주요 리스크(Key risk)

참조: 리스크.

토지 이용, 토지 이용 변화 및 임업**(Land use, land-use change and forestry, LULUCF)**

유엔기후변화협약에 따른 국가 **온실가스(GHG)** 인벤토리 맥락에서 LULUCF는 비 이산화탄소 농업 배출을 제외하고 관리되는 토지에서 **인위적 배출** 및 **온실가스 제거**를 다루는 온실가스 인벤토리 부문이다. 2006년 국가 GHG 인벤토리에 대한 IPCC 지침 및 2019년 개선에 따라 **'인위적'** 토지 관련 GHG 플럭스는 **'관리된 토지'**, 즉, '생산, 생태학적 또는 사회적 기능을 수행하기 위해 인간의 개입과 관행이 적용된 곳'에서 발생하는 모든 것으로 정의된다. 관리된 토지는 이 보고서에서 평가된 일부 과학 문헌에서 **'인위적'으로 간주되지 않는 이산화탄소(CO₂) 제거**(예: CO₂ 수정 및 N 침착과 관련된 제거)를 포함할 수 있으므로 이 보고서에 포함된 전지구 모델의 토지

관련 **순 온실가스 배출량** 추정치는 국가 온실가스 인벤토리(IPCC 2006, 2019)의 LULUCF 추정치와 반드시 직접 비교할 필요는 없다.

최빈국 (Least Developed Countries, LDCs)

유엔 경제사회이사회(ECOSOC)에서 세 가지 기준을 충족하는 것으로 지정한 국가 목록: (1) 미화 750달러에서 미화 900달러 사이의 1인당 국민 총소득의 일정 기준 미만의 **저소득** 기준, (2) **건강**, 교육, 성인 문해력 지표에 기반한 인적 자원의 취약성, (3) 농업 생산의 불안정성, 상품 및 서비스 수출의 불안정성, 비전통적 활동의 경제적 중요성, 상품 수출 집중 및 경제적 소규모의 핸디캡에 대한 지표를 기반으로 한 경제적 취약성. 이 범주에 속하는 국가는 가장 도움이 필요한 국가를 지원하는 데 중점을 둔 여러 프로그램을 받을 자격이 있다. 이러한 특권에는 유엔기후변화협약(UNFCCC) 조항에 따른 특정 혜택이 포함된다.

생계(Livelihood)

사람들이 살기 위해 사용된 자원과 수행된 활동. **생계**는 일반적으로 사람들이 접근할 수 있는 자격과 자산에 의해 결정된다. 이러한 자산은 인적, 사회적, 자연적, 물리적 또는 재정적으로 분류할 수 있다

현지 지식(Local knowledge, LK)

개인과 인구가 거주하는 장소에 따라 개발된 이해와 기술 지역 지식은 일상적인 활동에서 장기적인 행동에 이르기까지 삶의 근본적인 측면에 대한 의사 결정에 정보를 제공한다. 이 지식은 **기후변화**에 대한 관찰과 대응에 영향을 미치는 사회 및 문화 시스템의 핵심 요소이며 또한 **거버넌스** 결정을 알린다. **참조: 토착 지식 (IK).**

고착(Lock-in)

기반시설, 기술, 투자, 제도 및 행동 규범을 포함한 시스템의 향후 개발이 역사적 발전에 의해 결정되거나 제약(‘고정’)되는 상황. **참조: 경로 의존성**

손실과 피해(Loss and Damage, and losses and damages)

연구는 2013년 손실과 피해에 관한 바르샤바 메커니즘이 수립된 후 유엔기후변화협약(UNFCCC) 하에서 정치적 논쟁을 언급하기 위해 **손실과 피해**(대문자)를 사용했으며, 이는 ‘**기후변화**’의 악영향에 특히 취약한 **개발 도상국**에서 **극한 현상** 및 천천히 발병하는 현상을 포함하여 기후변화의 영향과 관련된 손실과 피해를 해결하는 것이다. 소문자(**손실과 피해**)은 (관찰된) **영향** 및 (예상된) 리스크로 인한 피해를 광범위하게 지칭하기 위해 사용되었으며 경제적 또는 비경제적일 수 있다.

낮은 가능성-높은 영향의 결과(Low-likelihood, high-impact outcomes)

발생 확률이 낮거나 잘 알려지지 않았지만(**깊은 불확실성**의 맥락에서처럼) 사회와 **생태계**에 잠재적인 **영향**이 클 수 있는 결과/현상. **리스크 평가** 및 의사 결정에 더 나은 정보를 제공하기 위해, 그러한 **가능성**이 매우 낮은 결과는 매우 큰 결과와 관련되어 있으므로 해당 결과가 반드시 가장 가능성이 높은 결과를 나타내는 것은 아니지만 중요한 리스크를 구성할 수 있는 경우 고려된다. **참조: 영향.**

오적응 행동(오적응) (Maladaptive actions, Maladaptation)

현재 또는 미래에 **온실가스(GHG) 배출** 증가, **기후변화**에 대한 **취약성** 증가 또는 이동, 더 불평등한 결과 또는 복지 감소를 포함하여 불리한 기후 관련 결과의 리스크 증가로 이어질 수 있는 조치. 대부분의 경우 오적응은 의도하지 않은 결과이다.

이주(인간의) (Migration (of humans))

국경을 넘어 또는 국가 내에서 개인 또는 그룹의 이동. 길이, 구성 및 원인에 관계없이 모든 종류의 사람들의 이동을 포함하는 인구 이동이다. 여기에는 난민, 실항민, 경제적 이주민 및 가족 재결합을 포함한 다른 목적으로 이동하는 사람들의 이주가 포함된다.

완화(기후변화의) (Mitigation (of climate change))

배출량을 줄이거나 **온실가스 흡수원**을 늘리기 위한 인간의 개입.

완화 잠재력(Mitigation potential)

지정된 배출 기준선과 관련하여 주어진 **완화 옵션**으로 달성할 수 있는 순 **온실가스** 배출 감소량. **참조: 격리 가능성.**

[참고: 순 온실가스 배출량 감소는 감소된 배출량 및/또는 향상된 **흡수원**의 합계이다.]

자연(기후) 변동성(Natural (climate) variability)

자연적 변동성은 인간의 영향 없이 발생하는 기후 변동을 의미하며, 이는 화산 폭발, **태양 활동**의 변화, 더 긴 시간 규모에서 궤도 효과 및 판 구조론과 같은 외부 자연 요인에 대한 대응과 결합된 **내부 변동성**이다.

참조: 궤도 강제

넷제로 CO₂ 배출(Net zero CO₂ emissions)

인위적 이산화탄소(CO₂) 배출이 지정된 기간 동안 **인위적 CO₂ 제거**와 균형을 이루는 조건. **참조: 탄소 중립, 토지 이용, 토지 이용 변경 및 임업(LULUCF), 넷제로 온실가스 배출.**

[참고: **탄소 중립**과 넷제로 CO₂ 배출량은 중복되는 개념이다. 개념은 전지구적 또는 지역적 규모(예: 지역, 국가 및 하위 국가)에 적용될 수 있다. 전지구적 규모에서, 탄소 중립과 넷제로 CO₂ 배출량이라는 용어는 동일하다. 지역적 규모에서, 넷제로 CO₂ 배출량은 일반적으로 보고 주체의 직접 통제 또는 영토 책임 하에 배출 및 제거에 적용되는 반면, 탄소 중립성은 일반적으로 보고 주체의 직접 통제 또는 영토 책임 내외의 배출 및 제거를 포함한다. GHG 프로그램 또는 계획에 의해 지정된 회계 규칙은 관련 CO₂ 배출량 및 제거량의 정량화에 상당한 영향을 미칠 수 있다.]

넷제로 GHG 배출량(Net zero GHG emissions)

미터법 가중 **인위적 온실가스(GHG) 배출량**이 특정 기간 동안 미터법 가중 **인위적 GHG 제거량**과 균형을 이루는 조건. 넷제로 GHG 배출의 정량화는 다양한 가스의 배출량과 제거량을 비교하기 위해 선택한 **GHG 배출량 측정 기준**과 해당 측정 기준에 대해 선택한 시간 범위에 따라 달라진다. **참조: 온실가스 중립성, 토지 이용, 토지 이용 변경 및 임업(LULUCF), 순 제로 CO₂ 배출량.**

[참고 1: **온실가스 중립성**과 넷제로 GHG 배출량은 중복되는 개념이다. 넷제로 GHG 배출의 개념은 전지구 또는 지역적 규모(예: 지역, 국가 및 하위 국가)에서 적용될 수 있다. 전지구적 규모에서 GHG 중립성이라는 용어와 넷제로 GHG 배출량은 동일하다. 지역적 규모에서, 넷제로 GHG 배출량은 일반적으로 보고 주체의 직접 통제 또는 영토 책임 하에 배출 및 제거에 적용되는 반면, GHG 중립성은 일반적으로 보고 주체의 직접 통제 또는 영토 책임 내외의 인위적 배출 및 제거를 포함한다. GHG 프로그램 또는 계획에 의해 지정된 회계 규칙은 관련 CO₂ 배출량 및 제거량의 정량화에 상당한 영향을 미칠 수 있다.

참고 2: 파리 규정집[결정 18/CMA.1, 부속서, 단락 37]에 따라 당사자들은 IPCC AR5의 GWP100 값 또는 후속 IPCC 평가보고서의 GWP100 값을 사용하여 총 배출량 및 GHG 제거량을 보고하는 데 동의했다. 또한 당사자들은 GHG 총 배출 및 제거에 대한 추가 정보를 보고하기 위해 다른 측정기준을 사용할 수 있다.

새로운 도시 의제(New Urban Agenda)

새로운 도시 의제는 2016년 10월 20일 에콰도르 키토에서 열린 주택 및 지속 가능한 도시 개발에 관한 유엔 회의(Habitat III)에서 채택되었다. 2016년 12월 23일 제71차 유엔 총회 제68차 전체 총회에서 승인되었다.

오버슈트 경로(Overshoot pathways)

참조: 경로.

경로(Pathways)

미래 상태를 향한 **자연** 및/또는 **인간 체계**의 시간적 진화. 경로 개념은 바람직한 사회적 목표를 달성하기 위한 정량적 및 정성적 시나리오 또는 잠재적인 미래에 대한 **서사**에서 솔루션 지향적인 의사 결정 과정에 이르기까지 다양하다. 경로 접근법은 일반적으로 생물 물리학, 기술 경제 및/또는 사회 행동 궤적에 초점을 맞추고 다양한 규모의 역할, 목표 및 행위자를 포함한다. **참조: 시나리오, 스토리라인**

개발 경로(Development pathways)

개발 경로는 사회 구조의 모든 수준에서 이루어지는 무수한 결정과 조치의 결과로 진화할 뿐만 아니라 제도, 문화적 규범, 기술 시스템 및 기타 행동 변화 요인 내외의 새로운 역학으로 인해 진화한다. **참조: Shifting development pathways (SDP), Shifting development pathways to sustainability (SDPS).**

배출 경로(Emission pathways)

21세기에 걸친 전지구적 **인위적 배출량**의 모델링된 **궤적**을 배출 경로라고 한다.

오버슈트 경로(Overshoot pathways)

먼저 지정된 농도, 강제력 또는 **지구온난화** 수준을 초과한 다음 지정된 기간이 끝나기 전에(예: 2100년 이전) 다시 해당 수준 이하로 돌아가는 경로. 때로는 **오버슈트**의 크기와 **가능성**도 특성화된다. 오버슈트 지속 기간은 경로마다 다를 수 있지만, 문헌에 있는, 그리고 AR6에서 오버슈트 경로라고 하는 대부분의 오버슈트 경로에서 오버슈트는 최소 10년에서 최대 수십년에 걸쳐 발생한다. **참조: 온도 오버슈트**

공통 사회 경제 경로(Shared socio-economic pathways, SSPs)

공통사회경제경로(SSP)는 **대표 농도경로(RCP)**를 보완하기 위해 개발되었다. 설계상 RCP 배출 및 집중 경로는 특정 사회 경제적 발전과의 연관성을 제거했다. 따라서 RCP 차원에 따른 다양한 수준의 배출 및 **기후변화**는 매트릭스의 다른 차원에 있는 다양한 사회 경제적 개발 경로(SSP)를 배경으로 탐색될 수 있다. 이 통합 SSP-RCP 프레임워크는 현재 기후 영향 및 정책 분석 문헌(예: <http://iconics-ssp.org> 참조)에서 널리 사용되며, 여기에서 RCP **시나리오**에서 얻은 **기후 예측**은 다양한 SSP를 배경으로 분석된다. 몇 가지 배출 업데이트가 예정되어 있으므로 SSP와 함께 새로운 **배출 시나리오** 세트가 개발되었다. 따라서 약어 SSP는 이제 두 가지 용도로 사용된다. 한편으로 SSP1, SSP2, ..., SSP5는 다섯가지 사회 경제적 시나리오 군을 나타내는 데 사용된다. 다른 한편, 약어 SSP1-1.9, SSP1-2.6, ..., SSP5-8.5는 **통합 평가 모델** 내에서 SSP 이행의 결과인 새로 개발된 **배출 시나리오**를 나타내는 데 사용된다. 이러한 SSP **시나리오**는 기후 정책 가정이 없지만 소위 공유 정책 가정(SPA)과 결합하여 세기말까지 1.9, 2.6, ... 또는 8.5 Wm⁻²의 다양한 대략적 **복사 강제력** 수준에 도달한다. 통합 평가 모델 및 시나리오 시뮬레이션과 같은 일반적인 의미 또는 특정 방법론적 관점에서 **지속가능발전, 적응 및 완화**, 그리고 **변화**의 사회적 환경적 경제적 차원을 다루는 궤적을 나타낸다.

지구 건강(Planetary health)

인간의 건강과 문명이 **생태계**의 건강과 **생태계**의 현명한 관리에 달려있다는 이해에 기초한 개념.

우려 요인(Reasons for concern, RFCs)

IPCC 3차 평가보고서에서 처음 개발된 분류 프레임워크의 요소로, **위해, 노출, 취약성**, 적응 능력 및 그에 따른 **영향**을 고려하여 다양한 부문의 **리스크**를 종합하여 어떤 수준의 **기후변화**가 위협할 수 있는지에 대한 판단을 용이하게 하는 것을 목표로 한다(UNFCCC 2조의 언어로; UNFCCC, 1992).

재조림(Reforestation)

이전에 숲을 포함했지만 다른 용도로 전환된 토지의 숲으로의 전환.
참조: *조림, 인위적 제거, 이산화탄소 제거(CDR), 산림 전용, 산림 전용으로 인한 배출량 감소 및 산림 황폐화(REDD+).*

[참고: 산림이라는 용어와, *조림, 재조림 및 산림 전용*과 같은 관련 용어에 대한 논의의 경우, 2006년 IPCC 국가 온실가스 인벤토리 가이드라인 및 2019년 개선 사항과 UN 기후변화 협약에서 제공한 정보를 참조한다.]

잔여 리스크(리스크)(Residual risk)

적응 및 완화 노력 이후에 남아있는 *기후변화 영향*과 관련된 리스크. 적응 조치는 *리스크와 영향*을 재분배할 수 있다. 일부 지역이나 인구에서는 리스크와 영향이 증가하고 다른 지역에서는 *리스크와 영향*이 감소한다. **참조:** *손실과 피해*

탄력성(Resilience)

상호 연결된 사회, 경제 및 생태 시스템이 위대한 현상, 추세 또는 교란에 대처하고 본질적인 기능, 정체성 및 구조를 유지하는 방식으로 대응하거나 재구성하는 능력이다. 탄력성은 *적응*, 학습 및/또는 *변형* 능력을 유지할 때 긍정적인 속성이다. **참조:** *위해, 리스크, 취약성.*

복원(Restoration)

환경적 맥락에서, *복원*은 이전에 저하, 손상 또는 파괴된 *생태계*의 복구를 돕기 위한 인간의 개입을 포함한다.

리스크(Risk)

그런 시스템과 관련된 가치와 목표의 다양성을 인식하여 인간 또는 생태계에 대한 부정적인 결과의 가능성. *기후변화*의 맥락에서 *리스크*는 *기후변화*에 대한 인간의 대응뿐만 아니라 *기후변화*의 잠재적 *영향*으로 인해 발생할 수 있다. 관련된 불리한 결과는 생명, *생계, 건강* 및 *웰빙*, 경제적, 사회적 및 문화적 자산과 투자, *기반시설*, 서비스(*생태계 서비스* 포함), *생태계* 및 종에 대한 영향을 포함한다. *기후변화 영향*의 맥락에서 *리스크*는 기후 관련 *위해*와 *위해*에 영향을 받는 인간 또는 생태계의 *노출* 및 *취약성* 사이의 역동적인 상호 작용으로 인해 발생한다. *위해, 노출* 및 *취약성*은 각각 크기 및 발생 *가능성* 측면에서 *불확실성*의 영향을 받을 수 있으며 사회 경제적 변화 및 인간의 의사 결정으로 인해 시간과 공간에 따라 변경될 수 있다. *기후변화* 대응의 맥락에서 *리스크*는 의도한 목표를 달성하지 못하는 대응의 가능성 또는 *잠재적 상충효과*, 또는 *지속가능발전목표(SDG)*와 같은 다른 사회적 목표에 대한 부정적인 부작용으로 인해 발생한다. *리스크*는 예를 들어 이행의 *불확실성*, *기후 정책*의 효과 또는 결과, 기후 관련 투자, 기술 개발 또는 채택, 시스템 *전환*으로 인해 발생할 수 있다. **참조:** *위해, 노출, 취약성, 영향, 리스크 관리, 적응, 완화.*

주요 리스크(Key risk)

*주요 리스크*는 노출된 사회 및 시스템의 *취약성*과 기후 관련 *위해*의 상호 작용으로 인해 인간과 사회 생태 시스템에 잠재적으로 심각한 악영향을 미친다.

시나리오(Scenario)

주요 원동력(예: 기술 변화율, 가격) 및 관계에 대한 일관되고 내부적으로 일관된 일련의 가정을 기반으로 미래가 어떻게 발전할 수 있는지에 대한 그럴듯한 설명. 시나리오는 *예상*이나 *예측*이 아니지만 개발 및 조치의 영향에 대한 보기를 제공하는 데 사용된다. **참조:** *시나리오, 시나리오 스토리라인*

배출 시나리오(Emission scenario)

원동력(예: 인구 통계 및 사회 경제적 발전, 기술 변화, 에너지 및 토지 이용)과 주요 관계에 대한 일관되고 내부적으로 한결 같은 일련의 가정을 기반으로 한 복사 활성 물질(예: *온실가스(GHG)* 또는 *에어로졸*)의 미래 배출 개발에 대한 그럴듯한 표현. 배출 시나리오에서 파생된 농도 시나리오는 종종 기후 *예측*을 계산하기 위한 *기후 모델*에 대한 입력으로 사용된다.

재해 리스크 경감을 위한 샌다이 프레임워크 (Sendai Framework for Disaster Risk Reduction)

*재해 리스크 감소를 위한 샌다이 프레임워크 2015~2030*은 새로운 재해 리스크를 예방하고 기존 *재해 리스크*를 줄이기 위한 조치에 대해 7가지 명확한 목표와 4가지 우선 순위를 설명한다. 자발적이고 구속력이 없는 협약은 국가가 재난 리스크를 줄이는 일차적인 역할을 하지만, 그 책임은 지방 정부, 민간 부문 및 기타 이해 관계자를 포함한 다른 이해 관계자와 공유해야 함을 인정하며, 재난 리스크와 생명, *생계, 건강* 및 개인, 기업, 지역 사회 및 국가의 경제적, 물리적, 사회적, 문화적 및 환경적 자산의 손실을 실질적으로 줄이는 것을 목표로 한다.

정주지(Settlements)

인간 정주지가 밀집된 장소. *정주지*는 고립된 시골 마을에서 전지구적으로 상당한 영향을 미치는 *도시* 지역에 이르기까지 다양하다. 여기에는 공식적으로 계획되고 비공식적이거나 불법적인 주거 및 관련 기반시설이 포함될 수 있다. **참조:** *도시, 도시, 도시화.*

공동 사회 경제 경로(Shared socio-economic pathways, SSPs)

참조: *경로*

개발 경로 전환(Shifting development pathways, SDPs)

이 보고서에서 개발 경로의 변화는 기존 개발 동향의 방향을 바꾸는 것을 목표로 하는 *전환*을 설명한다. 사회는 특정 결과를 달성하기 위해 노력할 때 미래 *개발 경로*에 영향을 미칠 수 있는 *조건을 마련할 수 있다*. 일부 결과는 공통적일 수 있는 반면, 다른 결과는 다른 출발점이 주어지면 상황에 따라 다를 수 있다. **참조:** *개발 경로, 개발 경로를 지속 가능성으로 전환.*

흡수원(Sink)

대기에서 온실가스, 에어로졸 또는 온실가스 전구체를 제거하는 모든 과정, 활동 또는 메커니즘. **참조:** *풀 - 탄소 및 질소, 저장소, 격리, 격리 가능성, 소스, 흡수.*

군소도서개발국(Small Island Developing States, SIDS)

UN OHRLLS(최빈국, 내륙 개발도상국 및 군서도서개도국을 위한 UN 고위대표 사무소)에서 인정한 군소도서개발국(SIDS)은 특정한 사회적, 경제적, 환경적 취약성에 직면한 별개의 개발도상국 그룹이다. 이들은 1992년 브라질 리우 지구정상회담에서 환경과 개발 측면에서 모두 특별한 사례로 인정받았다. UN OHRLLS에 의해 SIDS로 분류되었으며, 38개는 UN 회원국이고 20개는 비UN 회원국 또는 지역 위원회 준회원이다.

사회적 정의(Social justice)

참조: 정의.

사회보장(Social protection)

개발 원조 및 기후 정책의 맥락에서 사회보장은 일반적으로 빈곤층에게 소득 또는 소비 이전을 제공하고 **생계 리스크**로부터 취약한 사람들을 보호하며 소외된 사람들의 사회적 지위와 권리를 향상시키고 가난하고 취약하며 소외된 집단의 경제적 사회적 취약성을 줄이는 공공 및 민간 이니셔티브를 설명한다. 다른 맥락에서 사회보장은 사회적 정책과 동의어로 사용될 수 있으며 건강, 교육 또는 주택과 같은 서비스에 대한 접근을 제공하거나 소득 및 소비 이전을 사람들에게 제공하는 모든 공공 및 민간 이니셔티브로 설명될 수 있다. 사회보장정책은 빈곤층과 취약계층을 생계의 리스크로부터 보호하고, 취약계층의 사회적 지위와 권리를 향상시키며, 취약계층이 빈곤에 빠지는 것을 방지한다.

태양 복사 조정(Solar radiation modification, SRM)

지구온난화를 제한하기 위해 온실가스(GHG) 완화와 관련되지 않은 다양한 방사선 조정 조치를 나타낸다. 대부분의 방법은 지표면에 도달하는 진입하는 태양 복사의 양을 줄이는 것과 관련이 있지만 다른 방법은 광학적 두께와 구름 수명을 줄임으로써 장파 복사 예산에 작용하기도 한다.

자원(Source)

온실가스, 에어로졸 또는 온실가스 전구체를 대기 중으로 배출하는 모든 과정 또는 활동. 참조: 플 - 탄소 및 질소, 저장소, 격리, 격리 가능성, 소스, 흡수원, 흡수.

좌초 자산(Stranded assets)

국내 및 국제 수준의 공공 규정 변경을 포함하여 비즈니스 컨텍스트의 혁신 및/또는 진화로 인해 초기 예상 수익의 예상치 못한 변경으로 평가절하 또는 '부채'로의 전환에 노출된 자산.

지속가능발전(Sustainable development, SD)

미래 세대가 자신의 필요를 충족하고 사회적, 경제적, 환경적 관심의 균형을 맞추는 능력을 손상시키지 않으면서 현재의 필요를 충족시키는 개발. 참조: 개발 경로, 지속가능발전목표(SDG).

지속가능발전목표(SDGs)

유엔이 참여 과정을 통해 수립하고 **지속가능발전을 위한 2030 의제**에 자세히 설명된 빈곤과 기아의 종식, 건강과 웰빙 교육, 성평등, 깨끗한 물과 에너지, 양질의 일자리, 탄력적이고 지속 가능한 기반시설, 도시 및 소비의 건설 및 확보, 불평등 감소, 육지와 물 생태계 보호, 평화, 정의 및 파트너십 증진, 기후변화에 대한 긴급한 조치를 취하는 것을 포함한 모든 국가의 전지구적 17개 목표. 참조: 개발 경로, 지속가능발전(SD).

지속가능한 토지 관리(Sustainable land management)

변화하는 인간의 욕구를 충족하는 동시에 이러한 자원의 장기적인 생산 잠재력과 환경 기능의 유지를 보장하는 토양, 물, 동물 및 식물을 포함한 토지 자원의 관리와 이용.

온도 오버슈트(Temperature overshoot)

초과한 특정 기간 동안(예: 2100년 이전) 해당 수준 이하로 감소하는 지정된 지구온난화 수준의 초과 때로는 오버슈트의 크기와 가능성도 특성화된다. 오버슈트 지속 기간은 경로마다 다를 수 있지만, 문헌에 있는, 그리고 AR6에서 오버슈트 경로라고 하는 대부분의 오버슈트 경로에서 오버슈트는 최소 10년에서 최대 수십년에 걸쳐 발생한다. 참조: 오버슈트 경로.

임계점(Tipping point)

중중 갑작스럽게 밀/또는 비가역적으로 시스템이 재구성되는 중요한 임계값이다. 참조: 급격한 기후변화, 비가역성, 티핑 요소.

변혁(Transformation)

자연계와 인간계의 근본적인 속성 변화

변혁적 적응(Transformational adaptation)

참조: 적응

전환(Transition)

주어진 기간 동안 한 상태에서부터 또는 다른 상태로 변하는 과정. 전환은 개인, 회사, 도시, 지역 및 국가에서 발생할 수 있으며 점진적 또는 변형적인 변화를 기반으로 할 수 있다.

공정 전환(Just transitions)

고탄소 경제에서 저탄소 경제로 전환하는 과정에서 사람, 근로자, 장소, 부문, 국가 또는 지역이 뒤쳐지지 않도록 하는 것을 목표로 하는 일련의 원칙, 과정 및 관행이다. 이는 경제 전반의 전환으로 인한 부정적인 사회적, 환경적 또는 경제적 영향을 최소화하는 동시에 불균형적으로 영향을 받는 사람들의 혜택을 극대화하기 위해 정부, 기관 및 당국의 목표가 된 적극적인 조치의 필요성을 강조한다. 정의로운 전환의 주요 원칙은 다음과 같다. 취약 집단에 대한 존중과 존엄성, 에너지 접근 및 사용의 공정성, 관련 이해관계자의 사회적 대화 및 민주적 협의, 양질의 일자리 창출, 사회보장, 직장에서의 권리. 공정 전환은 에너지, 토지 이용, 기후 계획 및 의사 결정 과정의 공정성, 저탄소 투자에 기반한 경제적 다각화, 양질의 일자리로 이어지는 현실적인 훈련/재훈련 프로그램, 공평한 결과를 촉진하는 성별 정책, 국제 협력 및 조정된 다자간 조치의 촉진, 그리고 빈곤 퇴치를 포함한다. 마지막으로 정의로운 전환은 과거의 피해와 인지된 불의의 교정을 구체화할 수 있다.

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)

도시화는 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 ₄	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 ₂	이산화탄소	IMP-REN	예시적인 완화 경로 - 재생 에너지에 크게 의존
CO ₂ -eq	이산화탄소 상당*	IP-ModAct	예시적인 경로 중간 수준의 행동
CRD	기후탄력적 개발*	IPCC	기후변화에 관한 정부 간 협의체
CO ₂ -FFI	화석 연료 연소 및 산업 공정에서 발생하는 CO ₂	kWh	Kilowatt hour
CO ₂ -LULUCF	토지 이용, 토지 이용 변화 및 임업으로 인한 CO ₂	LCOE	균등화된 에너지 비용
CSB	Cross-Section Box	LDC	최빈국*
DACCS	직접 공기 탄소 포집 및 저장	Li-ion	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 ₂ O	아산화질소
EWS	조기 경보 시스템*	NDC	국가 결정 기여
FaIR	유한 진폭 임펄스 응답 단순 기후 모델	NF ₃	삼불화질소
FAO	유엔 식량 농업 기구	O ₃	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
PV	태양광
R&D	연구 및 개발
RCB	허용총량
RCPs	대표적인 농도 경로 (예: RCP2.6, 2100년까지 복사 강제력이 2.6 Wm ⁻² 로 제한되는 경로)
RFCs	우려 요인(RFCs)*
SDG	지속가능발전목표*
SDPs	개발경로이동(SPD)*
SF ₆	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 ₂ -eq	이산화탄소 환산 톤
tCO ₂ -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

WIM	UNFCCC에 따른 손실과 피해에 관한 바르샤바 국제 메커니즘*
Wm ⁻²	평방미터당 와트

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

부속서 III 기여자

핵심 저자 팀 명단

LEE, Hoesung

IPCC Chair Korea University
Republic of Korea

CALVIN, Katherine

The National Aeronautics and Space Administration
USA

DASGUPTA, Dipak

The Energy and Resources Institute, India (TERI)
India / USA

KRINNER, Gerhard

The French National Centre for Scientific Research
France / Germany

MUKHERJI, Aditi

International Water Management Institute
India

THORNE, Peter

Maynooth University
Ireland / United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

TRISOS, Christopher

University of Cape Town
South Africa

ROMERO, José

IPCC SYR TSU
Switzerland

ALDUNCE, Paulina

University of Chile
Chile

BARRETT, Ko

IPCC Vice-Chair
National Oceanographic and Atmospheric
Administration USA

BLANCO, Gabriel

National University of the Center of the Province of Buenos Aires
Argentina

CHEUNG, William W. L.

The University of British Columbia
Canada

CONNORS, Sarah L.

WGI Technical Support Unit
France / United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

DENTON, Fatima

United Nations Economic Commission for Africa
The Gambia

DIONGUE-NIANG, Aïda

National Agency of Civil Aviation and Meteorology
Senegal

DODMAN, David

The Institute for Housing and Urban Development Studies
Jamaica / United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland) /
Netherlands

GARSCHAGEN, Matthias

Ludwig Maximilian University of Munich
Germany

GEDEN, Oliver

German Institute for International and Security Affairs
Germany

HAYWARD, Bronwyn

University of Canterbury
New Zealand

JONES, Christopher

Met Office
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

JOTZO, Frank

The Australian National University
Australia

KRUG, Thelma

IPCC Vice-Chair
INPE, retired
Brazil

LASCO, Rodel

Consultative Group for International Agricultural Research
Philippines

LEE, June-Yi

Pusan National University
Republic of Korea

MASSON-DELMOTTE, Valérie

IPCC WGI Co-Chair
Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement
France

MEINSHAUSEN, Malte

University of Melbourne
Australia / Germany

MINTENBECK, Katja

IPCC WGII TSU / Alfred Wegener Institute
Germany

MOKSSIT, Abdalah

IPCC Secretariat
Morocco / WMO

OTTO, Friederike E. L.

Imperial College London
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland) / Germany

PATHAK, Minal

IPCC WGIII Technical Support Unit
Ahmedabad University
India

PIRANI, Anna

IPCC WGI Technical Support Unit
Italy

POLOCZANSKA, Elvira

IPCC WGII Technical Support Unit
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland) / Australia Germany

PÖRTNER, Hans-Otto

IPCC WGII Co-Chair
Alfred Wegener Institute
Germany

REVI, Aromar

Indian Institute for Human Settlements
India

ROBERTS, Debra C.

IPCC WGII Co-Chair
eThekweni Municipality
South Africa

ROY, Joyashree

Asian Institute of Technology
India / Thailand

RUANE, Alex C.

The National Aeronautics and Space Administration
USA

SHUKLA, Priyadarshi R.

IPCC WGIII Co-Chair
Ahmedabad University
India

SKEA, Jim

IPCC WGIII Co-Chair
Imperial College London
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

SLADE, Raphael

WG III Technical Support Unit
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

SLANGEN, Aimée

Royal Netherlands Institute for Sea Research
The Netherlands

SOKONA, Youba

IPCC Vice-Chair
African Development Bank
Mali

SÖRENSON, Anna A.

Universidad de Buenos Aires
Argentina

TIGNOR, Melinda

IPCC WGII Technical Support Unit
USA / Germany

VAN UUREN, Detlef

Netherlands Environmental Assessment Agency
The Netherlands

WEI, Yi-Ming

Beijing Institute of Technology
China

WINKLER, Harald

University of Cape Town
South Africa

ZHAI, Panmao

IPCC WGI Co-Chair
Chinese Academy of Meteorological Sciences
China

ZOMMERS, Zinta

United Nations Office for Disaster Risk
Reduction Latvia

확장 저자 팀 명단

HOURCADE, Jean-Charles

International Center for Development and
Environment
France

JOHNSON, Francis X.

Stockholm Environment Institute
Thailand / Sweden

PACHAURI, Shonali

International Institute for Applied Systems Analysis
Austria / India

SIMPSON, Nicholas P.

University of Cape Town
South Africa / Zimbabwe

SINGH, Chandni

Indian Institute for Human Settlements
India

THOMAS, Adelle

University of The Bahamas
Bahamas

TOTIN, Edmond

Université Nationale d'Agriculture
Benin

감수자

ARIAS, Paola

Escuela Ambiental, Universidad de Antioquia
Colombia

BUSTAMANTE, Mercedes

University of Brasília
Brazil

ELGIZOULI, Ismail A.

Sudan

FLATO, Gregory

IPCC WGI Vice-Chair
Environment and Climate Change Canada
Canada

HOWDEN, Mark

IPCC WGII Vice-Chair
The Australian National University
Australia

MÉNDEZ, Carlos

IPCC WGII Vice-Chair
Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas
Venezuela

PEREIRA, Joy Jacqueline

IPCC WGII Vice-Chair
Universiti Kebangsaan Malaysia
Malaysia

PICHS-MADRUGA, Ramón

IPCC WGIII Vice-Chair
Centre for World Economy Studies
Cuba

ROSE, Steven K.

Electric Power Research Institute
USA

Saheb, Yamina

OpenExp
Algeria / France

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

DRIOUECH, 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

ABDEFATTAH, Eman

Cairo University
Egypt

ABULEIF, Khalid Mohamed

Ministry of Petroleum and Mineral Resources
Saudi Arabia

ACHAMPONG, Leia

European Network on Debt and Development (Eurodad)
United Kingdom (of Great Britain and Northern Ireland)

AGRAWAL, Mahak

Center on Global Energy Policy
United States of America

AKAMANI, Kofi

Southern Illinois University Carbondale
United States of America

ÅKESSON, Ulrika

Sida
Sweden

ALBIHN, Ann

Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala
Sweden

ALCAMO, Joseph

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

ALSARMI, Said

Oman Civil Aviation Authority
Oman

AMBRÓSIO, Luis Alberto

Instituto de Zootecnia
Brazil

AMONI, Alves Melina

WayCarbon Soluções Ambientais e Projetos de Carbono Ltda
Brazil

ANDRIANASOLO, Rivoniony

Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
Madagascar

ANORUO, Chukwuma

University of Nigeria
Nigeria

ANWAR RATEB, Samy Ashraf

Egyptian Meteorological Authority
Egypt

APPADOO, Chandani

University of Mauritius
Mauritius

ARAMENDIA, Emmanuel

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

ASADNABIZADEH, Majid

UMCS
Poland

ÁVILA ROMERO, Agustín

SEMARNAT
Mexico

BADRUZZAMAN, Ahmed

University of California, Berkeley, CA
United States of America

BALA, Govindasamy

Indian Institute of Science
India

BANDYOPADHYAY, Jayanta

Observer Research Foundation
India

BANERJEE, Manjushree

The Energy and Resources Institute
India

BARAL, Prashant

ICIMOD
Nepal

BAXTER, Tim

Climate Council of Australia
Australia

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'ITORIO, 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
Frisco
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
coneva 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

TAJBAKHSH, 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

ZAEK, 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

평가보고서

여섯 번째 평가보고서

기후변화 2021: 과학적 근거
제6차 평가보고서에 대한 실무그룹 I의 기여

기후변화 2022: 영향, 적응 및 취약성
제6차 평가보고서에 대한 실무그룹 II의 기여

기후변화 2022: 기후변화의 완화
제6차 평가보고서에 대한 실무그룹 III의 기여

기후변화 2023: 종합보고서
기후변화에 관한 정부 간 협의체 보고서

다섯 번째 평가보고서

기후변화 2013: 과학적 근거
5차 평가보고서에 대한 실무그룹 I의 기여

기후변화 2014: 영향, 적응 및 취약성
5차 평가보고서에 대한 실무그룹 II의 기여

기후변화 2014: 기후변화의 완화
5차 평가보고서에 대한 실무그룹 III의 기여

기후변화 2014: 종합보고서
기후변화에 관한 정부 간 협의체 보고서

네번째 평가보고서

기후변화 2007: 과학적 근거
4차 평가보고서에 대한 실무그룹 I의 기여

기후변화 2007: 영향, 적응 및 취약성
4차 평가보고서에 대한 실무그룹 II의 기여

기후변화 2007: 기후변화의 완화
4차 평가보고서에 대한 실무그룹 III의 기여

기후변화 2007: 종합보고서
기후변화에 관한 정부 간 협의체 보고서

세번째 평가보고서

기후변화 2001: 과학적 근거
3차 평가보고서에 대한 실무그룹 I의 기여

기후변화 2001: 영향, 적응 및 취약성
3차 평가보고서에 대한 실무그룹 II의 기여

기후변화 2001: 완화
3차 평가보고서에 대한 실무그룹 III의 기여

기후변화 2001: 종합보고서
3차 평가보고서에 대한 실무그룹 I, II, III의 기여

두번째 평가보고서

기후변화 1995: 기후변화의 과학
2차 평가보고서에 대한 실무그룹 I의 기여

기후변화 1995: 기후변화의 영향, 적응 및 완화에 대한 과학적-기술적 분석
2차 평가보고서에 대한 실무그룹 II의 기여

기후변화 1995: 기후변화의 경제적, 사회적 차원
2차 평가보고서에 대한 실무그룹 III의 기여

기후변화 1995: 유엔 기후변화협약 제2조 해석과 관련된 과학기술정보의 종합
기후변화에 관한 정부 간 협의체 보고서

1차 평가보고서에 대한 보충 보고서

기후변화 1992: IPCC 과학적 평가에 대한 보충 보고서
IPCC 과학적 평가 실무그룹 I의 보충 보고서

기후변화 1992: IPCC 영향 평가에 대한 보충 보고서
IPCC 영향 평가 실무그룹 II의 보충 보고서

기후변화 IPCC 1990년 및 1992년 평가
IPCC 1차 평가보고서 개요 및 정책결정자 요약 및 1992년 IPCC 보충 자료

첫번째 평가보고서

방법론 보고서 및 기술 지침

기후변화 과학적 평가

1990년 IPCC 과학적 평가 실무그룹 I의 보고서

2019년 2019 국가 온실가스 인벤토리에 대한 2006년 IPCC 가이드라인으로 개선

기후변화 IPCC 영향 평가

1990년 IPCC 과학적 평가 실무그룹 II의 보고서

2014년 2013 교토의정서(KP 보충 자료)에서 발생하는 수정된 보완 방법 및 모범 사례 지침

기후변화 IPCC 대응 전략

1990년 IPCC 대응 전략 실무그룹 III의 보고서

2014년 2013 국가 온실가스 인벤토리에 대한 2006년 IPCC 지침 보충: 습지(습지 보충 자료)

2006년 2006 국가 온실가스 인벤토리에 대한 IPCC 가이드라인 (5권)

특별보고서

2003년 인간이 직접 유발한 산림 황폐화 및 기타 식생 유형의 황폐화로 인한 인벤토리 배출량에 대한 정의 및 방법론적 옵션

2019년 변화하는 기후에서 해양 및 빙권

2003년 토지 이용, 토지 이용 변화 및 임업에 대한 모범 사례 지침

기후변화 및 토지

육상생태계의 기후변화, 사막화, 토지 황폐화, 지속가능한 토지관리, 식량 안보, 온실가스 플럭스에 대한 IPCC 특별보고서. 2019

2000년 국가 온실가스 인벤토리의 모범 사례 지침 및 불확실성 관리

1996년 국가 온실가스 인벤토리에 대한 1996 IPCC 가이드라인 개정 (3권)

지구온난화 1.5 °C

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 특별보고서지구온난화온실가스. 2018

1994년 기후변화 영향 및 적응 평가를 위한 IPCC 기술 지침

1994년 국가 온실가스 인벤토리에 대한 IPCC 가이드라인 (3권)

2012년 기후변화 적응을 촉진하기 위한 극한 현상 및 재해의 리스크 관리

1992년 기후변화의 영향 평가를 위한 예비 지침

2011년 재생 가능한 에너지원 및 기후변화 완화

기술 문서

2005년 이산화탄소 포집 및 저장

기후변화와 물

2005년 오존층과 지구 기후 시스템 보호: 수불화탄소 및 플루오린화탄소 관련 문제(IPCC/TEAP 공동 보고서)

IPCC 기술 문서 VI, 2008

2000년 토지 이용, 토지 이용 변화 및 임업

기후변화와 생물다양성

IPCC 기술 문서 V, 2002

2000년 배출 시나리오

제한된 CO₂ 배출 제한의 의미

IPCC 기술 문서 IV, 1997

2000년 기술 이전의 방법론적 및 기술적 문제

1999년 항공 및 지구 대기

1997년 기후변화의 지역적 영향: 취약성 평가

기후변화 1994: 1994년 기후변화의 복사강제력과 IPCC IS92 배출 시나리오 평가

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.ch를 참조하거나 스위스, Ch-1211 제네바 2, Case Postale 2300, bis Avenue de la Paix, 세계기상기구, IPCC 사무국에 연락한다.

색인

참조: 별표(*)는 해당 용어가 용어집에도 표시됨을 나타낸다. 굵게 표시된 페이지 번호는 네가지 주제에 대한 페이지 범위를 나타낸다. 이탤릭체로 된 페이지 번호는 그림, 표 및 박스 자료를 나타낸다.

2030 지속가능발전 의제*, 52

A

적응(Adaptation), 77, 84

특성, 77, 84
 공동편익, 19, 21, 25-26, 28-29, 30-31, 33, 53, 55, 79, 87, 88, 95, 101-102, 104-106, 108, 110, 113
 효과적인, 8-10, 17-18, 19, 24-25, 28-33, 38, 43, 52-53, 55-56, 61-63, 78, 79, 82, 92, 95-96, 97, 99, 102, 104, 106-107, 110-114
 배출량 감소 및, 28-29, 31, 102, 105, 110
 재정, 8-9, 11, 31, 33, 53, 55, 57, 62, 111-112
 재정 격차, 112
 격차, 11, 57, 58, 61, 110
 경성 한계, 8, 61, 78, 92, 99
 제한, 8, 15, 19-20, 24-26, 33, 57-58, 61-62, 71, 77, 78-79, 81, 87, 89, 92, 96, 97, 99, 108, 111
 오적응, 8, 19, 25, 61-62, 78-79
 옵션, 8-10, 19, 21, 25, 26, 27, 28-31, 38, 52-53, 54, 55-56, 61-63, 78, 80, 81, 86-89, 92, 93, 95-97, 102, 104, 105-111, 113-114
 경로, 3, 9-10, 11-12, 17-18, 20-21, 22-23, 23-24, 26, 31-33, 38, 53, 57, 58-60, 61, 63, 65-66, 68, 72, 75-77, 84, 85, 86, 86-89, 92-93, 94, 96, 97, 98, 101-102, 107, 110-112, 114
 계획 및 이행, 8, 19, 32, 52, 55, 61-62, 79
 잠재력, 15, 16-17, 18-19, 21, 26, 27, 28-31, 33, 50, 52, 55, 60, 72, 73-74, 77, 78, 82, 85, 85-88, 95-96, 99, 102, 103-104, 105-106, 108, 109, 112, 114
 연성 제한, 8, 33, 57, 61, 62, 78, 111
 지속가능발전 및, 21, 55, 88-89
 변형, 29, 73, 77-78, 96, 105, 108

적응 격차(Adaptation gap)*, 61
 적응 한계(Adaptation limits)*, 8, 19, 24, 25, 26, 61, 71, 77-78, 89, 97, 108
 경성 한계*, 8, 61, 78, 92, 99
 연성 한계*, 8, 33, 57, 61, -62, 78, 111
 적응 옵션(Adaptation options), 8-9, 19, 25, 25, 27, 27-30, 52, 55-56, 62, 78, 81, 88, 92, 95-97, 97, 102, 103, 104, 106-110
 적응 잠재력(Adaptation potential), 106
 에어로졸(Aerosol)*, 4, 13, 42, 43, 63, 66, 69, 72, 82, 98
 조림(Afforestation)*, 21, 27-28, 29, 56, 87-88, 99, 103-104, 106, 108
 농업 가뭄(Agricultural drought)*, 가뭄* 농업, 임업 및 기타 토지 이용 참조
 (AFOLU)*, 5, 29, 44, 61, 67, 106, 110, 114
 농업(Agriculture), 5-6, 7, 8, 21, 27, 29, 44, 49, 51-52, 55, 60-61, 78, 85, 87-88, 95, 106, 113, 114
 적응, 8, 29, 55, 61, 78, 88, 106
 가뭄, 46, 48, 50, 55, 61
 관개, 8, 55, 61, 71, 88
 오적응, 61, 114
 완화, 21, 27, 29, 44, 52, 60, 85, 87, 88, 94-95, 103-104, 106, 113
 혼농임업(Agroforestry)*, 8, 27, 29, 55-56, 78, 87, 103, 106, 109, 110
 인위적(Anthropogenic)*, 4, 9, 19, 42, 43, 44, 45-46, 63, 69, 72, 77, 82, 83, 85
 배출, 북극해 얼음 배출량도 참조한다, 13, 46, 47, 69, 76, 98
 관측된 변화, 5, 42
 예상되는 변화, 13, 14, 16, 70, 73, 98
 대서양 자오선 전도 순환(Atlantic Meridional Overturning Circulation), 18, 78
 대기(Atmosphere), 5, 20, 21, 43, 46, 47, 58, 82, 86
 속성(Attribution) 감지 및 속성(Detection and attribution) 참조
B
 행동 변화(Behavioural change)*, 25, 28, 30, 86-87, 97, 102, 107
 생물다양성(Biodiversity)*, 3, 6, 7, 15, 17, 18-19, 21, 24, 26, 27, 29-30, 38, 50, 55-56, 71-72, 74, 75-76, 77-78, 88-89, 92, 98-99, 103, 106, 108, 110, 114
 바이오에너지(Bioenergy)*, 23, 28, 87, 88, 95, 99, 104, 104, 106, 108

이산화탄소 포집 및 저장을 통한 바이오에너지 (BECCS), 23, 88
 블루 카본(Blue carbon)*, 21, 87-88, 106
 블루 기반시설(Blue infrastructure)*, 29, 55, 105
 건물(Buildings), 5, 21, 22, 27-28, 29, 44, 52-53, 56, 86, 93, 94, 103-104, 105, 110, 114

C

탄소배출허용총량(Carbon budget)*, 19-20, 82, 83, 87, 121
 탄소 순환(Carbon cycle)*, 9, 47, 63, 68
 이산화탄소 (CO₂), 4, 19, 43, 60
 배출 시나리오, 7-8, 9-10, 12, 17-18, 63, 65-66, 68-69, 75-77, 82, 83, 92, 98
 예상, 8, 9, 12, 14, 16, 58, 63, 68, 70, 74, 76, 77-78, 80-81, 83, 85, 101
 복사 강제력, 43
 이산화탄소 포집 및 저장(CCS)*, 87-88
 이산화탄소 제거 (CDR)*, 19, 23, 60, 72, 85, 99
 탄소 격리(Carbon sequestration), 21, 27, 87, 88, 103
 탄소 흡수원(Carbon sinks), 13, 23, 82, 87
 연속적인 영향(Cascading impacts)*, 76, 97
 확실성(Certainty), 32, 53, 108
 청정 에너지(Clean energy), 31, 107, 108
 기후변화(Climate change)*, 3, 5-7, 9, 13-16, 18, 24, 25-26, 28-31, 33, 38, 42, 44, 46, 50-53, 55, 61-62, 63-64, 65, 66, 68, 71-72, 73-74, 77, 78, 87-89, 92-93, 95, 97, 98-99, 100, 101, 104-109, 111-112, 114
 갑작스러운, 15, 18, 71, 77-78
 속성, 7, 50
 너머 2100, 7, 15, 77
 원인, 62
 요인, 6, 9, 38, 44, 50, 63, 127
 미래 변화, 12, 18, 18, 68, 77, 81 비가역적 도는 갑작스러운 변화, 18 제한, 18-21, 22-23, 26, 57-58, 59-60, 82, 84, 85-88, 92, 94-95, 95, 112
 완화, 3, 4, 9-11, 18, 20-21, 22-23, 25, 25-26, 27-28, 29-34, 38, 44, 52-53, 54, 55-57, 60, 61-62, 63-64, 65-66, 68, 77, 79, 82, 84, 86, 85-89, 92-93, 94, 95-96, 97, 101-102, 103-104, 104-106, 109-110, 113, 108-115
 기간, 18, 77, 87
 극한 기후 (극한 날씨 또는 기후 현상)(Climate extreme (extreme weather or climate event)*, 5, 42, 46, 50, 50, 76, 99, 100

기후 금융(Climate finance)*, 9, 11, 53, 55, 62, 112, 122
 적응, 9, 30, 33, 52-53, 55, 62, 96, 107-108, 111-115
 완화, 10-11, 26, 30, 33-34, 52, 61-62, 88, 96, 101-102, 105, 108, 111-115
 기후 거버넌스(Climate governance)*, 32, 52-53, 61, 108, 110
 기후 정의(Climate justice)*, 30-31, 88, 96, 101, 110, 112
 기후 문해력(Climate literacy)*, 9, 30, 73, 62, 107, 122
 기후 모델(Climate Models), 16, 43, 73, 82 기후탄력적 개발 Climate resilient development (CRD)*, 24, 25, 29, 31-33, 88-89, 92, 96, 97, 101-102, 105, 111-112, 114
 기후 민감도(Climate sensitivity)*, 9, 12, 18, 43, 68, 77
 평형 기후 민감도 (ECS)*, 12, 18, 68, 77
 기후 서비스(Climate services)*, 8, 27, 28-30, 55-56, 78, 103, 105, 107
 기후 시스템(Climate system)*, 4, 12, 14, 18, 24, 43, 44, 46, 47, 63, 68-69, 70, 77, 82, 97
 인간 영향, 50
 관측된 변화, 5, 46, 47, 48
 대응, 44
 온난화, 3, 4, 11-12, 15, 25, 38, 42, 43, 47, 57, 68-69, 71, 77, 84, 97
 기후 영향 요인(Climatic impact-driver, CID)*, 64, 65-66, 69, 87
 CO₂, 4-5, 9-13, 19-21, 22-23, 23, 27, 28-29, 32, 42, 43, 44, 45-46, 47, 51, 58, 59-60, 61, 63, 65, 68, 82, 83-85, 85, 86, 86-87, 93, 94-95, 104
 CO₂ 상당 배출량(CO₂-equivalent emission, CO₂-eq)*, 22
 해안 생태계(Coastal ecosystems), 17-18, 23, 75-77, 77, 98
 공동편익(Co-benefits), 19, 21, 25-26, 28-31, 33, 53, 55, 79, 87-88, 95, 101-102, 104-106, 108, 110, 113
 복합 날씨/기후 이벤트(Compound weather/climate events)*, 122
 신뢰도(Confidence), 92
 협력(Cooperation), 24, 30, 32-33, 53, 57, 88, 96, 106, 108, 111, 112-115
 산호초(Coral reefs), 17, 18-19, 61, 71, 75-76, 77, 98
 비용 효율적(Cost-effective), 9, 33, 56, 63, 96, 112
 완화 비용(Costs of mitigation), 26, 88
 빙권(Cryosphere), 3, 5, 15, 46, 51, 122

D

탈탄소화(Decarbonization), 53
 의사 결정(Decision making), 24, 30-32, 52, 89, 101-102, 105-106, 108, 114
 산림 전용(Deforestation)*, 10, 21, 29, 44, 53, 55, 87, 93, 94, 106, 114
 수요측 조치(Demand-side measures)*, 21, 28-29, 86, 102, 104, 106
 감지 및 속성(Detection and attribution)*, 43, 50, 121
 선진국 / 개발도상국(Developed / developing countries)
 (선진국 / 선진국 / 개발도상국)(Industrialised / developed / developing countries)*, 5, 8-9, 11, 26, 31, 33-34, 44, 52, 55, 57, 60, 61-62, 71, 86, 89, 96, 98-99, 102, 110-113
 개발 경로(Development pathways)*, 24, 25, 32, 33, 38, 53, 61, 72, 89, 96, 97, 102, 110-111
 식사(Diets), 26, 27, 29-30, 50, 55, 103, 106-108
 재해 리스크 관리(Disaster risk management, DRM)*, 8, 27, 30, 55-56, 78, 103, 107
 (인간의) 이주(Displacement (of humans))* , 6, 7, 50, 51, 76-77, 107
 가뭄(Drought)*, 7, 13, 14, 25, 29, 46, 48-50, 51, 55, 61, 69, 70, 71-72, 76, 87, 97, 99, 100-101, 105
 농업 및 생태 가뭄, 46, 48, 50, 69

E

조기 경보 시스템 (Early warning systems, EWS)*, 8, 27, 30, 55-56, 78, 103, 106-107
 생태적 가뭄(Ecological drought)*, 46, 48-50, 69
 경제 성장(Economic growth), 9, 51
 경제 수단(Economic instruments), 10, 31-32, 52-53, 107, 110
 경제 손실(Economic losses), 6, 50-52, 62
 생태계(Ecosystem)*, 3, 5, 7, 8, 15, 16-18, 18-19, 21, 23-25, 25, 27, 28-30, 38, 46, 49-50, 50-51, 55-56, 61-62, 64, 71-72, 73-77, 77-79, 80, 82, 87-89, 92, 95-96, 97, 97-99, 102, 103, 106, 108, 109-110, 114
 관리, 3, 8, 19, 21, 24-25, 27, 28-30, 38, 55-56, 61-62, 78-79, 80, 92, 95-96, 102, 103, 106, 108, 109-110, 114
 리스크, 리스크 또한 참조*
 생태계 기반 적응(Ecosystem-based adaptation, EbA)*, 8, 19, 55, 78, 80, 95, 106
 생태계 서비스(Ecosystem services)*, 27, 29-30, 55-56, 76, 78, 80, 88-89, 103, 106, 108, 114
 배출 경로(Emission pathways)*. 배출 시나리오 참조 3, 9, 23, 38, 63, 84

배출(Emissions), 4-5, 7-8, 10, 9-13, 18-21, 22-23, 23-24, 25, 25-26, 27-28, 28-34, 42, 43, 44, 45-46, 46, 49-50, 50-53, 55, 57-58, 58-60, 61, 63, 65-66, 68-69, 72, 77, 77, 80-81, 82, 83-85, 85, 86, 86-89, 92-93, 94-95, 95, 97, 98-99, 101-102, 103-104, 104-108, 110-114
 인위적, 4, 9, 19, 43, 42-44, 45-46, 63, 69, 72, 77, 82, 83, 85
 CO₂ 상당, 4, 22, 44, 59-60
 요인, 6, 9, 38, 44, 50, 63
 치수, 4, 44
 관측된 변화, 5, 42, 46, 47-50
 감소, 5, 10-12, 18-21, 21-22, 25, 26, 28, 28-33, 44, 52-55, 54, 57, 59-60, 68-69, 82, 84, 85-88, 92-93, 95, 97, 101-102, 104, 104-105, 110, 112, 114
 배출 경로* 또한 참조
 배출 시나리오* 또한 참조
 배출 시나리오(Emission scenarios)*, 9, 12, 63, 92
 기준치, 17-18, 28, 43, 75-77, 102, 104
 범주, 9, 12, 15, 20, 28, 44, 59, 63-64, 65-66, 68, 71, 84, 104
 완화 경로, 9, 11, 20-21, 22-23, 26, 31, 38, 57, 62-63, 84, 86, 86-88, 93, 94-95, 101
 모델링, 9-10, 11-12, 20-23, 22, 33, 57, 59-60, 62-63, 68, 84-85, 86-88-88, 92-93, 95, 96, 111-112
 개관, 28, 104
 대표적 집중 경로 (RCPs), 9, 63, 65
 공통 사회 경제 경로(SSPs), 9, 63, 65
 온도 및, 13, 16, 73-74, 98
 활성화 조건 (적응 및 완화 옵션용)(Enabling conditions (for adaptation and mitigation options)*, 21, 24, 25, 34, 61, 86, 95, 96, 97, 102, 113
 에너지(Energy). 청정 에너지, 화석 연료, 재생 가능
 에너지 또한 참조, 31, 107, 108
 에너지 접근(Energy access), 101
 에너지 수요(Energy demand), 10, 51, 53, 87
 수요측 관리, 10, 28
 에너지 효율(Energy efficiency), 10, 21, 27, 28, 53, 86-88, 103, 104, 113, 114
 에너지 강도(Energy intensity), 5, 44, 53
 에너지 시스템(Energy system), 6, 28, 50, 104, 109
 정책 수단, 11, 21, 52-53, 86, 110
 변형, 25, 29, 57, 61-62, 78, 89
 균등*. 균등, 불균등 또한 참조, 114 평형 기후 민감도(Equilibrium climate sensitivity, ECS)*, 12, 18, 68, 77

균등(Equity)*, 6, 9, 24, 25, 30-32, 49, 51, 52, 55, 60, 62, 63, 78, 88-89, 96, 97, 101-102
 노출(Exposure)*, 15, 16, 18, 19, 30, 56, 62, 63-66, 71-72, 74, 77, 78-79, 97-98, 100, 107
 감소, 55, 95, 104, 105-106, 128
 멸종 리스크(Extinction risk), 71
 극한 기후 현상(Extreme weather events), 15, 17, 56, 71, 107
 관측된 변화, 5, 42
 강수량, 5-6, 7, 12-13, 14, 15, 16, 29, 46, 47, 50-51, 69-70, 73, 76, 87-102, 98, 105
 우려의 이유로서, 17, 75
 예상, 8, 9, 12, 14, 16, 58, 63, 68, 70, 74, 76, 77-78, 80-81, 83, 85, 101
 로 인한 리스크, 66
 해수면, 5-6, 13, 15, 18, 23, 46, 50, 56, 68-69, 75-77, 77, 79, 80-81, 87, 98, 100-101, 106
 온도, 4, 6, 7-8, 12-13, 14, 16-18, 18-20, 42, 43, 47, 50, 50, 58, 64-66, 68-69, 70, 73-77, 77, 82, 83-85, 85, 86, 87, 98

F

실행 가능성(Feasibility)*, 19, 23, 25-26, 27-28, 28, 34, 56, 61, 87, 92, 95-96, 102, 103-104, 112, 114
 재정(Finance), 9-11, 24, 25, 26, 30-33, 52-53, 55, 61-62, 88-89, 96, 97, 101-102, 105, 107-108, 110-115
 이용가능성, 9, 32, 33, 62, 104, 111
 장벽, 25, 32-33, 55, 57, 61-62, 97, 111-112
 완화, 9, 11, 24, 25, 32-33, 51, 55, 61-62, 89, 97, 107, 111-112
 민간, 9, 11, 33, 55, 62, 111, 112
 공공, 9, 11, 32-33, 53, 55, 62, 86, 101, 107, 110-112
 기후 금융 또한 참조
 화재 날씨(Fire weather)*, 7, 13, 51, 69, 72, 103, 124
 어업(Fisheries), 6, 7, 16-17, 27, 30, 50, 73-74, 76, 103, 106, 110, 112
 홍수(Floods), 5, 15, 25, 51, 76, 97, 99
 식량 손실 및 낭비(Food loss and waste)*, 30, 55, 106
 식량 생산(Food production), 6, 7, 15, 16, 50, 55, 73-74, 76, 99

식량 안보(Food security)*, 3, 5-6, 17-18, 26, 29-30, 38, 50-51, 55-56, 71, 74, 76-77, 87, 100, 106, 108, 114
 숲(Forests), 17, 18, 21, 28-30, 56, 75, 77, 87, 88, 99, 104, 106, 108
 조림, 27-28, 87, 103-104
 산림 전용, 10, 21, 29, 44, 53, 55, 87, 93, 94, 106, 114
 재조림, 21, 27, 29, 56, 87, 93, 103, 104, 106
 화석 연료(Fossil Fuels), 4, 11, 21, 28, 30, 43, 44, 54, 62, 86-87, 92, 95, 104, 108, 111

G

빙하(Glaciers), 5, 13, 46, 47, 69, 71
 관측된 변화, 5, 42
 예상되는 변화, 13, 14, 16, 70, 73, 98
 지구온난화(Global warming)*
 온난화 또한 참조, 3-4, 9-10, 11-13, 14, 15, 16-18, 18-21, 23-24, 25, 26, 27, 30, 38, 42, 43, 50, 57-58, 59-60, 63-65, 68-69, 70, 71-72, 74-77, 77-79, 82, 83-84, 85-89, 92, 96, 95-99, 104, 112, 113
 기후 시스템, 12, 14, 18, 24, 43, 46, 47, 68, 70, 77, 97
 CO₂ 배출 및, 19, 68, 82, 83, 85, 87, 92
 피드백 및, 82
 인간 활동, 4, 42, 43
 비가역성, 77
 예상, 14, 16, 68, 70, 74, 77, 81
 기간, 18, 80
 지구온난화 잠재력(Global warming potential, GWP)*, 4, 19, 44, 60, 85
 거버넌스(Governance), 8, 24, 25, 30-33, 51-53, 61, 72, 78, 87, 89, 96, 97, 99, 101, 108, 110-112, 114
 정부(Governments) 11, 25, 28, 33, 55, 89, 97, 104, 112
 국가의, 8-10, 19, 22, 24, 26, 28, 32-33, 44, 45, 49, 51-53, 55, 57, 61-62, 78, 89, 96, 102, 104, 108, 110-113
 온실가스(Greenhouse gases, GHGs)*. 배출 참조, 4, 20, 42, 43, 86
 그린 기반시설(Green infrastructure)*, 10, 27, 53, 103
 그린란드 빙상(Greenland ice sheet), 46, 47
 회색 기반시설(Grey infrastructure)*, 29

H

위해(Hazard)*, 15, 48, 51, 65-66, 71, 76-77, 97-98, 101
 폭염(Heatwaves), 5, 13, 16-17, 29, 46, 48-50, 51, 69, 71-72, 73, 98-99, 105
 인간 건강(Human health), 6, 15, 16, 18, 26, 29-31, 42, 50-51, 71, 73-74, 77, 88, 95, 102, 106-107
 인간 안보(Human security), 71

I

빙상(Ice Sheets), 13, 18, 69, 77
 영향(Impacts)*. 관측된 변화 또한 참조, 3, 5-6, 7, 14-15, 16-17, 18, 38, 42, 46, 49-50, 50-51, 63-66, 68, 71, 73-77
 속성, 7, 50
 연속, 14-15, 68, 71-72, 76-77, 97-99, 100-101, 105, 114
 분배, 15, 71
 미래, 1, 3, 8, 12, 15, 60, 68, 98
 글로벌 총합, 17, 71, 75, 88
 비가역적인, 5, 15, 18, 23, 24, 46, 68-69, 71, 76, 77, 82, 87, 95
 기후변화의, 3, 9, 16, 30, 38, 46, 49, 51, 55, 63, 72, 74, 87-88, 92, 95, 99, 108, 109, 111
 극한 현상의 5-6, 16, 29, 50-51, 74, 78, 97, 100, 104-105
 극심한, 6, 15, 25, 46, 50, 62, 69, 71, 77-79, 87, 92, 97, 99, 101
 기간, 18, 80
 광범위한, 3, 5-6, 7, 14, 15, 23, 28, 32, 38, 42, 51, 53, 70, 71-72, 87, 104, 111, 114
 고유 지식(Indigenous knowledge, IK)*, 25, 32, 89, 97, 101, 107
 토착민(Indigenous Peoples)*, 5, 15, 19, 21, 30-32, 50-53, 61-62, 71, 88, 99, 101, 106, 108, 110
 산업(Industry), 5, 21, 22, 27-28, 29, 43, 44, 52-53, 86, 93, 94, 102, 103, 104, 105, 110
 배출량, 22, 27, 32, 45-46, 53, 61, 94, 102, 110
 완화 잠재력, 27, 29, 87, 103-104, 106, 114
 전환, 28, 31, 52, 77-78, 86, 94, 96, 101-102, 104
 불평등(inequality)*. 균등, 평등 또한 참조. 15, 50, 76, 98, 112

임시 정주지(Informal settlement)*, 15, 30, 50, 62, 98, 105
 정보 조치(Information measures). 기후 문해력 참조
 기반시설(Infrastructure)*, 6, 7, 10, 15, 19-20, 23, 25-26, 27, 28-31, 49-50, 50-51, 53, 55, 58, 61, 71, 76, 77, 80, 83, 86-87, 89, 92, 95-96, 98-99, 101-102, 103-104, 104-107, 109-110, 114
 블루 기반시설, 29, 105
 기관(Institutions), 32, 34, 51, 55, 60-61, 110-112
 통합된 대응(Integrated responses), 89
 국제적 협력(International cooperation), 24, 32-33, 53, 57, 88, 96, 108, 111-112
 투자(Investment), 17, 32-33, 62, 75, 89, 105, 111-113
 비가역성(Irreversibility)*, 5, 15, 46, 71
 비가역적인 영향, 82
 비가역적 혹은 갑작스러운 변화, 18

J

적절한 전환(Just transition)*, 30-31, 52, 101-102
 정의(Justice)*, 9, 24, 25, 30-32, 63, 88-89, 96, 97, 101, 110, 112, 114
 기후 정의, 30-31, 88, 96, 101, 110, 112
 사회적 정의, 31, 101

K

주요 리스크(Key risk)*. 리스크 참조, 15, 64, 71, 76-77
 교토 프로토콜(Kyoto Protocol), 10, 38, 52, 112

L

토지 이용, 토지 이용 변화 및 임업(Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF)*, 5, 43, 93
 대규모 단일 현상(Large-scale singular events), 15, 71, 77
 최빈국(Least Developed Countries, LDCs)*, 5, 9, 44, 71
 가능성(Likelihood) 신뢰성 참조, 3, 7, 9, 18-20, 38, 47, 58, 63, 77-78, 81-84, 92
 생계(Livelihood)*, 21, 23-24, 26, 27, 29-30, 50, 51, 55, 76, 80, 87, 92, 102, 110
 지역 지식(Local knowledge, LK)*, 25, 97, 101, 107
 고착(Lock-in)*, 26, 62, 78, 95-96

손실과 피해, 손실과 피해(Loss and Damage, and losses and damages)*, 52
 낮은 가능성, 높은 영향 결과(Low-likelihood, high-impact outcomes)*, 77

M

오적응(Maladaptation)*, 8, 19, 25, 57, 61, 62, 78, 79, 97
 메탄(Methane), 4, 12, 19, 21, 22, 23, 26, 27, 28-29, 42, 43, 85, 87, 92-93, 95, 103, 104
 이주(Migration)*, 15, 27, 51-52, 98, 101, 104, 107
 인간의, 16
 종의, 5, 71, 77
 완화(기후변화의)(Mitigation (of climate change))* 9-11, 18, 22-23, 24, 25-26, 27-28, 30-31, 52-53, 57-58, 59-60, 61, 63, 68, 73-75, 86, 98, 103-104, 111, 113, 114-115
 장벽, 9, 25, 32, 33, 61-62, 87, 92, 95, 97, 111
 특성, 77, 84
 공동편익, 21, 88, 108
 배출량 감소 및, 28-29, 31, 102, 105, 110
 통합 접근법, 29, 106
 국가 및 하위 국가, 10, 52-53, 110
 완화 비용(Mitigation costs), 26, 95, 104
 분배, 15, 71
 완화 옵션(Mitigation options), 9-10, 26, 27-28, 29, 53, 54, 61, 63, 87-89, 95, 103-104, 108, 109-110, 114
 완화 경로(Mitigation pathways). 완화 참조, 9, 11, 20-21, 22-23, 26, 31, 38, 57, 63, 82, 84, 86, 86-88, 93, 95, 101
 완화 잠재력(Mitigation potential)*, 27, 29, 87, 103-104, 106, 114
 완화 시나리오(Mitigation scenarios), 82
 특성, 77, 84

N

국가 정부(National governments). 정부 참조, 28, 104
 자연(기후) 변동성(Natural (climate) variability)*, 8, 12-13, 98
 넷제로 CO₂ 배출량(Net zero CO₂ emissions)*, 19, 20, 21, 23, 23, 60, 61, 68, 85, 86, 93
 넷제로 GHG 배출량(Net zero GHG emissions)*, 19, 20, 22, 60, 85
 새로운 도시 의제(New Urban Agenda)*, 52

O

관측된 변화(New Urban Agenda), 5, 42, 46, 47-50
 극한 현상, 5-6, 16, 29, 50-51, 74, 78, 97, 100, 104, 105
 영향, 3, 5, 16, 18, 30, 32, 38, 46, 51, 53, 74, 76, 87, 108, 111, 114
 기후 시스템, 18
 배출량, 33, 58, 68, 84, 85, 87, 111, 112
 해양(Ocean), 4-6, 7, 13, 15, 16-18, 29-30, 38, 42, 46, 47, 49, 50-51, 68-69, 72, 73, 75-76, 77, 82, 87, 98, 102, 106, 108, 109-110, 114
 산성화, 6, 7, 13, 46, 47, 50, 69, 72, 76
 열량, 47
 관측된 변화, 5, 42, 47-49
 예상되는 변화, 13, 14, 16, 70, 73, 98
 온난화, 47
 해양 산성화(Ocean acidification), 6, 7, 13, 46, 50, 69, 72
 영향, 3, 5, 16, 18, 30, 32, 38, 46, 51, 53, 74, 87, 108, 111, 114
 예상, 8, 9, 12, 14, 16, 58, 63, 68, 70, 74, 78, 80-81, 83, 85, 101
 관련된 리스크, 18, 23, 77
 오버슈트(경로/시나리오)(Overshoot (pathways/scenarios))* 9-11, 10, 20-21, 21-23, 23, 57-58, 58-59, 63, 65, 68, 71, 82, 84, 85, 86, 87, 92, 93, 94-95, 102
 특성, 33, 38, 77, 84, 113
 영향력* 참조

P

파리 협약(Paris Agreement), 10-11, 38, 52, 57, 60, 62, 112
 경로(Pathways)*, 3, 9-10, 10-12, 17-18, 20-21, 21-22, 22-24, 25, 26, 31-33, 38, 53, 57-61, 63, 65-66, 68, 72, 75-77, 82, 84-85, 86, 86-89, 92-93, 94-95, 97, 101-102, 107, 110-112, 114
 범주, 12, 64, 68
 개발 경로, 24, 25, 32, 33, 38, 53, 61, 72, 89, 96, 97, 102, 110-112
 배출 경로, 3, 9, 23, 38, 63, 84
 오버슈트 경로, 59, 87, 94, 127, 129
 공동 사회 경제 경로(SSPs), 9, 63

영구 동토층(Permafrost), 5, 13, 17, 69, 75, 77, 87, 98
 지구 건강(Planetary health)*, 24, 89, 102, 108, 114
 정책(Policies), 8-11, 18, 22, 24-26, 28, 30-33, 51-53, 55, 58-60, 63, 68-69, 77, 86, 89, 96, 101-102, 104, 106-108, 110-115
 적응, 8, 18, 24, 25-26, 30-32, 55, 73-74, 75, 89, 111, 114-115
 평가, 15, 31, 50, 66, 71, 78, 101
 분배적 효과, 105
 형평성, 9, 24, 25, 30-32, 49, 55, 60, 62, 63, 88-89, 96, 97, 101-102, 108, 110-112, 114
 재경, 9-11, 24, 25, 26, 30-33, 52-53, 55, 61-62, 88-9, 96, 97, 101-102, 105, 107-108, 110-115
 완화, 9-11, 18, 22-23, 24, 25-26, 27-28, 30-31, 52-53, 57-58, 59-60, 61, 63, 68, 73-75, 86, 98, 103-104, 111, 113, 114-115
 부문의, 16, 19-20, 23, 28, 32, 33, 34, 56, 62, 74, 77, 78-79, 86, 89, 94-95, 96, 104, 108, 110-112, 114-115
 지속가능발전목표, 3, 21, 38, 55, 88, 89
 기술, 10-11, 21, 25, 28, 30-34, 52-53, 54, 61, 68, 86, 96, 97, 102, 104, 107, 108, 111-113
 인구 증가(Population growth), 17, 75, 63
 빈곤(Poverty), 3, 25, 30, 38, 50, 51-52, 62, 76, 88, 97, 101-102, 108, 1123
 강수량(Precipitation), 5-6, 7, 12-13, 14, 15, 16, 29, 46, 47-50, 50-51, 69, 70, 73, 76, 87, 98-99, 105
 극한 현상, 5-6, 16, 29, 50-51, 74, 78, 97, 100, 104, 105
 관측된 변화, 5, 42
 예상된 변화, 13, 98
 민간 재정(Private finance). 재정 참조, 9, 11, 33, 62, 111, 112
 민간 부문(Private sector), 9, 24, 25, 55, 61, 89, 97, 107, 111, 112
 공공 재정(Public finance). 재정 참조, 33, 111, 112

R

복사성 강제(Radiative forcing), 4, 9, 13, 42, 43, 62-63, 65, 98
 우려 요인(Reasons for Concern, RFCs)*, 15, 17-18, 64, 71, 75-77
 재조림(Reforestation)*, 21, 27, 29, 56, 87, 93, 103-104, 106
 지역(Regions), 4-6, 7, 8, 10-11, 14, 16, 17-19, 24, 25, 28-33, 38, 42, 44, 46, 50-53, 55, 57 60-62, 64, 68-69, 70, 71-72, 73-74, 76, 77-78, 88-89, 97, 95-99, 100, 101-102, 103, 104, 106, 108, 110-112, 114

비가역적 변화 15, 18, 68, 71, 77
 주요 리스크 15, 64, 71, 76-77
 영향력 또한 참조*
 재생가능한 에너지(Renewable energy) 21, 53, 54, 88, 104, 105
 대표적 집중 경로(Representative Concentration Pathways, RCPs)*, 9, 63, 65
 잔여 리스크(Residual risk)* 78, 105
 복원력(Resilience)*, 19, 23, 28-31, 55, 78, 87, 101-102, 104-107, 110
 복원(Restoration)*, 8, 21, 27, 29-30, 55-56, 77, 88, 103-104, 105-106, 108
 리스크(Risk)*, 3, 6, 8-9, 12, 14-15, 16-18, 18-19, 21, 23-24, 26, 25-26, 29, 32, 33, 38, 42, 50-52, 55, 61-62, 63-66, 68, 71-72, 73-74, 77-79, 80, 82, 87-89, 92, 95, 97, 97-99, 100-101, 101, 104-108, 110-112
 원인, 62
 기후변화 6, 14-15, 26, 51, 64, 72, 88, 99
 미래, 4, 7-9, 12, 14-15, 16-18, 18, 20, 24, 25, 28, 44, 58, 60, 61, 63-66, 68-69, 73-74, 77, 80-81, 87-89, 92, 95-98, 97, 101, 102, 104, 107
 주요 리스크, 15, 64, 71, 76-77
 적응, 8-9, 18, 19, 25-26, 33, 38, 55-56, 61-62, 77, 78-79, 88, 92, 95, 99, 101-102, 107, 109, 111
 완화, 26, 27, 28, 31, 57, 88, 89, 95, 103, 102, 109, 112-114
 지역 특이적 61
 불가피한, 15, 18, 30, 77, 80, 85, 108
 불균등한 분배 15, 71
 리스크 관리/감소(Risk management/reduction).
 재해 리스크 관리 참조 52,
 시골 지역(Rural areas), 15, 98

S

시나리오(Scenario)*. 배출 시나리오*,
 배출 경로* 및 경로 참조*
 바다 얼음(Sea ice), 13, 46, 47, 69, 76, 98
 북극해, 4, 5, 13, 16-17, 18, 26, 42, 46, 47, 50-51, 69, 71, 73-74, 76, 77, 93, 98
 관측된 변화, 5, 42, 46, 47-50
 예상되는 변화, 13, 14, 16, 70, 73, 98
 해수면(Sea level), 5-6, 13, 15, 17-18, 23, 46, 47, 50, 56, 68, 69, 75-77, 77, 79, 80-81, 87, 98, 100-101, 106
 극한, 5-6, 7, 12, 14, 42, 46, 48-50, 50-51, 69, 70, 76, 98-99

관측된 변화, 5, 42
 해수면 상승(Sea level rise), 5-6, 7, 13, 15, 17-18, 18, 23, 46, 47, 50, 56, 68, 75-77, 79, 80-81, 87, 98, 100-101, 106
 기여, 3, 5, 28, 38, 43, 44, 104, 119
 관측, 77, 80-81, 89, 92
 예상, 100-101
 관련된 리스크, 18, 23, 77, 112
 변동성, 12, 14, 70
 계절적(Seasonal), 7-8, 46, 47, 49-50, 69, 72
 부문(Sectors), 5-6, 7, 8, 10-11, 15, 19-21, 22, 24, 25, 27-28, 29-31, 33, 44, 51-53, 54, 55-57, 60, 61-62, 64, 68, 71-72, 76, 78-79, 82, 86, 89, 93, 94, 95-96, 97, 99, 101, 101-102, 104-108, 110-112, 113, 114
 GHG 배출, 32, 45-46, 53, 102, 110
 주요 리스크, 15, 64, 71, 76-77
 정책 수단, 11, 21, 52-53, 86, 110
 적응* 또한 참조
 완화* 또한 참조
 경주지(Settlements)*, 7, 15, 18, 23, 27, 28-29, 31, 49-51, 62, 71, 76, 80, 87, 89, 98-99, 103, 105-106
 공통 사회 경제적 경로(Shared socio-economic pathways, SSPs)*, 9, 63, 65
 개발 경로 변경(Shifting development pathways, SDPs)*, 32, 34, 102, 112
 흡수원(Sink)*, 13, 22-23, 28, 42, 44, 82, 87, 94, 104, 106
 군소도서개발국(SIDS)*, 5, 26, 44, 51, 98
 적설, 13, 46, 47, 51, 69
 사회적 정의(Social justice)*, 31, 101
 사회적 보호(Social justice)*, 26, 28, 30-31, 55, 96, 101, 106-108
 태양 복사 변경(Solar Radiation Modification, SRM)*, 72
 원천*, 50, 82
 종 범위 이동(Species range shifts), 49
 좌초된 자산(Stranded assets)*, 25-26, 58, 62, 95
 보조금(Subsidies), 11, 32, 53, 102, 107, 110
 지속가능발전(Sustainable development, SD)*, 108, 109, 110, 114
 기후 정책 및, 52
 형평성 및, 24, 25, 31-32, 53, 91, 101
 지속가능발전 목표(Sustainable Development Goals, SDGs)*, 6, 30, 33, 52, 96, 101, 108, 109, 114
 지속가능한 토지 관리(Sustainable land management)*, 3, 8, 38, 55, 56, 106, 114
 시너지(Synergies) 2125, 27-28, 3088, 97, 103-104, 108, 109-110, 114

T

기술(Technology), 10-11, 21, 25, 27, 28, 30-34, 52-53, 54, 61, 68, 86, 96, 97, 102, 104, 107-108, 111-113

기술 추진 정책, 52

온도(Temperature). 온난화 또한 참조, 4, 6, 7-8, 12-13, 14, 16-18, 18-20, 42, 43, 47, 50, 50, 58, 64, 65-66, 68-69, 70, 73-77, 77, 82, 83-85, 85, 86, 87, 98

배출량 및, 10, 19, 22-23, 23-24, 25, 28, 32, 55, 59-60, 63, 68, 82, 83, 85, 86, 87, 89, 92, 97, 102, 104, 106, 111

극한, 5-6, 7, 12, 14, 42, 46, 48-50, 50-51, 69, 70, 76, 98-99

인간 영향, 50

관측된 변화, 5, 46, 47-48, 50

변동성, 12, 14, 70

온도 예상(Temperature projections), 83, 85

지구 표면 온도, 4, 7-8, 12, 14, 17-18, 18-19, 42-43, 64-66, 68, 70, 75-77, 82, 83, 85, 98

완화 및, 10-14, 82-87

산업화 이전보다 1.5°C 상승, 10 산업화 이전보다 2°C 상승, 10

산업화 이전보다 2°C 이상 상승, 10

티핑 포인트(Tipping point)*, 18, 77

변형(Transformation)*, 25, 29, 57, 61-62, 78, 89, 96, 97

변형적 적응(Transformational adaptation)*, 57, 61, 78, 108

전환(Transition)*, 11, 21, 25, 28-31, 53, 61-62, 78, 86, 94, 96-111

적절한 전환, 30, 31, 53, 101-102, 108, 111

시스템 전환, 25, 28, 78, 96, 97, 102, 104

교통(Transportation), 6, 50, 51, 76

U

불확실성(Uncertainty). 신뢰도 또한 참조, 9, 17, 18, 22, 28, 33, 46, 59, 61, 68, 75-76, 82, 83, 96, 104, 112

UNFCCC (유엔기후변화협약), 10-11, 38, 52, 57, 62, 112

독특하고 위협적인 시스템(Unique and threatened systems), 15, 65, 71

도시(Urban)*, 6, 8, 10, 15, 27, 29, 31, 44, 50, 53, 55, 61, 75-76, 78, 86, 89, 99, 103, 105, 106, 108, 109, 114

도시화(Urbanisation)*, 14, 15, 44, 50, 70, 98

V

가치(Values), 25, 31-32, 79, 80-81, 84, 96, 97, 101

매개체 매개 질병(Vector-borne disease)*, 6, 15, 50, 56, 76, 98, 107

폭력적인 충돌(Violent conflict), 51, 72, 101

취약성(Vulnerability)*, 3, 5, 15, 16, 18, 19, 24, 29-31, 33, 49-50, 50-51, 62-64, 65-66, 71-72, 73, 78, 89, 96-97, 101, 106-107, 111-114

감축, 29

W

온난화(Warming) 지구온난화 및 온도 참조

물(Water), 5-6, 7, 12, 15, 19, 21, 27-28, 29-30, 42, 47, 49-50, 50-51, 55-56, 61, 69, 71-72, 73, 75-76, 78, 80, 88, 95, 98-99, 101, 103-104, 104-108, 110, 112, 114

안보, 3, 5, 6, 17, 18, 21, 26, 29-31, 38, 42, 50-51, 55-56, 71, 74, 77, 87-88, 98-99, 106, 108, 114

질, 50, 76, 88

자원, 19, 50, 76, 78, 105

물 순환(Water cycle), 12, 47, 69, 78

복지(Well-being)*, 3, 6, 7, 24, 29-31, 38, 50, 55, 56, 76, 80, 89, 95, 98, 100, 102, 105, 106, 108, 114

Y

산출량(Yields), 7-8, 16, 17, 49-50, 50, 73-74, 100-101, 104

교정 및 감수

심정보(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

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 종합보고서는 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)