

정책결정자를 위한 요약본
Summary for Policymakers

SPM

정책결정자를 위한 요약본(SPM)

저자:

Myles Allen(영국), Mustsfa Babiker(수단), Yang Chen(중국), Heleen de Coninck(네덜란드), Sarah Connors(영국), Renée van Diemen(네덜란드), Opha Pauline Dube(보츠와나), Kris Ebi(미국), Francois Engelbrecht(남아프리카공화국), Marion Ferrat(영국/프랑스), James Ford(영국), Piers Forster(영국), Sabine Fuss(독일), Tania Guillen(독일/니카라과), Jordan Harold(영국), Ove Hoegh-Guldberg(호주), Jean-Charles Hourcade(프랑스), Daniel Huppmann(오스트리아), Mikiko Kainuma(일본), Kiane de Kleijne(네덜란드), Elmar Kriegler(독일), Debora Ley(과테말라/멕시코), Diana Liverman(미국), Nathalie Mahowald(미국), Valérie Masson-Delmotte(프랑스), Robin Matthews(영국), Reinhard Melocher(오스트리아), Richard Millar(영국), Katja Mintenbeck(독일), Angela Morelli(노르웨이/이탈리아), Wilfran Moufouma-Okia(프랑스/콩고), Luis Mundaca(스웨덴/칠레), Maike Nicolai(독일), Chukwumerije Okereke(영국/나이지리아), Minal Pathak(인도), Anthony Payne(영국), Roz Pidcock(영국), Anna Pirani(이탈리아), Elvira Poloczanska(영국/호주), Hans-Otto Pörtner(독일), Aromar Revi(인도), Keywan Riahi(오스트리아), Debra C. Roberts(남아프리카공화국), Joeri Rogelj(오스트리아/벨기에), Joyashree Roy(인도), Sonia Seneviratne(스위스), Priyadarshi R. Shukla(인도), James Skea(영국), Raphael Slade(영국), Drew Shindell(미국), Chandni Singh(인도), William Solecki(미국), Linda Steg(네덜란드), Michael Taylor(자메이카), Petra Tschakert(호주), Henri Waisman(프랑스), Rachel Warren(영국), Panmao Zhai(중국), Kirsten Zickfeld(캐나다)

정책결정자를 위한 요약본(SPM)은 다음과 같이 인용되어야 합니다:

IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Portner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Pean, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.

Acknowledgements

기꺼이 도움을 주신 기여저자분들과 자발적으로 참여해 주신 총괄 주저자 및 주저자분들의 전문지식과 철저함 그리고 헌신에 깊은 감사를 표합니다. 「지구온난화 1.5°C」 특별보고서의 각 장(chapter)은 여러 과학 분야를 망라하여 작성되었습니다. 검토자들은 저자팀 지원과 검토 과정에서의 무결성 확보에 있어서 중요한 역할을 했습니다. 모든 전문가 및 정부 검토자들에게 깊은 감사를 표합니다. 기대 이상의 임무를 수행한 챕터 과학자들(Chapter Scientists) - Neville Ellis, Tania Guillén Bolanós, Daniel Huppmann, Kiane de Kleijne, Richard Millar, Chandni Singh - 에게 특별한 감사를 드립니다.

또한 세 명의 IPCC 부의장인 Ko Barrett, Thelma Krug, Youba Sokona와 제1, 2, 3 실무그룹(WGI, WGII 및 WGIII) 의장단(Amjad Abdulla, Edwin Aldrian, Carlo Carraro, Diriba Korecha Dadi, Fatima Driouech, Andreas Fischlin, Gregory Flato, Jan Fuglestedt, Mark Howden, Nagmeldin G. E. Mahmoud, Carlos Mendez, Joy Jacqueline Pereira, Ramón Pichs-Madruga, Andy Reisinger, Roberto Sánchez Rodríguez, Sergey Semenov, Muhammad I. Tariq, Diana Ürge-Vorsatz, Carolina Vera, Pius Yanda, Nouredine Yassaa, Taha Zatar)이 보고서 준비 기간 내내 보여준 지원, 지도 및 방대한 지식에도 감사를 드립니다.

「지구온난화 1.5°C」 스코핑(개요 작성) 회의, 네 번의 주저자 회의와 제48차 IPCC 총회를 주최하고 준비해 주신 것에 대해 진심어린 감사를 드립니다. 세계 기상기구(WMO)와 스위스, 브라질 외교부 및 국립우주연구협회(INEP, National Institute for Space Research), 영국 기상청(Met Office)과 엑시터 대학교, 스웨덴 기상청(SMHI, Swedich Meteorological and Hydrological Institute), 보츠와나의 환경자연자원보존관광부(Ministry of Environment Natural Resources Conservation and Tourism), 보츠와나 기상청의 국가기후변화위원회(National Climate Change Committee), 보츠와나 대학교 내 보츠와나 전지구환경변화위원회(Botswana Global Environmental Change Committee), 대한민국 기상청 및 인천광역시를 포함한 주최국들과 기관에 감사를 표합니다. 보고서 준비에 저자팀이 참여할 수 있게 해준 IPCC 신탁기금과 정부 및 기관들의 지원에 감사합니다. 제1실무그룹 기술지원단의 효율적 운영은 프랑스 정부의 많은 재정지원과 프랑스의 Paris Saclay 대학교, Institut Pierre Simon Laplace (IPSL), Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE)의 행정 및 정보기술 지원으로 인해 가능했습니다. 노르웨이 환경청(Norwegian Environment Agency)의 정책결정자를 위한 요약본의 그래픽 작업 지원에도 감사드립니다.

또한 IPCC의 사무국장 Abdalah Mokssit과 사무국 직원들인 Kerstin Stendahl, Jonathan Lynn, Sophie Schlingemann, Judith Ewa, Mxolisi Shongwe, Jesbin Baidya, Werani Zabula, Nina Peeva, Joelle Fernandez, Annie Courtin, Laura Biagioni, Oksana Ekzarho에게 감사드립니다. 제48차 IPCC 총회 사무를 담당한 Elhousseine Gouaini에게도 감사를 드립니다.

마지막으로 실무그룹 기술지원단의 지칠 줄 모르는 헌신과 전문성, 열정으로 특별보고서가 완성된 데 대해 특별히 감사를 드립니다. 이 보고서는 제1실무그룹 기술지원단 구성원들이자 IPCC의 새로운 구성원인 Yang Chen, Sarah Connors, Melissa Gomez, Elisabeth Lonnoy, Robin Matthews, Wilfran-Moufouma-Okia, Clotilde Péan, Roz Pidcock, Anna Pirani, Nicholas Reay, Tim Waterfield, Xiao Zhou의 헌신이 없었다면 준비될 수 없었습니다. 이들은 전례없는 AR6의 도전에 선뜻 응했으며, 보고서 준비의 모든 과정에서 중심이 되었습니다. 제2실무그룹의 기술지원단 Marlies Craig, Andrew Okem, Jan Petzold, Melinda Tignor, Nora Weyer와 제3실무그룹의 기술지원단 Bhushan Kankal, Suvadip Neogi, Joana Portugal Pereira의 조직적이고 협력적인 지원에도 감사합니다. 보고서 그래픽 지원을 해 준 Nigel Hawtin과 SPM의 그림 작업을 한 Kenny Coventry, Harmen Gudde, Irene Lorenzoni, Steve Jenkins에게도 감사드립니다. 덧붙여 Tom Maycock(운영 지원 및 교열), Jatinder Padda과 Melissa Dawes(교열), Marilyn Anderson(색인), Vincent Grégoire(레이아웃), Sarah le Rouzic(인턴)에게도 감사를 전합니다.

특별보고서 웹사이트는 Jamie Herring이 주도하여 Habitat 7으로 개발했으며, Nicolas Reay와 Tim Waterfield가 보고서 내용 준비와 관리를 해주셨습니다. 이 웹사이트 개발을 지원해 준 UN 재단에 감사를 드립니다.

머리말

이 보고서는 파리협정을 채택한 기후변화협약(UNFCCC, UN Framework Convention on Climate Change) 제21차 당사국총회 결정문에서 IPCC(기후변화에 관한 정부 간 협의체)에 “산업화 이전 수준 대비 1.5°C 높은 지구온난화의 영향 및 이와 관련된 온실가스 배출 경로에 대한 특별보고서를 2018년에 제공하도록...” 한 요청에 대한 대응이다¹⁾.

IPCC는 2016년 4월 이 요청을 수락하여, 기후변화의 위협, 지속가능한 발전, 빈곤 퇴치의 전지구적 대응 강화 측면에서 산업화 이전 수준 대비 1.5°C 높은 지구온난화의 영향과 이에 관련된 온실가스 배출 경로에 대한 특별보고서를 준비할 것을 결정하였다.

정책결정자를 위한 요약보고서(SPM)는 산업화 이전 수준 대비 1.5°C 지구온난화와 1.5°C와 2.0°C 지구온난화의 비교를 위해 이용가능한 과학적, 기술적, 사회경제적 연구문헌²⁾을 평가하여 작성된 특별보고서의 핵심 내용을 설명한다. 각 핵심내용들의 신뢰도는 IPCC에서 합의된 용어로 제시된다³⁾. 각 핵심내용의 과학적 근거는 본 보고서 장(chapter)의 목차를 지칭하는 내주(references)로 표시된다. SPM과 본 보고서 간의 지식 격차가 있다.

A. 지구온난화 1.5°C의 이해⁴⁾

A.1. 인간 활동은 0.8°C에서 1.2°C 범위로 산업화 이전 수준 대비 약 1.0°C의 지구온난화를 유발⁵⁾한 것으로 추정된다(가능성 높음). 지구온난화가 현재 속도로 지속된다면 2030년에서 2052년 사이에 1.5°C 상승에 도달할 가능성이 높다(높은 신뢰도). (그림 SPM 1) {1.2}

A.1.1. 산업화 이전 시대부터의 장기간의 온난화 경향이 반영되어, 2006~2015년의 10년 동안 관측된 전지구 평균 표면 온도(GMST)는 1850~1900년의 평균보다 0.87°C(0.75~0.99°C 범위 내 가능성 높음)⁶⁾ 높았다(매우 높은 신뢰도). 인간활동에 기인한 추정 지구온난화는 관측된 온난화 수준의 ±20% 범위(가능성 높음) 내에 있다. 인간활동에 기인한 추정 지구온난화는 과거와 현재 진행되는 배출로 인해 현재 10년에 0.2°C(0.1~0.3°C 범위 내 가능성 높음)씩 증가하고 있다(높은 신뢰도). {1.2.1, 표 1.1, 1.2.4}

A.1.2. 여러 육지 지역에서 또한 특정 계절에서 전지구 연평균 값보다 큰 온난화가 나타나고 있으며, 북극에서는 2~3배 더 크다. 일반적으로 온난화는 해양보다 육지에서 더 크다(높은 신뢰도). {1.2.1, 1.2.2, 그림 1.1, 그림 1.3, 3.3.1, 3.3.2}

A.1.3. 일부 극한 기후 및 극한 기상 현상 강도와 빈도에 대한 추세가 대략 0.5°C의 지구온난화가 발생한 기간에서 탐지되었다(중간 신뢰도). 이 평가는 1950년 이후 발생한 극한 현상 변화의 원인규명 연구를 포함한 일련의 증거를 근거로 한다. {3.3.1, 3.3.2, 3.3.3}

1) 결정문 1/CP.21, 21 문단

2) 2018년 5월 15일까지 발행되어 인정된 연구문헌

3) 각 연구결과는 근거와 동의 수준의 평가에 근거를 둬. 신뢰도 수준은 매우 낮음, 낮음, 중간, 높음, 매우 높음의 5가지로 구분되며 이탤릭체로 표기함(예: 중간 신뢰도). 다음 용어는 결과의 평가된 가능성을 나타냄: 사실상 확실함(virtually certain)은 99~100%, 매우 가능성 높음(very likely)은 90~100%, 가능성 높음(likely)은 66~100%, 가능성 있음(as likely as not)은 33~66%, 가능성 낮음(unlikely)은 0~33%, 매우 가능성 낮음(very unlikely)은 0~10%, 가능성이 매우 희박함(exceptionally unlikely)은 0~1%. 추가적인 표현(대단히 가능성 높음(extremely likely)은 95~100%, 발생 가능성이 상대적으로 높음은 >50~100%, 발생 가능성이 상대적으로 낮음은 0~<50%, 대단히 가능성 낮음 0~5%)은 적절한 경우에 사용함. 평가된 가능성은 이탤릭체로 표기함(예: 매우 가능성 높음). 이는 AR5와 동일하게 사용함

4) SPM 박스1: 핵심 개념

5) 현재의 지구온난화 수준은 현재 속도로 온난화가 계속된다는 가정 하에 2017년을 중심으로 한 30년 평균값으로 정의됨

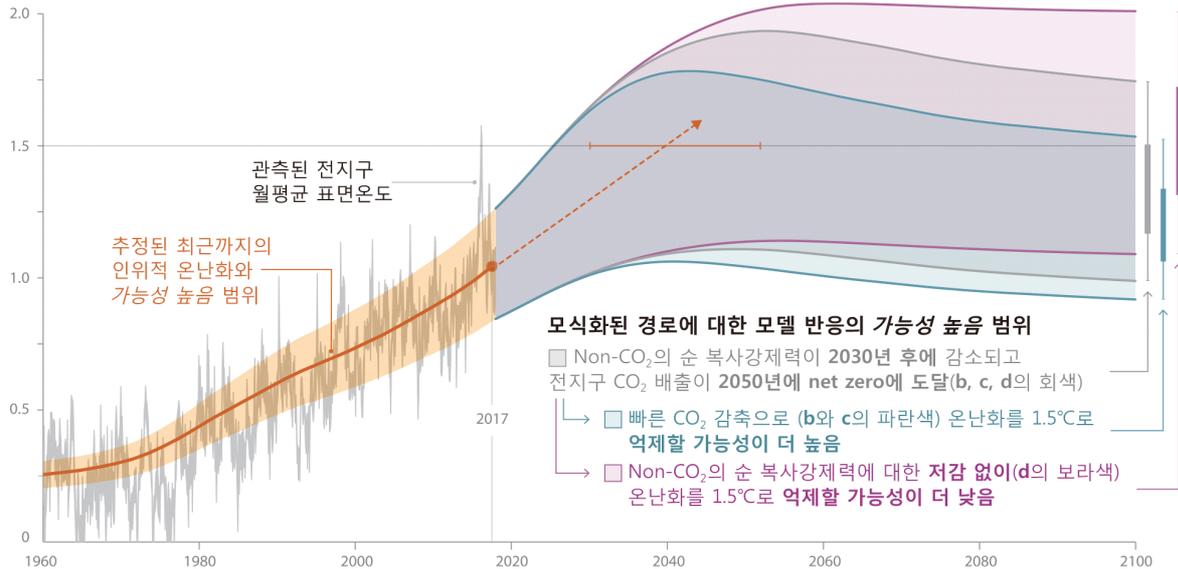
6) 이 범위는 관측된 전지구 평균 표면 온도(GMST)의 4개의 이용가능한 동료 검토(peer-reviewed) 추정값이며, 단기간의 자연적인 변동성으로 인한 불확실성도 포함됨

- A.2. 산업화 이전부터 현재까지 인간활동에 기인한 배출량으로 인한 온난화는 수백 년에서 수천 년 간 지속될 것이고, 해수면 상승과 같은 기후 시스템의 장기적인 변화와 이로 인한 영향을 계속 초래할 것이나(높은 신뢰도), 현재까지의 배출량만으로는 1.5°C의 지구 온난화가 발생할 가능성은 낮다(중간 신뢰도). (그림 SPM 1) {1.2, 3.3 그림 1.5}**
- A.2.1. 인간활동에 기인한 현재까지의 배출량(온실가스, 에어로졸 및 선행물질 포함)이 향후 20~30년 간 (높은 신뢰도) 또는 한 세기 내(중간 신뢰도)에서 0.5°C를 초과하는 온난화를 초래할 가능성은 낮다. {1.2.4, 그림 1.5}
- A.2.2. 인간활동에 기인한 전지구 CO₂ 배출량이 net zero에 도달하여 유지되고 non-CO₂ 복사강제력이 감소하면 인간활동에 기인한 지구온난화는 향후 수십 년 안에 멈출 것이다(높은 신뢰도). 이 때 도달하는 최대 온도는 CO₂ 배출량이 net zero에 도달하는 시점까지 인간활동에 의해 누적된 전지구 CO₂ 순 배출량(높은 신뢰도)과 정점 온도에 도달하기 이전 수십 년 기간 동안의 non-CO₂ 복사강제력 수준(중간 신뢰도)에 의해 결정된다. 더 장기간의 시간 규모에서 보면, 지구시스템의 피드백에 의한 추가적인 온난화를 방지하고(중간 신뢰도) 해양산성화를 되돌리고 해수면 상승을 최소화하기 위해서는(높은 신뢰도), 인간활동에 기인한 전지구 CO₂ 배출량을 net-negative로 유지하고 동시에/또는 non-CO₂ 복사강제력의 추가적인 감소가 필요할 것이다. {제1장 교차챕터 박스 2, 1.2.3, 1.2.4, 그림 1.4, 2.2.1, 2.2.2, 3.4.4.8, 3.4.5.1, 3.6.3.2}
- A.3. 자연계와 인간계에 대한 기후 관련 리스크는 현재보다는 1.5°C 온난화에서 더 높지만, 2°C일 때 보다는 낮다(높은 신뢰도). 이러한 리스크는 온난화의 규모와 속도, 지리학적 위치, 발전과 취약성 수준에 좌우되며, 또한 적응과 완화 옵션의 선택 및 실행에 의해 좌우된다(높은 신뢰도). (그림 SPM 2) {1.3, 3.3, 3.4, 5.6}**
- A.3.1. 지구온난화가 자연계와 인간계에 미치는 영향은 이미 관측되고 있다(높은 신뢰도). 육상 및 해양 생태계 대부분과 그들이 제공하는 일부 서비스들은 지구온난화에 의해 이미 변화되었다(높은 신뢰도). {1.4, 3.4, 3.5, 그림 SPM 2}
- A.3.2. 미래의 기후 관련 리스크는 온난화의 속도, 정점 및 지속 기간에 좌우된다. 전체적으로 기후 관련 리스크는 2100년까지 지구온난화가 점진적으로 1.5°C에서 안정화되는 경우보다 최종적으로 1.5°C에 도달하기 이전에 1.5°C를 초과하는 경우에 더욱 크며, 특히 정점 온도가 높을 때(가령 약 2°C) 더 크다(높은 신뢰도). 일부 생태계 손실과 같은 어떤 영향들은 장기간 지속되거나 비가역적일 수 있다(높은 신뢰도). {3.2, 3.4.4, 3.6.3, 제3장 교차챕터 박스 8}
- A.3.3. 적응과 완화는 이미 진행되고 있다(높은 신뢰도). 미래의 기후 관련 리스크는 광범위하고 다층적이며 범분야적인 기후 완화의 규모 확대 및 가속화와 점진적이고 전환적인 적응을 통해 감소될 것이다(높은 신뢰도). {1.2, 1.3, 표 3.5, 4.2.2, 제4장 교차챕터 박스 9, 박스 4.2, 박스 4.3, 박스 4.6, 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3, 4.3.4, 4.3.5, 4.4.1, 4.4.4, 4.4.5, 4.5.3}

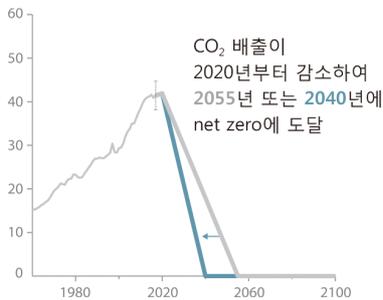
CO₂ 누적 배출량과 미래 non-CO₂ 복사강제력이 지구온난화를 1.5°C로 억제할 가능성을 결정

a) 관측된 전지구 기온 변화와 모식화된 인간활동에 의한 배출 및 강제력 경로에 따른 모델 반응

1850-1900년 대비 지구온난화(°C)

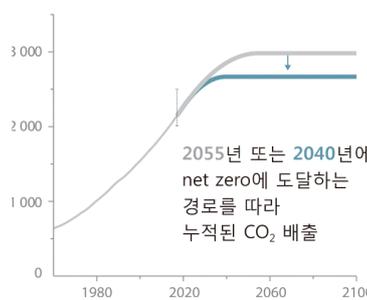


b) 모식화된 전지구 CO₂ 순 배출 경로
10억톤 CO₂/년 (GtCO₂/년)



보다 빠르고 즉각적인 CO₂ 배출량 감축은 세부 그림 (c)에서 보여주는 누적 CO₂ 배출량을 억제함

c) CO₂ 순 누적 배출량
10억톤 CO₂ (GtCO₂)



최고 온도의 상승은 CO₂ 순 누적 배출량과 메탄, NO₂, 에어로졸 및 다른 인간활동에 기인한 강제력 인자들에 의한 non-CO₂ 순 복사강제력에 의해 결정

d) Non-CO₂ 복사강제력 경로
W/m²

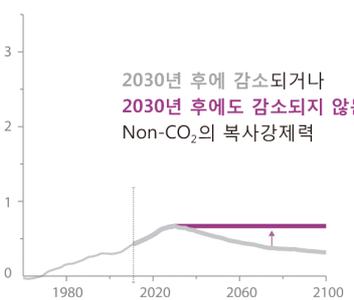


그림 SPM 1: 세부 그림 a: 관측된 월별 전지구 평균 표면 온도(GMST) 변화(2017년까지 회색 실선, HadCRUT4, GISTEMP, Cowtan-Way, NOAA 자료로 산출)와 인간활동에 기인한 추정 지구온난화(2017년까지 주황색 실선, 주황색 음영은 가능성 높음으로 평가된 범위). 주황색 점선 화살표와 주황색 수평 오차 막대는 각각 온난화가 현재의 속도로 지속되는 경우에 1.5°C에 도달하는 시점의 중간 값과 가능성 높음 범위를 나타낸다. 세부그림 a의 오른쪽 회색 음영은 간단한 기후모델로 계산된 것으로, CO₂ 순 배출량이(세부 그림 b와 c의 회색 실선) 2020년부터 직선으로 감소해 2055년에 net zero에 도달하고 non-CO₂ 순 복사강제력은(세부 그림 d의 회색 실선) 2030년까지 증가하다가 이후 감소하는 것으로 모식화된 경로(가설에 의한 미래)에 대해 가능성 높음의 온난화 반응 범위를 나타낸다. 세부 그림 a의 파란색 음영은 CO₂ 순 배출량 감소가 더 빨라져 2040년에 net-zero에 도달하고(세부 그림 b의 파란색 실선) 이에 따른 CO₂ 누적 배출량(세부 그림 c)이 감소할 때의 반응을 나타낸다. 보라색 음영은 CO₂ 순 배출량이 2055년까지 0으로 감소하고, non-CO₂ 순 복사강제력이 2030년 이후 일정하게 유지되었을 때의 반응을 나타낸다. 세부 그림 a에서 오른쪽의 수직 오차 막대는 3개의 모식화된 경로 하에서 2100년에 추정된 온난화 분포의 가능성 높음 범위(가는 실선)와 중간 범위(33-66 분위, 굵은 실선)를 나타낸다. 세부 그림 b, c, d의 수직방향 점선 오차 막대는 각각 2017년의 과거의 연간 전지구 CO₂ 배출량(Global Carbon Project 자료) 및 CO₂ 순 누적 배출량과 IPCC 5차 평가 보고서의 2011년 non-CO₂ 순 복사강제력에 대한 가능성 높음 범위를 나타낸다. 세부 그림 c와 d의 수직 축은 대략적으로 GMST에 대한 동등한 효과를 표현하기 위해 조정되었다. {1.2.1, 1.2.3, 1.2.4, 2.3, 제1장 그림 1.2와 제1장 기술 부속서 교차채터 박스 2}

B. 기후변화 전망, 잠재적 영향 및 관련 리스크

- B.1. 기후모델 전망은 지역적 기후특성이 현재와 1.5°C 만큼의 지구온난화 사이⁷⁾, 1.5°C와 2.0°C 만큼의 지구온난화 사이에 통계적으로 유의한(robust)⁸⁾ 차이가 있음을 보여준다. 이러한 차이에는 육지와 해양 대부분 지역에서 평균 온도 상승(높은 신뢰도), 거주지 대부분에서 극한 고온 현상의 증가(높은 신뢰도), 일부 지역의 호우 증가(중간 신뢰도)와 일부 지역의 가뭄 및 강수 부족 가능성의 증가(중간 신뢰도)가 포함된다. {3.3}**
- B.1.1.** 약 0.5°C의 지구온난화가 일부 극한 기후 및 기상 현상의 명백한 변화를 가져왔다는 것은, 현재보다 0.5°C 높은 온난화가 바로 이러한 극한 현상의 탐지 가능한 변화와 관련이 있을 것이라는 평가를 뒷받침하는 증거라고 할 수 있다(중간 신뢰도). 산업화 이전 수준과 대비 1.5°C 가량의 지구온난화에서 몇몇 지역적인 기후변화가 발생할 것으로 평가되는데, 여기에는 많은 지역에서의 극한 기온의 온난화(높은 신뢰도), 일부 지역에서의 호우 빈도·강도 그리고/또는 강수량 증가(높은 신뢰도), 일부 지역의 가뭄 강도 또는 빈도 증가(중간 신뢰도)가 포함된다. {3.2, 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4, 표 3.2}
- B.1.2.** 육지의 극한 기온은 전지구 평균 표면 온도(GMST)보다 더 많이 온난해질 것으로 전망된다(높은 신뢰도). 중위도에서 극한 고온일은 1.5°C 지구온난화일 때 약 3°C, 2°C 지구온난화 일 때 약 4°C까지 더 더워지고, 고위도의 극한 한랭야는 1.5°C 지구온난화일 때 약 4.5°C, 2°C 지구온난화에서 약 6°C까지 높아질 것으로 전망된다(높은 신뢰도). 고온일수는 대부분 육지에서 증가하는데, 특히 열대지방에서 가장 크게 증가할 것으로 전망된다(높은 신뢰도). {3.3.1, 3.3.2, 제3장 교차캡처 박스 8}.
- B.1.3.** 일부 지역에서는 가뭄과 강수 부족으로 인한 리스크가 1.5°C 지구온난화보다 2°C 지구온난화에서 더 높을 것으로 전망된다(중간 신뢰도). 호우 리스크는 일부 북반구 고위도 지역 그리고/또는 고산 지역, 동아시아와 북아메리카 동부 지역에서 1.5°C보다 2°C 지구온난화에서 더 높을 것으로 전망된다(중간 신뢰도). 열대저기압과 관련된 호우는 1.5°C보다는 2°C 지구온난화일 때 더 증가할 것으로 전망된다(중간 신뢰도). 다른 지역에서는 1.5°C 상승과 비교하여 2°C 상승 시에 호우 변화 전망 값의 일반적인 신뢰도는 낮다. 세계적 규모로 집계된 호우는 1.5°C보다는 2°C 지구온난화에서 더 증가할 것으로 전망된다(중간 신뢰도). 호우로 인한 홍수 위해(hazards)의 영향을 받는 전지구 육지 면적은 1.5°C보다 2°C 지구온난화일 때 더 넓을 것으로 전망된다(중간 신뢰도). {3.3.1, 3.3.3, 3.3.4, 3.3.5, 3.3.6}
- B.2. 2100년까지 전지구 평균 해수면 상승은 2°C 보다 1.5°C 지구온난화 시 약 0.1m 낮을 것으로 전망된다(중간 신뢰도). 해수면은 2100년 이후에도 계속 상승할 것이며(높은 신뢰도), 상승 규모와 속도는 미래 배출 경로에 따라 좌우된다. 해수면 상승 속도가 느려지면 군소도서지역, 저지대 연안 및 삼각주 지역의 인간계 및 생태계에서는 더 많은 적응 기회를 가질 수 있다(중간 신뢰도). {3.3, 3.4, 3.6}**
- B.2.1.** 1.5°C 지구온난화 시, 2100년까지 전지구 평균 해수면 상승 예측 값은 0.26~0.77m 정도 (1986~2005년 대비)이며, 이는 2°C 지구온난화 상황 보다 0.1m(0.04~0.16m) 낮은 수치다(중간 신뢰도). 전지구 해수면 상승이 0.1m 감소한다는 것은 2010년 인구를 기준으로 할 때 관련 리스크에 노출되는 인구가 최대 1천만 명 줄어들 수 있다는 것을 의미한다(중간 신뢰도). {3.4.4, 3.4.5, 4.3.2}
- B.2.2.** 21세기 동안 지구온난화를 1.5°C로 억제하더라도, 해수면은 2100년 이후에도 계속 상승할 것이다(높은 신뢰도). 남극 해빙의 불안정성 그리고/또는 그린란드 빙상의 되돌릴 수 없는 손실은 수백 년에서 수천 년에 걸쳐 수 미터(m)의 해수면 상승을 초래할 수 있다. 1.5~2°C 범위의 지구온난화에서 이러한 불안정성이 촉발될 수 있다(중간 신뢰도). (그림 SPM 2) {3.3.9, 3.4.5, 3.5.2, 3.6.3, 박스 3.3}

7) 지구온난화에서 정도 차이의 영향에 대한 변화 전망은 전지구 평균 기온을 고려하여 결정됨

8) 여기서 통계적으로 유의한(robust) 최소 2/3 이상의 기후 모델이 격자점 규모에서 변화에 대한 동일한 징후를 보여준다는 것을 의미하며, 넓은 지역에서의 차이는 통계적으로 중요함

- B.2.3. 온난화가 심화되면 군소도서지역, 저지대 해안지역 및 삼각주에서 염수 침입, 홍수와 기반시설 피해 증가를 비롯한 해수면 상승 관련 리스크에 대한 여러 인간계와 생태계의 노출이 증대될 것이다(**높은 신뢰도**). 해수면 상승과 관련된 리스크는 1.5°C 보다 2°C 지구온난화에서 더 높다. 1.5°C 지구온난화에서는 해수면 상승 속도가 감소해 연안 자연생태계의 관리 및 복원, 기반시설 보강 등 적응 기회가 커지면서 이러한 리스크가 줄어들게 된다(**중간 신뢰도**). {3.4.5, 그림 SPM 2, 박스 3.5}
- B.3. 육지 생물종의 감소 및 멸종을 비롯하여 생물다양성과 생태계에 대한 영향은 2°C 보다 1.5°C 지구온난화에서 줄어들 것으로 전망된다. 지구온난화를 1.5°C로 억제하게 되면 육상, 담수 및 연안 생태계에 대한 영향은 2°C 상승 시 보다 줄어들고 이들이 제공하는 서비스를 보다 많이 보존할 수 있을 것으로 전망된다(**높은 신뢰도**). (그림 SPM 2) {3.4, 3.5, 박스 3.4, 박스 4.2, 제 3장 교차챕터 박스 8}
- B.3.1. 연구된 105,000개의 생물종⁹⁾ 가운데 1.5°C 지구온난화에서 곤충의 6%, 식물의 8%, 그리고 척추동물의 4%가, 2°C 지구온난화에서는 곤충의 18%, 식물의 16%, 그리고 척추동물의 8%가 기후 지리적 분포 범위의 절반 이상을 잃을 것으로 전망된다(**중간 신뢰도**). 산불과 침입종의 확산과 같은 기타 생물다양성 관련 리스크에 대한 영향은 2°C 지구온난화에 비해 1.5°C일 때 감소한다(**높은 신뢰도**). {3.4.3.3, 3.5.2}.
- B.3.2. 2°C 지구온난화에서는 전지구 육지 면적의 약 13%(4분위 범위 8-20%)가 다른 유형의 생태계로 전환될 것으로 전망되는 반면 1°C 지구온난화에서는 4%(4분위 범위 2-7%)로 예상된다(**중간 신뢰도**). 이는 리스크에 처해지는 면적이 2°C 지구온난화에 비해 1.5°C 에서 약 반으로 줄어드는 것을 의미한다(**중간 신뢰도**). {3.4.3.1, 3.4.3.5}
- B.3.3. 관목이 이미 툰드라를 잠식하고 있는 가운데(**높은 신뢰도**), 특히 고위도 지역의 툰드라와 한대림은 기후변화로 인한 황폐화와 면적 감소 리스크에 놓여있으며, 이러한 리스크는 추가적인 지구온난화에 따라 계속될 것이다. 지구온난화를 2°C가 아닌 1.5°C로 억제하면 수세기 동안 약 1.5 ~ 2.5백만 km²의 영구동토층이 녹는 것을 막을 수 있을 것으로 전망된다(**중간 신뢰도**). {3.3.2, 3.4.3, 3.5.5}
- B.4. 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 것은 2°C 온난화 대비 해양 온도 상승뿐 아니라 이와 관련된 해양 산성화를 완화하고 해양 산소 수치를 높일 것으로 전망된다(**높은 신뢰도**). 북극 해빙 및 온난한 수역의 산호초 생태계의 최근 변화에서 살펴볼 수 있듯이, 1.5°C로 지구온난화를 억제하면 결과적으로 해양의 생물다양성, 어업, 생태계 및 이들이 인간에게 제공하는 기능과 서비스에 대한 리스크가 경감될 것으로 전망된다(**높은 신뢰도**). {3.3, 3.4, 3.5, 박스 3.4, 박스 3.5}
- B.4.1. 북극해 해빙이 여름에 모두 녹아 없어질 확률은 지구온난화 2°C 보다 1.5°C에서 현저하게 낮다(**높은 신뢰도**). 1.5°C 지구온난화에서 여름철 북극해 얼음이 모두 녹을 가능성은 100년에 한 번 정도일 것이다. 2°C 지구온난화에서는 이러한 가능성이 적어도 10년에 한 번으로 높아진다. 북극 해빙 면적에 대한 온도 오버슈트의 영향은 10년 정도의 시간 규모에서 가역적이다(**높은 신뢰도**). {3.3.8, 3.4.4.7}
- B.4.2. 1.5°C 지구온난화에서는 해양 생물종의 분포가 고위도로 이동할 뿐만 아니라 다양한 생태계 피해도 증가할 것이다. 또한 연안자원 손실과 어업 및 양식업의 생산량 감소가(특히 저위도에서) 예상된다. 기후영향 리스크는 1.5°C 지구온난화보다 2°C 지구온난화에서 높아질 것으로 전망된다(**높은 신뢰도**). 예를 들어, 산호초는 1.5°C 지구온난화에서 70~90% 감소하나(**높은 신뢰도**), 2°C 지구온난화에서는 더 큰 손실(99% 초과)을 입게 될 것이다(**매우 높은 신뢰도**). 여러 해양 및 연안 생태계의 비가역적인 손실 리스크는 지구온난화에 따라 증가하며 특히 2°C 이상에서 더욱 증가한다(**높은 신뢰도**). {3.4.4, 박스 3.4}

9) 이전 연구와 일관되게, 이 수치들은 최근의 한 메타연구에서 채택됨

- B.4.3. 1.5°C 지구온난화에서 이산화탄소 농도 증가로 인한 해양 산성화는 온난화의 악영향을 증폭시킬 것이며, 2°C에서는 더욱 심화되어, 예를 들면, 해조류에서 어류에 이르기까지 광범위한 생물종의 성장, 발달, 석회화, 나아가 생존과 종의 풍부도에도 영향을 미칠 것이다(높은 신뢰도). {3.3.10, 3.4.4}
- B.4.4. 해양에서의 기후변화 영향은 생리, 생존, 서식지, 번식, 질병의 발병과 침입종 리스크에 영향을 미쳐 어업과 양식업에 대한 리스크를 증가시키지만(중간 신뢰도), 그 영향은 2°C 보다 1.5°C 지구온난화에서 낮을 것으로 전망된다. 예를 들어, 전지구 수산자원 모형에서 2°C 지구온난화에서는 연간 전지구 어업 수확량이 300만 톤 이상 감소하는 데 비해 1.5°C 지구온난화에서는 대략 150만 톤 정도가 감소할 것으로 전망되었다(중간 신뢰도). {3.4.4, 박스 3.4}
- B.5. 건강, 생계, 식량 안보와 물 공급, 인간 안보 및 경제 성장에 대한 기후관련 리스크는 1.5°C 지구온난화에서 증가하며 2°C에서는 더 증가할 것으로 전망된다. (그림 SPM 2) {3.4, 3.5, 5.2, 박스 3.2, 박스 3.3, 박스 3.5, 박스 3.6, 제3장 교차챕터 박스 6, 제4장 교차챕터 박스 9, 제5장 교차챕터 박스 12, 5.2}**
- B.5.1. 1.5°C 이상의 지구온난화로 인한 악영향에 불균형적으로 높은 리스크에 처해 있는 인구 중에는 사회적 소외계층과 취약계층, 일부 토착민, 그리고 농업이나 어업에 생계를 의존하는 지역 공동체가 포함된다(높은 신뢰도). 또한 불균형적으로 높은 리스크에 놓인 지역에는 북극 생태계, 건조지역 및 군소도서개발도상국, 저개발국가가 포함된다(높은 신뢰도). 빈곤층과 사회적 소외계층은 지구 온난화가 심화될수록 일부 인구 집단에서 증가할 것으로 예상된다. 지구온난화를 2°C 대비 1.5°C로 억제할 경우, 기후관련 위험에 노출되고 빈곤에 취약해질 인구수를 2050년까지 최대 수억 명 줄일 수 있을 것이다(중간 신뢰도). {3.4.10, 3.4.11, 박스 3.5, 제3장 교차챕터 박스 6, 제4장 교차챕터 박스 9, 제5장 교차챕터 박스 12, 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3, 5.6.3, 교차챕터 박스 9}
- B.5.2. 지구온난화의 심화는 인간 보건에도 부정적인 영향을 미칠 것으로 예상된다(높은 신뢰도). 2°C 보다 1.5°C 지구온난화에서 열과 관련된 질병 유행률 및 사망률이 더 낮고(매우 높은 신뢰도), 오존 형성에 필요한 배출량이 계속 높게 유지된다면 오존 관련 사망률도 1.5°C 지구온난화에서 더 낮을 것으로 전망된다(높은 신뢰도). 도시 열섬 현상은 보통 도시에서 폭염의 영향을 증대시킨다(높은 신뢰도). 잠재적인 지리학적 분포 변화를 비롯해 말라리아와 뎅기열 같은 일부 매개체 감염 질병 리스크는 지구온난화가 1.5°C에서 2°C로 상승되면 더 높아질 것으로 전망된다(높은 신뢰도). {3.4.7, 3.4.8, 3.5.5.8}
- B.5.3. 지구온난화를 1.5°C로 억제했을 때, 2°C 보다 특히 사하라 인근의 아프리카, 동남아시아, 중남미 지역에서 옥수수, 쌀, 밀, 그리고 잠재적 기타 곡물 수확량의 순 감소량이 줄어들 것으로 전망되며, CO₂ 의존적인 쌀과 밀의 영양분의 질적 저하도 줄어들 것으로 전망된다(높은 신뢰도). 식량 가용성은 사헬(Sahel), 아프리카 남부, 지중해, 중부 유럽, 아마존에서 1.5°C 보다 2°C 지구온난화에서 더 크게 감소할 것으로 전망된다(중간 신뢰도). 가축은 온도 상승에 따라 부정적인 영향을 받을 것으로 전망되는데, 이는 사료의 질, 질병의 확산 및 수자원 가용성의 변화 정도에 따라 좌우된다(높은 신뢰도). {3.4.6, 3.5.4, 3.5.5, 박스 3.1, 제3장 교차챕터 박스 6, 제3장 교차챕터 박스 9}
- B.5.4. 지역 간 상당한 변동성이 존재하지만 미래의 사회경제적 여건에 따라 지구온난화를 2°C 대비 1.5°C로 억제하면 기후변화로 인한 물 부족 증가에 노출된 세계 인구의 비율이 최대 50%까지 감소할 수 있다(중간 신뢰도). 많은 군소도서개발도상국은 지구온난화를 2°C 대비 1.5°C로 억제 하였을 때 건조도의 변화로 물 부족을 더 적게 경험할 것이다(중간 신뢰도). {3.3.5, 3.4.2, 3.4.8, 3.5.5, 박스 3.2, 박스 3.5, 제4장 교차챕터 박스 9}
- B.5.5. 21세기 말까지 기후변화 영향으로 인한 세계 경제 성장의 리스크는 2°C 보다 1.5°C의 지구온난화에서 더 낮을 것으로 전망된다¹⁰⁾(중간 신뢰도). 여기에는 완화 비용, 적응 투자 및 적응 이익은 포함되지 않는다. 열대 및 남반구 아열대 국가들이 지구온난화가 1.5°C 에서 2°C로 상승할 경우 기후변화로 인한 경제 성장에 가장 큰 영향을 받게 될 것으로 전망된다(중간 신뢰도). {3.5.2, 3.5.3}

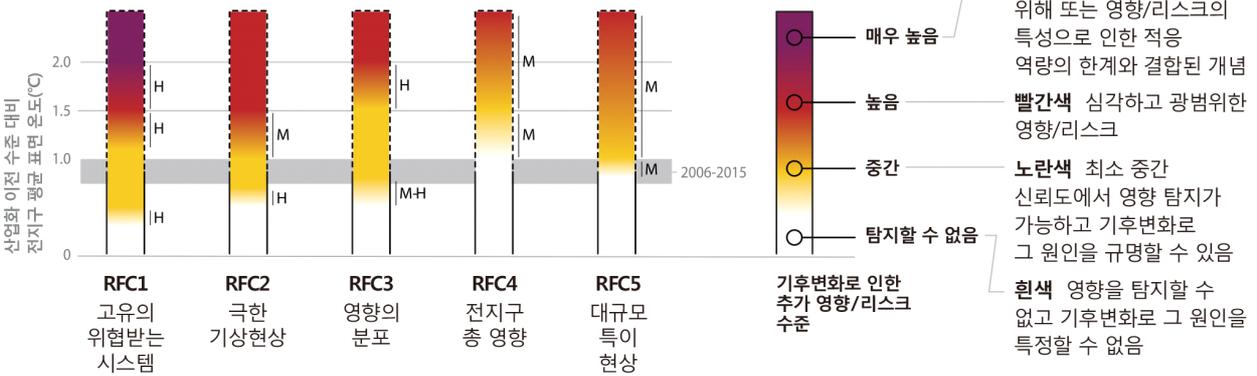
10) 여기에서 경제 성장에 대한 영향은 GDP 변화를 언급함. 인간 생명, 문화유산과 생태계 서비스의 손실과 같은 많은 영향은 금액으로 평가하기 어려움

- B.5.6. 다중적이고 복합적인 기후 관련 리스크에 대한 노출은 지구온난화가 1.5°C에서 2°C로 상승할수록 더 증가하며, 아프리카와 아시아에서 더 많은 비율의 사람들이 빈곤에 노출되고 취약해진다(높은 신뢰도). 1.5°C에서 2°C로 지구온난화가 심화되면 에너지, 식량 및 물 부문에 걸친 리스크가 시공간적으로 중첩될 수 있으며 이는 더 많은 인구와 지역에 영향을 미칠 수 있는 기존의 위해(hazard), 노출 및 취약성을 악화시킬 뿐만 아니라 새로운 위해, 노출 및 취약성까지도 가져올 수 있다(중간 신뢰도). {박스 3.5, 3.3.1, 3.4.5.3, 3.4.5.6, 3.4.11, 3.5.4.9}
- B.5.7. 제5차 평가보고서 이후 2°C의 지구온난화에서 다섯 가지 '우려 단계(RFCs, Reasons for Concern)' 중 네 가지의 리스크가 증가한다는 많은 증거가 나왔다(높은 신뢰도). 지구온난화의 정도에 따른 리스크 변화는 다음과 같다: 1.5°C와 2°C사이에서 RFC1(고유의 위협받는 시스템)에 대해 높음에서 매우 높음까지(높은 신뢰도); 1.0°C와 1.5°C사이에서 RFC2(극한 기상 현상)에 대해 보통에서 높음까지(중간 신뢰도); 1.5°C와 2°C사이에서 RFC3(영향의 분포)에 대해 보통에서 높음까지(높은 신뢰도); 1.5°C와 2.5°C 사이에서 RFC4(전지구 총 영향)에 대해 보통에서 높음까지(중간 신뢰도); 1°C와 2.5°C 사이에서 RFC5(대규모 특이 현상)에 대해 보통에서 높음까지(중간 신뢰도). (그림 SPM 2) {3.4.13; 3.5, 3.5.2}
- B.6. 대부분의 적응 필요성은 2°C에 비해 1.5°C 지구온난화에서 더 낮아질 것이다(높은 신뢰도). 기후 변화 리스크를 줄일 수 있는 광범위한 적응 옵션이 있다(높은 신뢰도). 인간계와 자연계에 대한 적응 및 적응 역량의 한계와 이로 인한 손실이 1.5°C 지구온난화에서 존재한다(중간 신뢰도). 적응 옵션의 수와 유용성은 부문별로 상이하다(중간 신뢰도). {표 3.5, 4.3, 4.5, 제4장 교차 장 박스 9, 제5장 교차챕터 박스 12}
- B.6.1. 광범위한 적응 옵션이 자연계 및 관리된 생태계에 대한 리스크 저감에 이용가능하며 (예, 생태계에 기반한 적응, 생태계 복원, 황폐화 및 산림파괴 방지, 생물다양성 관리, 지속가능한 양식업, 지역 지식 및 토착 지식), 해수면 상승 리스크 저감에 유용한 적응 옵션(예, 연안 방어 및 강화), 특히 농어촌 지역에서의 건강, 생계, 식량, 물, 경제성장 리스크 저감에 유용한 적응 옵션(예, 효과적 관개, 사회안전망, 재난 리스크 관리, 리스크 분산 및 공유, 공동체 기반의 적응) 그리고 도시 지역에서의 리스크 저감에 유용한 적응 옵션(예, 친환경 사회기반시설, 지속가능한 토지 사용과 계획, 지속가능한 물 관리)이 있다(중간 신뢰도). {4.3.1, 4.3.2, 4.3.3, 4.3.5, 4.5.3, 4.5.4, 5.3.2, 박스 4.2, 박스 4.3, 박스 4.6, 제4장 교차챕터 박스 9}.
- B.6.2. 1.5°C보다 2°C 지구온난화에서 생태계, 식량, 보건 시스템에 대한 적응이 더 어려울 것으로 예상된다(중간 신뢰도). 군소도서국 및 저개발국가를 비롯한 일부 취약 지역은 1.5°C 지구온난화에서도 다중적이고 상호간에 연계된 높은 기후 리스크를 경험할 것으로 전망된다(높은 신뢰도). {3.3.1, 3.4.5, 박스 3.5, 표 3.5, 제4장 교차챕터 박스 9, 5.6, 제5장 교차챕터 박스 12, 박스 5.3}
- B.6.3. 1.5°C 지구온난화에서 적응 역량에 대한 한계가 존재하며, 지구온난화가 진행될수록 이 한계는 명백해지고 부문에 따라 상이한데, 취약한 지역, 생태계 및 건강에 대해 지역별로 다른 시사점을 보인다(중간 신뢰도). {제5장 교차챕터 박스 12, 박스 3.5, 표 3.5}

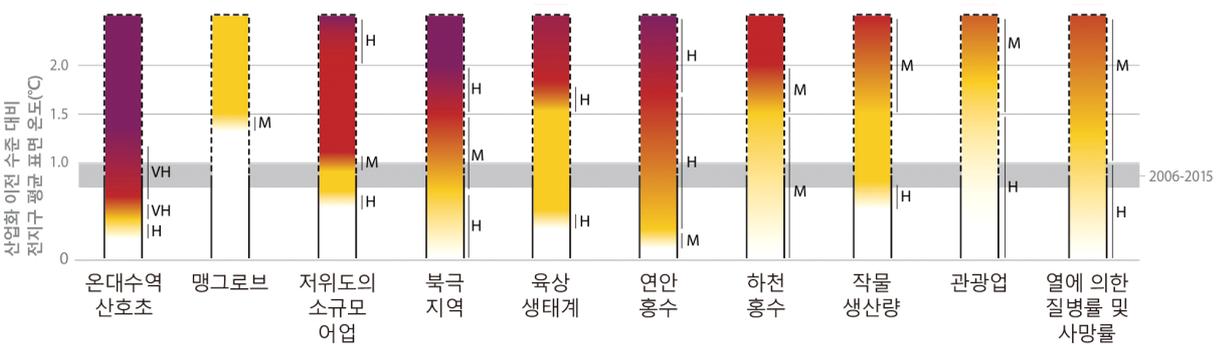
어떻게 지구온난화가 우려 단계와 관련된 리스크, 선택된 자연계, 관리된 시스템 및 인간계에 영향을 미치는가?

다섯 가지 우려 단계(RFCs)는 지구온난화 정도가 여러 분야와 지역에 걸쳐 인간, 경제 및 생태계에 미치는 시사점을 설명함

우려 단계(RFCs)와 관련된 리스크



선택된 자연계, 관리된 시스템 및 인간계에 대한 리스크



신뢰도 수준: L=낮음, M=중간, H=높음, VH=매우 높음

그림 SPM 2: 다섯 가지 통합 우려단계(RFCs)는 여러 분야와 지역에 걸쳐 나타나는 주요 영향과 리스크를 요약하는 준거 틀로서 IPCC 3차 평가보고서에 도입됨. RFCs는 지구온난화가 인간, 경제 그리고 생태계에 대한 시사점을 설명함. 개별 RFC에 대한 영향 그리고/또는 리스크는 새로운 연구 문헌을 평가해 작성됨. AR5와 같은 방식으로 지구온난화 수준을 영향과/또는 리스크가 탐지할 수 없거나, 보통이거나, 높거나, 매우 높은지 평가해 전문적인 판단을 내리는 데 이러한 연구들이 활용됨. 아래 세부 그림에서 자연계, 관리된 시스템과 인간계에 대해 선택된 영향과 리스크가 설명되어 있으며, 모든 것이 포괄적으로 포함되지는 않음.

RFC1 고유의 위협받는 시스템: 기후 관련 조건에 의존적인 제한된 지리적 분포 범위를 갖고 특유의 풍토성 또는 다른 고유의 특성을 지니는 생태계 및 인간계. 예로는 산호초, 북극 및 북극의 토착민, 산악 빙하와 생물다양성 리스크 지역이 있음.

RFC2 극한 기상현상: 폭염, 호우, 가뭄 및 관련된 산불과 연안 홍수와 같은 극한 기상 현상으로 인한 건강, 생계, 자산 및 생태계에 대한 리스크/영향.

RFC3 영향의 분포: 물리적인 기후변화 위해(hazard), 노출 또는 취약성의 불균등한 분포로 인해 특정 집단에 더 많은 영향을 미치는 리스크/영향.

RFC4 전지구 총 영향: 전지구적 재정 피해, 생태계 및 생물다양성의 전지구 규모의 황폐화 및 감소.

RFC5 대규모 특이 현상: 지구온난화로 인한 상대적으로 거대하고, 갑작스럽고, 때때로 비가역적인 시스템의 변화. 예로는 그린란드 및 북극 해빙의 붕괴가 있음. {3.4, 3.5, 3.5.2.1, 3.5.2.2, 3.5.2.3, 3.5.2.4, 3.5.2.5, 5.4.1 5.5.3, 5.6.1, 박스 3.4}

C. 1.5°C 지구온난화에 상응하는 배출 경로와 시스템 전환

- C.1. 오버슈트 없거나 제한적으로 있는 1.5°C 모델 경로에서, 인간활동에 기인한 전지구적 CO₂ 순 배출량은 2030년까지 2010년 대비 최소 45% 감소하고(4분위수 범위: 40~60%), 2050년경에는 net zero에 도달한다(4분위수 범위: 2045~2055년). 2°C 미만으로 지구온난화를 억제하는¹¹⁾ 경우, 대부분의 경로에서 2030년까지 이산화탄소 배출량이 대략 25% 감소하고(4분위수 범위: 10~30%), 2070년경에는 net zero에 도달한다(4분위수 범위: 2065~2080년). 1.5°C로 온난화를 억제하는 경로에서 non-CO₂ 배출량은 2°C로 온난화를 억제하는 경로와 유사하게 상당한 감축을 보인다(높은 신뢰도). (그림 SPM 3a) {2.1, 2.3, 표 2.4}
- C.1.1. 오버슈트 없거나 제한된 오버슈트 하에서 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 이산화탄소 배출량 감축은 에너지 및 자원 집약도의 저감, 탈탄소화 속도, 이산화탄소흡수(CDR)에 대한 의존 간의 균형에 현저한 차이를 줌으로써 다양한 완화 수단 포트폴리오를 가진다. 이 포트폴리오에 따라 각기 다른 이행과 관련된 도전과제와 지속가능한 발전과의 잠재적인 시너지 및 상충 문제가 존재한다(높은 신뢰도). (그림 SPM 3b) {2.3.2, 2.3.4, 2.4, 2.5.3}
- C.1.2. 오버슈트 없거나 제한된 오버슈트 하에서 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 모델 경로는 메탄과 블랙 카본 배출량의 대폭적인 감축(두 기체를 포함해 2050년까지 2010년 대비 35% 이상)을 수반한다. 이러한 경로에는 대부분의 냉각화 에어로졸의 감축 또한 포함되는데, 이 결과 20~30년 동안은 완화 효과가 부분적으로 상쇄된다. 에너지 부문의 광범위한 완화 수단의 효과로 non-CO₂ 배출량¹²⁾이 저감될 수 있다. 또한, non-CO₂를 타겟으로 하는 완화 수단은 농업에서 아산화질소와 메탄 배출량을 줄이고, 폐기물 부문에서 메탄의 배출량을 줄이며, 블랙카본 및 수소불화탄소류 배출 원인을 줄일 수 있다. 높은 바이오에너지 수요는 일부 1.5°C 경로에서 질소 산화물의 배출량을 증가시킬 수 있으며, 이는 적절한 관리 방식의 중요성을 강조한다. 모든 1.5°C 모델 경로에서 전망된 많은 non-CO₂ 배출량의 저감 결과로 나타나는 대기질 개선은 보건 측면에서 직접적이고 즉각적인 편익을 제공한다(높은 신뢰도). (그림 SPM 3a) {2.2.1, 2.3.3, 2.4.4, 2.5.3, 4.3.6, 5.4.2}
- C.1.3. 지구온난화를 억제하기 위해서는 총 탄소배출총량과 같은 산업화 이전 시기 이후로 누적된 인간 활동에 기인한 전지구 총 누적배출량을 제한해야 하는데, 즉, 총 탄소배출총량 내에 머물러야 한다(높은 신뢰도)¹³⁾. 산업화 이전 시기 이후 인간활동에 기인한 CO₂ 배출량은 1.5°C를 위한 총 탄소 배출총량을 2017년 말까지 대략 2200±320 GtCO₂을 고갈시킨 것으로 추정된다(중간 신뢰도). 그에 따른 잔여배출총량은 현재의 배출 수준인 연간 42±3 GtCO₂씩 고갈되고 있다(높은 신뢰도). 전지구 온도 측정방법의 선택은 잔여 탄소배출총량의 추정치에 영향을 미친다. AR5와 동일하게 전지구 평균 표면 기온을 사용하면, 50% 확률로 1.5°C로 온난화를 억제하는 경우 잔여 탄소배출 총량은 580 GtCO₂로 추정되고, 66% 확률일 경우는 420 GtCO₂로 추정된다(중간 신뢰도)¹⁴⁾. 대신 GMST를 사용할 경우 50%와 66% 확률일 때의 추정값은 각각 770 GtCO₂와 570 GtCO₂이다(중간 신뢰도)¹⁵⁾. 추정된 잔여 탄소배출총량의 불확실성은 상당히 크고 여러 요인에 좌우된다. CO₂ 및 non-CO₂ 배출량에 대한 기후 반응의 불확실성은 ±400 GtCO₂, 과거 온난화 수준의 불확실성은 ±250 GtCO₂이다(중간 신뢰도). 미래에 영구동토층이 녹아서 추가적으로 배출될 수 있는 탄소와 습지에서 배출될 수 있는 메탄은 금세기 동안 잔여 탄소배출총량을 최대 100 GtCO₂ 까지 고갈시킬 것이며, 이 후에는 더 크게 줄어들 것이다(중간 신뢰도). 또한, 미래의 non-CO₂ 감축 수준은 어떤 방향으로든 잔여 탄소배출총량을 250 GtCO₂까지 변화시킬 수 있다(중간 신뢰도). {1.2.4, 2.2.2, 2.6.1, 표 2.2, 제2장 추가 자료}

11) 지구온난화를 2°C로 억제하는 경로는 2°C 미만으로 유지될 가능성이 66%인 경우를 기준으로 한다.

12) 이 보고서에 포함된 Non-CO₂ 배출량은 복사강제력에 영향을 미치는 CO₂ 외의 모든 인간활동에 기인한 배출량을 말함. 여기에는 아산화질소 또는 일부 불화계 가스와 같은 장기체류 온실가스 뿐만 아니라 블랙 카본, 이산화황 같은 에어로졸 및 에어로졸 전구물질 그리고 메탄, 일부 불화계 가스, 오존 전구물질과 같은 단기체류 기후변화 유발물질을 포함함. Non-CO₂ 배출량 및 표면 알베도 변화와 관련된 복사강제력은 non-CO₂ 복사 강제력으로 언급됨 {x,y}

13) 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 것과 상응하는 총 탄소배출총량에 대한 명백한 과학적 근거가 있음. 그러나 총 탄소배출총량이나 과거 배출량이 이 총량에서 차지한 부분 모두 이 보고서에서는 평가되지 않았음

14) 사용된 전지구 온도 측정법과는 무관하게, 방법에 대한 이해가 갱신되고 고도화되면서 AR5 대비 잔여 탄소 배출 총량 추정값이 대략 300 GtCO₂ 증가함

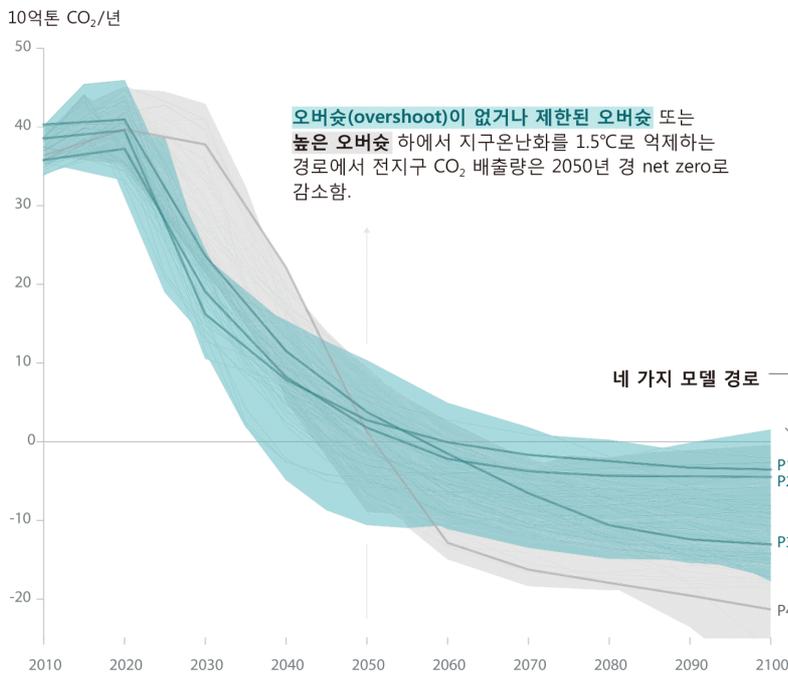
15) 이 추정값은 2006~2015년에 관측된 GMST를 사용하며, 표면 근처 기온을 이용하여 미래의 온도 변화를 추정함

C.1.4. 평가된 어떤 경로에도 태양복사조절(SRM) 조치는 포함되어 있지 않다. 일부 SRM 조치는 이론적으로는 오버슈트를 줄이는데 효과가 있을지 모르나, 이 조치는 큰 불확실성과 지식 격차, 상당한 리스크 그리고 거버넌스와 윤리 및 지속가능발전에 대한 영향과 관련된 보급에 대한 제도적·사회적 제약에 직면하고 있다. 또한 이 조치는 해양산성화를 완화하지 않는다(중간 신뢰도). {4.3.8, 제4장 교차챕터 박스 10}

전지구 배출 경로 특징

오버슈트(overshoot)이 없거나 제한된 오버슈트 하에 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 모델 경로에서 인간 활동에 기인한 CO₂ 순 배출량의 변화와 메탄, 블랙 카본 및 아산화질소의 총 배출량에 대한 일반적인 특징. 순 배출량은 인위적인 흡수로 감축된 인위적 배출량을 의미함. 순 배출량의 감소는 그림 SPM3b에 설명된 여러 완화수단 포트폴리오를 통해 달성할 수 있음

전지구 총 CO₂ 순 배출량



오버슈트(overshoot)이 없거나 제한된 오버슈트 또는 높은 오버슈트 하에서 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 경로에서 전지구 CO₂ 배출량은 2050년 경 net zero로 감소함.

네 가지 모델 경로

Net zero CO₂ 도달 시기

선의 폭은 시나리오의 5-95분위와 25-75분위를 나타냄

오버슈트(overshoot)이 없거나 제한된 오버슈트 하에서 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 경로

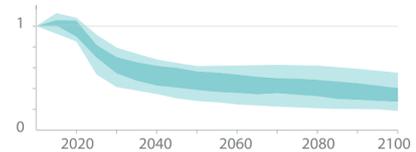
높은 오버슈트 하의 경로

지구온난화를 2°C 미만으로 억제하는 경로 (위에는 제시되지 않음)

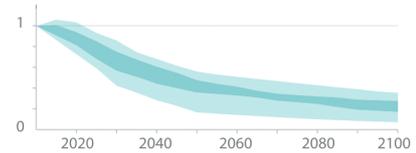
2010년 대비 non-CO₂ 배출량

오버슈트(overshoot)이 없거나 제한된 오버슈트 하에서, 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 경로에서 non-CO₂ 배출량 또한 감소 및 억제되나, 전지구적으로 0에는 도달하지 못함

메탄 배출량



블랙 카본 배출량



아산화질소 배출량

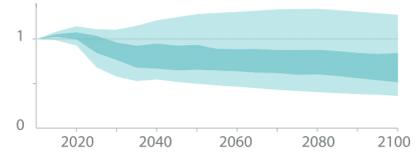


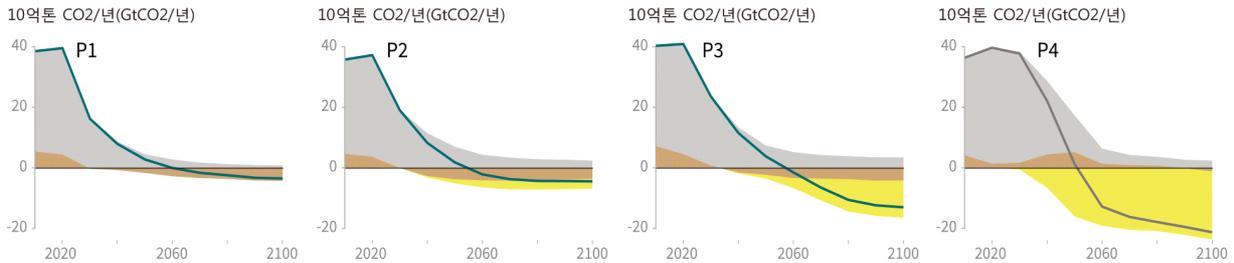
그림 SPM 3a: 전지구 배출 경로 특징. 주요 세부 그림은 오버슈트(overshoot)이 없거나 제한된 오버슈트(0.1°C보다 작음)과 더 높은 오버슈트 하에서 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 경로에서의 전지구 인간활동에 기인한 CO₂ 순 배출량을 보여줌. 음영 처리된 영역은 이 보고서에서 평가된 모든 범주의 경로를 보여줌. 오른쪽 세부 그림은 과거 큰 강제력을 가진 세 가지 화합물에 대한 non-CO₂ 배출량의 범위와 CO₂ 감축에 매우 중요한 영역과 별개의 배출원에서 배출되는 상당한 비중의 배출량을 보여줌. 이 그림들에서 음영 처리된 영역은 오버슈트가 없거나 제한된 오버슈트 하에서 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 경로의 5~95% 범위(약한 음영) 및 4분위수 범위(진한 음영)를 보여줌. 그림 하단의 상자 수염 그림(box-whiskers)은 배출경로가 전 지구적으로 net-zero CO₂ 배출량에 도달하는 시점과 66% 이상의 확률로 지구온난화를 2°C로 억제하는 경로와의 비교를 보여줌. 네 가지 모델 경로가 주요 세부 그림에서 강조되었고, P1, P2, P3와 P4로 표기되었으며 이는 본 보고서 제2장에서 평가된 LED, S1, S2와 S5에 상응함. 경로별 특징과 설명은 그림 SPM 3b에 제시됨 {2.1, 2.2, 2.3, 그림 2.5, 그림 2.10, 그림 2.11}

네 가지 모델 경로의 특징

상이한 완화 전략으로 오버슈트(overshoot)이 없거나 제한된 오버슈트 하에서 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 경로를 따르는 순 배출량 감축을 달성할 수 있음. 모든 경로가 이산화탄소흡수(CDR)를 가정하지만, 농업, 산림 및 기타 토지 이용(AFOLU)에서의 흡수와 바이오에너지·탄소포집저장(BECCS)의 상대적인 기여량 등 흡수량은 경로마다 다르며, 이는 배출량과 몇몇 다른 경로의 특징에 시사점을 가짐

모델 경로별 전지구 CO₂ 순 배출량

● 화석 연료 및 산업 ● AFOLU ● BECCS



P1: 특히 제3세계에서 생활 수준이 향상되고, 사회, 기업 및 기술혁신으로 2050년까지 에너지 수요가 감소하는 시나리오. 에너지 시스템의 규모 축소로 에너지 공급의 빠른 탈탄소화가 가능해짐. 신규 조립이 유일한 CDR 옵션으로 고려되었으며 화석 연료 CCS나 BECCS는 이용되지 않음

P2: 에너지 집약도, 인간 개발, 경제적 수렴, 국제 협력 및 지속 가능하고 건강한 소비패턴, 저탄소 기술 혁신, BECCS에 대한 제한된 사회적 수용을 고려한 잘 관리된 토지 시스템을 포함하여 지속가능성에 초점을 둔 시나리오

P3: 사회 및 기술적 발전이 과거 패턴을 따르는 중도 시나리오. 배출량 감축은 주로 에너지와 제품이 생산되는 방식의 변화를 통해 이루어지며, 상대적으로 적은 수요 저감을 가정함

P4: 경제성장과 세계화로 인해 수송을 연료와 축산 제품에 대한 높은 수요를 포함해 온실가스 집약적인 생활방식이 확대되는 자원 및 에너지 집약적인 시나리오. 배출량 감축은 주로 기술적인 수단을 통해 달성되며, BECCS의 확대를 통한 CDR의 이용을 강화함

전지구 지표	P1	P2	P3	P4	사분위수 범위
경로구분	없거나 낮은 오버슈트	없거나 낮은 오버슈트	없거나 낮은 오버슈트	높은 오버슈트	없거나 낮은 오버슈트
2030년 CO ₂ 배출량 변화 (2010년 대비 %)	-58	-47	-41	4	(-58,-40)
↳ 2050년	-93	-95	-91	-97	(-107,-94)
2030년 교토-온실가스 배출량 변화 (2010년 대비 %)	-50	-49	-35	-2	(-51,-39)
↳ 2050년	-82	-89	-78	-80	(-93,-81)
2030년 최종 에너지 수요** (2010년 대비 %)	-15	-5	17	39	(-12,7)
↳ 2050년	-32	2	21	44	(-11,22)
2030년 전기에너지 중 재생에너지 비율 (2010년 대비 %)	60	58	48	25	(47,65)
↳ 2050년	77	81	63	70	(69,86)
2030년 석탄으로부터의 1차에너지 비율 (2010년 대비 %)	-78	-61	-75	-59	(-78,-59)
↳ 2050년	-97	-77	-73	-97	(-95,-74)
2030년 석유로부터의 1차에너지 비율 (2010년 대비 %)	-37	-13	-3	86	(-34,3)
↳ 2050년	-87	-50	-81	-32	(-78,-31)
2030년 가스로부터의 1차에너지 비율 (2010년 대비 %)	-25	-20	33	37	(-26,21)
↳ 2050년	-74	-53	21	-48	(-56,6)
2030년 원자력으로부터의 1차에너지 비율 (2010년 대비 %)	59	83	98	106	(44,102)
↳ 2050년	150	98	501	468	(91,190)
2030년 바이오매스로부터의 1차에너지 비율 (2010년 대비 %)	-11	0	36	-1	(29,80)
↳ 2050년	-16	49	121	418	(123,261)
2030년 바이오매스 외 재생에너지로부터 1차에너지 비율	430	470	315	110	(245,436)
↳ 2050년	833	1327	878	1137	(576,1299)
2100년 누적 CCS(GtCO ₂)	0	348	687	1218	(550,1017)
2100년 누적 BECCS(GtCO ₂)	0	151	414	1191	(364,662)
2050년 바이오에너지 재배 면적(백만 km ²)	0.2	0.9	2.8	7.2	(1.5,3.2)
2030년 농업에 의한 CH ₄ 배출량 (2010년 대비 %)	-24	-48	1	14	(-30,-11)
↳ 2050년	-33	-69	-23	2	(-47,-24)
2030년 농업에 의한 N ₂ O 배출량 (2010년 대비 %)	5	-26	15	3	(-21,3)
↳ 2050년	6	-26	0	39	(-26,1)

주: 지표는 본 보고서 제2장. 평가에서 규명된 전지구 추세를 보여주고자 채택됨. 국가 및 부문별 특징은 위에 제시된 전지구 추세와 상당히 다를 수 있음

* 교토-온실가스 배출량은 IPCC SR2 GWP-100에 기반함

** 에너지 수요 변화는 에너지 효율 개선 및 행동 변화44와 관련됨

그림 SPM 3b: 그림 SPM 3a에 제시된 1.5°C 지구온난화와 관련된 네 가지 모델 경로의 특징. 네 경로는 다양한 잠재적인 완화 접근 경로를 보여주고, 경제 및 인구 성장, 형평성과 지속가능성을 포함해 미래의 사회경제적인 발전에 관한 가정뿐 아니라 에너지 및 토지이용 전망에 있어 상당한 차이가 있도록 선택됨. 인간활동에 기인한 전지구 CO₂ 순 배출량을 화석연료, 산업, 그리고 농업, 산림 및 기타 토지이용(AFOLU), 바이오에너지·탄소포집저장(BECCS)으로 세분화하여 제시함. 여기에 제시된 AFOLU 추정 값은 국가들이 추정된 값과 반드시 일치하지는 않음. 개별 경로에 대한 상세한 특징이 아래에 설명됨. 이 경로는 완화 전략에 있어 전지구적으로 상대적인 차이 값을 보여주고 있지만 중앙 추정 값, 국가 전략은 아니며, 필요량을 의미하는 것이 아님. 비교를 위해 가장 오른편 열은 1.5°C 오버슈트(overshoot)이 없거나 제한된 상태에서 경로에 대한 4분위수 범위를 보여줌. P1, P2, P3 및 P4는 각각 제2장에서 평가된 LED, S1, S2 및 S5와 상응함 (그림 SPM 3a) {2.2.1, 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4, 2.4.1, 2.4.2, 2.4.4, 2.5.3, 그림 2.5, 그림 2.6, 그림 2.9, 그림 2.10, 그림 2.11, 그림 2.14, 그림 2.15, 그림 2.16, 그림 2.17, 그림 2.24, 그림 2.25, 표 2.4, 표 2.6, 표 2.7, 표 2.9}

C.2. 오버슈트가 없거나 제한된 오버슈트 하에서 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 경로에서는 에너지, 토지, 도시 및 기반시설(수송과 건물 포함)과 산업 시스템에서의 빠르고 광범위한 전환이 필요할 것이다(높은 신뢰도). 이러한 시스템 전환은 속도 측면에서는 전례가 없었던 것이 아니나, 규모 측면에서는 전례가 없는 것이며, 모든 부문에서의 온실가스 대폭 감축, 감축 수단의 광범위한 포트폴리오, 그리고 감축 수단에 대한 상당한 투자 증대가 있어야 함을 의미한다(중간 신뢰도). {2.3, 2.4, 2.5, 4.2, 4.3, 4.5}

C.2.1. 오버슈트가 없거나 제한된 오버슈트 하에서 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 경로는 2°C 경로 대비 향후 20년 동안 더 빠르고 뚜렷한 시스템 변화를 보여준다(높은 신뢰도). 이러한 시스템 변화 속도는 과거에 특정 부문, 기술과 공간적 상황 내에서 일어났으나, 이 변화 규모에 대해 유의미한 전례가 기록된 바는 없다(중간 신뢰도). {2.3.3, 2.3.4, 2.4, 2.5, 4.2.1, 4.2.2, 제4장 교차챗터 박스 11}

C.2.2. 에너지 시스템에서, 오버슈트가 없거나 제한된 오버슈트 하에서 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 모델 경로에서는 일반적으로 에너지 효율 개선 등을 통해 에너지 소비를 절감해 에너지 서비스 수요가 충족되며, 2°C 경로 대비 최종 에너지 소비가 빠르게 전력화된다(높은 신뢰도). 2°C 경로와 대비하여 오버슈트가 없거나 제한된 오버슈트를 보이는 1.5°C 경로에서 특히 2050년 이전에 저배출 에너지원의 비중이 더 높을 것으로 전망된다(높은 신뢰도). 오버슈트가 없거나 제한된 1.5°C 경로에서는, 2050년 재생 에너지가 전력의 70~85%(4분위수 범위)를 차지할 것으로 전망된다(높은 신뢰도). 전력 생산에서 이산화탄소 포집 및 저장(CCS) 활용을 포함한 화석연료와 원자력의 비중은 대부분 오버슈트가 없거나 제한된 1.5°C 경로에서 증가하는 것으로 모델링되었다. 오버슈트가 없거나 제한된 1.5°C 경로에서, CCS의 활용으로 전력 발전 중 가스의 비중은 2050년 전지구 전력의 8%(4분위수 범위: 3~11%)인 반면, 석탄의 비중은 모든 경로에서 전지구 전력의 0%(4분위수 범위: 0~2%)에 가깝게 대폭 감소될 것이다(높은 신뢰도). 옵션과 국가별 여건 차이 및 극복 과제가 남아있지만, 태양에너지와 풍력에너지 및 전력 저장 기술의 정치·경제·사회·기술적 이행 가능성이 과거 몇 년 동안 상당히 개선되었다(높은 신뢰도). 이러한 개선은 전력 발전 부문의 잠재적인 시스템 전환을 시사한다. (그림 SPM 3b) {2.4.1, 2.4.2, 그림 2.1, 표 2.6, 표 2.7, 제3장 교차챗터 박스 6, 4.2.1, 4.3.1, 4.3.3, 4.5.2}

C.2.3. 오버슈트가 없거나 제한된 오버슈트 하에서 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 모델 경로에서는, 2050년 산업부문의 CO₂ 배출량은 2010년 대비 대략 65~90%(4분위수 범위) 감소할 것으로 전망되며, 2°C 경로에서는 50~80% 감소할 것으로 전망된다(중간 신뢰도). CO₂ 배출량 감소는 전력화, 수소 연료, 지속가능한 바이오 기반 원료, 제품 대체, 탄소포집저장 및 활용(CCUS)과 같은 현재 및 새로운 기술이나 실행의 조합을 통해 달성될 수 있다. 이러한 옵션들은 여러 규모에서 기술적으로 입증되었으나, 대규모 보급은 대규모 산업 설비의 구체적인 특성과 여건에 따라 경제적, 재정적, 인간 역량, 제도적 제약으로 제한될 수 있다. 산업부문에서 에너지효율과 공정효율 개선을 통한 배출량 저감만으로는 오버슈트가 없거나 제한된 오버슈트 하에서 지구온난화를 1.5°C로 억제하기에는 역부족이다(높은 신뢰도). {2.4.3, 4.2.1, 표 4.1, 표 4.3, 4.3.3, 4.3.4, 4.5.2}

C.2.4. 지구온난화를 2°C 미만으로 억제하는 경로와 비교하여 오버슈트가 없거나 제한된 오버슈트 하에서 온난화를 1.5°C로 억제하는 데 필요한 도시 및 기반시설 시스템의 전환은 예를 들면, 토지 및 도시계획 실천의 변화 뿐 아니라 수송과 건물부문에서의 배출량의 대폭적인 감축을 의미한다

(2.4.3; 4.3.3; 4.2.1 참조)(중간 신뢰도). 대폭적인 배출량 감축을 가능하게 하는 기술적 수단 및 실천에는 다양한 에너지 효율 개선 옵션이 포함된다. 오버슈트 없거나 제한된 1.5°C 지구온난화 경로에서 2050년 건물부문의 에너지 수요에서 전력이 차지하는 비중은 55~75%에 이를 것이며, 2°C 지구온난화 경로에서는 50~70%가 될 것이다(중간 신뢰도). 수송부문에서는 저배출 최종 에너지의 비중이 2020년 5% 미만에서 2050년 35~65%로 상승할 것이며, 2°C 지구온난화 경로에서는 25~45%가 될 것이다(중간 신뢰도). 국가적, 지역적 여건과 역량 및 자본의 가용성에 따라 경제적·제도적·사회문화적 장벽이 이러한 도시 및 기반시설 시스템의 전환을 저해할 수 있다(높은 신뢰도). {2.3.4, 2.4.3, 4.2.1, 표 4.1, 4.3.3, 4.5.2}.

- C.2.5. 전지구 및 지역적 **토지이용** 전환은 오버슈트 없거나 제한된 오버슈트 하에서 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 모든 경로에서 발견되지만, 그 규모는 완화 포트폴리오에 의존적이다. 오버슈트 없거나 제한된 오버슈트 하에서 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 모델 경로에서는 2010년 대비 2050년에는 50~1,100만 km²의 초지가 감소하고, 식량과 사료작물 생산을 위한 초지를 제외한 농경지는 -400~+250만 km² 범위에서 감소하거나 증가하며, 에너지 작물 경작지가 0~600만 km² 증가, 산림 면적은 -200~+950만 km² 범위에서 감소하거나 증가할 것으로 전망된다(중간 신뢰도)¹⁶⁾. 비슷한 규모의 토지 이용 전환은 모식화된 2°C 경로에서도 관측될 수 있다(중간 신뢰도). 이러한 대규모 전환으로 인간 정주, 식량, 가축 사료, 섬유, 바이오에너지, 탄소 저장, 생물다양성 및 기타 생태계 서비스에 대한 다양한 토지 수요의 지속가능한 관리가 상당히 어려워질 수 있다(높은 신뢰도). 토지 수요를 제한하는 완화 수단에는 토지이용의 지속가능한 집약화, 생태계 복원과 덜 자원집약적인 식이(less resource-intensive diets)로의 변화가 포함된다(높은 신뢰도). 토지 기반의 완화 수단 이행을 위해서는 지역별로 다른 사회경제적, 제도적, 기술적, 재정적, 환경적인 장벽을 극복해야 한다(높은 신뢰도). {2.4.4, 그림 2.24, 4.3.2, 4.3.7, 4.5.2, 제3장 교차챕터 박스 7}
- C.2.6. 현재 실시되고 있는 정책 외에 새로운 기후 정책을 포함하지 않는 경로들 대비 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 경로에서, 2016~2050년 기간 동안 에너지 관련 감축에 대한 연평균 추가 투자액은 약 8,300억 달러(2010년 US 달러 기준, 6개 모델 에서 1,500억~1조 7,000억 달러 범위¹⁷⁾)에 이를 것으로 추정된다. 이러한 투자규모는 1.5°C 경로에서 2016부터 2050년까지의 기간 동안 1조 4,600억~3조 5,100억 달러(2010년 US 달러)의 연평균 총 에너지 공급 투자액과, 에너지 수요부문에 대한 6,400억~9,100억 달러(2010년 US 달러)의 연평균 총 투자액에 필적한다. 2°C 경로 대비 1.5°C 경로에서는 에너지 관련 총 투자가 약 12%(3%~24% 범위) 증가한다. 저탄소 에너지 기술과 에너지 효율에 대한 평균 연간 투자는 2015년 대비 2050년까지 약 6배(4~10배 범위) 증가한다(중간 신뢰도). {2.5.2, 박스 4.8, 그림 2.27}
- C.2.7. 오버슈트 없거나 제한된 오버슈트 하에서 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 모델 경로는 21세기 동안 할인된 전지구 평균 한계감축비용을 다양하게 제시한다. 이 값들은 지구온난화를 2°C 미만으로 억제하는 경로에 비해 약 3~4배 높다(높은 신뢰도). 경제 문헌을 보면 경제에서 한계감축비용과 총 감축비용을 구별하고 있다. 1.5°C 경로에 대한 총 감축비용을 분석한 문헌은 제한적이며, 이 보고서에서는 평가되지 않았다. 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 경로에 상응하는 경제 전반에 걸친 감축의 편익과 비용을 종합적으로 평가하는 데에는 지식 격차가 남아있다. {2.5.2; 2.6; 그림 2.26}

16) 여기에 나타난 토지 사용 변화 전망은 하나의 경로에서 나온 것이며 동시에 상한선은 사용하지 않았음

17) 오버슈트 없거나 제한된 오버슈트 하에서 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 두 가지 경로와 높은 오버슈트를 보이는 네 가지 경로를 포함하고 있음

- C.3. 오버슈트 없거나 제한된 오버슈트 하에서 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 모든 경로에서는 이산화탄소흡수(CDR)를 사용하여 21세기 동안 대략 100~1,000 GtCO₂의 이산화탄소가 흡수될 것으로 예상된다. 이산화탄소흡수는 남은 잔여 배출량을 보상하고, 대부분의 경우 온도 정점 이후 지구 온난화를 1.5°C로 되돌리기 위한 net negative 배출량을 달성하는데 사용될 것이다(높은 신뢰도). 수백 GtCO₂의 이산화탄소흡수 확대는 여러 실행가능성 및 지속가능성에 좌우된다(높은 신뢰도). 에너지와 토지 수요를 줄이기 위한 상당한 단기 배출량 감소 및 이를 위한 조치를 통해 바이오에너지 및 탄소포집저장(BECCS) 없이도 이산화탄소흡수 확대를 수백 GtCO₂로 억제할 수 있다(높은 신뢰도). {2.3, 2.4, 3.6.2, 4.3, 5.4}
- C.3.1. 기존 및 잠재적인 이산화탄소흡수 조치에는 신규 조림·재조림, 토지복원과 토양탄소격리, BECCS, 직접 대기 탄소포집저장(DACCS), 강화된 풍화, 해양 알칼리화가 포함된다. 이들은 성숙도, 잠재량, 비용, 리스크, 공동 편익, 상충의 측면에서 차이점이 매우 크다(높은 신뢰도). 최근까지 출간된 일부 경로에만 신규 조림 및 BECCS 이외에 이산화탄소흡수 조치가 포함되어 있다. {2.3.4, 3.6.2, 4.3.2, 4.3.7}
- C.3.2. 오버슈트 없거나 제한된 오버슈트 하 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 경로에서, AFOLU 관련 이산화탄소흡수 조치는 2030년에 0~5 GtCO₂yr⁻¹, 2050년에 1~11 GtCO₂yr⁻¹, 2100년에는 1~5 GtCO₂yr⁻¹ 이산화탄소를 흡수할 것으로 전망되며, BECCS 확대는 2030년에 0~1GtCO₂yr⁻¹, 2050년 0~8 GtCO₂yr⁻¹, 2100년에는 0~16 GtCO₂yr⁻¹로 전망된다(중간 신뢰도). 최근 연구 문헌의 평가 결과, 세기 중반까지 이러한 확대 범위의 최대값은 최대 5GtCO₂yr⁻¹의 BECCS 잠재량과 최대 3.6 GtCO₂yr⁻¹의 신규 조림 잠재량을 초과한다(중간 신뢰도). 일부 경로는 수요 측면의 조치와 농업,산림 및 기타 토지 이용(AFOLU) 관련 이산화탄소흡수 조치를 더 많이 활용하여 BECCS 확대를 지양한다(중간 신뢰도). 여러 부문에서 BECCS가 화석 연료를 대체할 수 있는 가능성 때문에 BECCS가 포함되었을 때와 비교하여 BECCS가 포함되지 않았을 때에는 바이오에너지 이용이 더 높아질 수 있다(높은 신뢰도). (그림 SPM 3) {2.3.3, 2.3.4, 2.4.2, 3.6.2, 4.3.1, 4.2.3, 4.3.2, 4.3.7, 4.4.3, 표 2.4}
- C.3.3. 오버슈트 있는 경로에서, 지구평균온도 상승폭을 2100년까지 1.5°C 미만으로 되돌아가기 위해서는 금세기 후반에 잔여 이산화탄소 배출량을 초과하는 이산화탄소흡수에 의존하며, 오버슈트 클수록 더 많은 양의 이산화탄소흡수가 필요하다(그림 SPM 3b)(높은 신뢰도). 따라서 이산화탄소흡수 확대의 속도, 규모, 사회적 수용성에 대한 제약에 따라 오버슈트 이후 지구온난화를 1.5°C 미만으로 되돌릴 수 있는 능력이 결정된다. 온도가 정점에 도달한 이후 온도를 낮추기 위한 net negative 배출량 효과에 대한 탄소 순환 및 기후 시스템에 대한 이해는 여전히 제한적이다(높은 신뢰도). {2.2, 2.3.4, 2.3.5, 2.6, 4.3.7, 4.5.2, 표 4.11}
- C.3.4. 대부분의 현재 및 잠재적 이산화탄소흡수 조치가 대규모로 확대될 경우 토지, 에너지, 물 또는 영양분에 상당한 영향을 미칠 수 있다(높은 신뢰도). 신규 조림 및 바이오에너지는 다른 토지 이용과 경쟁관계에 있으며, 농업과 식량 시스템, 생물다양성 및 다른 생태계의 기능과 서비스에 심각한 영향을 미칠 수 있다(높은 신뢰도). 이런 상충을 억제하고, 육상, 지질학적, 해양 저장소에 영구적인 탄소 흡수를 보장하기 위해서는 효과적인 거버넌스가 필요하다(높은 신뢰도). 이산화탄소흡수 이용의 실행가능성 및 지속가능성은 대규모의 단일 옵션 보다는 실질적이지만 작은 규모로 보급되는 옵션들의 포트폴리오를 통해 개선될 수 있다(높은 신뢰도). (그림 SPM 3) {2.3.4, 2.4.4, 2.5.3, 2.6, 3.6.2, 4.3.2, 4.3.7, 4.5.2, 5.4.1, 5.4.2; 제3장 교차챕터 박스 7 및 8, 표 4.11, 표 5.3, 그림 5.3}
- C.3.5. 자연 생태계 복원과 토양 탄소격리와 같은 일부 AFOLU 관련 이산화탄소흡수 조치는 생물다양성과 토질 및 지역 식량 안보 개선과 같은 공동 편익을 제공할 수 있다. 이것을 대규모로 확대하기 위해서는 토지 탄소 축적량과 다른 생태계 기능 및 서비스를 보존하고 보호하기 위해 토지의 지속가능한 관리를 가능하게 하는 거버넌스 시스템이 필요하다(중간 신뢰도). (그림 SPM 4) {2.3.3, 2.3.4, 2.4.2, 2.4.4, 3.6.2, 5.4.1, 제1장 교차챕터 박스 3 및 제3장 교차챕터 박스 3, 4.3.2, 4.3.7, 4.4.1, 4.5.2, 표 2.4}

D. 지속가능발전과 빈곤 퇴치 노력 차원의 전지구적 대응 강화

- D.1. 파리 협정에 따라 제출된 국가별 감축 목표의 전지구 온실가스 배출량 성과 추정치에 따르면 2030년 전지구 온실가스 배출량¹⁸⁾은 52-59 GtCO₂eqyr¹에 달할 것이다(중간 신뢰도). 2030년 이후에 배출량 감축 목표 및 규모가 매우 확대되더라도, 국가별 감축 수준을 반영한 경로는 지구온난화를 1.5°C로 억제할 수 없을 것이다(높은 신뢰도). 미래에 대규모 이산화탄소흡수(CDR)와 오버슈에 의존하지 않으려면 전 지구 CO₂ 배출량이 2030년보다 훨씬 이전에 감소하기 시작해야 한다(높은 신뢰도). {1.2, 2.3, 3.3, 3.4, 4.2, 4.4, 제4장 교차챕터 박스 11}**
- D.1.1. 오버슈가 없거나 제한된 오버슈 하에서 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 경로들은 2030년까지 분명한 감축을 보여준다(높은 신뢰도). 한 가지 경로를 제외한 모든 경로에서 2030년에 전지구 온실가스 배출량이 35GtCO₂eqyr¹ 미만으로 감소하며, 이용가능한 경로의 절반에서 배출량은 2010년 대비 40~50% 감소한 수준인 25~30GtCO₂eqyr¹ 범위(4분위수 범위)에 있다(높은 신뢰도). 2030년까지 현재의 국가별 감축 목표를 반영한 경로는 대체적으로 2100년까지 약 3°C의 지구온난화를 초래하며 그 이후에도 온난화가 지속되는 비용효과적인 경로에 해당한다(중간 신뢰도). {2.3.3, 2.3.5, 제4장 교차챕터 박스 11, 5.5.3.2}**
- D.1.2. 오버슈가 없거나 제한된 오버슈 하에서 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 경로 대비 오버슈 궤적은 보다 큰 영향과 관련된 문제를 초래한다(높은 신뢰도). 금세기 동안 0.2°C 이상의 오버슈 이후에 온난화를 되돌리는 데 이행상의 상당한 어려움이 있음을 감안할 때, 달성하지 못할 수도 있는 속도와 규모로 이산화탄소흡수를 확대해야 할 것이다(중간 신뢰도). {1.3.3, 2.3.4, 2.3.5, 2.5.1, 3.3, 4.3.7, 제3장 교차챕터 박스 8, 제4장 교차챕터 박스 11}**
- D.1.3. 2030년 배출량을 낮출수록, 2030년 이후 오버슈 없이 혹은 제한된 오버슈 하에서 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 어려움은 줄어든다(높은 신뢰도). 온실가스 배출량 저감에 있어 지연된 행동으로 인한 어려움에는 비용 상승, 탄소를 배출하는 기반시설에의 고착(lock-in), 좌초 자산(stranded assets)과 중장기 미래 대응 수단의 유연성 감소 리스크가 포함된다(높은 신뢰도). 이는 각기 다른 발전 단계에 있는 국가 간의 불균등한 분배적 영향을 악화시킬 수도 있다(중간 신뢰도). {2.3.5, 4.4.5, 5.4.2}**
- D.2. 지구온난화가 2°C가 아니라 1.5°C로 억제된 상황에서 완화와 적응 시너지가 최대화되고 상충이 최소화되는 경우, 지속가능발전, 빈곤 퇴치와 불평등 해소를 통해 기후변화 영향을 더 많이 방지할 수 있을 것이다(높은 신뢰도). {1.1, 1.4, 2.5, 3.3, 3.4, 5.2, 표 5.1}**
- D.2.1. 기후변화 영향 및 대응은 사회적 복지, 경제 번영 및 환경 보호와 균형을 이루는 지속가능한 발전과 긴밀하게 연관되어 있다. 2015년 채택된 UN지속가능발전목표(SDGs)는 2°C 또는 1.5°C 지구온난화와 빈곤 퇴치, 불평등 감소 및 기후 행동과 같은 개발목표 사이의 연계성 평가를 위한 기본 틀을 제공한다(높은 신뢰도). {제1장 교차챕터 박스 4, 1.4, 5.1}**
- D.2.2. 윤리 및 형평성을 고려하면, 1.5°C 이상의 지구온난화뿐만 아니라 적응 및 완화로 인해 사회적 취약층이 겪게 될 악영향의 불균등한 분배를 해결할 수 있다(높은 신뢰도). {1.1.1, 1.1.2, 1.4.3, 2.5.3, 3.4.10, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 제1장 교차챕터 박스 4, 제3장 교차챕터 박스 6과 8, 제5장 교차챕터 박스 12}**
- D.2.3. 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 데 필요한 완화 및 적응은 「지구온난화 1.5°C」 특별보고서에서 지구물리학적, 환경-생태적, 기술적, 경제적, 사회-문화적 및 제도적 가능성을 망라하여 평가한, 이행가능조건(enabling condition)에 의해 뒷받침된다. 다층적 거버넌스, 제도적 역량, 정책 수단, 기술 혁신과 이전, 재정 동원, 행동 및 생활양식의 변화 강화와 같은 이행가능조건은 지구온난화를 1.5°C로 억제하기 위한 시스템 전환에 필요한 완화 및 적응 수단의 실행가능성을 개선한다(높은 신뢰도). {1.4, 제1장 교차챕터 박스 3, 4.4, 4.5, 5.6}**

18) 온실가스 배출량은 IPCC 제2차 평가보고서에 소개되었던 100-year GWP 값으로 집계된 것임

- D.3. 이행가능조건과 함께 국가별 상황에 맞는 적응 옵션이 신중히 선별된다면, 상충이 발생할 수는 있으나 지구온난화 1.5°C와 지속가능한 발전 및 빈곤 감소를 위한 편익이 발생할 것이다(높은 신뢰도). {1.4, 4.3, 4.5}**
- D.3.1. 자연과 인간계의 취약성을 줄이는 적응 옵션은 잘 관리된다면 식량과 물 안보 확보, 재난 리스크 감소, 보건 환경 개선, 생태계 서비스 유지, 빈곤 및 불평등 감소를 비롯해 지속가능 발전과 함께 많은 시너지를 발생시킨다(높은 신뢰도). 사회의 복원력 및 적응 역량 향상을 위한 물리적 및 사회적 기반시설 투자 확대는 핵심적인 이행가능조건이다. 이러한 편익은 지구온난화 1.5°C에 대한 적응을 비롯하여 대부분 지역에서 발생할 수 있다(높은 신뢰도). {1.4.3, 4.2.2, 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3, 4.3.5, 4.4.1, 4.4.3, 4.5.3, 5.3.1, 5.3.2}
- D.3.2. 1.5°C 지구온난화에 대한 적응은 지속가능한 발전에 대한 악영향과 함께 상충 또는 부적응 또한 일으킬 수 있다. 예를 들면, 여러 분야에서 적응 프로젝트가 제대로 설계되지 않거나 실행되지 않는다면, 온실가스 배출량과 물의 사용이 증가하고 성 불평등과 사회적 불평등이 증가할 수 있으며, 보건 환경이 저해되고 자연 생태계에 침입이 일어날 수 있다(높은 신뢰도). 이러한 상충은 빈곤과 지속가능한 발전에 대한 관심을 포함하는 적응을 통해 줄일 수 있다(높은 신뢰도). {4.3.2, 4.3.3, 4.5.4, 5.3.2; 제3장 교차챕터 박스 6 및 7}
- D.3.3. 1.5°C로 지구온난화를 억제하기 위한 완화와 적응 옵션의 결합이 참여적이고 통합적인 방식으로 이행되면 도시와 농어촌 지역에 빠르고 체계적인 전환을 가져올 수 있다(높은 신뢰도). 경제적이고 지속가능한 개발과 조율되고 국가 정부가 지방과 지역 정부 및 정책 결정자를 지원할 때 이러한 수단들은 가장 효과적이다(중간 신뢰도). {4.3.2, 4.3.3, 4.4.1, 4.4.2}
- D.3.4. 배출량을 저감하는 적응 수단은 대부분의 영역과 시스템 전환에 있어 시너지 효과와 비용 절약을 가져올 수 있는데, 예로 토지관리가 배출량과 재해 리스크를 줄이거나 저탄소 건물이 효율적인 냉방을 위해 설계된 경우를 들 수 있다. 바이오에너지 작물과 신규조림 또는 재조림이 농업 적응에 필요한 토지를 잠식하는 경우처럼, 1.5°C로 지구온난화를 억제하였을 때 완화와 적응간의 상충은 식량안보, 생계, 생태계 기능과 서비스 및 다른 지속가능발전의 측면을 저해할 수 있다(높은 신뢰도). {3.4.3, 4.3.2, 4.3.4, 4.4.1, 4.5.2, 4.5.3, 4.5.4}
- D.4. 지구온난화 1.5°C 경로에 상응하는 완화 옵션은 지속가능발전목표(SDGs)에 걸쳐 다양한 시너지 및 상충과 연관되어 있다. 가능한 시너지의 총 수가 상충되는 수를 넘어서지만, 시너지의 순 영향은 변화의 속도와 규모, 완화 포트폴리오의 조합, 전환에 대한 관리에 따라 좌우될 것이다(높은 신뢰도). (그림 SPM 4) {2.5, 4.5, 5.4}**
- D.4.1. 지구온난화 1.5°C 경로는 지속가능발전목표(SDGs) 3(건강 및 웰빙), 7(모두를 위한 깨끗한 에너지), 11(지속가능한 도시), 12(지속가능한 생산과 소비), 14(해양생태계 보존)에 대해 특히 통계적으로 유의미한 시너지를 보여준다(매우 높은 신뢰도). 일부 1.5°C 경로는 신중히 관리되지 않으면 SDGs 1(빈곤 퇴치), 2(기아 종식 및 지속가능한 농업), 6(깨끗한 물과 위생), 7(모두를 위한 깨끗한 에너지)에 대해 완화에 따른 잠재적인 상충을 보인다(높은 신뢰도). (그림 SPM 4) {5.4.2, 그림 5.4, 제3장 교차챕터 박스 7 및 8}
- D.4.2. 낮은 에너지 수요(예: 그림 SPM 3a 와 SPM 3b 의 P1 참조), 낮은 재료 소비, 온실가스 집약도가 낮은 식량 소비를 포함하는 지구온난화 1.5°C 경로는 지속가능한 발전 및 SDGs와 관련해 가장 뚜렷한 시너지와 가장 적은 수의 상충을 보인다(높은 신뢰도). 이러한 경로는 이산화탄소흡수에 대한 의존도를 낮출 것이다. 모식화된 경로에서, 지속가능발전, 빈곤 퇴치 및 불평등 감소는 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 것을 지원할 수 있다(높은 신뢰도). (그림 SPM 3b, 그림 SPM 4) {2.4.3, 2.5.1, 2.5.3, 그림 2.4, 그림 2.28, 5.4.1, 5.4.2, 그림 5.4}

SDGs를 이용한 지속가능한 발전과 기후변화 완화와의 가능한 연계

(비용 및 이익은 포함되지 않음)

분야별로 이용된 완화 수단은 지속가능발전목표(SDGs)에 긍정적인 효과(시너지) 또는 부정적인 효과(상충)를 가져올 수 있음. 이러한 가능성의 실현 정도는 완화 수단 포트폴리오, 완화 정책의 설계와 지역적인 상황과 맥락에 의존적임. 특히 에너지 수요 부문에서는 가능한 시너지가 상충보다 큼. 아래 그림의 막대는 신뢰도 수준별로 개별적으로 평가된 옵션을 분류하고 있으며 평가한 완화와 SDG 사이의 상대적인 연계 수준을 고려하고 있음

막대의 길이는 연계된 강도를 의미함



색칠된 막대의 전체 길이는 부문별 감축 수단과 SDGs 간 시너지 및 상충의 상대적인 가능성을 의미함

음영은 신뢰도 수준을 의미함



음영은 상충/시너지에 대하여 평가된 가능성의 신뢰도 수준을 의미함

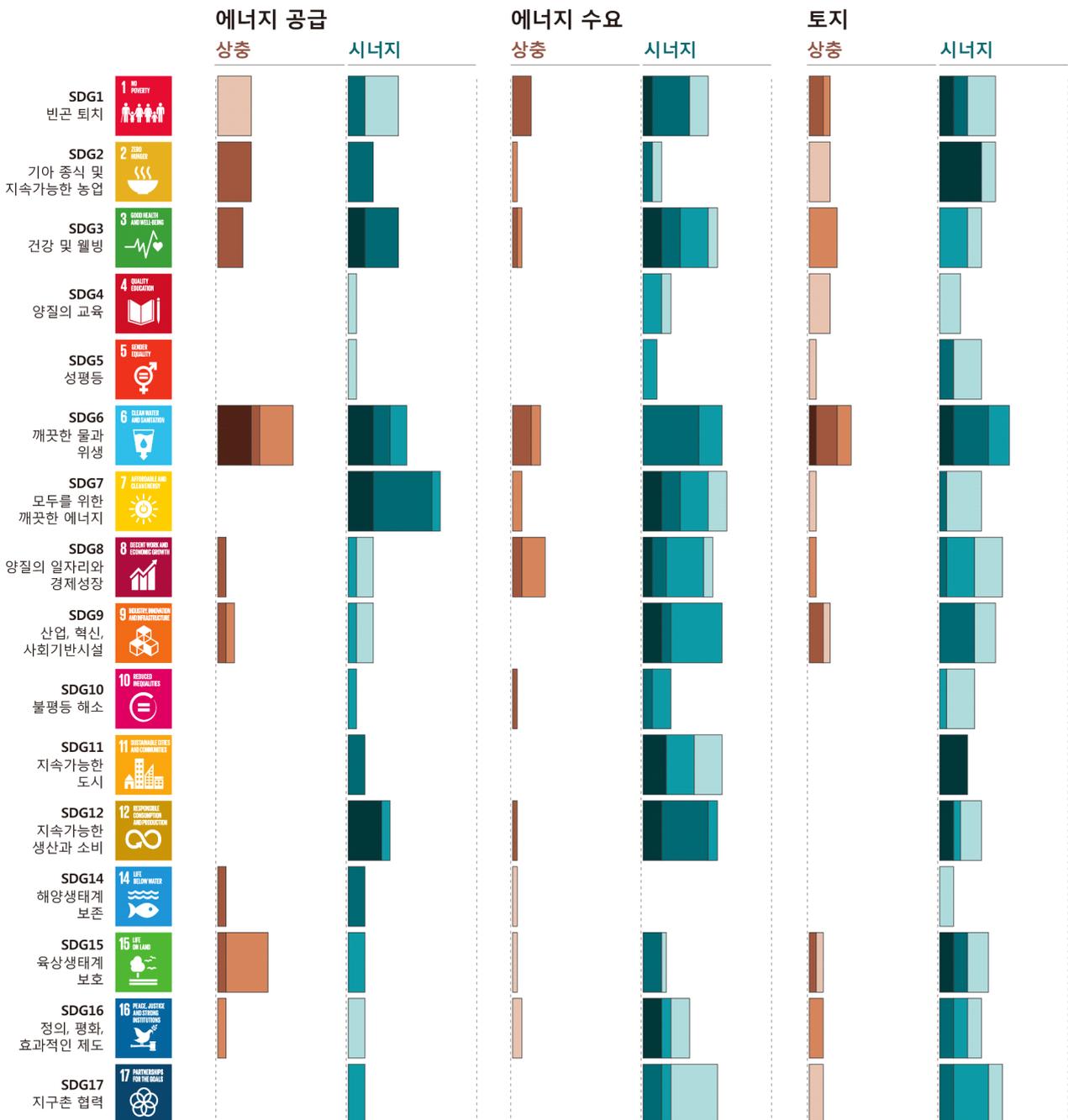


그림 SPM 4: 부문별 기후변화 완화 수단 포트폴리오와 지속가능발전목표 간의 잠재적인 시너지와 상충. SDGs는 지속가능한 발전 여러 측면의 평가를 위한 분석틀로 이용되며, 이는 2030 SGD 목표 기간 범위 이후에도 연장됨. 이 평가는 1.5°C와 관련된 완화 수단에 대한 연구 문헌을 바탕으로 함. SDGs와의 상호작용의 강도 평가 값은 표 5.2에 나열된 개별 완화 수단에 대한 질적·양적 평가에 근거함. 개별 완화 수단에 대해 SDGs와의 연계 강도뿐 아니라 해당 문헌의 신뢰도(녹색 및 적색 음영)가 평가됨. 한 분야 안에서 개별 옵션(표 5.2 참조) 간의 긍정적인 연계(시너지) 및 부정적인 연계(상충) 강도가 전체 완화 수단 포트폴리오에 대한 부문별 잠재량으로 집계됨. 막대 외부의 (백색) 영역은 상호작용이 없음을 보여주며 불확실성과 간접적 영향을 조사한 문헌이 제한적이어서 **신뢰도가 낮음**. 연계 강도는 완화 효과만 고려하며, 회피된 영향으로 인한 이익은 포함하지 않음. SDG 13(기후변화 대응)은 SDGs와의 상호작용에서 완화가 고려되기 때문에 나열되지 않음. 막대는 연계의 강도를 의미하며 SDGs에 대한 영향의 강도는 고려되지 않음. 에너지 수요 부문은 교통, 산업 및 건물 분야에서 행동 변화, 연료 전환 및 효율개선과 산업 부문에서의 탄소 포집 수단 또한 포함함. 에너지 공급 분야에서 평가된 옵션에는 바이오매스, 바이오매스 외의 재생 에너지, 원자력, 바이오에너지·CCS, 화석연료·CCS를 포함. 토지 분야 옵션에는 농업 및 산림 옵션, 지속가능한 식이(diets) 및 음식물 쓰레기 저감, 토양 격리, 가축 및 분뇨 관리, 산림 파괴 저감, 신규조림 및 재조림, 완전 표시제(responsible sourcing)가 포함됨. 이 그림에 포함되지 않았지만, 해양 부문의 옵션이 본 보고서에서 논의됨. {5.4, 표 5.2, 그림 5.2}

1.5°C 경로에서 완화가 지속가능한 발전에 미치는 순 영향에 대한 정보는 일부 SDGs와 완화 수단에 대해서만 이용 가능함. 일부 연구만이, 1.5°C 경로에서 SDGs에 대해서 회피된 기후변화 영향 이익과, 완화 및 SDGs에 대한 적응의 공통 효과를 평가함. 그림 SPM 4의 완화 잠재량 평가는 AR5에서 미래에는 보다 더 포괄적이고 통합된 평가로 발전해야 함.

- D.4.3. 모식화된 1.5°C와 2°C 지구온난화 경로는 보통 신규조림과 바이오에너지 공급처럼 대규모 토지 관련 조치 확대에 좌우되며, 이러한 조치는 제대로 관리되지 않을 경우 식량 생산과 대치되어 식량 안보에 대한 우려가 높아질 수 있다(높은 신뢰도). 이산화탄소흡수가 SDGs에 미치는 영향은 옵션의 종류와 확대 규모에 달려있다(높은 신뢰도). BECCS와 AFOLU와 같은 옵션은 제대로 이행되지 않을 경우 상충을 초래할 것이다. 상황을 고려한 설계 및 이행 시에는 사람들의 필요, 생물다양성, 기타 지속가능한 개발의 측면을 고려해야 한다(매우 높은 신뢰도). {5.4.1.3, 제3장 교차챕터 박스 7}
- D.4.4. 1.5°C 지구온난화 경로에 상응하는 완화는 수익 및 고용 창출을 위해 화석연료 의존도가 높은 지역에서 지속가능발전을 위한 리스크를 야기한다(높은 신뢰도). 경제와 에너지 분야의 다양성을 촉진하는 정책이 이와 관련된 과제를 해결할 수 있다(높은 신뢰도). {5.4.1.2, 박스 5.2}
- D.4.5. 분야 및 인구 전반에 걸쳐 빈곤층과 취약계층을 보호하는 재분배 정책은 SDGs 가운데 특히 기아, 빈곤, 에너지 접근에 대한 상충을 해결할 수 있다. 이러한 보완 정책에 대한 투자는 1.5°C 지구온난화 경로의 전체 완화 투자 가운데 작은 부분만을 차지한다(높은 신뢰도). {2.4.3, 5.4.2, 그림 5.5}
- D.5. 지속가능한 발전 및 빈곤 퇴치 차원에서 지구온난화 1.5°C에 따른 리스크를 억제하는 것은 적응과 완화에 대한 투자 증가, 정책 도구, 기술혁신과 행동 변화의 가속화를 통해 달성할 수 있는 시스템의 전환을 의미한다(높은 신뢰도). {2.3, 2.4, 2.5, 3.2, 4.2, 4.4, 4.5, 5.2, 5.5, 5.6}**
- D.5.1. 완화 및 적응을 위한 기반 시설에 대해 투자하는 방향으로 금융을 관리함으로써 추가적인 자원을 제공할 수 있다. 여기에는 기관 투자자, 자산 운용사, 개발은행 또는 투자은행을 통한 민간 자금 조성뿐 아니라 공공 자금의 공급이 포함될 수 있다. 저배출 및 적응에 대한 투자 위험을 낮추는 정부 정책은 민간 자금의 동원을 장려하고 다른 공공정책의 효과를 향상시킬 수 있다. 여러 연구가 금융에의 접근 및 자금동원을 비롯해 많은 어려움이 있음을 보여준다(높은 신뢰도). {2.5.2, 4.4.5}
- D.5.2. 지구 온난화 1.5°C 달성을 위한 적응 재정 규모는 계량하기 어렵고 2°C 경우와도 비교하기가 어렵다. 예를 들어 지식 격차에는 현재 투자가 부족한 필수 기반시설의 공급부터 특정한 기후 복원력 개선을 위한 투자 규모 계산과 관련해 불충분한 데이터가 포함된다. 적응 비용의 추정치는 2°C 지구온난화 경우 대비 1.5°C 지구 온난화 경우가 낮을 수 있다. 적응 수요는 일반적으로 국가 및 지방정부 예산과 같은 공공 분야 재원의 지원을 받거나 개발도상국의 경우에는 공적원조,

다자간 개발 은행 및 UNFCCC 경로 등의 지원을 통해 지원을 받는다(중간 신뢰도). 최근에는 NGO 및 민간 기금의 규모와 증가에 대한 이해가 높아지고 있다(중간 신뢰도). 적응 자금 조달, 제한된 역량 및 적응 금융에 대한 접근은 장애에 포함된다(중간 신뢰도). {4.4.5, 4.6}

- D.5.3. 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 전지구 모델 경로에서는 2016년에서 2035년 사이 에너지 시스템에 대한 연간 총 투자 필요가 약 2조 4천억 달러(2010 US 달러)가 소요되어 세계 GDP의 약 2.5%를 차지할 것으로 추정된다(중간 신뢰도). {2.5.2, 4.4.5, 박스 4.8}
- D.5.4. 정책 수단들은 전환의 형평성을 확보하는 수단을 병행하고, 에너지 비용, 감가상각 그리고 국제 경쟁에 미치는 영향을 비롯해 이행과 관련된 난관을 인식하며, 공동 편익을 극대화할 수 있는 기회를 활용하는 등, 전 세계 투자 및 저축의 이동과 시장 및 비시장 기반 도구를 통해 자원 동원을 촉진할 수 있다(높은 신뢰도). {1.3.3, 2.3.4, 2.3.5, 2.5.1, 2.5.2, 제3장 교차챕터 박스 8, 제4장 교차챕터 박스 11, 4.4.5, 5.5.2}
- D.5.5. 지구온난화를 1.5°C로 억제하고 여기에 적응하기 위한 시스템 전환에는 신규 및 가능한 와해성 (disruptive) 기술 및 실천의 광범위한 채택과 함께 기후 중심의 혁신 강화가 포함된다. 이는 산업 및 금융을 포함하여 기술 혁신 역량 향상을 의미한다. 국가 혁신 정책과 국제 협력은 완화 및 적응 기술의 개발, 상업화 및 광범위한 채택에 기여할 수 있다. 혁신 정책은 기술 확산에 인센티브를 제공하는 정책 패키지와 공공부문의 R&D 지원이 결합될 때 더 효과적일 것이다(높은 신뢰도). {4.4.4, 4.4.5}
- D.5.6. 토착 지식과 지역 지식에 기반한 정보를 포함하여 교육, 정보 및 공동체 접근방식은 지구온난화를 1.5°C로 억제하고 여기에 적응하기 위한 광범위한 행동 변화를 가속화할 수 있다. 이러한 접근 방식이 다른 정책과 결합되고 특정 행위자 및 상황에 대한 동기, 역량, 자원에 부합할 때 더욱 효과적이다(높은 신뢰도). 공공 수용성은 지구 온난화를 1.5°C로 억제하고 그 결과에 적응하기 위한 정책 및 조치의 실행을 가능하게 하거나 방해할 수 있다. 공공 수용성은 예상한 정책 결과에 대한 개인의 평가, 결과의 분배 및 결정 절차의 공정성에 대한 인식에 좌우된다(높은 신뢰도). {1.1, 1.5, 4.3.5, 4.4.1, 4.4.3, 박스 4.3, 5.5.3, 5.6.5}
- D.6. **지속가능한 발전은 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 데 도움이 되는 근본적인 사회 및 시스템 전환과 변화를 지원하고, 보통 이를 이행 가능하게 한다. 이러한 변화는 빈곤 퇴치와 불평등을 줄이기 위한 노력과 함께 의욕적인 완화 및 적응을 달성하는 기후 복원력 있는 개발 경로의 추구를 지원한다(높은 신뢰도). {박스 1.1, 1.4.3, 그림 5.1, 5.5.3, 박스 5.3}**
- D.6.1. 사회 정의와 형평성은 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 것을 목적으로 하는 기후 복원력 있는 개발 경로의 핵심적 측면으로, 그 이유는 사회 정의와 형평성이 난관과 피할 수 없는 상충을 해결하고 기회를 넓히며, 빈곤층과 소외계층의 상황을 더 악화시키지 않으면서 국가 간, 지역사회 내에서 옵션, 비전 및 가치를 신중하게 고려될 수 있도록 하기 때문이다(높은 신뢰도). {5.5.2, 5.5.3, 박스 5.3, 그림 5.1, 그림 5.6, 제5장 교차챕터 박스 12 및 13}
- D.6.2. 기후 복원력 있는 개발 경로의 잠재력은 상이한 개발 상황 및 시스템적 취약성에 따라 지역 및 국가 간/내에서 차이를 보인다(매우 높은 신뢰도). 현재까지 이러한 경로를 따르는 노력은 제한적이었으며(중간 신뢰도), 향상된 노력에는 모든 국가와 비국가 행위자들의 시기적절하고 강화된 행동이 포함될 것이다(높은 신뢰도). {5.5.1, 5.5.3, 그림 5.1}
- D.6.3. 지속가능발전예 상응하는 경로에서는 완화 및 적응의 어려움은 감소하고 관련된 완화 비용은 낮아지게 된다. 대다수 모델 연구는 지구온난화를 1.5°C로 억제할 수 있는 국제적 협력 부족, 불평등 및 빈곤으로 특성화된 경로를 구축할 수 없었다(높은 신뢰도). {2.3.1, 2.5.3, 5.5.2}

- D.7. 국가 및 지방정부, 시민사회, 민간부문, 토착민 및 지역 공동체의 기후변화 대응 역량을 강화함으로써 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 것이 의미하는 적극적인 행동 이행을 지원할 수 있다(높은 신뢰도). 지속가능한 발전이라는 측면에서, 국제 협력은 모든 국가와 모든 사람들에게 이행 가능한 환경을 제공한다. 국제협력은 개발도상국과 취약 지역에 매우 중요한 지원 수단이다(높은 신뢰도). {1.4, 2.3, 2.5, 4.2, 4.4, 4.5, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5, 박스 4.1, 박스 4.2, 박스 4.7, 박스 5.3, 제4장 교차챕터 박스 9, 제5장 교차챕터 박스 13}
- D.7.1. 비국가 공공 및 민간분야, 기관 투자자, 은행 시스템, 시민사회 및 연구 기관을 포함하는 파트너십은 지구온난화를 1.5°C로 억제하기 위한 행동과 대응을 장려할 것이다(매우 높은 신뢰도). {1.4, 4.4.1, 4.2.2, 4.4.3, 4.4.5, 4.5.3, 5.4.1, 5.6.2, 박스 5.3}.
- D.7.2. 산업, 시민사회, 연구 기관과 같은 비국가 행위자, 다양한 거버넌스 수준에서 조정된 분야별 및 범분야적 정책, 성 인지 정책, 혁신적인 자금조달을 포함하는 금융 및 기술 개발 및 이전에 대한 협력을 포함한 책임 있는 강화된 다층적 거버넌스에 대해 협력은 참여, 투명성, 역량강화, 다양한 행위자 간의 학습을 보장할 수 있다(높은 신뢰도). {2.5.2, 4.2.2, 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4, 4.5.3, 제4장 교차챕터 박스 9, 5.3.1, 4.4.5, 5.5.3, 제5장 교차챕터 박스 13, 5.6.1, 5.6.3}
- D.7.3. 국제협력은 개발도상국과 취약 지역이 국가 및 지역 여건과 필요를 고려, 금융과 기술에 대한 접근성 향상 및 국내 역량 강화를 비롯해 1.5°C에 상응하는 기후 대응의 이행 활동을 강화하는데 매우 중요한 조력자 역할을 한다(높은 신뢰도). {2.3.1, 4.4.1, 4.4.2, 4.4.4, 4.4.5, 5.4.1, 5.5.3, 5.6.1, 박스 4.1, 박스 4.2, 박스 4.7}.
- D.7.4. 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 데 있어 형평성과 효과를 고려하고 다양한 여건 및 역량을 반영하여 모든 수준에서 기울이는 공동의 노력은 기후변화에 대한 전지구적 대응 강화, 지속가능한 발전 실현 및 빈곤 퇴치를 용이하게 할 수 있다(높은 신뢰도). {1.4.2, 2.3.1, 2.5.2, 4.2.2, 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4, 4.4.5, 4.5.3, 5.3.1, 5.4.1, 5.5.3, 5.6.1, 5.6.2, 5.6.3}

박스. SPM1 특별보고서의 핵심 개념

전지구 평균 표면 온도(GMST): 육지와 해빙 표면 부근 기온과 해빙이 없는 해양의 해수면 온도의 전지구 평균 추정치로서, 그 변화는 일반적으로 특정 기준 기간에 대한 값으로부터의 편차로서 표현함. GMST의 변화를 추정할 때, 육지와 해양 위 표면 부근의 기온이 또한 사용된다.¹⁹⁾ {1.2.1.1}

산업화 이전: 1750년경 대규모 산업 활동이 시작되기 이전의 수 세기 정도의 기간. 산업화 이전의 GMST은 근사하기 위해서 1850-1900년을 기준기간으로 한다. {1.2.1.2}

지구온난화: 30년 동안 또는 특정 연도 혹은 특정 10년의 기간을 중심으로 30년 기간 동안의 GMST의 증가 추정치로 특별한 언급이 없는 한, 산업화 이전 시기 값과 비교해 표현. 과거와 미래에 걸친 30년 기간에는 최근 수십 년간의 온난화 추세가 지속된다고 가정한다. {1.2.1}

Net zero CO₂ 배출량: 어느 특정 기간 동안 인간활동에 기인한 CO₂ 배출량이 인간활동에 기인한 전지구적 CO₂ 흡수량과 균형을 이룰 때 net zero CO₂ 배출량이 달성된다.

이산화탄소흡수(CDR): 대기 중에서 CO₂를 흡수하고 지질, 육상, 해양 저장소 또는 생산물에 영구적으로 저장하는 인위적인 활동. 이는 기존 및 향후 가능한 생물학적 또는 지구화학적 흡수원의 인위적인 강화와 직접적인 공기 포집 및 저장이 포함되지만 인간활동과 직접적으로 관련 없는 자연적 CO₂ 흡수는 제외한다.

총 탄소배출총량: 산업화 이전 기간부터 인간 활동에 기인한 CO₂ 배출량이 net zero에 도달해 상당한 확률로 주어진 수준으로 온난화를 억제되는 시기까지 인간 활동에 기인한 전지구 CO₂ 순 누적 배출량의 추정값으로, 다른 인간활동에 기인한 배출량의 영향을 고려한다. {2.2.2}

잔여 탄소배출총량: 특정 시점부터 인간활동에 기인한 CO₂ 배출량이 net zero에 도달해 상당한 확률로 주어진 수준으로 온난화를 억제되는 시기까지 인간활동에 기인한 전지구 CO₂ 순 누적 배출량의 추정 값으로, 다른 인간 활동에 기인한 배출량의 영향을 고려한다. {2.2.2}

온도 오버슈트: 특정한 지구온난화 수준을 일시적으로 초과하는 경우이다.

배출 경로: SPM 내에서, 21세기 동안 인간활동에 기인한 전지구 배출량을 모델링한 궤적을 배출 경로라 명명한다. 배출 경로는 21세기 동안 온도 궤적에 따라 분류된다: 현재 지식 수준을 바탕으로 50% 이상의 확률로 지구온난화를 1.5°C 미만으로 억제하는 경로는 '오버슈트 없음'으로 분류; 온난화를 1.6°C 미만으로 억제하고 2100년까지 1.5°C로 낮출 수 있는 경로를 '1.5°C 제한된 오버슈트'으로 분류; 1.6°C를 초과하지만 2100년까지 1.5°C로 낮출 수 있는 경로를 '보다 높은 오버슈트'으로 분류한다.

영향: 기후변화가 인간계 및 자연계에 미치는 영향이다. 영향은 생계, 건강과 복지, 생태계, 생물종, 생태계 서비스, 기반시설과 경제·사회·문화적 자산에 혜택을 주거나 불리한 결과를 초래할 수 있다.

리스크: 위해(hazard)와 영향을 받는 시스템의 노출 및 취약성 간의 상호작용으로 인한 결과이자 인간과 자연계에 대한 기후 관련 위해로 인한 잠재적으로 부정적인 영향을 말한다. 리스크는 위해에 대한 노출 가능성과 그 영향의 규모를 통합한 것이다. 리스크는 또한 기후변화 적응이나 완화로 인한 부정적 효과가 발생할 가능성으로도 표현될 수 있다.

기후 복원력 있는 개발 경로(CRDPs): 여러 규모에서 형평성 있는 사회 및 시스템 전환을 통해 지속가능한 발전 및 빈곤 퇴치 노력을 강화하는 궤적으로 적극적인 완화, 적응 및 기후 복원력을 통해 기후변화 위험이 줄어든다.

19) 연구문헌을 반영한 과거 IPCC 보고서들은 GMST 변화와 대략적으로 동등한 다양한 측정법을 사용하였음