

**TS**

**기술요약서**  
**Technical Summary**



## TS

## 기술요약서(TS)

TS

**총괄주저자:**

Myles Allen (영국), Heleen de Coninck (네덜란드), Opha Pauline Dube (보츠와나), Ove Hoegh-Guldberg (호주), Daniela Jacob (독일), Kejun Jiang (중국), Aromar Revi (인도), Joeri Rogelj (벨기에/오스트리아), Joyashree Roy (인도), Drew Shindell (미국), William Solecki (미국), Michael Taylor (자메이카), Petra Tschakert (호주/오스트리아), Henri Waisman (프랑스).

**주저자:**

Sharina Abdul Halim (말레이시아), Philip Antwi-Agyei (가나), Fernando Aragón-Durand (멕시코), Mustafa Babiker (수단), Paolo Bertoldi (이태리), Marco Bindi (이태리), Sally Brown (영국), Marcos Buckeridge (브라질), Ines Camilloni (아르헨티나), Anton Cartwright (남아프리카), Wolfgang Cramer (프랑스/독일), Purnamita Dasgupta (인도), Arona Diedhiou (세네갈), Riyanti Djalante (인도네시아), Wenjie Dong (중국), Kristie Ebi (미국), Francois Engelbrecht (남아프리카), Solomon Fifita (피지), James Ford (캐나다/영국), Piers Forster (영국), Sabine Fuss (독일), Bronwyn Hayward (뉴질랜드), Jean-Charles Hourcade (프랑스), Veronika Ginzburg (러시아), Joel Guiot (프랑스), Collins Handa (케냐), Yasuaki Hijioka (일본), Stephen Humphreys (영국/아일랜드), Mikiko Kainuma (일본), Jatin Kala (호주), Markku Kanninen (핀란드), Haroon Kheshgi (미국), Shigeki Kobayashi (일본), Elmar Kriegler (독일), Debora Ley (과테말라/멕시코), Diana Liverman (미국), Natalie Mahowald (미국), Reinhard Mechler (독일), Shagun Mehrotra (미국/인도), Yacob Mulugetta (영국/에티오피아), Luis Mundaca (칠레/스웨덴), Peter Newman (호주), Chukwumerije Okereke (나이지리아/영국), Antony Payne (영국), Rosa Perez (필리핀), Patricia Fernanda Pinho (브라질), Anastasia Revokatova (러시아), Keywan Riahi (오스트리아), Seth Schultz (미국), Roland Séférian (프랑스), Sonia I. Seneviratne (스위스), Linda Steg (네덜란드), Avelino G. Suarez Rodriguez (쿠바), Taishi Sugiyama (일본), Adelle Thomas (바하마), Maria Virginia Vilariño (아르헨티나), Morgan Wairiu (솔로몬 제도), Rachel Warren (영국), Guangsheng Zhou (중국), Kirsten Zickfeld (캐나다)

**기여저자:**

Malcolm Araos (캐나다), Michelle Achlatis (그리스), Lisa V. Alexander (호주), Stefan Bakker (네덜란드), Mook Bangalore (미국), Amir Bazaz (인도), Ella Belfer (캐나다), Tim Benton (영국), Peter Berry (캐나다), Bishwa Bhaskar Choudhary (인도), Christopher Boyer (미국), Lorenzo Brilli (이태리), Katherine Calvin (미국), William Cheung (캐나다), Sarah Connors (영국), Joana Correia de Oliveira de Portugal Pereira (포르투갈/ 영국), Marlies Craig (남아프리카), Dipak Dasgupta (인도), Michel den Elzen (네덜란드), Haile Eakin (미국), Oreane Edelenbosch (네덜란드), Neville Ellis (호주), Johannes Emmerling (독일/이태리), Jason Evans (호주), Maria Figueroa (베네수엘라/덴마크), Hubertus Fisher (스위스), Klaus Fraedrich (독일), Jan Fuglestedt (노르웨이), Anjani Ganase (트리니다드토바고), Thomas Gasser (프랑스/오스트리아), Jean Pierre Gattuso (프랑스), Frédéric Gherzi (프랑스), Nathan Gillet (캐나다), Adriana Grandis (브라질), Peter Greve (독일/오스트리아), Tania Guillén B. (독일/ 니카라과), Mukesh Gupta (인도), Naota Hanasaki (일본), Tomoko Hasegawa (일본), Eamon Haughey (아일랜드), Katie Hayes (캐나다), Chenmin He (중국), Karen Paiva Henrique (브라질), Edgar Hertwich (오스트리아/미국), Annette Hirsch (호주/스위스), Lena Höglund-Isaksson (스웨덴/오스트리아), Daniel Huppmann (오스트리아), Saleemul Huq (방글라데시/영국), Rachel James (영국), Chris Jones (영국), Thomas Jung (독일), Richard Klein (네덜란드/독일), Kiane de Kleijne (네덜란드), Gerhard Krinner (프랑스), David Lawrence (미국), Tim Lenton (영국), Gunnar Luderer (독일), Maria del Mar Zamora Dominguez (멕시코), Peter Marcotullio (미국), Anil Markandya (영국/스페인), Omar Massera (멕시코), David L. McCollum (미국/오스트리아), Kathleen McInnes (호주), Amaha Medhin Haileselassie (에티오피아), Malte Meinshausen (독일/호주), Katrin J. Meissner (호주), Richard Millar (영국), Katja Mintenbeck (독일), Dann Mitchell (영국), Alan C. Mix (미국), Dirk Notz (독일), Leonard Nurse (바베이도스), Andrew Okem (나이지리아), Lennart Olsson (스웨덴), Carolyn Opio (우간다), Michael Oppenheimer (미국), Shlomit Paz (이스라엘), Simon Parkinson (캐나다), Juliane Petersen (독일), Jan Petzold (독일), Maxime Plazzotta (프랑스), Alexander Popp (독일), Swantje Preuschmann (독일), Pallav Purohit (인도/오스트리아), Mohammad Feisal Rahman (방글라데시), Graciela Raga (아르헨티나), Andy Reisinger (뉴질랜드), Kevon Rhiney (자메이카), Aurélien Ribes (프랑스), Mark Richardson (미국/영국), Wilfried Rickels (독일), Timmons Roberts (미국), Maisa Rojas (칠레), Arjan van Rooij (네덜란드), Diana Hinge Salili (바누아투), Harry Saunders (캐나다/미국), Christina Schädel (스위스/미국), Hanna Scheuffele (독일), Lisa Schipper (스웨덴), Carl-Friedrich Schleussner (독일), Jörn Schmidt (독일), Daniel Scott (캐나다), Jana Sillmann (독일/노르웨이), Chandni Singh (인도), Raphael Slade (영국), Christopher Smith (영국), Pete Smith (영국), Shreya Some (인도), Gerd Sparovek (브라질), Will Steffen (호주), Kimberly Stephensen (자메이카), Tannecia Stephenson (자메이카), Pablo Suarez (아르헨티나), Mouhamadou B. Sylla (세네갈), Nenenteiti Teariki-Ruatu (키리바시), Mark Tebboth (영국), Peter Thorne (아일랜드/영국), Evelina Trutnevyte (리투아니아/스위스), Penny Urquhart (남아프리카), Anne M. van Valkengoed (네덜란드), Robert Vautard (프랑스), Richard Wartenburger (독일/스위스), Michael Wehner (미국), Margaretha Wewerinke-Singh (네덜란드), Nora M. Weyer (독일), Felicia Whyte (자메이카), Lini Wollenberg (미국), Yang Xiu (중국), Gary Yohe (미국), Xuebin Zhang (캐나다), Wenji Zhou (중국/오스트리아), Robert B. Zougmore (부르키나 파소/말리)

**검토편집자:**

Amjad Abdulla (몰디브), Rizaldi Boer (인도네시아), Ismail Elgizouli Idris (수단), Andreas Fischlin (스위스), Greg Flato (캐나다), Jan Fuglestedt (노르웨이), Xuejie Gao (중국), Mark Howden (호주), Svitlana Krakovska (우크라이나), Ramon Pichs Madruga (쿠바), Jose Antonio Marengo (브라질), Rachid Mrabet (모로코), Joy Pereira (말레이시아), Roberto Sanchez (멕시코), Roberto Schaeffer (브라질), Boris Sherstyukov (러시아), Diana Ürge-Vorsatz (헝가리)

**챕터 과학자:**

Daniel Huppmann (오스트리아), Tania Guillén Bolaños (독일/니카라과), Neville Ellis (호주), Kiane de Kleijne (네덜란드), Richard Millar (영국), Chandni Singh (인도), Chris Smith (영국)

**기술요약서(TS)는 다음과 같이 인용되어야 합니다:**

M. R. Allen, Heleen de Coninck, Opha Pauline Dube, Ove Hoegh-Guldberg, Daniela Jacob, Kejun Jiang, Aromar Revi, Joeri Rogelj, Joyashree Roy, Drew Shindell, William Solecki, Michael Taylor, Petra Tschakert, Henri Waisman, Sharina Abdul Halim, Philip Antwi-Agyei, Fernando Aragon-Durand, Mustafa Babiker, Paolo Bertoldi, Marco Bindi, Sally Brown, Marcos Buckeridge, Ines Camilloni, Anton Cartwright, Wolfgang Cramer, Purnamita Dasgupta, Arona Diedhiou, Riyanti Djalante, Wenjie Dong, Kristie L. Ebi, Francois Engelbrecht, Solomone Fifita, James Ford, Piers Forster, Sabine Fuss, Bronwyn Hayward, Jean-Charles Hourcade, Veronika Ginzburg, Joel Guiot, Collins Handa, Yasuaki Hijikata, Stephen Humphreys, Mikiko Kainuma, Jatin Kala, Markku Kanninen, Haroon Kheshgi, Shigeki Kobayashi, Elmar Kriegler, Debora Ley, Diana Liverman, Natalie Mahowald, Reinhard Mechler, Shagun Mehrotra, Yacob Mulugetta, Luis Mundaca, Peter Newman, Chukwumerije Okereke, Antony Payne, Rosa Perez, Patricia Fernanda Pinho, Anastasia Revokatova, Keywan Riahi, Seth Schultz, Roland Seferian, Sonia I. Seneviratne, Linda Steg, Avelino G. Suarez Rodriguez, Taishi Sugiyama, Adelle Thomas, Maria Virginia Vilarino, Morgan Wairiu, Rachel Warren, Guangsheng Zhou, Kirsten Zickfeld, 2018, Technical Summary. 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 [V. Masson-Delmotte, 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, T. Waterfield (eds.)]. In Press.

# 목 차

TS.1 맥락 및 배경 .....	31
TS.2 지속가능발전 차원에서 1.5°C 달성을 위한 감축 경로 .....	32
TS.3 1.5°C 지구온난화가 자연계 및 인간에 미치는 영향 .....	35
TS.4 전지구적 대응 강화 및 이행 .....	40
TS.5 지속가능발전, 빈곤 퇴치, 불평등 감소 .....	44

## TS.1 맥락 및 배경

이 챕터는 기후변화 위협에 대한 전지구적 대응과 지속가능발전 및 빈곤 퇴치 노력의 강화가 요구되는 시점에서 IPCC 제5차 평가보고서(Fifth Assessment Report; AR5)를 바탕으로 산업화 이전 수준 대비 1.5°C의 지구온난화가 미치는 영향 및 그와 관련된 전지구 온실가스 배출 경로를 이해하는 데 사용되는 배경, 지식 기반, 평가 방식을 제시한다.

인간 활동에 기인한 온난화는 산업화 이전 대비 1°C(가능성 높음 범위 0.8-1.2°C)에 도달했으며 이는 10년당 0.2°C(가능성 높음 범위 0.1-0.3°C)의 상승에 해당한다(높은 신뢰도). 이 보고서에서 지구온난화는 30년간 전 세계 표면 기온과 해수면 온도를 조합한 평균 상승 온도로 정의된다. 달리 명시되지 않는 한, 온난화는 AR5에서 산업화 이전 온도의 근사치로 이용되는 1850-1900년의 온도 대비로 표현된다. 30년 미만 기간에 대해서 온난화는 해당 기간을 중심으로 하는 30년간의 평균 온도 추정치를 가리키며 이는 해당 30년 기간 중 온도 변동 또는 추세의 영향력을 설명한다. 이에 따라 산업화 이전 대비 2006년부터 2015년 까지 10년간의 온난화는 0.87°C(가능성 높음 범위 0.75-0.99°C)로 추정된다. 과거 대비 태양 및 화산 활동으로 인한 온도 상승의 불확실성을 ±20%(가능성 높음 범위)로 감안할 때, 2000년 이후 인간 활동에 기인한 온난화에 대해 추정된 수준은 관찰된 온난화 수준과 일치했다(높은 신뢰도). {1.2.1}

전지구 평균을 초과하는 온난화는 이미 여러 지역과 계절에서 관찰되었으며 육지에서의 평균 온난화가 해양보다 더 높았다(높은 신뢰도). 대부분의 육지에서는 전지구 평균을 초과하는 온난화가 나타나고 있는 반면, 대부분 해양 지역의 온난화는 그보다 느린 속도로 진행되고 있다. 검토한 온도 자료에 따르면, 2006년부터 2015년까지 10년 동안을 기준으로 산업화 이전 대비 최소 한 계절 이상 1.5°C 이상의 온난화를 경험한 지역에 전지구 인구의 20-40%가 거주하고 있다(중간 신뢰도). {1.2.1, 1.2.2}

과거 배출량만으로 전지구 평균 기온이 산업화 이전 대비 1.5°C 이상 상승했을 가능성은 낮지만(중간 신뢰도), 해수면 상승과 같은 다른 변화를 초래했다(높은 신뢰도). (에어로졸 관련 배출을 포함한) 인간활동에 기인한 배출량을 즉시 0으로 감소시키면 이미 진행된 1°C 외의 추가적인 온난화는 여러 기후 과정과 인자들의 상반되는 효과로 향후 20-30년간 동안 0.5°C 미만일 가능성이 높고(높은 신뢰도), 향후 100년간의 시간 규모에서 0.5°C 미만일 가능성이 높다(중간 신뢰도). 그러므로 1.5°C를 초과하는 온난화는 지구물리학적 회피 불가능한 현상이 아니며 이는 배출량 감축 속도에 좌우된다. {1.2.3, 1.2.4}

1.5°C 배출 경로는, 기후 반응에 대한 현재의 지식을 바탕으로, 1/2에서 2/3의 확률로 온난화를 1.5°C 미만으로 유지하거나 또는 오버슈트(overshoot) 이후에 2100년경까지 다시 1.5°C 수준으로 되돌릴 수 있는

배출 경로로 정의된다. 오버슈트 경로는 오버슈트 최대 강도로 특정되며, 이는 영향에 대한 다른 시사점을 제공한다. 모든 1.5°C 경로는 이산화탄소와 아산화질소를 포함한 장기 체류 온실가스의 누적 배출량 제한 및 다른 기후변화 유발물질의 상당한 저감을 포함한다(높은 신뢰도). 누적 배출량을 제한하기 위해서는 누적 한계치에 도달하기 이전에 장기 체류 온실가스의 전지구 순배출량을 0으로 저감하거나 한계치를 초과한 이후 전지구적 net negative (인간활동에 기인한 흡수)를 달성해야 한다. {1.2.3, 1.2.4, 교차챕터 박스 1, 2}

이 보고서는 1.5°C 온난화의 전지구 평균 및 그 이상의 온난화가 미칠 영향을 평가한다. 1.5°C 지구온난화는 여러 지역과 계절에 발생하는 1.5°C 보다 상당히 더 큰 온난화와 더불어 1.5°C 내외의 전지구 평균 표면 온도의 자연적인 변동과 관련되며(높은 신뢰도), 영향 평가에 이 모두가 고려되어야 한다. 1.5°C 온난화의 영향은 또한 1.5°C로의 배출 경로에도 좌우된다. 1.5°C 미만으로 유지되는 경로와 상당한 오버슈트 이후 1.5°C로 되돌아오는 경로의 영향은 매우 다르며, 온난화가 1.5°C에서 유지되는 경우와 1.5°C를 일시적으로 초과하는 경우의 영향 역시 매우 다르다(중간 신뢰도). {1.2.3, 1.3}

이 보고서는 1.5°C 및 그 이상의 온난화로 인한 많은 영향들과 온난화를 1.5°C로 억제하기 위한 완화조치들로 인한 몇몇 가능성 있는 영향들이 빈곤층 및 취약계층에 불균형적으로 집중되기 때문에, 윤리적 고려사항과 형평성의 원칙은 특히 이 보고서의 핵심이다(높은 신뢰도). 형평성은 절차적 및 분배적 측면을 가지며 책임 분담에 있어서 세대간, 국가간 그리고 국가 내에서의 공정성을 필요로 한다. 파리 협정은 산업화 이전 수준 대비 전지구 평균 온도 상승폭을 2°C보다 훨씬 낮은 수준으로 유지하고 나아가 1.5°C까지 억제하기 위한 노력을 추구한다는 목표를 설정하면서, 기후변화에 대한 효과적 대응을 위해서는 2015 UN지속가능발전목표(United Nations Sustainable Development Goals)를 참고할 수 있는 전 세계 공동의 노력이 필요하다는 인식 하에 형평의 원칙을 빈곤 퇴치 및 지속가능한 발전의 더 광범위한 목표와 연계하고 있다. {1.1.1}

기후 적응은 기후변화의 유해한 영향에 대한 노출 및 취약성을 감소시키고 모든 잠재적 편익을 활용함으로써 기후변화 영향의 관리를 위해 취하는 활동을 가리킨다. 적응은 전 세계, 국가, 지역 수준에서 이루어진다. 도시와 농어촌 지자체 당국을 포함한 국가 하위 관할 구역 및 기구들이 기후 및 날씨 관련 리스크 저감 조치 개발과 강화에 있어 매우 중요하다. 적응 조치의 이행은 최신 및 지역 관련 정보의 불가용성, 재정과 기술의 부족, 사회적 가치 및 태도, 제도적 제약 등 여러 장애에 직면하고 있다(높은 신뢰도). 정책이 완화 및 빈곤 퇴치 목표와 조정된다면 적응은 지속가능한 발전에 기여할 수 있을 것이다(중간 신뢰도). {1.1, 1.4}

온난화를 1.5°C 수준으로 억제하는 동시에 지속가능발전과 빈곤 퇴치를 달성하기 위해서는 대대적인 완화 조치가 필수적이다(높은 신뢰도). 그러나 부실한 대응은,





빈곤과 씨름하며 에너지 시스템의 상당한 전환을 필요로 하는 국가 및 지역에 특히 어려움을 가중시킬 수 있다. 이 보고서는 기후변화 적응 및 완화, 빈곤 퇴치, 불평등 감소를 포함해 지속가능발전목표의 달성을 위한 '기후 복원력 있는 발전 경로'(climate-resilient development pathway)에 초점을 둔다. 하지만 온난화가 1.5°C 이내로 유지되는 모든 이행가능한 경로는 시너지와 상충이 수반된다(높은 신뢰도). 어떤 경로가 형평성의 원칙과 더 일치하는지에 관해서는 여전히 상당한 불확실성이 남아 있다. {1.1.1, 1.4}

**과학적 증거, 서술형 시나리오, 예상 경로를 포함해 다양한 형태의 지식이 1.5°C에 대한 이해에 활용된다.** 이 보고서는 물리적 기후 시스템과 기후변화 관련 영향 및 취약성에 대한 전통적 증거와 함께 기후 영향과 거버넌스 시스템의 경험과 리스크 인식으로부터 얻어진 지식을 바탕으로 한다. 시나리오와 경로는 윤리적 고려사항, 형평성 원칙, 필요한 사회 변혁의 중요성에 대한 인식 하에 목표 지향적 미래를 가능 하는 조건 탐구에 이용된다. {1.2.3, 1.5.2}

**온난화를 1.5°C로 억제하고 그 결과에 대한 적응이 현실적으로 가능한지에 관한 질문에는 하나의 해답만 있는 것이 아니다.** 이 보고서에서 이행가능성은 시스템이 전체적으로 특정 성과를 달성할 수 있는 역량으로 간주된다. 온난화를 1.5°C로 억제하는 데에 필요한 전지구적 전환은 완화, 적응 및 지속가능발전 간의 연계, 시너지 및 상충을 반영한 이행가능조건을 필요로 한다. 이행 가능한 조건에는 지구물리, 환경생태, 기술, 경제, 사회 문화, 제도 등 여러 시스템과 관련된 측면에서 평가되며, 이는 심오하고 차등적이면서 지구 전체 시스템에 대한 인간의 영향이 지질학적으로 점점 더 중요해지는 인류세 (Anthropocene)에 대해 통일된 관점으로 고려될 수 있다. 이러한 틀 짓기(framing)는 또한 파리 협정의 목표를 달성하기 위한 통합된 대응의 필요성 및 기회와 필요를 조명하고, 과거, 현재, 미래의 인간과 환경의 관계가 가지는 전지구적인 상호연계성을 강조한다. {1.1, 교차 챕터 박스 1}

## TS.2 지속가능발전 차원에서 1.5°C 달성을 위한 완화 경로

이 챕터는 온난화를 산업화 이전 수준 대비 1.5°C로 억제하기 위한 완화 경로를 평가한다. 이 챕터는 그 과정에서 다음과 같은 주요 질문들에 대한 답을 모색한다. 이산화탄소 배출과 non-CO<sub>2</sub>의 배출은 어떤 역할을 하는가? {2.2, 2.3, 2.4, 2.6} 1.5°C 경로는 21세기 동안 어느 정도의 오버슈트와 1.5°C 미만으로의 회복을 수반하는가? {2.2, 2.3} 에너지, 토지 이용, 지속가능발전에서의 전환에 대해 어떤 시사점을 가지는가? {2.3, 2.4, 2.5} 정책 체계는 온난화를 1.5°C로 억제하는 것에 어떻게 영향을 미치는가? {2.3, 2.5} 이와 관련된 지식 격차는 무엇인가? {2.6}

**평가된 경로들은 전지구 에너지 및 토지 이용, 세계 경제와 관련된 21세기의 모든 배출량에 대해 통합되고 정량적인 전개를 기술한다.** 평가는 이용가능한 통합 평가 문헌 및 모델 가정 여부에 따라, 예를 들어 개별 부문에 초점을 맞춘 연구와 같이 각기 다른 범주의 다른 연구들로 보완된다. 최근에는 통합 완화 연구를 통해 완화 경로들의 특징이 좀 더 정확히 규명되고 있다. 하지만 기후 피해, 회피된 영향, 또는 모식화된 전환의 사회적 공동 편익이 대체로 여전히 설명되지 못하는 등의 한계가 존재하며 이와 동시에 이루어지고 있는 급속한 기술 변화와 행동 측면 및 자료 투입의 불확실성은 지속적인 과제로 남아 있다(높은 신뢰도). {2.1.3, 2.3, 2.5.1, 2.6, 기술 부속서 2}

### 온난화를 1.5°C로 억제할 수 있는 확률 및 긴급 조치 요건

**산업화 이전 수준 대비 1.5°C 온난화에 상응하는 경로들은 경제 성장, 기술 발전, 생활 방식에 관한 다양한 가정 하에서 규명될 수 있다.** 그러나 전지구적인 협력 부족, 에너지 및 토지 전환에 관한 거버넌스 부재, 자원 집약적 소비의 증가가 1.5°C 경로 달성을 방해하고 있는 주요 장애물이다. 1.5°C 경로 문헌에서 거버넌스 문제는 높은 수준의 불균형 및 급속한 인구 증가 시나리오와 관련되어 있다. {2.3.1, 2.3.2, 2.5}

**2030년 이후 규모와 담대성 면에서 매우 어려워 보이는 완화 조치를 통해 보완된다고 하더라도 국가별 감축량 기여(Nationally-Determined Contributions; NDCs)로 알려진 파리 협정에 따른 약속과 일치하는 배출량 하에서 지구온난화는 산업화 이전 수준과 대비, 1.5°C를 초과할 것으로 예상된다(높은 신뢰도).** 이러한 행동 강화는 15년 이내에 net zero 이산화탄소 배출량의 달성을 필요로 한다. 이 목표가 달성된다 하더라도, 실제 지구물리학적 반응이 현재의 추정된 불확실성 범위의 최저치로 가면 온도는 겨우 1.5°C 경계값 미만으로 유지될 것으로 예상된다. 만일 전지구 배출량이 2030년 이전에 최대치에 도달하고 이후 현재에 비해 배출량을 2030년까지 상당히 저감한다면 전환의 어려움 및 현재까지 파악된 상충은 감소될 수 있다. {2.2, 2.3.5, 제4장 교차챕터 박스 11}



온난화를 1.5°C로 억제하는 것은 향후 수십 년간의 온실가스 (greenhouse gas; GHG) 배출량에 달려 있다. 즉 2030년의 GHG 배출량이 낮을수록 온난화의 최고 수준을 1.5°C로 억제할 가능성이 높아진다(높은 신뢰도). 1.5°C 오버슈트 없거나 제한적인 오버슈트(0.1°C 이하)를 목표로 하는 이용가능한 경로들은 2030년 온실가스 배출량을 25-30 GtCO<sub>2</sub>e/년(4분위수 범위)으로 유지한다. 이는 2030년 52-58 GtCO<sub>2</sub>e/년이라는 현재 무조건적인 NDC의 중간값 추정치와 대비된다. 일시적인 온도 오버슈트 후에 2100년까지 온난화를 1.5°C로 억제하는 것을 목표로 하는 경로들은 대규모 이산화탄소흡수(Carbon Dioxide Removal; CDR) 수단에 의존하지만 이들 조치는 불확실하고 분명한 리스크를 수반한다. 오버슈트 없거나 제한적인 오버슈트를 보이는 1.5°C 모델 경로에서 전지구적으로 인간활동에 기인한 순 CO<sub>2</sub> 배출량은 2010년을 기준으로 2030년 45%까지 감소하며(4분위수 범위 40-60%), 2050년 경 net zero에 도달(4분위수 범위 2045-2055년)한다. 지구온난화를 2°C 이하로 억제하는 대부분의 경로에서 최소 66% 확률로 CO<sub>2</sub> 배출량이 2030년까지 25%(4분위수 범위 10-30%) 감소하고, 2070년 경 net zero에 도달(4분위수 범위 2065-2080년)할 것으로 전망된다.<sup>1)</sup> {2.2, 2.3.3, 2.3.5, 2.5.3, 제3장 교차챕터 박스 6, 제4장 교차챕터 박스 9, 4.3.7}

온난화를 1.5°C로 억제하는 것은 2050년경 전지구적으로 net zero 이산화탄소 배출량 달성과 동시에 non-CO<sub>2</sub> 기후변화 유발 물질, 특히 메탄 배출량의 상당한 저감을 의미한다(높은 신뢰도). 이러한 완화 경로는 에너지 수요의 감소, 전기 및 다른 연료의 탈탄소화, 최종 에너지 사용의 전기화, 농업 분야 배출량의 상당한 저감, 그리고 육지에서의 탄소 저장이나 지질학적 저장소에서의 격리를 이용한 특정 형태의 이산화탄소흡수를 특징으로 한다. 낮은 에너지 수요와 토지-집약적 및 GHG-집약적 소비재의 낮은 수요는 온난화를 가능한 1.5°C에 가깝게 억제하는 과정을 용이하게 한다. {2.2.2, 2.3.1, 2.3.5, 2.5.1, 제4장 교차챕터 박스 9}

2°C와 비교해 1.5°C로 온난화를 억제하는 데 필요한 전환은 질적으로는 유사하지만 향후 수십 년간 더욱 현저하고 신속하다(높은 신뢰도). 1.5°C 는 공급과 수요 모두를 전환하는 매우 야심차고, 국제적으로 협력적인 정책 환경을 시사한다(높은 신뢰도). {2.3, 2.4, 2.5}

비용 효과적인 1.5°C에 상응하는 경로 달성을 위해서는 모델에 배출량의 고비용을 반영하는 정책들이 필수적이다(높은 신뢰도). 다른 모든 조건이 동일할 때, 모델링 연구에 따르면 21세기 이후 1.5°C로 온난화를 억제하기 위한 전지구 평균 최저 완화 비용은 2°C 대비 약 3-4배 더 높은 것으로 나타났으며, 이 비용은 모델과 사회경제적 및 정책적 조건에 따라 큰 차이가 있다. 탄소 가격은 직접적으로 또는 규제 정책을 통해 간접적으로 부과될 수 있다. 기술 정책 또는 성과 기준과 같은 정책 도구가 특정 영역에서의 분명한 탄소 가격제도를 보완할 수 있다. {2.5.1, 2.5.2, 4.4.5}

온난화를 1.5°C로 억제하는 데에는 투자 패턴의 뚜렷한 변화가 필요하다(중간 신뢰도). 현재(예: Baseline)를

넘어서는 새로운 기후 정책이 없는 경로와 비교하여 온난화를 1.5°C로 억제하는 경로에서 2016-2050년 동안의 연 평균 추가 에너지 관련 투자액은 약 8,300억 달러(2010년 US 달러 기준, 6개 모델에서 1,500억-1조 7,000억 달러 범위)에 이를 것으로 추정된다. 2°C 경로 대비 1.5°C 경로에서는 에너지 관련 총 투자액이 약 12% 증가(3-24% 범위)한다. 저탄소 에너지 기술과 에너지 효율에 대한 평균 연간 투자는 2015년 대비 2050년까지 약 6배 (4-10배 범위) 증가하여 2025년 경에는 화석연료 투자액을 추월한다(중간 신뢰도). 불확실성과 전략적 감축 포트폴리오의 선택이 필요한 투자 규모 및 집중에 영향을 미친다. {2.5.2}

### 1.5°C 경로에서의 미래 배출량

완화 요건들은 누적 이산화탄소 배출량과 전지구 평균 온도 상승을 연관 짓는 총 탄소배출총량 접근방식을 이용해 정량화될 수 있다. 통계적으로 유의미한 물리적 이해가 이 관련성을 뒷받침하지만 특정 온도 한계에 접근함에 따라 불확실성이 점차 유의미해진다. 이러한 불확실성은 누적 탄소 배출량에 대한 일시적 기후 반응(TCRE), non-CO<sub>2</sub> 배출량, 복사 강제력 및 반응, 잠재적인 추가 지구 시스템 피드백(영구 동토층의 해빙과 같은), 과거 배출량 및 온도와 관련된다. {2.2.2, 2.6.1}

누적 이산화탄소 배출량은 연간 전지구 이산화탄소 배출량을 net zero 수준으로 저감함으로써 일정 총량 내에서 유지된다. 이 평가에 따르면 온난화를 1.5°C로 억제하기 위한 잔여 배출총량은 2/3 확률로 약 420 GtCO<sub>2</sub>, 1/2확률로 약 580 GtCO<sub>2</sub>인 것으로 나타났다(중간 신뢰도). 여기에서 잔여 탄소배출총량(remaining carbon budget)은 전지구 표면 부근의 기온 변화로 정의되는 지구온난화에서 2018년부터 net zero 전지구 배출량 달성 시점까지의 이산화탄소 누적배출량으로 정의된다. 향후 영구 동토층의 해빙 및 습지로부터의 잠재적인 메탄 배출을 감안하면 2100년까지 적용가능한 잔여 배출총량은 약 100 GtCO<sub>2</sub> 더 낮을 것이다. 이 추정치는 non-CO<sub>2</sub> 반응 및 TCRE 분포와 관련하여 추가적으로 최소 ±400%의 지구물리학적 불확실성을 가진다. 과거 온난화 수준에서의 불확실성은 ±250 GtCO<sub>2</sub>이다. 또한 각 경로의 non-CO<sub>2</sub> 완화 전략에 따라 ±250 GtCO<sub>2</sub>까지 차이가 날 수 있다. {2.2.2, 2.6.1}

잔여 탄소배출총량을 580 GtCO<sub>2</sub>으로 유지한다는 것은 이산화탄소 배출량이 약 30년 이내에 탄소 중립(carbon neutrality)에 도달한다는 것을 의미하며, 잔여 탄소배출총량을 420 GtCO<sub>2</sub>으로 유지하는 경우 이 기간은 20년으로 단축된다(높은 신뢰도). 총 탄소배출총량과 관련된 ±400 GtCO<sub>2</sub>의 지구물리학적 불확실성 범위는 탄소 중립 도달 시점에 대략 ±15-20년의 변동이 있음을 의미한다. 향후 10년 이내에 배출량 감소가 시작되지 않으면, 동일한 총 탄소배출총량 내로 유지하기 위해 탄소 중립을 최소한 20년 더 빨리 달성해야 할 것이다. {2.2.2, 2.3.5}

Non-CO<sub>2</sub> 배출량은 온난화의 정점에 기여하며 그에 따라 잔여 탄소배출총량에 영향을 미친다. 메탄과 이산화황 배출량의 전개가 온난화를 1.5°C로 억제할 확률에

1) 이 문장의 교토 온실가스 배출량은 IPCC 제2차 평가보고서의 GWP-100 값으로 합산된다.



큰 영향을 미친다.

가까운 시일 내 에어로졸 냉각의 약화는 향후 온난화를 가중시키지만 메탄 배출량 저감을 통해 완화될 수 있다(높은 신뢰도). 복사 강제력(특히 에어로졸) 추정치의 불확실성은 총 탄소배출총량 및 경로 범주 분류의 확실성에 영향을 미친다. 특히 에너지 및 수송 분야에서 이산화탄소와 함께 일부 non-CO<sub>2</sub> 물질이 배출되지만 대체로 이산화탄소 저감을 통해 다루어질 수 있다. 예를 들어, 농업 분야의 아산화질소(N<sub>2</sub>O)와 메탄(CH<sub>4</sub>), 일부 블랙카본(black carbon)의 발생원, 또는 수소불화탄소를 대상으로 하는 다른 특정 수단이 필요하다(높은 신뢰도). 많은 경우에서 non-CO<sub>2</sub> 배출량 저감은 2°C 경로와 유사하며 이는 통합 평가 모델에서 가정한 최대 잠재력에 가까운 저감을 의미한다. 일부 경로에서는 바이오 에너지 수요의 큰 증가로 아산화질소와 암모니아의 배출량이 증가한다. {2.2.2, 2.3.1, 2.4.2, 2.5.3}

이산화탄소흡수(CDR)의 역할

오버슈트 없거나 제한적인 모든 분석된 1.5°C 경로는 어떤 완화 조치도 규명되지 않은 배출원에서 배출량 중립을 달성하고, 대부분의 경우에서 정점 이후에 온도를 1.5°C로 되돌릴 수 있는 net negative 배출량 달성을 위해 일정 정도 이산화탄소흡수를 이용한다(높은 신뢰도). 이산화탄소 배출량을 0으로 저감하는 것이 지연될수록 1.5°C를 초과할 가능성은 더 높아지며 21세기 중반 이후 온난화를 1.5°C로 되돌리기 위해 net negative 배출량에 대한 의존은 더욱 커질 것이다(높은 신뢰도). 2°C 경로 대비 1.5°C 경로에서 이산화탄소 순 배출량의 더 빠른 저감은 이산화탄소가 더 적게 생산 및 배출되는 수단으로 주로 달성되며 추가적인 이산화탄소흡수를 통한 부분은 미미한 수준이다. 이산화탄소흡수의 확대 속도, 규모, 사회적인 수용성의 한계 역시 온도 오버슈트의 가능한 범위를 억제한다. net negative 배출을 위한 탄소 순환의 반응에 대한 우리 이해의 한계는 정점 이후 온도 하강을 위한 이산화탄소흡수 효과의 불확실성을 높인다. {2.2, 2.3, 2.6, 4.3.7}

대규모의 이산화탄소흡수 확대는 입증되지 않았으며 이 기술에 대한 의존은 온난화를 1.5°C로 억제하는 것에 있어서 주요한 리스크가 된다. 특히 에너지 효율 개선과 낮은 수요를 강력하게 강조하는 경로에서 이산화탄소흡수의 필요는 더 낮다. 이산화탄소흡수 확대 규모 및 그 종류는 1.5°C 경로 간 상당히 차이를 보이며, 지속가능한 발전 목표 달성에 대해서도 상이한 영향을 지닌다(높은 신뢰도). 일부 경로는 바이오에너지·탄소포집저장(BECCS)에 더 많이 의존하는 반면 다른 경로들은 신규조림(afforestation)에 더욱 의존하는데, 이 두 가지는 통합 경로에 가장 많이 포함된 이산화탄소 흡수 방법들이다. 다른 지속가능한 목표와의 상충은 주로 토지, 에너지, 물, 투자의 수요 증가로 발생한다. BECCS 유무와 무관하게 바이오에너지의 이용은 에너지 이용의 탈탄소화에 있어서 여러 역할을 할 수 있다는 점으로 인해 1.5°C 경로에서 중요하다. {2.3.1, 2.5.3, 2.6.3, 4.3.7}

1.5°C 경로에서의 에너지 및 토지 전환 특징

오버슈트 없거나 제한적인 지구온난화 1.5°C 경로에서 재생에너지가 1차 에너지 중 차지하는 비율은 증가하는 반면 석탄 사용량은 감소한다(높은 신뢰도). 오버슈트 없거나 제한적인 오버슈트를 보이는 1.5°C 경로에서 2050년 재생에너지(직접 전환이 가능한 바이오 에너지, 수소 에너지, 풍력 및 태양 에너지 포함)는 1차 에너지의 52-67%(4분위수 범위)를 차지하는 반면, 석탄의 비중은 1-7%(4분위수 범위)로 감소하며, 이 때 석탄 사용의 대부분은 탄소포집 및 저장(CCS)과 병행된다. 2020년부터 2050년까지 1차 에너지에서 석유는 대부분의 경로에서 감소한다(감소폭 39-77%; 4분위수 범위). 천연 가스는 13-62%(4분위수 범위)까지 감소하지만 일부 경로에서는 CCS의 광범위한 확대에도 불구하고 상당한 증가를 보인다. 오버슈트 없거나 제한적인 1.5°C 경로에서 전반적인 CCS의 확대는 2050년까지 누적 이산화탄소 저장량이 0에서 300 GtCO<sub>2</sub>(최소-최대 범위)까지 범위를 가지며, 그 중 0-140GtCO<sub>2</sub>는 바이오매스 (biomass)에 저장된다. 1차 에너지 중 바이오에너지 공급량은 2050년에 40-310 EJ/년(최소-최대 범위)이며 원자력 에너지는 3-66 EJ/년(최소-최대 범위)이다. 이 범위에는 기술 발전 및 전략적 감축 포트폴리오 선택의 불확실성이 모두 반영되어 있다. {2.4.2}

오버슈트 없거나 제한적인 1.5°C 경로는 전기에 대한 탄소집약도의 급격한 감소 및 에너지 최종 이용의 전력화 증대가 포함된다(높은 신뢰도). 오버슈트 없거나 제한적인 1.5°C 경로에서 2020년에 약 140 gCO<sub>2</sub>/MJ 인 전기의 탄소집약도가 2050년까지 최소 -92부터 최대 +11gCO<sub>2</sub>/MJ까지 감소되고 같은 기간에 최종 에너지 중 전기 점유율은 약 20%에서 34-71%(최소-최대 범위)를 차지한다. 오버슈트 없거나 제한적인 1.5°C 경로 전체에 걸쳐 2050년까지 발전량 대비 재생에너지의 비율은 59-97%(최소-최대 범위)로 상승한다. 온난화를 1.5°C 미만으로 유지할 가능성이 더 높은 경로들은 일시적으로 1.5°C를 초과하는 경로에 비해 2030년까지 전기에 대한 탄소집약도의 더 빠른 감소를 보여준다. {2.4.1, 2.4.2, 2.4.3}

전지구 및 지역적인 토지 이용 전환은 오버슈트 없거나 제한적인 오버슈트를 보이면서 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 모든 경로에서 발견되지만, 그 규모는 완화 포트폴리오에 의존적이다(높은 신뢰도). 오버슈트 없거나 제한적인 오버슈트를 보이면서 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 경로에서 2050년에는 2010년 대비 50~1,100만 km<sup>2</sup>의 초지가 감소하고, 식량과 사료작물 생산을 위한 초지를 제외한 농경지는 -400~+250만 km<sup>2</sup> 범위에서 감소하거나 증가하며, 에너지 작물 경작지가 0~600만 km<sup>2</sup> 증가, 산림 면적은 -200~+950만 km<sup>2</sup> 범위에서 감소하거나 증가할 것으로 전망된다(중간 신뢰도). 비슷한 규모의 토지 이용 전환은 모식화된 2°C 경로에서도 나타날 수 있다(중간 신뢰도). 이러한 대규모 전환으로 인해 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). {2.3.4, 2.4.4}

**수요 측면 감축 및 행동 변화**

수요 측면의 조치는 1.5°C 경로의 핵심 요소이다. 에너지 수요와 토지 및 식량 소비에서 온실가스 집약도를 낮추는 생활 방식의 선택은 1.5°C 경로 달성에 도움이 될 수 있다(높은 신뢰도). 2030년과 2050년까지 모식화된 1.5°C 경로에서는 모든 최종 사용 분야(건물, 수송, 산업 포함)에서 2°C 경로에 상응하거나 이를 뛰어넘는 에너지 수요의 뚜렷한 감소를 보인다.

분야별 모델들은 이러한 감소 규모를 뒷받침한다. {2.3.4, 2.4.3, 2.5.1}

**1.5°C 경로와 지속가능발전과의 연계**

온난화를 1.5°C로 억제하기 위한 감축 포트폴리오의 선택은 지속가능발전과 같은 다른 사회적 목표 달성에 긍정적 또는 부정적 영향을 미칠 수 있다(높은 신뢰도). 특히 에너지, 자원, 온실가스 집약적 식량 수요를 제한하는 수요 측면 및 효율화 조치와 생활 방식의 선택은 지속가능발전에 도움이 된다(중간 신뢰도). 온난화를 1.5°C로 억제하는 것은 빈곤 완화 및 에너지 안보 개선의 상승 작용에 의해 달성될 수 있으며 대기 질 개선 및 수백만 명의 조기 사망 예방을 통해 공중 보건에도 큰 편익을 제공할 수 있다. 그러나 바이오에너지와 같은 특정 감축 수단에는 고려해야 할 상충이 야기될 수 있다. {2.5.1, 2.5.2, 2.5.3}

**TS.3 1.5°C 지구온난화가 자연계 및 인간계에 미치는 영향**

이 챕터는 AR5 결과를 바탕으로 하며, 특별히 산업화 이전 대비 1.5°C 지구온난화의 리스크 규모와 패턴에 초점을 두고, 기후 시스템의 변화와 이와 관련된 자연계 및 인간계에 대한 영향에 관한 새로운 과학적 증거를 평가한다. 제3장은 또한 1.5°C와 2°C에서의 리스크 수준의 변화에 초점을 맞추어 다양한 자연계과 인간계에서 관측된 영향과 예상되는 리스크를 분석한다. AR5 이후에 이용 가능한 새로운 지식 평가를 바탕으로 리스크(우려단계)의 주요 범주들을 다시 다룬다.

**1.5°C 및 2°C 더 온난한 세계**

전지구 기후는 산업화 이전 대비 변화했으며 많은 증거들은 이러한 변화가 유기체 및 생태계는 물론 인간계와 그 복지에도 영향을 미쳤다는 것을 보여주고 있다(높은 신뢰도). 2006-2015년의 전지구 평균 표면 온도(GMST)는 1850-1900년에 비해 0.87°C 더 높았으며 이 온도 상승은 영향의 빈도와 규모를 증대시켰고(높은 신뢰도), 산업화 이전 대비 GMST의 1.5°C 또는 2°C로의 상승은 자연계 및 인간계에 어떻게 영향을 미칠지에 대한 증거를 더욱 강화시킨다. {3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 본 장 교차챕터 박스 6, 7 및 8}

인간활동에 기인한 지구온난화는 이미 기후 시스템에서 관측된 다양한 변화를 야기시켰다(높은 신뢰도). 여기에는 육지와 해양 온도의 상승은 물론 대부분 육지에서 더 빈번한 폭염도 포함된다(높은 신뢰도). 또한 이러한 온도 상승은 높은 신뢰도로 해양의 고수온 빈도와 지속 기간을 증가시켰다. 나아가, 인간활동에 기인한 지구온난화가 전지구적인 규모에서 호우의 빈도, 강도 및 강수량의 증가(중간 신뢰도)뿐 아니라 지중해 지역의 가뭄 리스크를 증가시켰다는(중간 신뢰도) 증거가 상당하다. {3.3.1, 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4, 박스 3.4}.

일부 극한 기후·기상 현상 강도와 빈도 추세가 대략 0.5°C의 지구온난화가 발생한 기간 동안 탐지되었다(중간 신뢰도). 이는 1950년 이후 발생한 극한 현상 변화에 대한 원인규명 연구를 포함한 일련의 증거를 근거로 한다. {3.2, 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4}

산업화 이전 수준과 비교하여, 1.5°C 지구온난화에서 몇몇 지역적인 기후변화가 발생할 것으로 평가되는데, 여기에는 많은 지역에서의 극한 온도의 온난화가 포함되며(높은 신뢰도), 일부 지역에서의 호우 빈도, 강도 및 강수량 증가(높은 신뢰도), 일부 지역의 가뭄 강도 또는 빈도 증가(중간 신뢰도)도 포함된다. {3.3.1, 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4, 표 3.2}

“1.5°C 더 온난한 세계”는 단일한 것이 아니다(높은 신뢰도). GMST의 전체적인 상승 외에 잠재적인 온도 오버슈트의 규모와 지속시간을 고려하는 것이 중요하다.





1.5°C로 전지구 평균 표면 온도 증가를 안정화 할 수 있는 방안, 정책이 인간계 및 자연계의 복원력에 미칠 수 있는 영향, 그리고 지역 및 하위지역별 리스크의 특성에 대한 의문이 있다. 일부 생태계의 손실처럼 어떤 리스크는 장기적이고 비가역적일 수 있기 때문에, 오버슈트의 발생은 자연계 및 인간계에 상당한 리스크를 가져오며, 특히 정점 온도가 높은 경우에는 더 커진다(높은 신뢰도). 21세기 말 또는 그 이후에 1.5°C로 온도 감소를 달성할 수 있다 하더라도 온도 오버슈트가 빠르게 일어나는 경우에는 여러 종류의 리스크 변화 속도가 잠재적으로 거대한 리스크와 관련될 수 있다(중간 신뢰도). 오버슈트를 최소화시켜야 한다면 이용가능한 이산화탄소에 상당하는 잔여 배출총량은 매우 적으며, 이는 온실가스 저감을 위해 대규모의 즉각적이고 전례 없는 전 세계적인 노력이 필요하다는 것을 의미한다(높은 신뢰도). {3.2, 3.6.2, 본 장 교차챕터 박스 8}.

**산업화 이전과 비교하여 지구온난화가 2°C 대비 1.5°C에 다르면, 전지구 평균 온도 및 극한 현상에 있어서 통계적으로 유의미한<sup>2)</sup> 차이가 있을 것으로 예상된다(높은 신뢰도).** 해양에서 지역별 표면 평균 온도와 극한 온도는 1.5°C 대비 2°C 에서 더 높을 것으로 전망된다(높은 신뢰도). 대부분 육지에서도 평균 온도와 극한 온도는 1.5°C 대비 2°C 에서 더 높고, 일부 지역에서는 GSMT 대비 2-3배 더 상승할 것으로 전망된다(높은 신뢰도). 또한 1.5°C 온난화의 경우에도 현재보다 평균 온도 및 극한 온도의 상당한 상승이 전망된다(높은 신뢰도). {3.3.1, 3.3.2} 눈이나 얼음으로 덮인 특정 지역에서는 극한 한랭 현상의 발생은 줄어дна, 그 온도는 상당히 증가하게 된다(높은 신뢰도). {3.3.1}

**기후 모델은 지역 기후에서 현재와 1.5°C 지구온난화 간<sup>3)</sup>, 그리고 1.5°C와 2°C 지구온난화 간<sup>3)</sup> 통계적으로 유의미한<sup>2)</sup> 차이를 전망하며(높은 신뢰도), 문제의 변수와 지역에 따라 다르다(높은 신뢰도). 크고 통계적으로 유의미하며 광범위한 차이는 극한 기온에서 나타날 것으로 예상된다(높은 신뢰도). 극한 고온의 경우, 온난한 계절에 중위도에서(1.5°C 온난화의 경우에 3°C까지 상승, 즉 2배), 추운 계절에는 고위도에서(1.5°C 온난화의 경우에 4.5°C까지 상승, 즉 3배) 가장 강한 온난화를 보인다(높은 신뢰도). 극한 고온의 가장 강한 온난화는 북아메리카 중부 및 동부 지역, 중부 및 남부 유럽, 지중해 지역(남부 유럽, 북아프리카, 극동 지역 포함), 중앙 및 서아시아, 남아프리카 지역에서 발생할 것으로 전망된다(중간 신뢰도). 예외적인 고온 일수는 연간 온도 변동이 가장 낮은 열대지방에서 가장 많이 증가할 것으로 예상되고, 극한 폭염 현상이 이 지역에서 먼저 나타나며, 1.5°C 지구온난화에서는 이러한 현상이 이 지역에서 이미 광범위하게 발생할 것으로 예상된다(높은 신뢰도). 지구 온난화를 2°C가 아닌 1.5°C로 억제하면, 취약성이 동일하다는 가정 하에 극한 폭염에 노출되는 세계 인구는 약 4억 2,000만 명 감소되고, 예외적인 극한 폭염에 노출되는 인구는 6,500만 명이 감소될 수 있다(중간 신뢰도). {3.3.1, 3.3.2, 본 장 교차챕터 박스 8}**

**지구온난화를 2°C가 아닌 1.5°C로 억제하는 것은 일부 지역 및 전지구 규모에서 호우 발생 리스크를 억제시킨다(중간 신뢰도).** 2°C 대비 1.5°C 지구온난화에서 호우가 가장 크게 증가하는 지역에는 일부 고위도 지역(알래스카/캐나다 서부, 캐나다 동부/그린란드/아이슬란드, 북유럽, 아시아 북부), 산악 지역(예, 티벳 고원), 동아시아(중국과 일본 포함), 북아메리카 동부가 포함된다(중간 신뢰도). 열대지방의 열대저기압은 빈도는 감소하나 매우 강한 열대저기압 수는 증가할 것으로 전망된다(낮은 신뢰도, 제한적 증거 수준). 열대저기압과 관련된 호우는 1.5°C보다 2°C 지구온난화에서 더 증가할 것으로 전망된다(중간 신뢰도). 세계적 규모로 집계된 호우는 1.5°C보다는 2°C 지구온난화에서 더 증가할 것으로 전망된다(중간 신뢰도). {3.3.3, 3.3.6}

**지구온난화를 1.5°C로 억제하는 것은 일부 지역의 가뭄 발생 확률, 강수 부족 및 물 이용가능성과 관련된 리스크(즉, 물 부족)를 크게 감소시킬 것으로 예상된다(중간 신뢰도).** 특히 가뭄 빈도 및 규모 증가와 관련된 리스크는 1.5°C 온난화보다 2°C 온난화 시 지중해 지역(남유럽, 북아프리카 및 극동)과 남아프리카 지역에서 상당히 더 클 것으로 전망된다(중간 신뢰도). {3.3.3, 3.3.4, 박스 3.1, 박스 3.2}

**자연계 및 인간계에 대한 리스크는 2°C보다 1.5°C 지구 온난화에서 더 낮을 것으로 예상된다(높은 신뢰도).** 이는 온도 관련 극한 현상의 빈도와 강도 감소를 포함해 1.5°C 온도 상승과 관련된 기후변화 속도와 규모가 더 작기 때문이다. 변화 속도의 감소는 자연계와 인간계의 적응 역량을 강화시키고 육지, 담수, 습지, 연안, 해양 생태계(산호초 포함)(높은 신뢰도)뿐 아니라 식량 생산 시스템, 인간 보건, 관광(중간 신뢰도), 에너지 시스템, 수송에 상당한 이득을 가져온다. (낮은 신뢰도) {3.3.1, 3.4}

아프리카 및 아시아에서 빈곤에 노출되고 취약한 사람들의 더 많은 비율과 함께 **다양하고 복합적인 기후 관련 리스크에 대한 노출은 1.5°C와 2°C 지구온난화 사이에서 증가할 것으로 전망된다(높은 신뢰도).** 1.5°C에서 2°C로 지구온난화가 진행되면 에너지, 식량 및 물 부문에 걸친 리스크는 공간적, 시간적으로 중복되고, 이는 새로운(및 기존의 것이 악화된) 위해(hazards), 노출, 취약성을 발생시켜 더 많은 인구 및 지역에 영향을 미칠 수 있다(중간 신뢰도). 특히 군소 도서 지역과 경제적으로 취약한 인구가 위험에 놓여있다(높은 신뢰도). {3.3.1, 3.4.5.3, 3.4.5.6, 3.4.11, 3.5.4.9, 박스 3.5}

2) 여기서 '통계적으로 유의미한(Robust)'은 최소 2/3 이상의 기후 모델이 격자점 규모에서 변화에 대한 동일한 징후를 보여준다는 것을 의미하며, 넓은 지역에서의 차이는 통계적으로 중요하다  
 3) 지구온난화에서 정도 차이의 영향에 대한 변화 전망은 전지구 평균 표면 기온을 고려하여 결정됨

**1.5°C 지구온난화와 비교하여 2°C 지구온난화에서 유출(runoff)이 상당히 증가하는 지역 뿐 아니라 홍수 위해(hazard)의 영향을 받는 지역 또한 확대될 것이다(중간 신뢰도).** 1.5°C의 지구온난화 역시 현재에 비해 유출이 크게 증가하는 지역은 물론(중간 신뢰도) 홍수 위해가 증가하는 지역이 확대될 것이다(중간 신뢰도). {3.3.5}

**북극해<sup>4)</sup> 해빙이 여름에 모두 녹아 없어질 확률은 1.5°C 보다 2°C 지구온난화에서 훨씬 더 높다(중간 신뢰도).** 2°C 온난화에서는 적어도 10년 중 한 번 여름철 북극해 해빙(海氷)이 모두 녹고 해빙이 없는 반면 1.5°C에서는 여름철 북극해 해빙이 모두 녹을 빈도가 100년에 한 번으로 감소하는 것으로 모델은 모의한다(중간 신뢰도). 또한 중간 수준의 온도 오버슈트는 북극해 해빙 면적에 장기적으로 영향을 미치지 않을 것이며 자기 이력(履歷) 행동(역주: 외력을 제거하면 다시 본래의 모양으로 되돌아오는 현상)은 예상되지 않는다(높은 신뢰도). {3.3.8, 3.4.4.7}

**전지구 평균 해수면 상승(GMSLR)은 2°C 온난화에 비해 1.5°C 온난화에서 세기 말에 대략 0.1m(0.04-0.16m) 더 낮을 것으로 전망된다(중간 신뢰도).** 1.5°C 지구온난화에서 GMSLR 전망은 1986-2005년 대비 0.26-0.77m 정도의 범위를 나타낸다. 더 낮은 해수면 상승은 (2010년의 세계 인구를 기준으로 적용은 가정하지 않음) 2°C 온난화에 비해 1.5°C 온난화에서 2100년 해수면 상승의 영향에 전지구적으로 노출될 인구가 최대 1,040만 명 더 적다는 것을 의미할 수 있다. 해수면 상승 속도의 완화는 더 많은 적응 기회를 가능하게 한다(중간 신뢰도). 높은 신뢰도로 해수면 상승은 2100년 이후에도 계속될 것이다. 그린란드와 남극 빙상에 존재하는 불안정성은 수백 년에서 수천 년의 시간 규모에서 해수면을 수 미터 상승시킬 수 있다. 1.5°C에서 2°C의 지구온난화에서는 중간 신뢰도로 이러한 불안정성이 촉발될 수 있다. {3.3.9, 3.4.5, 3.6.3}

**해양은 인간활동에 기인한 이산화탄소의 약 30%를 흡수해, 최소 지난 6,500만년 동안 전례 없는 수준으로 산성화되었고 탄소의 화학적 특성 변화가 초래되었다(높은 신뢰도).** 조류부터 어류까지 광범위한 생물 군의 생존, 석회화, 성장, 발달, 풍부도에서 리스크가 규명되었으며 예측가능한 특성에 기반하는 민감성에 대한 상당한 증거가 존재한다(높은 신뢰도). 1.5°C의 지구온난화에 해당하는 해양 온난화 및 산성화가 방대한 범위의 해양 유기체, 생태계는 물론, 농업, 어업과 같은 분야에 영향을 미칠 것이라는 여러 증거가 있다(높은 신뢰도). {3.3.10, 3.4.4}

**현재에 비해 1.5°C 온난화에서는 여러 지역과 시스템에 더 큰 리스크가 존재하며, 현재와 1.5°C 온난화 시점까지는 적응이 필요하다. 그러나 2°C 온난화에서 리스크는 더 크며 이러한 규모의 온도 상승에 대한 적응 노력이 더 많이 필요할 것이다(높은 신뢰도).** {3.4, 박스 3.4, 박스 3.5, 본 장 교차챕터 박스 6}

**1.5°C 지구온난화에서 미래의 리스크는 완화 경로와 일시적 오버슈트 발생에 좌우될 것이다(높은 신뢰도).** 자연계 및 인간계에 대한 영향은 오버슈트 없이 1.5°C 수준으로 안정화되는 완화 경로에 비해 일시적으로 1.5°C를 초과한 후에 이번 세기 후반에 1.5°C 수준으로 되돌아오는 경로일 때 더 클 것이다(높은 신뢰도). 오버슈트의 규모와 지속 기간 역시 미래의 영향(impacts)에 영향을 미칠 것이다(예, 되돌릴 수 없는 일부 생태계의 손실)(높은 신뢰도). 완화 방안으로 토지 이용의 변화는 식량 생산과 생태계의 다양성에 영향을 미칠 수 있다. {3.6.1, 3.6.2, 본 장 교차챕터 박스 7 및 8}

## 자연계 및 인간계에 대한 기후변화 리스크

### 육지 및 습지 생태계

**지역 생물종 손실 및 그로 인한 멸종 위험은 2°C 보다 1.5°C 온난화에서 훨씬 낮다(높은 신뢰도).** 기후적으로 결정되는 지리적 범위의 절반에서 사라질 것으로 예상되는 생물종의 수는 2°C일 때 (대략 곤충의 18%, 식물의 16%, 척추동물의 8%) 대비 1.5°C 온난화에서 곤충은 6%, 식물은 8% 그리고 척추동물은 4%로 줄어들 것으로 전망된다(중간 신뢰도). 산불, 극한 기상 현상과 침입종, 해충, 질병의 확산과 같은 다른 생물다양성 관련 요인과 관련된 리스크 역시 2°C보다 1.5°C 온난화에서 더 낮아지며(높은 신뢰도), 이는 생태계 서비스의 오랜 지속을 지원한다. {3.4.3, 3.5.2}

**지구온난화를 2°C 이상이 아닌 1.5°C로 억제한다면 육지 및 습지 생태계와 이러한 생태계가 인간에게 제공하는 서비스 보존에 대해 더 큰 편익이 존재할 것으로 전망된다(높은 신뢰도).** 자연계 및 관리된 생태계에 대한 리스크는 습한 지역보다는 건조한 지역에서 더 높다. 2°C 온난화에서 생태계 변형에 의해 영향을 받는 전지구 육지 면적(13%, 4분위수 범위 8-20%)은 1.5°C 온난화에서는 대략 절반 수준인 4%(4분위수 범위 2-7%)로 낮아진다(중간 신뢰도). 1.5°C 이상에서, 사막과 식생의 확장이 지중해의 생물군계에서 발생하며(중간 신뢰도), 이는 지난 10,000년 간 찾아볼 수 없었던 변화를 가져올 것이다(중간 신뢰도). {3.3.2.2, 3.4.3.2, 3.4.3.5, 3.4.6.1, 3.5.5.10, 박스 4.2}

**더 높은 위도에서는 전지구 평균 이상을 넘는 평균적인 동절기의 온난화로 인해 여러 영향이 더 클 것으로 예상된다(중간 신뢰도).** 특히 고위도 툰드라 및 한대림은 높은 리스크에 놓여 있으며, 관목이 이미 툰드라 지역을 잠식하고 있고(높은 신뢰도), 추가적인 온난화와 함께 계속될 것이다. 온난화를 1.5°C로 억제하면 2°C에서 녹는 것과 비교해 수 세기에 걸쳐 150-250만 km<sup>2</sup>의 영구 동토층이 녹는 것을 막을 수 있을 것이다(중간 신뢰도). {3.3.2, 3.4.3, 3.4.4}

4) 해빙이 없다는 것은 해빙 면적이 106 km<sup>2</sup>보다 적을때로 특별보고서에는 정의함. 얼음 면적이 이보다 적다는 것은 최근 모든 연구에서 실제로 얼음이 없는 북극해와 동등한 것으로 간주됨



해양 생태계

해양 생태계에서는 이미 대규모 변화가 일어나고 있으며 1.5°C 이상의 온난화에서는 중요한 한계점에 도달할 것으로 예상된다(높은 신뢰도). 1.5°C 온난화로 전환에서 수온의 변화는 일부 생물종들(예, 플랑크톤, 어류)을 더 높은 위도대로 이동시켜 새로운 생태계가 나타날 것으로 예상된다(높은 신뢰도). 그러나 다른 생태계(예, 해초숲, 산호초)는 상대적으로 이동 가능성이 낮아 더 높은 사멸과 손실을 경험할 것으로 전망된다(매우 높은 신뢰도). 예를 들면, 지구온난화가 1.5°C로 억제되더라도 많은 증거들이 현재 존재하는 온대수역(열대)의 산호초 대부분이(70-90%)이 사라질 것임을 보여준다(매우 높은 신뢰도). {3.4.4, 박스 3.4}

현재의 해양 생태계 서비스는 1.5°C 지구온난화에서는 감소하고, 2°C 온난화에서의 손실은 더 클 것으로 예상된다(높은 신뢰도). 지구온난화를 1.5°C 이내로 억제하면 해양 생산성 저하, 보다 높은 위도로의 생물종 이동, 생태계(예, 산호초, 맹그로브, 해초 및 기타 습지 생태계) 피해, 어업 생산성 감소(저위도 지역에서), 해양 화학 구성의 변화(예, 산성화, 산소결핍, 데드 존) 리스크는 상당히 낮아질 것으로 전망된다(높은 신뢰도). {3.4.4, 박스 3.4}

수자원

일부 지역에 대한 홍수와 가뭄의 예상 빈도와 규모는 2°C 대비 1.5°C 온난화에서 더 작다(중간 신뢰도). 홍수 증가에 대한 인류의 노출 변화 전망은 지역적으로 다른 리스크를 보이지만 2°C 대비 1.5°C 온난화에서 훨씬 더 낮을 것으로 전망된다(중간 신뢰도). 지역 간 리스크 차이는 현지의 사회경제적 조건의 영향을 가장 크게 받는다(중간 신뢰도). {3.3.4, 3.3.5, 3.4.2}

일부 지역의 물 부족 리스크는 1.5°C 대비 2°C 온난화에서 더 클 것으로 전망된다(중간 신뢰도). 지역 간 상당한 차이가 있고 미래의 사회경제적 조건에 의존하지만 지구온난화를 1.5°C로 억제하면 2°C 온난화 대비 물 부족으로 고통받는 전세계 인구는 절반까지 줄어들 것으로 전망된다(중간 신뢰도). 특히 큰 이득을 보는 지역으로 지중해와 카리브해가 포함될 수 있다(중간 신뢰도). 그러나 기후변화보다는 사회경제적 요인들이 이러한 리스크에 더 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다(중간 신뢰도). {3.3.5, 3.4.2, 박스 3.5}

토지 이용, 식량 안보, 식량 생산 시스템

2°C와 비교하여 지구온난화를 1.5°C로 억제하면 옥수수, 쌀, 밀 및 잠재적인 기타 곡물 수확량의 순 감소량이 더 적을 것으로 전망되는데, 특히 사하라 남부 아프리카, 동남아시아, 중부 및 남부 아메리카가 수확량의 순 감소량이 더 적어지고, 쌀과 밀의 CO<sub>2</sub> 의존적인 영양소 함량에 있어서도 더욱 그러할 것으로 전망된다. 약 2°C의 온난화에서 전 세계적으로 방목 가축의 7-10%가 손실되며 많은 공동체와 지역에

상당한 경제적 영향을 미칠 것으로 예상된다(중간 신뢰도). {3.4.6, 3.6, 박스 3.1, 본 장 교차챕터 박스 6}

사헬(Sahel), 남아프리카, 지중해, 중부 유럽 및 아마존 지역에서의 식량 이용도 감소는 1.5°C보다 2°C 지구 온난화에서 더 크다(중간 신뢰도). 이는 식량 안보와 관련하여 1.5°C에서 2°C 사이에서 지역적으로 상이한 영향이 중간 리스크에서 높은 리스크로의 바뀐다는 것을 시사한다(중간 신뢰도). 미래의 경제 및 무역 환경과 식량 가용성 변화에 대한 대응(중간 신뢰도)은 중·저소득 국가에서 기아 리스크를 줄이기 위한 중요한 잠재적 적응 옵션이다. {본 장 교차챕터 박스 6}

어업과 양식업은 세계 식량 안보에서 중요하지만 이미 해양 온난화 및 산성화로 인한 리스크 증가를 경험하고 있다(중간 신뢰도). 이 리스크는 1.5°C 지구온난화에서 증가할 것으로 전망되며, 특히 저위도 지역에서 물고기와 패류(예, 굴) 같은 핵심 유기체에 영향을 미칠 것으로 전망된다(중간 신뢰도). 산호초, 맹그로브, 해초, 해조류 숲과 같은 연안 생태계가 제공하는 서식지에 대한 의존성이 매우 높은 열대 지역의 소규모 어업은 1.5°C 지구온난화에서 서식지 손실로 인한 리스크 증가에 직면할 것으로 예상된다(중간 신뢰도). 1.5°C 이상으로 온도가 상승하면 온난화와 산성화가 증가하면서 영향 및 식량 안보의 악화 리스크는 더욱 커져 연안 지역의 생계와 산업(예, 어업, 양식업)은 상당한 손실을 입게 될 것으로 전망된다(중간-높은 신뢰도). {3.4.4, 3.4.5, 3.4.6, 박스 3.1, 박스 3.4, 박스 3.5, 본 장 교차챕터 박스 6}

온난화를 1.5°C로 억제하기 위해 모색한 거의 모든 완화 경로에서 토지 이용 및 토지 이용의 변화는 중요한 요인으로 대두되고 있다(높은 신뢰도). 최대 온난화를 또는 세기말 온난화를 1.5°C 이내로 억제하기 위한 최소 비용의 완화 경로 대부분은 감축 수단 포트폴리오에 상당한 수준의 바이오에너지-탄소포집저장(BECCS), 신규조림 및 재조림(AR)을 주로 이용하는 이산화탄소흡수(CDR)를 활용한다(높은 신뢰도). {본 장 교차챕터 박스 7}

BECCS 및 AR의 대규모 확대는 광범위한 토지 및 물발자국을 가질 것이다(높은 신뢰도). 예를 들면 이 발자국이 생물다양성이나 식량 생산에 악영향을 미칠 것인가는 토지 탄소 저장량 보존 수단, 농업 확장을 제한해 자연 생태계를 보존할 수 있는 수단, 농업 생산성을 높일 수 있는 잠재력의 존재 및 그 효과성에 달려 있다(중간 신뢰도). 그 외에 BECCS 및 AR은 또한 생물물리학적 피드백을 통해 지역 기후에 상당하고도 직접적인 영향을 미칠 것이며, 이는 통합 평가 모델에 일반적으로 포함되지 않는다(높은 신뢰도). {3.6.2, 본 장 교차챕터 박스 7 및 8}

보다 폭넓은 이산화탄소흡수 포트폴리오 즉, 지속 가능한 토지 관리를 위해 종합적인 정책을 채택하고 완화 노력 증대로 생활 방식과 식이 환경을 포함한 토지, 에너지, 원료 수요를 강하게 제한한다면 대규모 이산화탄소흡수의 확대 영향을 크게 줄일 수 있다(중간 신뢰도). 특히 재조림이 자연 생태계 복원을 도



와주는 것 이상으로 시행되면 상당한 공동의 편익과 관련될 수 있다(높은 신뢰도). {본 장 교차캡처 박스 7}

건강, 복지, 도시, 빈곤

**전지구 온도 상승(예, +0.5°C)은 인간 건강에 영향을 미치는데, 주로 부정적인 결과를 가져올 것으로 전망된다(높은 신뢰도).** 열과 관련된 질병 유병률과 사망률은 2°C 대비 1.5°C 온난화에서 그 리스크가 더 낮을 것으로 전망되며(매우 높은 신뢰도), 오존 형성에 필요한 배출량이 높게 유지된다면 오존 관련 사망률도 더 낮을 것으로 전망된다(높은 신뢰도). 도시 열섬은 보통 도시 지역에서 폭염의 영향을 증폭시킨다(높은 신뢰도). 말라리아, 뎅기열과 같은 일부 매개체감염 질병에 대한 리스크가 1.5°C에서 2°C로의 온난화와 함께 증가할 것으로 전망되며, 여기에는 지리적 범위의 이동도 포함된다(높은 신뢰도). 결국 매개체감염 질병의 긍정적 또는 부정적인 전망은 질병, 지역, 변화 정도에 달려있다(높은 신뢰도). 영양 부족에 대해서는 2°C보다 1.5°C에서 더 낮은 리스크가 예상된다(중간 신뢰도). 적응에 대한 추정치를 전망에 포함시키면 리스크 규모가 감소한다(높은 신뢰도). {3.4.7, 3.4.7.1, 3.4.8, 3.5.5.8}

**2°C 지구온난화는 1.5°C 지구온난화와 비교해 도시 지역을 더 큰 리스크에 놓이게 할 것으로 예상된다(중간 신뢰도).** 리스크 정도는 해당 지역(연안 및 비연안)의 적응 효과성 및 인간 취약성, 임시 거주지, 기반 시설(에너지, 물, 수송 같은)에 따라 달라진다(높은 신뢰도). {3.4.5, 3.4.8}

빈곤과 불이익은 최근의 온난화(약 1°C)와 함께 증가했으며 전지구 평균 온도가 1°C 에서 1.5°C 및 더 높게 상승하면 더 많은 인구에서 증가할 것으로 예상된다(중간 신뢰도). 농업에 의존적인 지역에서의 전출(outmigration)은 전지구 온도와 통계적으로 유의미한 양(+)의 상관관계를 가진다(중간 신뢰도). 1.5°C 및 2°C 지구온난화와 인구 이동 간 연계성에 관한 우리의 지식은 아직 제한적이며 중요한 지식 격차 중 하나다. {3.4.10, 3.4.11, 5.2.2, 표 3.5}

주요 경제 분야 및 서비스

**이번 세기 말까지 기후변화의 영향으로 인한 전지구 총 경제 성장에 대한 리스크는 2°C보다 1.5°C에서 더 낮을 것으로 전망된다(중간 신뢰도). {3.5.2, 3.5.3}**

**1.5°C 온난화에 비해 2°C 온난화에서 경제 성장의 가장 큰 둔화는 저소득, 중간 소득 국가 및 지역(아프리카 대륙, 동남아시아, 인도, 브라질, 멕시코)에서 예상된다(낮은-중간 신뢰도).** 열대 및 남반구 아열대 국가들이 지구온난화가 1.5°C에서 2°C로 상승할 경우 기후변화로 인한 경제 성장의 가장 큰 영향을 받게 될 것으로 전망된다(중간 신뢰도). {3.5}

**지구온난화는 이미 관광업에 영향을 미쳤으며, 1.5°C 온난화에서 특정 지리적인 지역과 태양, 해변, 눈과 관련된 스포츠를 포함한 계절 관광에서 리스크가 증가되었다(매우 높은 신뢰도).** 게임, 대형 호텔 기반 활동과 같이 기후에 대한 민감성이 낮은 관광 시장에 대한 리스크는 더 낮을 것이다(높은 신뢰도). 특히 아열대와 열대 지역의 연안 관광에 대한 리스크는 온도 관련 현상(예, 폭염, 폭풍) 또는 해안과 산호초 자원의 감소에 따라 증가할 것이다(높은 신뢰도). {3.3.6, 3.4.4.12, 3.4.9.1,, 박스 3.4}

군소 도서 지역과 연안 및 저지대

**군소 도서 지역은 1.5°C 지구온난화에서 여러 상호 연관된 리스크를 경험할 것으로 전망되며, 2°C 이상의 온난화에서는 리스크가 더욱 증가할 것이다(높은 신뢰도).** 기후 위해(hazards)는 2°C 대비 1.5°C에서 더 낮을 것으로 전망된다(높은 신뢰도). 연안 홍수 및 인구에 대한 장기적인 리스크, 기반시설 및 자산에 대한 영향(높은 신뢰도), 물 부족(중간 신뢰도), 해양 생태계(높은 신뢰도)와 주요 부문(중간 신뢰도)에 걸친 리스크는 현재에 비해 1.5°C 온난화에서 증가하고 2°C 온난화에서는 더 증가하면서 적응 기회를 제한하고 손실과 피해를 가중시킬 것으로 전망된다(중간 신뢰도). 군소 도서 지역에서의 (국내적 및 국제적)이주는 해수면 상승으로 인해 증가하는 다양한 원인과 목적으로 일어나는데, 대부분은 더 나은 생계 수단의 기회를(높은 신뢰도) 위해서이다.(중간 신뢰도). {3.3.2.2, 3.3.6-9, 3.4.3.2, 3.4.4.2, 3.4.4.5, 3.4.4.12, 3.4.5.3, 3.4.7.1, 3.4.9.1, 3.5.4.9, 박스 3.4, 박스 3.5}.

**1.5°C와 2°C 지구온난화에서 해수면 상승, 연안 지하수 염도 변화 그리고 홍수 및 기반시설 피해 증가와 관련된 영향은 군소 도서 지역 및 저지대 해안가, 삼각주와 같은 민감한 환경에서는 매우 중요할 것으로 전망된다(높은 신뢰도).** 지역적인 침하 및 강 하구의 변화가 이러한 영향을 잠재적으로 악화시킬 수 있다. 현재에도 이미 적응은 일어나고 있으며(높은 신뢰도), 그 중요성은 수백 년 동안 유지될 것이다. {3.4.5.3, 3.4.5.4, 3.4.5.7, 5.4.5.4, 박스 3.5}

**기존 및 복원된 자연 연안 생태계는 연안 및 삼각주 지역을 보호함으로써 해수면 상승과 강해지는 폭풍의 악영향을 저감하는 데 효과적일 수 있다(중간 신뢰도).** 1.5°C 온난화와 관련된 해수면 상승이 퇴적 속도보다 느리다는 점을 감안할 때, 자연 퇴적 속도가 해수면 상승의 영향을 상쇄할 수 있을 것으로 예상된다(중간 신뢰도). 습지에서 육지 방향으로의 이주, 기반시설 적응과 같은 기타 피드백은 여전히 중요하다(중간 신뢰도). {3.4.4.12, 3.4.5.4, 3.4.5.7}

우려단계의 증가

**AR5 이후 2°C 까지의 지구온난화에 대한 5가지 우려단계(RFCs) 중 4가지의 리스크 수준이 상당히 증가한다는 많은 증거가 있다(높은 신뢰도).**





온난화의 정도에 따른 리스크 변화는 다음과 같다: RFC1(위험받는 고유의 시스템)은 1.5°C-2°C에서 높은-매우 높은 리스크(높은 신뢰도), RFC2(극한 기상 현상)는 1°C-1.5°C에서 중간-높은 리스크(중간 신뢰도), RFC3(영향의 분포)는 1.5°C-2°C에서 중간-높은 리스크(높은 신뢰도), RFC4(전지구 총 영향)의 경우 1.5°C-2.5°C에서 중간-높은 리스크(중간 신뢰도), RFC5(대규모 특이 현상)는 1°C-2.5°C에서 중간-높은 리스크(중간 신뢰도). {3.5.2}

1. **“위험받는 고유의 시스템”(RFC1)에서 높은 리스크에서 매우 높은 리스크로의 이동은 AR5에서의 2.6°C 지구온난화에서 발생했던 것과 달리 산호초, 북극해, 생물다양성 리스크 변화에 대한 여러 새로운 증거로 인해 현재 1.5에서 2°C 지구온난화 사이에 위치함을 보여준다(높은 신뢰도). {3.5.2.1}**
2. **“극한 기상 현상”(RFC2)에서 중간 수준의 리스크에서 높은 리스크로의 이동은 현재 1.0-1.5°C 온난화 사이에 위치하며 이는 AR5 평가와 매우 유사하지만 신뢰도는 더 높을 것으로 전망된다(중간 신뢰도). 영향에 대한 문헌은 극한 기상 현상에 대한 인간 사회의 적응 잠재력에 관한 정보를 거의 다루지 않았기 때문에 1.5°C와 2°C 온난화 영향 평가 시 ‘높음’에서 ‘매우 높음’으로의 변화를 정하는 것은 불가능했다. 그러므로 이 보고서에서는 극한 기상 현상과 관련된 매우 높은 리스크를 야기할 수 있는 지구온난화 수준에는 낮은 신뢰도가 부여된다. {3.5}**
3. 식량 안보, 수자원, 가뭄, 열 노출, 연안침수에 대해 지역적으로 상이한 리스크에 대한 새로운 증거로 인해 **“영향의 분포”(RFC3)의 중간에서 높은 리스크로의 이동은 AR5에서의 1.6°C- 2.6°C 지구온난화와 비교해 1.5°C에서 2°C 지구온난화 사이에 위치한다(높은 신뢰도). {3.5}**
4. 전지구 총경제적 영향 및 지구의 생물다양성과 관련된 리스크에 관한 새로운 증거로 인해 **“전지구 총 영향”(RFC4)의 중간에서 높은 리스크로의 이동은 현재 AR5에서의 3.6°C 온난화가 아니라 1.5°C에서 2.5°C 지구온난화 사이에 위치한다(중간 신뢰도). {3.5}**
5. **마지막으로 “대규모 특이 현상”(RFC5)에서 중간 리스크와 높은 리스크가 AR5에서의 1.9°C(중간 리스크) 및 4°C(높은 리스크) 지구 온난화에서 나타났던 것과 달리 현재 각각 1°C와 2.5°C에 위치하며, 이에 대한 근거는 서남극해 빙상에 대한 새로운 관측 결과와 모델 때문이다(중간 신뢰도). {3.3.9, 3.5.2, 3.6.3}**

## TS.4 전지구적 대응 강화 및 이행

산업화 이전 수준과 대비하여 온난화를 1.5°C 이내로 억제하기 위해서는 지속가능한 발전과 통합된 전환적이고 체계적인 변화가 필요할 것이다. 이 변화에는 광범위하고 다층적이며 범부문에 대한 기후 완화 이행 및 장애물 제거의 규모 확대와 가속화가 필수적이다. 이러한 체계적인 변화는 특히 일시적으로 1.5°C를 초과하는 경로에 대해서는 전환적 적응을 포함한 보완적 적응 행동과 연계되어야 한다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준). {제2장, 제3장, 4.2.1, 4.4.5, 4.5} 완화 및 적응에 대한 현재의 국가적인 노력은 파리 협정의 온도 제한치 이하로 유지하는 것과 적응 목표를 달성하기에는 불충분하다. 에너지 효율 개선, 연료의 탄소집약도, 전력화, 토지 이용 변화에서의 전환이 여러 국가에서 진행되고 있으나, 온난화를 1.5°C로 억제하기 위해서는 에너지, 토지, 도시 및 산업 시스템에 대한 전지구적인 전환을 위해 더 크고 더 빠른 변화가 필요할 것이다. {4.3, 4.4, 본 장 교차챕터 박스 9}

전 세계 많은 공동체가 1.5°C 경로에 상응하는 이행 가능성을 입증하고 있지만(박스 4.1-4.10) 현재 이러한 주장을 할 수 있는 국가, 지역, 도시, 공동체, 또는 기업은 극소수에 불과하다(높은 신뢰도). 전지구적 대응 강화를 위해서는 거의 모든 국가가 목표 수준을 상당히 높여야 할 것이다. 이러한 상향된 목표 수준 이행에는 현지 및 토착 지식의 활용 역량 구축을 포함해, 모든 국가에서 제도적 역량 강화가 필요하다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준). 개도국 및 빈곤층과 취약 계층을 위한 대응 이행에는 역량 구축을 위한 재정적, 기술적 및 기타 형태의 지원이 필요하며, 이를 위해 추가적인 지역, 국가, 전지구적 자원들이 동원될 필요가 있을 것이다(높은 신뢰도). 그러나 공공, 재정, 제도, 혁신 역량은 현재 모든 국가에서 대규모로 광범위한 수단을 이행하기에 매우 부족하다(높은 신뢰도). 다층적인 기후 행동을 지원하는 국가 간 네트워크가 확대되고 있지만 규모 확대에는 어려움이 존재한다. {4.4.1, 4.4.2, 4.4.4, 4.4.5, 박스 4.1, 박스 4.2, 박스 4.7}

적응 필요는 2°C 보다 1.5°C 세계에서 더 낮을 것이다(높은 신뢰도). {제3장; 본 장 교차챕터 박스 11} 현재의 적응 방식으로부터의 학습 및 적응 거버넌스 {4.4.1}, 생활 방식과 행동 변화{4.4.3}, 혁신적인 재정 메커니즘{4.4.5}을 통한 현재 적응 실천의 강화는 지속 가능발전의 이행 내에서 적응의 주류화(mainstreaming)를 도와줄 수 있다. 잘못된 적응의 예방, 상향식 접근 방식에 대한 의존(박스 4.6) 및 토착 지식의 활용(박스 4.3)은 취약 계층과 공동체를 효과적으로 참여시키고 보호할 것이다. 적응 재정은 양적으로 증가했지만 1.5°C에 적응하기 위해서는 상당한 추가적인 확대가 필요할 것이다. 적응 재정의 배분, 자원 활용 준비, 메커니즘 모니터링에서의 질적인 격차는 영향을 저감할 적응 재정의 잠재력을 약화시킨다. {제3장, 4.4.2, 4.4.5, 4.6}

## 시스템 전환

**산업화 이전 수준 대비 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 데 필요한 에너지 시스템 전환이 전 세계 여러 분야 및 지역에서 진행 중이다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준).** 태양 에너지, 풍력 에너지, 전기 저장 기술의 정치적, 경제적, 사회적, 기술적 이행 가능성은 지난 수년간 크게 개선된 반면 전력 부문에서 원자력 에너지와 탄소포집저장(CCS)의 이행가능성은 유사한 정도의 진전을 보이지 못했다. {4.3.1}

**전력화, 수소, 바이오 기반 원료 및 대체물 그리고 몇몇 사례에서 이산화탄소 포집, 활용, 저장(CCUS)은 온난화를 1.5°C로 억제하기 위해 에너지 집약적인 산업에 필요한 배출량의 상당한 저감을 가져올 것이다.** 그러나 이러한 방안들은 제도적, 경제적, 기술적 제약에 의해 제한되며 이는 많은 기존 기업들의 재정적 리스크를 증가시킨다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준). 산업계에서의 에너지 효율 개선은 경제적으로 이행 가능성이 더욱 높아졌고 산업 시스템 전환을 도와 주지만 에너지 집약적 산업을 1.5°C 경로와 일치시키기 위해서는 온실가스-중립 공정 또는 이산화탄소흡수를 통해 보완되어야 할 것이다(높은 신뢰도). {4.3.1, 4.3.4}

**1.5°C로 온난화를 억제하는 데 필요한 전지구 및 지역 토지 이용과 생태계 전환 그리고 이와 관련된 행동 변화는 미래의 적응과 토지 기반의 농업 및 산림 감축 잠재력을 개선할 수 있다.** 그러나 이러한 전환은 농업과 천연 자원에 의존하는 생계에 영향을 미칠 수 있다. {4.3.2, 제3장 교차챕터 박스 6} 감축 목표 달성을 위한 농업과 임업 시스템의 변경은 현재의 생태계 및 생태계 서비스에 영향을 미쳐 식량, 물, 생계 안보를 잠재적으로 위협할 수 있다. 이는 토지 기반 감축 옵션의 사회적, 환경적 이행 가능성을 제한할 수 있지만 신중한 설계와 이행은 그 수용성을 개선하고 지속가능한 발전 목표를 지지할 수 있다(중간 증거 수준, 중간 동의 수준). {4.3.2, 4.5.3}

**농업 방식의 변화는 효과적인 기후 적응 전략이 될 수 있다.** 전 세계 많은 농업 시스템에 비용 효과적인 적응 전략이 될 수 있는 곡물-가축 복합 생산 시스템을 포함해 다양한 적응 방안들이 존재한다(통계적으로 유의미한 증거, 중간 동의 수준). 관개 효율 개선이 대규모 기반시설의 개입을 통해서가 아니라 농부들이 새로운 행동 및 물 절약 방식을 채택하여 달성된다면 전지구적 물 부존량(endowments) 변화에 효과적으로 대처할 수 있다(중간 증거 수준, 중간 동의 수준). 공동체 기반 적응과 같은 잘 설계된 적응 프로세스는 취약성의 상황 및 수준에 따라 효과적일 수 있다. {4.3.2, 4.5.3}

**식량 생산 효율성 개선 및 수확량 격차를 줄이는 것은 농업 분야의 배출량을 저감하고 토지에 대한 압박을 줄이며 식량 안보와 미래의 저감 잠재력을 강화할 잠재성을 지닌다(높은 신뢰도).** 기존 농업 시스템의 생산성 개선은 일반적으로 식량 생산의 배출 집약도를 낮추고 농촌 발전, 빈곤 감소, 식량 안보 목표들과

강력한 시너지를 제공하지만, 수요 측면의 조치들과 조합되지 않는다면 절대적인 배출량을 저감할 방안들은 제한적이다. 적절한 보호책과 함께 바이오 기술을 포함하는 기술 혁신은 현재의 이행 가능성의 제약을 해결하는 데 기여할 수 있으며 농업의 미래 감축 잠재력을 확대할 수 있다. {4.3.2, 4.4.4}

**식량 손실 및 낭비의 저감과 더불어 더 낮은 배출량과 토지가 덜 필요한 식량 위주의 식단 선택으로의 전환은 배출량을 저감하고 적응 옵션을 늘릴 수 있다(높은 신뢰도).** 식량 손실과 낭비를 줄이는 것과 식단과 관련된 행동 변화는 배출량과 토지에 대한 압박을 낮추어, 효과적인 완화 및 적응 옵션을 가져오고(높은 신뢰도), 이는 식량 안보, 건강, 지속가능발전에 대해 상당한 공동 편익을 가져오지만{4.3.2, 4.4.5, 4.5.2, 4.5.3, 5.4.2}, 식단 선택을 변화시키기 위한 성공적인 정책에 대한 증거는 제한적이다.

## 완화 및 적응 옵션과 기타 수단

**참여적이고 통합적 방식으로 이행되는 완화 및 적응 옵션의 혼합체는 - 도시 및 농촌 지역에서 - 신속하고 전체적인 전환을 가능하게 할 수 있으며 이는 1.5°C로 온난화를 억제하는 가속화된 전환에 있어 필수적인 요소가 된다.** 이러한 옵션과 변화는 경제 발전 및 지속가능발전과 조율되고 지방·지역 정부가 중앙 정부로부터 지원을 받을 때 가장 효과적이다. {4.3.3, 4.4.1, 4.4.3} 다양한 완화 옵션이 많은 지역에 빠르게 확산되고 있다. 그 중 많은 옵션이 발전 시너지를 가지지만 현재까지 모든 수준의 소득 집단이 그 혜택을 볼 수 있었던 것은 아니다. 무엇보다 전력화, 최종 에너지 효율개선 및 재생 에너지 비중 증대가 에너지 사용을 줄이고 있으며 만들어진 환경, 특히 건물에서 에너지 공급을 탈탄소하고 있다. 도시 환경에 필요한 다른 신속한 변화에는 전기자동차의 확대를 포함한 교통 분야의 탈자동차화 및 탈탄소화와 에너지 효율적인 가전제품의 이용 확대가 포함된다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준). 기술 혁신과 사회적 혁신은 예를 들어 스마트 그리드, 에너지 저장 기술, 그리고 정보통신 기술(ICT)과 같이 배출량 저감에 활용될 수 있는 보편적 기술의 이용을 통해 온난화를 1.5°C로 억제하는데 기여할 수 있다. 이행 가능한 적응 방안에는 녹색 기반시설, 복원력 있는 수자원 및 도시 생태계 서비스, 도시 및 도시근교 농업, 규제 및 계획을 통한 건물과 토지 이용 적응이 포함된다(중간 증거 수준, 중간-높은 동의 수준). {4.3.3, 4.4.3, 4.4.4}

**도시와 농촌 지역에서는 몇 가지 포괄적인 적응 옵션을 통한 체계적인 전환을 통해 시너지를 달성할 수 있다.** 보건, 사회 안보, 리스크 공유 및 분산에 대한 투자는 규모 확대의 가능성이 높은 비용 효과적인 적응 수단들이다(중간 증거 수준, 중간-높은 동의 수준). 재난 리스크 관리와 교육에 기반한 적응은 확장성과 비용 효과성에 있어 전망이 밝지는 않지만(중간 증거 수준, 높은 동의 수준), 적응 역량의 구축에 있어서 매우 중요하다. {4.3.5, 4.5.3}



**적용 및 완화 옵션이 모이면 시너지를 가져올 수 있고 잠재적으로는 비용 효과성을 높일 수 있지만, 여러 가지 상충이 규모 확대 속도와 잠재력을 제한할 수 있다.** 모든 분야 및 시스템 전환에서 시너지와 상충에 대한 많은 사례를 찾을 수 있다. 예를 들어 지속가능한 물 관리(높은 증거 수준, 중간 동의 수준)와 지속 가능한 물 및 환경 서비스의 공급과 도시 농업 지원을 위한 녹색 기반시설에 대한 투자(중간 증거 수준, 높은 동의 수준)는 다른 적용 옵션 보다 덜 비용 효과적이지만 기후 복원력 구축에 도움이 될 수 있다. 이러한 시너지를 가능하게 하고 상충을 회피하는 데 필요한 거버넌스 및 재정과 사회적 지지를 달성하는 것은 특히 여러 가지 목표에 초점을 두고 적절한 순서와 시점을 다룰 때 종종 어려운 과제이다. {4.3.2, 4.3.4, 4.4.1, 4.5.2, 4.5.3, 4.5.4}

**이산화탄소가 장기 온난화를 지배하지만, 메탄, 블랙 카본과 같은 단기체류 기후변화 유발물질(SLCF)이 단기적으로는 온난화를 1.5°C 로 억제하는 데 상당한 기여를 할 수 있다.** 블랙 카본 및 메탄의 저감은 대기 오염 저감으로 인한 건강 개선을 포함해 상당한 공동편익을 가질 것이다(높은 신뢰도). 이는 결과적으로 그러한 행동의 제도적 및 사회문화적 실현가능성을 강화한다. 일부 온난화 단기체류 기후변화 유발물질의 저감은 경제적 및 사회적 실현가능성으로 인해 제약을 받는다(낮은 증거 수준, 높은 동의 수준). 이 물질들은 대기 이산화탄소와 함께 배출되기 때문에 온난화를 1.5°C 수준으로 억제하는 데 필요한 에너지, 토지, 도시 전환의 달성은 온난화 단기체류 기후변화 유발물질의 배출량을 크게 감소시킬 것이다. {2.3.3.2, 4.3.6}

**대부분의 이산화탄소흡수 옵션은 많은 이행 가능성의 제약에 직면하고 있으며, 이는 옵션마다 상이한데, 제2장에서 기술한 1.5°C에 상응하는 경로에 필요한 대규모 확대를 지속적으로 달성할 수 있는 단일 옵션의 잠재력을 제한한다(높은 신뢰도).** 이러한 1.5°C 경로들은 일반적으로 총 탄소배출총량을 초과하는 이산화탄소 배출량을 줄이거나 회피하기에는 너무 비용이 높은 배출을 중립화하기 위해 BECCS, AR 또는 둘 모두를 이용하는 바이오 에너지 기술에 의존한다. {제2장} BECCS와 AR은 기술적, 지구물리학적으로 실현가능하지만 토지 이용과 관련해 부분적으로 중복되면서 상이한 제약에 직면하고 있다. 흡수된 이산화탄소 1톤당 토지 발자국은 BECCS보다 AR에서 더 높지만 현재의 낮은 보급률을 감안할 때, 대중의 수용과 경제적 인센티브의 부재와 같은 이슈들이 해결된다 할지라도 온난화를 1.5°C로 억제하는 데 필요한 속도와 규모에서 상당한 이행의 어려움이 제기된다(높은 동의 수준, 중간 증거 수준). 숲이 포화됨에 따라, 신규 조림의 큰 잠재력과 적절하게(예, 생물다양성, 토양의 질) 이행될 경우의 공동편익은 시간이 지나면서 감소할 것이다(높은 신뢰도). 대기 탄소 직접 포획 및 저장(DACCS)과 이산화탄소 풍화 작용의 강화(enhanced weathering)에 필요한 에너지와 경제적 비용은 여전히 높은 수준이다(중간 증거 수준, 중간 동의 수준). 국지적인 토양 탄소 격리는 농업과는 공동편익을 가지며 기후 정책이 마련되지 않은 조건에서도 비용 측면에서 효과적이다. 전지구적인 규모에서 이 옵션의 잠재적 이행 가능성 및 비용 효과성은 더욱 제한적으로 나타난다. {4.3.7}

**태양복사조절(SRM) 조치의 불확실성은 잠재적인 확산을 제한한다.** 이 불확실성에는 다음이 포함된다: 기

술적 미성숙, 지구온난화 억제에 있어 효과성에 대한 물리적 이해 부족, 이 수단에 대한 관리, 합법화, 확대할 역량 부족. 일부 최근 모델에 기반한 분석은 SRM이 효과적일 것이나 이행 가능성을 평가하는 것은 아직 시기상조임을 보여주었다. SRM의 가장 부정적인 부작용이 회피 될 수 있는 불확실한 사례에서조차 대중의 저항, 윤리적 문제, 지속가능발전에 미치는 잠재적 영향으로 인해 SRM은 경제적, 사회적, 제도적으로 바람직하지 않게 된다(낮은 동의 수준, 중간 증거 수준). {4.3.8, 본 장 교차챕터 박스 10}

**신속하고 광범위한 변화 지원**

**산업화 이전 수준 대비 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 데 필요한 전환과 기술의 변화 속도가 과거에 특정 부문과 기술에서 관찰되었다{4.2.2.1}.** 그러나 에너지, 토지, 도시, 기반시설, 산업 시스템의 변화 속도에 필요한 지리적 및 경제적 규모는 더 클 것이며 과거에 기록된 바가 없다(제한적 증거 수준, 중간 동의 수준). 불평등을 줄이고 빈곤을 해소하기 위해 이러한 전환은 과거에 관측된 것보다 더 많은 계획과 더욱 강력한 제도(포용적 시장을 포함)를 필요로 할 것이며 또한 거버넌스 행위자들과 규모를 가로질러 더욱 강력한 협력과 와해성(disruptive) 혁신을 필요로 할 것이다. {4.3, 4.4}

**온난화를 1.5°C로 억제하는 것에 상응하는 거버넌스와 적용 및 완화의 정치 경제는 시스템 전환, 행동 변화, 혁신, 기술 보급을 가능하게 하고 가속화할 수 있다(중간 증거 수준, 중간 동의 수준).** 1.5°C에 상응하는 행동을 위한 효과적인 거버넌스 체제에는 다음이 포함될 것이다: 산업계, 시민 사회, 연구 기관과 같은 비국가 행위자들을 포함하는 책임성 있는 다층적 거버넌스, 협력적인 여러 이해관계자 파트너십을 가능하게 하는 조율된 부문별 및 범부문적 정책, 재정과 기술에 대한 접근 확대를 가능하게 하는 전지구 및 지역 금융 구조 강화, 기후와 관련된 무역 장벽의 해소, 기후 교육 개선 및 대중 인식 고취, 행동 변화를 가속화할 수 있게 하는 계획, 기후 모니터링 및 평가 시스템 강화, 형평성 및 지속가능발전목표(SDGs)에 민감한 국제적인 호혜 협정. 시스템 전환은 기후변화 정책 계획 및 그 이행을 가속화하는 공공, 민간, 금융 기관의 역량 강화와 함께 기술 혁신, 확대, 유지의 가속화를 통해 가능해진다. {4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4}

**행동 변화와 수요 측면의 관리는 배출량을 크게 저감할 수 있으며, 1.5°C 로의 온난화 억제를 위해 이산화탄소 흡수에 대한 의존성을 크게 낮출 수 있다 {제2장, 4.4.3}.** 정치 및 금융의 이해 관계자들은 사람들의 핵심 가치관과 행동 조정을 포함해 행동에 영향을 미치는 여러 요인들을 고려한다면, 기후 행동이 더욱 비용 효과적이고 사회적 수용성이 가능하다는 것을 발견할 수 있을 것이다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준). 행동 및 생활방식과 관련된 조치 및 수요 관리는 이미 전 세계 배출량의 감소를 가져왔으며, 향후 상당한 저감을 가능하게 할 수 있다(높은 신뢰도). 상향식 이니셔티브를 통한 사회적 혁신은 시스템 전환 거버넌스에 대한 더욱 많은 참여와 1.5°C에 대한 전지구적 대응의 일부인 기술과 실천 및 정책에 대한 지지 증대를 가져올 수 있다.



{제2장, 4.4.1, 4.4.3, 그림 4.3}

**온난화를 1.5°C 미만으로 유지하고 기후 리스크에 대한 역량 강화에 필요한 신속하고 광범위한 대응에는 현재 투자가 부족한 분야인 저배출 기반시설 및 건물에 대한 대규모 투자와 더불어 저배출 투자로의 자금흐름 재설정이 필요하다(통계적으로 유의미한 증거 수준, 높은 동의 수준).** 2016-2035년 에너지 분야에 대해 전세계 총고정자본 형성(GFCF)의 약 1.5%의 평균 연간 증분이 투자되는 것으로 나타나고 있으며, SDG 이행을 다룰 수 있는 기타 발전 기반시설에 대해서는 전세계 GFCF의 약 2.5%로 나타난다. 양질의 정책 설계와 효과적인 이행이 효율을 개선할 수 있지만, 그러한 운영이 이러한 투자를 완전히 대체할 수는 없다. {2.5.2, 4.2.1, 4.4.5}

**이러한 투자를 가능하게 하기 위해서는** 사회적으로 비효율적인 화석 연료 보조금 체계의 축소 및 혁신적인 가격/비가격 국내 및 국제적 정책 도구와 같은 **일련의 정책 도구들의 동원과 보다 나은 통합이 필요하다.** 이는 리스크 회피 금융 수단 및 장기적인 저배출 자산의 출현으로 보완되어야 할 것이다. 이러한 정책 도구들은 탄소 집약적인 서비스에 대한 수요를 낮추며 화석 연료 기반 기술에 대한 시장 선호도 탈피를 목표로 한다. 증거와 이론은 의도하지 않은 범부문적이고 범국가적인 분배상의 영향을 보상하기 위한 충분한 이전이 없는 상태에서 탄소의 가격 제도만으로는 시스템 전환을 촉발하는 데 필요한 수준에 도달할 수 없다는 것을 보여준다(통계적으로 유의미한 증거 수준, 중간 동의 수준). 그러나 일관된 정책 패키지 내에 포함된다면 점진적인 자원 동원에 도움이 될 수 있고 전환의 촉발 단계의 사회적, 경제적 비용을 절감시키는 유연한 메커니즘을 제공할 수 있다(통계적으로 유의미한 증거 수준, 중간 동의 수준). {4.4.3, 4.4.4, 4.4.5}

**점차 많은 증거를 통해, 저배출, 기후 복원력 있는 기반시설 및 서비스로의 저축 및 지출의 기후에 민감한 재조정에는 세계적 및 국가별 금융 시스템의 발전을 필요로 한다는 것이 입증되고 있다.** 추정에 따르면 공공 투자의 기후 친화적 배분 이외에도, 지구온난화를 1.5°C로 억제하기 위해서는 연간 자본 수입<sup>5)</sup>의 5-10%의 잠재적인 재배정이 필요하다 {4.4.5, 박스 4.8의 표 1}. 이는 민간의 일일 지출에 대한 인센티브의 변화와 투기적이고 신중한 투자로부터 장기적으로 생산적인 저배출 자산과 서비스로의 저축의 방향 전환을 통해 촉진될 수 있다. 이는 금융 및 은행 시스템 규제에서 제도권 투자자들과 기후 금융의 주류화를 의미한다. 다자간 및 국가 개발 은행을 통해 낮은 리스크 및 낮은 이자 금융에 대한 개도국의 접근을 용이하게 해야 할 것이다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준). 소규모기업의 새로운 사업 모델을 지원하고 자본 접근이 제한되는 가구들을 도와주며 기후 친화적인 투자 리스크를 제거하기 위해 다자간, 국가 및 지자체의 보증을 이용한 새로운 형태의 민간 파트너십이 필요할 수도 있다. 궁극적으로, 장기적인 저배출

자산으로 포트폴리오 이동을 촉진시키는 것이 목표이며, 이는 잠재적으로 좌초 자산 상태에서 자본의 방향을 바꾸는 것을 도울 것이다. {4.4.5}

**지식 격차**

**1.5°C 세계로의 전환을 실현하기 위해서는 기후변화에 대한 전지구적 대응 이행과 강화에 관한 지식 격차의 해소가 시급하다.** 아직 해답을 찾지 못한 질문들은 다음과 같다: 복원력 개선, 적응 강화, 온실가스 배출량 저감에 있어 혁신, 행동 및 체계적인 정치적, 경제적 변화로부터 현실적으로 얼마나 기대할 수 있는가? 변화 속도를 어떻게 가속화하고 확대할 수 있는가? 지속가능한 발전, 빈곤 퇴치, 불평등 해소에 부합하는 완화 및 적응 토지 전환에 대한 현실적인 평가 결과는 무엇인가? 초기 단계 이산화탄소흡수 옵션 전망 및 전주기 배출량은 어떠한가? 기후 정책과 지속가능발전 정책을 어떻게 수렴시킬 수 있고 어떻게 정의와 윤리의 원칙(공통의 그러나 차별화된 책임과 개별 역량(CBDR-RC)) 및 호혜와 파트너십의 기초, 전지구적인 거버넌스 체계와 금융 시스템 내에서 조직화할 수 있는가? 온난화를 1.5°C로 억제하는 데에는 중앙은행과 같은 금융 규제 기관이 포함될 수 있는 거시적 금융 정책과 재정 정책들의 조화를 얼마나 필요로 하는가? 기후 거버넌스의 여러 행위자 및 그 절차가 어떻게 서로를 강화할 수 있고 이니셔티브의 분절을 방지할 수 있는가? {4.1, 4.3.7, 4.4.1, 4.4.5, 4.6}

5) 연간 자본 수입은 지불된 이자와 자산 증가분의 합



**TS.5 지속가능발전, 빈곤 퇴치 및 불평등 감소**

이 챕터는 지속가능발전을 분석의 출발점이자 초점으로 둔다. 이 챕터는 1.5°C 더 온난한 세계에서, 그 다차원적 측면의 불평등 감소와 빈곤 퇴치에 대한 초점을 두고 지속가능발전과 기후 행동 간의 광범위하고 다면적인 양방향 상호작용을 고려한다. 이러한 기초적 연계는 SDG에 깊숙히 들어있다. 이 챕터는 또한 지속가능한 발전과 함께 적응 및 완화 옵션과 SDG간의 시너지 및 상충을 조사하며, 특히, 1.5°C 더 온난한 세계로의 기후 복원력 있는 발전 경로를 포함해 가능한 경로에 대한 시사점을 제공한다.

**1.5°C 더 온난한 세계에서의 지속가능발전, 빈곤 및 불평등**

산업화 이전 수준과 대비하여 온난화를 2°C가 아닌 1.5°C로 억제하면 지속가능발전의 여러 측면의 달성이 훨씬 더 용이해지며, 빈곤 퇴치와 불평등 감소 가능성은 더욱 커질 것이다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준). 더 낮은 온도를 달성한다면 기후 리스크에 노출되고 빈곤에 취약한 사람들의 수를 6,200만명~4억 5,700만명 감소시킬 수 있으며 특히, 이미 발전상의 어려움을 겪고 있는 지역에서 빈곤층이 식량과 물 부족, 부정적인 건강 영향, 경제적 손실을 경험할 리스크를 낮출 수 있다(중간 증거 수준, 중간 동의 수준). {5.2.2, 5.2.3} 1.5°C와 2°C 온난화 사이에서 회피 될 수 있는 영향은 빈곤, 기아, 건강, 물 및 위생, 도시, 생태계와 관련된 (SDG 1, 2, 3, 6, 12, 14, 15) 특정 SDG의 달성을 더욱 용이하게 할 것이다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준).{5.2.3, 본 장 끝 부분에 있는 표 5.2}

그럼에도 불구하고 1.5°C 지구온난화는 현재 조건에 비해 빈곤 퇴치, 불평등 감소, 생태계와 인간 복지 보장에 대해 높은 리스크를 보여준다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준). 1.5°C 온난화는 대부분의 국가, 공동체, 생태계 및 부문에서 '안전'한 것으로 간주되지 않으며 현재의 1°C 온난화에 비해 자연계 및 인간계에 상당한 리스크를 가져온다(높은 신뢰도). {제5장 교차챕터 박스 12} 1.5°C의 영향은 식량 불안정, 식량 가격 상승, 수입 손실, 생계 기회 상실, 건강에 대한 부정적인 영향과, 인구 퇴거(displacement)를 통해 취약 계층에 불균형적인 영향을 미칠 것이다 (중간 증거 수준, 높은 동의 수준). {5.2.1} 지속가능발전에 대한 최악의 영향 중 일부는 농업 및 연안에 의존적인 생계, 원주민, 아동 및 노약자, 빈곤 노동 계층, 아프리카의 빈곤한 도시 거주자들, 북극과 군소도서개발도상국(SIDS)의 거주자들과 생태계가 경험할 것으로 예상된다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준) {5.2.1 박스 5.3, 제3장, 박스 3.5, 제4장 교차챕터 박스 9}.

**기후 적응과 지속가능발전**

지속가능발전의 우선순위 배정 및 SDG의 충족은 기후 변화에 대한 적응 노력과 부합된다(높은 신뢰도). 지속가능발전을 위한 많은 전략들은 1.5°C 더 온난한 세계에 대한 전환적 적응을 가능하게 하며, 모든 형태의 빈곤 감소와 형평성 및 의사 결정에 대한 참여 촉진에 관심을 가지고 있다(중간 증거 수준, 높은 동

의 수준). 그렇기 때문에 지속가능발전은 빈곤층과 취약층의 구조적인 취약성을 크게 줄이고 적응 역량을 향상시키며 생계 안정성을 지원할 잠재력을 가지고 있다(높은 신뢰도). {5.3.1}

**1.5°C 더 온난한 세계에서 여러 분야와 상황에 걸친 적응 전략과 SDG간의 시너지는 유효할 것으로 기대된다(중간 증거 수준, 중간 동의 수준).** 적응과 지속가능발전 간의 시너지는 농업과 건강 및 SDG1(빈곤 퇴치), SDG 2(기아 종식 및 지속가능한 농업), SDG 3(건강 및 웰빙) 및 SDG 6(깨끗한 물과 위생)를 강화하는 데 상당한 것으로 나타난다(통계적으로 유의미한 증거 수준, 중간 동의 수준) {5.3.2}. 건조한 지역 및 극지방의 사례에서 알 수 있듯이 생태계 및 공동체 기반의 적응은 토착 및 지역 지식의 통합과 함께, SDG5(성평등), SDG10(불평등 해소), SDG 16(정의, 평화, 효과적인 제도)과 시너지를 강화한다(높은 증거 수준, 중간 동의 수준) {5.3.2, 박스 5.1, 제4장 교차챕터 박스 10}.

적응 전략은 SDG와의 그리고 SDG 간에 상충을 가져올 수 있다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준). 특정 SDG에 도움이 되는 전략이 다른 SDG에는 부정적 영향을 미칠 수도 있는데, 그 예로는 SDG 3(건강 및 웰빙) 대 SDG 7(모두를 위한 깨끗한 에너지) 및 농업분야 적응, SDG 2(기아 종식 및 지속가능한 농업) 대 SDG 3(건강 및 웰빙), 5(성평등), 6(깨끗한 물과 위생), 10(불평등 해소), 14(해양생태계 보존) 및 15(육상생태계 보호)가 있다(중간 증거 수준, 중간 동의 수준) {5.3.2}

**1.5°C 더 온난한 세계에 대한 상황에 맞는 적응 경로의 추구는 발전 수준과 무관하게 모든 국가에서 복지에 상당한 긍정적 영향을 미칠 잠재력을 가지고 있다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준).** 적응 경로가 다음과 같은 경우에 긍정적 결과를 기대할 수 있다. (i) 사람들의 가치와 그들이 수용 가능하다고 인정하는 상충에 기반한 적응 옵션의 다양성 보장, (ii) 포용적, 참여적, 숙의적 절차를 통한 지속가능발전과의 시너지 극대화, (iii) 형평성 있는 전환 촉진. 그러나 경로 의존성, 불균등한 권력 구조, 사회에 내재한 불평등을 극복할 재분배 수단 없이는 이러한 경로의 달성이 어려울 것이다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준). {5.3.3}

**완화와 지속가능발전**

**1.5°C 경로에 상응하는 완화 옵션의 확대는 지속가능발전의 여러 차원에 걸쳐 다양한 시너지를 가져온다. 동시에 온난화를 1.5°C로 억제하는 데 필요한 변화 속도와 규모는 신중하게 관리하지 않을 경우 일부 지속가능발전 차원과 상충을 일으킬 수 있다(높은 신뢰도).** 감축 대응 옵션과 지속가능발전 간 시너지의 수는 에너지 수요와 공급 분야, 농업, 임업 및 기타 토지 이용(AFOLU), 해양에서 나타나는 상충의 수를 넘어선다(매우 높은 신뢰도). {그림 5.2, 본 장 끝 부분에 있는 표 5.2} 1.5°C 경로는 특히 SDG 3(건강 및 웰빙), 7(모두를 위한 깨끗한 에너지), 12(지속가능한 생산과 소비), 14(해양생태계 보존)에 대해 확고한 시너지를 가진다(매우 높은 신뢰도). {5.4.2, 그림 5.3}

TS

SDG 1(빈곤 퇴치), 2(기아 종식 및 지속가능한 농업), 6(깨끗한 물과 위생), 7(모두를 위한 깨끗한 에너지)에 대해서는 1.5°C 경로에 상응하는 엄격한 감축 조치에서 상충 또는 부정적인 부작용 리스크가 존재한다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준). {5.4.2}

에너지 수요를 줄이기 위해 적절하게 설계된 완화 행동은 여러 SDG를 동시에 개선할 수 있다. 낮은 에너지 수요를 특징으로 하는 1.5°C에 상응하는 경로가 가장 현저한 시너지를 보여주며 동시에 지속가능한 발전 및 SDGs와 가장 낮은 수의 상충을 보인다(매우 높은 신뢰도). 모든 분야에서 에너지 효율 개선의 가속화는 SDG 7(모두를 위한 깨끗한 에너지), 9(산업, 혁신, 사회기반시설), 11(지속가능한 도시), 12(지속가능한 생산과 소비), 16(정의, 평화, 효과적인 제도), 17(지구촌 협력)과 시너지를 가진다(통계적으로 유의미한 증거 수준, 높은 동의 수준). {5.4.1, 그림 5.2, 표 5.2} 1.5°C 경로 가운데 BECCS에 대한 의존을 줄이거나 완전히 피할 수 있는 저수요 경로는 식량 안보에 대한 압박을 상당히 줄이고, 식량 가격을 낮추며, 기아 리스크에 처한 사람의 수를 줄일 것이다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준). {5.4.2, 그림 5.3}

이산화탄소흡수 옵션이 SDG에 미치는 영향은 옵션의 종류 및 그 확대 범위에 좌우된다(높은 신뢰도). 잘 이행되지 못할 경우, 바이오에너지, BECCS, AFOLU와 같은 이산화탄소흡수 옵션은 상충을 가져올 것이다. 적절한 설계와 이행을 위해서는 지역 주민들의 필요, 생물다양성 및 기타 지속가능한 발전 차원에서 고려가 필요하다(매우 높은 신뢰도) {5.4.1.3, 제3장 교차챕터 박스 7}.

온난화를 1.5°C로 억제하기 위한 감축 포트폴리오 및 정책 도구의 설계가 완화와 지속가능발전 간의 전반적인 시너지와 상충을 주로 결정할 것이다(매우 높은 신뢰도). 빈곤층과 취약층을 보호하는 재분배 정책은 일련의 SDG에 대한 상충을 해결할 수 있다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준). 개별적인 감축 조치는 SDG와 긍정적·부정적 상호작용과 모두 관련되어 있다(매우 높은 신뢰도). {5.4.1} 그러나 감축 포트폴리오의 적절한 선택은 긍정적 부작용을 최대화하고 부정적 부작용을 최소화할 수 있다(높은 신뢰도). {5.4.2, 5.5.2} 1.5°C 경로에서 SDG 중 일부와의 상충을 해결하는 보완 정책에 대한 투자 수요는 전체적 감축 투자의 작은 부분에 해당한다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준). {5.4.2, 그림 5.4} 1.5°C 온난화에 부합하는 완화와 적응 및 지속가능발전의 통합은 체계적인 관점을 필요로 한다(높은 신뢰도). {5.4.2, 5.5.2}

1.5°C 온난화에 상응하는 감축은 수익 및 고용 창출과 관련해 화석 연료에 의존성이 높은 국가에서는 지속가능발전에 높은 리스크를 발생시킨다(높은 신뢰도). 이러한 리스크는 광업 활동 및 수출 수익에 영향을 미치는 전 세계 수요 감소와 국내 경제에서 높은 탄소집약도의 신속한 저감의 어려움으로 인해 발생한다(통계적으로 유의미한 증거 수준, 높은 동의 수준). {5.4.1.2, 박스 5.2} 경제와 에너지 분야에서

다각화 장려를 겨냥한 정책이 이러한 전환을 원활하게 할 수 있다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준). {5.4.1.2, 박스 5.2}

1.5°C로의 지속가능발전 경로

지속가능발전은 보통 산업화 이전 수준 대비 온난화를 1.5°C로 억제하는 데 필요할 근본적인 사회 및 시스템의 전환을 가능하게 하고 광범위하게 지원한다(높은 신뢰도). 가장 지속가능한 세계를 특징으로 시뮬레이션 된 경로(예, 공유 사회경제적 경로(Shared Socioeconomic Pathways(SPP) 1)는 보다 낮은 완화 및 적응 어려움과 관련되고 더 낮은 감축 비용으로 온난화를 1.5°C로 억제한다. 이와는 대조적으로 높은 분절화, 불평등과 빈곤을 특징으로 하는 발전 경로는(예, SSP3) 상대적으로 높은 완화 및 적응 어려움과 관련된다. 이 경로에서는, 방대한 다수의 통합 평가 모델에서 1.5°C로 온난화를 억제하는 것이 불가능하다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준). {5.5.2} 모든 SSP에서 감축 비용은 2°C 경로보다 1.5°C 경로에서 상당히 증가한다. 문헌 중 어떤 경로도 17개의 SDG 모두를 포함 또는 달성하지는 못한다(높은 신뢰도). {5.5.2} 프로젝트 수준에서의 현장 경험은 적응, 완화 및 지속가능발전의 실질적인 통합이 부문과 공간적 규모에 걸쳐 상충에 대한 조율을 필요로 한다는 점에서 상당히 어려운 과제라는 것을 보여준다(매우 높은 신뢰도). {5.5.1}

사회적 전환 및 도전적인 온실가스 저감 조치의 신속한 이행 없이 온난화를 1.5°C로 억제하고 지속가능 발전을 달성하는 경로의 달성은 불가능하지 않지만, 극도로 어려울 것이다(높은 신뢰도). 이러한 경로 추구의 잠재력은 각기 다른 발전 궤적, 기회와 과제로 인해 국가 및 지역간 그리고 국가 및 지역 내에서 다르게 나타난다(매우 높은 신뢰도). {5.5.3.2, 그림 5.1} 온난화를 1.5°C로 억제하기 위해서는 모든 국가 및 비국가 행위자들이 지체 없이 자신들의 기여를 더욱 강화해야 한다. 이는 적응, 완화 및 전환 역량이 낮은 국가 및 비국가적 행위자들에 대한 지원과 함께 더 도전적이고 보다 헌신적인 협력을 바탕으로 하는 활동 공유를 통해 달성될 수 있다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준). {5.5.3.1, 5.5.3.2} 전환과 관련된 풀기 힘든 상충의 회피를 포함하여 저탄소 궤적을 조율하고 불평등을 감소시키기 위한 현재의 노력은 부분적으로 성공을 거두고 있으나 뚜렷한 장애물을 보여주고 있다(중간 증거 수준, 중간 동의 수준). {5.5.3.3, 박스 5.3, 본 장 교차챕터 박스 13}

사회 정의와 형평성이 전환적 사회 변화를 위한 기후 복원력 있는 발전 경로의 핵심이다. 빈곤층과 취약 계층의 상황을 더욱 악화시키지 않으면서 지속가능 발전을 달성하고 온난화를 1.5°C로 억제하기 위해 국가와 공동체 간 또는 국가와 공동체 내에서의 문제 해결 및 기회 확대가 필요할 것이다(높은 신뢰도). 저탄소, 기후 복원력 있는 미래를 향한 포용적이고 사회적으로 수용가능한 경로 규명과 조사는 도덕적, 현실적, 정치적 어려움과 불가피한 상충이 얽힌 어렵지만 중요한 과제다(매우 높은 신뢰도). {5.5.2, 5.5.3.3 박스 5.3}



사회적 가치, 복지, 리스크, 복원력을 절충하고 무엇이 누구에게 바람직하고 공정한지를 결정하기 위한 속고와 문제 해결 과정이 수반된다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준). 예를 들어 바누아투 같은 태평양 군소도서개발도상국과 도시 측면에서 공동의 반복적인 계획 및 전환적 비전을 포괄하는 경로는 살 만하고 지속가능한 미래의 가능성을 보여준다(높은 신뢰도). {5.5.3.1, 5.5.3.3, 그림 5.5, 박스 5.3, 본 장 교차챕터 13}.

**지속가능발전, 빈곤 퇴치, 불평등 감소를 달성하면서 동시에 온난화를 1.5°C로 억제하기 위한 근본적인 사회 및 시스템의 변화를 위해서는 특정한 제도적, 사회적, 문화적, 경제적, 기술적 조건이 충족되어야 한다(높은 신뢰도).** 여러 분야와 공간 규모에 걸친 정책 행동의 조율 및 모니터링은 1.5°C 더 온난한 세계에서 지속가능한 발전을 뒷받침하는 데 필수적이다(매우 높은 신뢰도). {5.6.2, 박스 5.3} 외부 재정 및 기술 이전은 수혜자의 특정 상황의 필요를 고려할 때 이러한 노력을 더 잘 지원한다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준). {5.6.1} 포용적 절차는 참여, 투명성, 역량 구축 및 반복적인 사회 학습을 보장함으로써 전환을 촉진할 수 있다(높은 신뢰도). {5.5.3.3, 교차챕터 박스 13, 5.6.3}. 모든 사람들에게 이익이 되는 1.5°C에 상응하는 발전 경로 채택에서의 핵심은 국가 간 그리고 국가 내에서의 권력 불균형 및 불평등한 발전 기회에 대한 관심이다(높은 신뢰도) {5.5.3, 5.6.4, 박스 5.3}. 개인 및 집단적 가치에 대한 재조사는 긴급하고 도전적이며 협력적인 변화에 박차를 가하는 데 도움이 될 수 있다(중간 증거 수준, 높은 동의 수준). {5.5.3, 5.6.5}

