

발간등록번호

11-1480523-002005-01

NIER번호 : NIER-GP2014-134

ipcc

기후 변화에 관한 정부간 협의체

기후변화 2014

영향, 적응 및 취약성

정책결정자를 위한 요약보고서

WG II

IPCC 제5차 평가보고서 제2실무그룹

이보고서는 제38차 IPCC총회(2014. 3. 31, 일본 요코하마)에서 최종 승인된 보고서를
환경부 국립환경과학원에서 번역한 것 입니다



기후변화 2014 영향, 적응 및 취약성

제2실무그룹
IPPC의 제5차 평가보고서

정책결정자를 위한 요약보고서

편집

Christopher B. Field

제2실무그룹 공동의장
지구 생태부
카네기 과학연구소

Vicente R. Barros

제2실무그룹 공동의장
해양 및 대기 연구센터
부에노스 아이레스 대학

David Jon Dokken

과학팀장

Katharine J. Mach

공동과학팀장

Michael D. Mastrandrea

공동과학팀장

T. Eren Bilir
Eric S. Kissel

Monalisa Chatterjee
Andrew N. Levy

Kristie L. Ebi
Sandy MacCracken

Yuka Otsuki Estrada
Patricia R. Mastrandrea

Robert C. Genova
Patricia R. Mastrandrea

Betelhem Girma
Leslie L. White

제2실무그룹 기술지원팀

SPM

정책결정자를 위한 요약보고서

주요 저자:

Christopher B. Field (미국), Vicente R. Barros (아르헨티나), Michael D. Mastrandrea (미국), Katharine J. Mach (미국), Mohamed A.-K. Abdrabo (이집트), W. Neil Adger (영국), Yury A. Anokhin (러시아), Oleg A. Anisimov (러시아), Douglas J. Arent (미국), Jonathon Barnett (호주), Virginia R. Burkett (미국), Rongshuo Cai (중국), Monalisa Chatterjee (미국/인도), Stewart J. Cohen (캐나다), Wolfgang Cramer (독일/프랑스), Purnamita Dasgupta (인도), Debra J. Davidson (캐나다), Fatima Denton (감비아), Petra Döll (독일), Kirstin Dow (미국), Yasuaki Hijioka (일본), Ove Hoegh-Guldberg (호주), Richard G. Jones (영국), Roger N. Jones (호주), Roger L. Kitching (호주), R. Sari Kovats (영국), Joan Nymand Larsen (아이슬란드), Erda Lin (중국), David B. Lobell (미국), Inigo J. Losada (스페인), Graciela O. Magrin (아르헨티나), José A. Marengo (브라질), Anil Markadnya (스페인), Bruce A. McCarl (미국), Roger F. McLean (호주), Linda O. Mearns (미국), Guy F. Midgley (남아프리카공화국), Nobuo Mimura (일본), John F. Morton (영국), Isabelle Niang (세네갈), Ian R. Noble (호주), Leonard A. Nurse (바베이도스), Karen O'Brien (노르웨이), Taikan Oki (일본), Lennart Olsson (스웨덴), Michael Oppenheimer (미국), Jonathan T. Overpeck (미국), Joy J. Pereira (말레이시아), Elvira S. Poloczanska (호주), John R. Porter (덴마크), Hans-O. Pörtner (독일), Michael J. Prather (미국), Roger S. Pulwarty (미국), Andy Reisinger (뉴질랜드), Aromar Revi (인도), Patricia Romero-Lankao (멕시코), Oliver C. Ruppel (나미비아), David E. Satterthwaite (영국), Daniela N. Schmidt (영국), Josef Settele (독일), Kirk R. Smith (미국), Dáithí A. Stone (캐나다/남아프리카공화국/미국), Avelino G. Suarez (쿠바), Petra Tschakert (미국), Riccardo Valentini (이탈리아), Alicia Villamizar (베네수엘라), Rachel Warren (영국), Thomas J. Wilbanks (미국), Poh Poh Wong (싱가포르), Alistair Woodward (뉴질랜드), Gary W. Yohe (미국)

본 정책결정자를 위한 요약보고서를 인용할 경우, 다음과 같이 출처를 밝혀주시기 바랍니다 :

IPCC, 2014: Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

목차

기후변화 위험 평가 및 관리	3
배경 박스 SPM. 1. 평가 배경.....	4
배경 박스 SPM. 2. 요약보고서 이해를 위한 핵심 용어	5
배경 박스 SPM. 3. 평가결과의 확실도에 대한 설명	6
A: 복잡성을 띄며 지속적으로 변하는 세계에서 관측된 영향, 취약성 및 적응.....	4
A-1. 관측된 영향, 취약성 및 노출.....	4
A-2. 적응 경험	8
A-3. 의사결정 상황.....	9
B: 미래 위험과 적응 기회.....	11
B-1. 전 부문과 지역에 걸쳐 나타나는 주요 위험.....	11
평가 박스 SPM. 1. 인간 활동이 기후시스템에 미치는 영향.....	12
B-2. 부문별 위험 및 적응 잠재력	14
B-3. 지역별 주요 위험 및 적응 잠재력	20
평가 박스 SPM. 2. 지역별 주요 위험	21
C: 미래 위험 관리와 회복력 강화.....	25
C-1. 적응의 효율성을 높이기 위한 원칙.....	25
C-2. 기후-회복경로와 변환	28
보충 자료	30

기후변화 위험 평가 및 관리

인간 활동은 기후 시스템을 변화시키며,¹ 이렇게 변화된 기후 시스템은 다시 인간계와 자연계에 위험이 된다 (그림 SPM. 1). IPCC 제5차 평가보고서에서 제2실무그룹은 기후변화에 의한 영향 및 이에 대한 취약성과 적응을 평가하였으며, 본 보고서인 ‘영향, 적응 및 취약성에 관한 평가보고서(WGII AR5)’를 발표하였다. 본 보고서에서는 기후변화가 초래한 위험과 이와 관련된 잠재적 편익의 변화 양상을 알아보고, 적절한 적응 및 완화 행동을 통한 기후변화 관련 영향과 위험에 대한 저감관리 방안을 모색하며, 또한 적응과 관련된 요구, 옵션, 기회, 제약, 회복력, 한계 그리고 기타 요인들을 평가한다.

기후변화를 평가하기 위해서는 기후변화가 초래하는 다양한 영향들 간 복잡한 상호작용뿐만 아니라 이들 영향이 ‘어떠한 양상을 띄고 변할 것인가’와 관련된 변화 잠재성을 고려해야 한다. 본 보고서는 ‘위험’에 초점을 맞추어 기후변화를 평가하며, 기후변화 관련 의사 결정을 뒷받침하고 기타 관련 연구를 보완하는 것에 목적이 있다. 인간과 사회는 각각 다양한 가치 및 목표를 지니기 때문에, 기후변화의 위험과 잠재적 편익 및 그 중요도는 이를 받아들이는 대상에 따라 달라질 수 있다.

이번 제5차 평가보고서에서 제2실무그룹은 과거의 보고서와 비교하여 훨씬 다양한 과학·기술·사회경제 관련 문헌을 총망라함으로써 광범위한 지식 기반을 마련하였으며, 이를 통해 인간계, 적응 및 해양 부문으로까지 연구 범위를 확장하고 다양한 주제와 부문에 걸친 포괄적인 평가를 시도하였다 (배경 박스 SPM. 1).²

본 요약보고서의 A절에서는 현재까지 관측된 영향, 취약성, 노출 및 적응의 특성을 평가하며, B절에서는 미래 위험과 잠재적 편익을 조사한다. C절에서는 실질적인 적응 원칙을 제시하고, 적응, 완화 및 지속가능발전 간의 상호 작용을 광범위한 시각에서 접근한다. 배경 박스 SPM. 2에서는 핵심 개념들을 정의하고, 배경 박스 SPM. 3에서는 주요 결과의 확실도(the degree of certainty)를 표현하는 용어를 소개한다. 본 보고서의 평가결과, 그림 및 표의 번호는 괄호 및 각주에 제시한다.

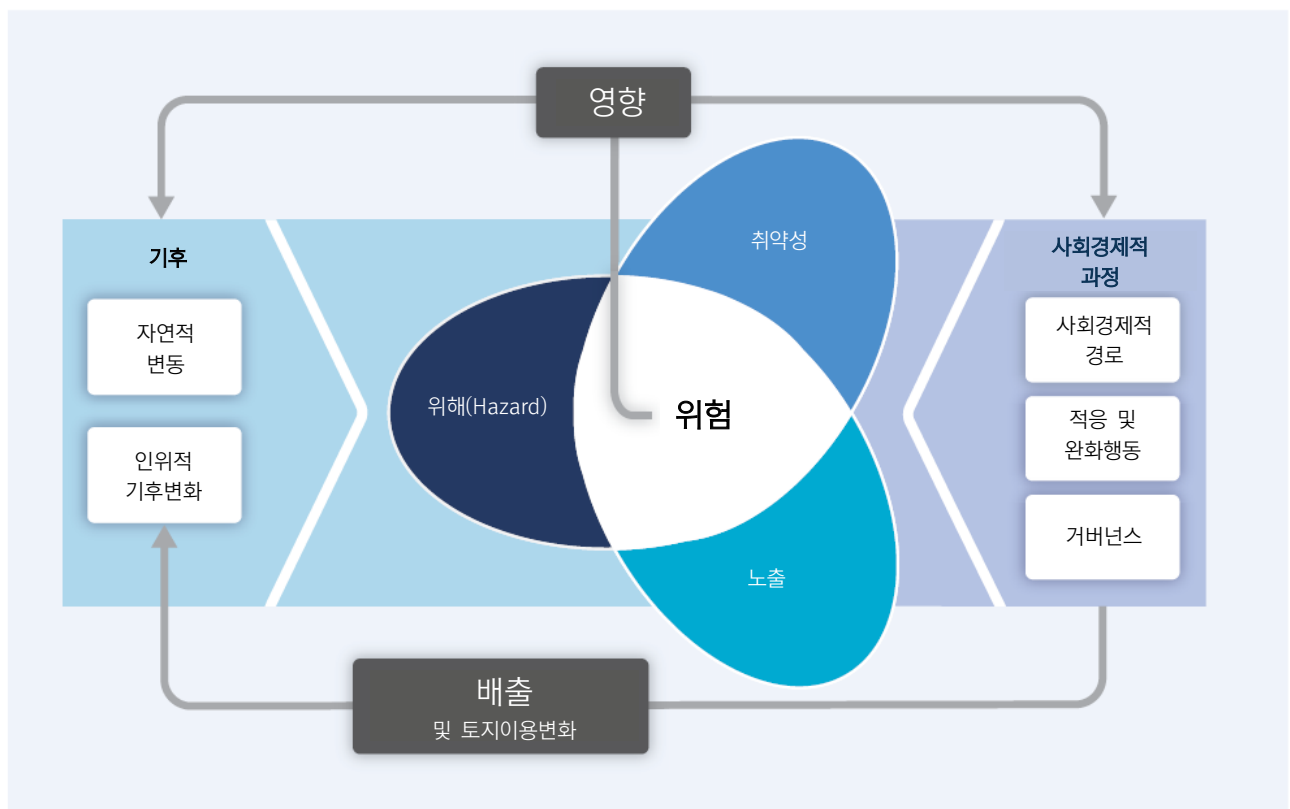


그림 SPM. 1 | WGII AR5에서 제시한 핵심개념 요약정리 도표. 기후 관련 위해(hazard)(위해 현상과 경향 포함)뿐만 아니라 인간계와 자연계의 취약성 및 노출 간 상호작용에 의해 기후 변화 관련 영향의 위험이 나타난다. 기후시스템(좌측)과 사회경제적 과정(적응 및 완화 행동 포함)(우측)이 변하면 위해(hazard), 노출 및 취약성 또한 영향을 받는다. [19.2, 그림 19-1]

¹ WG I AR5의 주요 결과는 다음과 같다, “20세기 중반 이후 관찰된 지구 온난의 주요 동인이 ‘인간 활동’일 가능성은 대단히 높다(extremely likely).” [WG I AR5 SPM D.3, 2.2, 6.3, 10.3-6, 10.9]

² 1.1, 그림 1-1

배경 박스 SPM. 1 | 평가 배경

지난 20년 동안, IPCC의 제2실무그룹은 기후변화 영향, 적응 및 취약성을 평가하였다. 제5차 평가보고서에서 제2실무그룹이 맡은 '영향, 적응 및 취약성에 대한 평가보고서 (WGII AR5)'는 2007년에 발행된 IPCC 제4차 평가보고서 중 제2실무그룹 부문 (WGII AR4)과 2012년에 발행된 '기후변화 적응을 위한 극한현상 및 재해 위험관리 특별 보고서 (SREX)'를 바탕으로 작성한 것이다. 본 보고서는 제5차 평가보고서 중 제1실무그룹이 맡은 보고서(WGI AR5)에 이어서 발행되었다.³

2005년에서 2010년까지 기후변화 영향, 적응 및 취약성 평가 관련 발행물의 수가 두 배 이상 증가하였으며, 특히 적응 관련물이 급격히 증가하였다. 개발도상국의 기후변화 관련 발행물은 비교적 비중이 적은 편이지만 발행 수와 저자가 증가하였다.⁴

제5차 평가보고서의 제2실무그룹 본 보고서는 크게 두 부분으로 나뉘며(Part A: 전 지구 및 부문별 현황, Part B: 지역별 현황), 확장된 문헌을 바탕으로 각각의 학문적 시야에서 관련 주제에 접근하였다. 또한 기후변화에 따른 사회적 영향과 이에 대한 대응 방안에 초점을 맞추었으며, 각 지역별 상황을 포괄적으로 다루었다.

A: 복잡성을 띄며 지속적으로 변하는 세계에서 관측된 영향, 취약성 및 적응

A-1. 관측된 영향, 취약성 및 노출

최근 수십 년간, 모든 대륙과 해양의 자연계 및 인간계는 기후 변화에 영향을 받았다. 이에 대한 가장 강력하고 포괄적인 증거는 자연계에 존재한다. 기후변화는 인간계에도 일부 영향을 주었으며⁵ 인간계에 영향을 주는 다른 요인들과는 차별성을 띄면서 크고 작은 다양한 영향을 야기하였다 (그림 SPM. 2). 제5차 평가보고서 제2실무그룹에서 지금까지 관측된 것으로 제시한 영향들의 속성은 그 원인과 상관없이 대개 자연계와 인간계가 보이는 기후변화에 대한 반응이다.⁶

많은 지역에서 강수량 패턴이 변하거나 눈과 얼음이 녹으면서 수문학적 시스템이 변하고 있으며, 수자원(수질과 수량)이 영향을 받고 있다 (중간 신뢰도). 기후변화에 의해 전 지구적으로 빙하가 줄고 있으며 (높은 신뢰도) 수자원의 하류 지역과 유출수가 이에 영향을 받고 있다 (중간 신뢰도). 기후변화가 진행됨에 따라 고위도 지역과 고원지대의 영구 동토층이 녹고 있다 (높은 신뢰도).⁷

많은 육상·담수·해상의 생물 종들은 기후변화에 대응하여 지리적 범위, 계절별 활동, 이동형태, 개체 수 및 종 간 상호작용을 변화시켜 왔다 (높은 신뢰도, 그림 SPM. 2). 최근 확인된 종 멸종 사례에서 기후변화가 그 원인으로 규명된 것은 극히 일부인 반면 (높은 신뢰도), 과거 수백 만년 동안 현재의 인위적 요인에 의한 기후변화보다 느리게 진행된 자연적 기후변화는 상당한 지구 생태계 변화와 종 멸종을 초래하였다 (높은 신뢰도).⁸

광범위한 지역의 농작물 부문을 다룬 연구가 다수 존재하며, 이에 따르면 일반적으로 농작물 수확량은 기후변화에 의한 긍정적 영향보다 부정적 영향을 더욱 많이 받는다 (높은 신뢰도). '기후변화가 수확량에 긍정적 영향을 준다'고 제시한 연구는 비교적 적은 편이며 주로 고위도 지역에 한정되어 있다. 또한 기후변화가 고위도 지역의 수확량에 최종적으로 부정적 혹은 긍정적 결과를 미쳤는지는 분명하지 않다 (높은 신뢰도).

³ 1.2-3

⁴ 1.1, 그림 1-1

⁵ WG I 과 WG II 은 속성(attribution)이라는 용어를 각각 다른 의미로 사용한다. WG I 은 관측된 기후변화의 원인과 무관하게 '기후변화'와 '자연계 및 인간계에 대한 기후변화의 영향' 간의 '연관성'만을 고려하지만, WG II 은 관측된 '기후변화'와 이를 야기한 '기후변화 동인' 및 '인류 활동' 간의 연관성을 정량화한다.

⁶ 18.1, 18.3-6

⁷ 3.2, 4.3, 18.3, 18.5, 24.4, 26.2, 28.2, 표 3-1과 25-1, 그림 18-2와 26-1

⁸ 4.2-4, 5.3-4, 6.1, 6.3-4, 18.3, 18.5, 22.3, 24.4, 25.6, 28.2, 30.4-5, 박스 4-2, 4-3, 25-3, CC-CR과 CC-MB

배경 박스 SPM. 2 | 요약보고서 이해를 위한 핵심 용어⁹

기후변화(Climate change): 기후변화의 속성들에서 나타난 평균값 변화나 변동성(variability) 변화(통계적 실험 등을 이용하여 식별)가 수십 년 또는 그 이상의 장기간에 걸쳐 지속되는 기후 상태를 말한다. 자연적 내부 과정이나 외부 강제력이 기후변화를 초래할 수 있는데, 기후변화를 일으키는 외부 강제력에는 태양 주기의 변조, 화산 폭발, 인위적 요인에 의한 지속적인 대기 성분 및 토지이용 변화 등이 있다. UN 기후변화협약(UNFCCC)의 제1조에서는 기후변화를 '인류 활동으로 인해 직접·간접적으로 지구 대기 성분이 변화함으로써 나타나는 기후의 변화, 그리고 상당 기간 동안 관측된 자연적 기후 변동성에 추가되어 나타나는 기후의 변화'로 정의한다. 따라서 UN 기후변화협약은 인간 활동이 대기 성분을 변화시켜 야기된 기후변화와 자연적 원인에 의한 기후 변동성을 분명히 구별하고 있다.

위해(Hazard): 자연적 또는 인위적 요인에 의해 초래되는 물리적 현상과 경향이나 물리적 영향의 발생 잠재성을 의미한다. 위해는 재산, 사회간접자본, 생계, 공공서비스 및 환경자원에 대한 피해와 손실뿐만 아니라 사망, 상해 또는 기타 건강상의 문제를 야기한다. 본 보고서에서 사용하는 위해(hazard)라는 용어는 일반적으로 기후와 관련된 물리적 현상이나 경향, 또는 이에 따른 물리적 영향을 말한다.

노출(Exposure): 인간, 생활(생계), 종이나 생태계, 환경 기능, 서비스 및 자원, 사회기반시설 또는 경제·사회·문화적 자산이 부정적인 영향을 받을 수 있는 위치 및 환경에 놓여진 상태를 의미한다.

취약성(Vulnerability): 부정적인 영향을 받기 쉬운 성향이나 경향을 의미한다. 특정 대상이 피해에 대해 보이는 민감성이나 대응·적응 역량의 부족 등 다양한 개념과 요소를 아울러 지칭한다.

영향(Impacts): 자연계 및 인간계가 받는 영향을 의미한다. 본 보고서에서 대개 기후변화와 극한 기상현상들이 자연계 및 인간계에 미치는 영향을 나타내는 용어로 사용한다. 일반적으로 생명, 생계, 건강, 생태계, 경제, 사회, 문화, 서비스(환경 서비스 포함) 및 사회기반시설이 기후변화에 영향을 받으며, 특정 기간 동안 발생한 기후변화 또는 위해(hazard) 현상들과 이에 노출된 사회·시스템의 취약성 간 상호작용에 의해 영향이 발생한다. 영향은 또한 예상되는 결과를 의미한다. 예를들면 홍수와 가뭄, 해수면 상승 등 지구물리학적 시스템에 미치는 기후변화 영향은 물리적 영향의 하위 범주가 된다.

위험(Risk): 가치의 다양한 부분들 중 어떠한 특정 부분이 위태로운 상황에 놓였을 때, 이로 인해 발생할 결과가 불확실한 상황에서 해당 결과가 나타날 잠재성을 의미한다. 위험은 위대한 현상 또는 경향에 따른 영향과 발생확률의 곱으로 표현된다. 또한 '취약성', '노출', '위해'가 상호작용하면서 발생하는 결과이다 (그림 SPM. 1). 본 보고서에서 '위험'은 기후변화의 영향에 따른 위험을 말할 때 주로 사용된다.

적응(Adaptation): 실제 또는 앞으로 예상되는 기후 및 기후의 영향에 대응하여 적합한 행동이나 태도를 취하는 과정을 의미한다. 인간계는 피해를 완화 또는 회피하거나 주어진 기회를 이용하여 긍정적인 결과를 꾀함으로써 기후변화에 적응할 수 있다. 자연계에 예상되는 기후와 그 영향은 인간활동을 통하여 일부분 조정할 수 있다.

변환(Transformation): 자연계와 인간계의 기본 속성이 변하는 것을 의미한다. 본 보고서에서 말하는 '변환'은 패러다임, 목적 및 가치를 강화, 변화 혹은 조정하여 적응을 촉진하고 지속 가능한 발전(빈곤 저감 등)으로 나아가는 것이다.

회복력(Resilience): 위험한 현상이나 경향 및 교란을 극복할 수 있는 사회, 경제, 환경 체계의 역량을 의미한다. 대응 또는 재조정을 통하여 체계의 본질적 기능, 정체성 및 구조를 유지하고 적응, 학습 및 변환 역량 또한 유지함으로써 회복력을 높일 수 있다.

여러 지역 및 전 세계의 전반적인 수확량 추세를 바탕으로 기후변화가 특히 밀과 옥수수 수확량에 부정적인 영향을 미쳤음을 알 수 있었다 (중간 신뢰도). 주요 생산지와 전 세계의 쌀 및 콩 수확량에 대한 기후변화의 영향은 상대적으로 적었고, 특히 콩에 대한 영향이 기타 작물들보다 적은 편이었으며, 참고 가능했던 모든 자료를 바탕으로 해당 작물의 수확량 중간값은 변하지 않았음을 알 수 있었다. 식량 관련 기후변화의 영향은 접근성을 포함한 식량안보의 기타 요소들 중 생산 측면과 관련하여 주로 관측되었다 (그림 SPM. 2C).

⁹ WGII AR5 용어집에는 본 보고서에서 사용된 용어들을 정의하였으며 일부 정의는 범위 및 초점 측면에서 AR4 및 다른 IPCC 보고서의 정의와 상이하다.

배경 박스 SPM. 3 | 평가결과의 확실도에 대한 설명¹⁰

주요 평가결과 각각에 대한 확실도는 증거의 형태·양·질·일관성 그리고 전문가들의 동의 수준을 바탕으로 결정하였다. 증거로는 자료, 기계론적 원리, 이론, 모형, 전문가 판단 등이 있다. 본 보고서에서 증거의 등급을 나타내는 용어는 '제한된', '중간', '명확한'이며, 동의 수준은 '낮음', '중간', '높음'이다.

평가결과의 타당성에 대한 신뢰도는 증거와 동의 수준에 대한 평가를 종합하여 나타낸다. 신뢰도의 등급은 '매우 낮음', '낮음', '중간', '높음', '매우 높음'의 5 단계로 이루어진다.

이미 나타났거나 미래에 나타날 것이 명확한 결과의 발생 가능성 또는 확률은 다음과 같은 용어를 이용하여 정량적으로 표시한다. '사실상 확실한(virtually certain): 99-100% 확률, '가능성이 대단히 높음(extremely likely): 95-100%, '가능성이 매우 높음(very likely): 90-100%, '가능성이 높음(likely): 66-100%, '발생하지 않을 가능성보다 발생할 가능성이 높음(more likely than not): >50-100%, '가능성이 있는(about as likely as not): 33-66%, '가능성이 낮음(unlikely): 0-33%, '가능성이 매우 낮음(very unlikely): 0-10%, '가능성이 대단히 낮음(extremely unlikely): 0-5%, 그리고 '가능성이 매우 희박한(exceptionally unlikely): 0-1%. 따로 표시하지 않는 한 평가결과는 높은 또는 매우 높은 신뢰도를 지닌다. 적절하다고 판단되는 경우 평가결과에 불확실도 등급을 부여하지 않고 사실만을 서술한다.

본 요약보고서의 문단들에서 별도의 언급을 하지 않는 한, 주요 평가결과(진하게 표기)에 대한 신뢰도, 증거 및 동의 수준은 해당 문단 내 하위 서술에도 그대로 적용된다.

제4차 평가보고서 이후, 주요 생산지의 식량 및 곡물 가격은 기후 극한현상의 발생에 따라 여러 번 급등하였는데, 이는 현재 식량 시장이 기타 요인들보다 기후 극한 현상에 더욱 민감하게 반응하는 것을 보여준다 (중간 신뢰도).¹¹

현재 기후변화가 전 세계의 보건 관련 문제에 가하는 부담은 다른 스트레스 요인의 영향과 비교하여 상대적으로 적은 편이지만, 그 정도는 제대로 정량화되어 있지 않다. 온난화에 의해 일부 지역에서 폭염 관련 사망률은 증가한 반면 한파 관련 사망률은 감소하였다 (중간 신뢰도). 지역적으로 기온 및 강수량의 패턴이 변함에 따라 일부 수인성 질환 및 질병 매개체의 분포에도 변화가 나타났다 (중간 신뢰도).¹²

기후적인 요인 외에도, 공정하지 못한 개발과정에서 발생하는 다양한 측면의 불평등 문제로 인해 기후변화에 대한 취약성과 노출의 정도는 개인 및 지역사회 등에 따라 다르게 나타나며 (매우 높은 신뢰도), 결과적으로 기후변화에 의한 위험 또한 대상에 따라 차별성을 보인다 (그림 SPM. 1). 소외 계층은 사회·경제·문화·정치·제도적으로 상당히 불리한 입지에 있기 때문에 기후변화에 특히 취약하게 반응할 뿐만 아니라 적응 및 완화 대응 역량 또한 부족하다 (중간 증거, 높은 동의 수준). 대개 다양한 요인들이 복합적으로 작용하여 소외계층의 취약성을 높이는데, 사회경제적 신분과 소득의 불평등을 초래하는 사회적 과정들이 서로 얽혀 교차적으로 작용한 결과, 소외계층의 취약성이 높아지는 것이다. 여기서 사회적 과정의 예로는 성·계급·인종·연령·능력(장애)에 따른 차별을 들 수 있다.¹³

최근 나타난 기후 관련 극한현상 (폭염, 가뭄, 홍수, 태풍, 산불 등)의 영향을 감안할 때, 일부 생태계와 다수의 인간계는 현재의 기후 변동성에 상당히 취약하게 반응할 뿐만 아니라, 심각하게 노출되어 있다 (매우 높은 신뢰도). 기후 관련 극한현상의 영향에는 생태계의 변화, 식량 생산 체계 및 물 공급 체계의 심각한 손상, 인프라와 주거지 피해, 질병과 사망, 그리고 정신 건강 및 인간 웰빙에 대한 부정적인 결과 등이 포함된다. 개발 수준을 막론하고 모든 국가에서, 최근 나타나는 기후 변동성에 대해 일부 부문이 충분히 대비하지 못하였을 경우, 위의 영향은 더욱 심각하게 나타난다.¹⁴

기후 관련 위해(hazard)는 다른 스트레스 요인을 악화시키는데, 대개 인간의 생계, 특히 빈곤계층에 부정적 결과를 가져온다 (높은 신뢰도). 기후 관련 위해(hazard)는 빈곤계층에 직접 및 간접적으로 위협을 가하는데, 직접적인 위협에는 생계에 대한 영향이나 농작물 생산량의 감소 및 주거지 손상 등이 있고, 간접적인 위협에는 식량 가격 인상과 식량 공급의 불안정 등이 있다. 비록 제한적이거나 간접적이기는 하지만, 기후변화가 빈곤층 및 소외계층에 긍정적인 영향을 미치기도 하는데, 그 사례로는 사회 네트워크(social network) 및 농업 활동의 다양화(diversification)를 들 수 있다.¹⁵

¹⁰ 1.1, 박스 1-1

¹¹ 7.2, 18.4, 22.3, 26.5, 그림 7-2, 7-3과 7-7

¹² 11.4-6, 18.4, 25.8

¹³ 8.1-2, 9.3-4, 10.9, 11.1, 11.3-5, 12.2-5, 13.1-3, 14.1-3, 18.4, 19.6, 23.5, 25.8, 26.6, 26.8, 28.4, 박스 CC-GC

¹⁴ 3.2, 4.2-3, 8.1, 9.3, 10.7, 11.3, 11.7, 13.2, 14.1, 18.6, 22.3, 25.6-8, 26.6-7, 30.5, 표 18-3 과 23-1, 그림 26-2, 박스 4-3, 4-4, 25-5, 25-6, 25-8 과 CC-CR

¹⁵ 8.2-3, 9.3, 11.3, 13.1-3, 22.3, 24.4, 26.8

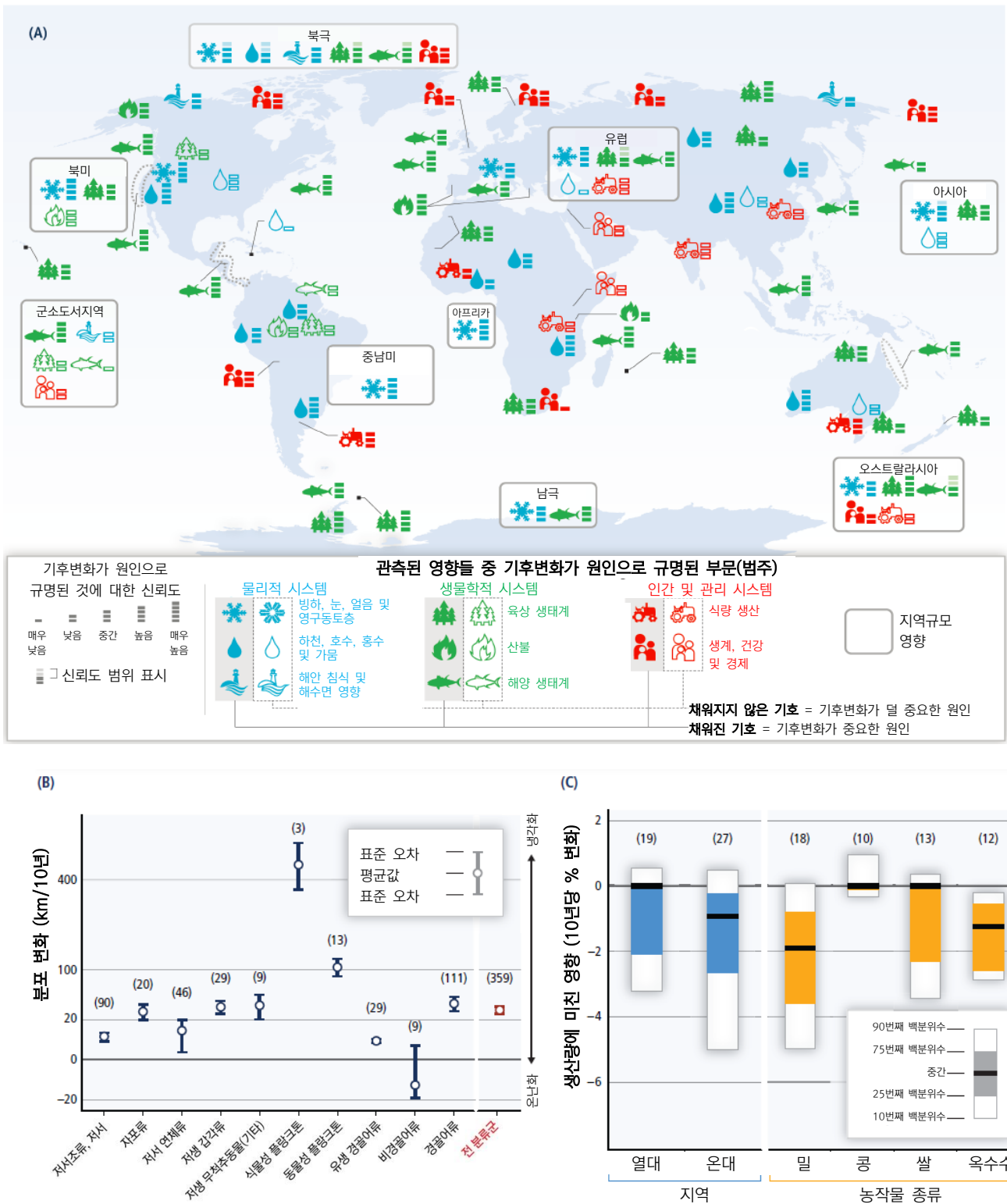


그림 SPM. 2 | 지속적으로 변화하는 세계에서 나타난 광범위한 영향. (A) 최근 수십 년간 기후변화에 의해 발생한 영향의 전 지구적 경향 (AR4 이후의 연구 기반). 전 세계 지도 위에 지리적 분류에 따라 표시하였으며, 각 기호(symbol)들은 해당 영향에 대한 원인이 기후변화로 규명된 것의 범주(카테고리)를 나타낸다. 이와 더불어 관측된 영향에 대한 기후변화의 상대적 기여도 (중요한 또는 덜 중요한)와 규명된 원인에 대한 신뢰도 또한 표시하였다. 영향에 대한 자세한 설명은 보충 표 SPM. A1을 참조한다. (B) 1900 - 2010년에 관측된 해양 분류군 분포 변화의 평균속도 (km/10년). 양수 값의 분포 변화(positive distribution changes)는 온난화와 일치한다 (일반적으로 이전에 더 한류였던 곳과 극 방향으로 이동). 각 범주마다 분석 분류군의 수를 괄호 안에 표기하였다. (C) 1960 - 2013년에 걸쳐, 관측된 기후변화가 온대 및 열대 지방의 4 가지 주요 농작물 수확량에 미쳤을 것으로 추정되는 영향 요약. 각 범주마다 분석 지점의 수를 괄호 안에 표기하였다. [그림 7-2, 18-3 및 MB-2]

폭력적 갈등은 기후변화에 대한 취약성을 높인다 (중간 증거, 높은 동의 수준). 대규모의 폭력 갈등이 발생하면, 적응 자산 (인프라, 제도, 천연자원, 사회자본 및 생계 기회 등)이 해를 입는다.¹⁶

A-2. 적응 경험

과거, 인간과 사회는 다양한 수준에서 기후와 기후 변동성 및 극한현상에 대처하고 적응해왔다. 본 절은 지금까지 관측됐거나 앞으로 전망되는 ‘기후변화의 영향에 인류가 어떻게 대응하고 적응할 수 있을 것인가’에 초점을 맞추며, 광범위한 시각에서 위험 저감 및 개발 방안을 제시한다.

계획 과정에 ‘적응’을 고려하고 포함하는 사례가 점차 많아지고 있지만, 적응 대응을 실질적으로 행동에 옮긴 경우는 제한적이다 (높은 신뢰도). 적응 대책에는 대개 공학 및 기술적 방안이 적용되고 있으며, 재해위험 관리 및 물 관리와 같은 기존의 프로그램에 적응 대책을 통합하는 것이 일반적이다. 또한 사회적, 제도적 및 생태계 기반 정책이 적응에 기여할 수 있다는 사실이 점차 널리 인식되고 있다. 지금까지 채택된 적응 방안들은 단계별 조정(incremental adjustment)과 공동편익(co-benefits)을 계속해서 강조하고 있으며, 유연성(flexibility) 및 학습효과에 주목하기 시작하였다 (중간 증거, 중간 동의 수준). 적응 평가는 대개 영향, 취약성 및 적응계획에 국한되어 있고, 적응의 이행과정이나 적응행동의 효과를 평가하는 경우는 극히 드물다 (중간 증거, 높은 동의 수준).¹⁷

많은 지역에 걸쳐 공공, 민간 부문 및 지역사회는 적응 경험을 축적하고 있다 (높은 신뢰도). 다양한 수준의 정부들이 적응 계획·정책을 개발하기 시작하였으며, 좀 더 넓은 시야에서 기후변화 문제를 개발 계획에 통합하기 시작하였다. 지역에 따른 적응 사례는 아래와 같다.

- 아프리카 지역 내 국가정부 대다수는 적응을 위한 거버넌스 체계를 실행에 옮기기 시작하였다. 지금까지의 적응 노력이 다소 독립적인 경향은 있지만 (즉, 주변 지역 및 국가와의 상호협력 부족), 아프리카는 재해 위험 관리, 기술과 인프라 조성, 생태계기반 접근법, 기초 공중보건제도 및 생계 다변화를 통해 취약성을 감소시키고 있다.¹⁸
- 유럽에서는 모든 수준의 정부들이 적응 정책을 개발하였고, 일부 적응 계획을 연안과 수자원 관리, 환경 질 및 토지 계획, 재해 위험 관리 등에 통합하였다.¹⁹
- 아시아에서는 지자체 개발 계획에 기후 적응 행동을 주류화(mainstreaming)하고, 조기경보시스템 및 통합수자원관리 체계를 마련하며, 산림농업을 활성화하고, 연안의 맹그로브 숲을 재조림함으로써 적응 행동을 장려하고 있다.²⁰
- 오스트랄라시아에서는 해수면 상승에 대한 적응계획을, 호주 남부에서는 물 부족에 대한 적응계획을 폭넓게 채택하고 있다. 이들 계획은 아직 단편적인 수준에서 이행되고 있지만, 해수면 상승에 대한 적응 계획의 경우 지난 20년간 상당한 개선을 보였으며, 해수면 상승 적응과 관련하여 다양한 접근법이 제시되고 있다.²¹
- 북미의 정부들은 단계별(incremental) 적응 계획 및 평가를 시행하고 있으며, 사전적 적응계획(proactive adaption)을 마련하여 에너지 및 공공 인프라에 대한 장기투자를 보장하고 있다.²²
- 중남미에서는 자연보호지역을 확대하고, 보전협약을 도입하며, 지역사회의 자연공원 관리를 유도하는 등 생태계 기반의 적응이 진행되고 있다. 또한 일부 지역에서는 농업 부문과 관련하여 회복력이 강한 농작물 변종을 도입하고, 기후 전망을 강화하며, 통합수자원관리를 유도하는 정책이 채택되고 있다.²³

¹⁶ 12.5, 19.2, 19.6

¹⁷ 4.4, 5.5, 6.4, 8.3, 9.4, 11.7, 14.1, 14.3-4, 15.2-5, 17.2-3, 21.3, 21.5, 22.4, 23.7, 25.4, 26.8-9, 30.6, 박스 25-1, 25-2, 25-9과 CC-EA

¹⁸ 22.4

¹⁹ 23.7, 박스 5-1과 23-3

²⁰ 24.4-6, 24.9 박스 CC-TC

²¹ 25.4, 25.10, 표 25-2, 박스 25-1, 25-2와 25-9

²² 26.7-9

²³ 27.3

- 북극 지역의 일부 지역사회는 전통적 지식과 과학적 지식을 결합하여 공동관리 적응전략과 통신 인프라를 보급하기 시작하였다.²⁴
- 다양한 물리적·인적 속성을 가지고 있는 군소도서지역의 경우, 지역사회 기반 적응정책이 다른 개발 활동과 연계되어 추진될 때 더 큰 편익을 가져올 수 있다는 것을 보여 주었다.²⁵
- 해양 부문에서, 적응 범위와 거버넌스 문제에 따른 제약은 있지만 국제협력과 해양공간계획으로 기후변화에 대한 적응을 꾀할 수 있게 되었다.²⁶

A-3. 의사결정 상황

다양한 의사결정 상황에서 기후 변동성과 극한현상은 오랜 기간 동안 중요한 변수로 작용하고 있으며, 기후변화 및 개발로 인한 기후 관련 위험은 점차 증가하고 있다. 본 절은 의사결정과 위험 관리에 대한 기존의 경험들을 토대로 작성하였으며, 미래 기후 관련 위험 및 잠재적 대응책에 대한 본 보고서의 평가를 이해하는 데 기초가 될 것이다.

세계가 계속적으로 변하는 상황에서 기후관련 위험에 대응한다는 것은, ‘기후변화 영향의 심각도에 대한 불확실성뿐만 아니라 영향의 발생 시기에 대한 불확실성과 적응 효과의 한계성이 존재하는 상황에서 의사결정을 내린다’는 것을 의미한다 (높은 신뢰도). 반복적인 위험관리는 복잡한 상황들에 대한 의사결정을 하는데 유용한 도구가 된다. 여기서 말하는 복잡한 상황이란 잠재적인 대규모 부정적 결과를 초래하는 경우, 지속적인 불확실성을 갖는 경우, 장기간에 걸쳐 발생하는 경우, 학습 잠재성을 갖는 경우, 시간변화에 따른 다양한 기후 및 비기후의 영향 등을 말한다 (그림 SPM. 3). 대규모 부정적인 결과와 더불어 발생 가능성이 낮은 결과까지 포괄한 잠재적 영향의 최대범위를 평가하는 것은 위험관리 행동의 편익과 이윤배반을 이해하는데 중요하다. 규모와 상황이 다양한 경우 적응 행동이 복잡해지므로, 적응의 효율성을 높이기 위해서는 모니터링과 학습이 필요하다.²⁷

가까운 미래에 어떠한 적응 및 완화 행동을 선택하느냐에 따라 21세기 전반에 걸쳐 나타날 기후변화 위험이 달라질 것이다 (높은 신뢰도). 그림 SPM. 4에서는 현재 관측된 온도 변화와 함께 저 배출 시나리오와 고 배출 시나리오[대표농도경로(RCPs) 2.6 및 8.5] 하에서 예상되는 온도 변화를 나타내었다. 적응과 완화의 편익은 대개 서로 다른 시간대에서 발생하지만 중첩된 시간대에서 발생하기도 한다. 향후 20~30년 동안(가까운 미래)에 대한 지구온도 상승 수준은 모든 배출 시나리오 하에서 비슷하게 전망되었다 (그림 SPM. 4B)²⁸. 사회경제적 변화가 기후 변화와 상호작용하면서 위험의 종류와 세기 또한 가까운 미래에 변할 것이다. 사회적 대응, 특히 적응행동은 가까운 미래의 결과에 영향을 미칠 것이다.

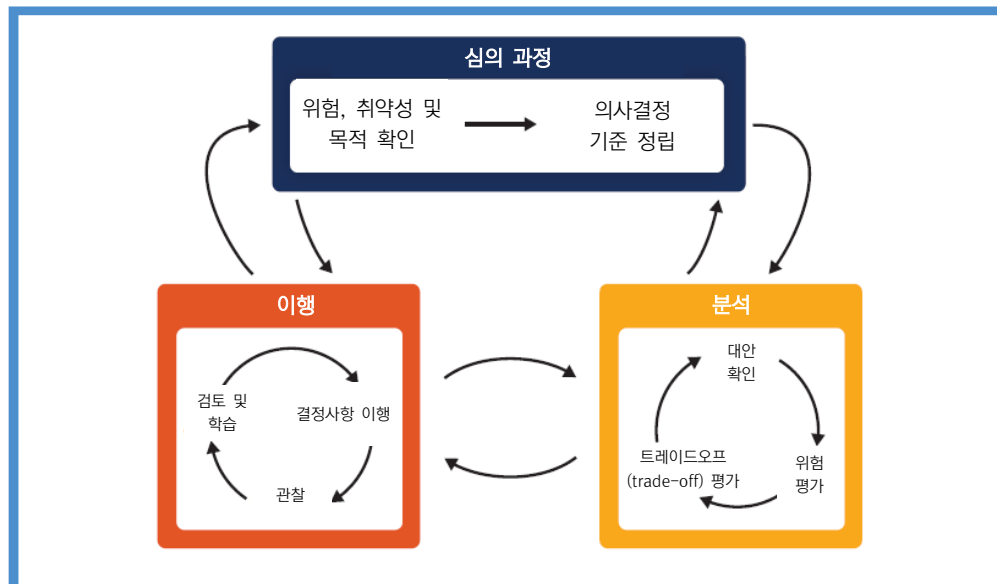


그림 SPM. 3 | 다중 피드백 기반의 반복적 위험관리 과정을 통한 기후변화 적응. 반복적 위험관리 과정과 그 성과는 관련자 및 관련 지식에 큰 영향을 받는다. [그림 2-1]

²⁴ 28.2, 28.4

²⁵ 29.3, 29.6, 표 29-3, 그림 29-1

²⁶ 30.6

²⁷ 2.1-4, 3.6, 14.1-3, 15.2-4, 16.2-4, 17.1-3, 17.5, 20.6, 22.4, 25.4, 그림 1-5

²⁸ WG I AR5 11.3

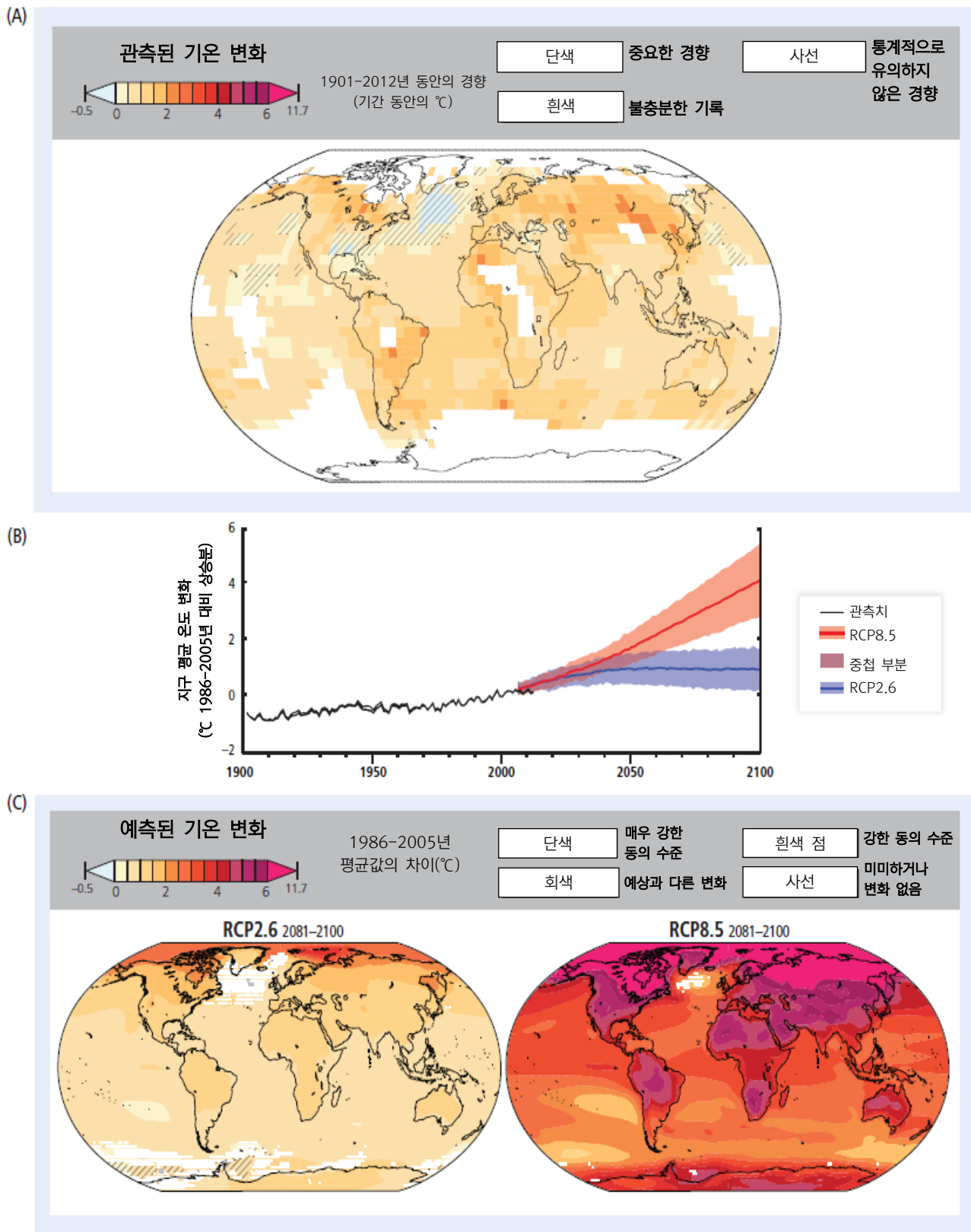


그림 SPM. 4 | 관측 및 전망된 연평균 지표 온도의 변화. 이 그림을 바탕으로 WG II AR5에서 제시한 기후 관련 위험을 이해한다. 그림 SPM. 4에서는 지금까지 관측된 기온 변화와 함께 ‘고 배출이 지속되는 경우’와 ‘완화정책이 강력히 추진될 경우’ 전망되는 기온 변화를 비교하여 나타내었다.

그림 SPM. 4 기술적 상세내역:

(A) 1901 - 2012년 간 연평균 기온 변화 관측 지도. 이 그림은 충분한 기록 자료를 확보함으로써 견고한 추정 결과를 얻을 수 있었던 지역을 대상으로 선형 추세선을 이용하여 유도하였다. 그 외의 지역(기록 자료가 충분하지 않은 지역)은 흰 색으로 표시하였다. 단색은 유의미 수준 10%인 지역으로 유의미한 변화가 일어나는 지역을 나타내고, 사선은 유의미한 변화가 일어나지 않는 지역을 나타낸다. 관측 데이터(격자점 값의 범위: 1901 - 2012년 사이 -0.53에서 2.5°C)는 WG I AR5의 그림 SPM. 1과 2.21에서 인용하였다. (B) 1986-2005년 대비 전 지구 연평균 기온의 관측치 및 전망치. 1850-1900년부터 1986-2005년까지 관측된 온난화는 0.61°C (5-95% 신뢰 구간: 0.55-0.67°C)이다. 검은 선은 세 가지의 데이터 집합에서 도출한 추정치를 보여준다. RCP2.6 하에서의 32개 모델과 RCP8.5 하에서의 39개 모델들을 이용한 CMIP5 모의 실험을 바탕으로 평균치와 표준편차 범위(± 1.64)를 구하여 파란 선과 붉은 선(평균) 그리고 음영 부분(표준편차 범위)으로 나타내었다. (C) RCP2.6과 RCP8.5 하에서 1986-2005년 대비 2081-2100년 동안의 연평균 기온 변화에 대한 CMIP5 다중모델 평균 전망치. 단색은 매우 강한 동의 수준 지역을 나타내며, 다중모델 평균 변화가 기준 변동성(자연적 변동성, 20년 평균치)의 2배 이상이고 모델의 $\geq 90\%$ 가 변화 징후에 동의하는 지역이다. 흰 점 부분은 높은 동의 수준 지역이며 이는 모델의 $\geq 66\%$ 가 기준 변동성보다 큰 변화를 보이고 모델의 $\geq 66\%$ 가 변화 징후에 동의하는 지역이다. 회색은 서로 다른 변화를 보이는 지역을 나타내며 이는 모델의 $\geq 66\%$ 가 기준 변동성보다 큰 변화를 보이지만 $< 66\%$ 만 변화 신호에 동의하는 지역이다. 사선 부분은 변화가 없거나 미미한 변화를 보이는 지역을 말하며 이는 모델의 $< 66\%$ 가 기준 변동성보다 큰 변화를 보이는 지역이다. 하지만 계절이나 월 또는 일과 같이 아주 짧은 시간대에서는 큰 변화를 보일 수도 있다. WG I AR5의 그림 SPM. 8의 모델 데이터(RCP2.6과 8.5의 격자점 값의 범위: 0.06 - 11.71°C)를 사용하여 분석하였으며, 분석 방법에 대한 자세한 설명은 박스 CC-RC에 제시되어 있다 (WG I AR5의 부록 I). [박스 21-2 및 CC-RC; WG I AR5 2.4, 그림 SPM. 1, SPM. 7과 2.21]

만면 21세기 후반과 그 이후에는 배출 시나리오에 따라 지구온도 상승 수준에서도 차이가 나타난다 (그림 SPM. 4B와 4C).²⁹ 즉 개발 경로뿐만 아니라 장단기 적응 및 완화 행동에 따라 먼 미래의 기후변화 위험이 상당히 달라질 것이다.³⁰

WG II AR5에서 다양한 종류의 증거들을 근거로 하여 위험 평가를 수행하였으며, 전문가 판단을 바탕으로 증거를 위험 평가에 적용하였다. 증거의 형태로는 실증적 관측, 실험 결과, 과정 기반 이해, 통계적 접근법 그리고 수치 및 기술 모형 등이 있다. 현실화할 수 있는 대안 개발경로가 무엇인지에 따라 미래의 기후변화 위험은 상당히 달라지게 되며, 개발과 기후변화 간의 상대적 중요성은 부문 및 지역에 따라 다르고 시대에 따라 변한다 (**높은 신뢰도**). 미래의 사회경제적 경로, 기후변화 및 그에 따른 위험과 관련 정책의 특징을 파악할 때에는 시나리오를 유용한 도구로서 사용할 수 있다. 본 보고서에서 위험 평가에 사용한 기후-모델 전망의 기반은 주로 '대표농도경로 시나리오 (그림 SPM. 4)'와 이 시나리오보다 앞서 제시되었던 '배출시나리오에 관한 특별보고서(SRES)의 시나리오'이다.³¹

인간계와 자연계는 서로 밀접하게 연결되어 있으며, 이들 시스템이 향후 어떠한 취약성, 노출 및 대응을 보일지에 대한 불확실성은 매우 높으므로 (**높은 신뢰도**), 위험 평가 시에는 광범위한 시야에서 미래의 사회경제를 파악해야 한다. 인간계와 자연계는 상호 연계적으로 작용하기 때문에, 이들 시스템의 미래 취약성, 노출 및 대응 역량을 이해하는 것은 쉽지 않다. 특히 많은 수의 사회·경제·문화적 요인들이 서로 상호작용하고 있음에도, 현재 이들 요인을 충분히 이해하고자 하는 시도가 부족하다. 사회·경제·문화적 요인들에는 부 자체뿐만 아니라 부의 사회적 분배, 인구통계적 특성, 이주, 기술과 정보에 대한 접근성, 고용 형태, 적응 및 대응의 질, 사회적 가치, 거버넌스 및 갈등 해결을 위한 제도 등이 있다. 지역적 규모의 기후변화 위험을 이해하기 위해서는 국가 간의 무역 및 관계와 같은 국제적 차원의 문제 또한 중요하게 고려해야 한다.³²

B: 미래 위험과 적응 기회

본 절에서는 기후변화가 진행됨에 따라 향후 20~30년, 21세기 후반, 나아가 그 이후 기간까지 전 부문 및 지역에 걸쳐 나타날 위험과 시간이 지남에 따라 더욱 제한될 잠재적 편익을 제시한다. 이와 더불어, 기후변화의 강도와 속도 그리고 사회경제적 선택에 따라 향후 위험 양상이 어떻게 나타날지 분석하며, 적응과 완화 행동을 통해서 위험을 관리하고 영향을 줄일 수 있는 기회에는 어떠한 것들이 있는지 평가한다.

B-1. 전 부문과 지역에 걸쳐 나타나는 주요 위험

UN 기후변화협약의 제2조에서는 주요 위험을 “기후 체계에 영향을 미치는 위험한 인위적 간섭”으로 명시하고 심각한 영향으로서 언급하고 있다. 위해(hazard)의 규모가 크거나 노출된 사회와 시스템의 취약성이 높을 때, 혹은 둘 다 해당될 때 위험을 주요 위험으로서 간주한다.

²⁹ WG I AR5 12.4 과 표 SPM.2

³⁰ 2.5, 21.2-3, 21.5, 박스 CC-RC

³¹ 1.1, 1.3, 2.2-3, 19.6, 20.2, 21.3, 21.5, 26.2, 박스 CC-RC; WG I AR5 박스 SPM.1

³² 11.3, 12.6, 21.3-5, 25.3-4, 25.11, 26.2

평가 박스 SPM. 1 | 인간 활동이 기후시스템에 미치는 영향

인간이 기후 시스템에 영향을 미치는 것은 분명하지만³³ 특정 영향이 UN 기후변화협약 제2조에서 명시한 “위험한 인위적 간섭”인지 여부를 판단하려면 적절한 위험 평가 및 가치 판단이 뒷받침되어야 한다. 본 보고서는 다양한 상황과 시간 범위에 따라 위험을 평가하며, 위험이 본격적으로 나타나는 기후변화 수준을 판단하는 데 기초 자료로서 사용할 수 있을 것이다.

총 5가지 항목으로 구성된 우려요인(Reasons for concern, RFC)은 전 부문과 지역에 걸쳐 나타나는 주요 위험을 하나의 프레임워크(framework)로 요약 정리한 것이다. 우려요인은 IPCC의 제3차 평가보고서에서 처음 언급되었으며, 전 부문 및 지역에 걸쳐 온난화와 적응한계가 인간, 경제 및 생태계에 미치는 영향을 설명하는 개념이다. 또한 우려요인은 기후시스템에 위험 요소로서 작용하는 인위적 간섭이 무엇인지 구분하는 데 있어서 하나의 시작점으로 볼 수 있다. 각각의 우려요인에 따른 위험들 (문헌 평가와 전문가 판단을 바탕으로 최근에 선별)은 아래의 평가 박스 SPM. 1 그림 1에 제시했다. 아래 제시된 기온은 1986~2005년 (“최근”)을 기준으로 한 지구 연평균 기온의 변화이다.³⁴

- 1) **위험받는 고유 시스템:** 기후변화로 인해 일부 생태계 및 문화는 이미 위험에 처해있다 (높은 신뢰도). 약 1°C의 추가적 온난화가 일어나면 심각한 결과를 초래하는 위험에 처할 시스템의 수가 증가한다. 2°C의 추가적 온난화가 일어나면 적응 역량이 부족한 다수의 종뿐만 아니라 상호 연계적으로 작용하는 인간계 및 자연계가 매우 높은 위험에 처하게 되는데, 대표적인 것이 북극 해빙과 산호초 시스템이다.
- 2) **극한 기상 현상:** 극한 현상 (폭염, 폭우 및 연안 홍수 등)이 초래하는 기후변화 위험은 최근 기온 수준에서 중간 정도의 위험도를 (높은 신뢰도) 보이며, 1°C의 추가적 온난화가 일어나는 상황에서는 높은 위험도를 보인다 (중간 신뢰도). 극한 현상의 일부 형태 (예를 들면 폭염)와 관련된 위험은 기온이 올라감에 따라 점차 증가할 수 있다 (높은 신뢰도).
- 3) **영향의 분포:** 위험은 지역사회의 특정 그룹이나 지역에 따라 불균등성을 띄며 분포하는데, 일반적으로 모든 개발 수준의 국가에서 소외계층 및 지역사회에 대한 위험 수준이 가장 높다. 특히 농작물 생산에 대한 기후변화 영향은 지역에 따라 차이를 보이기 때문에 최근 기온 수준에서 농작물 생산에 대한 위험은 중간 수준이다 (중간에서 높은 신뢰도). 지역 농작물 생산량과 수자원 가용성이 감소할 것으로 전망된 것을 감안할 때, 2°C 이상의 추가적 온난화가 일어나면 불균형하게 분포하는 영향의 위험도가 높아질 것이다 (중간 신뢰도).
- 4) **전 지구적 영향 (전체적 총 영향):** 전 지구적으로 나타날 전체적 총 영향의 위험은 1~2°C의 추가적 온난화 상황에서 중간 수준인데, 이는 지구 생물다양성과 전 세계 경제에 영향을 미칠 것이다 (중간 신뢰도). 약 3°C의 추가적 온난화가 진행되면 생태계 재화 및 서비스의 손실과 함께 생물다양성의 손실 또한 초래되어 위험도가 높아질 것이다 (높은 신뢰도). 기온이 상승함에 따라 경제 부문에 대한 총 타격은 급격히 증가할 것이지만 (제한된 증거, 높은 동의 수준), 약 3°C 및 그 이상의 추가적 온난화 상황에서 발생할 경제적 피해를 정량적으로 추정할 사례는 드물다.
- 5) **대규모 단일 현상:** 지구 온난화가 심해지면 일부 물리적 체계나 생태계는 갑작스럽고 비가역적인 변화의 위험에 직면할 수도 있다. 이러한 갑작스럽고 비가역적인 변화를 촉발하는 임계점에서의 위험은 0~1°C의 추가적 온난화 상황에서 중간 수준의 위험도를 나타내는데, 난류 산호초와 북극 생태계가 이미 비가역적 체제 변화를 겪고 있다는 조기 경고신호를 보내고 있기 때문이다 (중간 신뢰도). 1~2°C 사이의 추가적 온난화에서는 기온이 상승함에 따라 위험도가 불균형적으로 증가하고, 3°C에 이르러 위험도가 급격히 높아지는데, 이는 대륙 빙하의 손실로 인하여 해수면이 대규모 수준에서 비가역적으로 상승할 것이 예측되기 때문이다. 특정 임계점을 넘어 온난화가 지속되면,³⁵ 그린란드 빙하는 천 년 이상에 걸쳐 거의 모두 유실되며, 이로 인해 지구 평균 해수면이 7 m까지 상승하게 될 것이다.

본 보고서에서는 영향의 규모, 발생 확률 및 비가역성, 영향의 발생 시기, 위험 수준을 높이는 취약성 및 노출의 지속성, 적응이나 완화를 통한 위험 저감 잠재력의 한계성과 같은 구체적 기준을 바탕으로 전문가의 판단에 근거하여 주요 위험을 분류하였다. 평가 박스 SPM. 1에서 제시한 5가지 우려요인은 상호연계성을 띄며 기후변화 관련 여러 위험 요소들과 관련되므로 중요하게 고려해야 한다. 주요 위험(key risks)들은 이 5가지 우려요인으로 통합된다.

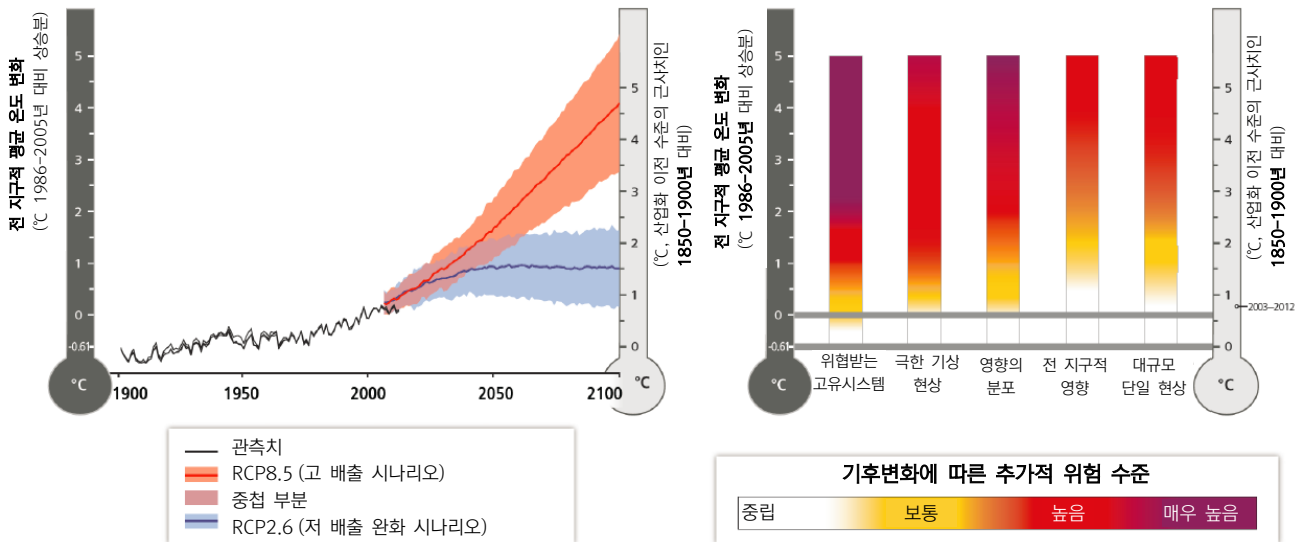
전 부문과 지역에 걸쳐 나타나며 모두 ‘높은 신뢰도’로 판단한 주요 위험은 다음과 같으며, 각각의 주요 위험은 한 개 또는 그 이상의 우려요인(RFC)에 영향을 미친다.³⁶

³³ WG I AR5 SPM, 2.2, 6.3, 10.3-6, 10.9

³⁴ 18.6, 19.6; 1850-1900년~1986-2005년 동안 관측된 연평균 기온 변화는 0.61°C 상승(5-95% 신뢰구간: 0.0.67°C일 경우 0.55-~) [WG I AR5 2.4].

³⁵ 산업시대 이전 수준 대비 지구 평균기온 상승이 유지될 경우, 최근 추정치는 이러한 임계점이 약 1°C를 상회 (낮은 신뢰도)하고 약 4°C를 하회(중간 신뢰도)하는 것으로 나타낸다. [WG I AR5 SPM, 5.8, 13.4-5]

³⁶ 19.2-4, 19.6, 표 19-4, 박스 19-2와 CC-KR



평가 박스 SPM. 1 그림 1 | 기후 관련 위험에 대한 전 지구적 관점. 지구 온난화 진행에 따른 각 우려요인의 위험 수준변화 양상을 우측 그래프에 나타내었다. 지구 기온이 특정 수준에 도달한 후 유지되거나 초과하는 상황에서 온난화가 초래할 추가적 위험은 색으로 구분한 음영으로 나타내었다. 관련 영향을 감지할 수 없거나, 해당 영향의 원인이 온난화가 아닌 경우에는 흰색으로 나타내었다. 주요 위험에 대한 기타 구체적인 기준들 또한 고려하였을 때, 최소 중간 신뢰도에서 관련 영향이 감지되고 그 원인이 기후변화에 있는 경우는 중간 정도의 위험(노란색)으로 나타내었다. 주요 위험의 기타 구체적인 기준 또한 고려하였을 때, 광범위하고 심각한 영향은 높은 위험(붉은색)으로 분류하였다. 본 그래프에서 자주색 음영은 심각한 영향이 매우 높게 나타나는 위험 수준이며, 중대한 비가역성이나 지속적인 기후 관련 위해(hazard) 및 적응 역량 한계가 복합적으로 초래하는 위험이다 [그림 19-4]. 참고로 그림 SPM. 4의 지구 연평균 기온 과거치 및 전망치는 좌측에 제시하였다. [그림 RC-1, 박스 CC-RC; WG I AR5의 그림 SPM. 1과 SPM. 7] 최장기간의 지구지표 기온 자료들을 바탕으로 1850-1900년과 1986-2005년(제5차 평가보고서 기준 연도)간의 평균 변화 관측치는 0.61°C이며(5-95% 신뢰구간: 0.67°C일 경우 0.55)[WG I AR5 SPM, 2.4], 본 보고서에서는 이 수치를 산업시대 이후의 지구 연평균 기온 변화 수치로 사용하고 있다. 단 산업시대 이전 기간은 1970년 전 기간을 의미한다. [WG I 및 WG II AR5 용어집]

- 폭풍 해일, 연안 지역 범람 및 해수면 상승으로 인해 저지대 연안 지역과 군소도서 개발도상국 및 기타 군소도서지역에서 사망, 부상, 건강 악화 또는 생계 지장이 발생할 위험³⁷ [RFC 1-5]
- 일부 지역의 대규모 도시에서 내륙 홍수가 발생함에 따라, 도시 인구가 심각한 건강 악화 및 생계 지장 문제를 겪을 위험³⁸ [RFC 2와 3]
- 극한 기상현상으로 인해 인프라, 전기, 수도 공급, 보건 및 긴급 의료서비스 등 핵심 공공서비스의 심각한 손상이 나타나는 시스템적 위험³⁹ [RFC 2-4]
- 폭염 기간 중, 특히 도시 및 비도시 지역(농촌, 산촌, 어촌)의 야외근로자와 도시의 취약계층이 질병을 앓거나 사망할 위험⁴⁰ [RFC 2와 3]
- 온난화, 가뭄, 홍수, 강수량의 변동 및 집중호우로 인해 식량 체계가 불안정해지고 식량 시스템이 심각한 손상을 받음에 따라 특히 도시 및 비도시의 빈곤층 인구가 처할 위험⁴¹ [RFC 2-4]
- 특히 반 건조 지역에서 식수와 관개용수가 부족해지고 농업 생산성이 저하됨에 따라, 최소한의 자본으로 생계를 유지하는 농민과 목축민의 생계 및 수입에 손실이 발생할 위험⁴² [RFC 2와 3]
- 특히 열대지역과 북극지역에서 해양과 연안 생태계, 생물다양성, 생태계 재화 및 기능이 타격을 받고 연안 지역이 생계를 유지하는 데 매우 중요한 생태계 서비스의 손실이 발생할 위험⁴³ [RFC 1, 2와 4]
- 육상 및 내륙 수계, 생물다양성, 생태계 재화 및 기능과 생태계의 생계 지원 서비스에 손실이 발생할 위험⁴⁴ [RFC 1,3과 4]

특히 최빈 개발도상국과 취약성이 높은 지역사회들은 주요 위험에 대처할 능력이 부족하기 때문에, 주요 위험 대다수를 심각한 난제로서 고려하고 있다.

³⁷ 5.4, 8.2, 13.2, 19.2-4, 19.6-7, 24.4-5, 26.7-8, 29.3, 30.3, 표 19-4와 26-1, 그림 26-2, 박스 25-1, 25-7과 CC-KR

³⁸ 3.4-5, 8.2, 13.2, 19.6, 25.10, 26.3, 26.8, 27.3, 표 19-4와 26-1, 박스 25-8과 CC-KR

³⁹ 5.4, 8.1-2, 9.3, 10.2-3, 12.6, 19.6, 23.9, 25.10, 26.7-8, 28.3, 표 19-4, 박스 CC-KR과 CC-HS

⁴⁰ 8.1-2, 11.3-4, 11.6, 13.2, 19.3, 19.6, 23.5, 24.4, 25.8, 26.6, 26.8, 표 19-4와 26-1, 박스 CC-KR과 CC-HS

⁴¹ 3.5, 7.4-5, 8.2-3, 9.3, 11.3, 11.6, 13.2, 19.3-4, 19.6, 22.3, 24.4, 25.5, 25.7, 26.5, 26.8, 27.3, 28.2, 28.4, 표 19-4, 박스 CC-KR

⁴² 3.4-5, 9.3, 12.2, 13.2, 19.3, 19.6, 24.4, 25.7, 26.8, 표 19-4, 박스 25-5와 CC-KR

⁴³ 5.4, 6.3, 7.4, 9.3, 19.5-6, 22.3, 25.6, 27.3, 28.2-3, 29.3, 30.5-7, 표 19-4, 박스 CC-OA, CC-CR, CC-KR과 CC-HS

⁴⁴ 4.3, 9.3, 19.3-6, 22.3, 25.6, 27.3, 28.2-3, 표 19-4, 박스 CC-KR과 CC-WE

온난화가 심화됨에 따라 기후변화의 영향은 더욱 심각하고 광범위하게 나타날 수 있으며 돌이킬 수 없는 결과를 초래할 가능성이 높다. 산업화 이전 수준과 비교하여 지구 기온이 1°C~2°C만 증가하더라도 기후변화에 의한 위험들 중 일부는 상당한 수준으로 높아진다 (평가 박스 SPM, 1). 모든 우려요인을 고려할 때, 지구 연평균 기온이 산업화 이전 수준 대비 4°C 또는 그 이상 오르면 전 지구적으로 기후변화의 위험은 높은 수준에서 매우 높은 수준에 이르게 된다 (평가 박스 SPM, 1). 이러한 위험의 일부 사례로는 위협받는 고유 시스템에 대한 심각하고 광범위한 영향; 상당수 종의 멸종; 전 지구적 및 지역적 식량 안보에 대한 위험 증가, 고온과 다습이 복합적으로 작용하여 일상적인 인간활동을 제약 (예: 일부 지역에서 일년 중 얼마 동안 식량 재배 및 야외 활동이 제약)을 들 수 있다 (*높은 신뢰도*). 임계점(갑작스럽고 비가역적인 변화를 일으키는 한계점)에 도달하는 데 충분한 기후변화의 정확한 수준이 무엇인지 아직 확실히 알 수 없지만, 기온이 상승하면 지구시스템 또는 상호 연계된 인간계와 자연계에서 이러한 임계점을 넘는 위험들이 증가한다 (*중간 신뢰도*).⁴⁵

기후변화의 속도 및 정도를 제한하면 기후변화 영향으로 인해 발생할 전반적 위험을 줄일 수 있다. 특히 21세기 후반의 최고 기온 상승 전망(대표농도경로 8.5-고 배출)에 비해 최저 기온 상승 전망(대표농도경로 2.6-저 배출)의 시나리오 하에서 위험은 상당히 줄어든다 (*매우 높은 신뢰도*). 기후변화가 감소하면 적응에 필요한 규모도 줄일 수 있다. 모든 적응과 완화의 평가 시나리오 하에서, 부정적인 영향으로 인한 일부 위험은 그대로 남아 있다 (*매우 높은 신뢰도*).⁴⁶

B-2. 부문별 위험 및 적응 잠재력

기후변화는 기존의 기후 관련 위험을 증대시키고 새로운 위험을 발생시켜 자연계와 인간계에 영향을 미칠 것이다. 특정 부문이나 지역에 국한되는 위험이 있을 수 있고 단계적으로 영향을 미치는 위험이 있을 수도 있다. 많지는 않으나, 기후변화가 잠재적 편익을 가져오는 사례도 있다.

담수 자원

온실가스 농도가 증가함에 따라 담수 관련 기후변화 위험은 상당히 높아진다 (*명확한 증거, 높은 동의 수준*). 21세기, 온난화가 진행됨에 따라 수자원 부족과 하천 범람에 영향을 받는 전 세계 인구의 비율은 증가한다.⁴⁷

21세기 전반에 걸쳐, 기후변화는 대부분의 건조 아열대 지역에서 재생 가능한 지표수와 지하수 자원을 상당량 고갈시켜 (*명확한 증거, 높은 동의 수준*), 지역 간 물 경쟁을 심화시킬 것이다 (*제한된 증거, 중간 동의 수준*). 대표농도경로 8.5 하에서 현재 건조 지역의 가뭄 빈도수는 21세기 말까지 증가할 가능성이 높다 (*중간 신뢰도*). 반면, 고위도 지역에서는 수자원이 증가할 것으로 전망된다 (*명확한 증거, 높은 동의 수준*). 기온의 상승, 폭우로 인한 침전물 증가, 영양소 및 오염물질 부하량의 증가, 가뭄기간 동안 오염물질 농도 증가 및 홍수 기간 동안 수처리 시설의 파손 등 다양한 요인들은 복합적으로 작용하기 때문에, 전통적인 수처리 과정을 거친다고 하더라도 기후변화로 인해 원수(raw water)의 질은 저하되며 식수의 질 또한 타격을 받을 것이 예상된다 (*중간 증거, 높은 동의 수준*). 시나리오 계획, 학습기반 접근법 및 유연한 대처 방안과 저유감(low-regret) 해법 등을 포함한 적응형 물 관리를 기반으로, 불확실한 수리학적 변화와 영향에 대처할 수 있을 것이다 (*제한된 증거, 높은 동의 수준*).⁴⁸

육상 및 담수 생태계

21세기 및 그 이후 기간에 대한 기후변화 전망을 토대로 볼 때, 육상 및 담수 생물 중 상당수가 멸종 위험에 처해 있다고 할 수 있으며, 특히 기후변화가 다른 스트레스 요인 (서식지 변화, 남획, 오염 및 침략종 등)과 상호작용할 경우 종 멸종의 위험은 더욱 증가할 것이다 (*높은 신뢰도*). 모든 대표농도경로 시나리오 하에서, 기후변화의 규모와 속도가 증가함에 따라, 멸종위험은 산업화 이전 및 현재 수준보다 높아진다. 중간에서 높은 수준의 기후변화 속도(대표농도경로 4.5, 6.0 및 8.5를 의미)에서, 21세기 동안 많은 종들이 기후변화 속도만큼 빠르게 서식에 적합한 기후조건을 찾는 것은 불가능할 것이다 (*중간 신뢰도*).

⁴⁵ 4.2-3, 11.8, 19.5, 19.7, 26.5, 박스 CC-HS

⁴⁶ 3.4-5, 16.6, 17.2, 19.7, 20.3, 25.10, 표 3-2, 8-3과 8-6, 박스 16-3과 25-1

⁴⁷ 3.4-5, 26.3, 표 3-2, 박스 25-8

⁴⁸ 3.2, 3.4-6, 22.3, 23.9, 25.5, 26.3, 표 3-2, 표 23-3, 박스 25-2, CC-RF와 CC-WE; WG I AR5 12.4

즉, 기후변화 속도가 느릴수록 (대표농도경로 2.6을 의미), 종들은 더욱 수월하게 기후변화 속도에 맞추어 서식에 적합한 장소로 이주할 수 있는 것이다 (그림 SPM. 5). 자신의 서식지에서 새로운 기후에 적응하는 종도 일부 있을 수 있겠지만, 빠르게 적응하지 못한 종들의 경우, 개체수가 줄 것이고 지리적 서식 범위의 전체 또는 일부에서 해당 종이 멸종할 것이다. 따라서 생태계에 대한 위험을 완전히 제거하지는 못하더라도 어느 정도 줄이기 위해서는, 종에 대한 다른 스트레스 요인(예, 서식지 단편화)을 줄이고, 유전적 다양성을 보존하며, 적합한 서식지로 종의 이동을 유도하고, 방해 개체군을 제거하는 등 관리 대책을 통해 생태계의 적응 능력을 높여야 할 것이다 (**높은 신뢰도**).⁴⁹

금세기 안에, 종에서 고 배출의 시나리오(대표농도경로 4.5, 6.0 및 8.5) 가정 하의 기후변화의 규모와 속도는 습지를 포함한 육상과 담수 생태계의 구성, 구조 및 기능에 갑작스럽고 돌이킬 수 없는 지역 규모의 변화를 가져와 높은 위험을 발생시킨다 (**중간 신뢰도**). 대표적인 예로서 기후변화에 의해 북극의 한대 툰드라(Boreal-tundra) 시스템과 (**중간 신뢰도**) 아마존 열대 우림의 생태계가 변하여 기후가 상당한 영향을 받을 수 있다 (**낮은 신뢰도**). 육상 생물권에 저장된 탄소는(예: 이탄지대, 영구 동토층 및 산림) 기후변화, 산림 황폐화 및 생태계 오염으로 인해 대기 중으로 방출되기 쉽다 (**높은 신뢰도**). 21세기 중, 기온이 상승하고 가뭄의 빈도 및 강도가 증가함에 따라 많은 지역에서 수목의 고사 및 이와 관련한 수림의 잎마름병이 발생할 것이다 (**중간 신뢰도**). 수림의 잎마름병은 탄소 저장, 생물다양성, 목재 생산, 수질, 쾌적성 및 경제활동에 위험으로 작용할 것이다.⁵⁰

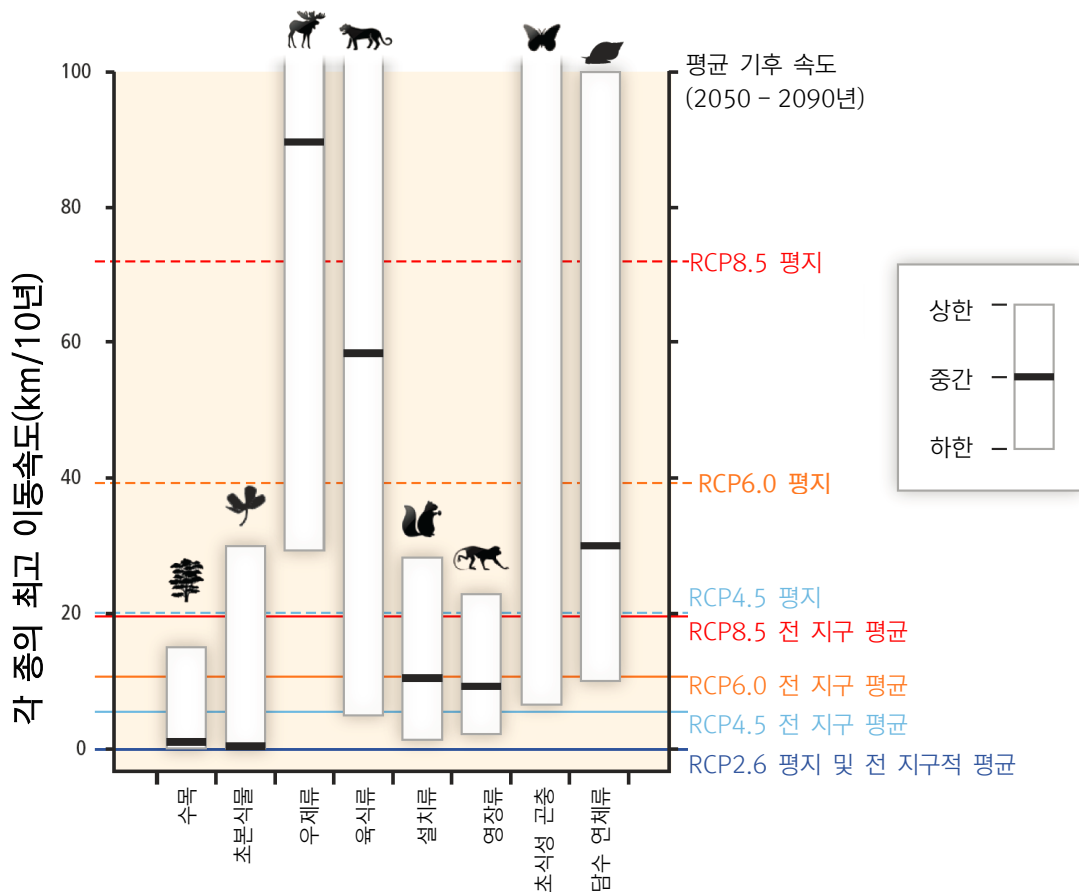
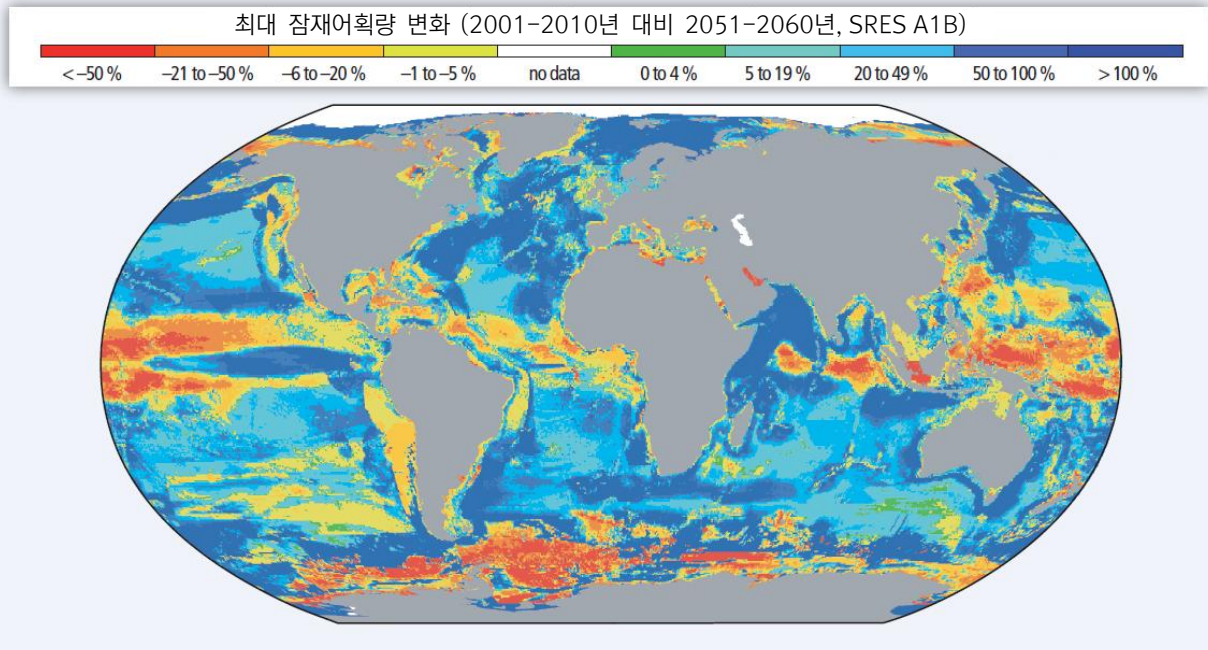


그림 SPM. 5 | 기온이 지형을 가로질러 이동할 수 있는 속도 전망치 (온도의 기후 속도; 우측의 수직축)와 비교하여, 종들이 지형을 가로질러 이동할 수 있는 속도 최고치 (관측과 모델에 근거; 좌측의 수직축). 운송이나 서식지 파편화 등의 인위적 간섭은 종의 이동속도를 큰 폭으로 증가시키거나 감소시킬 수 있다. 중간에 검은 띠가 있는 흰 막대는 수목, 초본식물, 포유류, 초식성 곤충류(중간값은 예측하지 않음) 및 담수 연체동물의 최고 이동속도의 범위와 중간값을 나타낸다. 2050-2090년 사이 대표농도경로 2.6, 4.5, 6.0 및 8.5에서 가로선은 지구 평균 지형과 대평원 지대의 기후 속도를 가리킨다. 최고 속도가 각 가로선 이하인 종들은 인간의 개입이 없는 경우, 온난화에 따른 기후변화를 따라 갈 수 없을 것으로 예상된다. [그림 4-5]

⁴⁹ 4.3-4, 25.6, 26.4, 박스 CC-RF

⁵⁰ 4.2-3, 그림 4-8, 박스 4-2, 4-3과 4-4

(A)



(B)

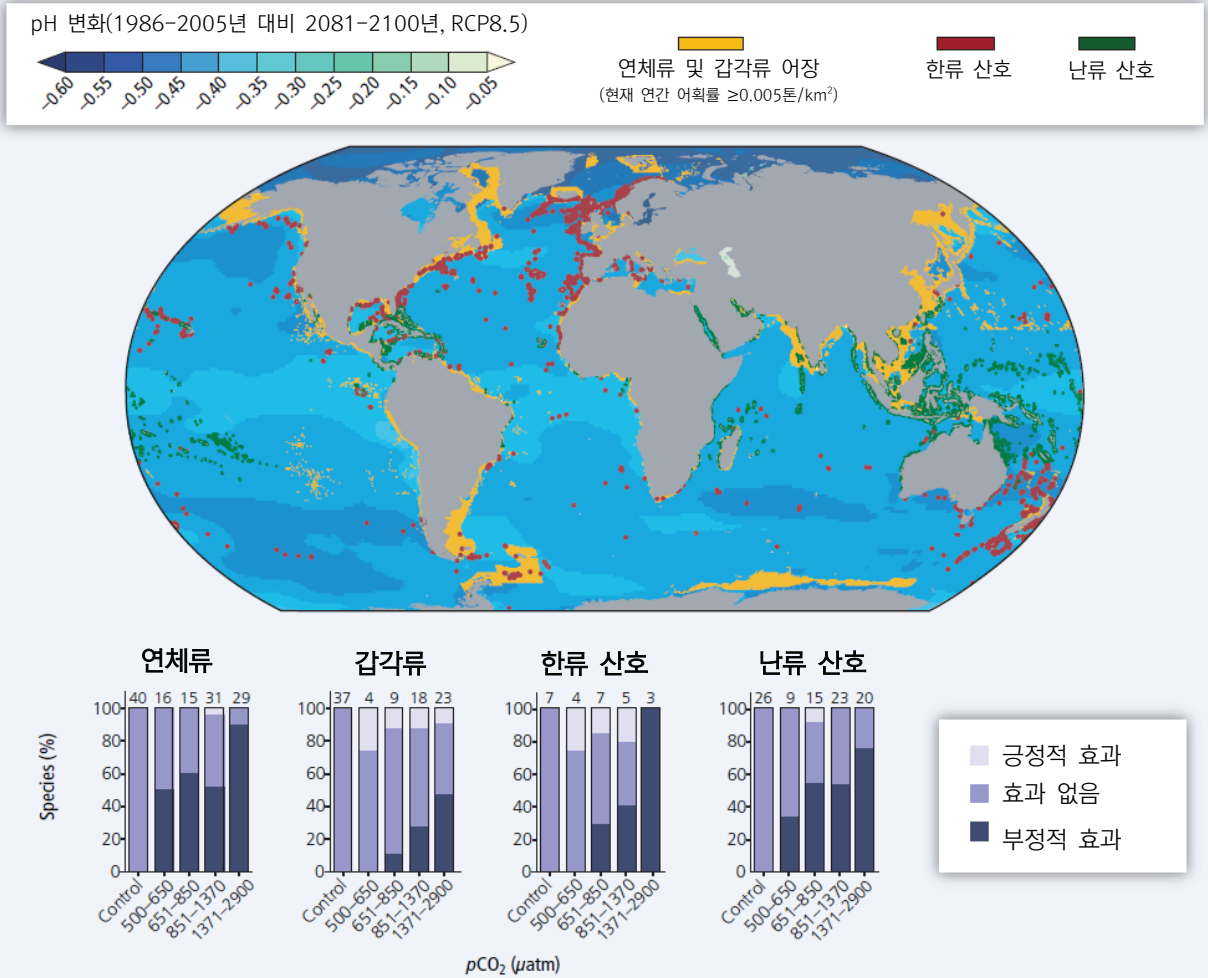


그림 SPM. 6 | 수산업에 대한 기후변화 위험. (A) 주요 포획 어류 및 무척추동물 1,000 종에 대한 최대 잠재어획량의 전 지구적 재 분포 전망. 남획이나 해양 산성화의 잠재적 영향 분석을 배제하고, 배출시나리오에 관한 특별보고서(SRES) A1B를 이용하여 2001-2010년과 2051-2060년의 10년 평균을 비교한다. (B) 지금까지 알려진 해양 연체류 및 갑각류 어장(오늘날의 예상 연간 어획물 ≥ 0.005 톤/km²)과 한류 및 난류 산호의 서식지. 대표농도경로 8.5(1986-2005년부터 2081-2100년까지의 pH 변화) 하에서 전망된 해양 산성화 분포를 세계 지도 상에 나타내고, 이 위에 해당 어장과 서식지를 표시하였다. [WG I AR5 그림 SPM. 8] 그림 아래의 그래프에서는, 연체류, 갑각류 및 산호가 해양 산성화에 대해 보이는 민감성을 비교하였는데, 이들 동물들은 사회경제적 연관성 (예를 들면, 연안 보호와 어업)과 취약성이 비교적 높은 종이다. 연구에 사용된 종의 수는 CO₂의 수준에 따라 분류(오른쪽으로 가면서 이산화탄소 분압 증가)한 각 막대그래프의 상단에 표시되어 있다. 각 CO₂ 분압(pCO₂) 범주에 해당하는 대표농도경로 시나리오는 다음과 같다: 대표농도경로 4.5는 500-650 μ atm (대략적으로 대기 중 ppm 상당량), 6.0은 651-850 μ atm, 그리고 8.5는 851-1370 μ atm이다. 2150년까지 8.5는 1371-2900 μ atm 범주에 속하게 된다. 통제 범주는 380 μ atm에 해당한다. [6.1, 6.3, 30.5, 그림 6-10과 6-14; WG I AR5 박스 SPM. 1]

연안 시스템과 저지대 지역

21세기와 그 이후에 대해 전망되는 해수면 상승으로 인해, 연안시스템 및 저지대는 침수, 연안 홍수 및 연안 침식과 같은 부정적인 영향을 점점 더 심하게 겪을 것이다 (**매우 높은 신뢰도**). 인구 증가, 경제 발전 및 도시화로 인해 앞으로 수십 년 안에 인구와 재산들은 연안지역의 위험에 노출될 것으로 예측될 뿐만 아니라 연안 생태계와 관련된 인간의 고통이 심각히 증가할 것이다 (**높은 신뢰도**). 21세기 동안 연안지역 적응에 소요되는 상대적 비용은 지역 간 및 국가 간뿐만 아니라 동일 지역과 국가 내에서도 매우 큰 차이가 날 것이다. 일부 저지대 개발도상국과 군소도서국은 매우 심각한 영향에 직면하게 됨에 따라, 기후변화 적응 및 관련 피해 복구를 위해 자국 GDP의 몇 퍼센트를 사용해야 할 것으로 보인다.⁵¹

해양 시스템

21세기 중반 및 그 이후에 대한 기후변화 전망을 볼 때, 전 지구적으로 해양 종이 재 분포되고 기후변화 민감 지역에서 해양 생물다양성이 감소함에 따라, 해양의 어업 생산성과 기타 생태계 서비스 공급은 지속되기 어려울 것이다 (**높은 신뢰도**). 온난화가 계속 진행되면서, 해양종들은 서식에 적합한 기후를 찾아 공간적인 이동을 시도할 것으로 예상되는데, 대개 고위도로 이동할 것이므로 열대지역과 반 폐쇄성 해역에서는 지역적 멸종율이 증가할 것이다 (**중간 신뢰도**). 종의 수와 어획 잠재력은 평균적으로 중·고위도 지역에서 증가하고 (**높은 신뢰도**), 열대지역에서는 감소할 것이다 (**중간 신뢰도**, 그림 SPM. 6A). 또한 산소 극소 지역(Oxygen Minimum Zones)과 무산소 “데드 존(Dead zones)”이 점진적으로 확대됨에 따라, 앞으로 어류 서식지는 더욱 축소될 전망이다. 2100년까지 모든 대표농도경로 시나리오 하에서 외양(外洋)의 순일차생산량은 다시 분포될 뿐만 아니라 전 지구적으로 감소할 것이다. 기후변화는 남획 문제 및 여러 비 기후적 스트레스 요인이 해양에 가하는 위협에 또 다른 위협을 추가하고 있기 때문에, 해양 관리 문제는 더욱 복잡해지고 있다 (**높은 신뢰도**).⁵²

중에서 고 배출 시나리오(대표농도경로 4.5, 6.0과 8.5) 하에서는, 해양 산성화가 식물성 플랑크톤부터 동물까지 개별 종의 생리현상, 행동양식 및 개체군 동태에 영향을 미침으로써 해양 생태계, 특히 극지 생태계와 산호초에 상당한 위험을 가할 것이다 (**중간에서 높은 신뢰도**). 갑각류 (**높은 신뢰도**) 및 어류와 비교하여, 석회화 정도가 높은 연체동물, 극피동물 및 암초를 이루는 산호는 해양산성화에 민감한 반응을 보이기 때문에 (**낮은 신뢰도**), 어업과 어획 관련 생계는 해양산성화에 잠재적인 타격을 받을 것이다 (그림 SPM. 6B). 해양 산성화는 전 지구적으로 나타나는 변화(예, 온난화, 산소농도 저하)뿐만 아니라 지역적 변화(예, 오염, 부영양화)와도 밀접한 연관성을 지니고 상호적으로 작용하는데 (**높은 신뢰도**), 이러한 변화 동인들은 온난화 및 해양 산성화와 함께 동시 다발적으로 상호작용하면서 종 및 생태계에 대한 복잡하고 광범위한 영향을 증폭시킬 수 있다.⁵³

식량 안보와 식량 생산 시스템

지역 기온이 산업화 이전 수준 대비 2°C 상승하거나 20세기 후반 기온 수준보다 높아짐에도 불구하고 적응 행동을 마련 및 실행하지 않는다면, 열대 및 온대 지역에서 주요 농작물(밀, 쌀 및 옥수수)은 감소할 것으로 전망되지만, 이들 작물의 수확량이 되려 증가하여 혜택을 보는 지역사례가 일부 있을 수 있다 (**중간 신뢰도**). 농작물의 종류, 지리적 위치 및 적응 시나리오에 따라 수확량 관련 영향은 다양하게 전망된다. 20세기 후반과 비교하여 2030-2049년의 수확량에 대해, 전망의 약 10%가 10% 이상의 수확량 증가를 나타내고, 또 다른 10% 가량은 25% 이상의 손실을 나타낸다.

⁵¹ 5.3-5, 8.2, 22.3, 24.4, 25.6, 26.3, 26.8, 표 26-1, 박스 25-1

⁵² 6.3-5, 7.4, 25.6, 28.3, 30.6-7, 박스 CC-MB와 CC-PP

⁵³ 5.4, 6.3-5, 22.3, 25.6, 28.3, 30.5, 박스 CC-CR, CC-OA와 TS.7

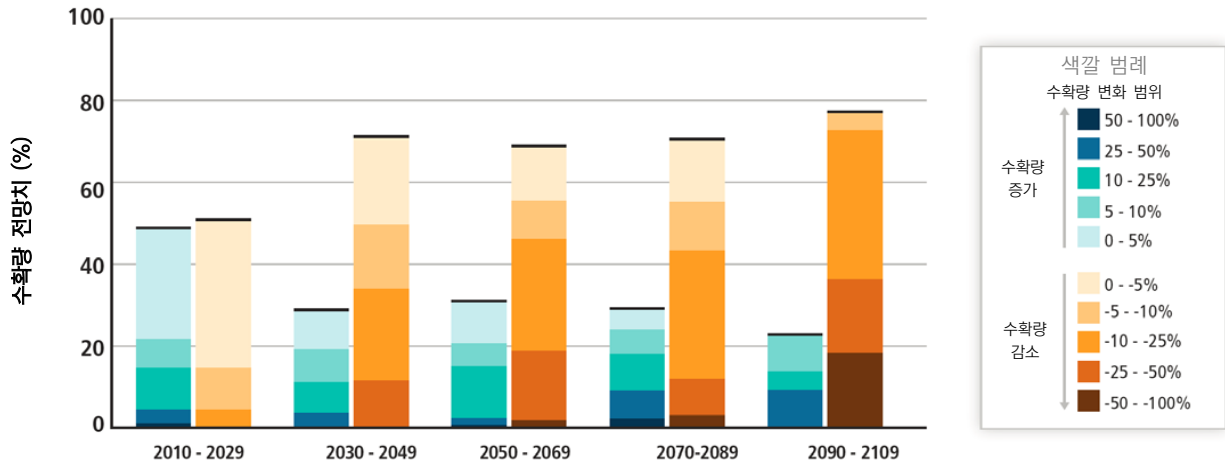


그림 SPM. 7 | 21세기 동안 기후변화에 의한 농작물 수확량 변화 전망 요약. 다양한 배출 시나리오, 열대 및 온대 지역, 적응행동이 이루어진 경우와 이루어지지 않은 경우를 아울러 고려한 후 수확량을 전망하였다. 지구 평균 기온이 4℃ 혹은 그 이상으로 상승하는 시나리오에서 수확 시스템이 받을 영향을 다른 연구는 상대적으로 적은 편이다. 가까운 미래와 먼 미래를 다섯 가지 시간대로 구분하였고, 기록 자료(n=1090)는 X축 상에서 미래 전망 기간을 표시하는 20년 기간 막대 각각에 대해 중심점과 함께 구성되었다. 농작물 수확량의 변화는 20세기 말 수준과 비교한 것이다. 각 시간대의 자료들을 모두 합하면 100%가 된다. [그림 7-5]

향후 온난화 수준에 따라 차이는 있겠지만, 2050년 이후, 수확량은 더욱 심각한 영향을 받을 것이다 (그림 SPM. 7). 농작물 수요가 급격히 증가하는 상황에서 기후변화가 심화된다면, 농작물 수확량의 연년 변화(inter-annual variability)가 누진적으로 증가하는 지역이 많을 것으로 예상된다.⁵⁴

식량 접근성, 이용률 및 가격 안정성 등 식량 안보의 모든 측면은 기후변화에 잠재적인 영향을 받을 것이다 (높은 신뢰도). 해양 어획 잠재량이 고위도 쪽으로 재 분포함에 따라, 열대지역 국가들에서 어획 공급량, 어획 관련 소득 및 고용이 줄어드는 위험이 발생하므로, 식량 안보 또한 잠재적인 영향을 받는다 (중간 신뢰도). 지구 온도가 20세기 말 수준 대비 약 4℃ 혹은 그 이상 상승하고 식량 수요가 증가하면, 전 세계 및 지역의 식량 안보가 막대한 타격을 받을 것이다 (높은 신뢰도). 식량 안보에 대한 위험 수준은 대개 저위도 지역에서 상대적으로 높게 나타난다.⁵⁵

도시 지역

전 세계 기후변화 관련 위험의 대다수는 도시 지역에서 집중적으로 나타나고 있다 (중간 신뢰도). 지구 전반에 걸쳐 기후변화 적응을 성공적으로 유도하고 적응 과정의 속도를 높이기 위해서는, 단계별 조치를 마련하여 회복력을 구축하고 지속가능 발전의 실현 방안을 모색해야 할 것이다. 기후변화는 폭염 스트레스, 폭우, 내륙과 연안지역 범람, 산사태, 대기 오염, 가뭄 및 물 부족 등의 문제를 야기하여 도시 인구, 자산, 경제 및 생태계에 위험을 가한다 (매우 높은 신뢰도). 도시가 필수 사회기반시설 및 공공서비스를 갖추지 않았거나 기후변화에 대한 노출 정도가 높은 경우 그리고 도시 지역의 주거지 수준이 극히 열악한 경우에 도시지역에 대한 기후변화의 위험은 더욱 크게 나타난다. 부족한 기초 공공서비스를 보충하고 열악한 주거 환경을 개선하며 인프라의 회복력을 높임으로써 도시 지역의 취약성 및 노출을 상당 부분 줄일 수 있다. 도시가 기후변화에 적응하기 위해서는 다층 구조의 효과적 도시 방재 거버넌스 마련, 정책과 인센티브 제도의 조화 및 균형 제고, 지방정부와 지역사회의 적응 역량 강화, 공공과 민간 부문 간 시너지 효과 유도 및 재정과 제도의 적절한 계획이 선행되어야 한다. 저소득층과 취약 계층의 역량을 높이고, 관련 계획에 이들의 의견을 충분히 반영하며, 지방정부와 이들 간 협조 체제를 구축하는 것 또한 도시의 적응을 뒷받침하는 중요한 부분이다 (중간 신뢰도).⁵⁶

⁵⁴ 7.4-5, 22.3, 24.4, 25.7, 26.5, 표 7-2, 그림 7-4, 7-5, 7-6, 7-7과 7-8

⁵⁵ 6.3-5, 7.4-5, 9.3, 22.3, 24.4, 25.7, 26.5, 표 7-3, 그림 7-1, 7-4와 7-7, 박스 7-1

⁵⁶ 3.5, 8.2-4, 22.3, 24.4-5, 26.8, 표 8-2, 박스 25-9와 CC-HS

비도시 지역

가까운 미래와 그 이후, 비도시 지역에서 기후변화의 영향을 많이 받는 부문은 물의 가용성과 공급, 식량 안보 및 농촌 소득(식량 및 비식량 농작지역의 변화 포함)이다 (높은 신뢰도). 특히 비도시 지역 빈곤계층의 복지가 상대적으로 큰 영향을 받을 것으로 전망되는데, 예를 들어 토지, 최신 농업기술, 인프라 및 교육에 대한 접근이 제한된 가구나 여성 가정(female-headed) 가구는 기후변화의 영향에 더욱 취약하게 반응할 것이다. 정책 의사결정 시, 기후변화 맥락 내에서 비도시 상황을 충분히 고려하는 것은 농업, 수자원, 산림 및 생물다양성의 적응에 매우 중요하다. 또한 소규모 자영농의 시장 접근성을 높이기 위해서는 무역 개혁과 투자가 뒷받침되어야 한다 (중간 신뢰도).⁵⁷

주요 경제 부문과 서비스

다수의 경제부문에 대하여, 기후변화의 영향보다는 사회경제적 동인(예: 인구변화, 연령구조, 소득, 기술, 상대 가격, 생활양식, 규제 및 거버넌스)이 미치는 영향이 더욱 클 것으로 보인다 (중간 증거, 높은 동의 수준). 온난화가 진행됨에 따라 가정 및 상업 부문의 난방용 에너지 수요는 감소하는 반면, 냉방용 에너지 수요는 증가할 것이다 (명확한 증거, 높은 동의 수준). 기후변화가 에너지원 및 기술에 미치는 영향은 자원(유수량, 바람, 일사량), 기술 공정(냉방) 또는 장소(연안 지역, 범람원)에 따라 다르게 나타날 것이다. 더 심각하고 빈번한 극한 기상현상과 위해도는 다양한 지역에서 경제적 손실 및 그 변동성을 증가시킬 것으로 전망됨에 따라 보험 분야에 있어 특히 개발도상국에서는 위험기반자본을 늘리는 동시에 감당할 수 있는 배상범위를 제시하도록 강요 받을 것이다. 적응 행동의 모범사례로는 대규모 민관합동 위험 저감계획과 경제 다변화가 있다.⁵⁸

기후변화가 전 세계 경제에 미친 영향을 예측하기는 어렵다. 경제 부문들 중 어느 부문을 다루느냐, 혹은 수많은 가정들 중 어떤 것을 선택하느냐에 따라 지난 20년 간 기후변화가 경제에 미친 영향의 추정치는 달라진다. 더군다나, 지금까지 제시된 추정치들은 재난 규모의 변화, 임계점 및 다른 여러 요인들을 고려하지 못하고 있다.⁵⁹ 이러한 한계들을 감안하더라도, 약 2°C의 추가적 온난화 상황에서 전 세계 연간 경제 손실 추정치(불완전)는 소득의 0.2%~2.0% 사이이지만 (± 1 표준편차 의미) (중간 증거, 중간 동의 수준), 실제적으로 경제 손실은 이 범위보다 더 클 가능성이 더 적을 가능성 보다 높다 (제한된 증거, 높은 동의 수준). 더욱이 국가 간 그리고 국가 내에서는 경제손실과 관련하여 큰 차이가 나타날 수 있다. 온난화가 심화될수록 경제 손실은 더욱 늘어날 것으로 보이지만 (제한된 증거, 높은 동의 수준), 약 3°C 이상의 추가적 온난화 상황에서 나타날 경제 손실을 정량적으로 추정된 사례는 거의 없다. 이산화탄소 배출 증가와 더불어 경제적 영향 또한 증대될 것이며, 이는 탄소 1 톤당 수 달러에서 수백 달러에 이를 것으로 추정된다 (명확한 증거, 중간 동의 수준).⁶⁰ 추정치는 피해 함수와 할인율(discount rate)을 어떻게 가정하느냐에 따라 매우 크게 달라진다.⁶¹

인간 건강

21세기 중반까지, 기후변화는 대개 기존의 건강 문제를 더욱 악화시켜 인간 건강에 영향을 미칠 것이다 (매우 높은 신뢰도). 기후변화가 더 이상 진행되지 않는다고 가정한 기준 상황과 비교할 때, 21세기 동안 많은 지역(특히 저소득 개발도상국가)에서 질병 관련 문제가 증가할 것이다 (높은 신뢰도). 예를 들면, 폭염과 화재의 빈도 및 강도가 증가함에 따라 부상, 질병 및 사망의 위험이 높아지고 (매우 높은 신뢰도), 식량 생산량 감소로 인해 빈곤 지역의 영양 결핍 문제가 악화될 것이며 (높은 신뢰도), 취약계층의 노동력 및 노동 생산성이 감소할 것이다. 또한 음식매개성 질병 및 수인성 질병으로 인한 위험과 (매우 높은 신뢰도), 매개체감염성 질병으로 인한 위험 또한 증가할 것이다 (중간 신뢰도). 반면 건강 관련 긍정적 효과를 보는 지역도 있을 수 있는데, 예를 들어 혹한 현상이 감소함에 따라 일부 지역에서는 추위 관련 사망율과 질병율이 다소 줄고 (낮은 신뢰도), 식량 생산의 지리적 변화가 나타나며 (중간 신뢰도), 질병 전염 매개체의 힘이 약해지는 경우도 있을 것이다. 그러나 전 세계적으로, 건강에 대한 기후변화의 긍정적 영향보다 부정적 영향의 강도 및 심각도가 더욱 크게 나타날 것이며, 21세기를 거치면서 이들 영향 간의 격차는 더욱 벌어질 것이다 (높은 신뢰도).

⁵⁷ 9.3, 25.9, 26.8, 28.2, 28.4, 박스 25-5

⁵⁸ 3.5, 10.2, 10.7, 10.10, 17.4-5, 25.7, 26.7-9, 박스 25-7

⁵⁹ 재난에 의한 손실은 최소 수준(lower bound)으로 설정되었으며, 이는 인간의 생활, 문화 유산 그리고 생태계 서비스에서 발생하는 손실을 정량적, 금액적으로 환산하기 어렵기 때문이다. 그러므로 정확한 손실 규모가 반영되어 있지 않다. 일부 지역 및 부문들의 경우, 비 공식적 또는 비 기록화된 경제에 미치는 영향들과 간접적인 경제 효과들이 매우 중요할 수 있다. 그러나 일반적으로 정확하게 추정된 손실 규모가 반영되어 있지 않다. [SREX 4.5.1, 4.5.3, 4.5.4]

⁶⁰ 탄소 1톤 = 이산화탄소 3.667톤

⁶¹ 10.9

가까운 미래에 건강 부문의 취약성을 줄일 수 있는 가장 효율적인 방법은, 기초 공중보건제도를 시행 및 개선하여 깨끗한 물과 위생시설의 보급을 보장하고, 예방접종 및 아동 건강서비스 등의 필수 건강관리제도를 확립하며, 재해 대비 및 대응 역량을 강화하고, 빈곤을 해소하는 것이다 (**매우 높은 신뢰도**). 고 배출 시나리오인 대표농도경로 8.5 하에서는 2100년까지 기온과 함께 습도 또한 높아짐에 따라, 몇몇 지역에서 일정 기간 동안 식량 재배나 야외 작업과 같은 일상적인 인간활동이 제약될 것이다 (**높은 신뢰도**).⁶²

인간 안보

21세기 동안 기후변화가 진행됨에 따라 인간의 이주는 증가할 것이다 (중간 증거, 높은 동의 수준). 특히 저소득 개발도상국의 비도시와 도시 지역에서, 계획대로 이주하는 데 필요한 자원이 부족하여 이주하지 못한 인구는 극한 기상 현상에 높은 수준으로 노출되고, 이에 따라 이주 관련 위험이 증가하게 된다. 반면 이주 기회가 확대될 경우, 이주 인구의 취약성은 줄어들 수 있다. 극한 기상현상뿐만 아니라 장기간의 기후변화 및 기후변동에 대응한 수단으로서 ‘이주 패턴(pattern)의 변화’를 고려해 볼 수 있으며, ‘이주’ 그 자체도 일종의 효율적 적응 전략이라 할 수 있다. 이주에서의 변화를 예측하고, 이를 정량화하는 것은 복잡성 및 다원인적(multi-causal) 속성을 갖기 때문에 **낮은 신뢰도**를 보인다.⁶³

기후변화는 빈곤과 경제적 충격 등 이미 잘 알려진 갈등 유발요인을 증폭시킴으로써 내전과 집단 간의 폭력 등 폭력적 갈등 위험을 간접적으로 증가시킬 수 있다 (중간 신뢰도). 여러 통계 자료들을 바탕으로, 기후 변동성이 이러한 형태의 갈등과 매우 밀접하게 연관되어 있음을 알 수 있다.⁶⁴

기후변화는 많은 국가들의 국가기반시설과 영토보전에 영향을 미쳐 국가 안보정책에도 영향을 줄 것이다 (중간 증거, 중간 동의 수준). 예를 들면, 해수면 상승으로 인해 토지가 침수되는 경우, 군소도서지역이나 해안선이 긴 국가는 자국의 영토를 보전하기 어려울 것이다. 기후변화가 해빙, 공유 수자원 및 원양어업의 어류 자원 등에 미치는 영향은 국가 경계에 상관없이 나타나므로, 국가 간 갈등이 증폭될 수 있다. 따라서 강력한 권한을 지닌 국가조정기구를 설립하고 정부간 기구의 협력을 이끌어 갈등 및 자원 경쟁 문제의 해결 방안을 모색해야 할 것이다.⁶⁵

생계 및 빈곤

21세기 동안 기후변화가 진행됨에 따라, 경제성장이 더뎠으며, 빈곤율을 낮추기가 어려워지고, 식량 안보가 위협을 받는다. 뿐만 아니라, 기존의 빈곤 문제가 심화되는 동시에 새로운 빈곤의 형태가 발생할 것으로 보이는데, 이는 도시 지역이나 심각한 기아문제를 보이는 신흥 분쟁지대에서 특히 두드러지게 나타날 것이다 (중간 신뢰도). 기후변화의 영향으로 인해 대부분의 개발도상국에서는 빈곤 문제가 더욱 불거지고, 선진국과 개발도상국 중 불평등 수준이 높은 국가에서는 새로운 빈곤지구가 형성될 것으로 예상된다. 도시와 비도시 지역에서는 식량 가격이 상승함에 따라 식량의 실 구매자인 임금·노동 의존형의 빈곤 가구가 특히 상당한 기후변화의 영향을 받을 것으로 보인다. 식량 불안정과 불평등 수준이 높은 지역에서 이러한 문제가 더욱 심각하게 나타날 것이지만(특히 아프리카), 농업 자영업자의 경우에는 일부 이득을 볼 수도 있을 것이다. 정책적 수단을 바탕으로 빈곤 및 다차원적 측면의 불평등을 유연하게 관리할 수 있는 환경을 조성한다면, 보험 프로그램, 사회보장제도 및 재해위험관리를 통해 빈곤층 및 극 빈곤층의 장기적 생계 회복력을 개선할 수 있다.⁶⁶

B-3. 지역별 주요 위험 및 적응 잠재력

전 지역 및 인구에 걸쳐 다양한 기후변화 관련 위험들이 존재하며, 위험의 형태, 수준 및 규모 등은 시간이 지남에 따라 달라질 뿐만 아니라 적응 및 완화의 정도를 포함한 다양한 요인들에도 상당한 영향을 받을 것이다. 지역에 따른 주요 위험들 중 **중간 신뢰도**에서 **높은 신뢰도**로 관측된 위험들을 선별하여 평가 박스 SPM. 2에 정리하였다. 지역적 위험과 잠재적 이득에 대한 더욱 자세한 요약은 기술 요약보고서 B-3절과 제5차 평가보고서 제2실무그룹 후반부(Part B): ‘지역별 현황(Regional Aspects)’ 에 제시하였다.

평가 박스 SPM. 2 | 지역별 주요 위험

본 평가 박스는 각 지역에 따라 대표적으로 관측된 주요 위험에 초점을 맞춘다. 과학, 기술 및 사회경제 관련 문헌 평가를 바탕으로 주요 위험을 확인하였으며, 이들 주요 위험은 본 보고서에 상세히 기술하였다. 또한 다음과 같은 구체적인 기준을 바탕으로 전문가 판단에 근거하여 주요 위험을 식별하였다. 구체적인 항목은 영향의 규모, 발생 확률 및 비가역성, 영향의 발생 시기, 위험 수준을 높이는 취약성 및 노출의 지속성, 적응이나 완화를 통한 위험 저감 잠재력의 한계성과 같다.

각 주요 위험들의 위험 수준은 세 가지 시간대(현재, 가까운 미래, 먼 미래)로 구분하여 평가하였다. 현재에 대해서는, 현 적응 상태가 유지된 경우와 강력한 적응이 이루어진 상태로 나누어 위험 수준을 추정하였고, 최근 적응이 부족한 지역을 알아 보았다. 두 가지의 미래 시간대(가까운 미래와 먼 미래)에 대해서도, 현 적응이 계속되는 경우와 강력한 적응이 이루어진 상태로 나누어 위험 수준을 예측하였는데, 여기서 적응 잠재력과 한계가 함께 나타난다. 평가 시 참고 가능한 문헌을 바탕으로, 잠재적 결과가 나타날 수 있는 가장 넓은 범위를 도출하고, 이 범위에 걸친 확률과 결과를 통합하여 위험 수준을 식별하였다. 여기서 잠재적 결과는 기후관련 위해(hazard), 취약성 그리고 노출 간의 상호작용을 바탕으로 도출한다. 각 위험 수준은 기후 및 비기후적 요인이 초래하는 모든 위험을 전체적으로 반영한다. 사회경제적 개발경로, 위해(hazard)에 대한 취약성과 노출, 적응 역량 및 위험에 대한 인식이 지역마다 다르기 때문에 주요 위험과 위험 수준은 지역과 시간에 따라 달라진다. 본 평가는 다양한 상황의 서로 다른 물리학적, 생물학적, 인류학적 체계를 바탕으로 하여 잠재적 영향과 적응을 고려하였으므로 지역 간 위험 수준을 비교하는 것은 무의미하다. 이보다, 본 위험평가에서 제시한 위험 수준을 해석할 때, 해석의 가치 및 목적들 간 차이를 구분하는 것이 더욱 중요할 것이다.

평가 박스 SPM. 2 표 1 | 기후변화에 의한 주요 지역별 위험 및 적응과 완화를 통한 위험 저감 잠재력. 현재, 가까운 미래(본 보고서에서는 2030-2040년 동안 평가) 그리고 먼 미래(본 보고서에서는 2080-2100년 동안 평가)의 3 가지 시간대를 기준으로 하여, 각 주요 위험의 위험 수준을 매우 낮음부터 매우 높음까지 여러 단계로 분류하였다. 기후변화의 윤곽이 비교적 확실한 가까운 미래에서는, 배출 시나리오 간 지구 연평균 기온 상승 수준에 큰 차이가 없다. 먼 미래에서는, 두 가지 시나리오(산업화 이전 수준 대비 2°C와 4°C) 간 전 지구 연평균 기온 상승 수준에서 차이가 나며, 위험 수준은 구체적으로 제시하였다. 이 시나리오들을 바탕으로, 기후변화의 위험을 감소시킬 수 있는 적응 및 완화 잠재력을 가능할 수 있다. 기후관련 동인은 아이콘으로 표시하였다.

기후관련 영향의 유발요인										위험 수준 및 적응 잠재량		
										위험 저감을 위한 추가 적응 잠재량		
온난화 경향	극한 기온	사막화 경향	극한 강수량	강수량	적설량	치명적 열대성 저압	해수면	해양 산성화	이산화탄소 농도			

아프리카						
주요 위험	적응 이슈 및 전망	기후 동인	시기	적응에 대한 위험 및 잠재량		
현재의 수자원 남용과 수질 저하, 미래의 수자원 수요 증가로 인해 수자원 부문에 심각한 부담과 복합적 스트레스가 가해짐. 아프리카 내 가뭄 상승 지역에서 가뭄 스트레스 심화 (높은 신뢰도) [22.3-4]	• 수자원에 대한 비기후적 스트레스 요인 경감 • 제도적 역량 강화를 기반으로 수자원의 수요 관리, 지하수 평가, 통합된 상하수도 계획 및 토지-물 통합 거버넌스 마련 • 지속가능 도시 개발			매우 낮음	중간	매우 높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100)	2°C	4°C	
폭염 및 가뭄 스트레스는 농작물 생산성의 감소와 함께 지역, 국가, 가정, 생계 및 식량 안보에 심각한 악영향을 동반하며, 기존의 해충 및 질병 피해를 가중시키고 홍수의 빈도 및 강도를 높여 식량 시스템 인프라에 위협을 가함 (높은 신뢰도) [22.3-4]	• 기술을 이용한 적응 대응 (예: 스트레스 내성 농작물 품종, 관개, 관측 시스템 개선) • 신용 대출 및 기타 필수적 생산 자원에 대한 소작농의 접근성 향상, 생계 수단의 다변화 • 지방, 국가, 지역 수준의 제도를 강화하여 농업 지원 (조기경보시스템 포함), 아프리카 여성의 사회 및 경제적 위치를 고려한 성 지향적(gender-oriented) 정책 • 농경학적 적응 대응(예: 농림업, 보전농업)			매우 낮음	중간	매우 높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100)	2°C	4°C	
기온과 강수량의 평균 및 변동성의 변화로 인한 매개인자성 및 수인성 질병의 발병률과 지리적 범위의 변화, 특히 질병 분포의 주변지역을 따라 발생 (중간 신뢰도) [22.3]	• 개발 목표 수립, 특히 안전한 물과 개선된 위생시설의 공급 확대 및 모니터링 등의 공중보건 기능 증진 • 취약성 지도 제작 및 조기경보시스템 • 부문 간 협력 • 지속가능한 도시개발			매우 낮음	중간	매우 높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100)	2°C	4°C	

다음 페이지에 계속 →

⁶² 8.2, 11.3-8, 19.3, 22.3, 25.8, 26.6, 그림 25-5, 박스 CC-HS

⁶³ 9.3, 12.4, 19.4, 22.3, 25.9

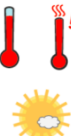
⁶⁴ 12.5, 13.2, 19.4

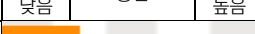
⁶⁵ 12.5-6, 23.9, 25.9

⁶⁶ 8.1, 8.3-4, 9.3, 10.9, 13.2-4, 22.3, 26.8

평가 박스 SPM. 2 표 1 (계속)

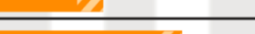
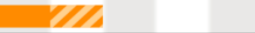
다음 페이지에 계속 →

유럽						
주요 위험	적응 이슈 및 전망	기후 동인	시기	적응에 대한 위험 및 잠재량		
도시화 진행, 해수면 상승, 연안 침식 및 피크 하천유량 상승으로 인한 하천 유역 및 연안지역 홍수 문제가 악화되고, 이에 영향을 받는 인구 및 경제 손실 증가 (높은 신뢰도) [23.2-3, 23.7]	전망된 피해 다수는 적응 대책을 마련하고 행동에 옮김으로써 막을 수 있음 (높은 신뢰도). • 홍수 방지 구조물 관련 기술과 습지 복구 기술 풍부 • 홍수 방지 비용 증가 • 적응방안을 실질적으로 행동에 옮기는 데 존재하는 잠재적 장애: 유럽의 토지 수요 및 환경과 경관 관련 우려			매우 낮음	중간	매우 높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100) 2° C 4° C			
급수 제한 증가. 하천 및 지하수 자원 유용성의 현저한 저하. 물 수요 증가(예: 관개용, 에너지 및 산업용, 가정용). 특히 남부 유럽에서 물 증발량이 증가함에 따라 배수 및 유출수가 감소 (높은 신뢰도) [23.4, 23.7]	• 물 효율성이 높은 기술을 계속적으로 개발하고 있으며 절수 전략을 채택하는 사례(예: 관개, 농작물 품종, 토지 피복, 산업, 가정)가 증가하고 있어, 적응 잠재력이 입증됨 • 하천유역관리계획 및 통합수자원관리 모범사례와 거버넌스 수단 적용			매우 낮음	중간	매우 높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100) 2° C 4° C			
폭염이 영향을 미치는 인구와 경제 손실 증가: 건강과 웰빙, 노동 생산성, 농작물 생산 및 대기의 질에 대한 기후변화의 영향: 남유럽과 러시아 아한대의 산불 위험 증가 (중간 신뢰도) [23.3-7, 표 23-1]	• 경보시스템 실행 • 주거지와 직장에서의 적응, 교통 및 에너지 인프라의 적응 • 대기질 향상을 위한 배출량 감축 • 야생동물 관리 개선 • 날씨에 따른 생산량 변동에 대비하여 보험 상품 개발			매우 낮음	중간	매우 높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100) 2° C 4° C			

아시아						
주요 위험	적응 이슈 및 전망	기후 동인	시기	적응에 대한 위험 및 잠재량		
아시아에서 하천, 연안 및 도시 홍수가 증가함에 따라, 사회기반시설, 생계 및 거주지가 광범위한 피해를 받음 (중간 신뢰도) [24.4]	• 구조적 방안, 효과적 토지이용 계획 및 선별적 이주를 통한 노출 저감 • 국가주요기반시설과 서비스(예: 물, 에너지, 폐기물관리, 식량, 바이오매스, 교통, 지역 생태계, 통신)의 취약성 저감 • 모니터링 및 조기경보시스템 구축; 노출지역 식별, 취약 지역/가정 지원 및 생계 다변화(예: 경제 및 생계 다변화)를 위한 방안 • 경제 다변화			매우 낮음	중간	매우 높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100) 2° C 4° C			
폭염 관련 사망 위험 증가 (높은 신뢰도) [24.4]	• 더위 건강 경보시스템 • 열섬 효과 저감을 위한 도시 계획; 주거환경의 개선; 지속가능 도시 개발 • 야외근로자의 열 스트레스 방지를 위한 새로운 작업 사례			매우 낮음	중간	매우 높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100) 2° C 4° C			
가뭄의 빈도와 강도가 증가함에 따라 물 부족 및 식량 부족 문제가 발생하여 영양실조의 위험이 높아짐 (높은 신뢰도) [24.4]	• 조기경보시스템 및 지역별 대처전략을 포함한 재난 대비 • 적응형/통합형 수자원관리 • 수도 인프라 및 저수지 개발 • 물 재활용을 포함한 수원의 다변화 • 보다 효과적인 물 사용(예: 농사관행 개선, 관개 관리 및 회복력 있는 농업)			매우 낮음	중간	매우 높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100) 2° C 4° C			

평가 박스 SPM. 2 표 1 (계속)

다음 페이지에 계속 →

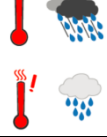
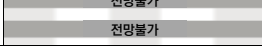
오스트랄라시아						
주요 위험	적응 이슈 및 전망	기후 동인	시기	적응에 대한 위험 및 잠재량		
호주의 산호초 군집 구성 및 구조의 막대한 변화 (높은 신뢰도) [25.6, 30.5, 박스 CC-CR과 CC-OA]	- 기온상승과 산성화는 산호 시스템에 부정적 영향을 미치며, 산호의 자연적응능력은 제한적이고 충분하지 않음 - 대개 산성화 및 온난화를 제외한 기타 위험요소(수질, 관광, 어획)들을 줄이는 것 외에는 별다른 적응 방안이 없음. 조기경보 시스템, 재정착 지원(assisted colonization) 및 셰이딩법(shading)과 같이 인간이 산호의 적응에 직접 개입하는 방안들이 제안되었으나 아직까지 시행되지 않음			매우 낮음	중간	매우 높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100)	2° C		
호주와 뉴질랜드의 사회기반시설과 거주지에서 홍수 피해의 빈도 및 강도 증가 (높은 신뢰도) [표 25-1, 박스 25-8과 25-9]	- 현 홍수 위험에 대해 일부 지역이 보이는 심각한 적응 역량 결핍 - 효과적 적응으로는 회복력을 확보하여 위험 증가를 방지 및 조절하는 것과 토지이용 통제 및 거주지 이전이 있음			매우 낮음	중간	매우 높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100)	2° C		
미래 전망된 해수면 상승 범위 중 상위에서 광범위한 피해가 발생하며, 호주와 뉴질랜드의 연안 기반 시설과 저지대 생태계에 대한 위험이 증가 (높은 신뢰도) [25.6, 25.10, 박스 25-1]	- 현재 수준의 연안 침식과 홍수 위험에 대해 일부 지역이 보이는 적응력 결핍. 지속적인 개발과 보전의 순환구조는 유연한 대응력을 오히려 제한 - 효과적인 적응 방안에는 방지 및 조절, 토지이용 통제 및 궁극적인 거주지 이전이 있음			매우 낮음	중간	매우 높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100)	2° C		

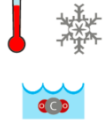
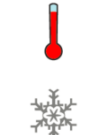
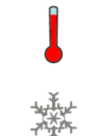
북미						
주요 위험	적응 이슈 및 전망	기후 동인	시기	적응에 대한 위험 및 잠재량		
건조 및 기온 상승 현상으로 산불이 발생하여 생태계 건강 악화, 재산 손실, 인간의 질병 및 사망 (높은 신뢰도) [26.4, 26.8, 박스 26-2]	- 상대적으로 화재 스트레스에 대해 높은 적응력을 지닌 생태계가 존재. 산림 관리자와 지방도시 계획자가 정책 의사결정시 산불방지 대책을 반영하는 사례가 점차 증가하고 있음 (예: 지정 연소, 회복력 있는 식물의 도입). 생태계 적응을 지원하는 제도적 역량은 제한적 - 고위험 지역에서 사유재산은 급속히 개발하고 있으며, 가구 단위 적응 역량이 낮기 때문에 지역 인구의 거주지 적응은 제한적 - 멕시코의 경우, 벌채 및 소각을 줄이기 위한 가장 효과적인 전략은 산림농업임			매우 낮음	중간	매우 높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100)	2° C		
폭염 관련 인간의 사망률 증가 (높은 신뢰도) [26.6, 26.8]	- 주거지 냉방시설(A/C)을 이용하여 효과적으로 위험을 줄일 수 있지만, 취약계층이 A/C를 구입하고 이용할 수 있는 가능성은 제한적이며, 전력 공급이 끊겼을 때 치명적인 손실로 이어질 수 밖에 없음 취약층 인구에는 A/C가 없는 곳의 운동선수와 옥외 근로자 포함 - 사회 및 가구 단위 적응, 가구의 지원, 조기폭염경보시스템, 냉방설비, 녹화, 지표면 알베도를 높여 폭염에 대한 노출을 줄일 수 있음			매우 낮음	중간	매우 높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100)	2° C		
유역 및 연안 지역 도시의 범람 피해(재산 및 사회기반시설 피해 포함); 공급 사슬망, 생태계 및 사회시스템의 붕괴; 공중보건에 대한 영향; 해수면 상승, 극한 강수, 태풍에 의해 하천 및 연안 지역 도시의 홍수 발생이 증가함에 따라 수질 악화 (높은 신뢰도) [26.2-4, 26.8]	- 도시 배수관리에는 비용이 많이 들 뿐만 아니라 잘못 계획할 경우 도시 지역에 파괴적인 영향을 미침 - 불투수면 저감, 녹색 인프라 및 옥상 정원을 통해 지하수 함양을 증가시키는 것은 저후회(low-regret) 전략으로서 공동편익을 수반 - 해수면 상승은 연안 강어귀의 수위를 높이고, 이는 다시 배수를 방해함. 많은 경우, 현재 사용되고 있는 구식의 강우 설계 표준은 현 기후조건을 반영하여 갱신할 필요가 있음 - 습지와 맹그로브 보전 및 토지 이용 계획 전략을 마련하여 범람의 강도를 낮출 수 있음			매우 낮음	중간	매우 높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100)	2° C		

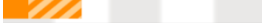
SPM

평가 박스 SPM. 2 표 1 (계속)

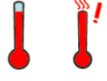
다음 페이지에 계속 →

중남미						
주요 위험	적응 이슈 및 전망	기후 동인	시기	적응에 대한 위험 및 잠재량		
반 건조 지역, 융빙수 의존 지역 및 중미 지역의 급수 가능성과 극한 강우량으로 인한 도시/비도시 지역 홍수와 산사태 (높은 신뢰도) [27.3]	- 통합 수자원관리 - 도시/비도시 홍수관리(인프라 포함), 조기경보 시스템, 기상 및 강수 예보 개선 및 전염병 관리			매우낮음	중간	매우높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100) 2° C 4° C			
식량 생산량 감소 및 식품의 품질 저하 (중간 신뢰도) [27.3]	- 기후변화(온도 및 가뭄)에 대한 적응력이 높은 - 신품종 개발 - 식품 품질 저하가 인간 및 동물 건강에 미치는 영향 상쇄 - 토지이용 변화로 인한 경제적 영향 상쇄 - 토착 지식 시스템 및 실행 강화			매우낮음	중간	매우높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100) 2° C 4° C			
고위도 및 고원 지대에서 매개 인자성 질병의 확산 (높은 신뢰도) [27.3]	- 기후 및 기타 관련 요인들을 바탕으로, 조기경보 시스템을 개발하여 질병 통제 및 완화 - 취약성을 증가시키는 많은 인자들이 존재 - 기초 공중보건서비스 보급 확대 프로그램의 구축			매우낮음	중간	매우높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100) 2° C 4° C			

극지방						
주요 위험	적응 이슈 및 전망	기후 동인	시기	적응에 대한 위험 및 잠재량		
빙하, 적설, 영구 동토층 및 담수/해양 조건이 변화함에 따라 중 서식지의 질, 종의 서식 범위와 생물 계절학 및 번식력이 영향을 받아 담수 및 육상 생태계와 (높은 신뢰도) 해양 생태계가 위험에 처하고 경제 부문도 타격을 받음 (중간 신뢰도) [28.2-4]	- 과학과 토착 지식을 통한 이해도 향상, 보다 효과적인 적응 방안과 혁신적인 기술 개발 - 모니터링, 규제 및 경보시스템의 개선을 바탕으로 생태계 자원의 안전하고 지속 가능한 사용을 유도 - 가능한 취약성이 높은 어류종 대신 기타 어류종을 어획하고, 소득원 다양화 방안을 모색			매우낮음	중간	매우높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100) 2° C 4° C			
물리적 환경 변화, 식량불안정, 안전한 식수 부족 및 동토층 지역 인프라를 포함한 인프라의 피해가 증가함에 따라 북극 주민의 부상 및 질병율이 높아지며, 결과적으로 이들의 건강과 웰빙이 위험에 처함 (높은 신뢰도) [28.2-4]	- 과학과 기술을 토착 지식과 결합하는 보다 강력한 방안의 공동개발 - 관측, 모니터링 및 경보시스템의 개선 - 의사소통, 교육 및 트레이닝 증진 - 자원 기반, 토지이용 및 주거지 변화			매우낮음	중간	매우높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100) 2° C 4° C			
사회 시스템이 적응할 수 없을 정도로 변화의 속도가 빠를 경우, 기후 관련 위험(hazard)과 사회적 요인은 복잡하게 상호 작용하므로 지역사회는 전례없는 난제에 직면 (높은 신뢰도) [28.2-4]	- 과학과 기술을 토착 지식과 결합하는 보다 강력한 해법의 공동개발 - 관측, 모니터링 및 경보시스템의 개선 - 의사소통, 교육 및 훈련 증진 - 토지소유권 정착을 통해 적응형 공동관리 대응 개선			매우낮음	중간	매우높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100) 2° C 4° C			

군소도서국						
주요 위험	적응 이슈 및 전망	기후 동인	시기	적응에 대한 위험 및 잠재량		
생계, 연안 거주지, 사회기반시설, 생태계 서비스 및 경제안정의 손실 (높은 신뢰도) [29.6, 29.8, 그림 29-4]	- 군소도서지역은 매우 높은 적응 잠재력을 지니지만, 외부의 추가 자원 및 기술이 이들 국가의 대응 역량을 증진시킴 - 생태계 기능과 서비스 및 물과 식량 안보의 유지와 증진 - 미래, 전통 지역사회의 적응 전략 효율성은 상당히 감소할 것으로 예상됨			매우 낮음	중간	매우 높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100) 2° C 4° C			
21세기 지구 평균 해수면 상승과 고수위 현상은 상호작용하여 저지대 연안 지역을 위협 (높은 신뢰도) [29.4, 표 29-1; WG I AR5 13.5, 표 13.5]	- 도서지역의 국토 면적에서 연안 지역이 차지하는 비율은 높기 때문에, 적응 시 금융 부문 및 자원 관련 난제가 불가피할 것 - 적응 방안에는 해안 지형과 생태계의 유지 및 복원, 토양 및 담수 자원의 관리 개선, 적절한 건축 법규 및 거주 형태 마련 등이 있음			매우 낮음	중간	매우 높음
			현재			
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100) 2° C 4° C			

평가 박스 SPM. 2 표 1 (계속)

해양						
주요 위험	적응 이슈 및 전망	기후 동인	시기	적응에 대한 위험 및 잠재량		
저위도 지역 (예: 적도 용승 지역, 연안경계 시스템 및 아열대 환류 지역)에서 어류 및 무척추동물 종의 분포가 변하고 어획 잠재량이 감소 (높은 신뢰도) [6.3, 30.5-6, 표 6-6과 표 30-3, 박스 CC-MB]	- 어류 및 무척추동물 종의 온난화에 대한 진화적 적응 잠재력은 이들 종이 온도유지를 위해 보였던 분포 변화에서와 같이 제한적임 - 인간의 적응 방안: 어획 잠재량의 지역적 감소(저위도)와 일시적인 증가(고위도)에 따른 산업형 어업 활동의 대대적 장소 이동, 변동성 및 변화에 반응할 수 있는 유동적 관리, 오염 및 부영양화와 같은 기타 스트레스 요인을 줄여 열 스트레스에 대한 어류의 회복력 증진, 지속가능 농업의 확대 및 일부 지역에서 생계수단의 대안 개발		현재	매우 낮음	중간	매우 높음
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100)	2° C		
				4° C		
열로 유발된 산호의 백화현상, 폐사 증가 및 해양산성화 악화로 인해 연안경계 시스템 및 아열대 환류 지역에서 생물다양성, 어류의 수 및 산호초에 의한 해안 보호 감소 (높은 신뢰도) [5.4, 6.4, 30.3, 30.5-6, 표 6-6과 표 30-3, 박스 CC-CR]	- 산호의 급격한 진화에 대한 증거는 매우 제한적, 일부 산호는 좀 더 고위도로 이주할 수 있지만, 전체 산호초 시스템은 높은 온도 변화율을 따라갈 수 없을 것으로 예상 - 인간의 적응 방안으로는 대개 수질을 향상시키고 관광과 어업에서 오는 압박 요인을 제한함으로써 기타 스트레스를 감소시키는 것 외에, 별다른 것이 없음. 이러한 적응 옵션은 20-30년 후까지 인간에 대한 기후변화 영향을 지연시킬 수 있겠지만, 열 스트레스가 증가함에 따라 그 효과가 현저히 감소할 것임		현재	매우 낮음	중간	매우 높음
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100)	2° C		
				4° C		
연안경계 시스템과 아열대 환류 지역에서 해수면 상승, 극한현상, 강수량 변화 및 생태적 회복력 저하로 인한 해안 침수 및 서식지 유실 (중간에서 높은 신뢰도) [5.5, 30.5-6, 표 6-6과 표 30-3, 박스 CC-CR]	- 인간의 적응 방안으로는 대개 오염 수준을 낮추고, 관광, 어업 및 양식에서 오는 압박 요인을 제한함으로써 기타 스트레스를 감소시키는 것 외에 별다른 것이 없음 - 하천 유역과 연안 지역에서 퇴적물과 영양소를 유지하기 위해서는 산림황폐화를 막고 재조림을 확대해야 함 - 맹그로브, 산호초, 해초지 및 연안을 보호하고 관광 가치와 어류 서식지 등 여러 생태계 재해 및 서비스 복원		현재	매우 낮음	중간	매우 높음
			가까운 미래 (2030-2040)			
			먼 미래 (2080-2100)	2° C		
				4° C		

C: 미래 위험 관리와 회복력 강화

미래에 나타날 수 있는 기후변화 위험을 관리하기 위해서는 미래 경제 및 환경을 고려한 적응과 완화 계획을 실행에 옮겨야 한다. 본 절은 회복력을 증진하고 기후변화 영향에 적응하기 위한 하나의 수단으로서 적응을 평가하며, 적응의 한계, 기후-회복경로 및 변환(transformation)의 역할을 평가한다. 그림 SPM. 8에서는 기후관련 위험에 대응하기 위한 방안을 요약 정리하여 제시한다.

C-1. 적응의 효율성을 높이기 위한 원칙

각 지역의 세부 상황에 따라 적응 방식이 달라지며, 어떠한 경우에도 위험을 저감시키는 데 하나의 접근법만을 적용하지는 않는다 (**높은 신뢰도**). 위험 저감 방안과 적응 전략의 효율성을 높이기 위해서는, 취약성과 노출 간 역학적 관계를 이해해야 하며, 이 두 인자의 사회경제적 과정과 지속가능개발, 그리고 기후변화 사이에 존재하는 연결고리를 살펴야 한다. 구체적인 기후변화 대응 사례는 표 SPM. 1에 제시한다.⁶⁷

적응 계획 및 이행 과정을 강화하기 위해서는 개인에서부터 정부까지 전 수준에 걸쳐 상호보완적인 협력이 필요하다 (**높은 신뢰도**). 중앙정부는 취약계층 보호 지원, 경제적 다변화 지원, 정보 제공, 정책·법 체제 관리, 자금 지원 등을 통해 지방정부 및 하위정부의 적응 노력을 뒷받침한다 (**명확한 증거, 높은 동의 수준**). 지방정부와 민간 부문은 위험 정보 및 재정을 관리할 뿐만 아니라 지역사회, 가정 및 시민사회의 적응 역량을 주도적으로 높일 수 있기 때문에 실질적인 적응 이행 과정에서 이들의 역할은 점차 중요해지고 있다 (**중간 증거, 높은 동의 수준**).⁶⁸

미래 기후변화에 적응하기 위한 첫 단계는 현 기후조건 하에서 나타나는 취약성과 노출을 줄이는 것이다 (**높은 신뢰도**). 적응 전략을 마련할 때에는 “하나의 적응 행동이 공동 편익을 유도함으로써 기타 목적에도 이롭게 작용할 수 있는가?”를 고려하는 것이 매우 중요하다 (**높은 신뢰도**).

⁶⁷ 2.1, 8.3-4, 13.1, 13.3-4, 15.2-3, 15.5, 16.2-3, 16.5, 17.2, 17.4, 19.6, 21.3, 22.4, 26.8-9, 29.6, 29.8

⁶⁸ 2.1-4, 3.6, 5.5, 8.3-4, 9.3-4, 14.2, 15.2-3, 15.5, 16.2-5, 17.2-3, 22.4, 24.4, 25.4, 26.8-9, 30.7, 표 21-1, 21-5와 21-6, 박스 16-2

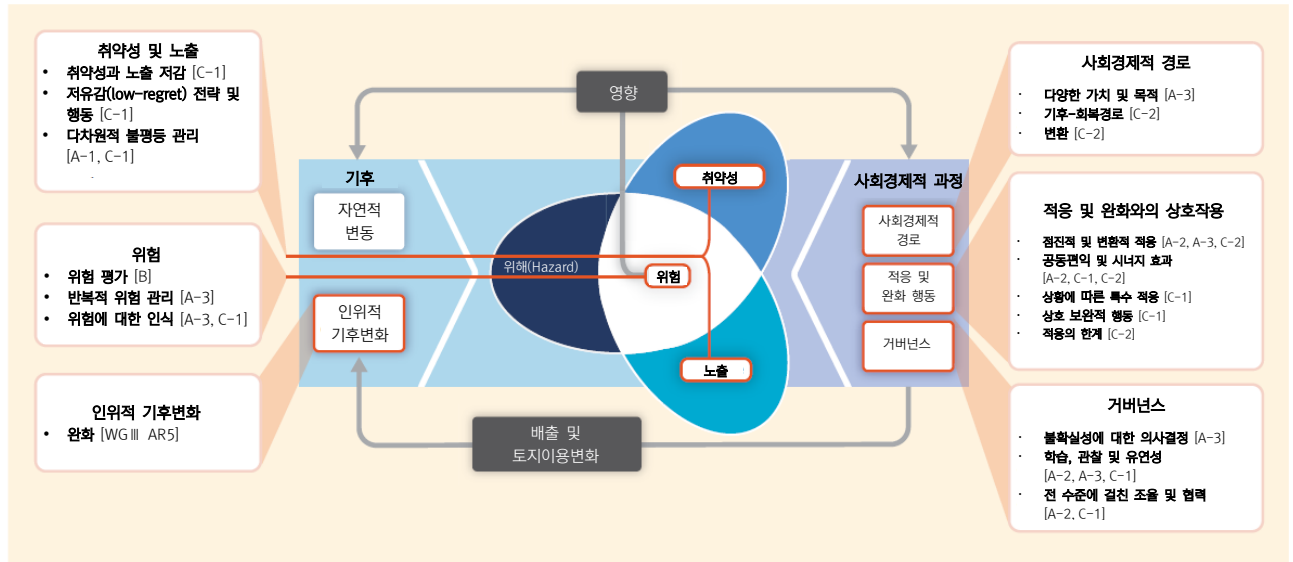


그림 SPM. 8 | 전체 개념 도식화. 이 그림의 개념들은 WGII AR5 및 본 요약보고서 전반에 걸쳐 제시된 것들이다. 이 그림에서는 기후 관련 위험을 관리하는 데 필요한 핵심 고려사항과 출발점 및 접근법 간 중첩되는 부분의 핵심 개념들을 설명한다. 본 요약보고서에서 해당 평가결과를 다룬 절은 괄호 안에 나타내었다.

적응 전략과 행동의 효율성을 높임으로써 인류 건강, 생계, 사회 및 경제적 안정을 유도하고 환경의 질을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 향후 발생할 수 있는 광범위한 기후 현상에 대응하여 건강한 회복력을 구축할 수 있다 (표 SPM. 1). 적응 계획 및 의사결정은 개발 및 재해위험 저감과 함께 시너지 효과를 낼 수 있다.⁶⁹

거버넌스의 전 수준에 걸친 적응 계획과 이행은 사회적 가치 및 목적뿐만 아니라 위험에 대한 인식과 밀접한 관계를 지니므로 **(높은 신뢰도)** 적응 관련 의사결정 과정에서는 다양한 이해관계, 상황, 사회-문화적 배경 및 적응 기대치를 고려해야 한다. 지역 사회와 환경에 대한 토착 주민의 전반적 시각을 포함하여 토착적, 지역적, 전통적 지식 체계와 관행은 기후변화 적응 과정을 뒷받침 할 하나의 중요한 자원이라 볼 수 있지만, 실제 적응 노력에 토착 지식이 일관적으로 반영되고 있는 경우는 드물다. 따라서 현재 추진되고 있는 적응 행동과 지역적 토착 지식 및 관행을 결합함으로써 적응의 효율성을 높일 방안을 모색하는 것이 중요하다.⁷⁰

적응 관련 의사결정을 지원하고자 할 때에는 의사결정 형태, 의사결정 과정 및 참여자의 상황과 다양성을 정확하게 파악하는 것이 중요하다 **(명확한 증거, 높은 동의 수준)**. 관련 기구(organization)는 기후 서비스를 포함하여 과학 부문과 의사결정 사이 중개자 역할을 하며, 기후 관련 지식을 공유, 전달 및 개발하는 데 중요한 임무를 지닌다 **(중간 증거, 높은 동의 수준)**.⁷¹

기존 및 새로운 경제적 수단을 활용하여 기후관련 영향을 예상하고 줄이는 대상에게 인센티브(incentive)를 제공함으로써, 적응 행동을 장려할 수 있다 **(중간 신뢰도)**. 경제적 수단에는 공공-민간 금융 협력, 대출, 환경 서비스에 대한 지불, 자원 가격 체제 개선, 과징금과 보조금, 표준 및 규제, 그리고 위험공유 및 이전제도 등이 있다. 보험이나 위험 집단(risk pool)과 같은 공공 및 민간 부문의 위험금융제도는 회복력 개선에 기여할 수 있지만, 향후 발생할 수 있는 관련 문제점을 주의 깊게 예상 및 고려하지 않고 이 제도를 시행한다면 적응 의지가 저하되고 시장 실패가 나타나며 형평성이 저해될 수 있다. 정부는 규제자, 제공자 또는 최후의 보험자로서 중요한 역할을 한다.⁷²

제약 요소들은 상호작용하면서 적응 계획과 이행을 방해할 수 있다 **(높은 신뢰도)**. 적응 계획을 이행하는 과정에서 나타날 수 있는 일반적 제약 요소들은 다음과 같다. 재정 및 인적 자원 부족, 거버넌스의 통합과 조율 한계, 기후변화 영향 전망의 불확실성, 위험에 대한 인식 차이, 경쟁 가치, 적응을 주도할 수 있는 주요 리더 및 옹호자 부족, 적응 효과를 모니터링하는 도구 부족 등이 있으며, 기타 제약 요소들에는 연구, 모니터링 및 관측 부족과 이러한 활동들을 지원하는 재정의 부족 등이 포함된다. 적응이 갖는 복잡성을 파악하지 못하고 적응을 단순히 하나의 사회적 과정으로서 과소평가한다면, 현실적으로 실현하기 어려운 적응 결과를 예측하고 의도하는 오류를 범할 수 있다.⁷³

⁶⁹ 3.6, 8.3, 9.4, 14.3, 15.2-3, 17.2, 20.4, 20.6, 22.4, 24.4-5, 25.4, 25.10, 27.3-5, 29.6, 박스 25-2와 25-6

⁷⁰ 2.2-4, 9.4, 12.3, 13.2, 15.2, 16.2-4, 16.7, 17.2-3, 21.3, 22.4, 24.4, 24.6, 25.4, 25.8, 26.9, 28.2, 28.4, 표 15-1, 박스 25-7

⁷¹ 2.1-4, 8.4, 14.4, 16.2-3, 16.5, 21.2-3, 21.5, 22.4, 박스 9-4

⁷² 10.7, 10.9, 13.3, 17.4-5, 박스 25-7

⁷³ 3.6, 4.4, 5.5, 8.4, 9.4, 13.2-3, 14.2, 14.5, 15.2-3, 15.5, 16.2-3, 16.5, 17.2-3, 22.4, 23.7, 24.5, 25.4, 25.10, 26.8-9, 30.6, 표 16-3, 박스 16-1과 16-3

표 SPM. 1 | 기후변화 위험 관리 접근법. 접근법들은 개별적으로 고려하기보다 타 접근법들과의 관계를 바탕으로 고려해야 하며, 다수의 접근법을 동시에 추진하는 것이 일반적이다. 완화는 기후변화 위험 관리의 핵심이지만, WG III AR5에서 중점적으로 다루기 때문에, 아래의 표에서는 언급하지 않는다. 특별한 순서에 따라 사례를 제시하지는 않았으며, 각 사례들의 한 개 이상의 적응 범주와 관련이 있다. [14.2-3, 표 14-1]

중복 접근법	카테고리 (범주)	사례	참조(장)
개발, 계획, 경험을 포함한 취약성 및 노출 저감 다수의 자유감(low-regret) 대책 포함	인적 개발	교육, 영양, 건강 시설, 에너지, 안전한 주택 및 주거구조, 사회 지원구조로의 접근성 개선, 성차별 및 기타 형태의 소외 문제 해소	8.3, 9.3, 13.1-3, 14.2-3, 22.4
	빈곤 완화	지방 자원 접근성 및 통제력 향상, 토지 사용권, 재난 위험 저감, 사회 안전망 및 사회적 보호, 보험 제도	8.3-4, 9.3, 13.1-3
	생계 보장	수입·자산 및 생계 다변화, 사회기반시설 확충, 기술 및 의사결정 회의로의 접근 기회 개선, 취업 알선 서비스 개선, 경작·축산 및 양식 방법 변화, 소셜 네트워크 활용	7.5, 9.4, 13.1-3, 22.3-4, 23.4, 26.5, 27.3, 29.6, 표 SM24-7
	재난 위험 관리	조기경보시스템, 위해(hazard) 및 취약성 지도 제작, 수원 다양화, 배수시설 개선, 홍수 및 태풍 대피소, 건축 법규, 우수 및 폐수 관리, 교통 및 도로 인프라 개선	8.2-4, 11.7, 14.3, 15.4, 22.4, 24.4, 26.6, 28.4, 박스 25-1, 표 3-3
	생태계 관리	습지 및 도시녹지 유지관리, 연안 조림, 담 관리, 생태계에 대한 기타 스트레스 요인 및 서식지 파편화 경감, 유전 다양성(genetic diversity) 유지, 서식지 이동 지원, 방해 군집 제어, 지역사회 기반 천연자원 관리	4.3-4, 8.3, 22.4, 표 3-3, 박스 4-3, 8-2, 15-1, 25-8, 25-9, & CC-EA
	공간 또는 토지이용 계획	적절한 주거시설, 사회기반시설 및 서비스 보급, 홍수 취약지역 및 기타 고위험 지역 개발 관리, 도시 기능향상 프로그램, 토지이용규제법, 지역권, 보호 구역	4.4, 8.1-4, 22.4, 23.7-8, 27.3, 박스 25-8
	구조적/물리적 적응	공학 및 건축 환경 방안: 방파제 및 해안 보호 구조물, 홍수 대비 제방, 물 저장, 배수시설 개선, 홍수 및 태풍 피난처, 건축 법규, 우수 및 폐수 관리, 교통 및 도로 인프라 개선, 수상 가옥, 발전소 및 전력 계통 조정	3.5-6, 5.5, 8.2-3, 10.2, 11.7, 23.3, 24.4, 25.7, 26.3, 26.8, 박스 15-1, 25-1, 25-2, & 25-8
		기술적 방안: 신재생 및 동물 번종, 전통적 기술 및 방법, 효율적 관개, 물 절약 기술, 보전 농업, 식량 저장 및 보존 시설, 위험지도 제작 및 보호관찰, 조기경고 시스템, 건물 단열, 기계적 및 수동적 냉방, 기술 개발, 이전 및 확대	7.5, 8.3, 9.4, 10.3, 15.4, 22.4, 24.4, 26.3, 26.5, 27.3, 28.2, 28.4, 29.6-7, 박스 20-5 & 25-2, 표 3-3 & 15-1
		생태계 기반 방안: 생태학적 복원, 토양 보전, 조림 및 재조림, 맹그로브 보전 및 이식, 녹색 인프라(예: 녹음수, 녹색 지붕), 남획 통제, 어업 공동관리, 이주 지원 또는 서식지 이동 관리, 생태이동통로, 현지의 보전 및 종자 은행, 종자 은행·유전자 은행 및 다른 현지 외 보전, 지역사회 기반 천연자원 관리	4.4, 5.5, 8.3, 9.4, 11.7, 15.4, 22.4, 23.6-7, 24.4, 25.6, 27.3, 28.2, 29.7, 30.6, 박스 15-1, 22-2, 25-9, 26-2, & CC-EA
		서비스: 사회 안전망 및 사회적 보호, 식량 은행 및 과잉식량 분배, 급수 및 위생시설 포함한 지방도시 서비스, 예방접종 프로그램, 필수 공중보건 서비스, 응급 의료서비스 개선	3.5-6, 8.3, 9.3, 11.7, 11.9, 22.4, 29.6, 박스 13-2
	제도적 적응	경제적 방안: 금융 혜택, 보험, 대재앙 채권, 생태계 서비스에 대한 지불, 보편적인 대책 장려 및 신중한 사용을 위한 물 가격 책정, 소액금융, 재난 위험 준비금, 현금 지원, 민간-공공 협력	8.3-4, 9.4, 10.7, 11.7, 13.3, 15.4, 17.5, 22.4, 26.7, 27.6, 29.6, 박스 25-7
		법규 및 규제: 토지이용규제법, 건물 표준, 지역권, 물 규제 및 합인, 재해 위험 저감 지원법, 보험구매장려법, 재산권 정의 및 토지이용권 보장, 보호 구역, 어획 할당, 특허 풀(pool) 및 기술 변환	4.4, 8.3, 9.3, 10.5, 10.7, 15.2, 15.4, 17.5, 22.4, 23.4, 23.7, 24.4, 25.4, 26.3, 27.3, 30.6, 표 25-2, 박스 CC-CR
		국가 및 정부 정책과 프로그램: 주류화(mainstreaming) 포함 국가 및 지역 적응계획, 하위정부 및 지방정부 적응계획, 경제적 다양성, 도시 기능향상 프로그램, 지방도시 물관리 프로그램, 재난 계획 및 대비, 통합 수자원관리, 통합 해안지역 관리, 생태계 기반 관리, 지역사회 기반 적응	2.4, 3.6, 4.4, 5.5, 6.4, 7.5, 8.3, 11.7, 15.2-5, 22.4, 23.7, 25.4, 25.8, 26.8-9, 27.3-4, 29.6, 박스 25-1, 25-2, & 25-9 표 9-2 & 17-1
	사회적 적응	교육 방안: 의식 고취 및 교육과의 통합, 양성평등교육, 순회교육, 토착, 지방 및 전통지식 공유, 참여활동 연구 및 사회적 학습, 지식 공유 및 학습 플랫폼	8.3-4, 9.4, 11.7, 12.3, 15.2-4, 22.4, 25.4, 28.4, 29.6 표 15.1 & 25-2
		정보 방안: 위해(hazard) 및 취약성 지도 제작, 조기경고 및 대응 시스템, 시스템 관찰 및 원격탐사, 기후 서비스, 토착기후 관측 이용, 참여 시나리오 개발, 통합 평가	2.4, 5.5, 8.3-4, 9.4, 11.7, 15.2-4, 22.4, 23.5, 24.4, 25.8, 26.6, 26.8, 27.3, 28.2, 28.5, 30.6 표 25-2, 박스 26-3
		행동 방안: 가정 대비 및 대피 계획, 이민, 토양 및 수자원 보전, 빗물 배수 처리, 생계 다변화, 경작·축산 및 양식 방법 변화, 소셜 네트워크 활용	5.5, 7.5, 9.4, 12.4, 22.3-4, 23.4, 23.7, 25.7, 26.5, 27.3, 29.6 표 SM24-7, 박스 25-5
	변화의 영역	실제적: 결과에 상당한 변화를 가져오는 사회 및 기술적 혁신, 행동 변화, 또는 제도 및 운영상 변화	8.3, 17.3, 20.5, 박스 25-5
		장치적: 위험이나 취약성을 저감하는 적응, 완화 및 지속가능한 개발을 지원하는 정치, 사회·문화 및 생태적 결정과 행동	14.2-3, 20.5, 25.4, 30.7 표 14-1
		개인적: 기후변화 대응에 영향을 주는 개인 및 집단의 가정, 신념, 가치관 및 세계관에 대한 변화	14.2-3, 20.5, 25.4, 표 14-1

적응 계획이 미비하거나 단기성 결과를 지나치게 강조한 경우, 혹은 최종 결과를 정확히 예측하는데 실패한 경우는 **부적응으로 이어진다 (중간 증거, 높은 동의 수준)**. 부적응은 미래 대상 집단의 취약성이나 노출 수준을 증가시키거나 타 집단, 장소 및 부문의 취약성을 높일 수 있다. 기후변화 관련 위험 수준이 높아지는 상황에 단기적으로 대응할 경우에는 미래의 적응 선택이 제한될 수 있다. 예를 들어, 위험에 노출된 자산을 보호하고자 하는 단기적 대응에 지나치게 집중할 경우 향후 적응 선택은 보호 수단에 국한될 수 밖에 없다.⁷⁴

전 세계 적응 요구 수준과 실제 적응 대책을 이행하는 데 사용할 수 있는 자금 사이에는 차이가 있음을 나타내는 일부 증거가 존재한다 (**중간 신뢰도**). 전 세계 적응 비용을 추정된 연구 자료, 방법 및 대상 범위에서는 결점이 발견되며 지구 전반에 걸쳐 적응에 필요한 비용, 자금, 투자에 대한 평가를 개선하는 것이 필요하다 (**높은 신뢰도**).⁷⁵

적응과 완화 사이뿐만 아니라 다수의 적응 간 존재하는 공동편익, 시너지 효과 및 이윤배반을 중요하게 고려해야 한다. 지역 내뿐만 아니라 지역 간 적응행동에서 상호작용이 발생한다 (**매우 높은 신뢰도**). 기후변화에 대한 적응과 완화의 노력이 활발해지고 있는 만큼 이들 간 상호작용의 복잡성이 커지고 있다. 특히 수자원, 에너지, 토지 이용 및 생물다양성 사이 교차 부분에서 나타나는 상호작용을 파악하는 것이 필요하지만 이를 이해하고 관리할 수 있는 도구가 아직 부족한 상황이다. 공동편익을 유도하는 실제 사례들은 (i) 에너지 효율성을 높이고 청정 에너지원의 개발을 장려함으로써 건강에 피해를 주는 지역 대기 오염물질 배출을 감축, (ii) 도시 녹색화 및 수자원의 재사용을 통해 도시 지역의 에너지와 물 소비를 절약, (iii) 지속 가능한 농업과 임업, (iv) 탄소저장 체계와 기타 생태계 서비스를 개선하기 위한 생태계 보호 등이 있다.⁷⁶

C-2. 기후-회복경로와 변환

기후변화와 그 영향을 줄이기 위하여 적응과 완화를 결합한 지속가능발전 궤적이 바로 기후-회복경로이다. 기후-회복 경로에는 효과적인 위험 관리가 이행 및 지속될 수 있도록 하는 반복적 과정이 포함된다 (그림 SPM. 9).⁷⁷

지속가능한 개발을 위한 기후-회복경로의 전망은 근본적으로 세계가 기후변화 완화를 통해 무엇을 성취할 수 있는지와 연관된다 (**높은 신뢰도**). 완화를 통해 온난화의 속도와 세기를 감소시킬 수 있으므로 기후변화가 어느 특정한 수준에 도달하기 전에 잠재적 적응 소요 시간을 최대 수십 년까지 확보할 수 있다. 완화 행동을 미룰 경우에는 미래 기후-회복경로를 위한 옵션(option)이 감소할 것이다.⁷⁸

기후변화의 속도와 규모가 증가할수록 적응 한계가 초과될 가능성 또한 높아진다 (**높은 신뢰도**). 행동자의 특정 목적이나 어떠한 시스템의 필요성에 의해 적응 행동을 취하여 ‘한계를 초과한 위험(intolerable risks)’을 피하고자 하나, 여건상 혹은 시기상 적응 행동을 실질적으로 이행할 수 없는 경우에는 적응 한계가 나타난다. ‘한계를 초과하는 위험’이 어떤 것인가에 대한 판단 기준은 상황 및 대상에 따라 다를 수 있으며, 기후변화, 생물물리학적 및 사회경제학적 제약 등의 상호작용으로 인해 적응 한계가 나타난다. 시간이 지남에 따라 적응과 완화 간의 긍정적 시너지 효과를 이용할 수 있는 기회는 줄어들 수 있으며, 특히 기후변화가 적응의 한계를 초과할 때 그러하다. 전 세계 일부 지역에서는 현재 나타나고 있는 영향에 대한 대책을 충분히 마련 및 이행하고 있지 않기 때문에 지속가능발전을 위한 기반이 잠식되고 있다.⁷⁹

⁷⁴ 5.5, 8.4, 14.6, 15.5, 16.3, 17.2-3, 20.2, 22.4, 24.4, 25.10, 26.8, 표 14-4, 박스 25-1

⁷⁵ 14.2, 17.4, 표 17-2와 17-3

⁷⁶ 2.4-5, 3.7, 4.2, 4.4, 5.4-5, 8.4, 9.3, 11.9, 13.3, 17.2, 19.3-4, 20.2-5, 21.4, 22.6, 23.8, 24.6, 25.6-7, 25.9, 26.8-9, 27.3, 29.6-8, 박스 25-2, 25-9, 25-10, 30.6-7, CCWE와 CC-RF

⁷⁷ 2.5, 20.3-4

⁷⁸ 1.1, 19.7, 20.2-3, 20.6, 그림 1-5

⁷⁹ 1.1, 11.8, 13.4, 16.2-7, 17.2, 20.2-3, 20.5-6, 25.10, 26.5, 박스 16-1, 16-3과 16-4

경제, 사회, 기술 및 정치적 의사결정과 행동의 변환(transformation)을 포함으로써 기후-회복경로를 실현할 수 있다 (높은 신뢰도). 이에 대한 구체적 사례는 표 SPM. 1에 제시하였다. 기후변화 적응 및 완화 관련 전략과 행동이 현재 추진될 수 있는데, 이를 장려함으로써 지속가능발전을 위한 기후-회복경로의 기반을 구축할 수 있을 것이고, 나아가 생계, 사회, 경제적 안정을 유도할 수 있을 뿐만 아니라 환경 관리에 대한 책임감을 높이는 데 일조할 수 있을 것이다. 국가적 차원에서 변환은 가장 효과적인 수단으로 여겨지고 있다. 각국의 정부가 자국의 상황과 우선순위에 부합하는 지속가능개발 비전 및 접근법을 세우고 이를 국가 계획에 반영할 때, 비로소 효과적인 지속가능개발로의 변환을 이룰 수 있으며, 여기에는 반복적 학습, 심사숙고 및 혁신 과정이 뒷받침되어야 한다.⁸⁰

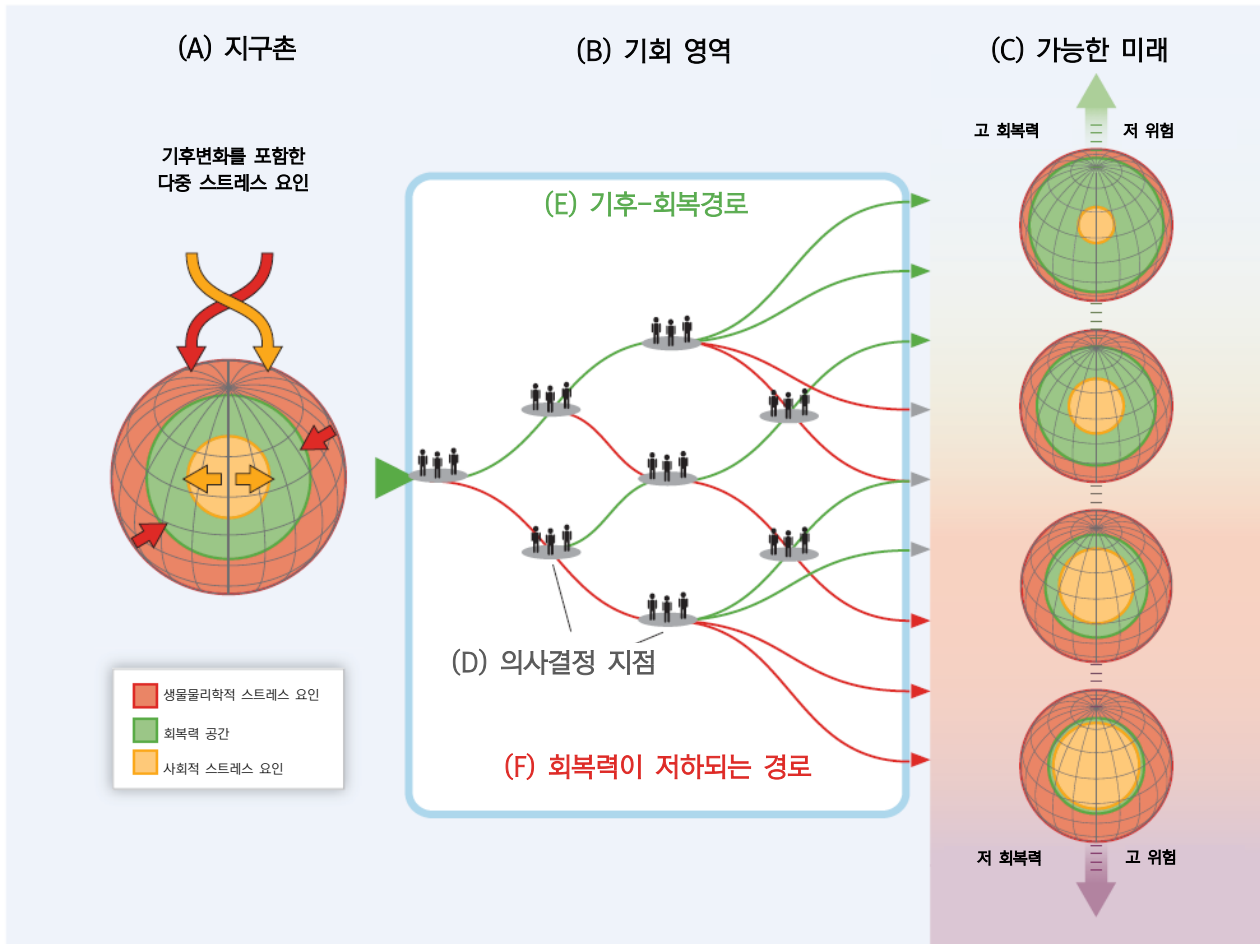


그림 SPM. 9 | 기회 영역 및 기후-회복경로. (A) 다양한 분야에서 발생하는 많은 스트레스 요인들은 지구[A-1, B-1]를 위협하고, 지구의 회복력을 저하시키고 있다. 간략하고 단순한 도식을 위해, 위 그림에서 스트레스 요인은 생물물리학적 및 사회적인 요인들로만 나타내며, 이러한 요인에는 기후변화, 기후 변동성, 토지이용변화, 생태계 오염, 빈곤, 불평등 및 문화적 요인이 포함된다. (B) 기회 영역[A-2, A-3, B-2, C-1, C-2]은 의사결정 지점과 경로를 나타내며, 이 지점과 경로가 다양한 수준의 회복력과 위험 수준을 보이며 나타날 수 있는 (C) 미래 상황 [C, B-3]을 결정하는 것이다. (D) 기후영역 내의 의사결정 지점은 '행동하는 것'과 '행동하지 않는 것'으로 구분되며, 이러한 모든 의사결정 과정의 총체가 기후변화 관련 위험을 관리하거나 관리하지 못하는 결과로 이어지는 것이다. (E) 기회 영역 내에서 녹색선으로 나타낸 기후-회복 경로는 적응 학습, 과학적 지식 개선, 적응 및 완화 방안의 효율성 제고 및 기타 선택을 통한 위험 저감 방안을 통해 전 세계 회복력을 높이는 경로이다. (F) 반면 적색선은 완화행동의 부족, 부적응, 지식의 학습 및 이용 실패 등으로 인해 회복력이 저하되는 경로이며, 미래 나타날 수 있는 상황에서 되돌릴 수 없는 결과를 낳기도 한다.

⁸⁰ 1.1, 2.1, 2.5, 8.4, 14.1, 14.3, 16.2-7, 20.5, 22.4, 25.4, 25.10, 그림 1-5, 박스 16-1, 16-4와 TS.8

보충 자료

표 SPM. A1 | 현재까지 관측된 기후변화의 영향들 중 AR4 이후 발표된 과학 문헌들에서 찾을 수 있으며, 기후변화가 그 원인으로 규명된 영향. 기후변화의 영향을 관측된 변화에 대한 기후변화의 상대적 기여도로 나타내며, **매우 낮은, 낮은, 중간, 또는 높은 신뢰도**로 표시(주로 기인 또는 일부 기인)한다. 아래의 기후변화 영향들은 전 세계 8개 주요 지역의 자연계 및 인간계에서 지난 수십 년간 나타난 것이다. [표 18-5, 18-6, 18-7, 18-8과 18-9]. 이 표는 기후변화의 영향을 모두 제시하지 않는다. 즉, 이 표에서 제시하지 않았다고 해서, 어떠한 영향의 원인이 기후변화가 아니라고 단정할 수 없다.

아프리카	
눈과 얼음, 하천과 호수, 홍수와 가뭄	- 동아프리카에서 열대 고원의 빙하 감소 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 서아프리카에서 하천유량 감소 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 그레이트 호수와 카리바호에서 호수면 온난화 및 물기둥 상층화 진전 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) 1970년 이후 사헬 지역에서 토양수분 결핍 증가, 1990년 이후 부분적으로 보다 습한 상태 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) [22.2-3, 표 18-5, 18-6과 22-3]
육상 생태계	- 서부 사헬 지역과 모로코 반 건조 지대에서 토지이용이 원인이 되어 감소하는 수준 이상(以上)으로 수목의 밀도가 감소 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 토지이용이 원인이 되어 나타나는 수준 이상으로, 남부에서 서식하는 다수의 동·식물의 서식 범위 이동 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 킬리만자로 산의 산불 증가(낮은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) [22.3, 표 18-7과 22-3]
연안 침식과 해양 생태계	인간의 영향이 원인이 되어 감소하는 수준 이상으로, 아프리카 열대 연안의 산호초 감소 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) [표 18-8]
식량 생산과 생계	- 경제적 조건이 원인이 되어 나타나는 변화 수준 이상으로, 강수량 변화에 대한 남아프리카 농부의 적응적 대응 변화 (매우 낮은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 사헬 지역의 유실수 감소 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) - 예방접종, 의약품에 대한 저항, 인구변동 및 생계로 인한 수준 이상으로, 케냐 고원의 말라리아 증가 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) - 어장 관리 및 토지이용에 의한 감소 수준 이상으로, 그레이트 호수와 카리바호의 어업 생산성 감소 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) [7.2, 11.5, 13.2, 22.3, 표 18-9]
유럽	
눈과 얼음, 하천과 호수, 홍수와 가뭄	- 알프스, 스칸디나비아, 아이슬란드의 빙하 감소 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 서 알프스에서 암반 사면 붕괴 증가 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 극한 하천유량 및 홍수의 발생률 변화 (매우 낮은 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) [18.3, 23.2-3, 표 18-5와 18-6; WG I AR5 4.3]
육상 생태계	- 온대 및 아한대 수목의 조기 녹화·출엽·결실 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 특정 침입 기준선 이상으로 외래 식물종의 대량 서식 증가 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) 1970년 이후 철새의 조기 도착 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 토지이용에 의한 변화 이상으로, 유럽 내 수목한계선의 상향 이동 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 최근 수십 년간 포르투갈과 그리스에서 토지이용에 의한 일부 증가 이상으로 불에 탄 산림지대 증가 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) [4.3, 18.3, 표 18-7과 23-6]
연안 침식과 해양 생태계	- 북동 대서양에서 동물성 플랑크톤, 어류, 바닷새, 저서 무척추동물의 분포가 북쪽 방향으로 이동 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 전 유럽해에서 다수 어종의 분포가 북쪽 및 심해 방향으로 이동 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 북동 대서양에서 플랑크톤의 생물계절학적 변화 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 외래 침입종과 인간의 영향으로 인한 확산 이상으로, 난류종이 지중해로 확산 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) [6.3, 23.6, 30.5, 표 6-2와 18-8, 박스 6-1과 CC-MB]
식량 생산과 생계	- 노출과 건강관리로 인한 변화 이상으로, 잉글랜드와 웨일즈에서 추위관련 사망률보다 더위 관련 사망률이 증가 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) - 경제·사회·정치적 변화로 인한 영향 이상으로, 북유럽 사미족의 생계가 받는 영향 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 기술 개선에도 불구하고, 최근 수십 년 동안 일부 국가에서 밀 수확량 정체 (중간 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) - 기술 개선에 의한 증가 이상으로, 대개 북유럽에서 일부 농작물 수확량이 증가 (중간 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) - 양(羊)에 청설 바이러스 확산 및 유럽 일부 지역에서 진드기 확산 (중간 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) [18.4, 23.4-5, 표 18-9, 그림 7-2]

다음 페이지 계속

표 SPM A1 (계속)

아시아	
눈과 얼음, 하천과 호수, 홍수와 가뭄	- 시베리아, 중앙아시아, 티벳 고원에서 영구 동토층의 토질 저하 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 아시아 전역에서 산악 빙하의 축소 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 토지이용에 의한 변화 이상으로, 중국 하천 다수에서 급수 가용량 변화 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) - 히말라야와 중앙아시아에서 빙하가 녹으면서 많은 하천에서 유량 증가 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 러시아 하천에서 최대춘기홍수(maximum spring flood)의 조기 발생 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 중국의 중북부와 동북부에서 토양수분 감소(1950-2006년) (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 토지이용에 의한 변화 이상으로, 아시아 일부 지역에서 지표수의 수질 저하 (중간 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) [24.3-4, 28.2, 표 18-5, 18-6과 SM24-4, 박스 3-1; WG I AR5 4.3, 10.5]
육상 생태계	- 아시아 다수 지역, 특히 북부와 동부에서 초목의 생물계절학 및 성장의 변화(조기 녹화) (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 특히 아시아 북부에서 다수 동·식물종의 분포는 고도가 높은 쪽 및 극 방향으로 이동 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 최근 수십 년 동안 소나무와 전나무 서식지에 시베리아 낙엽송림 침입 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 시베리아 툰드라 지대로 관목 진출 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) [4.3, 24.4, 28.2, 표 18-7, 그림 4-4]
연안 침식과 해양 생태계	- 인간의 영향에 의한 감소 이상으로, 아시아 열대 해역의 산호초 감소 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 한국 동해에서 산호초와 포식 어류의 북쪽 방향으로의 확장 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 어업에 의한 변동 이상으로 서북 태평양의 정어리는 멸치로 전환 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 북극의 아시아 지역에서 연안 침식 증가 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) [6.3, 24.4, 30.5, 표 6-2와 18-8]
식량 생산과 생계	- 경제 및 사회정치적 변화 이상으로, 북극 러시아에서 토착사회의 생계에 대한 영향 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 기술 향상에 의한 증가 이상으로, 남아시아에서 밀의 총 수확량에 대한 부정적인 영향 (중간 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) - 기술 향상에 의한 증가 이상으로, 중국에서 밀과 옥수수의 총 수확량에 대한 부정적인 영향 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) - 이스라엘에서 수인성 질병의 증가 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) [7.2, 13.2, 18.4, 표 18-4와 18-9, 그림 7-2]
오스트랄라시아	
눈과 얼음, 하천과 호수, 홍수와 가뭄	- 호주의 산악 지역 3/4에서 늦 겨울 적설량의 상당한 감소(1957-2002년) (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 뉴질랜드에서 얼음과 빙하의 상당한 부피 감소 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 호주 남동부에서 지역 온난화에 의한 수문학적 가뭄의 심화 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) - 호주 서남부에서 하천 유입량 감소(1970년대 중반 이후) (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) [25.5, 표 18-5, 18-6과 25-1; 제1실무그룹 제5차 평가보고서 4.3]
육상 생태계	- 지역 기후의 변동성 및 토지이용, 오염, 외래 침입종에 의한 변동 이상으로, 호주의 다수 종, 특히 조류, 나비, 초목의 유전학·성장·분포·생물계절학에서 나타나는 변화 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 호주 남동부에서 일부 습지의 확장 및 주변 숲의 축소 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 호주 북부에서 사바나와 초원이 손실되는 대신에 문순 우림 확장 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 뉴질랜드 와이카토강에서 실뱀장어의 수 주에 걸친 조기 회유 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) [표 18-7과 25-3]
연안 침식과 해양 생태계	- 환경적 단기 변동, 어업, 오염에 의한 변화 이상으로, 호주 근해 해양종의 분포가 남쪽으로 이동 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 호주에서 바닷새의 이동 시기 변화 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 오염과 물리적 장애에 의한 영향 이상으로, 대보초와 웨스턴 오스트랄리아 산호에서 백화현상 증가 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 오염에 의한 영향 이상으로, 대보초에서 산호의 질병 형태 변화 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) [6.3, 25.6, 표 18-8과 25-3]
식량 생산과 생계	- 관리 개선에 의한 조기화 이상으로, 최근 수십 년 동안 와인용 포도의 조기 숙성 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 노출과 건강 관리에 의한 변화 이상으로, 호주에서 겨울철 대 여름철 사망률의 변화 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 정책, 시장상황 및 단기 기후변동성에 의한 변화 이상으로, 호주에서 농업활동의 이전이나 다변화 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) [11.4, 18.4, 25.7-8, 표 18-9와 25-3, 박스 25-5]
북아메리카	
눈과 얼음, 하천과 호수, 홍수와 가뭄	- 북아메리카의 서부와 북부에서 빙하의 축소 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 북아메리카 서부에서 불철에 눈이 녹아 생기는 수량의 감소(1960-2002년) (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 북아메리카 서부의 눈이 많은 지역에서 하천의 최대유량 시기 조기화 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 미국 중서부와 북동부에서 유출수 증가 (중간 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) [표 18-5와 18-6; 제1실무그룹 제5차 평가보고서 2.6, 4.3]
육상 생태계	- 다수의 분류군에서 생물계절학적 변화와 함께 고도가 높은 쪽과 북쪽으로 종의 분포 이동 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 북극에 가까운 침엽수림과 툰드라 지역에서 산물 발생 빈도 증가 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 산림지대에서 지역적으로 수목 고사율 및 곤충해 습격 증가 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) - 토지이용과 산물 관리에 의한 변화 이상으로, 북아메리카의 아한대(Boreal) 지역의 산림에서 산물 활동, 산물의 빈도와 기간, 불에 탄 면적의 증가 (중간 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) [26.4, 28.2, 표 18-7, 박스 26-2]
연안 침식과 해양 생태계	- 북서 대서양 어류의 분포가 북쪽으로 이동 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 미국 서해안을 따라 홍합 서식지의 변화 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 북동 태평양에서 연어의 회유와 생존의 변화 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 알래스카와 캐나다에서 연안 침식의 변화 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) [18.3, 30.5, 표 6-2와 18-8]
식량 생산과 생계	경제·사회·정치적 변화에 의한 영향 이상으로, 캐나다 북극지대에서 토착민 생계에 대한 영향 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) [18.4, 28.2, 표 18-4와 18-9]

표 SPM A1 (계속)

중남미	
눈과 얼음, 하천과 호수, 홍수와 가뭄	- 안데스 빙하의 축소 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 아마존 강 극한 유량의 변화 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 서부 안데스의 하천에서 방류 형태의 변화 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 토지이용변화에 의한 증가 이상으로, 라플라타 강 하부 유역의 하천유량 증가 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) [27.3, 표 18-5, 18-6과 27-3; WG I AR5 4.3]
육상 생태계	- 아마존에서 수목 고사를 및 산불 증가 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) - 산림황폐와 토지저하의 경향 이상으로, 아마존에서 우림의 황폐 및 침식후퇴 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) [4.3, 18.3, 27.2-3, 표 18-7]
연안 침식과 해양 생태계	- 오염과 물리적 장애에 의한 영향 이상으로, 서부 카리브해 지역에서 산호의 백화현상 증가 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 오염과 토지이용에 의한 손상 이상으로, 남 아메리카 북부 연안에서 맹그로브 숲 손상 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) [27.3, 표 18-8]
식량 생산과 생계	- 사회·경제적 스트레스 증가에 의한 영향 이상으로, 물 부족에 의해 볼리비아 아마라 토착 농민의 생계에 대한 취약성 증가 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 기술 향상에 의한 증가 이상으로, 남아메리카의 남동부에서 농업 수확량의 증가와 농업 지역의 확장 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) [13.1, 27.3, 표 18-9]
극지대	
눈과 얼음, 하천과 호수, 홍수와 가뭄	- 여름철 북극해 판빙의 감소 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 북극 빙하 총량의 감소 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 북극 전역의 적설량 감소 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 특히 북극 남부에서 영구 동토층의 광범위한 토질 손상 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 남극 연안을 따라 얼음 총량의 손실 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 극 주변의 큰 강에서 하천유량 증가(1997-2007년) (낮은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 북극 대부분 지역에서 겨울철 최소 하천유량의 증가 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 호수의 수온 상승(1985-2009년) 및 얼음이 없는 계절 연장 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 북극의 아래 지역에서 영구 동토층의 토질 저하로 인한 용해호의 소멸. 과거 동결 이탄 지역이었던 곳에 새로운 호수 생성 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) [28.2, 표 18-5와 18-6; WG I AR5 4.2-4, 4.6, 10.5]
육상 생태계	- 북아메리카와 유라시아 툰드라지대에 관목지역 증가 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인). - 북극 수목한계선이 고위도·고도로 진출 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인). - 눈 덮힌 지역 감소와 관목의 툰드라 잠식으로 인해 아북극 조류의 번식지와 개체 수의 변화 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 눈 덮힌 지역의 생태계와 풀숲 툰드라의 손실 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인). - 눈 온 후 비가 오는 현상으로 인해 눈 덮힌 지역의 얼음층이 증가함으로써 툰드라 동물들에게 영향 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 지난 50년 동안 남극의 서부 반도와 주변 섬에서 식물종의 서식 범위 증가 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 시그니섬 호수에서 식물성 플랑크톤 증가 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) [28.2, 표 18-7]
연안 침식과 해양 생태계	- 전 북극에서 연안 침식 증가 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 계절 이동을 하지 않는 북극 종들에게 부정적 영향 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 북극 바닷새의 번식 성공률 감소 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 북극 남해의 바다표범과 바닷새의 감소 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 해양 산성화로 인해, 북극 남해에서 유공충류의 껍질 두께 감소 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 스코티아해에서 크릴새우의 밀도 감소 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) [6.3, 18.3, 28.2-3, 표 18-8]
식량 생산과 생계	- 경제·사회·정치적 변화에 의한 영향 이상으로, 북극 토착민 생계에 대한 영향 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 베링 해협을 지나는 선박의 교통량 증가 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) [18.4, 28.2, 표 18-4와 18-9, 그림 28-4]
군소도서지역	
눈과 얼음, 하천과 호수, 홍수와 가뭄	물 사용에 의한 증가 이상으로, 자메이카에서 물 부족현상 증가 (매우 낮은 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) [표 18-6]
육상 생태계	- 모리셔스에서 열대 조류의 개체 수 변화 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 하와이 고유 식물의 감소 (중간 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 고산 도서에서 수목한계선과 관련 동물의 상향이동 경향 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) [29.3, 표 18-7]
연안 침식과 해양 생태계	- 어업과 오염에 의한 저하 현상 이상으로, 다수의 열대 군소 도서 근해의 산호 백화현상 증가 (높은 신뢰도, 기후변화에서 주로 기인) - 다른 장애에 의한 손상 이상으로, 군소 도서 주변의 맹그로브, 습지 및 해초의 손상 현상 (매우 낮은 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) - 인간활동, 자연침식 및 퇴적에 의한 침식 이상으로, 홍수와 침식 증가 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) - 오염과 지하수 표출에 의한 손상 이상으로, 염분 침투에 의한 지하수와 담수 생태계의 손상 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) [29.3, 표 18-8]
식량 생산과 생계	남획과 오염에 의한 손상 이상으로, 직접적 영향과 산호초 백화현상 증가 영향에 의한 연안 어장의 손상 증가 (낮은 신뢰도, 기후변화에서 일부 기인) [18.3-4, 29.3, 30.6, 표 18-9, 박스 CC-CR]

편집 및 감수

외부 편집위원

권영한, 조광우, 하종식, 이정호, 정휘철, 박창석, 김동현, 채여라, 명수정, 송영일
(이상 한국환경정책·평가연구원)

외부 감수위원

서창완(국립생태원), 김수암(부경대학교), 장재연(아주대학교), 김영오(서울대학교),
조경두(인천발전연구원), 심우배(노아솔루션), 추장민(한국환경정책·평가연구원),
김정인(중앙대학교), 이동근(서울대학교), 이변우(서울대학교), 공우석(경희대학교)

내부 편집 및 감수위원

김상균, 김대곤, 홍성철, 이재범, 홍준석, 문경정, 차준석, 마영일(이상 국립환경과학원)

CLIMATE CHANGE 2014

- Impacts, Adaptation, and Vulnerability -
Summary for Policymakers

기후변화 2014

- 영향, 적응 및 취약성 -
정책결정자를 위한 요약보고서

발 행 : 환경부/국립환경과학원

발행일 : 2014년 10월

편 집 : 환경부 기후변화협력과
국립환경과학원 지구환경연구과

전 화 032-560-7306
팩 스 032-568-2042
이 메 일 schong@korea.kr
Website www.nier.go.kr

