발간등록번호
11-1360000-000823-14

기후변화 적응을 위한
극한현상 및 재해 위험 관리

정책결정자를 위한 요약보고서

기 상 청

"As a UN body the IPCC publishes reports only in the six official UN languages. This translation of Summary for Policymakers of the IPCC Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation is therefore not an official translation by the IPCC. It has been provided by the Korea Meteorological Administration with the aim of reflecting in the most accurate way the language used in the original text."

이 보고서는 제 34 차 IPCC 총회('11.11.18~19., 우간다 캄팔라)에서 최종 승인 및 채택된 극한현상 및 재해 위험관리 IPCC 특별보고서의 정책결정자를 위한 요약보고서를 기상청에서 번역한 자료입니다.

원본 출처 : IPCC 홈페이지(http://www.ipcc.ch)
표지사진 출처 : 로이터 통신(Rueters)

기후변화 적응을 위한
극한현상 및 재해 위험 관리

정책결정자를 위한 요약보고서(SPM)

제1, 2실무그룹
IPCC 특별보고서

SPM

정책결정자를 위한 요약보고서

저자:
Simon K. Allen(Switzerland), Vicente Barros(Argentina), Ian Burton(Canada), Diarmid Campbell-Lendrum(UK), Omar-Dario Cardona(Colombia), Susan L. Cutter(USA), O. Pauline Dube(Australia), Kristie L. Ebi(USA), Christopher B. Field(USA), John W. Handmer(Australia), Padma N. Lal(Australia), Allan Lavell(Costa Rica), Katharine J. Mach(USA), Michael D. Mastrandrea(USA), Gordon A. McBean(Canada), Reinhard Mechler(Germany), Tom Mitchell(UK), Neville Nicholls(Australia), Karen L. O'Brien(Norway), Taikan Oki(Japan), Michael Oppenheimer(USA), Mark Pelling(UK), Gian-Kasper Plattner(Switzerland), Roger S. Pulwarty(USA), Sonia I. Seneviratne(Switzerland), Thomas F. Stocker(Switzerland), Maarten K. van Aalst(Netherlands), Carolina S. Vera(Argentina), Thomas J. Wilbanks(USA)

이 정책결정자를 위한 요약보고서를 인용할 경우, 다음과 같이 출처를 밝히기 바람:
IPCC, 2012: Summary for Policymakers. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C. B., Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D. J. Dokken, K.L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, G. -K. Plattner, S. K. Allen, M. Tignor, and P. M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp 1-19.

A. 배경

정책결정자를 위한 이 요약서는 "기후변화 적응을 위한 극한현상 및 재해 위험 관리" 특별보고서(SREX)의 주요 결과물을 담고 있다. SREX는 기후변화와 극한 기상·기후 현상("극한기후") 간의 관계에서부터 이들 현상이 사회와 지속가능한 발전에 미치는 영향에 이르는 폭넓은 문제에 대한 과학 문헌을 평가함으로써 주제에 접근한다. 영향과 재해를 유발할 수 있는 기후와 환경, 인적 요인들의 상호작용, 영향 및 재해로 인한 위험을 관리하기 위한 옵션, 그리고 영향을 결정함에 있어 비-기후 요인들의 중요한 역할이 평가되었다. BOX SPM.1은 SREX의 핵심 개념을 정의한 것이다.

극한기후로 인한 영향의 특성과 심각성은 극한기후 그 자체뿐만 아니라, 노출 및 취약성에 의해서도 좌우된다. 이 보고서에서는 악영향이 공동체나 사회의 정상적 기능에 광범위한 피해나 심각한 변화를 야기할 때, 그것을 재해로 간주한다. 극한기후, 노출, 취약성은 인위적 기후변화, 자연적 기후 변동성, 사회경제적 발전을 포함하는 광범위한 요인들의 영향을 받는다(Figure SPM.1). 재해 위험 관리와 기후변화 적응은 비록 위험을 완전히 제거할 수 없다 하더라도, 극한기후의 잠재적 악영향에 대한 노출과 취약성을 줄이고 복원력을 증가시키는 데 중점을 둔다(Figure SPM.2). 이 보고서에서는 기후변화의 완화를 중점적으로 다루지는 않으나, 적응과 완화는 상호보완 가능하며 기후변화의 위험을 크게 줄일 수 있다. [SYR AR4, 5.3]

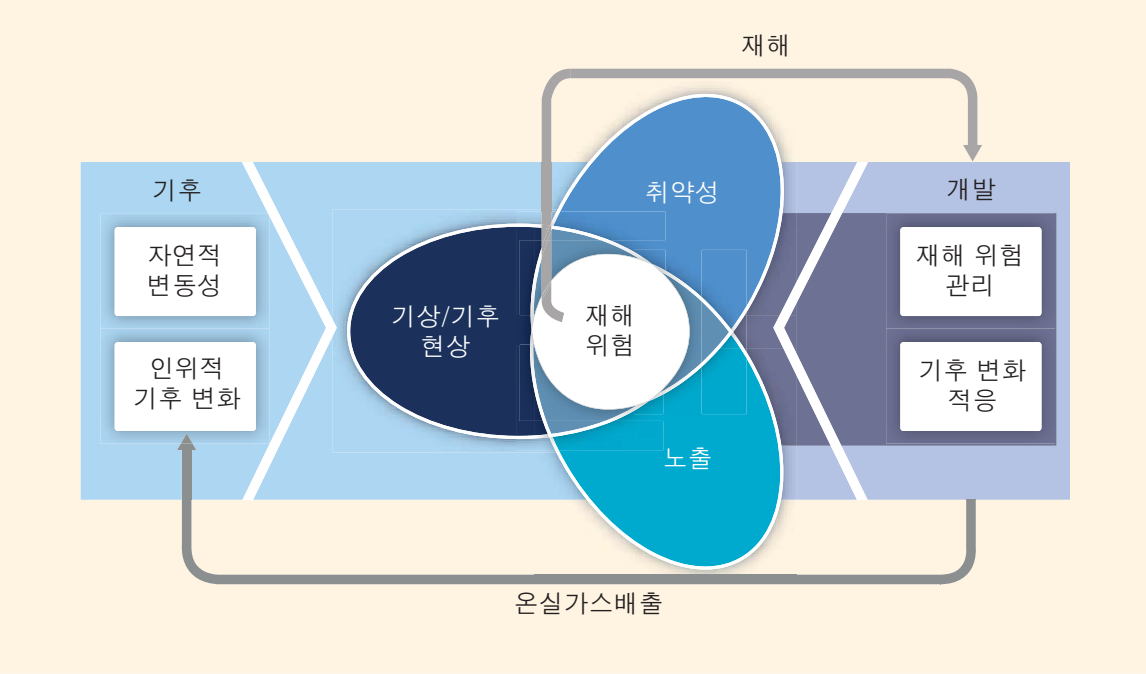


Figure SPM.1: SREX의 핵심 개념. 보고서는 기상·기후 현상에 대한 노출과 취약성에 의해 영향, 재해 가능성(재해 위험)이 어떻게 나타나는 지를 평가한다. 보고서는 인간 사회와 자연 생태계의 노출과 취약성은 물론, 자연적 기후 변동성과 인위적 기후변화가 극한기후에 미치는 영향과 재해에 기여할 수 있는 다른 기상·기후 현상도 평가한다. 또한, 보고서는 노출과 취약성 추세에서 개발의 역할, 개발이 재해 위험에 미치는 영향, 재해와 개발 간의 상호작용을 고찰한다. 보고서는 재해 위험 관리와 기후변화에 대한 적응이 기상·기후 현상에 대한 노출과 취약성을 저감시킴으로써 어떻게 재해 위험을 줄이고 제거 불가능한 위험에 대한 복원력을 증가시킬 수 있는지 검토한다. 개발이 온실가스 배출 및 인위적 기후변화에 미치는 영향과 인위적 기후변화의 완화 가능성을 비롯한 다른 중요한 과정들은 이 보고서의 범위를 크게 벗어난다. [1.1.2, Figure 1-1]

Box SPM.1: SREX의 핵심 용어 정의

보고서 전반에 걸쳐 사용된 주요 핵심 개념은 SREX 용어집[1]에서 정의된 것으로 다음과 같다:

기후변화: 기후 상태의 변화가 기후 특성의 평균 및/또는 변동성의 변화를 통해(예: 통계 검정을 사용) 확인 가능하고 보통 수십 년 이상 장기간 지속되는 것. 기후변화는 자연적인 내부 과정이나 외부의 강제력으로 인해 일어날 수 있고 대기 조성 또는 토지 사용의 인위적 변화가 지속됨으로써 일어날 수도 있다[2].

극한기후(극한 기상·기후 현상): 기상 또는 기후 변수에 대하여 관측된 값 범위의 상한(또는 하한) 임계값보다 높은 (또는 낮은) 변수의 값이 출현하는 것. 단순화를 위해, 극한기상 현상과 극한기후 현상을 "극한기후"로 통칭한다. 상세한 정의는 3장, 3.1.2절에 제공된다.

노출: 사람, 생계수단, 환경 서비스 및 자원, 기반시설이나 경제적, 사회적 또는 문화적 자산이 악영향을 받을 수 있는 장소에 존재하는 것.

취약성: 악영향을 받게 될 성향 또는 경향

재해: 위험한 물리적 현상과 취약한 사회적 조건 간의 상호작용으로 인해 공동체나 사회의 정상적 기능이 심각하게 변하고, 그 결과 인간의 중대한 필요를 충족시키기 위해 즉각적인 비상 대응이 요구되며, 회복을 위한 외부 지원이 필요할 수도 있어 궁극적으로 인적, 물질적, 경제적, 환경적으로 광범위한 유해 결과가 초래되는 것.

재해 위험: 인간의 중대한 필요를 충족시키기 위해 즉각적인 비상 대응이 필요하고 회복을 위한 외부 지원이 필요할 수도 있는 광범위한 인적, 물질적, 경제적 또는 환경적 유해 결과를 초래하는, 위험한 물리적 현상과 취약한 사회적 조건 간의 상호작용에 의해 공동체 또는 사회의 정상적 기능에 심각한 변화가 일정 기간 지속될 가능성

재해 위험 관리: 인간 안전, 복지, 삶의 질, 복원력, 지속가능한 발전의 증진이라는 명백한 목적 하에, 재해 위험에 대한 이해를 제고하고, 재해 위험 저감 및 이전을 촉진하며, 재해 예방, 대응, 복구 활동의 지속적 개선을 촉진하기 위한 전략과 정책 및 대책을 설계, 실행, 평가하는 과정.

적응: 인간계에서는, 피해를 완화하거나 혜택의 기회를 이용하기 위한 목적으로 실제 혹은 예상되는 기후 및 그 영향을 조절하는 과정. 자연계에서는, 실제 기후 및 그 영향에 따른 조절 과정; 인간의 개입은 예상 기후에 따른 조절을 용이하게 할 수도 있다.

복원력: 시스템의 필수 기본 구조 및 기능을 확실히 보존, 복구, 개선하는 과정을 포함하여, 시기 적절하고 효율적인 방법으로 시스템과 그 구성 부분이 위험 현상의 영향을 예상하고 흡수, 수용, 및 회복하는 능력.

변환: 시스템(가치 체계; 규제, 법령 또는 관료 체제; 금융 기관; 기술적 또는 생물학적 체계 포함)의 기본 속성을 변화시키는 것.

---

[1] 본 평가에 관련된 연구집단들의 다양성과 과학적 진보가 반영되었기 때문에, 이 특별보고서에 사용된 정의들 중 일부는 AR4 및 다른 IPCC 보고서에서 사용된 정의들과 범위와 초점에서 차이가 있다.

[2] 이 정의는 UN 기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC)의 정의와 구분된다. UNFCCC에서는 기후변화를 다음과 같이 정의한다: "지구 대기 조성을 변화시키는 인간 활동에 직 간접적 원인이 있고, 그에 더해 상당한 기간 동안 관측된 자연적 기후 변동성에도 원인이 있는 기후의 변화". 이와 같이, UNFCCC에서는 대기 조성을 변화시키는 인간 활동에 기인한 기후변화와 자연적 원인에 기인한 기후 변동성을 구분한다.

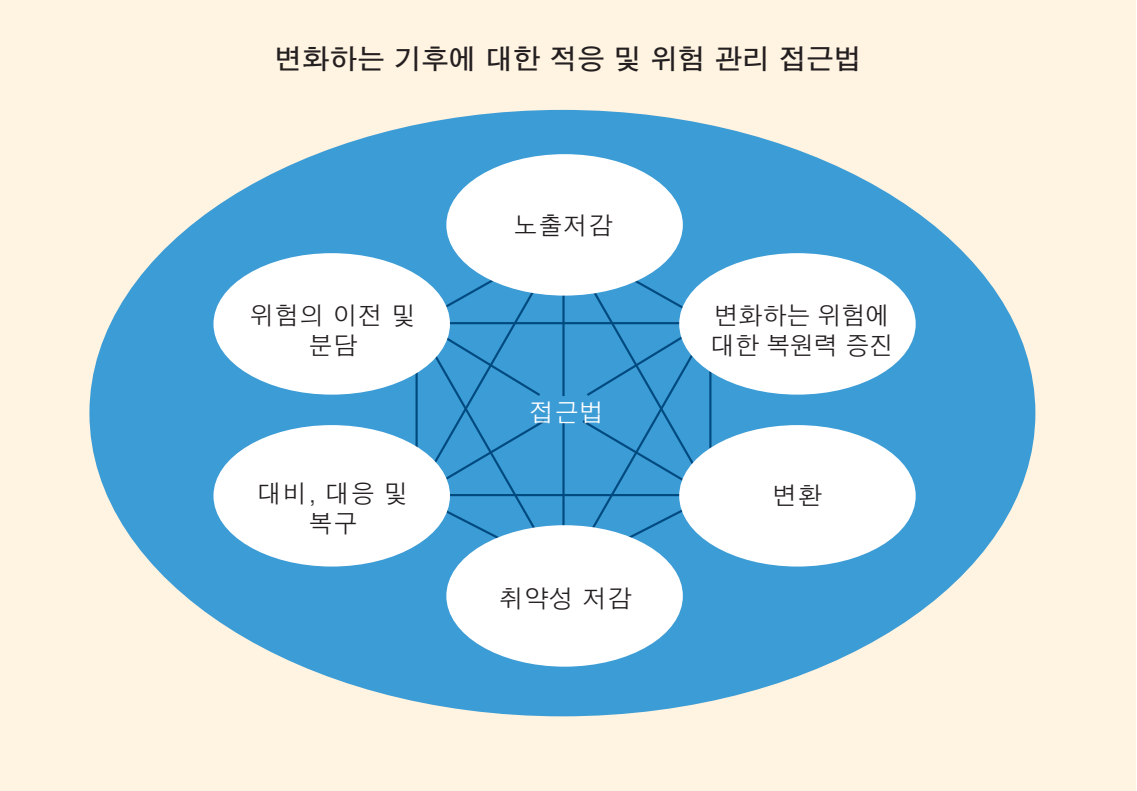


Figure SPM.2: 변화하는 기후에 대응하여 재해위험을 줄이고 관리하기 위한 적응 및 재해 위험 관리 접근법. 이 보고서는 극한기후와 재해 위험을 줄이고 시간이 흘러 위험 정도가 변함에 따라 잔존하는 위험에 대한 복원력을 증가시킬 수 있는, 광범위한 상호 보완적 적응 및 재해 위험 관리 접근법들을 평가한다. 이 접근법들은 중복 가능하고 동시에 수행 가능하다. [6.5, Figure 6-3, 8.6]

이 보고서는 기후과학, 기후 영향, 기후변화에 대한 적응, 재해 위험 관리를 연구하는 탁월한 유수 연구집단의 견해를 통합한 것이다. 각 연구집단은 서로 다른 관점, 용어, 접근법, 목표를 가지고 있으며, 이 모두가 지식 기반 상태와 그 격차에 대한 중요한 통찰력을 제공하였다. 많은 주요 평가결과들이 이들 연구집단들 간의 교류로부터 도출되었으며, 이러한 교류에 의한 결과들은 Table SPM.1에서 볼 수 있다. 이 보고서에서는 주요 결과들의 확실성 정도를 정확하게 전달하기 위해 Box SPM.2에 소개된 바와 같이 표준화된 불확실성 언어를 일관되게 사용한다. 이 정책결정자용 요약보고서의 주요 내용의 근거는 괄호 안에 명시된 본 보고서의 장과 절에서 찾아볼 수 있다.

노출과 취약성은 위험이 실제 일어날 때 재해위험과 영향을 결정하는 주요 결정인자이다. [1.1.2, 1.2.3, 1.3, 2.2.1, 2.3, 2.5] 예를 들어, 열대 저기압은 언제 어디에 상륙하느냐에 따라 그 영향이 크게 달라질 수 있다. [2.5.1, 3.1, 4.4.6] 유사하게, 열파는 다양한 인구집단의 취약 정도에 따라 매우 다른 영향을 미칠 수 있다. [Box 4-4, 9.2.1] 인간계, 생태계, 물리계에 미치는 극단적 영향은 단일 극한 기상·기후 현상의 결과일 수 있다. 그러나 노출과 취약성이 높은 경우에는 비-극한현상도 극단적 영향을 미칠 수 있고[2.2.1, 2.3, 2.5], 여러 현상들과 그 영향이 복합적으로 작용하여 극단적 영향을 초래할 수도 있다. [1.1.2, 1.2.3, 3.1.3] 예를 들어, 폭염과 건조가 결부된 가뭄은 산불(wildfire)의 위험을 증가시킬 수 있다. [Box 4-1, 9.2.2]

극한 및 비-극한 기상·기후 현상은 복원력, 대응능력, 적응능력을 변화시킴으로써 미래의 극한현상에 대한 취약성에 영향을 미친다. [2.4.3] 특히, 지방 또는 국가단위 이하의 정부(sub-national) 수준에서의 재해 누적 효과는 생계수단 선정과 자원에, 그리고 미래 재해에 대비하고 대응하는 사회 및 공동체의 능력에 상당한 영향을 미칠 수 있다. [2.2, 2.7]

변화하는 기후는 극한 기상·기후 현상의 빈도, 강도, 공간 범위, 지속기간과 시기의 변화를 초래하면서, 전례가 없는 극한 기상·기후 현상을 야기할 수 있다. 극한의 변화는 평균, 분산 또는 확률 분포 형태를 변화시키거나 이 세가지 모두를 변화시킬 수 있다(Figure SPM.3). 어떠한 극한기후(예: 가뭄)는 개별적으로는 극한현상이 아닌 기상·기후 현상이 누적 되어 생긴 결과일 수도 있다. 많은 극한 기상·기후 현상은 자연적 기후 변동성의 결과일 것이다. 자연적 변동성은 기후의 인위적 변화 효과와 더불어 미래 극한기후를 형성하는 중요한 인자가 될 것이다. [3.1]

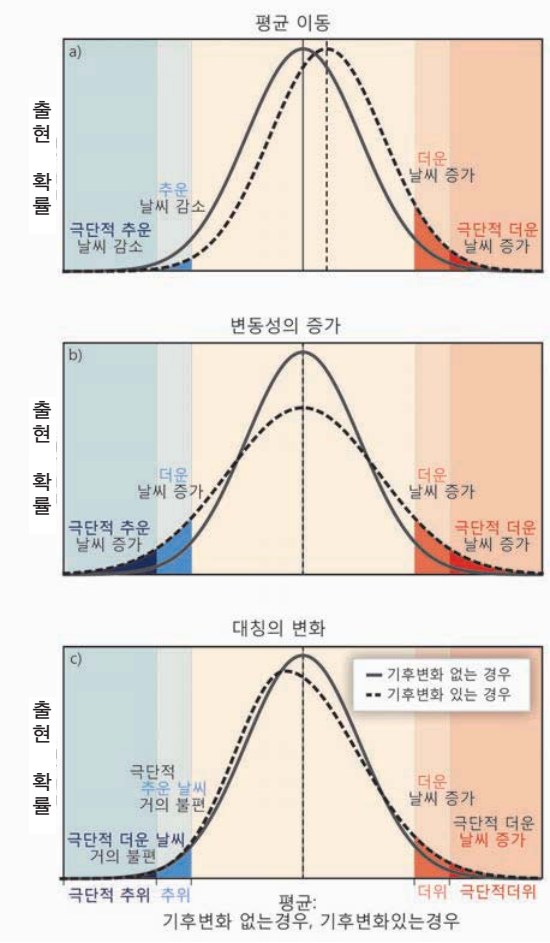


Figure SPM.3: 극한에 대한 기온 분포 변화의 효과. 현재 기후와 미래 기후 간의 여러 가지 기온 분포 변화와 분포의 극한값에 대한 변화의 효과: (a) 보다 따뜻한 기후 쪽으로 분포 전체를 단순 이동시키는 효과; (b) 평균의 이동 없이 기온 변동성을 증가시키는 효과; (c) 분포 형태를 변형시키는 효과, 이 경우에는 분포가 변화하여 더 더운 쪽으로 치우친 비대칭성이 된다. [Figure 1-2, 1.2.2]

B. 노출, 취약성, 극한기후, 영향 및 재해 손실의 관측

극한기후의 영향과 재해의 가능성은 극한기후 그 자체와 인간계 및 자연계의 노출과 취약성의 결과로 나타난다. 관측된 극한기후의 변화는 기후 및 비-기후 요인의 영향을 받는 노출 및 취약성의 변화와 함께, 자연적 기후 변동성은 물론 인위적 기후변화의 영향도 반영되어 있다.

노출과 취약성

노출과 취약성은 동적이고 시공간 규모에 따라 달라지며, 경제적, 사회적, 지리적, 인구통계적, 문화적, 제도적, 통치적, 환경적 요인들에 좌우된다(*높은 신뢰수준*). [2.2, 2.3, 2.5] 개인과 공동체는 성별, 연령, 계급 및 기타 사회 문화적 특성뿐 아니라 부, 교육수준, 장애, 건강상태의 차이에 따라 노출의 정도와 취약성이 달라지게 된다. [2.5]

주거양식, 도시화, 사회경제적 조건의 변화는 모두 극한기후에 대한 노출과 취약성의 관측된 경향성에 영향을 미친다(*높은 신뢰수준*). [4.2, 4.3.5] 예를 들어, 작은 섬들과 거대 삼각주를 포함하는 해안 주거지와 산악 주거지는 선진국과 개발도상국 모두에서 극한기후에 노출되고

취약하지만 지역과 국가 간에는 차이가 있다. [4.3.5, 4.4.3, 4.4.6, 4.4.9, 4.4.10] 급속한 도시화와 대도시의 성장은 특히 개발도상국에서 비공식 주거지와 부적절한 토지 관리로 인해, 매우 취약한 도시 공동체의 출현을 유발했다(*높은 동의수준, 강한 증거수준*). [5.5.1] 9.2.8 및 9.2.9의 사례 연구 참고. 취약한 인구집단에는 난민, 이주민, 경계 지역에서 살고 있는 사람들도 포함된다. [4.2, 4.3.5]

극한기후와 영향

1950년 이래 수집된 관측결과로부터 일부 극한기후 변화에 대한 증거가 도출되었다. 관측된 극한기후 변화에 대한 신뢰수준은 지역과 극한기후에 따라 달라지는 자료의 양과 질, 그리고 이 자료를 분석하는 연구의 가용성에 좌우된다. 지역적 또는 전지구 규모에서 관측된 특정 극한기후의 변화를 "낮은 신뢰수준"으로 지정한 경우는 의미 있는 극한기후 변화 가능성은 없으나 그 가능성을 배제하는 것은 아니다. 극한현상은 드물며, 이는 현상의 빈도나 강도 변화에 관한 평가를 수행할 때 사용할 수 있는 자료가 거의 없음을 의미한다. 현상이 드물수록 장기적인 변화를 확인하는 것은 더욱 어려워진다. [3.2.1] 특정 극한기후의 전지구적인 추세는 그 특정 극한기후의 지리적 균질성에 따라, 일부 지역규모의 추세보다 신뢰도가 높을 수도 있고(예: 극한 기온의 경우) 낮을 수도 있다(예: 가뭄의 경우). 1950년 이래 관측결과에 근거한 특정 극한기후에 대한 상세한 설명은 다음과 같다. [3.1.5, 3.1.6, 3.2.1]

전지구적 규모에서 볼 때, 육지에서는 대부분 충분한 자료가 있기 때문에 한랭일 및 한랭야 일수[3]의 전반적 감소와 온난일 및 온난야 일수[3]의 전반적 증가가 있었을 가능성이 *매우 높다*. 북미, 유럽, 호주의 경우 이러한 변화가 대륙 규모에서도 나타났을 *가능성이 높다*. 아시아의 많은 지역에서 극한 낮기온의 온난화 추세에 대한 *신뢰수준은 보통이다*. 아프리카와 남미에서는 극한 낮기온에서 관측된 추세에 대한 신뢰수준이 지역에 따라 대체로 *낮은* 신뢰수준부터 *보통* 신뢰수준까지 다양하다. 충분한 자료가 있는 세계의 (모든 지역은 아니지만) 많은 지역에서 온파 또는 열파[3]의 길이와 발생 횟수가 증가했다는 데 대한 *신뢰수준은 보통이다*. [3.3.1, Table 3-2]

일부 지역에서는 호우 현상의 발생 횟수에서 통계적으로 유의한 추세가 나타났다. 이 지역들 중 대부분의 지역이 감소보다는 증가를 *경험했을 가능성이 크나*, 지역과 소지역에 따라 이러한 추세의 변동이 크다. [3.3.2]

장기간(즉, 40년 이상) 관측된 열대 저기압 활동(즉, 강도, 빈도, 지속기간)의 증가는, 과거 관측 능력의 변화를 고려했을 때, *신뢰수준이 낮다*. 주요 북반구 및 남반구 온대 폭풍 경로가 극지를 향해 이동했을 *가능성이 크다*. 토네이도 및 우박과 같은 국지적 현상에 대해 관측된 추세는 자료 불균질성과 감시 체계의 부적절성으로 인해 *신뢰수준이 낮다*. [3.3.2, 3.3.3, 3.4.4, 3.4.5]

세계 일부 지역, 특히 남유럽과 서아프리카에서는 강도가 더 세고 지속시간이 더 긴 가뭄을 경험했으나, 일부 지역, 예를 들면 북미 중부와 호주 북서부에서는 가뭄이 덜 빈번해졌거나, 덜 강해졌거나, 더 짧아졌다는 데 대한 *신뢰수준은 보통이다*. [3.5.1]

지역 규모에서 홍수의 크기와 빈도에 대하여 관측된 기후로 인한 변화를 평가함에 있어 이용 가능한 증거는, 관측소에서 측정된 이용 가능한 홍수 계측 기록의 시공간적 한계와 토지이용 변화 및 공학기술의 복합 효과로 인해, 그 증거수준이 *제한적*이거나 *보통*이다. 더욱이, 이

[3] 다음 용어들의 정의에 대해서는 SREX 용어집을 참고할 것; 한랭일/한랭야, 온난일/온난야 및 온파-열파

증거수준에 대한 *동의수준은 낮으며*, 따라서 심지어 이들 변화의 부호에 관한 전지구적 규모에서의 *신뢰수준도 전반적으로 낮다*. [3.5.2]

평균 해수면의 상승과 관련하여 극한 연안 고수위의 증가가 있었을 *가능성이 크다*. [3.5.3]

일부 극한기후가 대기 중 온실가스 농도 증가를 비롯한 인위적 영향의 결과에 의해 변화했다는 증거가 있다. 전지구적으로 인위적 영향이 극한 일 최저 및 최고 기온의 온난화를 유발했을 *가능성이 크다*. 인위적 영향이 전지구적으로 호우 증가를 유발했다는 데 대한 *신뢰 수준은 보통이다*. 평균 해수면 상승에 기인한 극한 연안 고수위 증가에 대한 인위적 영향이 있었을 *가능성이 크다*. 과거 열대 저기압 기록의 불확실성, 열대 저기압 관측값을 기후변화와 연관시키는 물리적 메커니즘에 대한 불완전한 이해, 그리고 열대 저기압 변동성의 정도로 인해 열대 저기압 활동에서 관측 가능한 변화의 원인을 인위적 영향으로 보는 데 대한 *신뢰수준은 낮*다. 단일 극한현상의 원인을 인위적 기후변화로 보기는 힘들다. [3.2.2, 3.3.1, 3.3.2, 3.4.4, 3.5.3, Table 3-1]

재해 손실

기상 및 기후 관련 재해로 인한 경제적 손실이 증가했으며, 그러한 손실의 증가에는 공간 및 경년 변동성이 존재했다(*높은 동의수준, 보통 증거수준에 근거한 높은 신뢰수준*). 지난 수십 년간 보고된 전지구 기상- 및 기후-관련 재해 손실은 주로 자산에 대한 직접적 손해를 금전적으로 환산해 나타낸 것인데 그 분포가 고르지 않다. 1980년 이래 연간 손해 추정액은(2010년 미 달러 가치로) 수십억 USD부터 2천억 USD 이상에 이르며, (허리케인 카트리나가 발생한 해였던) 2005년이 최고였다. 인명, 문화 유산, 생태계 서비스의 손실과 같은 영향의 가치평가나 금전적 환산은 어렵기 때문에 손실 추정액에 잘 반영되지 못하며 따라서 손실 추정액은 하한 추정액이다. 간접적인 경제 효과는 물론 비공식적 또는 기록되지 않는 경제에 대한 영향은 일부 영역과 부문에서 매우 중요할 수 있지만, 일반적으로 보고된 손실 추정액에는 포함되지 않는다. [4.5.1, 4.5.3, 4.5.4]

기상, 기후, 지구물리 현상[4]과 관련된 경제적 재해 손실(피보험액 포함)은 선진국에서 더 높다. 사망률과 GDP에 대한 비율로서 표현된 경제 손실은 개발도상국에서 더 높다(*높은 신뢰수준*). 1970~2008년 동안 자연 재해로 인한 사망의 95% 이상이 개발도상국에서 발생했다. 자산 기반이 급속히 팽창하는 중진국에는 큰 부담이 되었다. 2001~2006년 동안 *제한된 증거수준*에 근거할 때, 중진국에서는 손실이 GDP의 약 1%에 달했던 반면, 저소득 국가에서는 손실이 GDP의 약 0.3%, 고소득 국가에서는 손실이 GDP의 0.1% 미만이었다. 노출된 작은 국가들, 특히 개발도상의 군소도서 국가에서 GDP에 대한 비율로서 표현된 손실이 특히 높았는데, 1970~2010년 동안 재해가 있었던 해와 없었던 해 모두를 포함하여 평균을 구했을 때 손실은 많은 경우에 1%를, 가장 극한 경우는 8%를 초과했다. [4.5.2, 4.5.4]

사람과 경제 자산의 노출 증가가 기상- 및 기후-관련 재해로 인한 경제 손실의 장기 증가의 주요 원인이었다(*높은 신뢰수준*). 부와 인구 증가를 감안한 경제적 재해 손실의 장기적 추세가 기후변화로 기인된 것은 아니지만, 기후변화의 영향이 배제된 것은 아니다(*보통 증거수준, 높은 동의수준*). 이 결론은 현재까지 연구의 한계에 달려있다. 취약성은 재해 손실의 주 요인이지만 잘 설명되지 않는다. 다른 한계는 다음과 같다: (i) 자료의 가용성. 대부분의 자료는 선진국의

[4] 이 단락에 기술된 경제 손실과 사망률은 기상, 기후, 지구물리 현상과 관련된 모든 재해에 관한 것이다.

표준화된 경제 부문에 대해 이용 가능하기 때문이다; (ii) 연구된 위험의 유형. 이것은 대부분의 연구가 저기압에 초점을 맞추고 있는데, 이 경우 관측된 추세와 변화의 원인을 인위적 영향으로 보는 데 대한 *신뢰수준이 낮기* 때문이다; 두 번째 결론은 추가적인 한계에 기인한다. (iii) 시간에 대하여 손실 자료를 조정하는 데 사용된 과정들; (iv) 기록의 길이. [4.5.3]

C. 재해 위험 관리와 기후변화에 대한 적응: 극한기후에 대한 과거 경험

극한기후에 대한 과거 경험은 위험 관리를 위한 효과적인 재해 위험 관리 및 적응 접근법들을 이해함에 있어 도움이 된다.

극한기후 영향의 심각성은 이 극한기후에 대한 노출 및 취약성 수준에 크게 좌우된다(*높은 신뢰수준*). [2.1.1, 2.3, 2.5]

노출 및 취약성 추세는 재해 위험 변화의 주요 동인이다(*높은 신뢰수준*). [2.5] 노출과 취약성의 다양한 본질을 이해하는 것은 기상·기후 현상이 재해 발생에 어떻게 기여하는지를 결정함에 있어, 그리고 효과적인 적응 및 재해 위험 관리 전략을 설계하고 실행함에 있어 필수적이다. [2.2, 2.6] 취약성 저감은 적응과 재해 위험 관리의 핵심적인 공통 요소이다. [2.2, 2.3]

개발 방식, 정책, 결과는 개발의 부정적 결과로 인해 증가될 수도 있는 재해 위험을 구체적으로 설명함에 있어 매우 중요하다(*높은 신뢰수준*). [1.1.2, 1.1.3] 높은 노출과 취약성은 일반적으로 환경 파괴, 급하고 무계획적인 위험 지역의 도시화, 통치 실패, 빈민을 위한 생계수단 옵션 부족에 관련된 것과 같은, 잘못된 개발 과정의 결과로 나타난다. [2.2.2, 2.5] 전지구적 상호 연관성과 경제계와 생태계 간의 상호의존성의 증가는 때때로 취약성과 재해 위험을 줄이거나 증가시키는, 대조되는 결과를 야기할 수 있다. [7.2.1] 국가가 국가 개발 및 부문 계획에 재해 위험의 고려사항을 포함하거나 기후변화 적응 전략을 선정할 경우, 그 국가가 이 계획과 전략을 취약 지역 및 집단을 대상으로 수행한다면 보다 효과적으로 재해 위험을 관리하게 된다. [6.2, 6.5.2]

지방 수준에서 재해 및 재해 위험 저감에 대한 자료가 부족한 실정이며, 이로 인해 지방의 취약성 저감 개선이 제한될 수 있다(*높은 동의수준, 보통 증거수준*). [5.7] 전망되는 노출, 취약성, 극한기후의 변화에 대한 지식과 불확실성을 명백하게 통합하는 국가 재해 위험 관리 체계와 관련 위험 관리 대책의 예는 거의 없다. [6.6.2, 6.6.4]

불균형은 지방의 대응 및 적응 능력에 영향을 미치고, 지방 수준부터 국가 수준에 이르기까지 재해 위험 관리 및 적응에 어려움을 야기한다(*높은 동의수준, 강한 증거수준*). 이 불균형은 사회경제적, 인구통계적, 건강-관련 차이와 통치의 차이, 생계수단에의 접근, 재정지원혜택 및 기타 요인에서의 차이로 나타난다. [5.5.1, 6.2] 불균형은 국가들 간에도 존재한다: 선진국은 흔히 개발도상국에 비해 전망되는 노출, 취약성, 극한기후의 변화에 효과적으로 대응하고 적응하기 위한 확실한 대책을 채택하는 재정적 및 제도적 장치를 더 잘 갖추고 있다. 그럼에도 불구하고, 모든 국가는 전망되는 변화를 평가, 이해, 대응함에 있어 어려움에 직면한다. [6.3.2, 6.6]

재해 위험 저감 조치가 존재하지 않거나 불충분한 경우에는 인도주의적 구제가 필요하다(*높은 동의수준, 강한 증거수준*). [5.2.1] 규모가 작거나 경제적으로 덜 다각화된 국가일수록 재해 위험 관리에 관련된 공공재를 제공함에 있어, 극한기후로 인해 야기된 손실을 흡수함에 있어, 그리고

구제 및 재건 지원을 제공함에 있어 특히 어려움을 겪는다. [6.4.3]

재해 후 복구 및 재건은 기상 및 기후 관련 재해 위험을 저감시키고 적응 능력을 향상시킬 수 있는 기회를 제공한다(*높은 동의수준, 강한 증거수준*). 신속하게 주택 재건축을 하고, 기반시설을 재건하며, 생계수단을 복구하는 데 집중하는 것은 흔히 기존의 취약성을 재생하거나 심지어 증가시키기도 하며 복원력과 지속가능한 발전을 강화하기 위한 장기 계획 및 정책 변경을 불가능하게 하는 방식으로 복구가 이루어지게 한다. [5.2.3] 8.4.1 및 8.5.2의 평가 참고.

지방, 국가, 지역, 전지구적인 위험 분담 및 이전 메커니즘은 극한기후에 대한 복원력을 증가시킬 수 있다(*보통 신뢰수준*). 메커니즘에는 비공식적 및 전통적 위험 분담 체제, 소액보험, 보험, 재보험과 국가, 지역, 전지구적 위험 공동대응이 포함된다. [5.6.3, 6.4.3, 6.5.3, 7.4] 이 메커니즘은 구호, 생계수단의 복구 및 재건을 재정적으로 지원하기 위한 수단을 제공하고, 취약성을 저감시키며, 위험을 저감시키기 위한 지식 및 지원방안을 제공함으로써 재해 위험 저감 및 기후변화 적응과 연결된다. [5.5.2, 6.2.2] 하지만, 어떤 조건 하에서는, 그러한 메커니즘이 재해 위험의 저감을 억제할 수도 있다. [5.6.3, 6.5.3, 7.4.4] 공식적인 위험 분담 및 이전 메커니즘의 활용은 지역과 위험에 대하여 불균일하게 분포된다. [6.5.3] 사례 연구 9.2.13 참고.

적응 및 재해 위험 관리 전략의 설계와 실행이 단기적으로는 위험을 저감시킬 수 있지만 장기적으로는 노출과 취약성을 증가시킬 수도 있다는 점에서, 노출과 취약성의 시공간적 역동성에 주목하는 것이 특히 중요하다(*높은 동의수준, 보통 증거수준*). 예를 들어, 제방 시스템은 즉각적인 보호를 제공함으로써 홍수 노출을 저감시킬 수 있지만, 장기적으로는 오히려 홍수의 위험을 증가시킬 수도 있는 주거양식을 조장할 수 있다. [2.4.2, 2.5.4, 2.6.2] 1.4.3, 5.3.2 및 8.3.1의 평가 참고.

국가 체계가 노출, 취약성, 극한 기상·기후에서 관측되고 전망되는 추세의 도전에 대응하는 국가 역량의 핵심을 이룬다(*높은 동의수준, 강한 증거수준*). 효과적인 국가 체계는 국가 및 국가단위 이하의 정부, 민간 부문, 연구 기관, 그리고 공동체-기반 단체를 포함하는 시민 사회에 소속된 다수의 행위자로 구성되며, 이들은 용인되는 기능과 능력에 따라 위험을 관리함에 있어 차별화되지만 보완적인 역할을 한다. [6.2]

재해 위험 관리와 기후변화 적응의 긴밀한 통합과 이 두 가지 요소를 개발정책 및 활동(지방, 국가 단위 이하의 정부, 국가, 국제)에 결합시킴으로써, 모든 범위에서 혜택을 제공할 수 있다(*높은 동의수준, 보통 증거수준*). [5.4, 5.5, 5.6, 6.3.1, 6.3.2, 6.4.2, 6.6, 7.4] 사회 복지, 삶의 질, 기반시설, 생계수단을 다루고 다중-위험 접근법을 재해 계획 및 대책에 단기적으로 편입시키는 것은, 국제적으로 점차 인정되고 있는 것과 같이, 궁극적으로 극한기후에 대한 장기 적응을 용이하게 한다. [5.4, 5.5, 5.6, 7.3] 전략과 정책은 다중 스트레스 요인, 다양한 우선 가치, 그리고 대립하는 정책 목표를 인정할 때 보다 효과적이다. [8.2, 8.3, 8.7]

D. 미래 극한기후, 영향 및 재해 손실

자연적 기후 변동성, 인위적 기후변화, 사회경제적 개발로 인한 노출, 취약성, 극한기후의 미래 변화가 자연계 및 인간계에 미치는 극한기후의 영향과 재해 가능성을 변화시킬 수 있다.

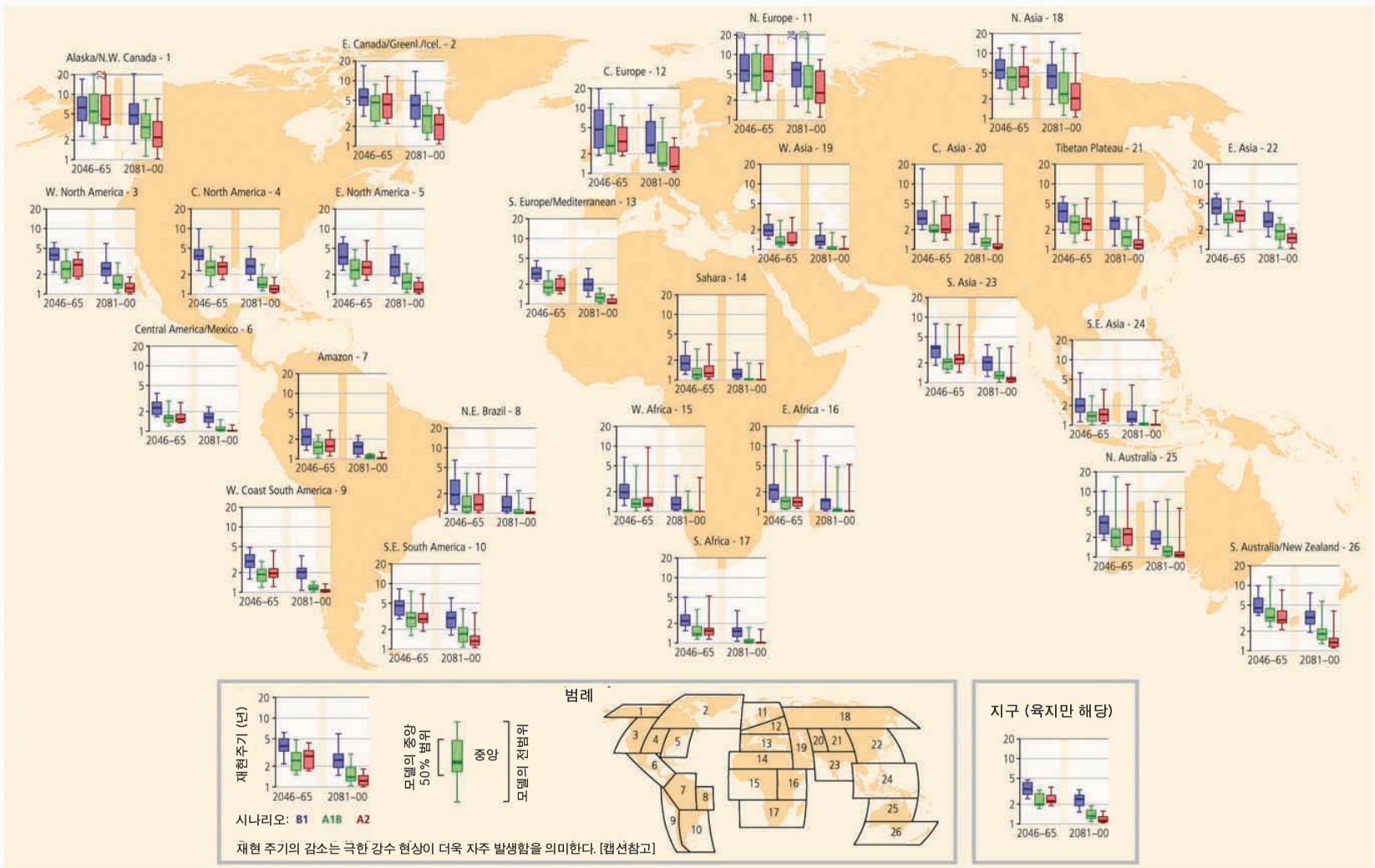


Figure SPM.4A: 20세기말(1981~2000년)의 20년 기간 동안 평균 1회 초과되었던 일 최고기온에 대한 재현 주기 전망. 재현 주기의 감소는 극한 기온 현상이 더욱 빈번해짐(즉, 평균적으로 현상 발생 간의 간격이 짧아짐)을 의미한다. Box plots은 결과를 3가지 SRES 배출 시나리오(B1, A1B, A2)에 대한 지역 평균 전망 결과를 2046~2065년과 2081~2100년의 두 기간에 대하여 20세기 말과 비교하여 보여준다(범례 참고). 이러한 결과는 "3차 결합 모델 상호비교 프로젝트(Coupled Model Intercomparison Project)(CMIP3)"에 사용된 12개 전지구 기후 모델(GCM)에 기초한 것이다. 모델들 간의 일치 정도는 색칠된 Box의 크기(이 Box에는 모델 전망들의 50%가 포함된다)와 (모든 모델들로부터 얻은 최고 및 최저 전망치를 보여주는) 선(whiskers)의 길이로 표시된다. 지역 범위의 정의에 대해서는 범례 참고. 이 수치는 육지 지점에 대해서만 계산된 것이다. "지구(육지만 해당)"에 삽입된 Box는 모든 육지 격자점(grid points)을 사용하여 계산된 값이다. [3.3.1. Figure 3-1, Figure 3-5]

극한기후와 영향

극한기후의 방향 및 크기의 변화 전망에 대한 신뢰수준은 극한의 유형, 지역 및 계절, 관측 자료의 질과 양, 기저 과정들에 대한 이해 수준, 모델의 모의 신뢰성을 비롯한 다양한 요인들에 좌우된다. 다양한 배출 시나리오[5]에서 전망된 극한 기후변화는 대체로 향후 20~30년 동안은 크게 차이 나지 않지만, 이 징후들은 이 기간 동안의 자연적 기후 변동성에 비해 상대적으로 그 정도가 약하다. 심지어 이 기간 동안 전망된 일부 극한 기후변화의 부호는 불확실하기까지 하다. 21세기 말까지 전망된 변화에 대해서는, 극한현상에 따라 모델의 불확실성이나 사용된 배출 시나리오에 관련된 불확실성이 우세해지기도 한다. 기후 시스템의 일시적이고 복잡한 특성을 고려할 때, 잘 파악되지 않고 있는 기후 임계값을 넘어섰을 때 발생할 수 있는 저-확률 고-영향 변화를 배제할 수 없다. 전망된 특정 극한현상에 대하여 "낮은 신뢰수준"을 부여한 것이 이 극한현상의 변화 가능성을 의미하는 것도 아니고 배제하는 것도 아니다. 다음 평가는 21세기 말까지에 대한 전망의 발생가능성 및/또는 신뢰수준을 21세기 말 기후와 비교한 것이다 [3.1.5, 3.1.7, 3.2.3, Box 3-2]

모델을 통해 21세기 말까지 극한 기온의 온난화를 전망한다. 21세기에는 전지구 규모에서 일기온의 극한 고온 빈도와 크기가 증가하고 극한 저온이 감소할 것이라는 것이 *사실상 확실하다.* 온파 또는 열파의 길이, 빈도 및/또는 강도가 대부분의 육지 지역에서 증가할 *가능성이 매우 높다.* A1B 및 A2 배출 시나리오에 근거할 때, 20년 빈도로 출현한 일 최고기온이 21세기 말까지는 북반구 고위도 지역을 제외한 대부분 지역에서 2년 빈도로 출현할 *가능성이 높다.* 북반구 고위도 지역에서는 5년 빈도로 출현할 *가능성이 높다*(Figure SPM 3A 참고). B1 시나리오 하에서는, 20년 빈도로 출현한 일 최고 기온이 5년 빈도로 출현할 *가능성이 높다*(그리고 북반구 고위도 지역에서는 10년 빈도로 출현할 가능성이 높다). 20년 빈도로 출현한 극한 일 최고기온(즉, 1981~2000년 기간 동안 평균적으로 일 최고기온 값을 초과한 적이 한번인 값)이, 지역 및 (B1, A1B, A2 시나리오에 근거한) 배출 시나리오에 따라, 21세기 중반까지는 약 1°C~3°C, 21세기 말까지는 약 2°C~5°C 증가할 *가능성이 높다.* [3.3.1, 3.1.6, Table 3-3, Figure 3-5]

21세기에는 지구상의 많은 지역에서 호우의 빈도 또는 총 강수량 대비 호우의 비율이 증가할 *가능성이 높다.* 이것은 특히 고위도 및 열대 지역에서, 그리고 북부 중위도 지역에서 겨울철에 해당될 수 있다. 지속적인 온난화로 인해 열대 저기압에 관련된 호우가 증가할 *가능성이 높다.* 일부 지역에서는, 그 지역의 총 강수량의 감소가 전망됨에도 불구하고 호우가 증가할 것이라는 데 대한 *신뢰수준은 보통이다.* 다양한 배출 시나리오(B1, A1B, A2)에 근거할 때, 20년 빈도로 출현한 연간 최대 일 강수량이 21세기 말까지는 많은 지역에서 5년~15년 빈도로 출현하게 될 *가능성이 높다.* 고배출 시나리오(A1B 및 A2)에 따르면, 대부분 지역에서 재현 주기가 빠르게 감소될 것으로 전망된다. Figure SPM.4B 참고. [3.3.2, 3.4.4, Table 3-3, Figure 3-7]

---

[5] 방사성 물질에 대한 배출 시나리오들은 사회경제 및 기술 개발 경로들에 근거한다. 본 보고서에서는 "배출 시나리오에 관한 IPCC 특별 보고서(IPCC Special Report on Emissions Scenarios; SRES)"에 기술되고 추가적인 기후 사업들이 포함되지 않은, 2100년까지 확장된 40개 시나리오의 하위집합(B1, A1B, A2)이 사용된다. 이 시나리오들은 기후변화 전망에서 널리 사용되어 온 것으로서, 상당한 범위의 이산화탄소 상당 농도를 포괄하고 있지만 SRES에 포함된 시나리오들의 전 범위를 포함하고 있지는 않다.

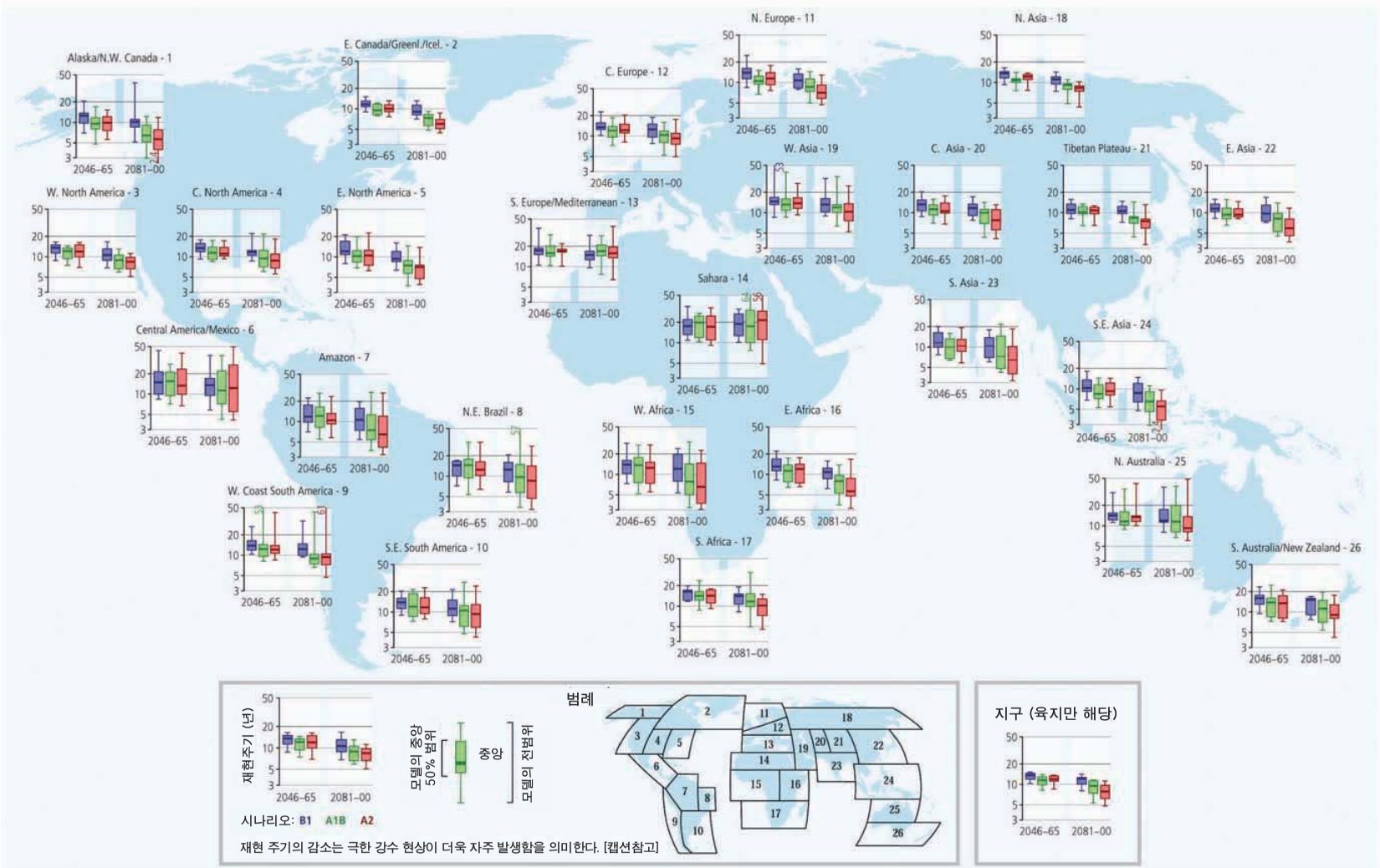


Figure SPM.4B: 20세기말의 20년(1981–2000년) 기간 동안 평균 1번 초과되었던 극한 일 강수 현상에 대한 재현 주기 전망. 재현 주기의 감소는 보다 빈번한(즉, 평균적으로 현상 발생 간의 간격이 짧아진) 극한 강수 현상을 의미한다. Box plots은 3가지 SRES 배출 시나리오(B1, A1B, A2)에 대한 지역 평균 전망 결과를 2046~2065년과 2081~2100년의 두 기간에 대하여 20세기 말과 비교 제시한다(범례 참고). 이 결과는 CMIP3에 사용된 14개 GCM에 기초한 것이다. 모델들 간의 일치 정도는 색칠된 Box의 크기(이 Box에는 모델 전망들의 50%가 포함된다)와 선의 길이(모든 모델들로부터 얻은 최고 및 최저 전망치를 보여주는)로 표시된다. 지역 범위의 정의에 대해서는 범례 참고. 이 수치는 육지 지점에 대해서만 계산된 것이다. "지구"에 삽입된 Box는 모든 육지 격자점(grid points)를 사용하여 계산된 값이다. [3.3.2, Figure 3-1, Figure 3-7]

평균 열대 저기압 최대 풍속은 증가할 *가능성이 높지만*, 이 증가가 모든 해양 분지에서 나타나지 않을 수도 있다. 열대 저기압의 전지구 빈도가 감소하거나 실질적으로 변하지 않고 유지될 *가능성이 높다*. [3.4.4]

각 반구에 대하여 평균된 온대 저기압 발생 횟수의 감소가 있을 것이라는 데 대한 *신뢰수준은 보통이다*. 온대 저기압 활동의 상세한 지리적 전망에 대한 *신뢰수준은 낮은* 반면, 온대 폭풍 경로의 극지를 향한 이동 전망에 대한 *신뢰수준은 보통이다*. 토네이도 및 우박과 같은 국지적 현상의 전망은, 대립하는 물리적 과정들이 미래 추세에 영향을 미칠 수도 있기 때문에, 그리고 현재 기후 모델이 그 현상을 모의하지 않기 때문에, 그 *신뢰수준이 낮다*. [3.3.2, 3.3.3, 3.4.5]

강수 감소 및/또는 증발산 증가로 인해, 일부 계절 및 지역에서 21세기에 가뭄이 강화될 것이라는 데 대한 *신뢰수준은 보통이다*. 이것은 남유럽 및 지중해 지역, 중앙 유럽, 북미 중부, 중미 및 멕시코, 브라질 북서부, 남아프리카를 비롯한 지역들에 적용된다. 다른 지역에서는, (모델 및 건조 지수에 의존한) 가뭄 변화 전망의 불일치성으로 인해 전반적으로 *신뢰수준이 낮다*. 정의 문제가 존재하고, 관측 데이터가 부족하며, 가뭄에 영향을 미치는 모든 요인을 모델에 포함시킬 수 없기 때문에, 가뭄 전망에서는 *보통*보다 높은 신뢰수준은 불가능하다. Figure SPM.5 참고. [3.5.1, Table 3-3, Box 3-3]

하천 홍수의 변화 전망에 대한 *신뢰수준은 낮지만*, 강수 및 기온 변화 전망은 홍수 변화 가능성을 의미한다. *낮은 신뢰수준은 제한적 증거수준*과 지역 변화 등 홍수 원인들의 복잡성에 기인한 것이다. 하지만, 이 설명에는 예외가 존재한다. 전망되는 호우 증가가 일부 유역 또는 지역에서 국지적 홍수 증가의 원인이 될 것이라는 데 대한 *신뢰수준은* (물리적 추론에 근거할 때) *보통이다*. [3.5.2]

평균 해수면 상승이 미래에 극한 연안 고수위의 상승 추세에 기여할 *가능성이 높다*. 해안 침식 및 침수와 같은 악영향을 현재 경험하고 있는 장소들은 모든 다른 기여 요인들이 동일하다면, 해수면 상승으로 인해 미래에도 계속 그러할 것이라는 데 대한 *신뢰수준은 높다*. 극한 연안 고수위 상승에 대한 평균 해수면 상승의 *매우 높은 기여 가능성*은, 열대 저기압 최대 풍속의 *증가 가능성*과 더불어, 열대 군소도서국에 있어 특수한 문제이다. [3.5.3, 3.5.5, Box 3-4]

열파, 빙하 후퇴 및/또는 영구동토 붕괴의 변화가 사면 불안정, 쇄설물의 이동, 빙하호로 인한 붕괴 홍수와 같은 고산지역의 현상에 영향을 미칠 것이라는 데 대한 *신뢰수준은 높다*. 또한, 호우 변화가 일부 지역에서 산사태에 영향을 미칠 것이라는 데 대한 *신뢰수준도 높다*. [3.5.6]

자연적 기후 변동성의 대규모 패턴 변화 전망에 대한 *신뢰수준은 낮다*. 기후 모델에서 몬순의 미래 변화의 부호에 대한 일치가 거의 이루어지지 않기 때문에, 몬순(강우, 순환) 변화 전망에 대한 *신뢰수준은 낮다*. 엘니뇨-남방 진동 변동성 및 엘니뇨 발생빈도 변화에 대한 모델 전망은 일치하지 않으므로 이 현상의 변화 전망에 대한 *신뢰수준은 낮다*. [3.4.1, 3.4.2, 3.4.3]

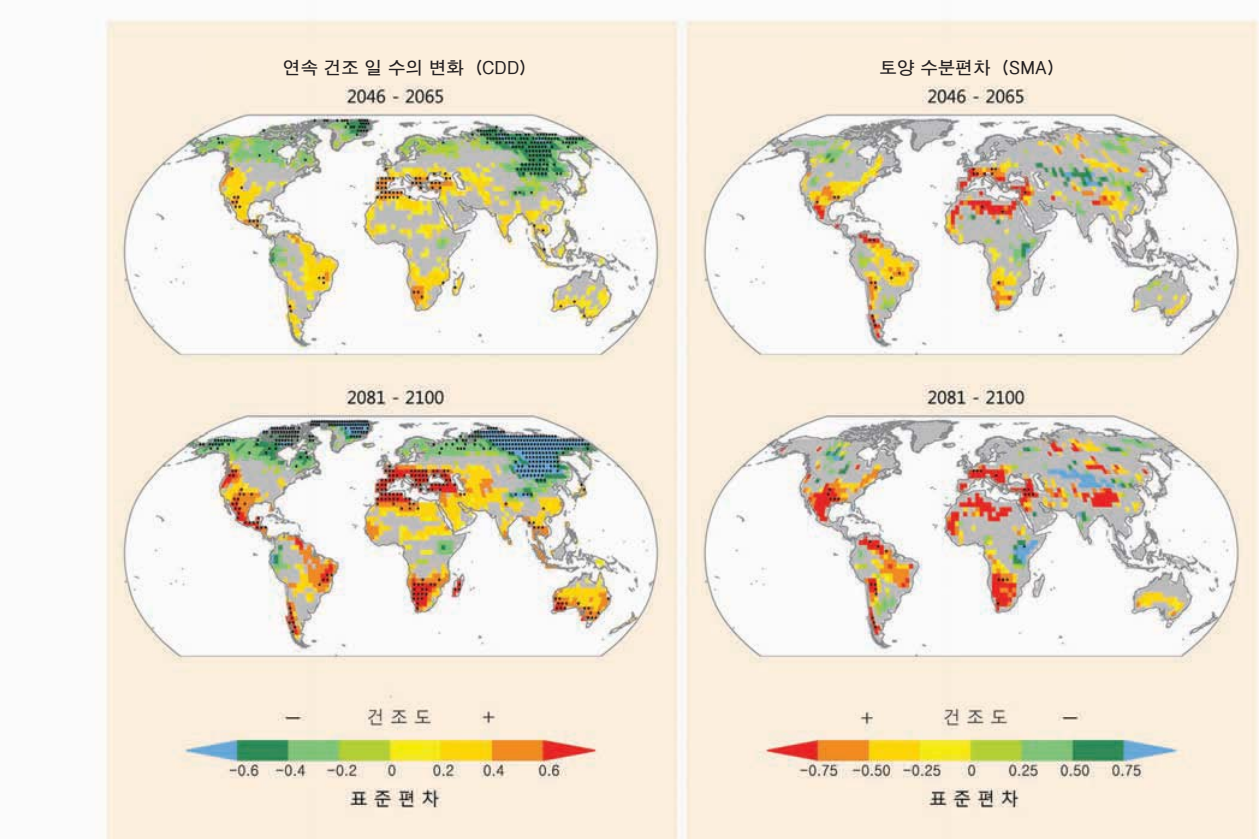


Figure SPM.5: 두 지수에 의거해 평가된 연간 건조 변화 전망. 좌측: 연간 최대 연속 건조 일수(CDD, 강수량 < 1 mm인 일수)의 변화. 우측: 토양 수분(토양 수분 이상, SMA)의 변화. 건조 증가는 노란색~빨간색으로 표시된다; 건조 감소는 초록색~파란색으로 표시된다. 전망된 변화는 3개 20-년 기간, 즉 1980-1999년, 2046-2065년, 2081-2100년에서의 경년 변동성의 표준 편차 단위로 표현된다. 그림들은 20세기 말에 대한 대응 시뮬레이션에 관련된 배출 시나리오 SRES A2 하에서 GCM 시뮬레이션에 근거하여, 2046~2065년과 2081~2100년의 두 시간 지평에 대한 변화를 20세기 말(1980-1999년)의 값들과 비교하여 보여준다. 결과는 CMIP3에 사용되는 17개(CDD) 및 15개(SMA) GCM에 근거한 것이다. 색상 음영은 최소한 모델의 66%(CDD의 경우에는 17개 모델 중 12개, SMA의 경우에는 15개 모델 중 10개)에서 변화의 징후가 일치한 지역들에 적용된다; 최소한 모든 모델의 90% CDD의 경우에는 17개 모델 중 16개, SMA의 경우에는 15개 모델 중 14개)에서 변화의 징후가 일치한 지역에 대해서는 반점이 추가된다. 회색 음영은 모델 간의 일치가 불충분한(<66%) 지역을 표시한다. [3.5.1, Figure 3.9]

인간에의 영향과 재해 손실

극한현상은 물, 농업 및 식량 안보, 임업, 보건, 관광과 같이 기후와 더 밀접한 관련이 있는 부문에 더 큰 영향을 미칠 것이다. 예를 들어, 유역 규모에서 특정 변화를 신뢰할 수 있을 정도로 전망하는 것은 현재 불가능하지만, 기후변화가 물 관리 시스템에 심각한 영향을 미칠 가능성이 있다는 데 대한 *신뢰수준은 높다*. 하지만, 기후변화는 많은 경우에서 미래 변화의 동인 중 하나일 뿐이며, 반드시 국지 규모에서 가장 중요한 동인이 되는 것은 아니다. 기후−관련 극한현상은 기반시설에도 큰 영향을 미칠 것으로 예상되지만, 가능성 및 전망되는 손해에 대한 상세한 분석은 몇몇 국가, 기반시설 유형 및 부문에 국한되어 있다. [4.3.2, 4.3.5]

대부분 지역에서, 일부 극한기후로 인한 경제 손실의 미래 증가의 주요 동인은 사실상 사회경제적 동인일 것이다*(보통 동의수준, 제한된 증거수준*에 근거한 *보통 신뢰수준*). 극한기후는 위험에 영향을 미치는 요소 중 하나임에도 불구하고, 손실의 결정요소로서 인구 변화, 사람 및 자산의 노출, 취약성의 효과를 특별히 정성화한 연구는 거의 없다. 하지만, 이용 가능한 소수의

연구에서는 위험에 노출된 인구 및 자본에 대해 전망되는 변화(증가)에 중요한 역할을 담당함을 강조한다. [4.5.4]

노출 증가는 열대 저기압으로 인한 직접적인 경제 손실의 증가를 야기할 것이다. 손실은 열대 저기압 빈도 및 강도의 미래 변화에도 좌우될 것이다(*높은 신뢰수준*). 온대 저기압으로 인한 총 손실은 증가하겠지만, 일부 지역에서는 감소하거나 변화가 없을 가능성도 있다(*보통 신뢰수준*). 추가 보호 대책이 없는 경우 많은 장소에서 미래 홍수 손실이 증가하겠지만(*높은 동의수준, 보통 증거수준*), 추정되는 변화의 크기는 장소, 사용된 기후 시나리오, 강의 흐름 및 홍수 발생에 대한 영향을 평가하는 데 사용된 방법에 따라 크게 달라진다. [4.5.4]

극한기후와 관련된 재해는 인구 이동 및 재배치에 영향을 미치며, 따라서 이주민 공동체와 원주민 공동체에 영향을 미친다(*보통 동의수준, 보통 증거수준*). 재해가 더 빈번하거나 더 큰 규모로 발생한다면, 일부 지방(local area)은 생계를 유지하거나 삶의 터전으로서의 한계상황에 처할 것이다. 그러한 경우에는, 이동 및 이주가 영구적인 것이 될 수 있으며 이주 지역에 새로운 스트레스가 가해질 수 있다. 환상 산호도(atoll)와 같은 장소에서는, 경우에 따라 많은 주민이 이주되어야 할 가능성이 있다. [5.2.2]

E. 극한기후 및 재해의 변화하는 위험의 관리

기후변화에 대한 적응과 재해 위험 관리는 극한기후 및 재해의 위험을 관리하기 위한 다양한 보완적 대응방안을 제공한다(Figure SPM.2). 대응방안을 효과적으로 적용하고 결합함에 있어 지속가능한 발전의 광범위한 도전을 고려한다면 혜택을 얻을 수도 있다

Low-regrets 대책으로 불리는, 현재 기후와 다양한 미래 기후변화 시나리오 하에서 혜택을 제공하는 대책들은 노출, 취약성 및 극한기후의 추세 전망을 다루는데 있어 출발점으로 이용될 수 있다. 그러한 대책들은 현재 시점에서 혜택을 제공할 수도 있고 전망된 변화에 대응하기 위한 토대를 제공할 수 있다(*높은 동의수준, 보통 증거수준*). 이 Low-regrets 전략 중 많은 전략이 공동-혜택을 산출하고, 생계수단 개선, 인간 복지 및 생물다양성 보전과 같은 다른 개발 목표를 다루는 데 도움이 되며, 부적응의 범위를 최소화하는 데 도움이 된다. [6.3.1, Table 6-1]

가능한 Low-regrets 대책으로는 조기 경보 시스템; 의사결정자와 지방 시민 간의 위험 정보교환; 토지 사용 계획을 포함하는 지속 가능한 토지 관리; 생태계 관리 및 복원이 있다. 다른 Low-regrets 대책으로는 보건 감시, 상수도, 위생 시설, 관개 및 배수 시스템의 개선; 기후변화에 대비한 기반시설의 보강; 건축법의 개발 및 강화; 보다 나은 교육 및 인식이 있다. [5.3.1, 5.3.3, 6.3.1, 6.5.1, 6.5.2] 사례 연구 9.2.11 및 9.2.14와 7.4.3의 평가 참고.

효과적인 위험 관리는, 어떤 한가지 조치나 조치 유형에 특별히 초점이 맞추는 것이 아니라, 위험을 저감 및 이전하고 현상 및 재해에 대응하기 위한 일련의 조치들을 포함한다(*높은 신뢰수준*). [1.1.2, 1.1.4, 1.3.3] 그러한 통합 접근법은 잘 홍보되고 특수한 지방 상황에 맞춰질 때 보다 효과적이다(*높은 동의수준, 강한 증거수준*) [5.1] 성공적인 전략에는 구조적인 사회기반시설-기반 대응과 개인적 및 제도적 능력 구축, 생태계-기반 대응과 같은 비구조적 해법을 결합시키는 것이 포함된다.

다중-위험 관리 접근법은 복잡하고 복합적인 위험을 저감시킬 기회를 제공한다(*높은 동의수준, 강한 증거수준*). 많은 유형의 위험을 고려하면, 한 가지 유형의 위험을 대상으로 하는 위험 저감

노력으로 인해 현재와 미래에 다른 위험에 대한 노출과 취약성이 증가될 가능성이 감소된다. [8.2.5, 8.5.2, 8.7]

재해 위험 관리와 기후변화 적응을 위한 국제적 재원에서 시너지 효과를 창출할 기회가 존재하지만, 아직 완전히 실현되지 않고 있다(*높은 신뢰수준*). 재해 위험 저감을 위한 국제적 재정 지원은 국제적 인도적 대응을 위한 지원 규모와 비교했을 때 아직 상당히 적다. [7.4.2] 재해 위험 저감과 기후변화 적응을 촉진하기 위한 기술 이전 및 협력이 중요하다. 이 두 분야 간에서 기술 이전 및 협력이 충분히 조정되지 못했으며, 따라서 기술 이전 및 협력은 단편적으로 실행되었다. [7.4.3]

국제 수준에서의 더 많은 노력이 지방 수준에서도 반드시 실질적이고 신속한 결과를 유발하는 것은 아니다(높은 신뢰수준). 국제적 규모부터 지방 규모까지에 걸쳐 통합을 개선할 여지가 있다. [7.6]

현지 지식을 추가적인 과학 기술 지식과 통합함으로써 재해 위험 저감과 기후변화 적응을 개선할 수 있다(*높은 동의수준, 강한 증거수준*). 지방 주민들이 변화하는 기후, 특히 극한 기상현상에 대한 그들의 경험을 다양한 방식으로 기록하면, 스스로 생성한 이 지식으로부터 공동체 내부의 기존 능력과 현재 중요한 결점들을 알아낼 수 있다. [5.4.4] 지방 참여는 재해 위험 및 극한기후의 혜택 관리에 대한 공동체 기반 적응을 지원한다. 그러나, 인적 및 금융 자본 가용성의 개선과 지방 이해관계자들에 맞춰진 재해 위험 및 기상 정보의 개선은 공동체 기반 적응을 강화할 수 있다(*보통 동의수준, 보통 증거수준*). [5.6]

적시에 이루어지는 적절한 위험 정보교환이 효과적인 적응 및 재해 위험 관리에 있어 매우 중요하다(*높은 신뢰수준*). 불확실성과 복잡성의 명백한 특성화는 위험에 관한 정보교환을 강화한다. [2.6.3] 위험에 대한 효과적인 정보교환은 모든 이해관계자 집단 간에서 기후 관련 위험에 대한 지식을 교환, 공유, 통합함으로써 이루어진다. 개별 이해관계자들과 단체들 간에서는, 심리 문화적 요인, 가치, 신념에 의해 위험이 인식된다 [1.1.4, 1.3.1, 1.4.2] 7.4.5의 평가 참고.

모니터링, 연구, 평가, 학습, 개선의 반복적 과정이 극한기후 상황에서 재해 위험을 저감하고 적응형 관리를 촉진할 수 있다(*높은 동의수준, 강한 증거수준*). [8.6.3, 8.7] 기후변화는 복잡성, 불확실성, 장기성을 가지므로, 적응 활동은 반복적 위험 관리 전략으로부터 혜택을 얻는다(*높은 신뢰수준*). [1.3.2] 강화된 관측 및 연구를 통해 지식 격차를 해소하는 것은 불확실성을 감소시킬 수 있고 효과적인 적응 및 위험 관리 전략을 설계하는데 도움이 될 수 있다. [3.2, 6.2.5, Table 6-3, 7.5, 8.6.3] 6.6의 평가 참고.

Table SPM.1은 노출, 취약성, 극한기후에서 관측되고 전망되는 추세가 어떻게 위험 관리 및 적응 전략, 정책, 대책에 영향을 미칠 수 있는지에 관한 예를 보여준다. 의사 결정에 있어서의 추세의 중요성은 위험이 관리되는 시공간적 규모에서 그 추세의 크기 및 신뢰도에, 그리고 위험 관리 옵션을 실행하는 데 이용 가능한 능력에 좌우된다(Table SPM.1 참고)

Table SPM.1. 노출, 변동성, 극한기후의 변화 배경에서 위험 관리와 적응을 위한 옵션들의 설명적 예. 각 예에서, 정보는 의사 결정에 직접 관련된 범위에서 특성화된다. 전지구 및 지역적 규모에서 관측되고 전망되는 극한기후 변화는 그 규모에 따라 변화의 방향, 크기 및/또는 확실성의 정도가 다를 수도 있음을 보여준다.

이 예들은 노출, 취약성, 기후 정보, 위험 관리 및 적응 옵션 등에 관한 기본 장에서 증거의 가용성에 근거하여 선택된 것이다. 이 예들은 포괄적인 지역별 정보를 제공하기 보다는 관련 위험 관리 주제들과 범위들을 보여주기 위한 것이다. 이 예들은 노출과 취약성의 지역차를 반영하거나 위험 관리에서의 경험을 보여주기 위한 것이 아니다.

국지적 규모에서 전망된 극한기후변화에 대한 신뢰수준은 지역적 및 전지구의 변화 전망에 대한 신뢰수준보다 흔히 더 제한적이다. 변화에 대한 이러한 제한된 신뢰수준은 노출과 취약성을 저감하고 완전히 제거될 수 없는 위험에 대한 대비와 복원력을 증가시키는 것을 목적으로 하는 low-regrets 위험 관리 옵션들에 초점을 맞춘다. 적응 및 위험 관리 결정에 관련된 범위에서, 전망된 극한기후변화에 대한 더 높은 신뢰수준은 전략, 정책, 대책의 보다 표적화된 조정을 가능하게 한다. [3.1.6, Box 3-2, 6.3.1, 6.5.2]

		공간 규모에 대한 극한기후 정보			
예시	**위험 관리 규모에서의 노출과 취약성**	**전지구** **관측되고(1950년이래)** **전망되는(2100년까지)** **전지구적 변화**	**지역** **관측되고(1950년이래)** **전망되는(2100년까지) 변화**	**위험 관리 규모: 이용 가능한 정보**	**위험 관리 및 적응을 위한 옵션**
열대 소도서 개발도상 국가들에서의 극한 해수면에 관련된 침수	태평양, 인도양, 대서양의 소도서 국가들은 흔히 해발고도가 낮기 때문에 해수면 상승과 침식, 침수, 해안선 변경, 연안 대수층(aquifers)으로의 염수 침입과 같은 영향에 특히 취약하다. 이러한 영향은 생태계 교란, 농업 생산성의 감소, 질병 패턴의 변화, 관광산업과 같은 경제 손실, 인구 재배치를 야기할 수 있다 이들 결과는 모두 극한 기상 현상에 대한 취약성을 강화한다. [3.5.5, Box 3-4, 4.3.5, 4.4.10, 9.2.9]	**관측된 변화:** 평균 해수면 상승과 관련하여 전세계 극한 연안 고수위가 상승했을 *가능성이 높다.* **전망되는 변화:** 평균 해수면 상승이 극한 연안 고수위 상승 추세에 기여할 *가능성이 매우 높다.* 해안 침식과 침수를 현재 경험하고 있는 장소들은, 다른 기여 요인들이 변하지 않는 한, 해수면 상승으로 인해 계속 그러할 것이라는 데 대한 *신뢰수준은 높다.* 열대 저기압의 전지구 빈도가 감소하거나 실질적으로 변하지 않고 유지될 *가능성이 높다.* 평균 열대 저기압 최대 풍속은 증가할 *가능성이 높지만,* 이 증가가 모든 해양 분지에서 나타나지 않을 수도 있다. [Table 3-1, 3.4.4, 3.5.3, 3.5.5]	**관측된 변화:** 조수와 엘니뇨-남방 진동으로 인해 최근 수년간 일부 태평양 도서들에서 극한 연안 고수위와 이와 관련된 홍수가 보다 빈번하게 나타났다. **전망되는 변화:** 극한 연안 고수위 상승에 대한 평균 해수면 상승의 *높은 기여 가능성은* 열대 저기압 최대 풍속의 증가 *가능성과* 더불어, 열대 소도서 국가들에 특수한 문제이다. 열대 저기압에 대한 전지구 전망 정보에 대해서는 전지구 변화 부분 참고 [Box 3-4, 3.4.4, 3.5.3]	지구-기반 관측망은 지역 및 시간 범위가 분산되어 있고 해양 현장 관측망은 제한적이다. 하지만 최근 수 십 년 간 위성-기반 관측은 개선되었다. 폭풍우 변화가 극한 연안 고수위 변화에 기여할 수도 있지만, 현재까지의 연구들에서 제한된 지리적 범위와 폭풍우 변화에 관련된 불확실성은 폭풍 해일에 대한 폭풍우 변화의 효과에 대한 일반적 평가가 현 시점에서 불가능함을 의미한다. [Box 3-4, 3.5.3]	다양한 위험 추세에 대하여 노출과 취약성을 저감하는 Low-regrets 옵션들: ▪ 배수 시스템의 유지보수 ▪ 지하수의 염수 오염을 제한하기 위한 우수한 기술 ▪ 조기 경보 시스템의 개선 ▪ 지역 위험 공동대응 ▪ 맹그로브 보전, 복구, 이식 특수한 적응 옵션으로는, 예를 들면, 국가 경제를 더 기후-독립적으로 만드는 것과 반복적 학습을 수반하는 적응형 관리가 있다. 어떤 경우에는, 예를 들면 폭풍 해일로 인해 완전히 침수된 환상 산호도의 경우에는, 재배치를 고려할 필요가 있을 수도 있다. [4.3.5, 4.4.10, 5.2.2, 6.3.2, 6.5.2, 6.6.2, 7.4.4, 9.2.9, 9.2.11, 9.2.13]
케냐 나이로비 비공식 주거지에서의 돌발 홍수	나이로비 주위의 비공식 주거지에 살고 있는 빈민의 급속한 팽창으로 인해 강 바로 옆에 약한 건자재로 집들이 건설되고 자연 배수 구역이 막혀버렸으며, 그 결과 노출과 취약성이 증가되었다. [6.4.2, Box 6-2]	**관측된 변화:** 홍수의 크기와 빈도에서 관측된 (기후-유발) 변화에 관한 전지구 규모에서의 *신뢰수준은 낮다.* **전망되는 변화:** 제한적 증거수준과 지역 변화의 원인들의 복잡성으로 인해, 홍수 변화 전망에 대한 *신뢰수준은 낮다.* 하지만, 전망되는 호우 증가가 일부 유역 또는 지역에서 강우로 인한 국지적 홍수에 기여할 것이라는 데 대한 *신뢰수준은* (물리적 추론에 근거할 때) *보통이다.* [Table 3-1, 3.5.2]	**관측된 변화:** 불충분한 증거로 인해, 동 아프리카에서의 호우 추세에 대한 *신뢰수준은 낮다.* **전망되는 변화:** 동 아프리카에서 호우 지표의 증가 *가능성이 높다.* [Table 3-2, Table 3-3, 3.3.2]	국지적 돌발 홍수를 전망하는 능력에 한계가 있다. [3.5.2]	다양한 위험 추세에 대하여 노출과 취약성을 저감하는 Low-regrets 옵션들: ▪ 건축 설계 및 규제 강화 ▪ 빈곤 저감 계획 ▪ 전 도시에 걸친 배수 및 하수 설비 개선 나이로비강 복원 및 복구 프로그램(Nairobi Rivers Rehabilitation and Restoration Programme)에는 수변 완충지, 수로, 배수로, 기존 수로의 청소; 현지 기후 변동성 및 변화에의 주의집중과 폐수 기반시설의 설계; 홍수 조기 경보를 위한 환경 모니터링이 포함된다. [6.3, 6.4.2, Box 6-2, Box 6-6]

Table SPM.1 (계속)

		공간 규모에 대한 극한기후 정보			
예시	**위험 관리 범위에서의 노출과 취약성**	**전지구** **관측되고(1950년이래)** **전망되는(2100년까지)** **전지구적 변화**	**지역** **관측되고(1950년이래)** **전망되는(2100년까지) 변화**	**위험 관리 규모: 이용 가능한 정보**	**위험 관리 및 적응을 위한 옵션**
유럽 도시 지역에서의 열파의 영향	노출과 취약성에 영향을 미치는 요인으로는 연령; 선재 건강 상태; 야외 활동 정도; 빈곤과 사회적 고립을 비롯한 사회경제적 요인들; 냉방의 접근성 및 사용; 시민의 심리 및 행동 적응; 도시 기반시설이 있다. [2.5.2, 4.3.5, 4.3.6, 4.4.5, 9.2.1]	관측된 변화: 지구상의 (모든 지역은 아니지만) 많은 지역에서, 20세기 중반 이래 온파 또는 열파의 길이와 발생횟수가 증가했다는 데 대한 신뢰수준은 보통이다. 전지구 규모에서 온난일 및 온난야 발생 횟수가 증가했을 가능성이 매우 높다. 전망되는 변화: 대부분의 육지 지역에서 온파 또는 열파의 길이, 빈도 및/또는 강도가 증가할 가능성이 매우 높다. 전지구 규모에서 온난일 및 온난야의 빈도와 크기가 증가할 것이 사실상 확실하다. [Table 3-1, 3.3.1]	관측된 변화: 유럽에서 열파 또는 온파의 증가에 대한 신뢰수준은 보통이다. 대륙 대부분에서 온난일 및 온난야가 전반적으로 증가했을 가능성이 높다. 전망되는 변화: 유럽에서 열파 또는 온파가 더 빈번하고, 더 길고, 더 강해질 가능성이 높다. 온난일 및 온난야가 증가할 가능성이 매우 높다. [Table 3-2, Table 3-3, 3.3.1]	관측과 전망은 지역 내 특정 도시 영역에 대한 정보를 제공할 수 있는데, 지역 추세와 도시 열섬 효과로 인한 열파의 증가가 예상된다. [3.3.1, 4.4.5]	다양한 위험 추세에 대하여 노출과 취약성을 저감하는 Low-regrets 옵션들: 특히 취약한 집단(예: 노인)에 도달하는 조기 경보 시스템 취약성 지도작성과 관련 대책 행동 권고를 포함하여, 열파 동안 무엇을 해야 하는지에 관한 공공 정보 취약한 집단을 포함하는 사회 보호망의 사용 열파 추세를 반영하는 전략, 정책, 대책의 특수한 조정에는 공중 보건 관심사로서 열파에 대한 의식 고취; 도시 기반구조 및 토지 사용 계획의 변경, 예를 들면 도시 녹지 공간의 증가; 공공 시설용 냉방에 대한 접근의 변경; 발전 및 송전 기반시설의 조정이 포함된다. [Table 6-1, 9.2.1]
미국 및 카리브해 지역에서 허리케인으로 인해 손실의 증가	인구 성장과 재산 가치의 상승으로 인해, 특히 멕시코 연안 지역과 미국의 대서양 연안을 따라, 노출과 취약성이 증가하고 있다. 이러한 증가는 건축 법규의 개선으로 일부 상쇄되었다. [4.4.6]	**관측된 변화:** 열대 저기압 활동에서 관측된 장기(즉, 40년 이상) 증가에 대한 *신뢰수준은*, 관측 능력의 과거 변화를 고려했을 때, *낮다.* **전망되는 변화:** 열대 저기압의 전지구 빈도가 감소하거나 실질적으로 변하지 않고 유지될 *가능성이 높다.* 평균 열대 저기압 최대 풍속은 증가할 가능성이 높지만, 이 증가가 모든 해양 분지에서 나타나지 않을 수도 있다 열대 저기압과 관련된 호우가 증가할 *가능성이 높다.* 전망되는 해수면 상승은 열대 저기압 해일 영향을 더 심화시킬 것으로 예상된다. [Table 3-1, 3.4.4]	전지구 전망에 대해서는 전지구 변화 부분 참고	지구 모델들이 열대 저기압의 발생, 경로, 강도 발달에 관련된 요인들을 정확하게 모의할 수 없기 때문에, 특정 주거지나 다른 장소와 관련하여 변화를 전망하는 모델의 능력은 제한적이다. [3.4.4]	다양한 위험 추세에 대하여 노출과 취약성을 저감하는 Low-regrets 옵션들: ▪ 개선된 건축 법규의 채택 및 시행 ▪ 예측 능력 개선과 개선된 조기 경보 시스템의 구축 (소개 계획과 기반시설 포함) ▪ 지역 위험 공동대응 추세에 관한 기저 변동성과 불확실성이 높은 상황에서는, 학습과 탄력성을 필요로 하는 적응형 관리를 강조하는 것이 옵션에 포함될 수 있다(예: 케이만 군도 국가 허리케인 위원회). [5.5.3, 6.5.2, 6.6.2, Box 6-7, Table 6-1, 7.4.4, 9.2.5, 9.2.11, 9.2.13]
식량 안보 측면에서 서아프리카의 가뭄	덜 진보된 농업 활동은 증가하는 계절적 강우, 가뭄, 극한 기상의 변동성에 대하여 지역을 취약하게 만든다. 취약성은 인구성장, 생태계 파괴, 천연 자원 남용과 빈약한 보건, 교육, 통치 표준에 의해 악화된다 [2.2.2, 2.3, 2.5, 4.4.2, 9.2.3]	**관측된 변화:** 세계 어떤 지역에서는 더 강하고 더 긴 가뭄을 경험했지만 어떤 지역에서는 가뭄이 덜 빈번하거나, 덜 강하거나, 더 짧아졌다는 데 대한 *신뢰수준은 보통이다.* **전망되는 변화:** 일부 계절 및 지역에서 전망된 가뭄 증대에 대한 *신뢰수준은 보통이다.* 다른 지역에서는, 전망의 불일치성으로 인해 전반적으로 *신뢰수준이 낮다.* [Table 3-1, 3.5.1]	**관측된 변화:** 건조현상 증가에 대한 *신뢰수준은 보통이다.* 이전 40년보다 커진 경년 변동성을 특징으로 하는 최근 몇 년간, 사헬 서부는 건조한 상태를 유지했지만 사헬 동부는 보다 습한 상태로 바뀌었다. **전망되는 변화:** 모델 전망에서 징후의 불일치로 인해 *신뢰수준이 낮다.* [Table 3-2, Table 3-3, 3.5.1]	계절 안, 계절, 경년 예측은 시간 규모가 길수록 불확실성이 증가한다. 조기 경보 시스템과 관련하여 모니터링, 장비, 자료가 개선되었다. 하지만 참여 및 위험 인구집단에 대한 정보 전파는 제한적이다. [5.3.1, 5.5.3, 7.3.1, 9.2.3, 9.2.11]	다양한 위험 추세에 대하여 노출과 취약성을 저감하는 Low-regrets 옵션들: ▪ 전통적인 우수 및 지하수 저류 및 저장 시스템 ▪ 물 수요 관리 및 개선된 관개 효율성 척도 ▪ 보전 농업, 윤작, 생계수단의 다양화 ▪ 가뭄에 강한 변종 작물의 사용 증가 ▪ 계절 예측을 가뭄 전망과 통합한 조기 경보 시스템과 연결 서비스를 포함한 통신의 개선 ▪ 지역 및 국가 수준에서의 위험 공동대응 [2.5.4, 5.3.1, 5.3.3, 6.5, Table 6-3, 9.2.3, 9.2.11]

지속가능한 발전의 영향

점진적 단계에서부터 혁신적 변화에 이르는 다양한 조치가 극한기후로 인한 위험을 저감시킴에 있어 필수적이다(*높은 동의수준, 강한 증거수준*). 점진적 단계는 기존 기술, 통치, 가치 체계 내에서 효율성을 개선하는 것을 목표로 하는 반면, 변환은 이들 체계의 기본 속성들의 변경을 포함할 수 있다. 변환이 필요한 경우에는, 적응형 관리 및 학습에 더 역점을 두면 변환이 용이해진다. 취약성이 높고 적응 능력이 낮은 경우에는, 극한기후 변화가 시스템이 혁신적 변화 없이 지속적으로 적응하는 것을 어렵게 만들 수 있다. 취약성은 흔히 저소득 국가 또는 단체에 집중되지만, 고소득 국가 또는 단체 역시 극한기후에 취약할 수 있다. [8.6, 8.6.3, 8.7]

사회, 경제, 환경 지속성이 재해 위험 관리 및 적응 접근법에 의해 강화될 수 있다. 기후변화의 배경에서 지속성의 필수조건은 빈곤을 유발하고 지속시키며 자원에의 접근을 제약하는 구조적 불평등을 비롯한 취약성의 근본 원인을 처리하는 것이다(*보통 동의수준, 강한 증거수준*). 이를 위해서는 재해 위험 관리와 적응을 모든 사회, 경제, 환경 정책 영역에 통합시키는 것이 필요하다. [8.6.2, 8.7]

가장 효과적인 적응 및 재해 위험 저감 조치는, 장기간에 걸쳐 취약성을 저감시키는 것은 물론, 비교적 가까운 시일 내에 개발 혜택을 제공하는 조치이다(*높은 동의수준, 보통 증거수준*). 현재의 의사결정과 다양한 가치, 관심, 미래 우선순위에 연관된 장기 목표 간에는 균형이 존재한다. 따라서 재해 위험 관리와 기후변화 적응에 대한 단기적 인식과 장기적 인식이 조화를 이루기 어려울 수 있다. 조화를 위해서는, 지방 위험 관리 활동과 국가의 제도적 및 법적 틀, 정책, 계획 간의 분리를 극복하는 것이 필요하다. [8.2.1, 8.3.1, 8.3.2, 8.6.1]

변화하는 극한기후 상황에서 복원력 있고 지속가능한 발전을 향한 진보는 여러 가정과 패러다임에 의구심을 가지고 새로운 대응 패턴을 조장하기 위한 혁신을 자극함으로써 효용을 얻을 수 있다(*보통의 동의수준, 강한 증거수준*). 재해 위험, 기후변화 및 기타 스트레스 요인들을 성공적으로 다루기 위해서는, 흔히 전략 개발에의 폭넓은 참여의 수용, 다양한 인식을 결합하는 능력, 사회 관계를 조직하는 대조적 방법이 필요하다. [8.2.5, 8.6.3, 8.7]

기후변화 완화, 적응, 재해 위험 관리 간의 상호작용은 복원력 있고 지속가능한 발전 경로에 중대한 영향을 미칠 수도 있다(*높은 동의수준, 제한적 증거수준*). 특히 완화 목표와 적응 간의 상호작용은 국지적으로 영향을 미치겠지만, 결과는 전지구적일 것이다. [8.2.5, 8.5.2]

지속가능하고 복원력 있는 미래에 대한 무수한 접근법과 경로가 존재한다[8.2.3, 8.4.1, 8.6.1, 8.7] 그러나 사회계 및/또는 자연계에 관련된 임계값 또는 정점을 넘을 때에는 복원력에 대한 한계에 직면하게 되고 적응에 대한 심각한 도전에 직면하게 된다. [8.5.1] 지구 현상에 대한 적응 조치의 선택과 결과에는 다양한 능력과 자원, 그리고 다수의 상호작용 과정이 반영되어야 한다. 조치는 경쟁하는 우선순위 가치와 목표 간의 균형, 그리고 시간에 따라 변할 수 있는 서로 다른 발전 비전에 의해 만들어진다. 반복적 접근법은 발전 경로에 위험 관리를 통합시켜서 시간에 따라 위험 및 위험 측정, 인식, 이해가 변화하면서 다양한 정책 해법을 고려할 수 있도록 한다. [8.2.3, 8.4.1, 8.6.1, 8.7]

Box SPM.2: 불확실성의 처리

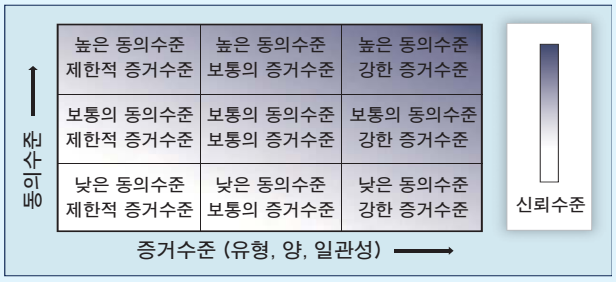
정책결정자를 위한 이 요약보고서는 "제5차 IPCC평가 보고서 주 저자를 위한 일관된 불확실성 처리 지침(Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties)"[6]에 따라, 근본적인 과학적 이해에 대한 저자팀의 평가에 근거한, 중요 결과의 확실성의 정도를 나타내기 위하여 다음 두 가지 지표를 사용한다:

- 증거(예: 기계론적 이해, 이론, 데이터, 모델, 전문가의 판정)의 유형, 양, 질 및 일관성에 근거한, 결과의 타당성과 합의 수준에서의 확실성. 확실성은 정성적으로 표현된다.
- (관측 또는 모델 결과나 전문가 판정의 통계적 분석에 근거하여) 확률통계적으로 표현된 결과의 불확실성의 정량화된 척도

이 지침은 제3차 및 제4차 IPCC 평가보고서를 뒷받침하기 위해 제공된 지침을 개정한 것이다. 이 보고서에서의 결과의 불확실성 평가와 IPCC AR4에서의 결과의 불확실성 평가를 직접 비교하는 것이 불가능하지는 않다 할지라도, 불확실성에 대한 개정 안내문의 적용, 새로운 정보의 가용성, 증진된 과학적 이해, 계속된 자료 및 모델의 분석, 평가된 연구에 적용된 방법론에서의 특수한 차이로 인해 사실상 어렵다. 일부 극한기후의 경우, 평가가 서로 다른 측면에 대하여 이루어졌기 때문에 직접적인 비교는 부적절할 것이다.

각 중요 결과는 관련 증거수준 및 동의수준에 대한 저자팀의 평가에 기초한 것이다. 신뢰수준 지표는 증거수준과 동의수준에 대한 평가를 통해 결정되는 것과 같이, 결과의 타당성에 대한 저자팀의 판단을 정성적으로 종합한다. 불확실성이 확률통계적으로 정성화될 수 있다면, 저자팀은 보정된 가능성 용어나 보다 정확한 확률 표현을 사용하여 결과를 특성화할 수 있다. 별도로 표시되지 않는다면, *높은 또는 매우 높은* 신뢰수준은 저자팀이 가능성 용어를 부여한 결과와 관련이 있다.

이용 가능한 증거를 묘사하기 위하여 다음 요약 용어를 사용한다; *제한적, 보통, 강한*; 동의수준에 대해서는 다음 용어를 사용한다: *낮은, 보통, 높은*. 신뢰수준은 다음의 다섯 가지 수식어를 사용하여 표현한다: *매우 낮은, 낮은, 보통, 높은, 매우 높은*. 아래 그림은 증거수준 및 동의수준에 대한 요약 설명과 증거수준 및 동의수준과 신뢰수준과의 관계를 보여준다. 이 관계에는 유연성이 있다; 주어진 증거수준 및 동의수준 설명에 대하여, 다양한 신뢰수준이 부여될 수 있지만, 증거수준과 동의수준의 증가는 신뢰수준의 증가와 관련이 있다..



증거수준 및 동의수준의 표현 및 그 표현들과 신뢰수준과의 관계.
신뢰수준은 명암의 강도 증가로 표시된 것과 같이 오른쪽 상단으로 갈수록 증가한다. 일반적으로, 증거수준은 일관되고 독립적인 다수의 높은 수준의 증거가 있을 때 가장 강하다.

평가된 가능성은 다음 용어들을 사용하여 표현하였다:

용어*	결과 발생가능성
사실상 확실한(Virtually certain)	99-100% 확률
가능성 매우 높은(Very likely)	90-100% 확률
가능성 높은(Likely)	66-100% 확률
가능성이 반반인 (About as likely as not)	33-66% 확률
가능성 낮은(Unlikely)	0-33% 확률
가능성 매우 낮은(Very unlikely)	0-10% 확률
사실상 가능성 없는 (Exceptionally unlikely)	0-1% 확률

*AR4에서 제한된 경우에서 사용되었던 추가 용어들 (극히 가능성 높은 : 95-100% 확률, 가능성이 반 이상인 : >50-100% 확률, 극히 가능성 없는 : 0-5% probability)이 적절한 경우에 사용될 수도 있다.

[6] Mastrandrea, M.D., C.B. Field, T.F. Stocker, O. Edenhofer, K.L. Ebi, D.J. Frame, H. Held, E. Kriegler, K.J. Mach, P.R. Matschoss, G.-K. Plattner, G.W. Yohe, F.W. Zwiers, 2010: *Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Geneva, Switzerland, www.ipcc.ch.

전 문 감 수

권원태(국립기상연구소)　이회성(IPCC 부의장)　정태성(국립방재연구원)
이병국 · 명수정(한국환경정책·평가연구원)

IPCC 특별보고서

극한현상 및 재해 위험 관리

정책결정자를 위한 요약보고서(SPM)

IPCC Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Adaptation

Summary for Policymakers

발　행 : 기상청
발행일 : 2012년 2월 29일
편　집 : 기상청 기후과학국 기후정책과
서울특별시 동작구 기상청길 45
- **전화:** 02-2181-0392
- **팩스:** 02-2181-0469
- **이메일:** kmacp@korea.kr

SPECIAL REPORT OF THE
INTERGOVERNMENTAL PANEL
ON CLIMATE CHANGE

ipcc

WMO UNEP