



녹색기술 이슈 분석 리포트 | 2018-03호

Green-Tech Issue Analysis Report

IPCC 1.5°C 보고서의 함의 및 시사점 분석

저자 | 김형주, 명수정, 윤진호, 손범석

Contents

| | |
|---------------------|---|
| I. 연구 배경 및 목적 | 1 |
|---------------------|---|

| | |
|-------------------------------------|---|
| II. IPCC 1.5℃ 상승 특별보고서의 발간 배경 | 3 |
|-------------------------------------|---|

| | |
|---------------------------------------|---|
| III. IPCC 1.5℃ 보고서의 주요이슈 및 논의내용 | 5 |
|---------------------------------------|---|

| | |
|---------------------------------------|----|
| 1. 기후변화에 대한 현황과 전망 | 5 |
| 2. 1.5℃ 상승시 예상되는 영향과 2℃ 상승과의 비교 | 6 |
| 3. 2100년까지 1.5℃ 제한 방법 및 비용 전망 | 9 |
| 4. 지속가능발전 목표와의 관계 | 11 |

| | |
|--------------------|----|
| IV. 시사점 및 결론 | 13 |
|--------------------|----|

| | |
|--|----|
| 1. 에너지 공급 | 13 |
| 2. 기술혁신, 투자확대 및 정책 측면의 행동 가속화를 통한 시스템 전환 필요 .. | 13 |
| 3. 기후변화 적응 노력 및 한계 | 14 |
| 4. IPCC 6차 보고서와의 연계성 | 16 |

| | |
|------------|----|
| 참고문헌 | 17 |
|------------|----|

그림 목차

| | |
|--|----|
| [그림 1] IPCC의 구성 | 1 |
| [그림 2] 전 지구 평균온도 변화(관측값 및 예측범위) | 5 |
| [그림 3] 다섯 가지 큰 이유에 대한 위험도의 정도 | 6 |
| [그림 4] 1.5℃ 이내 상승 억제에 대한 4가지 경로별 특성 | 11 |
| [그림 5] 지속가능발전 목표들 (SDGs) 과 1.5℃ 이내 상승에 대한 관계의 정리 | 12 |
| [그림 6] 적응과 변혁적 적응의 사례 | 15 |
| [그림 7] 기후변화의 회복력 있는 발전 과정 | 15 |

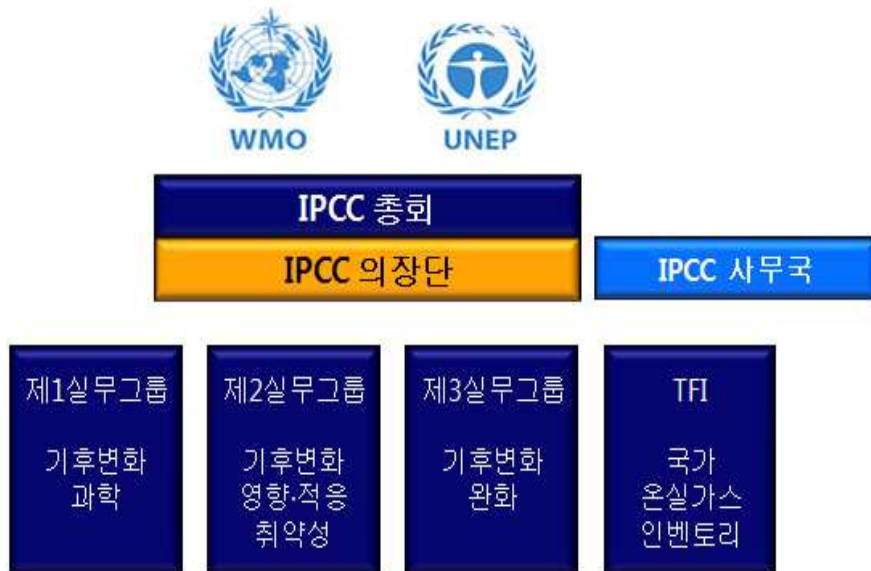


I 연구 배경 및 목적

IPCC¹⁾는 전지구적인 위기인 기후변화에 대처하기 위해 세계 기상기구(WMO)와 유엔환경계획(UNEP)이 1988년 공동으로 설립한 국제기구로서, 기후변화에 대한 과학적 규명을 목적으로 하는 기관이다.

IPCC에는 2018년 10월 현재 총 195개의 회원국이 참여하여 매년 정기적으로 총회를 개최하고 있으며, 2018년 10월에 열린 48차 총회는 우리나라 인천에서 개최되었다.

IPCC의 구성을 보면 의장단(Bureau), 실무그룹(WG: Working Group), T/F 및 사무국 등으로 구성되어 있다. 평가보고서의 작성은 3개의 실무그룹과 1개의 T/F가 있으며, 실무그룹은 각각 2명의 공동의장 및 기술지원부(TSU : Technical Support Unit)로 이루어진다.



[그림 1] IPCC의 구성

1) Intergovernmental Panel on Climate change; 기후변화에 관한 정부간 협의체

IPCC에서 발간하는 「IPCC 평가보고서」는 전세계 과학자가 공동으로 작업하여 발간하는 것으로서, 기후변화에 대한 과학적 근거와 정책방향을 제시하고 유엔기후변화협약(UNFCCC)에서 국제협상의 근거자료로서 활용되고 있다.

평가보고서는 현재까지 총 5회 발간되었으며, 2022년 6차 평가보고서가 발간될 예정이다.

〈IPCC 평가보고서와 활용 내용〉

| 보고서 회차 | 활용 내용 |
|----------------|-------------------------------------|
| 제1차 평가보고서('90) | 유엔기후변화협약(UNFCCC) 채택('92) |
| 제2차 평가보고서('95) | 교토의정서 채택('97) |
| 제3차 평가보고서('01) | 교토의정서 이행을 위한 마라케시합의문 채택('01) |
| 제4차 평가보고서('07) | 기후변화 심각성 전파 공로로 노벨평화상 수상(앨 고어 공동수상) |
| 제5차 평가보고서('14) | 파리협정 채택('15) |

자료: 기상청 기후정보 포털 웹페이지

본 보고서가 대상으로 하는 「IPCC 1.5도 특별보고서」는 UNFCCC 제21차 당사국회의 결정문에 근거하여 작성된 것이며, 지구의 기온 상승을 1.5°C 이내로 제한해야 하는 이유와 이를 위해서는 어떠한 노력이 필요한가에 대해 기술되어 있다.

본 이슈분석보고서는 심각해지는 기후변화에 대응하는 차원에서 IPCC가 최근 발간한 특별보고서가 어떤 함의를 가지고 있는지를 분석하고 시사점을 도출하고자 한다.



II

IPCC 1.5°C 상승 특별보고서의 발간 배경

2018년 10월 인천 송도에서 제48차 IPCC 총회가 개최되었다. 이번 총회의 가장 큰 의의는 유엔기후변화협약 제21차 당사국총회에서 IPCC에 이례적으로 요청한 1.5°C 영향과 온실가스 배출경로에 대한 1.5°C 상승에 대한 특별보고서 (Special Report on 1.5 degree warming)의 정책결정자를 위한 요약보고서(SPM, Summary for Policymakers)를 승인했다는 것이다. 산업화대비 지구 평균온도 1.5°C 상승은 기후변화를 막기 위해 체결된 파리협약 이후의 기후변화와 관련된 다양한 국제논의와 협상에 있어서 근거 자료가 된다는 점에서 특히 중요한 의미를 가지고 있다.

올해 설립 30주년을 맞게 된 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change; 기후변화에 관한 정부간 협의체)는 WMO(World Meteorological Organization; 세계기상기구)와 UNEP(United Nations Environmental Program; 유엔환경계획)이 1988년에 공동 설립한 국제기구로, 기후변화의 원인, 영향, 저감 등에 관한 과학적 규명과 평가를 가장 큰 목표로 삼고 있다. 전 세계 과학자가 참여해 발간하는 IPCC의 평가보고서는 기후변화에 관한 과학적 근거를 바탕으로 정책방향을 제시하는 역할을 수행하며 유엔기후변화협약 등 관련 논의에서 국가 간 협상의 근거자료로 활용된다.

이러한 역사적인 배경과 기후변화 심화에 따른 온실가스 감축의 시급성에 대한 국제적 인식 속에서 2015년 유엔기후변화협약 제21차 당사국총회에서 파리협정이 체결되었다.

아프리카 국가나 군소도서국 등 기후변화에 특히 취약한 개도국들은 지구평균온도 상승의 상한선을 2°C 목표로 하는 것에 만족하지 않고 궁극적으로는 1.5°C 상한선을 추구하여야 한다는 것을 주장하였으나, 당시 1.5°C 상승에 대한 과학적 연구와 기반이 충분하지 않아 이를 뒷받침할 과학적 근거가 필요하다는 공감대가 형성되게 되었다. IPCC는 1.5°C 상승 전반에 관한 평가보고서의 작성에 대한 유엔기후변화협약의 요청을 받아들여 제6차 평가보고서 작성 이전에 본 특별보고서를 완료하기로 결정하게 되었다.

산업화 이전 수준 대비 1.5°C 높은 기후변화의 영향 및 관련 온실가스 배출 경로에 대한 특별보고서를
2018년 내에 제공

UNFCCC 제21차 당사국 회의 결정문

1.5°C 보고서는 지구 평균기온이 1.5°C 상승했을 때 어떤 영향이 발생하고 1.5°C 상승 목표를 달성하기 위해 어떤 노력이 필요한지에 대한 종합적 평가를 목표로 작성되었다.

IPCC는 이번 보고서에서 세 가지 모델을 사용하여 그 결과를 제시하였다. 기후예측모델은 기후변화의 원인과 그 영향에 관해 모의하였고, 기후변화영향모델은 온도상승, 해수면 상승, 강수량, 적설량 차이 등의 데이터를 취합해 인간 거주상황에서의 영향을 모의하였으며, 마지막으로 사회경제적 모델은 온실가스의 증가량을 예측하고 얼마나 줄여야 하는지에 대해 모의하였다.

본 특별보고서는 정책결정자를 위한 요약서(SPM, Summary for Policy Makers)와 5개의 장으로 구성된다. 제1장은 전체적인 맥락과 틀을 소개하며, 제2장은 1.5°C에 부합하는 감축경로를, 제3장은 1.5°C 기온 상승이 인간과 자연계에 미치는 영향을, 제4장은 지구적 차원의 노력 강화를, 그리고 마지막 제5장은 지속가능한 개발, 빈곤퇴치 그리고 불균형의 제거를 다루고 있으며 전체적으로 지속가능발전목표와 대응 옵션을 연계하고자 하였다. 또한 지속가능한 발전과 빈곤퇴치를 위한 지구적 차원의 대응강화에 대해 다루고 있다.

〈IPCC 48차 총회와 1.5°C특별보고서 SPM〉



자료: (사진) 중앙일보(<https://news.naver.com/main/read.nhn?oid=025&aid=0002854744>)

1.5°C보고서가 가장 중점을 둔 부분은 지구 평균기온의 1.5°C 이상의 상승의 영향이 얼마나 큰지를 밝히는 것이라 할 수 있으며 1.5°C로 제한하는 접근의 이점을 2°C상승과 비교함으로써 지구평균 온도상승을 1.5°C로 제한하여야 한다는 점을 명확히 제시하고 있다. 즉, 1.5°C 상승과 2°C 상승에 따른 영향의 차이가 가장 큰 쟁점이라고 볼 수 있으며, 1.5°C 상승으로 제한하기 위한 부문별 목표를 달성하기 위해 어떠한 노력이 필요한지 과학적인 근거를 제시하였다고 할 수 있다.

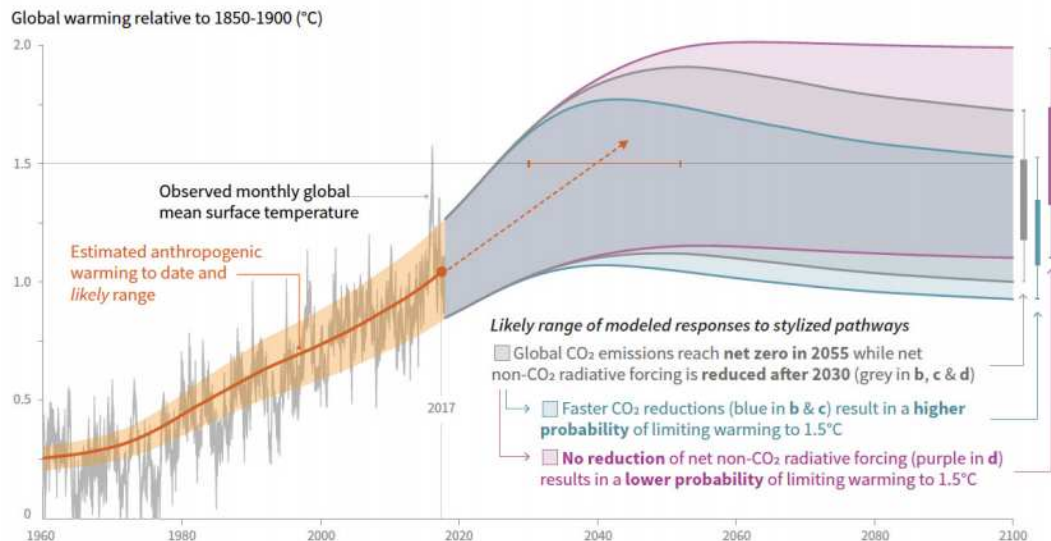


III IPCC 1.5°C 보고서의 주요이슈 및 논의내용

1. 기후변화에 대한 현황과 전망

현재까지 인간활동에 의한 지구 평균기온은 산업화 이전(1850년-1900년) 대비 약 0.8°C에서 1.2°C 정도 상승하였고, 인위적인 기후변화로 인해 지구 평균기온은 10년마다 약 0.1°C에서 0.3°C 가량 증가세를 보이고 있다. 현재 추세가 지속된다면 2030 ~ 2052년 사이 기후변화로 인한 기온상승이 1.5°C를 초과할 전망이다.

지구 평균기온 감축을 위한 세 가지의 시나리오와 각각의 지구 평균기온 반응은 다음과 같다.



[그림 2] 전 지구 평균온도 변화(관측값 및 예측범위)

자료: IPCC(2018), Global Warming of 1.5°C - Summary for Policymakers -

※ HadCRU²⁾, GISTEMP³⁾, NOAA⁴⁾ 등에서 관측한 전 지구 평균온도 및 인간활동에 의한 기후변화의 정도에 대한 예측 과 그 정도, 그리고 1.5°C 상승에 대한 예측을 나타냄

※ 세 가지의 미래 예측에 대한 전망: (1) 2020년부터 CO₂의 감축이 시작되어 2055년 net carbon zero가 달성되는 가상의 시나리오 (회색 영역), (2) 좀 더 적극적이며 이른 시간부터의 CO₂ 감축의 시나리오에 대한 지구기온 전망 (청색 영역), (3) 2030년 이후 이산화탄소 이외의 가스로 인한 강제력이 변하지 않으며 (non-CO₂ forcing) 2055년에 CO₂의 순배출량 (net CO₂ emissions) 감축이 0이 되었을 때의 지구기온 변화 전망 (보라색 영역)

2) 기후변화를 추정하는 데 있어 많이 쓰이는 자료로서, 전 지구의 평균온도 추정을 위해 지상온도 실측자료인 CRU(Climatic Research Unit)자료와 해들리센터(Hadley Center)에서 제공하는 해양선박 및 해양 부이자료를 후처리하여 제공하는 해수면 온도자료를 결합하여 만든 자료임

3) GISS Surface Temperature Analysis; 미 항공우주국(NASA) 고다드 우주과학연구소(GISS)가 발표하는 기상변화 예측분석 모델

4) National Oceanic and Atmospheric Administration; 미국 해양대기청

- (1) 2020년부터 CO₂의 감축이 시작되어 2055년 net carbon zero 달성되는 가상의 시나리오 (회색 영역)
- (2) 좀 더 적극적이며 이른 시간부터의 CO₂ 감축의 시나리오에 대한 지구기온 전망 (청색 영역)
- (3) 2030년 이후 이산화탄소 이외의 가스로 인한 강제력이 변하지 않으며 (non-CO₂ forcing) 2055년에 CO₂의 순배출량 (net CO₂ emissions) 감축이 0이 되었을 때의 지구기온 변화 전망 (보라색 영역)

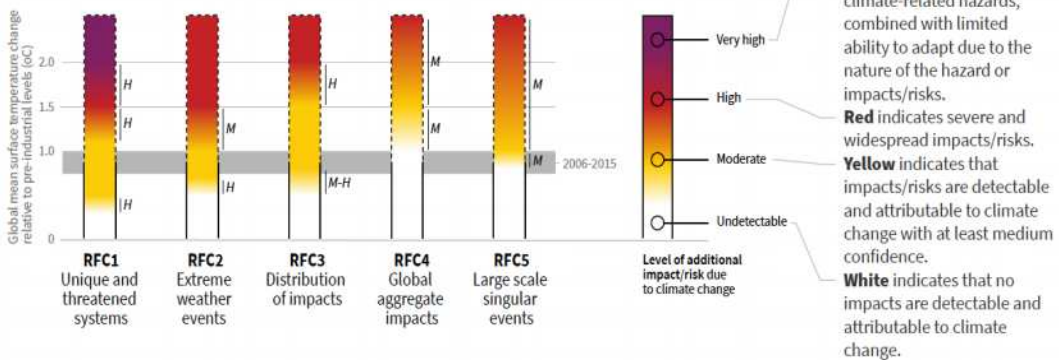
지구 평균온도 1.5°C 상승 시 대부분의 지역에서 평균 온도가 상승할 전망이며, 거주 지역 대부분에서 극한 고온이 발생함과 동시에 일부지역에서는 호우 및 가뭄이 증가할 것으로 예측된다. 해양보다는 육지에, 그리고 사회적으로 빈곤계층과 사회적 약자에게 미치는 영향이 더 클 것으로 예상된다.

2. 1.5°C 상승시 예상되는 영향과 2°C 상승과의 비교

1.5°C 상승 보고서에서는 기후변화가 미치는 영향을 인류, 경제, 생태계의 큰 분류에서 다섯 가지 큰 이유(Reasons For Concerns; RFCs)에 대해서 정리하고 있다.

Five Reasons For Concern (RFCs) illustrate the impacts and risks of different levels of global warming for people, economies and ecosystems across sectors and regions.

Impacts and risks associated with the Reasons for Concern (RFCs)



[그림 3] 다섯 가지 큰 이유에 대한 위험도의 정도

자료: IPCC(2018), Global Warming of 1.5°C – Summary for Policymakers –



- (1) RFC1: 위협받는 시스템 (Unique and threatened systems): 지리적인 특이점으로 많은 피해가 예상되는 지역 및 지점, 특히, 산호초, 북극, 육빙 등의 지역을 들 수 있음
- (2) RFC2: 특이기상현상 (Extreme weather events): 폭염, 폭우, 가뭄, 산불, 홍수
- (3) RFC3: 영향의 확산 (Distribution of impacts):
- (4) RFC4: 전 지구적인 피해 (Global aggregate impacts): 전 지구적인 경제피해, 생태계, 종다양성에 대한 피해
- (5) RFC5: 대규모의 특이 현상 (Large-scale singular events): 남극과 그린랜드의 육빙

인간과 자연 생태계 전체에 대한 기후관련 위험도는 지구 평균온도가 1.5°C 상승할 경우, 현재보다는 높으나 2°C 상승에 비해서는 낮아질 것임을 높은 신뢰수준에서 예측하였다. 위험도는 기온 상승의 정도, 지리적인 위치, 개발과 위험도 등에 따라 다를 수 있다. 기온 상승과 이에 따른 영향은 이미 관측된 바 있으며 육상/해양 생태계에서도 이러한 피해가 나타나고 있음을 높은 신뢰수준에서 확인하였다.

2100년까지 지구 평균기온 1.5°C 상승을 안정화 시키는 시나리오에서는 2050년 이후 1.5°C 이상 기온이 상승했을 때 1.5°C 상승으로 안정화시키는 시나리오 보다 많은 피해가 발생할 수 있음을 높은 신뢰도로 확인할 수 있다. 이러한 피해가 지속적으로 발생할 수도 있으며 심한 경우 회복 불가능할 수도 있다. 기온 상승에 대한 적응과 대응은 이미 이루어지고 있으며 이러한 노력이 좀 더 확산될 경우 기후변화로 인한 피해를 줄일 수 있을 것으로 확신하고 있다.

여러 가지 피해상황에 대한 비교 정리는 다음과 같다.

(1) 온도와 강수량

1.5°C 상승과 2°C 상승의 차이는 전 지구 평균온도에서는 뚜렷하게 나타남을 확인하였다. 전 지구 평균 온도 외에 다양한 극한기상/기후 현상에서의 차이도 일부 지역에서 뚜렷하게 나타났다. 폭염의 강도는 1.5°C 상승할 경우 약 3°C 정도의 추가적인 온도상승이 있지만, 2°C 상승할 경우에는 약 4°C 정도의 추가효과가 있을 것으로 전망된다. 이 외에도 열대야의 증가, 폭염 일수의 증가 등은 높은 신뢰수준에서 2°C에서 증가세가 더 뚜렷하게 보인다. 강수량에 대해서는 중간 수준의 신뢰수준에서 피해상황을 예측하였다. 가뭄이나 폭우 등 강수량이 감소 혹은 증가했을 때, 2°C 상승했을 때 피해가 1.5°C 상승에 비해 클 것으로 전망된다.

기후변화에 대한 전망과 잠재적 영향 및 관련 리스크는 지역 간 차이가 있다. 육상과 해양 모두에서의 평균온도 상승과 인간 정주지에서의 극한 고온과 호우의 증가 및 물 부족과 가뭄이 모두 늘어날 것으로 전

망된다. 또한 열대저기압으로 인해 호우가 증가하여 홍수 피해 면적이 증가할 것이며, 가뭄에 대한 강도와 빈도가 증가할 전망이다.

(2) 해수면 상승

2100년까지 1.5℃ 상승할 경우 2.0℃ 상승에 비해 해수면이 약 0.1미터 정도 덜 오를 것으로 전망되고 있으나 이는 중간 정도의 신뢰수준에 그친다. 해수면 상승은 2100년 이후에도 꾸준히 증가할 것으로 전망되고 있으며 이는 시나리오에 따라 편차가 존재한다.

해수면상승의 속도는 비교적 느리므로 적응의 기회가 충분히 있을 것으로 보인다. 1.5℃ 상승의 경우 2100년까지 0.26미터에서 0.77미터 정도의 해수면 상승을 전망하고 있으며 이는 2.0℃ 상승에 비해 약 0.1미터 적은 수치로 약 천만 명 정도의 인구가 덜 피해를 볼 것으로 전망된다. 그러나 군소 도서국에 대한 해수면 상승의 위협은 가중될 것으로 예상된다.

적응의 관점에서 볼 때 역시 기온 상승을 2℃로 제한하는데 비해 1.5℃로 제한하는 것의 이점이 크다. 1.5℃로 제한할 경우 2100년까지 전 지구 해수면 상승은 0.1m 더 낮게 상승할 수 있으며, 육상 생태계의 생물다양성에 미치는 영향이 줄어들 수 있고, 해양의 온난화와 산성화를 완화시켜주며, 또한 해양의 산소 농도를 증가시킬 수 있다.

(3) 종다양성 등 생태계에 대한 피해

종다양성 등 육상생태계에 대한 피해 역시 2℃ 상승에 비해 1.5℃ 상승시의 피해가 더 적음을 높은 신뢰수준에서 전망하였다. 산불 등으로 인한 피해 역시 1.5℃ 상승이 2℃ 상승에 비해 현저히 줄어들 것으로 높은 신뢰수준에서 예측되었다.

기후변화로 인해 북극에서 빙하가 녹고 따뜻해진 해수역의 산호초 생태계가 영향을 받고 있으나, 기온 상승을 1.5℃로 제한할 경우 해양의 생물다양성과 어장, 생태계 및 생태계서비스와 생태계의 기능에 대한 리스크가 2℃ 기온 상승에 비해 줄어들 수 있다. 연간 어업 수확량은 1.5℃로 제한할 경우 150만 톤이 감소하나 2℃로 제한할 경우에는 300만 톤이 감소하고, 육상생태계의 경우 1.5℃ 제한은 생물다양성의 감소와 멸종을 완화시켜 보다 많은 생태계서비스를 제공할 수 있다.

(4) 해수 온도, 해양의 산성화 등에 대한 영향

해수 온도를 포함한 여러 가지 인자들이 1.5℃ 상승이 2.0℃ 상승에 비해 적은 피해를 일으킬 것으로 높은 신뢰수준에서 예측하였다. 북극해의 해빙이 없어질 확률 역시 1.5℃ 상승이 2.0℃ 상승에 비해 현저히



줄어들 것으로 높은 신뢰수준에서 전망하였다. 그러나 해양의 산성화는 높은 신뢰수준에서 2.0℃ 상승에 비해서는 정도가 작지만 1.5℃ 상승에서도 심화될 것으로 전망되었다.

(5) 식량 및 건강 등에 대한 영향

2℃에 비해 1.5℃상승은 물 부족에 노출되는 인구를 50% 줄일 수 있다. 세계경제성장에 대한 리스크도 1.5℃로 제한할 경우 줄어들게 된다. 특히, 열대와 남반구 아열대국가의 경제성장에 가장 큰 영향을 줄 것으로 전망된다. 1.5-2℃ 상승 구간에서 기후와 관련된 리스크가 증가하며, 아프리카와 아시아 지역에서의 빈곤노출과 취약성이 증가하게 된다. 이는 에너지, 식생, 물 분야의 리스크가 복합적으로 발생하여 새로운 리스크 형태로 나타나고 취약성이 증가된다.

기온의 상승폭을 1.5℃로 제한하더라도 이것이 기후변화의 리스크를 없애는 것이 아니라 여전히 리스크가 존재하며 극복하기 어려운 한계가 존재한다. 이는 건강, 식량안보와 물 공급 및 경제성장에 대한 리스크 증가로 기후 위험에 노출되는 인구와 지역에 있어 불균형을 보인다. 기후 위험에 노출되는 인구는 주로 사회취약계층과 토착민과 농어업 종사자 그리고 지역으로는 북극생태계, 건조지역, 군소도서국 등이 이에 해당되며, 1.5℃로 제한할 경우 기후위험에 노출되는 인구는 2050년까지 최대 수억 명을 줄일 수 있다.

건강에 미치는 1.5℃ 이내 기온상승 제한의 영향은 고온과 대기 중 오존농도에 따른 사망률을 줄일 뿐 아니라 말라리아와 뎅기열 등 질병과 관련된 리스크를 감소시킨다. 식량안보의 경우 2℃의 기온상승은 특히 사하라 이남 아프리카, 동남아시아, 중남미 지역에서 옥수수, 쌀, 밀 등의 곡물수확량을 저하시키며, 이는 곧 단백질, 미량 원소 및 비타민 B와 같은 영양분의 저하로 이어져 60억 인구의 건강에 영향을 미치게 될 것이다. 그리고 가축은 기후변화로 인해 사료의 질, 질병, 수자원 가용성에 부정적인 영향을 입게 될 것이다.

3. 2100년까지 1.5℃ 제한 방법 및 비용 전망

1.5℃의 상승 억제를 위해서는 에너지, 토지, 도시 및 기반시설 (수송과 건물 포함)과 산업 시스템에서 속도 있고 광범위한 전환이 필요하다.

IPCC 1.5℃ 특별보고서에 따르면, 전 지구 인위적 CO₂ 순 배출량은 2030년까지 2010년 대비 최소 45% 감소가 필요하며, 2050년경에는 net zero에 도달하는 것이 필요하다.

메탄과 블랙카본 배출량의 대폭적인 저감 (2050년까지 2010년 대비 35% 이상)이 필요하고 특히

Non-CO₂ 감축을 위해 폐기물 부문의 아산화질소와 메탄 배출량 감축이 중요하다.

한편 본보고서의 분석에 따르면 에너지 생산 측면에서는 에너지 효율 개선 등과 함께 재생가능한 에너지가 2050년 전체 전력의 3/4정도 될 것으로 전망되며, 이산화탄소포집 및 저장(CCS)기술을 활용한 화석연료와 원자력 발전의 비중은 증가하고 석탄의 비중은 거의 0%에 가깝게 대폭 축소되어야 할 것으로 예상된다.

소비측면에서는 산업부문의 CO₂ 배출량은 2010년 대비 75-90% 감소되고 2050년 건물부문의 에너지 수요에서 전력이 차지하는 비중은 55~75%, 수송부문에서는 저배출 최종 에너지원의 비중이 2020년 5% 미만에서 2050년 35~65%로 상승이 필요하다. 이러한 CO₂ 배출량 감소는 여러 기술들의 조합을 통해 달성 가능하나, 경제적, 재정적, 인적 역량, 제도적 요인에 의해 제약될 수 있다.

농업/산림 측면에서는 2010년 대비 2050년에는 50~800만 ㎥의 초지와 0~500만 ㎥의 식량과 사료작물 생산을 위한 초지를 제외한 농경지가 100만~700만 ㎥의 에너지 작물 경작지로 전환되고, 산림면적은 -100~+1000만 ㎥에서 변화가 예상된다. 이러한 전환을 위해서는 지역별로 상이한 사회경제적, 제도적, 기술적, 재정적, 환경적 장벽 극복이 필요하다.

투자액 측면에서는 에너지 공급부문에 연평균 1조 6,000억~3조 8,000억 달러, 에너지 수요부문에 7,000억~1조 달러의 투자액이 필요하다. 저탄소 에너지 기술과 에너지 효율에 대한 평균 연간 투자는 2015년 대비 2050년까지 약 5배의 증가가 필요하다. 1.5℃ 경로를 달성하는 한계감축비용은 기후변화를 2℃ 미만으로 제한하는 경로보다 비해 약 3~4배 높다.

2100년까지 전 지구 평균온도를 1.5℃ 상승 이내로 제한하기 위해 탄소배출량은 약 250-350억 CO₂톤까지 감축되어야 할 것으로 전망된다. 파리협정에 따른 국가별 감축목표를 이행할 경우 2030년 연간 온실가스 배출량은 520억~580억 CO₂톤에 이를 것으로 추정되며, 이는 산업화 이전 대비 3℃ 정도의 기온상승 폭을 가져올 것으로 예상된다. 지구 평균온도를 1.5℃ 상승으로 제한하기 위해서는 2050년까지 전 지구 CO₂ 총 배출량이 net zero⁵⁾가 되어야 하며, 이를 위해서는 1000억 - 1조 CO₂ 톤의 CO₂ 흡수 (CDR; Carbon Direct Removal)가 필요하다. 아울러 CO₂ 외에도 온실가스로 알려진 메탄(CH₄), 에어로졸의 배출량 감축도 병행되어야 한다.

주요 감축 수단으로는 에너지 수요 감소, 전력의 저탄소화, 에너지 소비의 전력화 등이 있다.

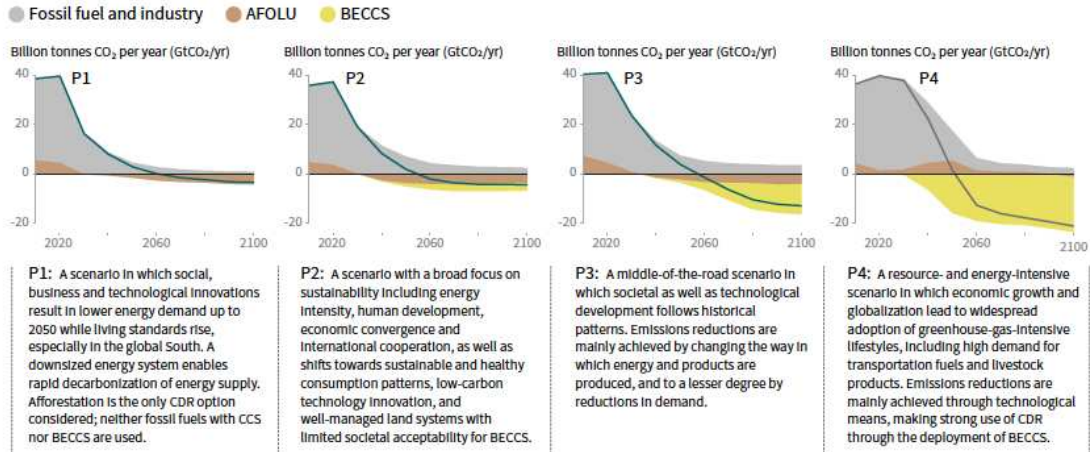
- 에너지: 2050년까지 전력의 70 ~ 85%를 재생에너지가 공급하며, 화석연료 비중은 대폭 축소
- 산업: 신기술과 전력화를 통해 배출량을 2050년까지 2010년 대비 75 ~ 90% 감축
- 수송: 저탄소 에너지원 비중이 2050년 35-65%로 상승

5) net zero: 인위적 배출량 = 인위적 흡수량



III. IPCC 1.5°C 보고서의 주요이슈 및 논의내용

Breakdown of contributions to global net CO₂ emissions in four illustrative model pathways



[그림 4] 1.5°C 이내 상승 억제에 대한 4가지 경로별 특성

자료: IPCC(2018), Global Warming of 1.5°C - Summary for Policymakers -

※ P1-P3는 일시적 온도 초과상승이 없거나 낮은 1.5°C 이내 상승 시나리오이나 P4는 일시적 온도 초과 상승이 있는 1.5°C 이내 상승 시나리오로 많은 탄소포집과 저장에 필요

P1: 사회·경제·기술 전반의 혁신으로 에너지 수요가 감소, 탄소포집·저장 불필요

P2: 에너지·인간·경제 등 지속가능성에 초점, 저탄소 기술 혁신·효율적 토지관리 등을 수반

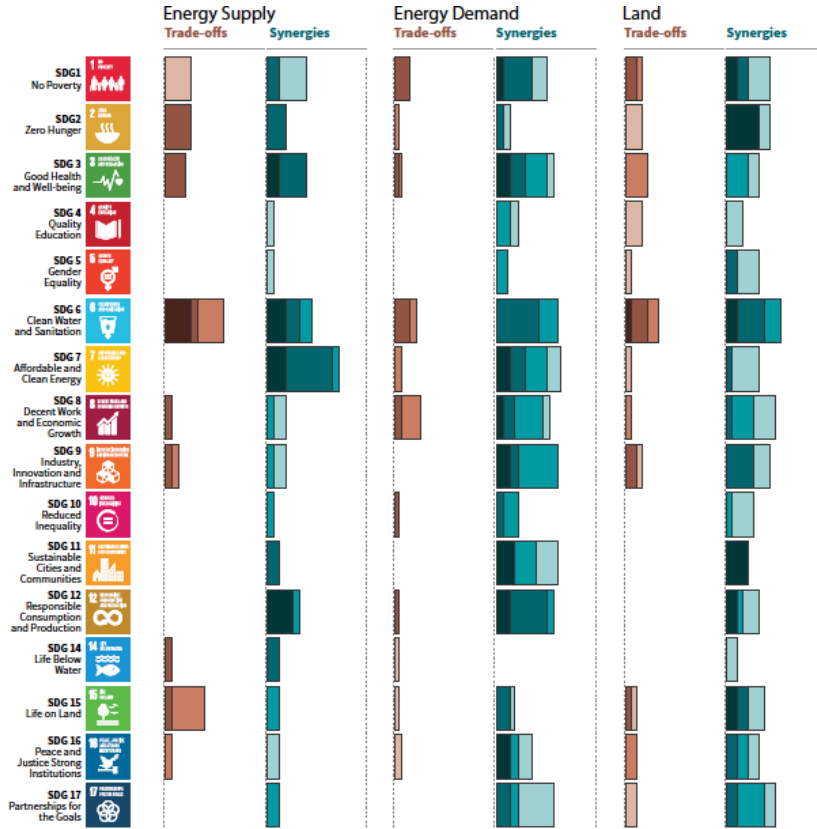
P3: 전통적 방식의 사회적·기술적 개발로 에너지 및 생산방식 변화 등에 중점

1.5°C 달성을 위한 21세기 온실가스 한계감축비용은 2°C 달성에 비해 약 3-4배가량 높을 것으로 예상된다. 2015년부터 2050년까지 35년 동안 에너지 부분의 투자규모 증대는 연간 9,000억 달러, 저탄소 기술과 에너지 효율에 대한 투자는 5배 정도 증가할 것으로 예상된다. 시스템 전환을 위해서는 2016-2035년 동안 연간 총투자규모가 2.4조 달러에 이를 것으로 추정되어 공공·민간 투자의 전반적인 방향 수정이 필요할 것으로 예상된다.

4. 지속가능발전 목표와의 관계

지구 평균온도의 상승을 1.5°C 이내로 유지하기 위한 적응 및 완화 옵션들과 지속가능발전목표 (SDGs)들 간에는 시너지 혹은 상충 관계 (trade-off)가 있을 수 있다. 지속가능발전을 통해 사회 시스템의 전환과 기후복원력이 있는 개발이 이루어지면, 적응 및 완화 문제해결, 빈곤퇴치, 불평등 감소 등을 통해 비교적 낮은 비용으로 1.5°C 달성이 가능할 것임을 높은 신뢰수준에서 전망하였다.

적응과 개발의 시너지 효과가 최대화 그리고 상충관계가 최소화될 경우, 지속가능한 개발, 빈곤퇴치, 불평등 감소에 대한 감소된 기후변화 영향은 높은 신뢰수준에서 상당한 영향을 미칠 것이다. 비록 상충관계가 존재할 수 있으나 1.5°C 기온상승을 위한 국가적 맥락에서의 적응이 지속가능한 개발과 빈곤퇴치 등에 높은 신뢰 수준에서 효과가 있을 것으로 내다보았다.



[그림 5] 지속가능발전 목표들 (SDGs) 과 1.5°C 이내 상승에 대한 관계의 정리

자료: IPCC(2018), Global Warming of 1.5°C – Summary for Policymakers –

1.5°C 이내의 상승 억제를 위한 감축 옵션들은 지속가능 발전(SDGs)과의 관계에서 시너지 및 상충관계에 있을 수 있다. 효과적인 토지관리로 온실가스 감축과 재해위험을 감소를 동시에 달성하고, 바이오에너지 작물 또는 재조림이 농업 적응에 필요한 토지를 잠식하는 경우처럼 감축과 적응의 상승효과와 상충을 일으킬 수 있다.

1.5°C 이내 상승 억제는 지속가능 발전 목표(SDGs) 3(건강한 삶), 7(청정에너지), 11(도시 및 지역사회), 12(책임감 있는 소비와 생산), 14(해양)과 시너지관계에 있고, SDGs 1(빈곤), 2(기아), 6(물), 7(에너지 접근)은 잠재적인 상충관계에 있을 수 있다. 에너지 절약, 자원절약, 온실가스 집약도가 낮은 식량 소비를 통해 1.5°C 및 SDGs과 가장 뚜렷한 시너지를 기대할 수 있다.

국가별 상황에 맞는 적응계획이 신중히 수립된다면 감축과의 상충이 최소화되겠지만, 적응계획이 없거나 제대로 실행되지 않으면 온실가스 배출량과 물의 사용이 증가하고 성 불평등과 사회적 불평등이 심화될 수 있다.



IV

시사점 및 결론

1.5℃ 상승 보고서의 경우 단지 과학적인 문서나 평가 자료로서의 가치를 떠나서 사회·경제 전반에 걸쳐 여러 가지 시사점이 있다고 할 수 있다. 특히, 여러 IPCC 보고서 중 처음으로 세 워킹그룹이 모두 모여서 보고서를 작성했으며 서로 간의 의견 교환과 조절 등이 활발히 이루어져 향후 IPCC 활동에 새로운 비전을 제시했다는 점에 괄목할 만하다.

본보고서는 지금이라도 노력한다면 2℃ 상승이 아닌 1.5℃ 이하의 상승이 가능하다는 희미한 희망을 던져주고자 함을 알 수 있다. 또한, 1.5℃로 온도상승을 제한하였을 때 그로 인한 혜택이 상당하여 인류의 지속가능한 발전목표 달성에 기여할 수 있음을 보고서 전반에 걸쳐 강조하고 있다.

온실가스 감축을 위한 전 지구적 노력을 기울이지 않을 경우 2030년 이후에는 감축비용이 더욱 높아질 뿐 그 효과는 상대적으로 미미할 수 있다는 점을 인식하고 온실가스 감축을 서둘러야 할 필요가 있다. 또한 기후변화에 대한 취약성을 아무리 줄이고 리스크를 사전에 예방한다 할지라도 완벽한 제거는 불가능하다는 전제 하에, 기온 상승 자체를 사전에 막는 것이 시급하다고 할 수 있겠다.

1. 에너지 수급

에너지 수요를 가능한 한 둔화키면서 향후 30-40년 내에 탄소중립을 만들겠다는 목표를 가지고 그에 맞는 기술적인 준비와 투자를 이끌어야한다. 궁극적으로는 zero-carbon에 이르도록 하는 것이 목표이다. 현재의 기술과 에너지 사용 정도를 고려할 때, 2℃ 달성은 머지않아 현실로 다가올 것으로, 향후 빠른 정책적인 전환이 불가피함을 시사한다. 당연히 이러한 목표는 선진국에만 국한되지 않고 개도국과 저개발국으로도 확산되어야 한다는 점도 중요한 시사점이다.

현재와 같은 화석연료 기반의 발전시설에 대한 신규투자를 가능한 한 대체에너지 발전 체계로 전환하는 일이 중요한 과제로 남겨졌다.

2. 기술혁신, 투자확대 및 정책 측면의 행동 가속화를 통한 시스템 전환 필요

감축 및 적응을 위한 기반 시설에 대해 투자 확대를 유도하고 아울러 투자의 위험을 저감하는 정부 정책

이 필요하다. 불충분한 데이터로 인해 현재 1.5°C 이내 상승을 위한 적응 재정 규모는 산출이 매우 어려운 실정이다. 적응에 대한 투자는 일반적으로 국가 및 지방정부 예산 또는 개발도상국의 경우에는 공적원조, 다자간 개발 은행을 통해 지원을 받으므로 이들과의 협력이 중요시된다.

1.5°C를 위해 2016년에서 2035년 사이 에너지 시스템에 대한 연간 총 투자가 약 2조 4천억 달러가 소요되어 세계 GDP의 약 2.5 %를 차지할 것으로 추정되며, 여러 정책수단을 통하여 에너지 비용, 국제간 경쟁으로 인한 문제점을 완화하고, 투자금의 이동 및 자원동원을 촉진할 필요가 있다.

시스템 전환을 위해서는 새로운 와해성(disruptive) 기술과 기후를 중심에 둔 혁신 강화가 필요하다. 감축 및 적응 기술의 개발을 위해서 국가 혁신 정책을 가다듬고, 기술의 상업화 및 보급, 이전을 위해 긴밀한 국제 협력을 장려해야 한다. 공공부문의 R&D 지원과 기술 확산을 위해 인센티브를 제공하는 정책 패키지가 중요하다.

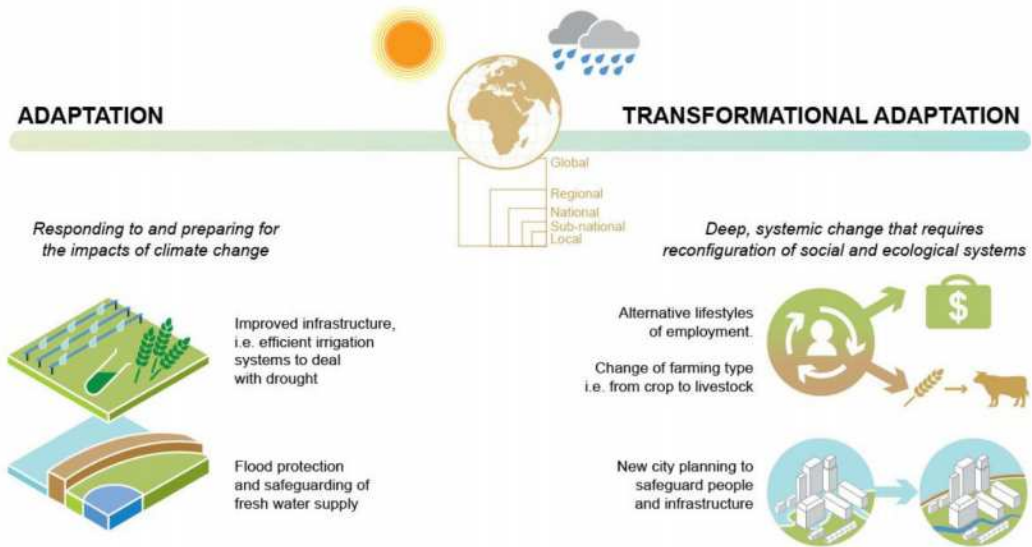
교육, 역량강화 및 공동체 기반의 감축 및 적응은 1.5°C로 기온 상승을 억제하기 위해 도움이 될 수 있다. 사회적 수용성은 이를 강화하는 쪽으로 작용할 수도, 방해하는 쪽으로 작용할 수도 있다. 지역 및 국가의 상황에 따라 차이는 있으나 지속가능 발전과 조화된 감축 및 적응을 통해 비용 효과적인 접근이 가능하다. 아울러 중앙정부, 지자체, 시민사회, 산업계 등 국제적 차원에서 기후변화 대응 협력 강화가 필요하다.

3. 기후변화 적응 노력 및 한계

기후변화에 대한 적응은 기아, 빈곤, 에너지 접근과 관련된 상충되는 문제들을 해결하는 기회가 될 수도 있다. 그간 충분히 다루지 않았던 취약지역과 취약계층에 대해 돌아볼 수 있는 기회이며, 또 이전에는 생각지 못한 새로운 산업이나 경제성이 없던 산업을 발전시킬 수 있는 기회가 되기도 할 것이다.

기후변화에 대한 적응역량의 강화를 위하여 정부와 시민사회 및 민간부문 그리고 지역사회의 협력이 필요하다. 특히 국제적인 수준의 협력은 개도국 취약지역의 재정 및 기술에 대한 접근성을 향상시켜 기후변화에 대한 전반적인 대응역량을 강화하는데 기여하게 될 것이다.

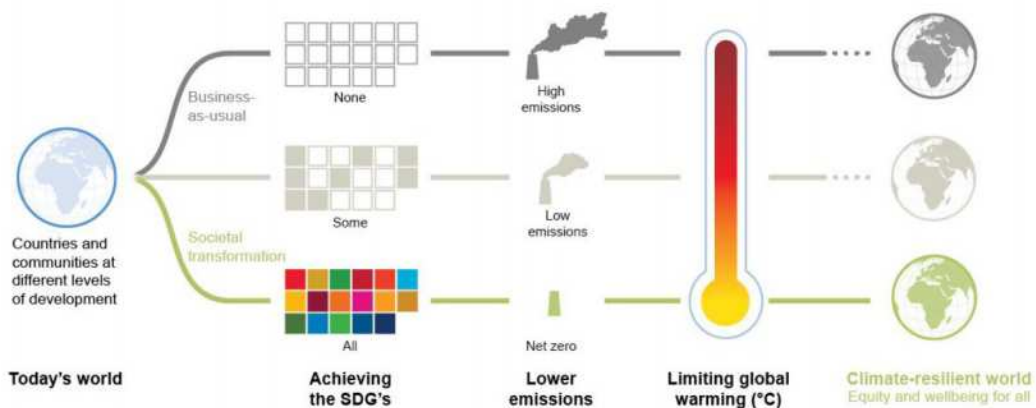
앞으로 기후변화가 진행되는 세상에서는 국가와 지역에서 이전과는 ‘다른’ 상황 아래에서 ‘다른’ 사람들이 ‘다른’ 일들을 해야 하는 변혁적인 적응(transformational adaptation)이 필요하다. 비록 1.5°C 이내 기온 상승 시나리오에서 전 세계 모든 곳에서 변혁적인 적응이 필요하지는 않겠지만, 기후변화의 정도에 따라 이러한 변혁적인 적응이 필요해질지도 모른다. 변혁적인 적응이란 단순히 기반시설을 개선하고 홍수 예방과 물 안보에 대비하는 정도가 아니라 도시의 경우 사람과 기반시설을 보호는 완전히 새로운 도시 계획 수준이 필요함을 의미한다.



[그림 6] 적응과 변혁적 적응의 사례

자료: IPCC(2018), Global Warming of 1.5°C - Chapter 4 -

이러한 적응 노력은 결국 기후변화에 회복력 있는 발전 과정 (CRDP, Climate-Resilient Development Pathways)으로 이어지게 될 것이다. 기후변화에 회복력 있는 발전 과정은 1.5°C 기온 상승으로의 제한과 동시에 지속가능한 발전을 더욱 강화하는 두 가지 목표를 달성할 수 있다. SDGs를 달성하고, 온실가스 배출을 낮추어 기후변화를 제한하는 의사결정은 적응을 촉진하면서도 기후에 회복력 있는 사회로 나아가는 데 이바지하게 될 것이다.



[그림 7] 기후변화의 회복력 있는 발전 과정

자료: IPCC(2018), Global Warming of 1.5°C - Chapter 5 -

그러나 1.5℃ 상승 제한에도 적응역량의 한계와 각종 손실은 발생할 수밖에 없으며 결국 적응에 한계가 존재하게 된다. 이는 기후변화가 더욱 진행될수록 적응에 대한 옵션과 그 활용 가능성이 줄어든다는 것을 의미하므로 2℃ 상승 제한은 생태계, 식량, 건강 등에서의 적응이 1.5℃ 상승 제한보다 보다 더욱 어려워짐을 의미한다.

여러 연구 결과 1.5℃ 기온 억제선이 앞으로 20년 안에 무너질 수도 있다는 연구 결과가 있으며, 1.5℃를 이미 초과하여 기온이 상승했다 하더라도 인류가 준비하고 실천해야 하는 일들이 여전히 존재한다. 특히, 목표 달성에 실패했을 때, 추가적인 비용의 발생과 정책의 변화는 있을 수 있겠지만 인류는 앞으로 새로운 경제체제를 구축해야 한다는 점에는 큰 변화가 없다.

따라서 더 이상 되돌릴 수 없는 재앙수준의 기온 상승이 발생하기 전에 대응하는 것이 필요하다. 특히, 해수면의 상승과 해빙 및 고유생태계의 손실과 같은 생태계의 영향은 비가역적인 것으로 이러한 영향은 되돌릴 수가 없다. 1.5℃ 이내 상승 억제에 필요한 감축 한계비용은 2℃에 비해 서너 배 높은 수준인데, 아직까지 감축에 소요되는 비용과 그로 인한 편익에 대한 지식이 충분하지 않아 연구가 많이 이루어져야 하며, 이는 기후변화가 영영 되돌릴 수 없는 수준에 이르기 전에 이루어져야 한다.

4. IPCC 6차 보고서와의 연계성

향후 발간될 예정인 IPCC 6차보고서는 2022년에 발간될 예정이며 이번 특별보고서에서는 다루지 못했던 심도 있는 종합적 고찰과 새로운 기후모델 결과 등의 분석을 통해 신기후체제에 대한 과학적인 근거와 비전을 제시할 예정이다. 특히, 온실가스의 감축이 경제발전을 저해하기만 하는 것이 아니라 오히려 도움이 될 수도 있음을 입증하려는 노력도 포함될 예정이다.

참고문헌

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

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

국립산림과학원(2014), 「IPCC 제5차 기후변화 평가보고서 주요내용 및 시사점」

공동토론회 발표자료(2018. 10. 23), 「1.5도 특별보고서의 의미와 한국의 과제」

기상청 기후정보 포털 웹사이트(<http://www.climate.go.kr/home/cooperation/lpcc.php>)

기상청 보도자료(2017. 9. 11), 「제48차 IPCC총회 ‘대한민국 인천’에서 유치」

기상청 보도자료(2018. 10. 1), 「지구온난화 1.5°C특별보고서 승인 위한 포문 열었다」

기상청 보도자료(2018. 10. 7), 「제48차 IPCC총회, 성공적으로 마무리하다」

기상청, 한국기후변화학회 발표자료집(2018. 4. 6), 「제1회 IPCC대응을 위한 국내 전문가 포럼」

기후변화센터(2018.11. 6), 「IPCC 지구온난화 1.5도 특별보고서 요약자료」

저자 소개

김형주 : 독일 베를린공과대학 (Technische Universität Berlin)에서 기계 및 생산공학 박사학위를 취득하고 현재 녹색기술센터 책임연구원으로 재직 중이며 IPCC WG3의 위원이다. (hjkim@gtck.re.kr)

명수정 : 미국 뉴욕 주립대학(State University of New York)에서 환경 및 자원공학 박사학위를 취득하고 현재 환경정책·평가연구원(KEI)에서 연구위원으로 재직 중이며, IPCC WG2의 위원이다. (sjmyeong@kei.re.kr)

윤진호 : 미국 아이오와 주립대학(Iowa State University) 에서 기상학 박사학위를 취득하고 현재 광주 과학기술원 지구환경공학부에 부교수로 재직 중이며 IPCC 6차 보고서 (AR6)의 주저자로 참여하고 있다 (yjinho@gist.ac.kr)

손범석 : 일본 교토대학대학원(Kyoto University Graduate school)에서 환경정책 석사학위를 취득하고 현재 녹색기술센터 선임연구원으로 재직 중이다. (sonbs@gtck.re.kr)

저자소개

김형주, 명수정, 윤진호, 손범석

발행일 2018년 12월

발행인 오인환

발행처 녹색기술센터(GTC) 서울시 중구 퇴계로 173
(충무로 3가) 남산스퀘어 17층

인쇄처 알래스카인디고(02-2277-5553)

