

지속가능하고 탄력성 있는 기후변화 대응

정 태 성 국립재난안전연구원 연구관



1. 지구 온난화와 기후변화

기후변화는 온도와 해수면의 변화로 대표되는데, IPCC(2023) 실무그룹 I 6차 평가보고서에 따르면 전 지구 지표 온도는 온실가스 배출을 통한 인간 활동으로 인해 1850 ~ 1900년 대비 현재(2011~2020년) 1.1℃로 상승했으며, 해수면 상승 속도는 과거 70년(1901-1971) 대비 세배 가까이 증가했다. 기후변화는 온실가스와 밀접한 연관성을 가지고 있는데, 예를 들어 온실가스 배출이 증가하면 지구 평균온도가 증가하고 빙상의 녹는 속도도 점점 빨라져 해수면이 상승하고 기후시스템에서는 이상 현상이 발생하기 시작한다. 지구 온난화가 진행될수록 극한 폭염이나 가뭄, 호우와 같은 기상 현상이 더욱더 잦아지고 강도 또한 커져 피해와 손실이 증가한다(UNDRR, 2021).

Sherwood와 Huber(2010)는 최근 10년간(1995~2005)의 관측 자료를 분석하여 육지면적의 13%와 세계인구의 31%가 1년에 20일 이상 극한 폭염상태에 놓여있다고 발표하였다. Mora1 등(2017)은 1980년 이후 사망자가 발생한 폭염 사례 중 날짜와 날씨 조건이 파악된 36개국 164개 도시의 사례 783건을 분석하여 온실가스 배출량이 지금처럼 계속 증가한다면 서울에서 극한 폭염을 겪는 날이 2100년에는 67일로 증가할 것이라고 밝혔다. 온실가스 배출은 빙하 유실, 해수면 상승, 해양·대기 산성화, 지구 온난화, 해양·대기 산소 고갈 등으로 기후시스템을 변화시키고 이는 생태계를 변화시킬 뿐만 아니라 인간의 삶의 질 저하 등과 같은 문제를 야기한다. 예로써 Mora1 등(2017)은 기후시스템의 변화는 바이러스나 박테리아, 동물, 균류, 원생동물, 식물, 염색체를 기반으로 생성되는 질병의 발생을 증가시킨다고 밝혔다.

현재 기후는 기존 5차 평가보고서에서 예측했던 결과보다 더 빠르게 변화하고 있으며, 자연재난 및 육지와 담수, 빙하 지역 그리고 연안 및 해양 생태계의 피해 범위와 규모는 기존의 예측결과 보다 심화된 것으로 관측되었다. IPCC(2023)는 실무그룹 I 6차 평가보고서에서 1750년 이후 대기 중에 축적된 모든 온실가스는 인간 활동에 의한 것이라고 밝혔다. 그 증거로써 5차 평가보고서가 발간된 2011년 이후 인간이 배출한 온실가스를 육지와 해양이 흡수한 비율(56%)은 거의 변하지 않았는데, 온실가스 농도는 계속 증가해서 2019년에 관측된 이산화탄소 농도는 410ppm, 메탄 농도는 1,866ppb, 이산화질소 농도는 332ppb에 이르렀다고 보고하였다.

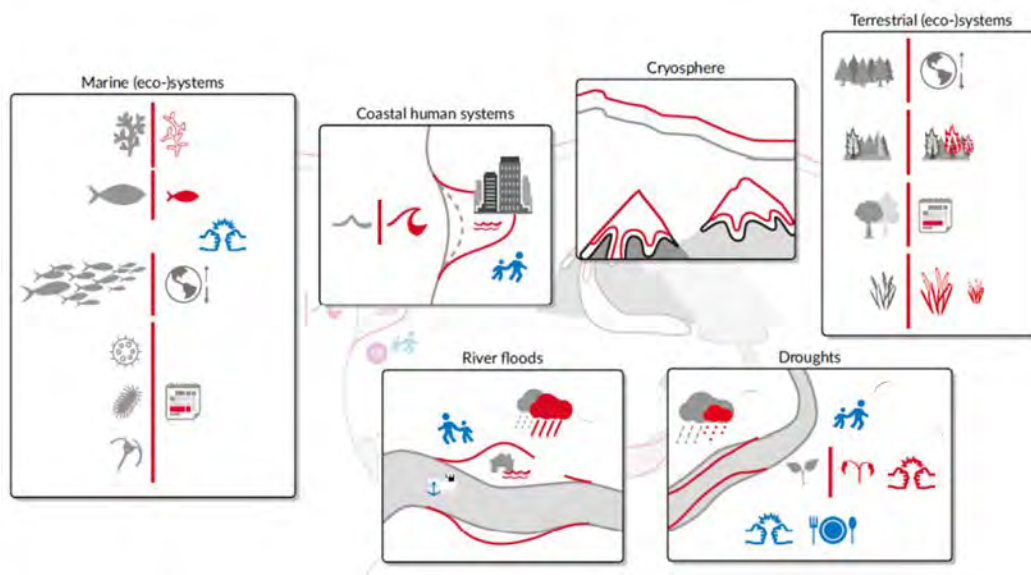
지구 온도가 현재보다 0.5℃ 추가 상승하면 극한 기상 현상의 빈도와 강도는 더 증가하고 2℃ 상승 시에는 1.5℃ 대비 최소 두 배, 3℃ 상승에서는 네 배가 될 것이라고 예상된다. 더욱 심각한 것은 어쩌다 한 번 일어나던 복합적인 극한기후 현상들이 더욱 자주 발생하고 전혀 없는 기상이변이 나타날 확률도 커진다는 것이다. 이렇듯 기존의 관측 결과들은 우리가 기후변화로 인한 자연재난 피해·손실 그리고 생태계 손실 및 삶의 질 저하를 저감하기 위해 기후변화 대응에 적극적으로 나서야 한다는 것을 말하고 있다.

2. 기후변화 영향과 리스크

기후가 변화하면 인간 시스템과 생태계도 함께 변화할 수밖에 없는데, 예를 들어 온도 증가로 고산지대의 눈이 사라지게 되면 눈 녹은 물에 의존하던 용수 시스템은 변화가 불가피하고 수목이나 식생 또한 온도에 따라 변화하게 된다. 그리고 해수면이 상승하여 작은 섬이나 연안지역에 침수와 침식이 발생하면 주거 시스템은 변화하게 된다. IPCC(2023)는 이렇듯 기후변화가 기여한 변화를 기후변화 영향이라고 정의한다. 현재까지 관측된 영향 중 가장 신뢰도 높은 영향은 극한 폭염의 증가와 해양 산성화, 다음으로 해빙과 해수면 상승 및 호우 증가 등이다. 그리고 상대적으로 신뢰도는 낮지만, 농업·생태가뭄 증가, 산불기후 증가, 강우 증가와 해수면 상승으로 인한 복합홍수 증가 등이 인간계에 미치는 영향으로 관측되었다.

기후변화로 인한 영향은 그림 1에 제시된 것처럼 긍정적인 영향과 부정적인 영향이 함께 관측되고 있다. 대표적인 긍정적 영향으로는 중앙아시아 일부 지역의 강우 증가로 인한 농업 생산성 증가사례를 들 수 있다. 그러나 대부분 지역의 인간 시스템과 생태계는 부정적인 영향을 더 크게 받는 것으로 나타났다. 특히 육상, 담수 및 해양 생태계가 가장 크게 영향을 받는 것으로 나타났는데, 생물종의 다양성이 줄어들고 심지어 멸종하는 종도 발생하고 있는 것으로 나타났다.

그림 1 인간 시스템과 생태계에 미치는 기후변화 영향(IPCC 실무그룹II 6차 평가보고서 일부 인용)



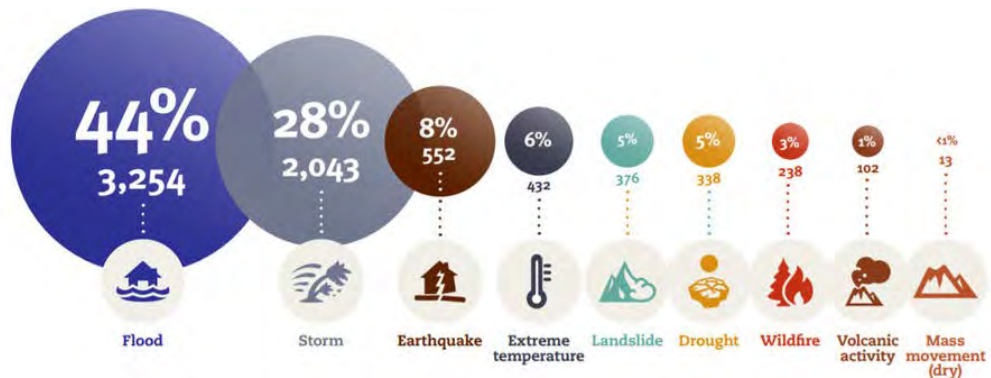
인간의 건강과 웰빙에 있어서도 감염병, 열사병, 산불로 인한 피해, 정신건강, 이주 등의 변화가 나타나고 있다. 도시, 정주 그리고 기반 시설에도 변화가 나타나고 있는데, 홍수와 태풍으로 인한 연안 지역 피해, 기반 시설 피해, 주요 경제 부분의 피해가 증가하고 있는 것이 그 예이다. 그리고 용수 가용성과 식량 생산에 있어서는 긍정적 영향과 부정적 영향이 동시에 나타나고 있는데, 물리적 용수 가용성 측면에서는 물 부족

지역에서는 도움이 되기도 하고 홍수가 빈번한 지역에서는 홍수로 인한 피해와 손실이 증가하는 것으로 관측되었다. 곡물 생산과 가축 건강 측면에서도 긍정적 영향과 부정적 영향이 공존하며, 농업과 수산업 분야에서는 부정적 영향이 큰 것으로 관측되었다.

기후변화의 부정적인 영향을 정량화한 것이 피해와 손실이라고 할 수 있는데, IPCC(2022)는 평가보고서를 통해 기후변화로 인한 부정적 영향을 기후변화 리스크라고 정의하였다. 즉, 기후변화 리스크는 환경변화 혹은 재해 발생으로 인한 피해와 손실과 관련이 크다고 할 수 있다. 이러한 기후변화 리스크는 지역별로 다르게 나타나는데, 취약성이 큰 지역일수록 리스크는 더욱 커지고 기후변화 대응노력의 정도가 큰 지역일수록 리스크는 줄어든다. UNDRR(2021) 보고서에 따르면 1980~1999년 동안 발생한 재해 사망자는 119만 명으로 최근 20년간(2000~2019) 발생한 123만 명과 비교할 때 불과 4만 명 정도밖에 차이가 나지 않는 것으로 나타났다. 하지만 재산피해는 최근 20년 동안 3,415조 원으로, 앞선 20년간(1980~1999) 발생한 1,874조 원의 1.8배에 이른다. 인명피해는 저소득 국가에서 집중적으로 발생하였는데, 선진국 사망자 수의 4배에 달하는 것으로 나타났다. 사망자가 많이 발생했던 재해건수를 비교해 보면, 국가별로 중국이 577건으로 가장 많았으며, 미국(467건), 인도(321건), 필리핀(304건), 인도네시아(278건) 등으로 상위 10개국 가운데 아시아 국가가 8개국으로 대부분을 차지하는 것으로 나타났다.

최근 들어 재해 발생이 급증한 것은 기후변화가 주요 원인이라고 진단할 수 있다(IPCC, 2022; Mora1 등, 2017; UNDRR, 2021; UNDRR, 2021). 그 이유는 최근 20년(2000~2019) 동안 6,671건이 발생하여 지난 20년(1980~1999) 동안 발생한 재해 3,656건 대비 1.8배 증가하였기 때문이다. 이들 재해 중 가장 큰 비중을 차지하는 재해는 그림 2에서도 알 수 있듯이 홍수로써 3,254건이 발생하였다. 홍수는 지난 20년(1980~1999)의 1,389건 대비 2.3배가 증가하였으며, 태풍도 1,457건에서 2,034건으로 1.4배나 증가한 것으로 관측되었다. 기후변화와 관련이 없는 재해 중 가장 큰 비중을 차지하는 재해는 지진으로써 8% 정도를 차지하였는데, 기후변화와 관련이 없는 재해를 모두 합하더라도 10% 정도에 불과해 기후변화가 재해에 미치는 영향이 큰 것으로 관측되었다.

그림2 지난 20년간 전 세계 재해발생 비중 및 발생 건수 비교(‘2000~2019 세계 재해 보고서’ 일부 인용)



3. 기후변화 대응, 완화(Mitigation)와 적응(Adaptation)

우리가 온실가스를 더 배출할수록 기후변화는 더욱 심화되고 이 경우 극한 기후 현상의 빈도와 강도가 증가해 관련 재난으로 인한 피해와 손실이 더욱 커질 수 있다. 따라서 온실가스 발생을 줄이려는 노력과 함께 재난으로 인한 피해와 손실을 줄이기 위한 취약성 해소 및 리스크 저감 노력이 함께 요구된다. 지구 온난화와 해수면 상승 관련 리스크는 규모를 예측하기 어렵고 설사 예측한다고 하더라도 자원과 역량을 고려한 적정 대책을 마련하는 것이 어렵다. 즉, 기후변화 불확실성에도 불구하고 인류가 대응 가능한 수준으로 자원과 역량을 확보할 수 있을지에 대한 의문이 지구온난화를 우려하는 주요 요인이 되고 있다. 따라서 기후변화에 적절히 대응하기 위해서는 불확실성에도 불구하고 자원과 역량을 충분히 확보하려는 노력이 중요하다.

기후변화 대응은 크게 완화와 적응으로 구분할 수 있는데, 그간 기후변화협약(1992), 교토의정서(1997), 파리협정(2015)은 적응 및 완화 활동의 의욕(ambition)을 증가시켰고 일부는 기후변화 리스크를 저감하는 데 효과적이었으나 여전히 한계가 존재하는 것으로 관측되었다. 과거와 현재 모두 지역, 국가, 및 개인에 따른 전 지구 온실가스 배출량은 균등하지 않은 것으로 보고되었다(IPCC, 2023). 2019년 대비 1850~2019 기간 동안 배출한 순 이산화탄소 배출량 관측치는 북아메리카가 23%로 가장 많고 중동이 2%로 가장 적은 것으로 나타났다. 그리고 2019년에 관측된 지역별 인구 당 인간 활동에 의한 온실가스 배출량은 북아메리카가 약 19톤으로 가장 많고 남아시아가 약 3톤으로 가장 적은 것으로 나타났다. 이는 지역별로 인구별로 온실가스 감축 노력을 달리해야 한다는 것을 의미한다.

파리협정 이후 많은 국가들이 완화를 다루는 정책과 법률을 지속적으로 확장해왔으나, 여전히 지구 온난화 완화 경로의 2030년 배출량과 유엔기후변화협약 제26차 당사국총회(COP26) 이전에 발표된 국가 온실





가스 감축목표를 모두 이행한다는 전제 하의 배출량과는 상당한 격차가 존재한다. 2021년 10월 발표된 국가 온실가스 감축 목표의 내용을 보면 21세기 중 지구 온난화를 산업화 이전 대비 2°C 이하로 제한하는 것은 어려울 것으로 보인다. 그러나 태양 혹은 풍력 에너지, 도시 시스템의 전기화, 에너지 효율 강화, 산림·농작물·초지 관리 개선과 같은 기술적 완화 정책의 비용 대비 효율성은 점점 커지고 있어 기후변화 완화 관련 기술 개발은 점차 확대될 것으로 예상된다. 그럼에도 불구하고 현재의 화석연료 인프라를 활용할 경우에 발생할 것으로 추산되는 CO₂ 잠재배출량은 1.5°C 목표달성을 위한 잔여 탄소 배출허용량을 초과하게 되므로 지구 온난화를 제한하려면 CO₂를 포함한 온실가스 배출을 넷제로(Net Zero)가 되도록 노력하여야 한다.

기후변화 적응은 기후변화 취약성을 해소하고 리스크를 저감하기 위한 기술을 개발하거나 재난에 취약한 지역과 계층을 개선 혹은 보호하는 것이라고 할 수 있다. IPCC(2023)는 실무그룹II 6차 평가보고서를 통해 최소 170개국이 기후변화 정책에 적응을 포함하고 있으나, 그간의 기후변화 적응은 주로 홍수 및 가뭄으로 인한 리스크 저감과 같이 대부분 물 안보와 관련되어 있었고 실행에 있어서도 거버넌스의 역량과 의사결정 과정에만 의존하고 있다고 평가하였다. 더불어 국제 재정 흐름은 개발도상국의 적응 정책을 충분히 지원하지 못하고 있는 것으로 나타나 현재의 이행 속도로는 적응 격차가 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 또한, 기후변화 완화 노력에 비해 적응 노력이 상대적으로 부족한 것으로 평가 되었는데, 이는 적응에 대한 노력을 보다 강화해야 함을 의미한다. 그 이유는 SSP 시나리오 중 전 지구 평균기온을 산업화 이전 대비 2°C 이하로 제한하기 위한 SSP2-4.5 시나리오는 중도성장 경로로써 기후변화 완화와 적응 노력이 균형을 이룰 때 달성할 수 있는 시나리오이기 때문이다.

지구 온난화가 지금 보다 더 심화되면 될수록 손실과 피해는 증가하고 더 많은 인간과 자연 시스템이 적응 한계에 도달할 것으로 예상된다. 온난화가 진행됨에 따라 생태계 및 수자원에 기반을 둔 다양한 적응

정책에는 제약이 생기며 효과 또한 기대에 미치지 못할 것으로 예상된다. 즉, 시기를 놓치면 아무리 훌륭한 적응 대책을 마련한다고 하더라도 그 효과는 반감되거나 발현되지 않을 수도 있으므로 시급한 적응 노력이 요구된다는 것이다. 더불어 지속가능하지 못한 적응은 오히려 기후변화를 심화시키고 리스크를 증가시킬 수 있다. 예로써 홍수 취약성을 해소하기 위해 하천에 제방을 설치하는 적응 대책을 마련하게 되면 하천보다 낮은 저지대 지역도 범람으로 인한 침수피해가 발생하지 않게 된다. 이 경우 사람들은 제방으로 인해 안전이 확보되었다고 생각하고 제방 주변 저지대에 삶의 터전을 만들게 되는데, 기후변화가 심화되어 극한 태풍과 해수면 상승이 겹치는 복합재난이 발생하면 제방이 넘쳐 저지대가 침수되고 이로 인해 큰 인명 피해와 재산 손실이 발생한다. 이러한 적응을 부정적이라고 하는데, 만약 저지대 주변에 제방을 설치하지 않거나 설치하더라도 제방과 주거지 사이에 여유 혹은 저류 공간을 확보하는 등의 적응 대책을 마련하였다면 피해를 크게 줄일 수 있었을 것이다. 즉, 부정적응을 최소화하기 위하여 다양한 분야와 넓은 범위를 대상으로 유연하면서도 장기적인 기후변화 대응 계획을 수립하고 이를 이행하는 것이 중요하다.

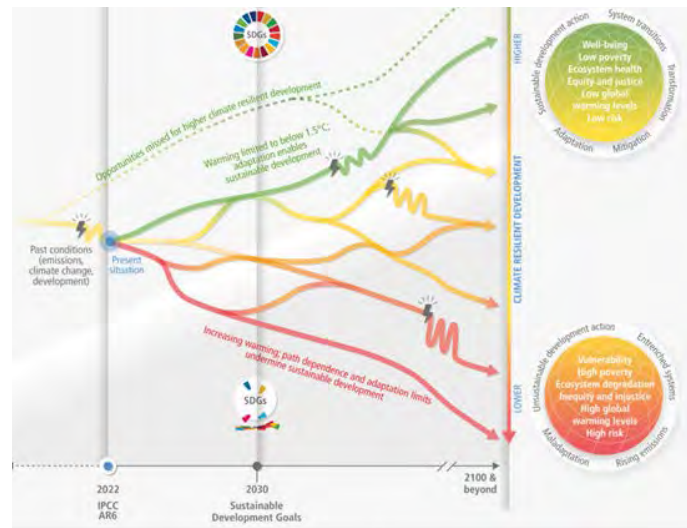
4. 지속가능하고 탄력성 있는 대응방안

지속가능한 미래를 확보하기 위해 우리가 행동에 나설 수 있는 시간이 빠르게 줄고 있어 실질적 배출량 감소를 위한 모든 분야 및 시스템의 신속하고 광범위한 전환과 분야별로 적용 가능한 적응 및 완화 옵션 확보가 필요하다. 또한, 위기가 닥쳤을 때 피해를 줄이고 빠르게 회복하기 위한 기후탄력적발전경로의 전환을 위한 시민사회 및 민간분야와 함께하는 정부의 역할이 요구된다. 지속가능한 발전을 유지하도록 적응 옵션을 선정하기 위해서는 취약지역과 재난약자를 우선 고려하여 양극화를 최소화하고 균형적인 개발기회를 제공하는 것이 중요한데, 이를 위해 유엔(2015)이 제시한 17개 항목의 지속가능발전목표(Sustainable Development Goals)를 고려할 수 있다. IPCC(2023)는 기후변화 적응 대책이 지속가능발전목표에 부합(Synergies)하는 정도와 상충(Trade-offs)하는 정도를 비교하여 상충이 적고 부합이 큰 적응 옵션을 선정하는 방법을 제시하였다. 이 방법은 지속가능발전목표와 시너지가 창출되도록 포괄적이고 효과적이며 혁신적인 기후변화 대응방안을 도출하게 함으로써 지속가능한 적응 옵션을 선정하기 위한 방법으로 사용할 수 있다.

심층적이고 지속적인 온실가스 배출량 감축을 달성하며 안전하고 지속가능한 미래 확보가 가능한 기후탄력적발전경로(그림 3)를 따라 가기 위해서는 모든 부문 및 시스템의 신속한 전환이 중요하다. 그림 3에는 웰빙과 건강한 생태계, 낮은 빈곤율, 낮은 온난화를 이루기 위해 기후변화 리스크를 저감하는 녹색 경로와 삶의 취약성이 크고 위험한 생태계, 높은 빈곤율, 높은 온난화가 나타나는 등 리스크가 증가하는 적색 경로의 두 가지 경로를 제시한다. 그림 3에서 기후탄력적발전경로는 기후변화 리스크를 저감하는 미래 경로로써 현재 우리가 2022년 시점에 있다고 할 때 우리에게 닥친 주요 기후변화 리스크인 홍수와 폭염 피해, 생태계 손실 등을 저감하기 위해 모든 부문 및 시스템을 신속하게 전환하면 달성할 수 있는 미래 경로이다. 만약, 우리의 적응, 완화 노력이 충분치 않고 이해당사자간 합의를 도출하지 못해 모든 부문 및 시스템을 신속하게 전환하지 못하게 된다면 리스크가 증가하는 미래 경로를 따라가게 된다.

모든 부문 및 시스템 전환 노력을 좀더 구체적으로 살펴보면, 에너지 부문의 빠른 시스템 전환을 위해서는 발전원을 수력, 풍력, 태양열, 화력, 원자력 등으로 다양화하고 수요 측면에서는 효율적 조정, 운영조치가 필요하다. 산업 부문에서는 수요관리, 에너지 및 자재 효율성, 순환 자원 흐름, 저감 기술, 생산 공정의 혁신적 변화가 필요하며, 수송 부문에서는 지속가능한 바이오 연료, 저배출 수소, 생산 공정 개선, 비용 절감이 필요하다. 도시는 배출량을 대폭 감축하고 기후탄력적발전을 진전시키는 데 있어 매우 중요한 곳으로써 극한 기후현상으로 인한 위험을 줄이면서 건강, 복지 및 생계 등과 같은 공편익을 창출할 수 있도록 그린 및 블루 인프라로 탄소 흡수 및 저장을 증대할 필요가 있다. 농업, 산림, 기타 토지는 단기에 확대 가능한 적응 및 완화 옵션을 제공하며, 산림 보존, 개선된 관리, 복원이 가장 큰 완화 잠재력을 제공한다. 따라서 기후탄력적발전을 위해서는 수요 측면 조치와 지속가능한 농업 확대로 생태계 전환 및 아산화질소 배출을 저감할 필요가 있다. 건강 및 영양 부문의 빠른 전환을 위해서는 기후 민감 질병에 대한 공공 건강 프로그램 강화, 생태계 건강 강화, 음용수 접근 강화, 홍수 방지, 조기경보 시스템 강화, 백신 개발, 정신건강 관리 강화가 필요하다.

그림3 기후탄력적발전경로(IPCC 실무그룹II 6차 평가보고서 일부 인용)



부문 및 시스템의 빠른 전환을 위해서는 새로운 기술 개발과 함께 기술 확산을 위한 인센티브 제공 정책 그리고 공공부문의 R&D 지원이 가장 효과적이다. IPCC(2018)는 특별보고서를 통해 지구온난화를 1.5°C로 제한하기 위해서는 2016년부터 2035년까지 연간 약 2조 4천억 달러¹⁾의 투자가 필요하다고 밝혔다. 유엔환경연합(UNEP)은 지구온난화 속도가 빨라져 기온이 계속 크게 오를 경우 매년 5,000억 달러 이상의 기후 적응 및 완화 비용이 발생할 것이라고 경고했다.

1) 2018년 기준 세계 GDP의 약 2.5%를 차지하는 규모임

이와 함께 지역·공동체가 보유한 노하우와 지식에 기반한 정보를 포함하여 교육, 정보 및 공동체 접근방식을 개선하여 인간의 행동을 광범위하게 변화시키는 것이 중요하다. 정부, 시민 사회 및 민간 부문이 리스크 감소, 형평성 및 정의를 우선시하는 포괄적인 대책을 마련하고 대책을 효율적으로 실행하기 위한 의사결정 프로세스, 재정 등이 지원될 때 지속가능발전과 기후탄력적발전은 달성될 수 있다. 더불어 기후탄력적발전은 국제 협력과 지역 사회, 시민 사회, 교육 기관, 과학 및 기타 기관, 미디어, 투자자 및 기업 그리고 전통적으로 소외된 여성, 청소년, 원주민, 지역 사회 및 소수 민족을 포함할 때 촉진될 수 있다. 이를 위해서는 정치적 약속과 후속 조치, 제도적 틀, 명확한 목표와 우선순위가 있는 정책 및 도구, 영향 및 솔루션에 대한 향상된 지식, 적절한 재정 자원의 동원 및 접근, 모니터링 및 평가, 그리고 포괄적 거버넌스 프로세스가 뒷받침되어야 한다. 이러한 파트너십은 정치적 리더십, 금융, 기후 서비스, 정보 및 의사결정 지원을 포함한 기관, 자원이 지원될 때 가장 효과적이다.

현재와 같은 지구 온난화 세계에서는 적응이 효과적이라고 하더라도 20년 후에는 부적응이 나타날 수 있으므로 모니터링과 평가는 기후변화 대응의 진행 상황을 추적하는 데 있어 필수적이다. 적응은 지속적으로 수정되어야 할 수도 있는데, 이때 수정은 모니터링에 기반한 증거와 데이터에 기반하여야 한다. 적응을 활성화하고 유지하기 위해서는 지자체로부터 중앙정부까지 모든 수준의 정부에 걸친 정치적 약속과 후속 조치 이행이 필수적으로 요구된다. 또한, 시민과 정책 입안자의 적응 행동을 장려하기 위한 기후변화 영향, 리스크 및 사용 가능한 적응, 완화 옵션에 대한 지식 향상을 위한 교육, 홍보도 중요하다. 특히, 상대적으로 저조한 적응 옵션에 대한 교육 및 홍보 노력을 강화할 필요가 있다. 중앙 정부의 법과 정책이 지자체로부터 적응 조치를 요구하고 이를 수행하는 방법에 대한 지침을 제시할 때 그 효과는 배가될 수 있다. 마지막으로 형평성과 정의를 우선시하는 포용적 거버넌스 구축을 위해 개인과 시민사회단체를 기획과 의사결정에 직접 참여시키는 것이 중요하다.





참고문헌

해외 문헌

- IPCC, Summary for policymakers, V. Masson-Delmotte, et al. (Eds.), 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, WMO, Geneva, Switzerland, 2018.
- IPCC, Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34. 2023.
- Mora, C., B. Dousset, I.R. Caldwell, F.E. Powell, R.C. Geronimo, C.R. Bielecki, C.W.W. Counsell, B.S. Dietrich, E.T. Johnston, L.V. Louis, M.P. Lucas, M.M. McKenzie, A.G. Shea, H. Tseng, T.W. Giambelluca, L.R. Leon, Ed Hawkins, and C. Trauernicht, "Global risk of deadly heat," NATURE CLIMATE CHANGE, 7, 2017, www.nature.com/natureclimatechange.
- Sherwood, S.C., and M. Huber, An adaptability limit to climate change due to heat stress, Emanuel, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 2010, <https://doi.org/10.1073/pnas.0913352107>.
- UNDRR, Annual Report, 2019.