

2021년 기후 잠정 결산

지난 7년이 역대 가장 더운 해 7위 안에 모두 들고,
전지구 평균 해수면 고도는 매년 신기록 경신해

2021.10.31.자 WMO 보도자료
APCC 전문위원 김세원 번역

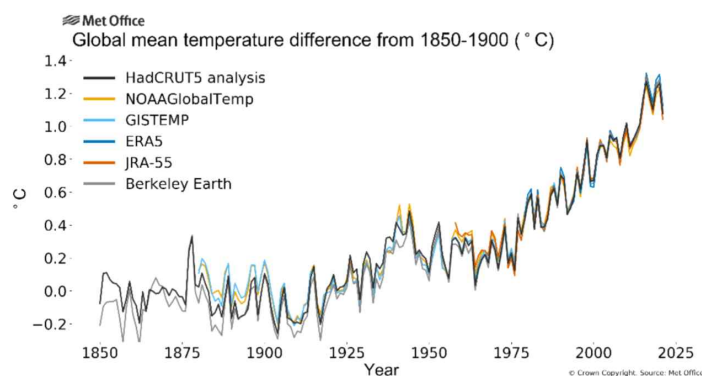


그림 1. 전지구 온도 데이터 세트 6종 각각이 보여주는 전지구 연평균 기온의 산업화 이전(1850-1900년) 대비 편차 편차.

세계기상기구(WMO)에 따르면, 대기 중 온실가스 농도가 기록적 수준에 달했고 그만큼의 열 축적이 일어나, 그것이 현세대는 물론 미래 세대마저 뒤흔들 정도의 위력을 갖게 되면서 지구를 앞으로 어떻게 될지 가늠하기 어려운 미지의 영역으로 몰아넣고야 말았다.

WMO는 일단 2021년 9월까지의 데이터를 기반으로 “2021년 세계 기후 현황 잠정 보고서”를 냈는데, 이에 따르면 이번이 없는 한 지난 7년이 기록상 가장 따뜻한 7년이 될 것이다. 그중 2021년은 연초 라니냐 영향으로 인해 일시적인 냉각 조건 하에 있었다는 점 때문에 기록상으로 순위가 5~7번째로 밀렸다. 그러나 이 정도의 냉각은 장기적인 기온 상승 흐름을 무력화시키거나 역전시키지는 못한다.

전 지구 해수면 고도의 상승 속도가 2013년부터 갈수록 빨라지다 보니 2021년 현재의 그것은 곧 역대 최고 기록이 되었고, 해양 온난화와 해양 산성화도 계속 이어지고 있다.

이 보고서는 여러 유엔기관, 국가기상수문당국, 과학전문가들의 의견을 최합하여 작성되었다. 이 보고서는 식량안보 위기, 인구이동, 중요 생태계 파괴, 지속가능발전 목표를 향한 전진의 저해 등에 관해 집중 다루고 있다.

“2021년 세계 기후 현황 잠정 보고서는 최신의 과학적 증거를 바탕으로 작성된 것이며, 우리의 눈앞에서 지구가 어떻게 변하고 있는지를 보여줍니다. 깊은 바다

에서 산꼭대기에 이르기까지, 녹아 사라지는 빙하에서 끊임없이 발생하는 기상 이변에 이르기까지, 전 지구 생태계와 공동체가 황폐화되어가고 있습니다. 이러한 상황에서 COP26은 인류와 지구를 위한 전환점이 되어야 합니다.” 안토니오 구테흐스 유엔 사무총장의 말이다.

사무총장은 영상메시지에서 다음과 같이 말한다. “과학자들은 사실을 근거로 명확한 정보를 제공합니다. 이제 리더들은 행동으로 명확히 보여줄 필요가 있습니다. 문은 열려 있습니다. 그리고 해법도 있습니다. COP26은 전환점이 되어야 합니다. 우리는 지금 모두 야심차게 하나가 되어 행동해야 합니다. 그래야 우리의 미래를 지키고 인류를 구할 수 있습니다.”

“그린란드 얼음산 정상에서 기록상 처음으로 눈이 아닌 비가 내렸습니다. 캐나다 빙하는 급속하게 녹아 사라지고 있는 형편입니다. 캐나다와 미국 북서부 지역을 뒤덮은 열파로 인해 캐나다 브리티시 컬럼비아주의 한 마을의 기온이 거의 50℃까지 치솟았습니다. 미국 남서부를 뒤덮은 여러 차례의 열파 기간 중 캘리포니아의 데스 밸리에서는 54.4℃에 도달했으며, 지중해의 많은 지역은 기록적인 온도를 경험했습니다. 이 같은 이례적 더위는 종종 파괴적인 화재를 동반했습니다.” 라고 WMO 사무총장 Petteri Taalas 교수가 말했다.

“중국과 유럽 일부 지역에서는 몇 시간 만에 몇 달 동안 내릴 비가 한꺼번에 쏟아졌고, 그로 인해 수십 명의 사상자와 수십억 달러의 경제적 손실이 발생했습니다. 남미의 아열대 지역에서는 2년 연속 가뭄이 들어 대형 하천의 유량이 감소하는 바람에 농업, 수송, 에너지 생산이 타격을 입었습니다.” 라고 Taalas 교수가 말했다.

Taalas 교수는 “극단적 기상 사건은 이제 뉴노멀이 되어버렸습니다. 이 중 일부에 인간이 유발한 기후변화의 발자국이 찍혀 있다는 과학적 증거가 늘어나고 있습니다.”

Taalas 교수는 “온실가스 농도 증가 속도가 현 수준대로 이어진다면, 금세기 말까지 파리 협정 목표인 산업화 이전 대비 1.5~2℃를 훨씬 초과하는 온도 상승을 보게 될 것” 이라고 말했다. “COP26를 기점으로 우리가 목표를 향한 궤도로 다시 올라설 수 있을지 아닐지 갈리게 될 것입니다.”

이 잠정 보고서는 글래스고에서 열리는 유엔 기후변화 협상회의인 COP26이 시작될 때 공개된다. 이 보고서는 기후변화의 사회-경제적 영향을 비롯하여, 온실가스

농도, 온도, 극한 날씨, 해수면, 해양 온난화 및 해양 산성화, 빙하 후퇴 및 해빙 등과 같은 기후 지표의 현황(스냅샷)을 알려준다.

기후과학계의 간판격인 이 보고서는 기후협상에 필요한 기초정보를 제공하게 되며, WMO, IPCC, 영국기상청이 공동 주최하는 과학관에서 전시될 여러 주요 과학 보고서 중 하나가 될 예정이다. COP26이 열리는 기간 동안 WMO는 물과 기후 행동 조정을 목표로 하는 “물-기후 연합” 발족식을 가질 예정이며, 기후변화 적응에 반드시 필요한 날씨·기후 관측 및 예측의 개선을 목표로 하는 체계적인 관측 자금 조달 체제(SOFF)의 출범식을 가질 예정이다.

주요 메시지

온실가스

2020년에 온실가스 농도는 새로운 최고치에 도달했다. 이산화탄소(CO₂) 수준은 각각 413.2 ppm, 메탄(CH₄)이 1889 ppb, 아산화질소(N₂O)가 333.2 ppb로 산업화 이전(1750년) 수준을 100%로 했을 때 각각 149%, 262%, 123%이다. 이러한 증가세는 2021년에도 이어지고 있다.

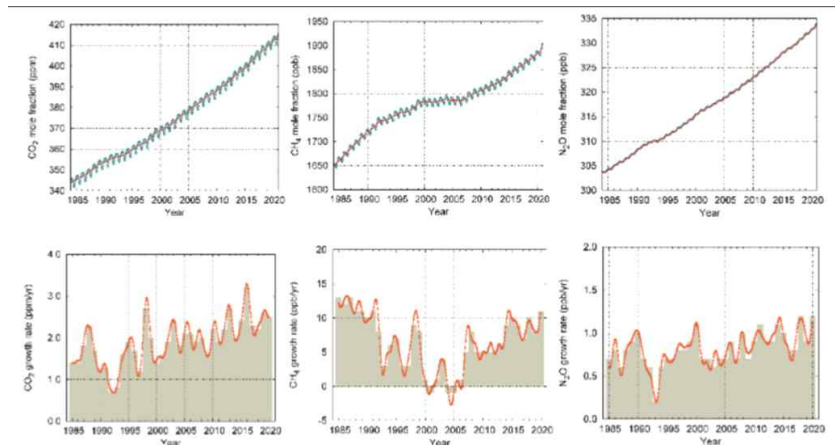


그림 2. 1984년부터 2020년까지 CO₂, CH₄ 및 N₂O 물분율(단위: CO₂는 ppm, CH₄와 N₂O는 ppb)의 전 지구 평균. 빨간색 선은 월평균.

기온

2021년의 전 세계 평균 기온(1~9월 데이터 기반)은 1850~1900년 평균보다 약 1.0 9C 높았다. WMO는 6개의 데이터 세트를 이용하여 분석한 결과를 기반으로 할 때, 2021년을 기록상 6번째 또는 7번째로 따뜻한 해로 순위 매김한다. 물론 이 순위는 12월까지의 데이터를 반영한 분석에서는 바뀔 수 있다.

그럼에도 불구하고 2021년은 기록상 5~7번째로 따뜻한 해가 될 것이며, 2015년에서 2021년까지 7년이 역대 기록상 가장 따뜻한 7년이 될 가능성이 높다.

2021년은 최근 몇 년에 비해 덜 따뜻했는데 이는 연초에 중간 정도의 라니냐 영향 때문이다. 라니냐는 지구 평균 기온을 잠시나마 떨어뜨리는 효과가 있으며 지역 날씨와 기후에 영향을 미친다. 2021년 열대 태평양을 보면 라니냐의 흔적이 명확하게 나타난다.

라니냐 현상의 영향이 지대했던 마지막 해는 2011년이었는데, 2021년은 그해 보다 0.18°C~0.26°C 더 높을 전망이다.

2020-21년 라니냐가 약해지면서 월별 지구 평균기온이 상승했다. 강력한 엘니뇨 기간에 해를 연 2016년은 조사된 대부분의 데이터 세트에서 기록상 가장 따뜻한 해로 남아 있다.

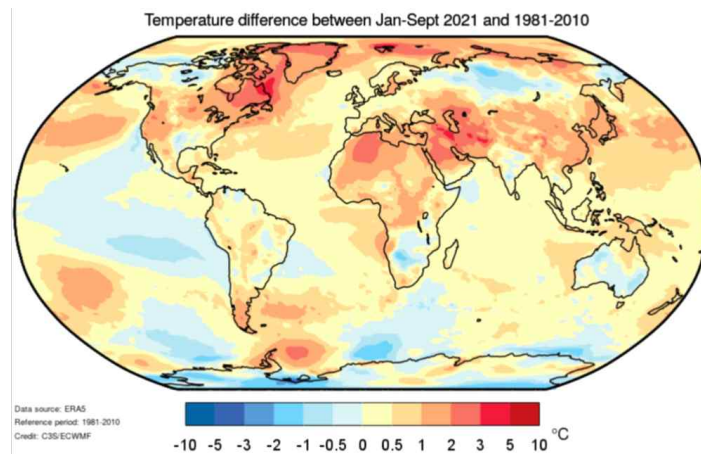


그림 3. 2021년 1월부터 9월까지의 지표면 부근 기온 대 1981~2010년 평균 간 차이. 데이터는 ERA5 재분석 자료에서 가져온 것임. 출처: C3S/ECMWF

해양

지구시스템에 축적된 열의 90%가량이 해양에 저장된다.

해양 상층부인 수심 2000m까지가 2019년에도 계속해서 따뜻해지면서 최고 기록을 갈아치웠다. 7개의 전지구 데이터 세트를 기반으로 한 예비 분석에 따르면 2020년에도 앞선 기록을 넘어섰다. 데이터 세트 모두는 해양 온난화 속도가 빨라지고 있으며 특히 지난 20년 동안 강한 속도 증가를 보여주고 있다. 이를 볼 때 해양이

미래에도 계속해서 빠른 속도로 따뜻해질 것으로 예상된다.

대부분의 해양은 2021년 어느 시점에 적어도 한 번의 '강한' 해양 고수온 현상을 경험했다. 다만 라니냐 영향을 받았던 적도 태평양 동부와 남극해의 많은 해역은 예외였다. 북극의 랍테프해와 보퍼트해는 2021년 1월부터 4월까지 “심각”하고 “극단적”인 해양 고수온을 경험했다.

해양은 인위적 CO2의 연간 대기 배출량의 23%를 흡수하며 이로 인해 더욱 산성화되고 있다. 지구 전체적으로 대양 표면의 pH는 지난 40년 동안 계속 낮아지고 있고 지금은 적어도 26,000년 동안 최저 수준이다. 현재 pH 변화 속도는 적어도 40년 전 그때 이후 전례 없이 빠르다. 바다의 pH가 낮아짐에 따라, CO2 흡수용량도 하락하고 있다.

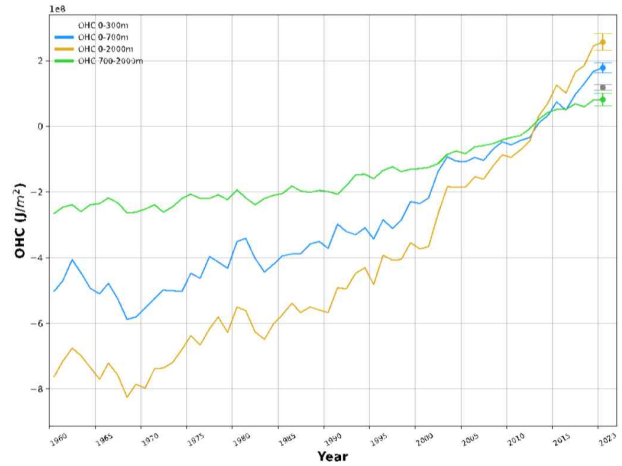


그림 4. 1960-2020년의 양상블 평균 시계열과 2005-2017년 기후 대비 전지구 해양 열 함량 아노말리의 양상블 표준편차. Von Schuckmann 등(2020).

해수면 고도

전지구 평균 해수면 고도는 주로 해양 온난화의 결과라 할 수 있는 해수의 열적 팽창과 육지의 얼음이 녹아 흘러들음으로 인해 상승한다.

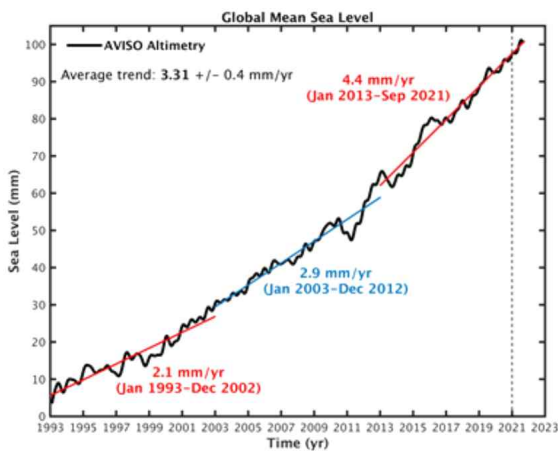


그림 5 1993년 1월부터 2021년 9월까지의 전 세계 평균 해수면 변화. 데이터 출처: AVISO 고도계(<https://www.aviso.altimetry.fr>)

1990년대 초부터 고정밀 위성으로 측정된 바에 따르면, 전 지구 평균 해수면이 1993년부터 2002년까지 연평균 2.1mm 상승했고, 2013년부터 2021년까지는 그보다 두 배 빠른 연평균 4.4mm 상승했다. 이것은 주로 빙하와 빙상으로부터의 얼음 손실이 가속되었기 때문이다.

해빙

북극 해빙 면적은 연중 최대시기인 3월의 크기 기준으로 1981~2010년 평균 미만이었다. 랍데프해와 그린란드 동쪽해역에서 해빙 면적이 6월과 7월 초에 급격히 감소했다. 그 결과 북극 전역의 해빙 면적은 7월 전반기에 기록적으로 작았다.

그런 다음 8월부터 녹는 속도가 느려져 여름 끝 무렵이자 연중 최소 시기인 9월의 해빙면적은 최근 수년 중 가장 큰 472만 평방미터를 기록했다. 1981~2010년 평균에 훨씬 못 미치는 43년 위성 기록 사상 12번째로 작은 해빙 면적이었다. 동 그린란드해의 해빙 범위는 큰 차이로 최소 기록이었다.

남극의 해빙 면적은 대체로 1981~2010년 평균에 가까웠으며 초기 최대 면적은 8월 말에 기록했다.

빙하와 빙상

북미 빙하의 질량 손실 속도가 지난 20년에 걸쳐 계속 빨라졌고, 2000~2004년에 비해 2015~2019년 기간 동안의 손실 속도는 거의 두 배가 되었다. 2021년 북미 서부의 여름은 유난히 뜨겁고 건조하여, 이 지역의 산악 빙하에 끔찍한 피해를 입혔다.

그린란드 빙상의 녹는 정도는 초여름까지 장기 평균에 가까웠다. 그러다가 2021년 8월 중순, 뜨겁고 습한 공기의 대거 유입으로 인해 기온 상승과 얼음 용융수 유출이 평년을 훨씬 웃도는 수준으로 이뤄졌다.

8월 14일, 그린란드 빙상(3,216m)의 가장 높은 곳에 위치한 Summit Station에서 몇 시간 동안 비가 관측되었으며, 기온은 약 9시간 동안 영상을 유지했다. Summit Station에서 강우가 관측되었다는 보고는 이제껏 없었다. 최근 9년 동안 Summit이 녹은 적은 3번 있었는데 이번이 그중 하나다. 빙핵 기록에 따르면 20세기에는 Summit이 녹는 사건은 단 한 번 있었다.

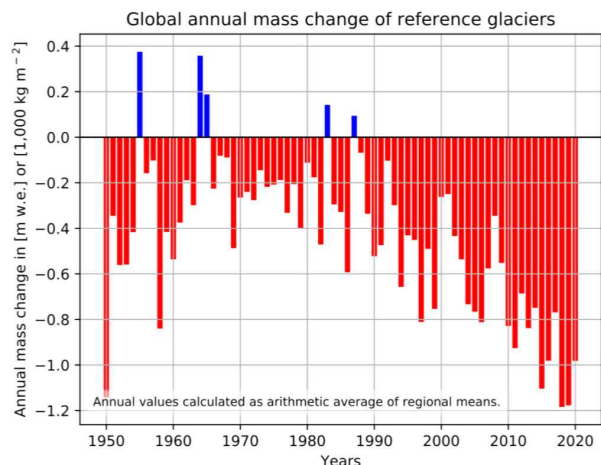


그림 6. 40개의 전지구 참고 빙하를 대상으로 한 1950~2020년 전지구 빙하 질량 균형, 단위는 m w.e.로 손실된 얼음 만큼의 물을 빙하 전체에 골고르 분포시켜 얻을 수 있는 물의 깊이. 해당 데이터와 이미지는 세계빙하모니터링서비스(World Glacier Monitoring Service, <http://www.wgms.ch>)가 선별한 것임.

극단적인 날씨

6월과 7월에 이례적인 폭염이 북아메리카 서부를 강타했으며, 많은 지역에서 관측소 기록을 4~6°C 경신했고, 온열질환으로 수백 명의 사망자가 발생했다. 브리티시 컬럼비아 중남부의 리턴에서는 6월 29일 최고기온이 49.6°C에 도달하여 이전 캐나다 국가 기록을 4.6°C 깨뜨렸고, 다음 날 그 일대에 화재가 일어나 초토화되었다.

미국 남서부에도 여러 차례 폭염이 있었다. 캘리포니아주 데스밸리에서는 7월 9일 낮 최고기온이 54.4°C까지 치솟았는데, 이는 적어도 1930년대 이후 세계 최고 기록이었던 2020년의 최고값과 거의 같은 수준이었다. 미국 본토의 기온을 평균해보니 2021년 여름이 기록상 가장 더운 여름이었다.

무수히 많은 대형 산불이 발생했는데, 7월 13일에 시작된 북부 캘리포니아의 덤시 산불은 10월 7일까지 약 390,000헥타르를 태웠다. 이는 캘리포니아에서 기록된 단일 화재 중 가장 큰 규모였다.

극심한 더위는 더 넓은 지중해 지역에 영향을 미쳤다. 8월 11일, 시칠리아의 기상 관측소에 따르면, 이곳 기온이 유럽 잠정 기록인 48.8°C에 도달했으며 카이루안(튀니지)에서는 50.3°C까지 치솟았다. 스페인 몬토로에서는 8월 14일에 47.4°C를 기록하여 국가 기록을 세웠고, 같은 날 마드리드에서는 42.7°C까지 올라 역대 가장 더운 날로 기록되었다.

7월 20일 터키 시즈레에서는 49.1°C를 기록하여 터키 국가 기록을 수립했으며, 그 루지야의 트빌리시에서는 기록상 최고 기록인 40.6°C를 기록했다. 지중해 주변 많은 지역에서 대형 산불이 발생했는데 특히 알제리, 터키 남부, 그리스가 특히 심각한 피해를 입었다.

2월 중순에 비정상적으로 추운 날씨가 미국 중부와 멕시코 북부의 많은 지역에 영향을 미쳤다. 가장 심각한 피해를 입은 지역은 텍사스로 적어도 1989년 이후 최저 기온을 경험했다. 4월 초에 내습한 비정상적인 봄 추위로 유럽의 많은 지역이 큰 타격을 입었다.

강수

극단적인 폭우가 7월 17일부터 21일까지 내려 중국 허난성을 강타했다. 7월 20일에 정저우시 내린 1시간 강우량은 201.9mm(중국 국가 기록)였고, 6시간 강우량은

382mm, 전체 기간동안 내린 비는 720mm로 1년 평균 강수량보다 많았다. 돌발 홍수로 인해 302명 이상의 사망자가 발생했으며 보고된 경제적 손실은 177억 달러였다.

서유럽은 7월 중순에 기록상 가장 극심한 홍수를 경험했다.

서부 독일과 동부 벨기에는 7월 14일부터 15일까지 이미 물로 포화된 땅 위 넓은 영역에 걸쳐 100~150mm의 폭우가 내려 홍수와 산사태를 일으키고 200명이 넘는 사망자를 냈다. 이 일대에서 강우량이 가장 많은 곳은 독일의 Wipperfürth-Gardenau로 162.4 mm였다.

올해 상반기 중 남미 북부 일부 지역, 특히 아마존 북부 유역에서 평균을 웃도는 강우가 지속되면서 이 지역에 심각하고 오래 지속되는 홍수 사태가 발생했다. 마나우스(브라질)의 리오네그로에서는 기록상 최고 수준의 홍수를 겪었다. 홍수는 동아프리카 지역 국가들도 일부 겪었는데, 특히 남수단이 심한 피해를 입었다.

한편, 심각한 가뭄이 2년 연속으로 아열대에 해당하는 남아메리카의 많은 지역을 휩쓸었다. 강수량은 브라질 남부, 파라과이, 우루과이, 아르헨티나 북부의 많은 지역에서 평균보다 훨씬 낮았다. 가뭄은 심각한 농업 손실을 초래했으며, 7월 말에 발생한 냉해로 더욱 악화되어 브라질의 많은 커피 재배 지역이 피해를 입었다. 낮아진 강 수위는 수력 발전 생산을 감소시키고 하천 수송을 어렵게 했다.

2020년 1월부터 2021년 8월까지 미국 남서부 지역의 20개월은 기록상 가장 건조한 기간으로 이때의 습도가 이전 기록보다 10% 넘게 낮았다. 2021년 캐나다의 밀과 카놀라 작물의 생산량은 2020년 수준보다 30~40% 낮을 것으로 예상된다. 가뭄의 파도는 인도양의 마다가스카르 섬을 덮쳐 주민들이 영양실조 위기에 처해있다.

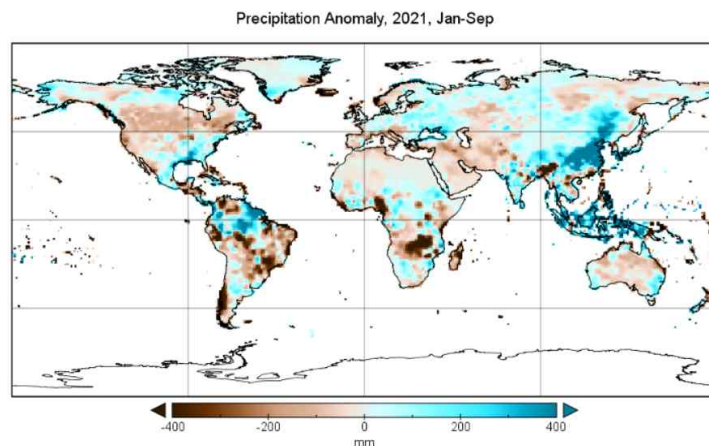


그림 7. 1951-2000년 대비 2021년 1월-9월 간 총 강수 편차. 파란색은 강수량이 장기 평균보다 더 많음을 나타내며, 갈색은 적음을 나타냄. 색상의 농도는 편차의 정도. (출처: 세계강수기후센터(GPCC), 독일기상청).

원인규명

6월과 7월에 발생한 북서 아메리카의 폭염과 7월에 발생한 서유럽의 홍수에 대해 예비 단계의 “신속한 원인 규명” 연구가 수행되었다. 북서 태평양의 폭염 연구에 따르면 폭염은 “오늘날의 기후에서는 여전히 드물거나 매우 드물지만 기후 변화가 없었다면 사실상 불가능했을 것”이라고 한다.

서유럽 홍수의 경우 폭우가 “기후 변화로 인해 더 가능성이 높아졌다”는 것이 밝혀졌다.

보다 일반적으로 말해서, 최근에 나타난 기상이변들은 변화의 한 패턴에 속한다. IPCC 6차 평가 보고서(AR6)는 북미와 지중해에서 폭염 빈도가 증가했다고 결론지었다. 이러한 증가에 대한 인간이 기여했다는 사실이 북미 지역에 대해서는 중간 신뢰도, 지중해 지역에 대해서는 높은 신뢰도를 가진 것으로 나타났다.

IPCC는 동아시아에서 호우가 증가했다고 보고했지만, 인간의 영향이 있는지에 대한 신뢰수준은 낮다. 북부 유럽에 대해서는 호우가 인간의 영향인지에 대한 신뢰수준은 높지만, 서부 및 중부 유럽에 대해서는 신뢰수준이 낮다.

사회경제적 및 환경적 영향

지난 10년 동안 분쟁, 기상이변, 경제적 충격에 있어서 그 빈도와 강도가 증가했다. 코로나19 전염병으로 더욱 악화된 이러한 위협의 복합적인 영향은 기아를 증가시켰고 결과적으로 식량안보를 개선하기 위한 수십 년간의 진전을 방해했다.

영양실조에 시달리는 인구가 2020년에 7억 6,800만 명으로 정점에 도달한 후, 2021년에는 전 세계 기아 인구가 7억 1,000만 명(전 세계 인구의 9%) 정도로 감소할 것으로 전망되었었다. 그런데 2021년 10월 현재, 그러한 숫자가 이미 2020년보다 높게 나타나고 있다.

오히려 이 놀랍도록 큰 폭의 증가(19%)는 이미 식량 위기 또는 그 이상의 악조건(IPC/CH 3상 이상)으로 고통받는 그룹들 사이에서는 대체로 감지되었다. 그러한 위기에 처한 인구가 2020년 1억 3,500만 명에서 2021년 9월 현재까지 1억 6,100만 명으로 증가했다.

이러한 충격이 가져온 또 다른 심각한 결과는 에티오피아, 남수단, 예멘 및 마다

가스카르에 거주하는 사람들 중 기아와 생계의 완전한 붕괴(IPC/CH 5단계)에 직면한 사람들의 수(584,000명)가 증가했다는 것이다.

2020/2021 라니냐 기간 동안 발생한 기상이변으로 인해 우기가 바뀌면서 전 세계의 생계 및 농업 체계를 붕괴시켰다. 2021년 우기 동안 발생한 극단적인 기상 현상은 기존의 충격을 더욱 키웠다.

아프리카, 아시아 및 라틴 아메리카의 넓은 지역이 장기간의 가뭄에 시달리는 와중에 극심한 폭풍, 사이클론, 허리케인 등이 발생하여 생계에 심각한 영향을 주었고 반복적인 기상 충격으로부터 회복하는 능력에 상당한 타격을 입혔다.

극한 기상 현상은 기후 변화로 인해 흔히 더욱 심화되는데, 이로 인해 불가피한 인구 이동이 더욱 잦아졌고, 이미 한 해에 걸쳐 이동한 사람들의 취약성을 더욱 키웠고 다양한 형태로 악화시켰다. 아프가니스탄에서 중앙아메리카에 이르기까지 가뭄, 홍수 및 기타 극한 기상 현상으로 인해 복구 및 적응을 위한 준비가 가장 열악한 사람들이 타격을 받고 있다.

생태계(육지, 담수, 연안 및 해양 생태계 포함)과 이들이 제공하는 서비스는 변화하는 기후의 영향을 받는다. 생태계는 전례 없는 속도로 악화되고 있으며, 향후 수십 년 동안 점점 빠르게 악화될 전망이다. 생태계의 파괴는 인간의 웰빙을 지원하는 능력을 제한하고 회복력을 구축하는 적응 능력을 망가뜨리고 있다.