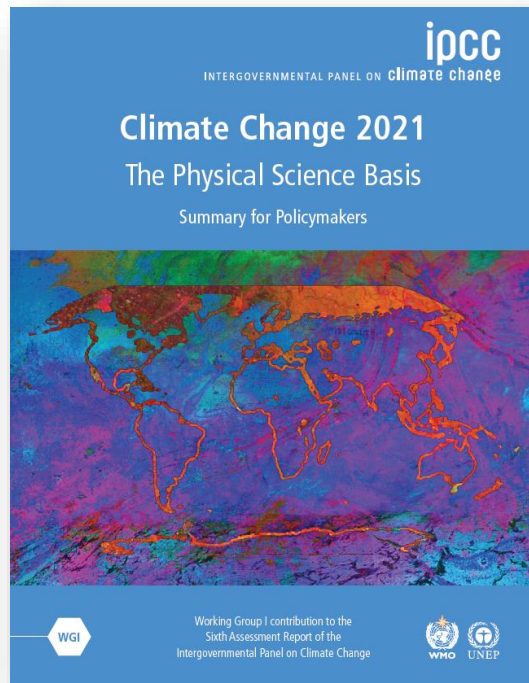
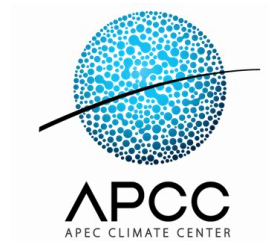


부산기후변화포럼

기후위기와 IPCC 보고서의 과학적 의의



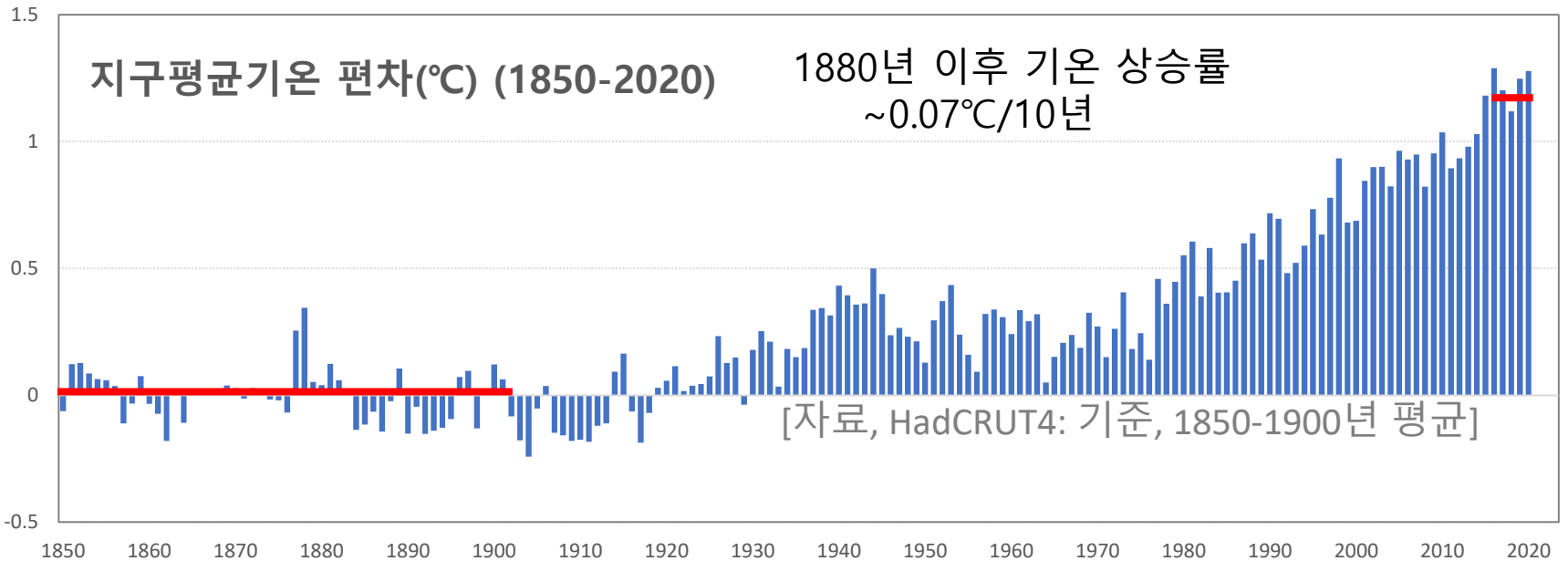
2021.11.22



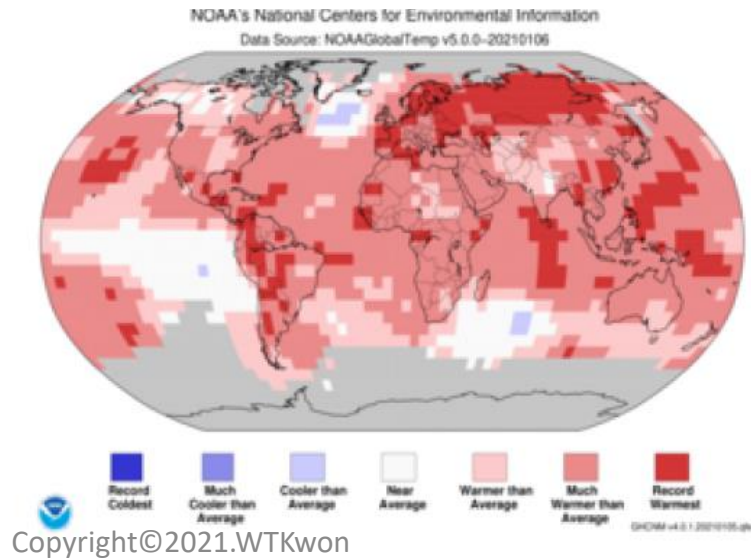
권원태

(wontk@naver.com)

2016-2020년 지구평균기온 +1.2°C 상승



순위	년도
1	2016
2	2019
3	2020
4	2015
5	2017
6	2018
7	2014
8	2010
9	2013
10	2005



한겨레

물불 안 가린 이상기후 “생존 문제”

중앙일보

홍수 휩쓴 독일·벨기에 사망자 180명 넘었다



독일, 구조대 2만2000명 투입
 실종 수백명, 수위 높아 수색 지연
 “전체 피해 파악에만 몇 주 걸릴 것”

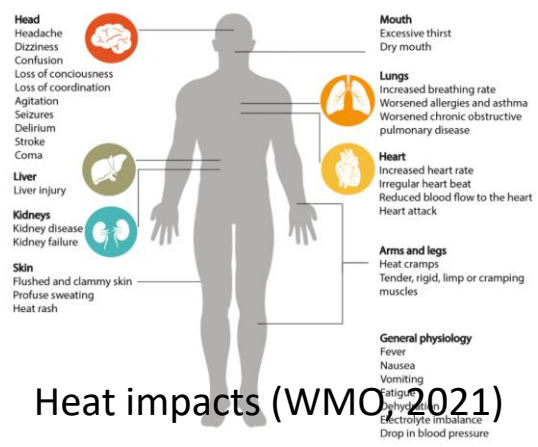
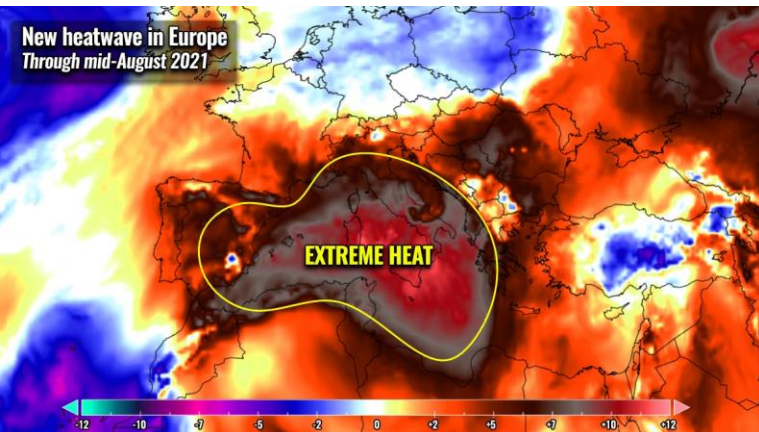
독일 쾰른 인근의 바넨베르크에서는 지난 16일 밤 램이 붕괴해 주민 70여 명이 대피했으나 수위가 점차 낮아져 인가 산파등 닦았다. 밤에 대피한 사람



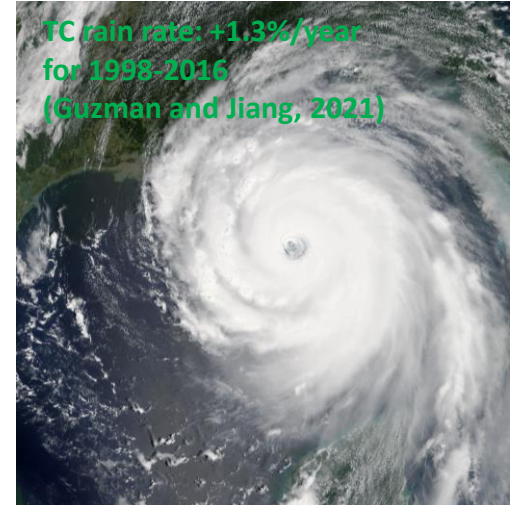
독일 서부·벨기에 동부
 사망 최소 849명(독일 157명, 실종(연락두절) 약 1300명)
 경우량 24시간 내 100~200mm, 일평균 54mm(평균 6mm)



지난 14~15일 기록적으로 쏟아진 폭우와 홍수로 독일 벨기에에서 180명 이상이 숨졌다. 17일 독일 바트노이엔-노른-아렌하임의 차와 아파트의 다리가 홍수로 끊겼다. 작은 시진은 이날 벨기에 라브레 지역에서 홍수로 침수된 마을을 청소하는 주민들. [AP·EPA·연방뉴스]



Heat impacts (WMO 2021)



도시와 기후

도시의 경관과 방재시스템은
국지기후에 의해 결정



세계 각지의 산불



Siberia ravaged by fire

The soot and ash accelerate the melting of Arctic ice and permafrost



Sources: NASA, Copernicus, FIRMS, Resource Watch

*presence mainly linked to forest fires

© AFP



오스트레일리아 산불

- 4개월째 지속
- 남한면적 피해
- 28명 사망
- 동물 10억 마리 피해
- 이산화탄소 4억톤 배출

기후위기와 안보 문제

- 식량 부문
 - 식량 부족, 영양실조
- 인간사회 부문
 - 자연재해, 건강
- 환경 부문
 - 생물종 멸종, 생물 다양성, 생태계
- 에너지 부문
 - 탈화석연료 에너지
- 국가 부문
 - 기후 난민, 지역 분쟁

WGI AR6 주요 메시지

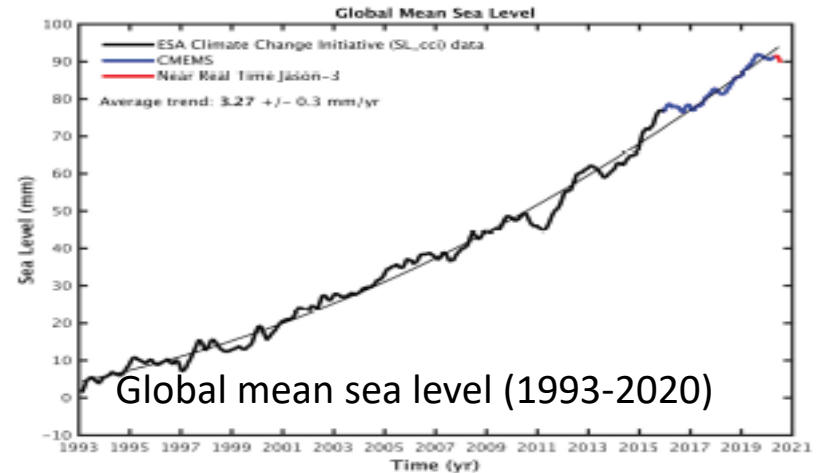
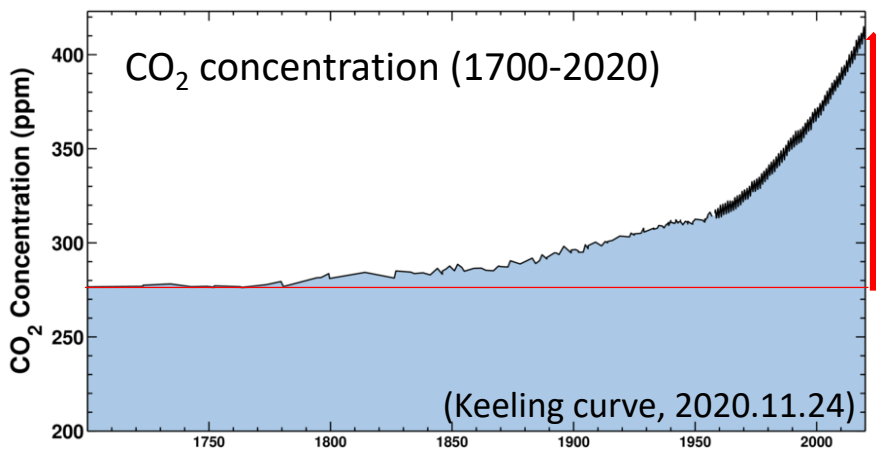
저자: 234명 (65개국)
기여저자: 517명
참고문헌: 14000편
검토의견: 78000건
총페이지: ~1800쪽



- 지구온난화가 발생하고 있음은 이미 알고 있다. 최근 기후변화는 광범위하고, 가속화되고 강해지고 있다.
- 인간활동이 기후변화의 원인이라는 것은 논란의 여지가 없다 (indisputable). 인간활동으로 인해 폭염, 호우, 가뭄 등 극한기후현상이 더 자주 더 강하게 발생한다.
- 세계 각지에서 기후변화가 다양하게 영향을 미치고 있다. 우리가 경험하고 있는 변화는 미래에는 더 증가할 것이다.
- 기후시스템의 변화 중 일부분은 돌이킬 수 없다. 그러나 온난화를 제한한다면 이러한 변화 중 일부는 중지되거나 돌이킬 수 있다.
- 즉각적/대규모 온실가스 감축만이 온난화를 1.5°C 이하로 억제할 수 있다.
- 지구온난화를 제한하기 위해서 강하고, 빠르고, 지속적인 이산화탄소, 메탄 및 다른 온실가스 감축은 필수적이다. 이러한 감축은 기후변화에 의한 영향을 완화시키고 더불어 대기질을 개선시킨다.

주요 기후변화요소 비교 (AR6 vs AR5)

비교 요소 [기상청 2021.08.09 보도자료]		AR6 제1실무그룹 보고서 (2021년 발간)	AR5 제1실무그룹 보고서 (2013년 발간)
온실가스 농도*	이산화탄소(CO ₂)	410 ppm (2019)	390 ppm (2011)
	메탄(CH ₄)	1866 ppb	1803 ppb
	아산화질소(N ₂ O)	332.0 ppb	324.4 ppb
전지구 평균 지표면 기온 (1850-1900 대비)		1.09°C 상승 (2011-2020)	0.78°C 상승 (2003-2012)
전지구 평균 해수면 (1901 대비)		0.20 m 상승 (2018)	0.19 m 상승 (2010)
총 인위적 복사강제력 (1750 대비)		2.72 W/m ² 증가 (2019)	2.29 W/m ² 증가 (2011)
역사적 이산화탄소 누적 배출량		2390 GtCO ₂ (1850-2019)	1890 GtCO ₂ ((1861-1880)-2011)



기후변화 현황

[기상청 2021.08.09 보도자료]

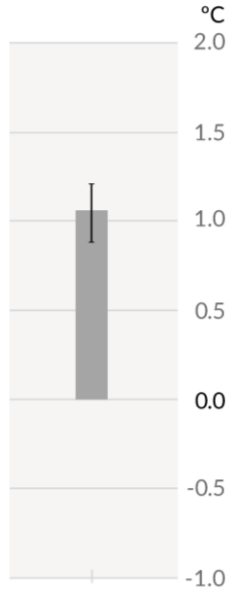


- **인간 영향이 대기, 해양, 육지를 온난화하는 것은 명백, 기후변화가 대기, 해양, 빙권, 생물권에서 광범위하고 신속하게 발생하고 있음.**
 - 육지와 해양은 지난 60년간 인간 활동에 의한 **CO₂ 배출량의 약 56%를 매년 흡수**
 - 지난 40년은 1850년 이후부터 해당 시기 전까지의 어느 10년보다 더 온난
 - 전지구 지표면 온도는 **산업화 이전(1850-1900년) 대비 2011-2020년 1.09°C 상승**
 - **인위적인 온난화는 산업화 이전(1850-1900년) 대비 1.07°C(0.8-1.3°C)**
 - 온실가스는 1.0-2.0°C; 다른 인위적 인자(주로 에어로졸)는 -0.8-0.0°C; 자연적 인자(태양·화산 활동)는 -0.1-0.1°C; 내부 변동성은 -0.2-0.2°C
 - 지구 평균 **육지 강수량은 1950년 이후 증가**, 1980년대 이후 빠르게 증가, 중위도에서 폭풍 경로는 1980년대 이후 뚜렷한 계절적 추세를 동반하며 극쪽 편향
 - 인간 영향이 1990년대 이후 전지구 **빙하의 감소**; 1979-1988년과 2010-2019년 사이 북극해 해빙 면적 감소의 주요 인자
 - 인간 영향이 1970년대 이후 전지구 **해양 상층부(0-700m) 온난화**의 주요 인자
 - 지구 평균 **해수면은 1901-2018년 사이 0.20 m 상승**
 - 해수면 상승률: 1901-971년, 1.3 mm/년; 1971-2006년, 1.9 mm/년; 2006-2018년, 3.7mm/년
- **지구 기후 시스템에 걸친 최근 변화의 규모, 여러 측면은 수백 년에서 수천 년 동안 전례 없음**

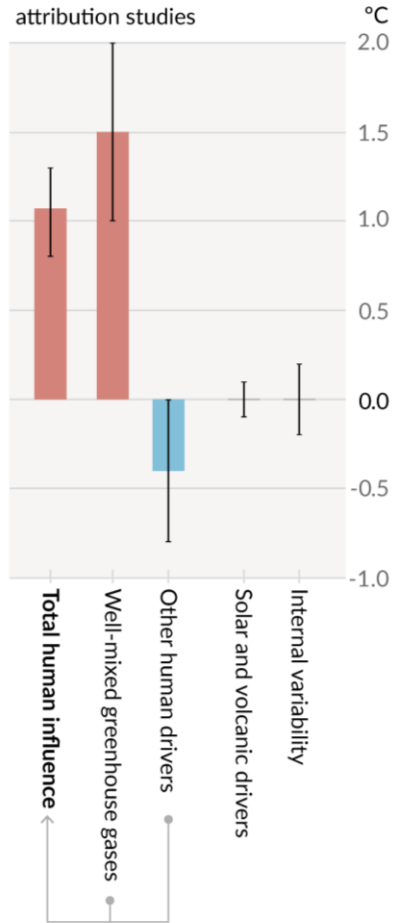
원인규명 (Attribution)

인간활동의 영향은 적어도 지난 2000년간 유례가 없는 속도로 기후를 온난화시켰다.

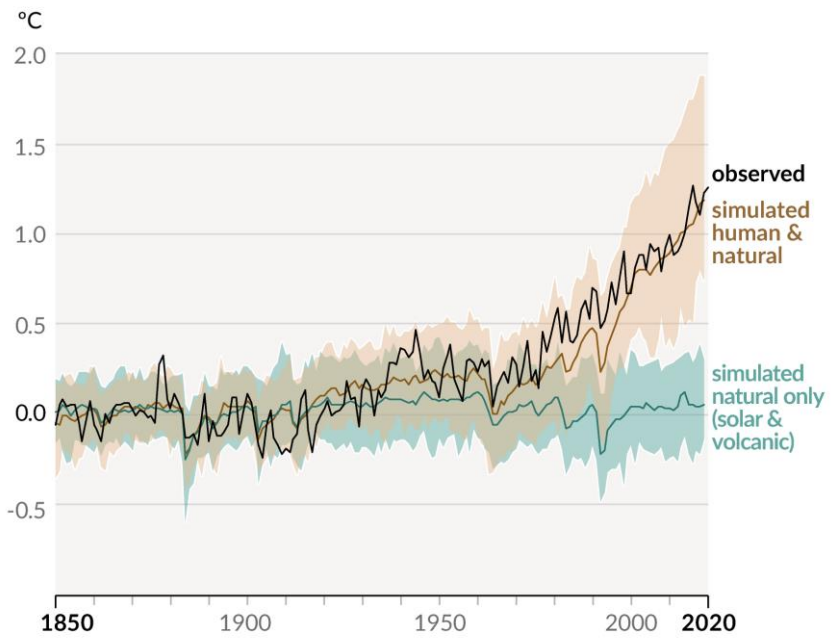
a) Observed warming 2010-2019 relative to 1850-1900



b) Aggregated contributions to 2010-2019 warming relative to 1850-1900, assessed from attribution studies

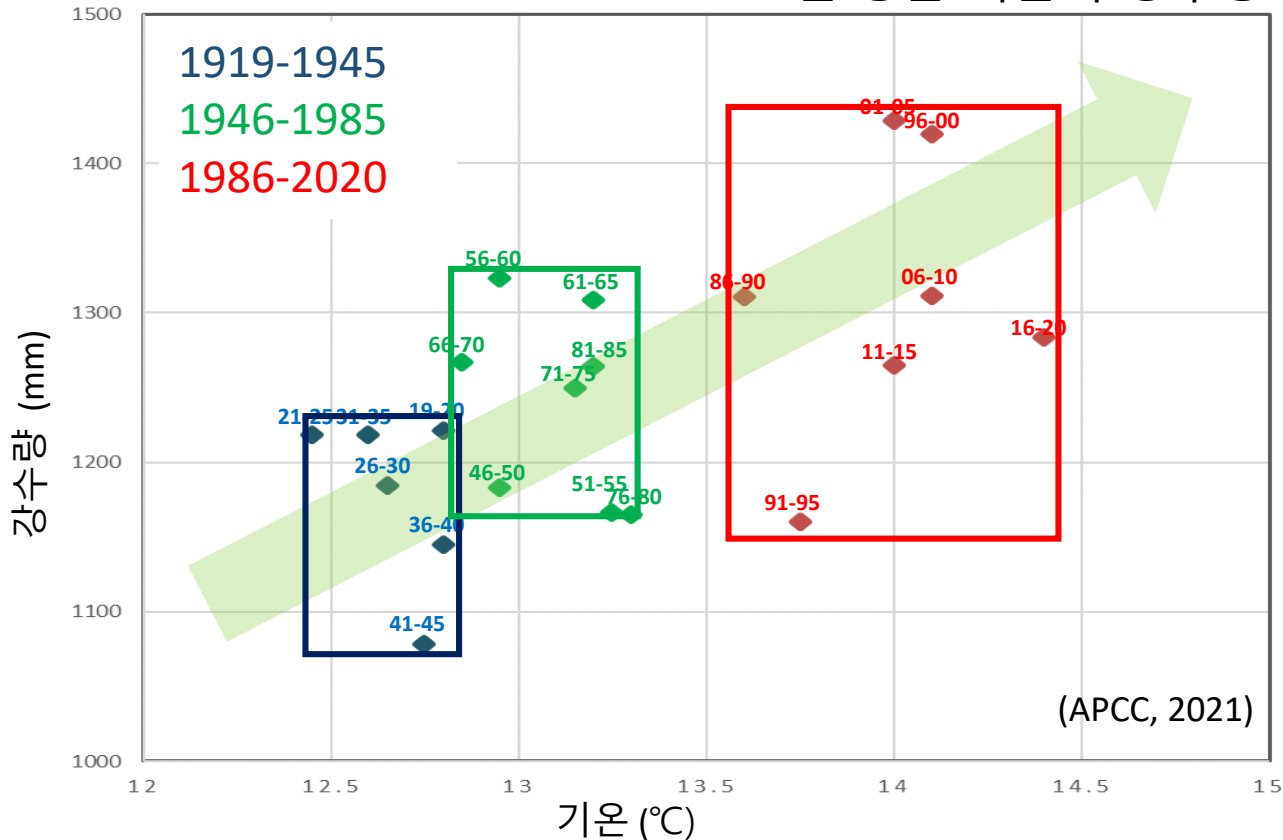


b) Change in global surface temperature (annual average) as observed and simulated using human & natural and only natural factors (both 1850-2020)



우리나라 5년 평균 기온과 강수(1919-2020)

5년 평균 기온과 강수량



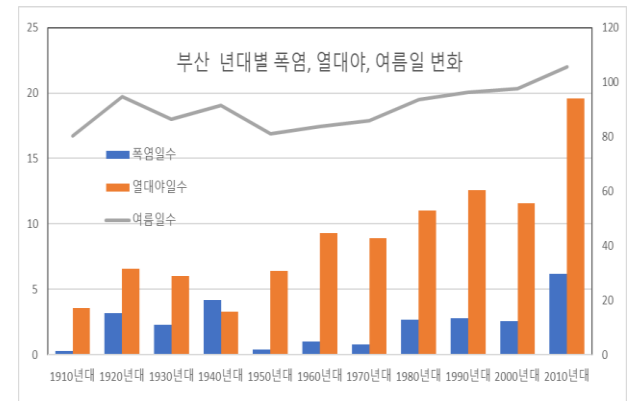
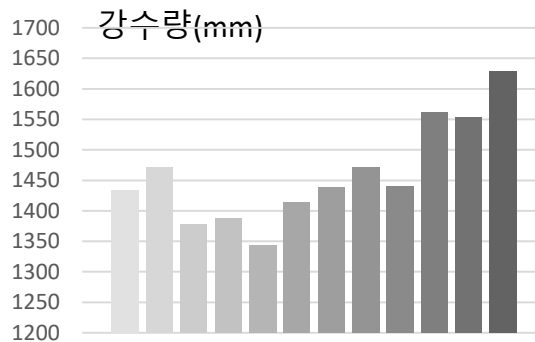
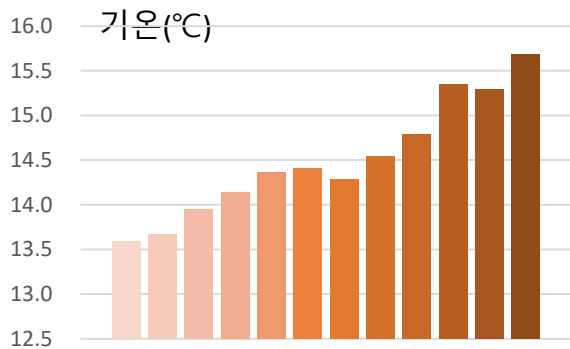
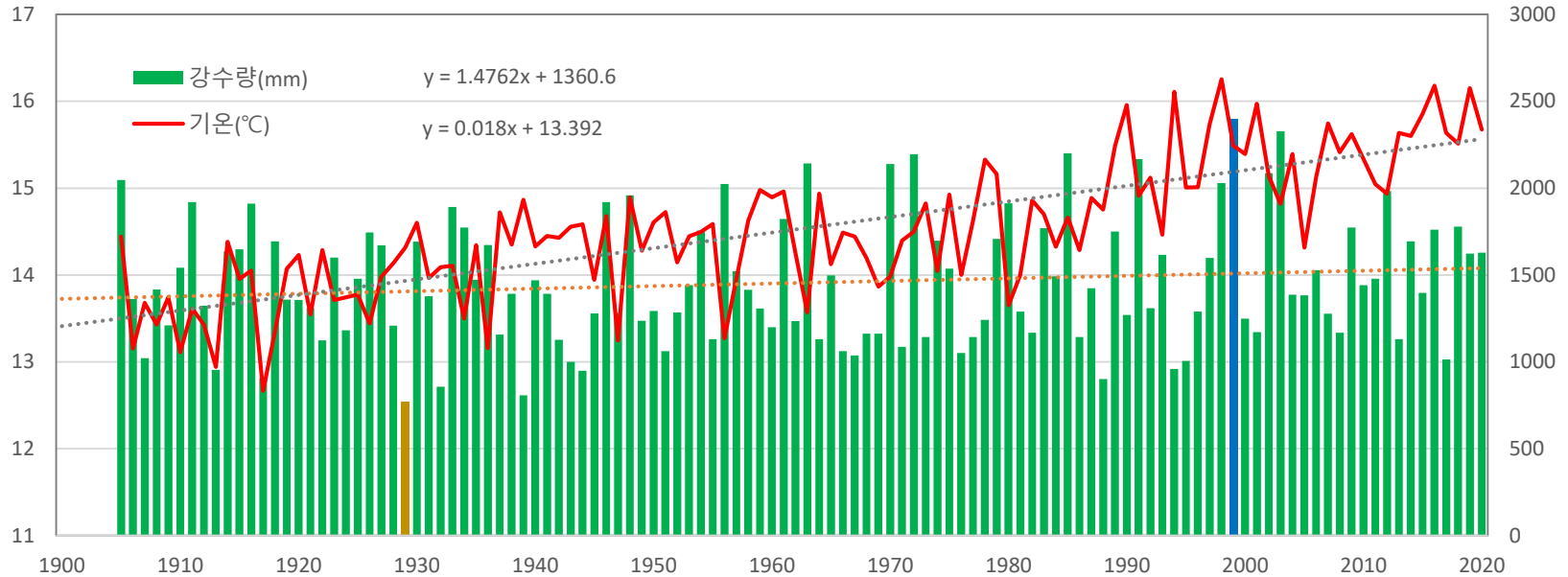
최근(1991-2020년)과
과거(1912-1940년) 차이

- 폭염: +1.0일
- 열대야: +8.4일*
- 한파: -4.9일*
- 결빙일: -7.7일*
- 서리일: -26.1일*
- 호우: +0.6일
- 여름철: +20일
- 겨울철: -22일

[기상청 보도자료 2021.04.27]

전기에는 상대적으로 기온이 낮고 강수량이 적은 기후
 → 후기에는 기온이 높고 강수량이 많은 기후로 변화
 7개 지점 평균(서울 인천 강릉 전주 대구 부산 목포)

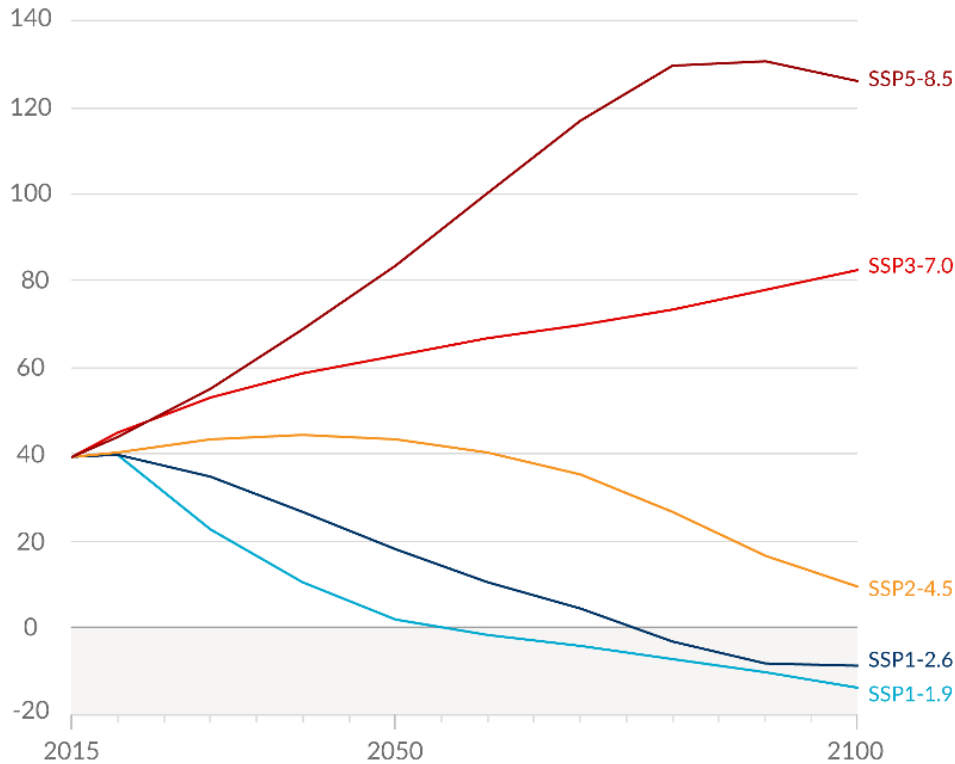
부산 기온.강수량 변화(1905-2020)



SSP 시나리오

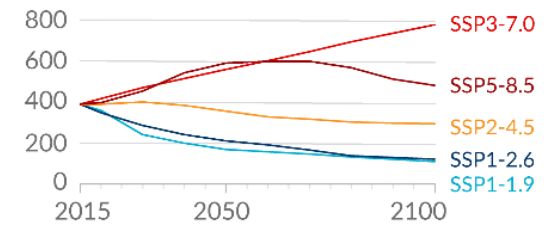
a) Future annual emissions of CO₂ (left) and of a subset of key non-CO₂ drivers (right), across five illustrative scenarios

Carbon dioxide (GtCO₂/yr)

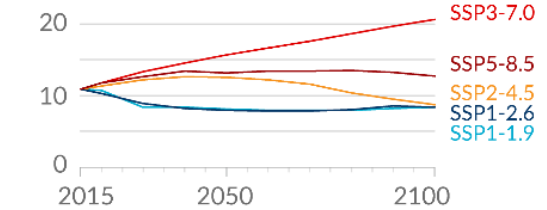


Selected contributors to non-CO₂ GHGs

Methane (MtCH₄/yr)

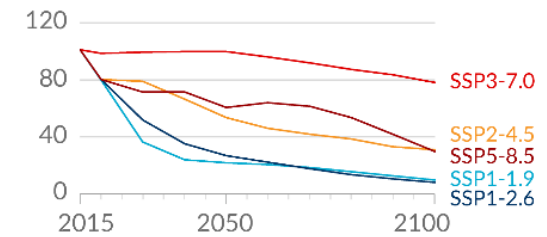


Nitrous oxide (MtN₂O/yr)



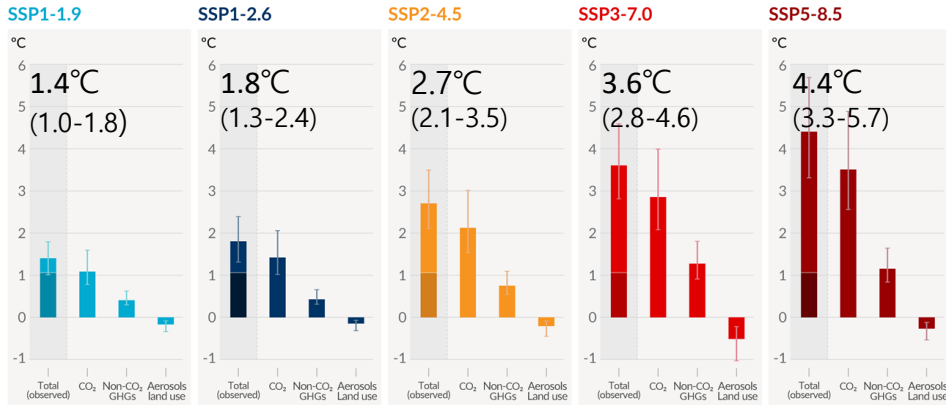
One air pollutant and contributor to aerosols

Sulfur dioxide (MtSO₂/yr)

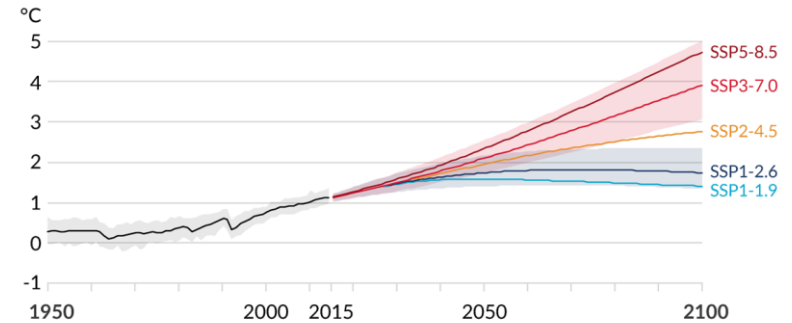


AR6 미래 기후 전망(Projection)

Change in global surface temperature in 2081-2100 relative to 1850-1900 (°C)



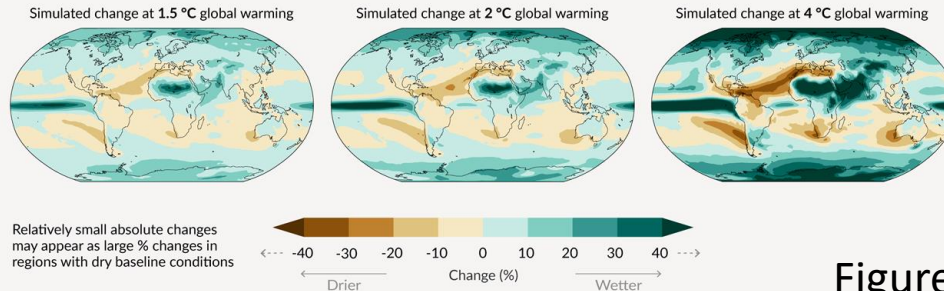
a) Global surface temperature change relative to 1850-1900



해수면 상승 [기준: 1995-2014]

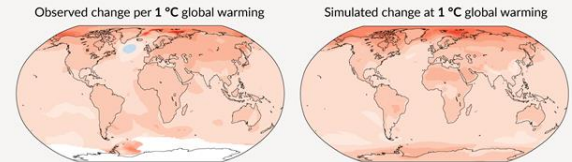
0.38 m (0.28-0.55)	0.44 m (0.33-0.61)	0.56 m (0.44-0.76)	0.68 m (0.55-0.90)	0.77 m (0.63-1.02)
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

c) Annual mean precipitation change (%) relative to 1850-1900



a) Annual mean temperature change (°C) at 1 °C global warming

Warming at 1 °C affects all continents and is generally larger over land than over the oceans in both observations and models. Across most regions, observed and simulated patterns are consistent.



b) Annual mean temperature change (°C) relative to 1850-1900

Across warming levels, land areas warm more than oceans, and the Arctic and Antarctica warm more than the tropics.

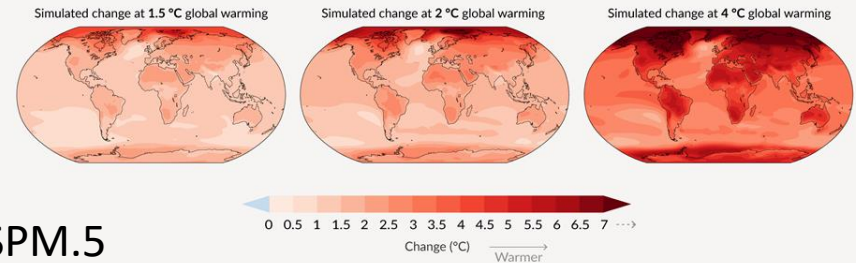
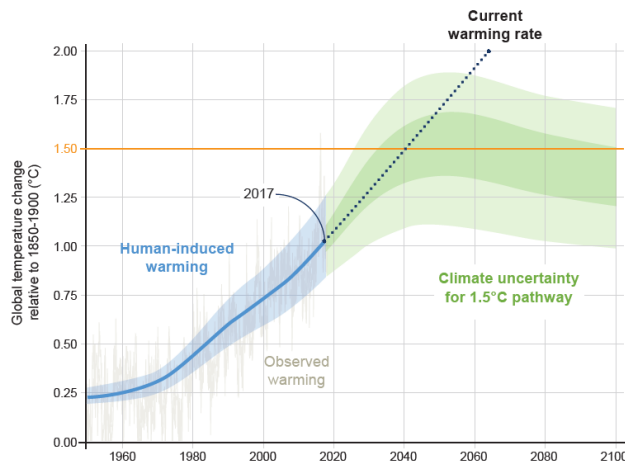


Figure SPM.5

AR6 미래 기후 전망(Projection)

AR6: 2021-2040년에
지구평균기온 1.5°C 상승

Scenario	Near term, 2021–2040		Mid-term, 2041–2060		Long term, 2081–2100	
	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)
SSP1-1.9	1.5	1.2 to 1.7	1.6	1.2 to 2.0	1.4	1.0 to 1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2 to 1.8	1.7	1.3 to 2.2	1.8	1.3 to 2.4
SSP2-4.5	1.5	1.2 to 1.8	2.0	1.6 to 2.5	2.7	2.1 to 3.5
SSP3-7.0	1.5	1.2 to 1.8	2.1	1.7 to 2.6	3.6	2.8 to 4.6
SSP5-8.5	1.6	1.3 to 1.9	2.4	1.9 to 3.0	4.4	3.3 to 5.7

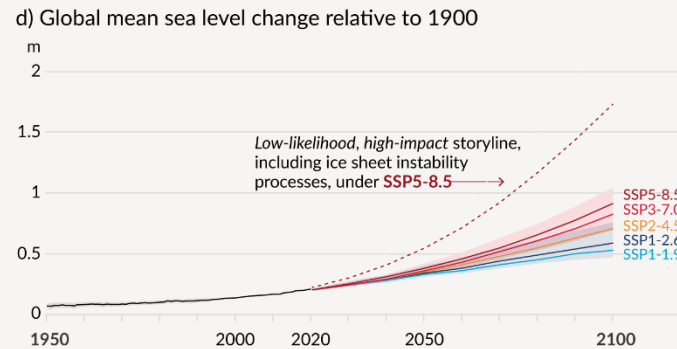
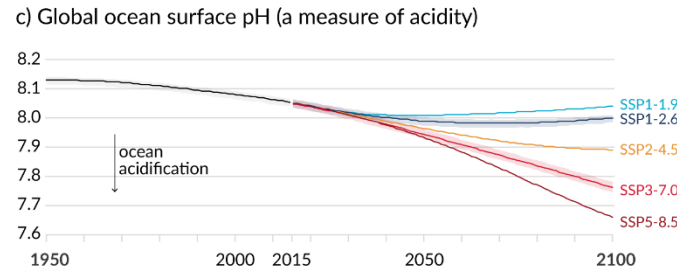
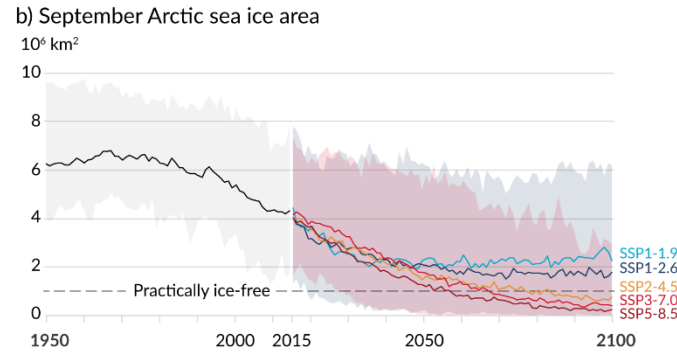
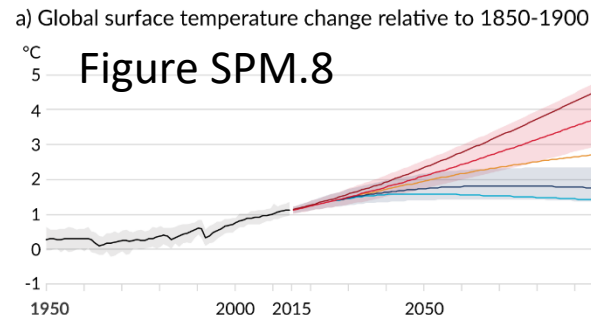
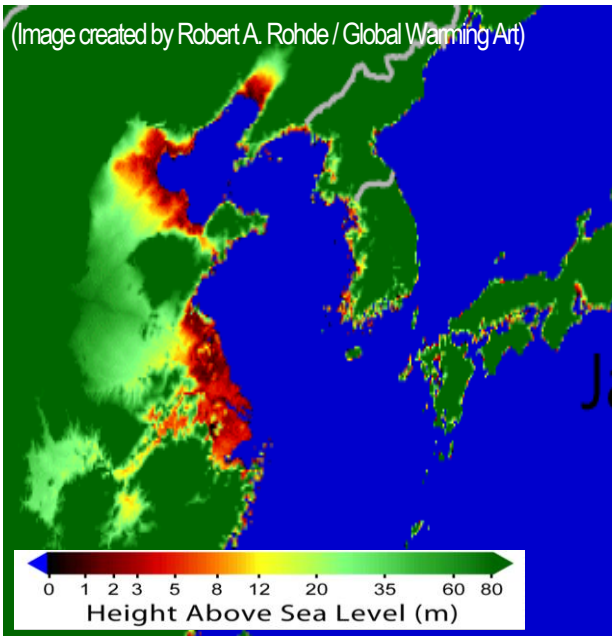


SR1.5: 현재 상승 추세로는
2030-2052년에 1.5°C 상승

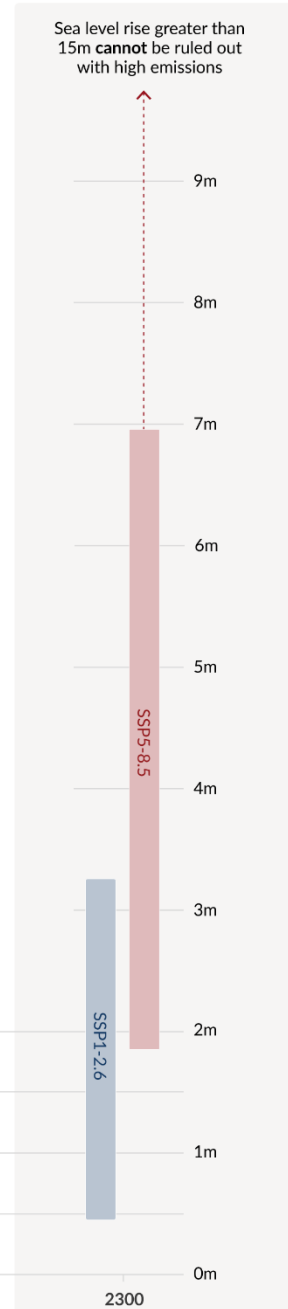
기후시스템 변화 전망

돌이킬 수 없는 변화

- 해수면 상승
- 빙권 감소



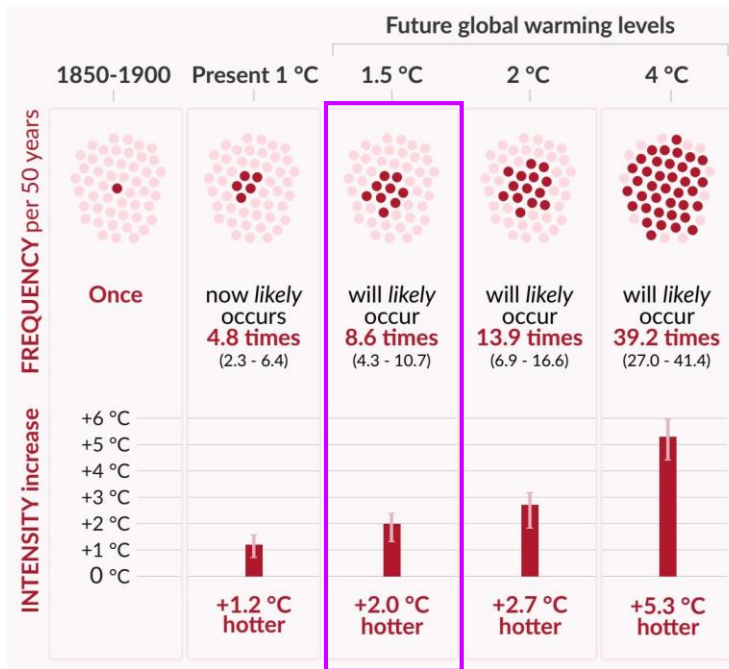
e) Global mean sea level change in 2300 relative to 1900



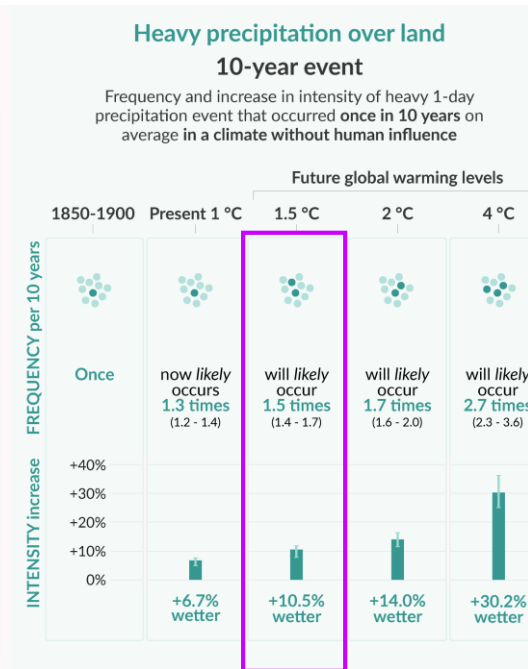
극한현상 전망

Projected changes in extremes are larger in frequency and intensity with every additional increment of global warming.

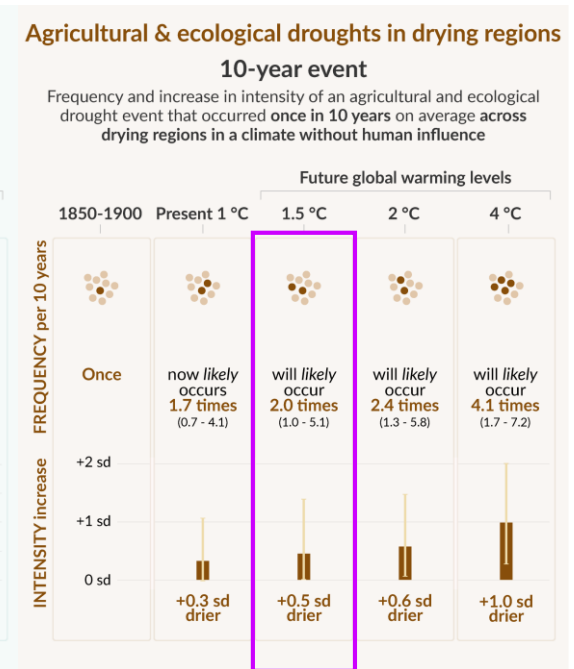
Heat Waves



Heavy Precipitation



Droughts



1980-2019년 자연재해 발생과 피해

Disaster Impacts:
1980-1999 vs. 2000-2019

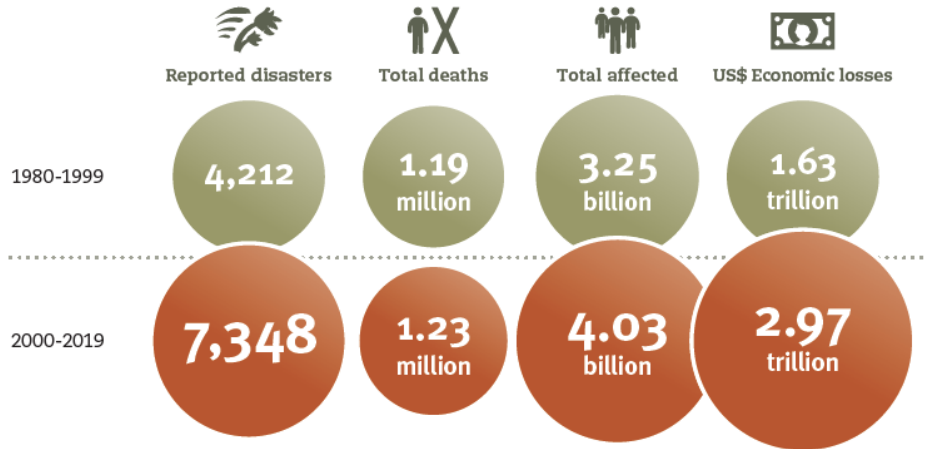


Figure 4
Percentage of occurrences of disasters by disaster type (2000-2019)

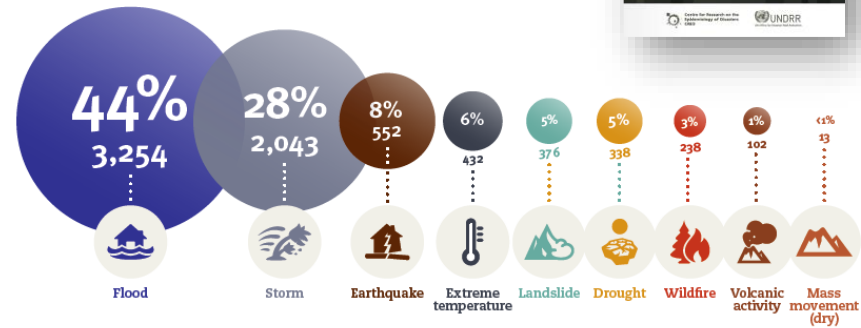


Figure 2
Total disaster events by type: 1980-1999 vs. 2000-2019

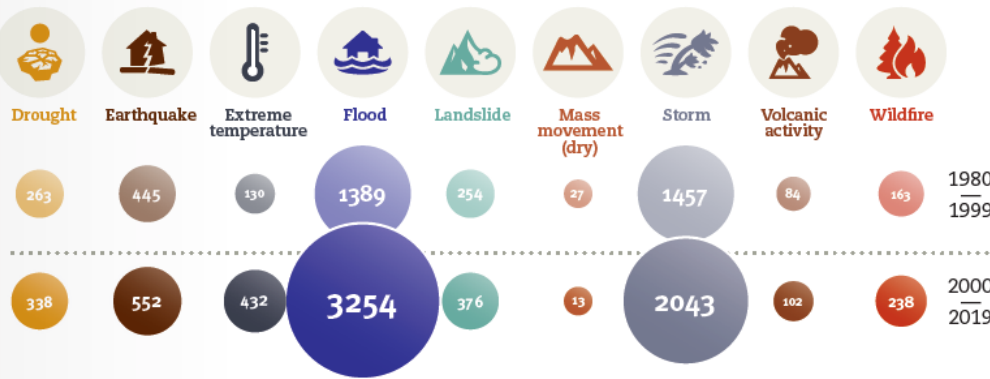
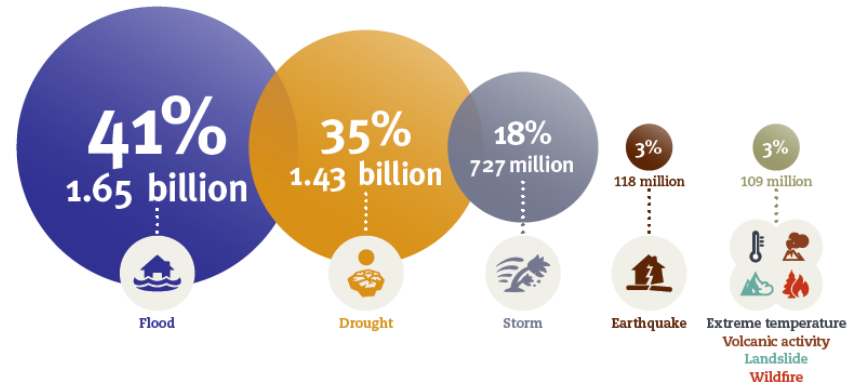
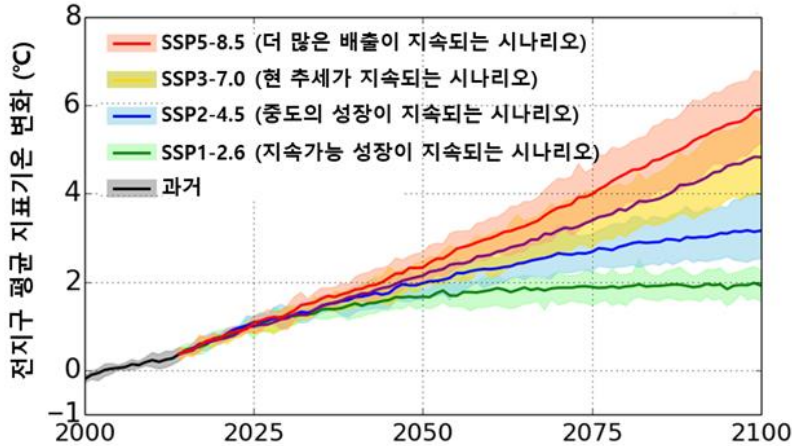


Figure 9
Total number of people affected by disaster type (2000-2019)



우리나라 미래 기후변화 전망

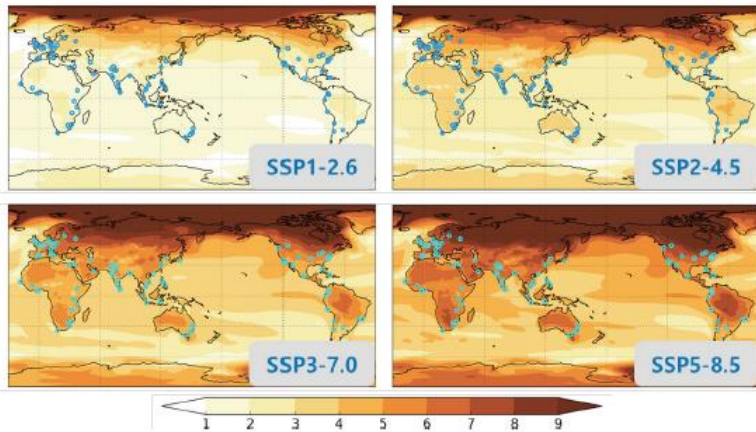
[국립기상과학원, 2020]



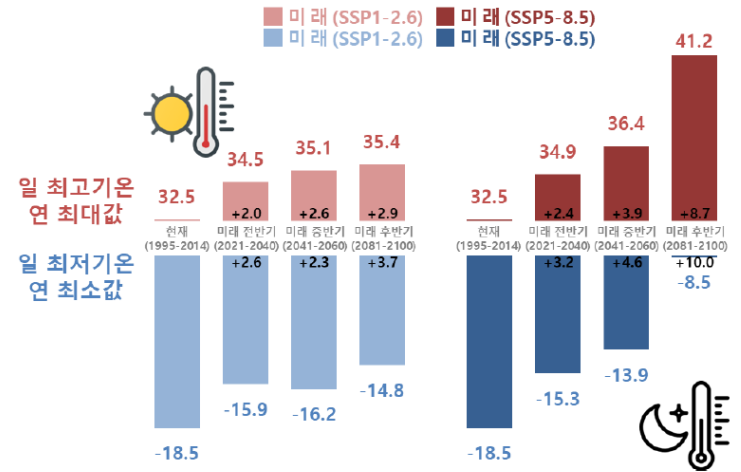
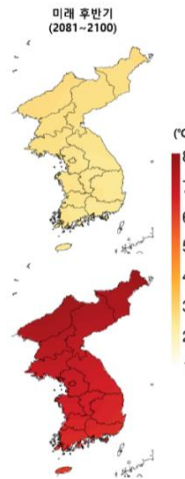
[표 5] 현재 및 미래 기간별 한반도 연평균·최고·최저기온 변화(°C).

기온	현재 (1995~2014)	미래 전반기 (2021~2040)		미래 중반기 (2041~2060)		미래 후반기 (2081~2100)	
		SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5
평균기온 (°C)	11.2	12.8 (+1.6)	13.0 (+1.8)	13.0 (+1.8)	14.5 (+3.3)	13.8 (+2.6)	18.2 (+7.0)
최고기온 (°C)	16.8	18.5 (+1.7)	18.6 (+1.8)	18.6 (+1.8)	20.1 (+3.3)	19.4 (+2.6)	23.9 (+7.1)
최저기온 (°C)	6.4	8.0 (+1.6)	8.2 (+1.8)	8.3 (+1.9)	9.7 (+3.3)	9.0 (+2.6)	13.5 (+7.1)

※ 괄호 안의 숫자는 현재 대비 미래의 변화폭을 의미.

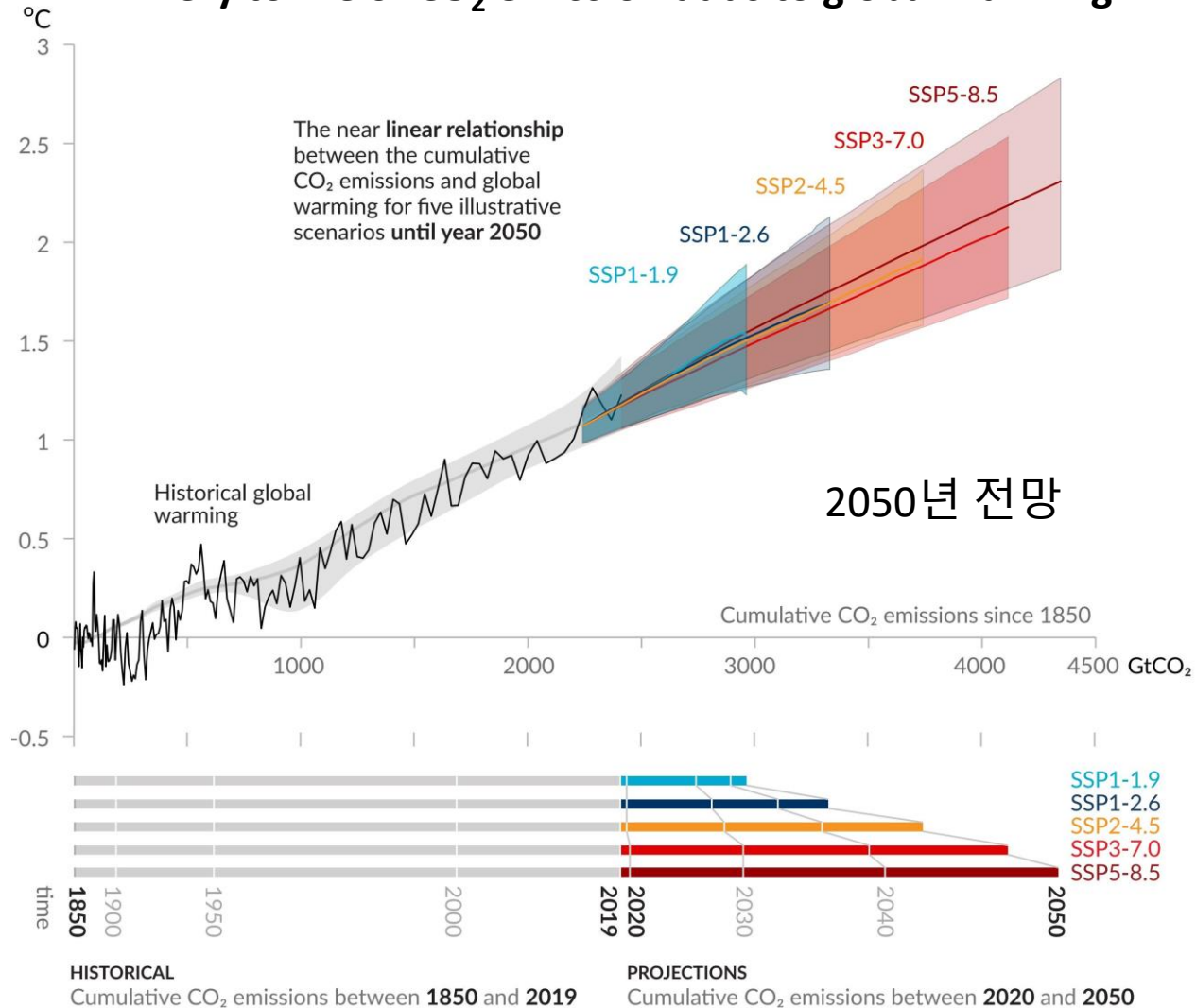


<그림 4> SSP에 따른 현재 대비 21세기 말의 평균기온 변화(°C)와 주요 도시(청색 점).



누적 CO₂ 배출량과 지구 지표면 온도

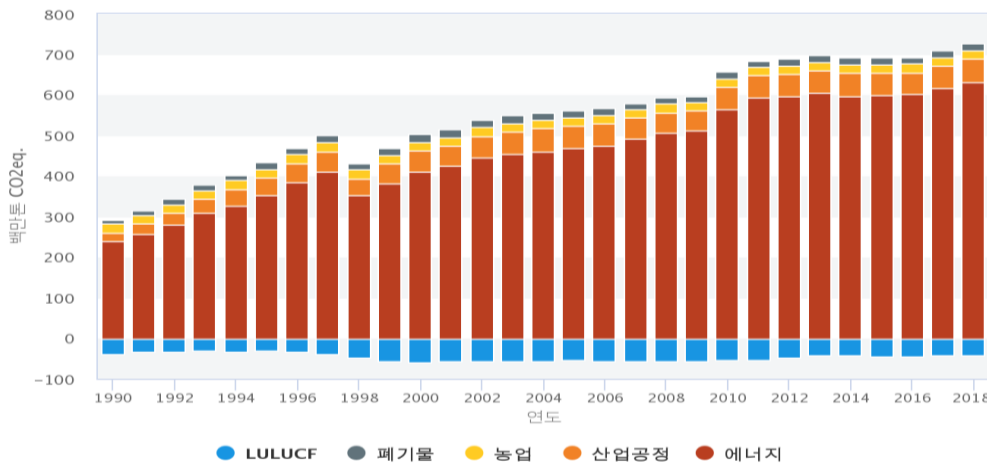
Every tonne of CO₂ emission adds to global warming.



탄소제로는 무엇을 의미하나

- 탄소제로는 순 배출량이 '0' (순 배출량 = 배출량 - 흡수량)
- 우리나라 현재(2019) 온실가스 총배출량은 7억톤, 산림에 의한 흡수량은 4천만톤으로 순배출량은 약 6.6억톤 (14위)
- 우리나라 일인당 온실가스 배출량은 12.5톤
- 2050년(시나리오 A): 재생E(0), 산업(51), 건물(6), 수소(3), 농축산(15), 폐기물(4), 탈루(0.5), **산림(-25), CCUS(-55)** [단위 MtCO₂eq]
- 2050년 1인당 탄소 배출량 ≤ 2.0 tCO₂eq w/CCUS

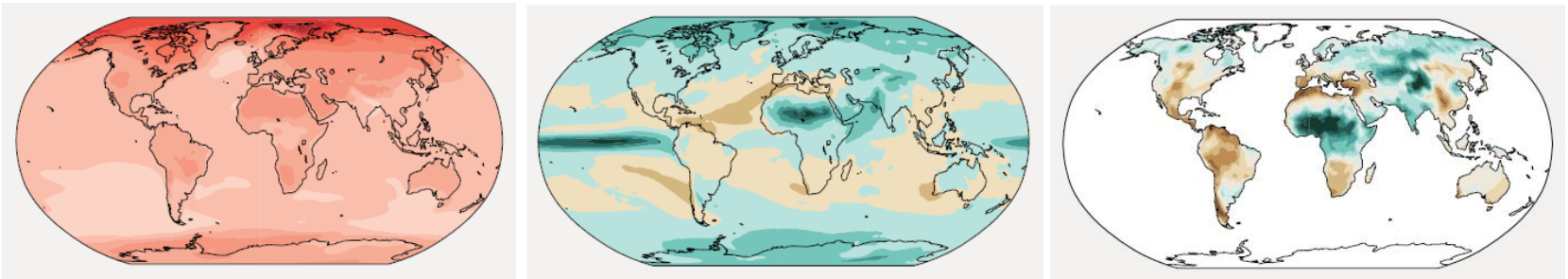
국내 분야별 온실가스 배출량 및 흡수량



온실가스 배출량 (환경부 21.06.11)
 2018: 727.9 MtCO₂eq
 2019: 699.5 MtCO₂eq (잠정)
 2020: 648.6 MtCO₂eq (잠정)

2050탄소제로 달성 시 2100년 상황

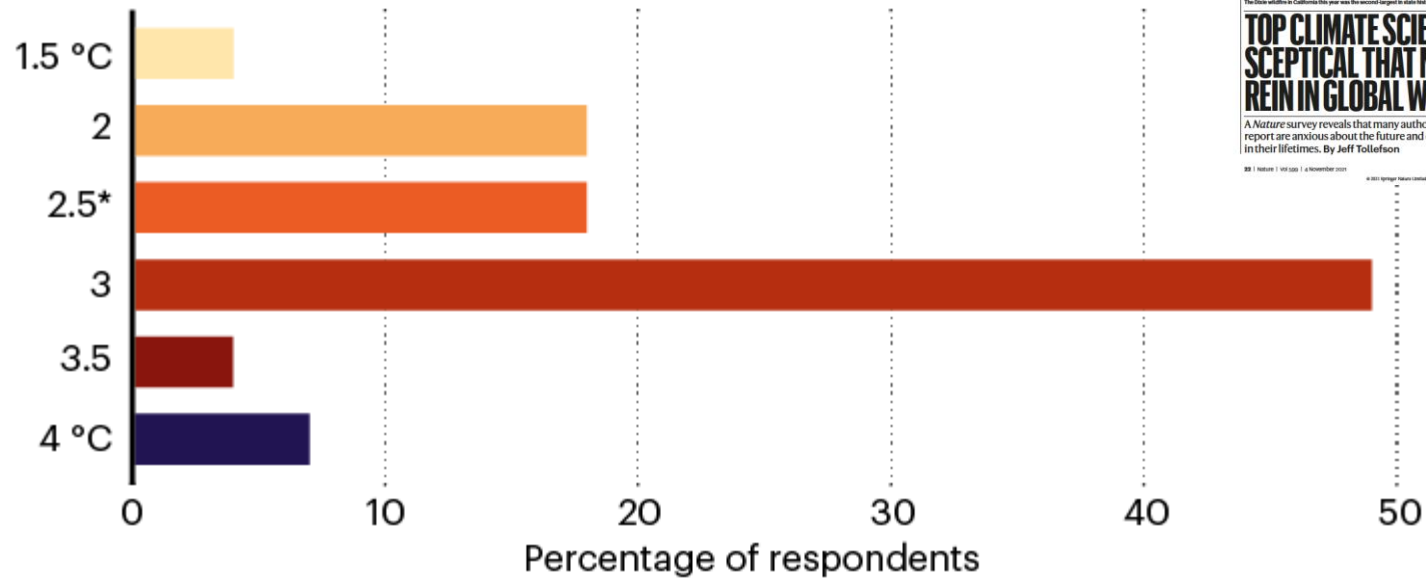
- 온실효과는 1.9 W/m^2 , 현재(2019년) 온실효과 2.7 W/m^2 에 비해 0.8 W/m^2 감소
- 이산화탄소 농도는 390 ppm, 2019년 410 ppm 보다 20 ppm 감소 (다른 온실가스도 감소해야 함)
- 기온 $1.4(1.0-1.8)^\circ\text{C}$ 상승 (육지는 해양에 비해 1.4~1.7배 더 빨리 온난화)
- 산업혁명과 비교하여 폭염은 8.6배, 호우는 1.5배, 가뭄은 2.0배 발생가능성이 높고, 세기도 강화됨



[IPCC WGI AR6: 온난화 1.5°C 수준 기온·강수량·토양수분 변화 추세]

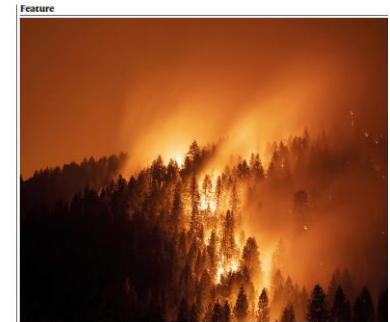
WGI 과학자들의 온난화 전망

How much warming above pre-industrial times do you think is likely by 2100?



*Includes 2 responses between 2.7°C and 2.75°C; 2.5°C and 3.5°C were write-in answers.

[네이처 기사, 2021.11.01]

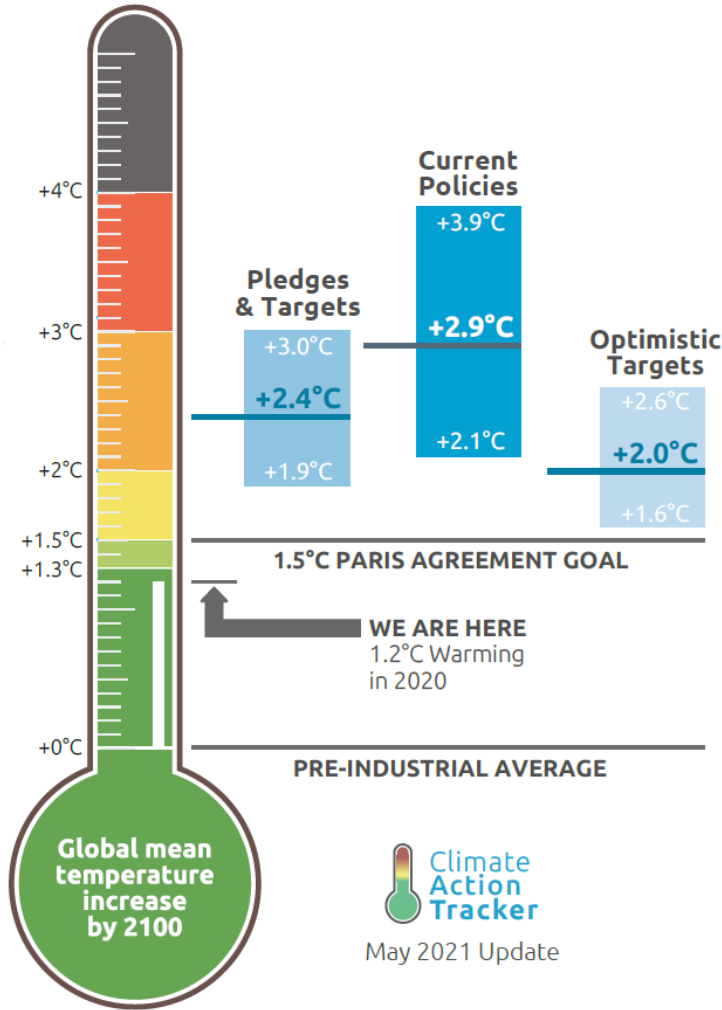


TOP CLIMATE SCIENTISTS ARE SCEPTICAL THAT NATIONS CAN REIN IN GLOBAL WARMING
A *Nature* survey reveals that many authors of the latest IPCC climate-science report are anxious about the future and expect to see catastrophic changes in their lifetimes. By Jeff Tollefson

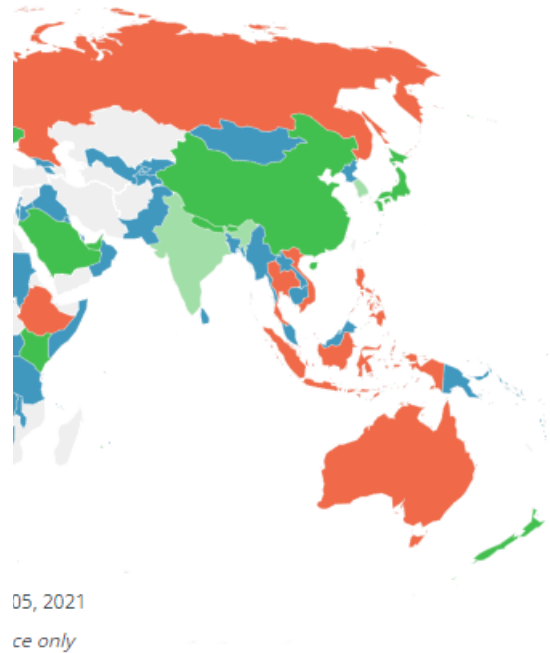
© 2021 Springer Nature Limited. All rights reserved.

©nature

Glasgow, COP26 현황



Climate Action Tracker
May 2021 Update



CLIMATE TARGETS

Status of the NDC update process

- 122** Countries have **submitted** new NDC targets (121 countries plus the EU27)
 - 22** Countries we analyse have submitted **stronger NDC targets** (21 countries plus the EU27)
 - 11** Countries we analyse **did not increase ambition**
 - 89** Countries we **do not analyse** submitted new NDC targets
- 2** Countries have **proposed** new NDC targets
 - 2** Countries we analyse have proposed **stronger NDC targets**
 - 0** Countries we analyse stated it **will not propose more ambitious targets**
 - 0** Countries we **do not analyse** proposed new NDC targets
- 42** Countries have not updated targets



<https://climateactiontracker.org/climate-target-update-tracker/>

1.5°C vs 2°C 영향과 위험 차이



1.5°C 온난화 경우 2°C 온난화에 비하여

- 극한 현상 감소
 - 평균기온, 폭염, 호우, 가뭄 등
- 2100년까지 해수면 상승은 10 cm 상승 감소
 - 피해 인구 천만 명 감소 (해수면은 수백 년간 추가적인 상승 예상)
- 생물 다양성 및 생물종 영향 감소
 - 2°C 보다 리스크 노출 면적 ½로 감소
- 곡물(쌀, 밀, 옥수수 등) 생산량 감소 축소
 - 사하라 남쪽 아프리카, 동남아시아, 중미와 남미 등
 - 곡물 영양분의 질 저하; 가축 온도 상승으로 부정적 영향
- 물 부족 영향 인구 50% 감소
- 어업 종사자 위험 감소 (어획량: 1.5°C, 150만톤 감소; 2°C 300만톤 감소)
- 2050년까지 기후 관련 위험에 수억 명 노출 감소

1.5°C로 지구온난화를 제한하더라도

- 건강, 생계, 식량 안보, 물 공급, 인간 안보 및 경제 성장 관련 리스크는 증가
- 광범위한 적응 옵션은 있으나 적응 역량의 손실과 제약이 있음

기후변화 대응: 적응과 완화

Building Climate Resilience

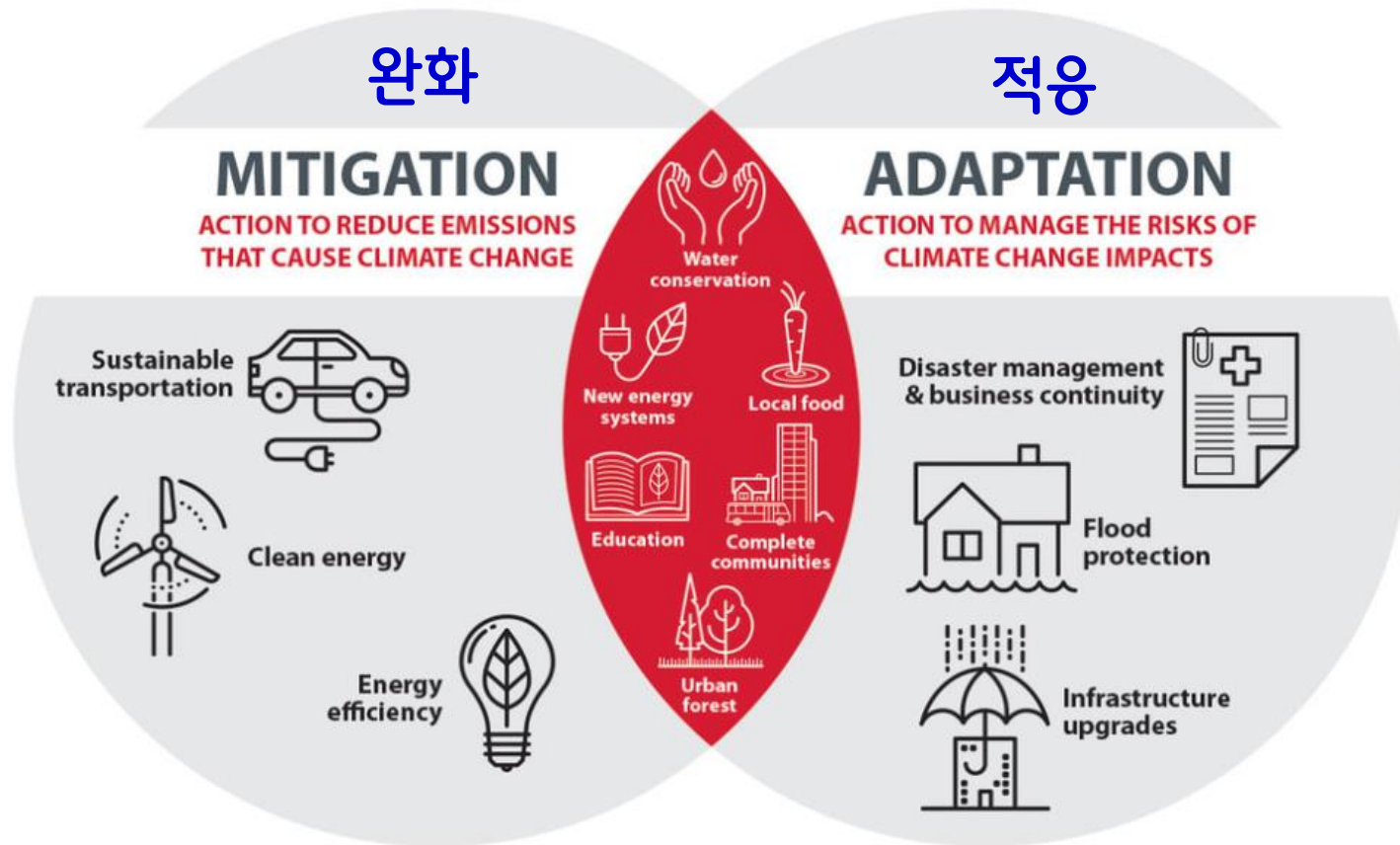
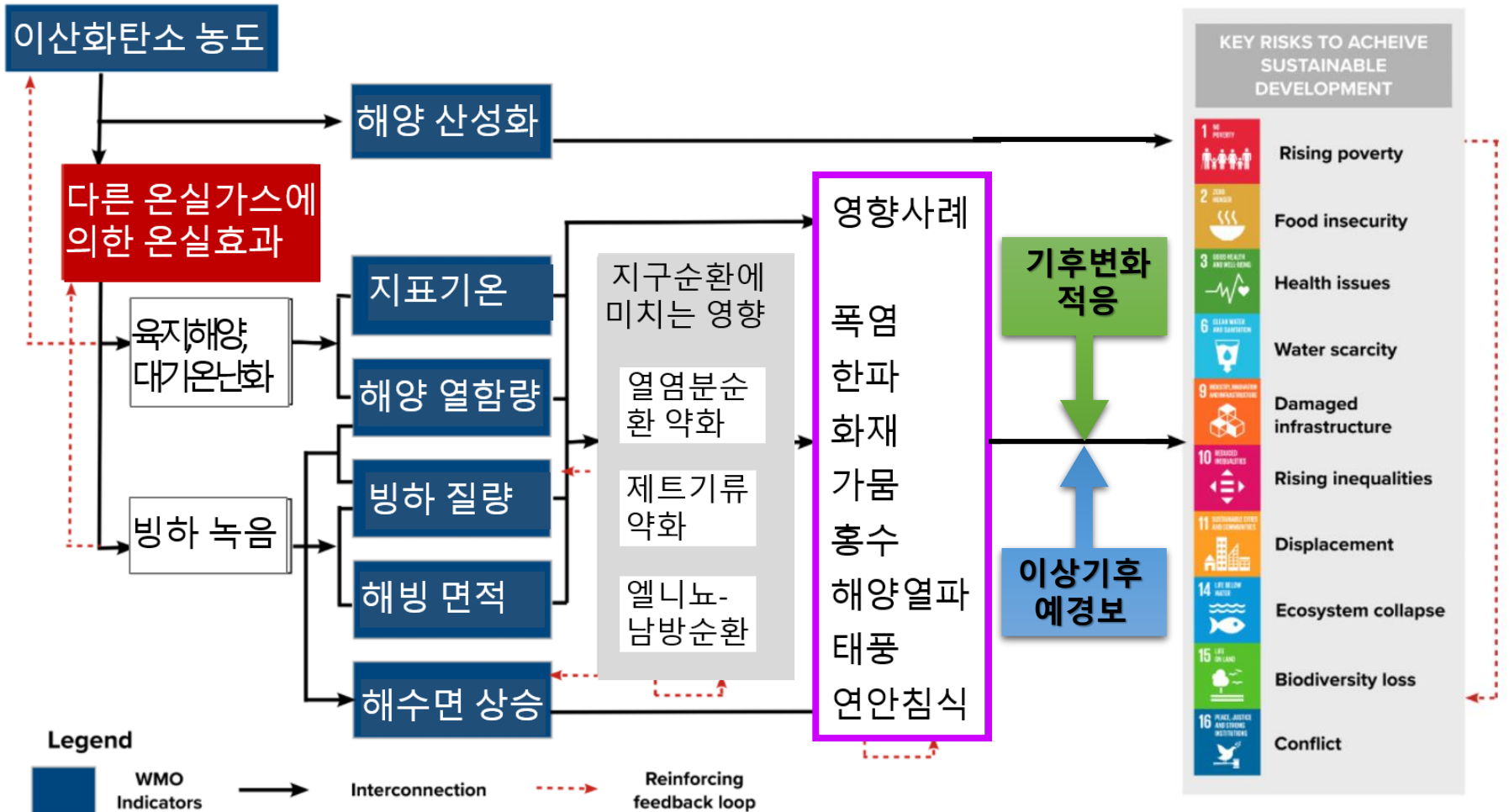


image from <https://www.calgary.ca/UEP/ESM/Pages/Energy-Savings/Climate-Change.aspx?redirect=/climateprogram>

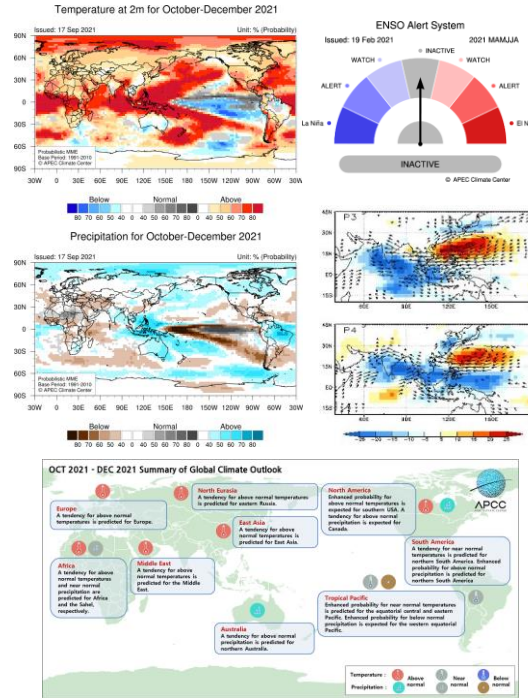
기후변화와 지속가능목표 연관성



[WMO (2021) Modified] Source : IPCC, WMO

기후변화 대응 이상기후 예경보

APCC MME(다중모델앙상블) 기후예측: 15개 기관에서 제공하는 기후예측모델 결과를 재분석하여 지역별 이상기후 예측정보 제공



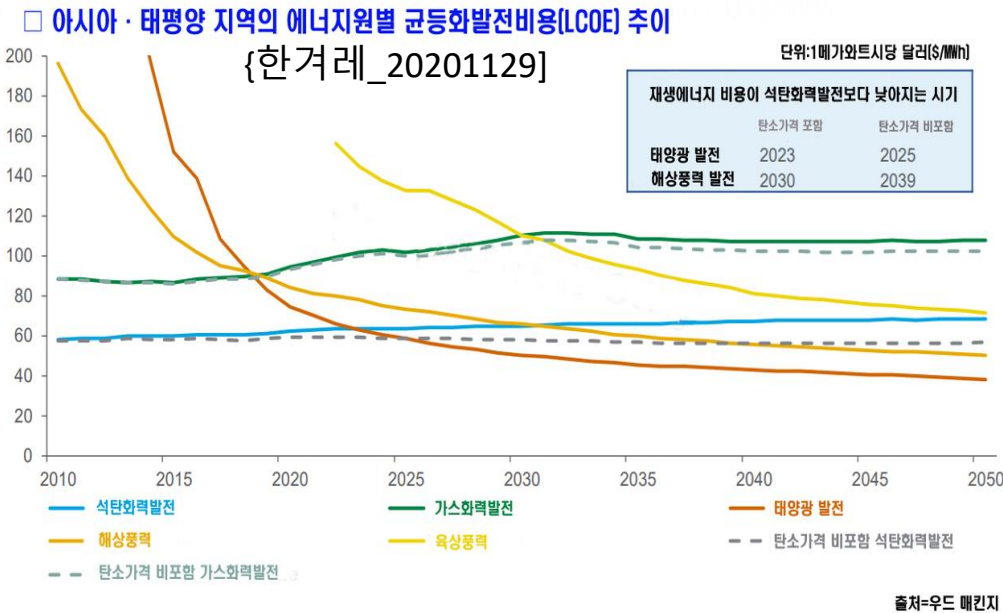
11개국 15개 기관에서 기후예측모델 결과 수집

기후모델 및 기후자료에 기반한 지역별 최적예측정보 산출 (1-6개월)

사용자 수요맞춤형 예측·감시정보 제공 (매월 700여 기관·개인회원)

재생에너지 비용 감소 전망

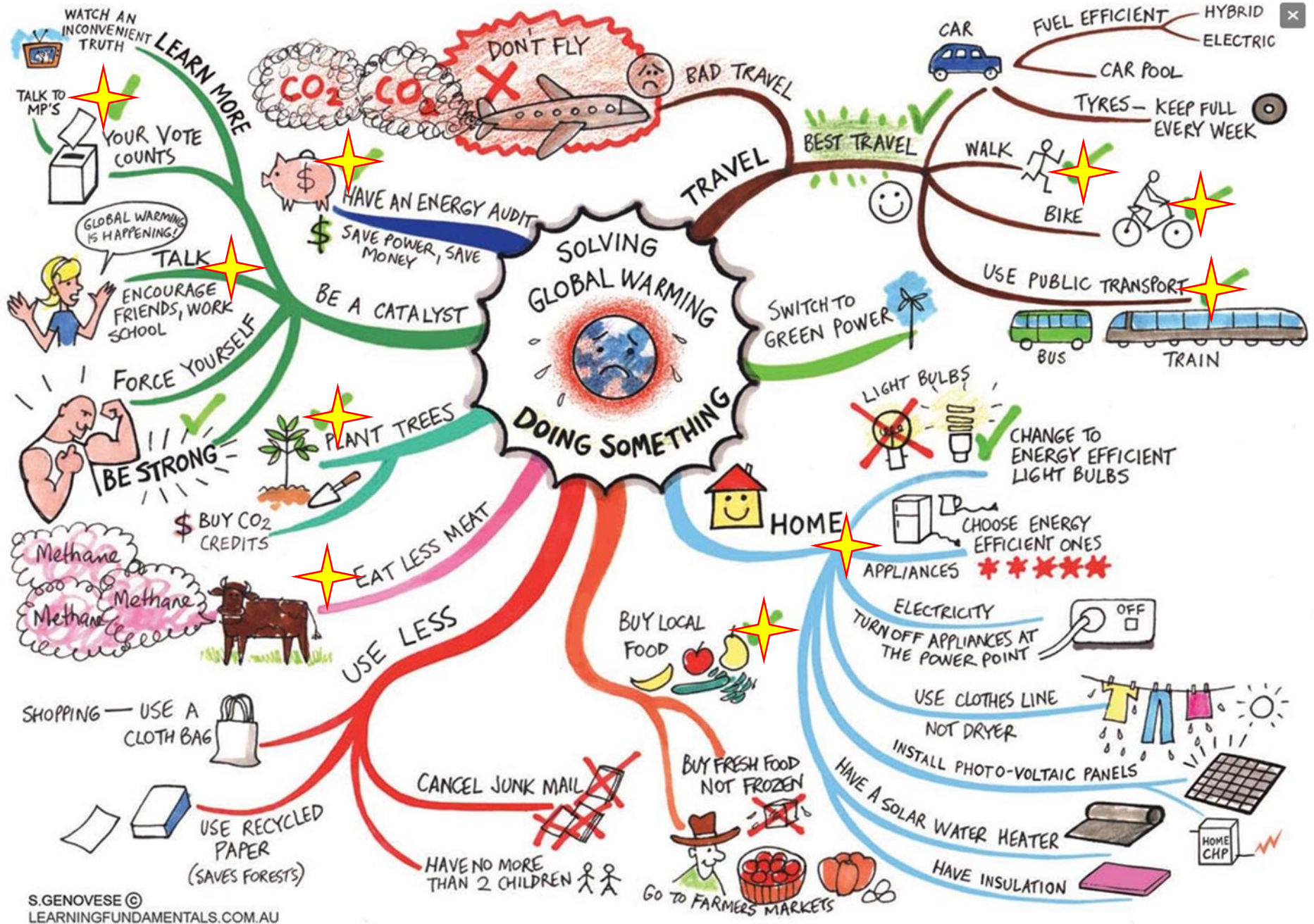
- 2020년 우리나라 전력생산 비중: 석탄화력(36.8%), 원자력발전(28.5%), 액화천연가스발전(25.5%), 신재생에너지(6.8%)
- 재생에너지 균등화발전비용은 내년이면 석탄화력보다 저렴해지고, 2030년에는 30% 저렴해질 것으로 전망됨
- 균등화발전비용은 건설비, 연료비, 운영비, 환경비용 포함



직업군	성장 전망(2019→2029)
풍력발전기술	58.5%
간호사	52.2%
태양광발전기술	46.8%
정보보안분석	43.0%
통계학자	36.1%
작업치료사	34.8%
가정보건요양	33.8%
물리치료	32.8%
작업치료보조원	32.6%
데이터/수학자	31.9%

※ 미국노동통계국(Bureau of labor Statistics)자료

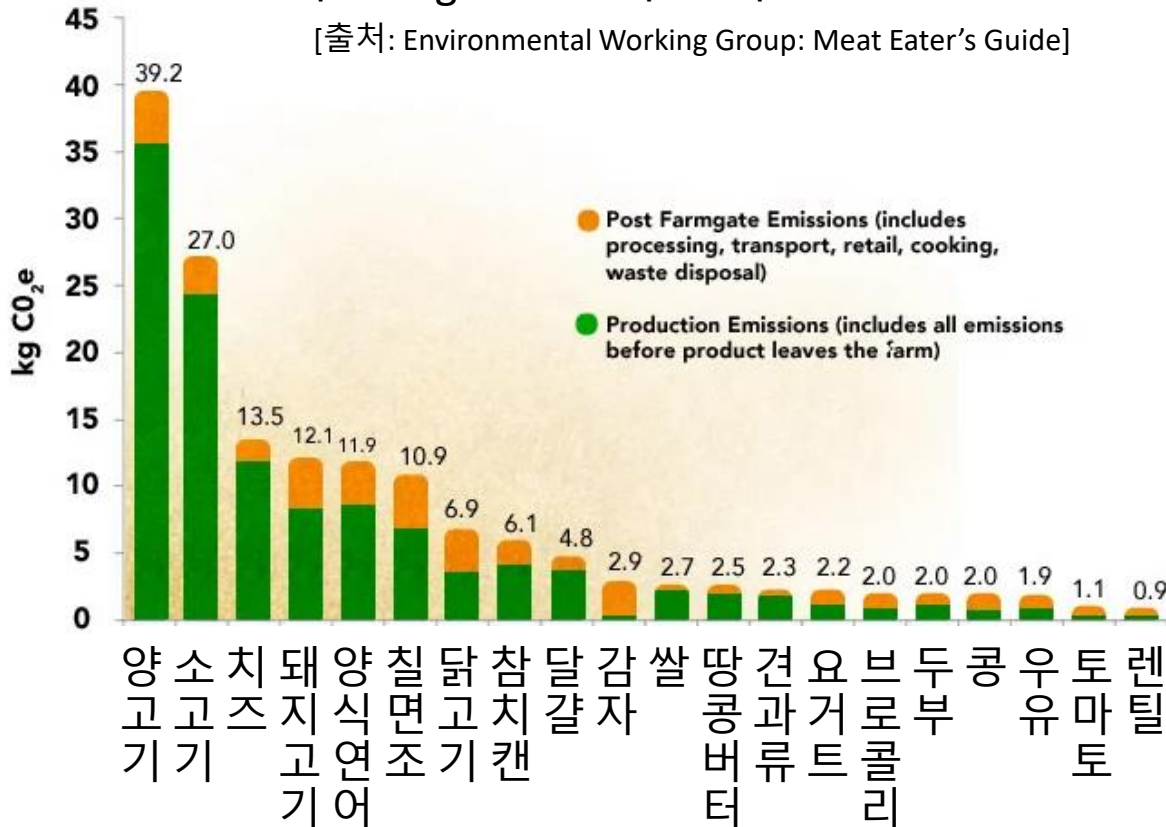
[출처:미래를 위한전쟁 2020:아시아태평양의 전력및재생에너지 경쟁력 보고서,우드 매킨지]



먹거리 전환: 육류 소비를 줄이자

음식물 1kg당 온실가스 배출량

[출처: Environmental Working Group: Meat Eater's Guide]

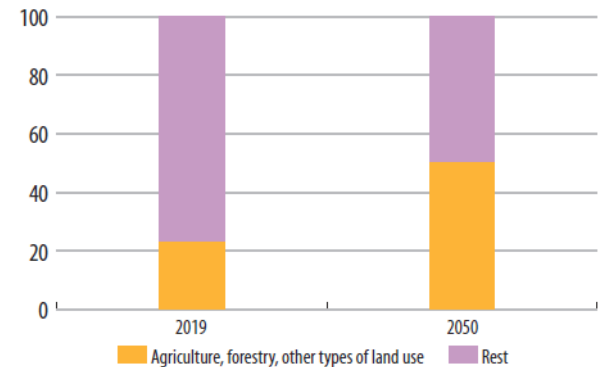


식량농업 부문의 온실가스 배출량

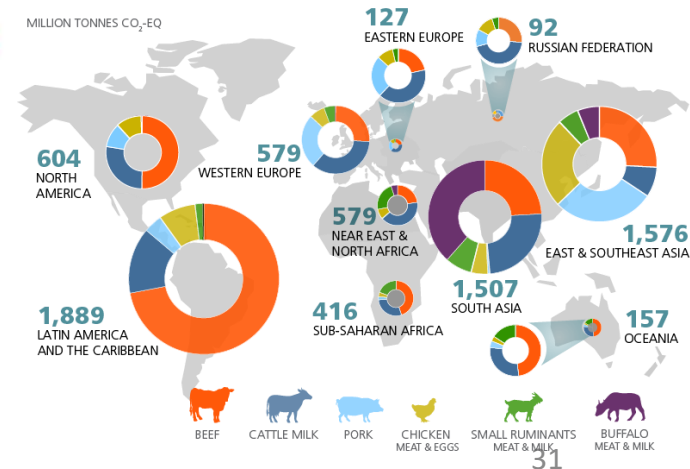
Rising share

By 2050, the share of greenhouse gas emissions produced by the agri-food sector is expected to rise to half of the total compared with a quarter of the total today.

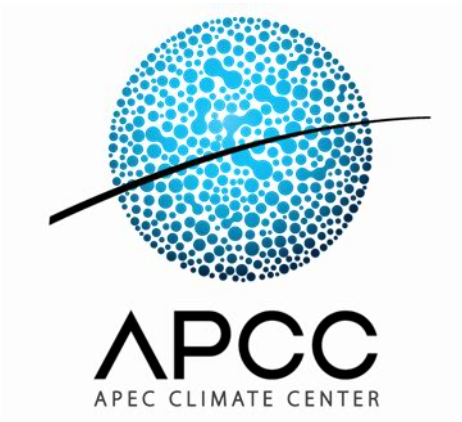
(Share of greenhouse gas from agriculture, fishery, and land use in total greenhouse gas, percent)



Sources: Intergovernmental Panel on Climate Change (2019); Willett and others (2019).
Note: Excluding greenhouse gases from food and nonfood transformation.



탄소중립은 백신, 적용은 치료약



감사합니다!