

2020년 부울경 기후변화포럼

| 일시 | 2020. 11. 11.(수) 14:00-17:00

| 장소 | 부산 벡스코 컨벤션홀 201-204호

2020년 부울경 기후변화포럼

프로그램

진행 : APEC기후센터 문상원 대외협력과장

시간	내용	발표자
13:30-14:00	30' 등록	
14:00-14:20	20' 개회 - 개회사	
14:20-14:50	30' 기조발표 전지구 기후변화 현황 및 전망	변영화 연구관 (국립기상과학원 미래기반연구부)
14:50-15:05	15' 주제발표1 부울경지역 기후변화 현황	고혜영 사무관 (부산지방기상청 기후서비스과)
15:05-15:20	15' 주제발표2 전 세계 이상기후 현황 및 원인	이우섭 과장 (APEC기후센터 기후분석과)
15:20-15:35	15' 주제발표3 부산시 기후변화 대응 및 온실가스 저감 로드맵	양진우 선임연구위원 (부산연구원 도시환경연구실)
15:35-15:50	15' 휴식	
15:50-16:50	60' 패널토의 (주제) 기후변화 현주소와 나아가야할 방향 - 부산지방기상청 신도식 청장 - 부산연구원 송교욱 원장 - APEC기후센터 권원태 원장 - 부산환경운동연합 민은주 사무처장 - KNN 경남본부 진재운 보도국장	좌장: 전의찬 교수 (세종대학교 기후에너지융합학과)
16:50-17:00	10' 폐회 - 폐회사	

목차

2020년 부울경 기후변화포럼

기조발표 전지구 기후변화 현황 및 전망	1
- 변영화 연구관 (국립기상과학원 미래기반연구부)	
주제발표1 부울경지역 기후변화 현황	11
- 고희영 사무관 (부산지방기상청 기후서비스과)	
주제발표2 전 세계 이상기후 현황 및 원인	27
- 이우섭 과장 (APEC기후센터 기후분석과)	

| 기초발표 |

전지구 기후변화 현황 및 전망

변영화 연구관 (국립기상과학원 미래기반연구부)

기후변화, 기후 위기를 말하다

국립기상과학원 변영화

부울경 기후변화 포럼 / 2020. 11. 11. / 부산 벡스코

기후 위기의 경고, Bio Science (Jan 2020)

Viewpoint

World Scientists' Warning of a Climate Emergency

WILLIAM J. RIPPLE, CHRISTOPHER WOLF, THOMAS M. NEWSOME, PHOEBE BARNARD, WILLIAM R. MOOMAW,
AND 11,258 SCIENTIST SIGNATORIES FROM 153 COUNTRIES (LIST IN SUPPLEMENTAL FILE S1)

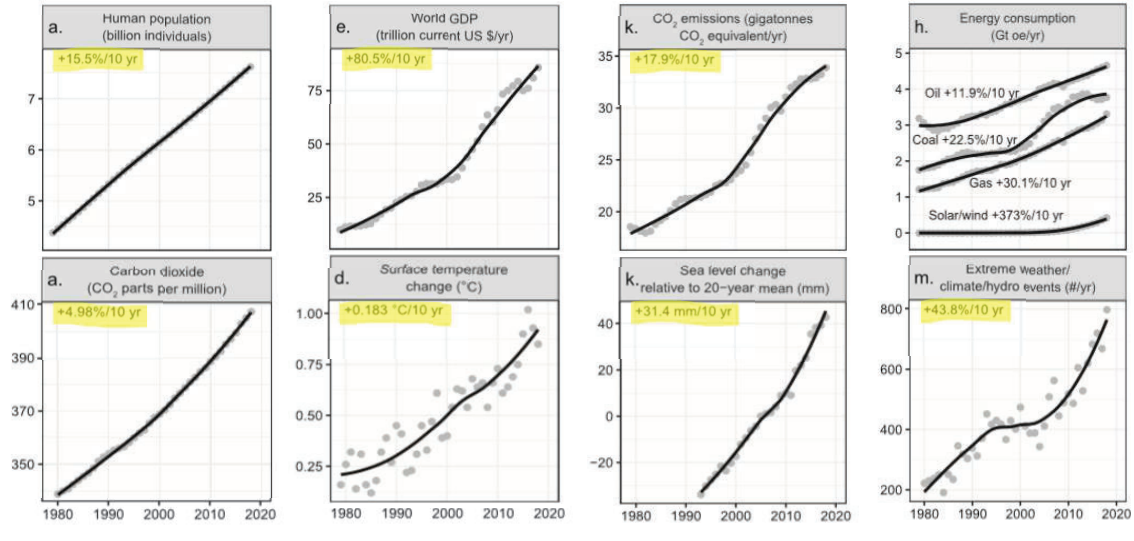
Scientists have a moral obligation to clearly warn humanity of any catastrophic threat and to "tell it like it is." On the basis of this obligation and the graphical indicators presented below, we declare, with more than 11,000 scientist signatories from around the world, clearly and unequivocally that planet Earth is facing a climate emergency.

as actual climatic impacts (figure 2). We use only relevant data sets that are clear, understandable, systematically collected for at least the last 5 years, and updated at least annually.

The climate crisis is closely linked to excessive consumption of the wealthy lifestyle. The most affluent countries are mainly responsible for the historical GHG emissions and generally

forest loss in Brazil's Amazon has now started to increase again (figure 1g). Consumption of solar and wind energy has increased 373% per decade, but in 2018, it was still 28 times smaller than fossil fuel consumption (combined gas, coal, oil; figure 1h). As of 2018, approximately 14.0% of global GHG emissions were covered by carbon pricing (figure 1m), but

1979년부터 현재까지의 연변화



Climate Hazard during 1970~2019 (WMO, 2020 State of Climate Services)

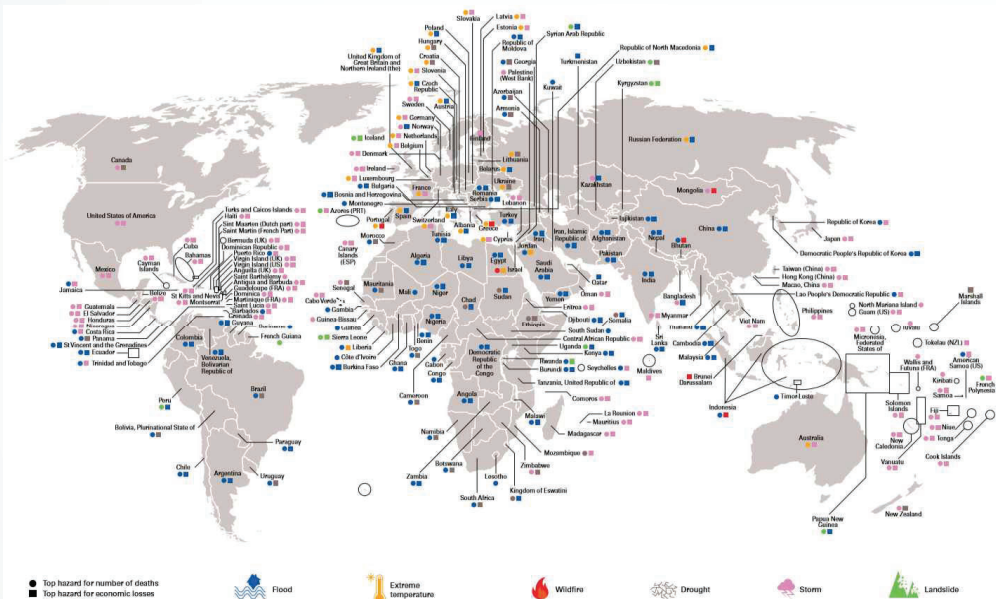


Figure 2. Map of deadliest and most costly weather, water and climate related hazards for each country (Source: WMO analysis of 1970-2019 data from the Emergency Events Databases of the Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, CRED)

- ✓ 많은 지역에서 인명 및 경제적 피해를 가져다 주는 주된 재해 요인은 폭풍 및 홍수임
- ✓ 유럽 등 일부 지역에서는 극한기온에 의한 사망자 피해

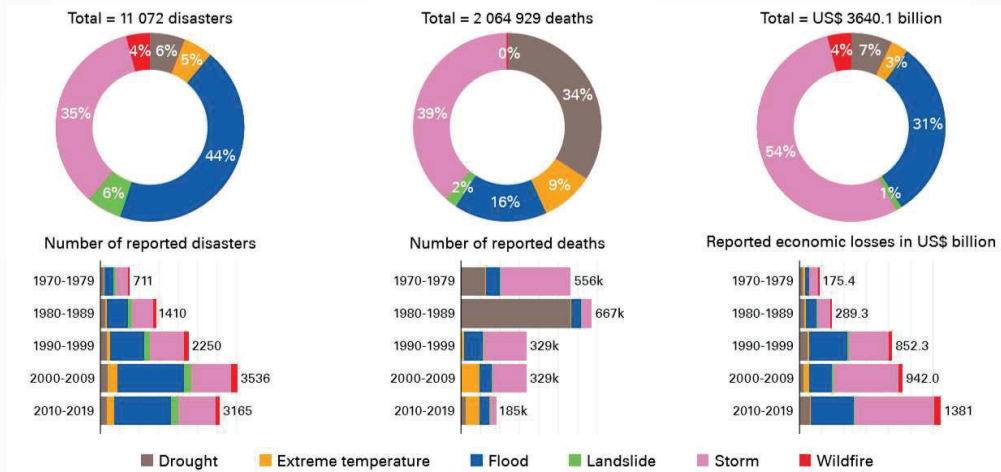


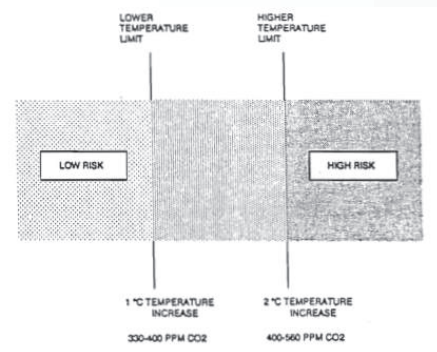
Figure 3: Distribution of (a) number of disasters (b) number of deaths, and (c) economic losses by main hazard type and by decade, globally.

1970년대 대비 2010년대는 재난 건수 5배 증가, 인명 피해는 1/3 감소, 경제적 손실은 7배 증가

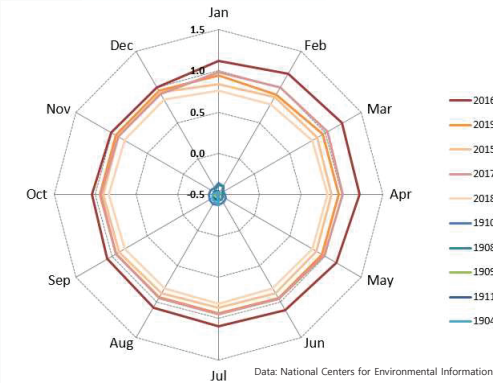
기후변화의 제한 목표와 지시자

The Stockholm Environment Institute, "Targets and Indicators of Climatic Change" (1990)

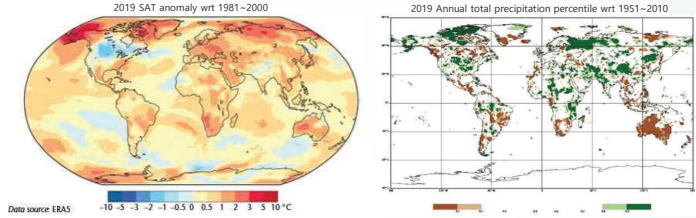
- 생태계와 인간사회에의 영향을 최소화하기 위한 한계는 어디인가?
- Indicator로 해수면 상승, 전지구 평균기온 상승, CO₂ 농도를 고려한 Target 설정
 - 해수면고도 : ① 20~50 mm/10년의 상승율, ② 1990년 해수면 고도 대비 0.2~0.5 m의 상승
 - 전지구 평균기온 : ① 0.1 °C/10년의 상승율, ② 산업혁명 대비 1.0 °C(위험도는 감소하지만 가능성은 희박) 또는 2.0 °C의 상승
 - CO₂ -equivalent conc. : ① 330~400 ppm for lower temp., ② 400~560 ppm for higher temp.



❖ 최근 5년은 가장 더웠던 해의 5순위 안에 위치



✓ 1901~2000년 평균기온에 대한 각 연도별, 월별 기온 편차

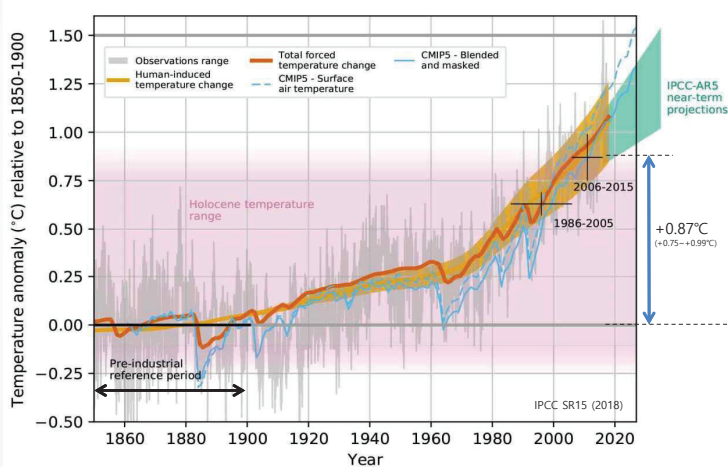


- ✓ 2019년 전지구 평균기온은 산업화 이전보다 $1.1 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 상승
- ✓ 2019년 강수량은 지난 반세기에 비해 북반구의 많은 지역에서 증가(상위 20% 녹색)하고 일부 지역에서 감소(하위 20% 갈색)
- ✓ 이산화탄소의 대기중 농도는 2019년 407.8 ± 0.1 ppm으로 산업화 이전 대비 147% 증가
- ✓ 해양 열 함유량(ocean heat content)은 2019년에 최고 기록을 경신
- ✓ 2019년은 남극과 북극 모두 해빙 면적이 모두 감소
- ✓ 해양 온난화에 따라 해수면 상승이 더욱 가속화되어 2019년 전지구 평균 해수면은 1993년 이래 사상 최고치를 경신
- ✓ 1980년대 후반 이후 해양 pH는 매 10년간 0.017~0.027 pH의 비율로 확연히 감소

가속화되는 온난화 (IPCC SR15)

➢ 인간활동은 산업화 이전* 대비 현재** 약 1°C ($0.8 \sim 1.2^\circ\text{C}$)의 온난화를 유발

* 1850~1900년 평균 ** 2017년 중심 30년 평균

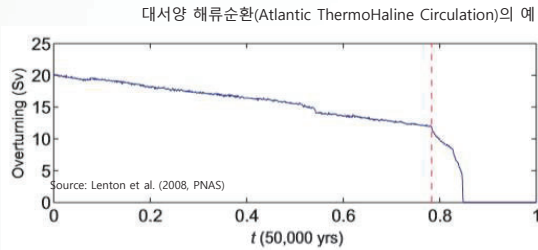


- 2006~2015년 동안의 평균기온은 산업화 이전 대비 약 0.87°C 증가
- 최근의 인위적 온난화로 인한 온도 상승 추세는 10년 당 0.2°C

	관측 기온의 변화
FAR (1990)	19세기 중반 이후 $0.3 \sim 0.6^\circ\text{C}$ 상승
SAR (1995)	19세기 중반 이후 $0.3 \sim 0.6^\circ\text{C}$ 상승
TAR (2001)	20세기 동안 0.6°C 상승
AR4 (2007)	지난 100년(1906~2005) 동안 0.74°C 상승
AR5 (2013)	산업화 이전 대비 최근 10년(2003~2012) 0.78°C 상승

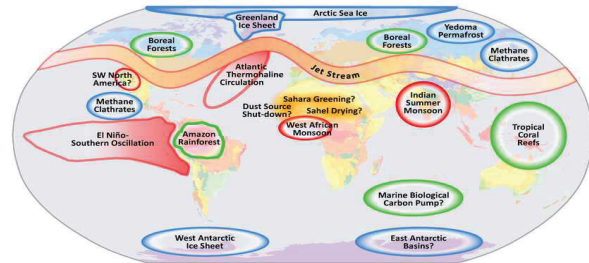
Tipping Point (Lenton et al. 2008, PNAS 등)

❖ 온난화가 어느 임계점을 넘는 순간 기후는 되돌릴 수 없다



- ✓ 약 5만년 동안 CO₂의 4배증 및 약한 담수 유입을 가정한 CLIMBER-2 모델의 시나리오
- ✓ 해류 순환이 서서히 약화되다, 어느 순간 갑자기 붕괴

Tipping Elements - 지구시스템의 아킬레스건



- Cryosphere Entities**
 - 그린랜드 빙상 붕괴, 서남극 빙상 붕괴
- Circulation Patterns**
 - 대서양 해류순환의 붕괴, 강력하고 지속적인 엘니뇨 발생
- Biosphere Components**
 - 아마존 열대우림 파괴

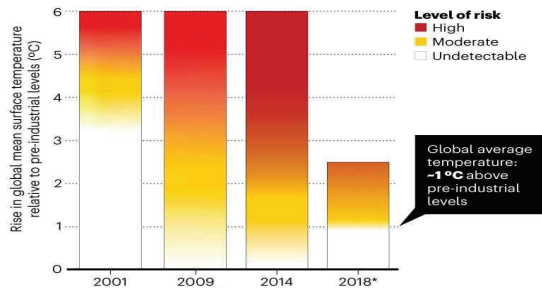
Source: Potsdam institute for Climate Impact Research (updated from Lenton et al.(2008, PNAS), etc.)

- 주요한 기후변화 Tipping point : 빙권, 순환, 생태 요소
- 여러 급변화들이 상호작용하여 변화 속도와 강도가 증폭될 수 있다

Tipping Point (Lenton et al., 2019, Nature)

TOO CLOSE FOR COMFORT

Abrupt and irreversible changes in the climate system have become a higher risk at lower global average temperature rise. This has been suggested for large events such as the partial disintegration of the Antarctic ice sheet.



*The 2018 IPCC Special Report: Global Warming of 1.5 °C focuses on the temperature range up to 2.5 °C.

©nature

- 과거 tipping point는 5°C 온난화 상황에서 일어날 수 있다고 알려졌으나 최근 연구는 2°C 이하 온난화에서도 발생 가능성을 언급
- 그린랜드 및 서남극 빙상 손실 가속화 등 온난화로 인한 tipping element의 변화가 이미 감지

RAISING THE ALARM

Evidence that tipping points are under way has mounted in the past decade. Domino effects have also been proposed.

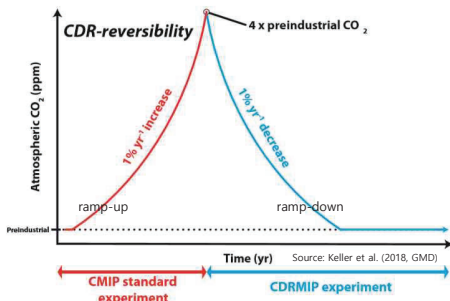


- A. Amazon rainforest**
Frequent droughts
- B. Arctic sea ice**
Reduction in area
- C. Atlantic circulation**
In slowdown since 1950s
- D. Boreal forest**
Fires and pests changing
- E. Greenland ice sheet**
Ice loss accelerating
- F. Coral reefs**
Large-scale die-offs
- G. Permafrost Thawing**
- H. West Antarctic ice sheet**
Ice loss accelerating
- I. Wilkes Basin, East Antarctica**
Ice loss accelerating
- J. Coral reefs**
Large-scale die-offs

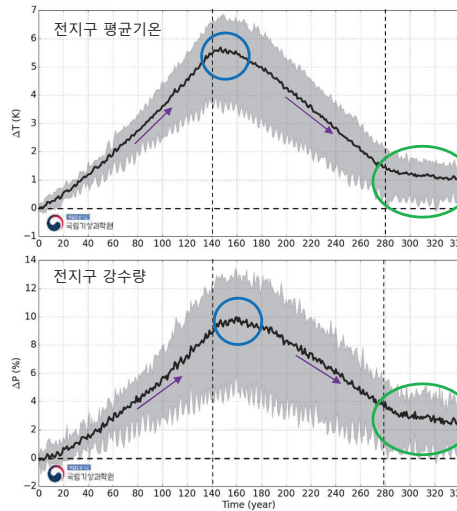
©nature

기후 비가역성 (NIMS's ongoing work)

❖ 온실가스를 감축하면 기후는 제자리로 돌아올 것인가



- ✓ CDRMIP(Carbon Dioxide Removal Model Intercomparison Project) 의 Tier 1 실험
- ✓ 대기 중 CO₂ 농도를 산업화 이전 수준에서 140년 간 연간 1%씩 증가시켜 4배까지 증가, 이후 140년간 다시 1%씩 감소

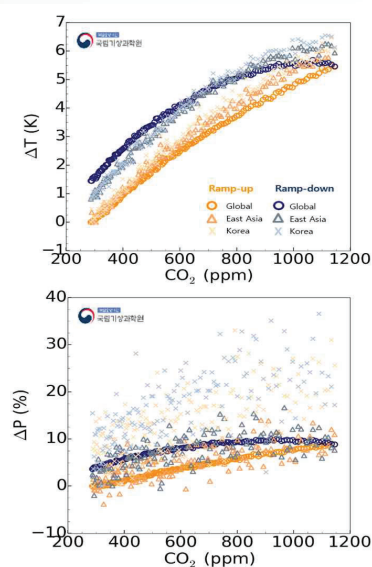


6 CMIP6 models:
ACCESS-ESM1-5,
CanESM5,
CESM2,
MIROC-ES2L,
UKESM1-0-LL,
K-ACE (NIMS)

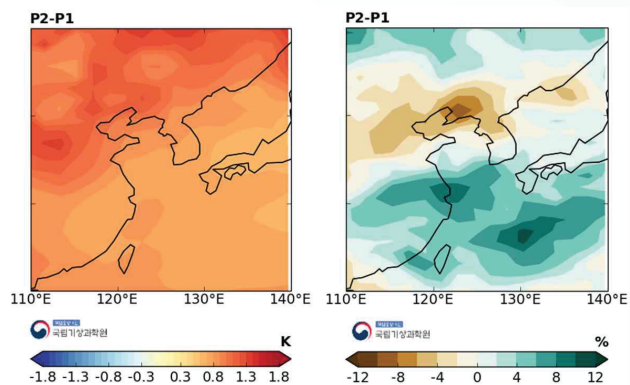
- ✓ Overshooting
- ✓ Ramp-down 시 기온, 강수 변화율
- ✓ 감축 이후의 안정화 기간
- ✓ 어떤 요소들이 더 민감한가

기후 비가역성 (NIMS's ongoing work)

Ramp-up/down 동안의 CO₂ 농도에 대한 기온과 강수량 변화



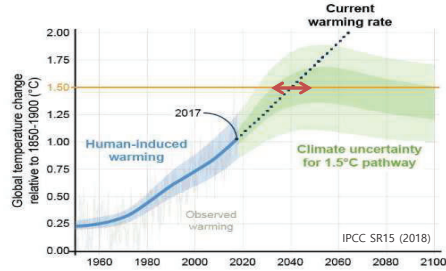
Ramp-up 시작 20년(P1)과 Ramp-down 마지막 20년(P2) 기간에 대한 동아시아 지역 기온(K)과 강수량(%) 차이



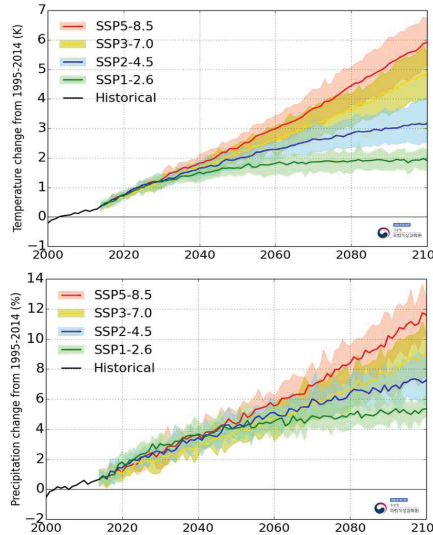
- ✓ Ramp-up/down 시 다른 경로
 - 동아시아 지역 기온은 전지구에 비해 빠르게 상승/감소
 - 동아시아 강수량은 변동폭이 큰 가운데 전지구와 비슷한 양상
- ✓ CO₂ 감축에도 온난화 시그널은 지속적으로 남은 상태

FAQ1.2: How close are we to 1.5°C?

Human-induced warming reached approximately 1°C above pre-industrial levels in 2017



현재의 속도로 지구온난화가 지속되면 2030~2052년 사이에 1.5°C 초과 (IPCC SR15)

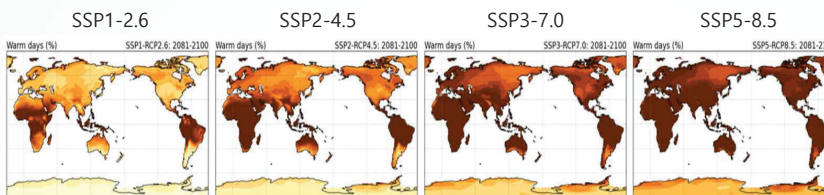


✓ 현재(1995~2014) 대비 21세기 말(2080~2100) 전지구 평균 기온은 +1.9~5.2°C 상승 전망

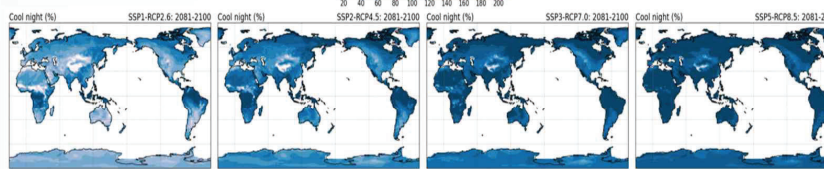
✓ 현재(1995~2014) 대비 21세기 말(2080~2100) 전지구 평균 강수량은 +5~10% 증가 전망

미래 극한의 변화 (Sung et al., 2020, APJAS, in Review)

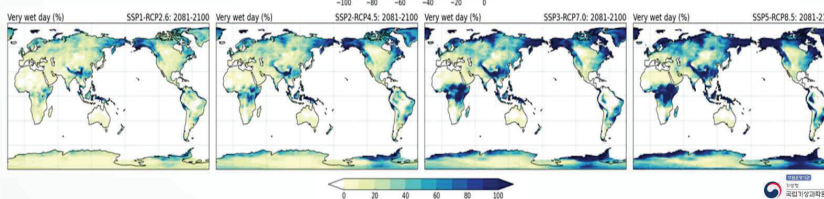
온난일 (상위 10% 기온을 보이는 날수)



한랭야 (하위 10% 기온을 보이는 날수)



호우일 (상위 5% 강수량을 보이는 날수)

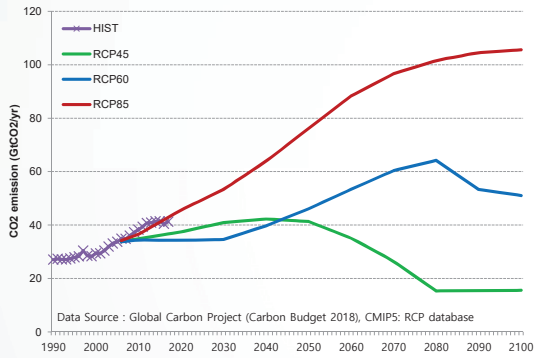


✓ 현재(1995~2014 평균) 대비 21세기 말(2080~2100 평균), SSP5-8.5의 전지구 육지 지역 극한 변화

- 온난일: 약 3배 증가
- 한랭야: 93% 감소
- 호우일: 54% 증가

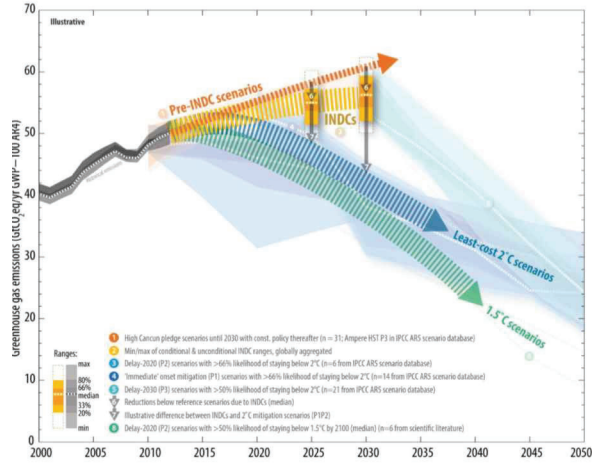
기후 위기... 생존의 문제

“Aggregate Effect of the Intended Nationally Determined Contributions (INDCs): An Update” (UNFCCC, 2016)”



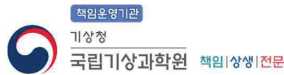
- ✓ 지난 AR5 이후에도 RCP8.5 경로를 따라가는 경향
- ✓ 현재의 NDC는 2°C 온난화를 달성하기 어렵다

Figure 2
Comparison of global emission levels in 2025 and 2030 resulting from the implementation of the intended nationally determined contributions and under other scenarios



Sources: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fifth Assessment Report scenario database, 1.5 °C scenarios from scientific literature (see footnote 19), IPCC historical emission database and intended nationally determined contribution quantification.
Abbreviations: AR4 = Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, GWP = global warming potential, INDC = intended nationally determined contribution, IPCC AR5 = Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, n = number of scenarios, yr = year.

THANK YOU!



| 주제발표1 |

부울경지역 기후변화 현황

고혜영 사무관 (부산지방기상청 기후서비스과)

부울경지역 기후변화 현황



2020. 11. 11.(수)

고혜영

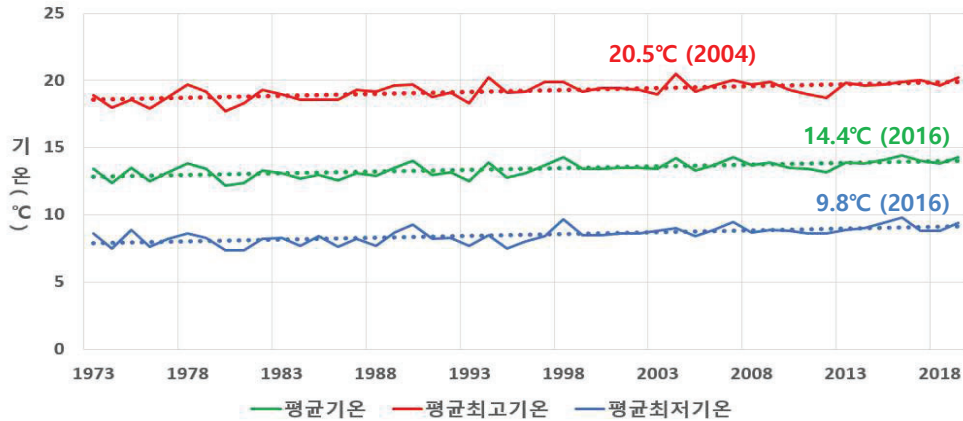
부산지방기상청
기후서비스과



- 1 1973년 이래 부울경 기후변화 경향
- 2 부산 기후변화 100년
- 3 요소별 평년/최근 10년
- 4 계절길이의 변화
- 5 [참고자료] 2020년 기상특성

1. 1973년 이래 부·울·경 기후변화 경향

부울경 기온 변화 경향

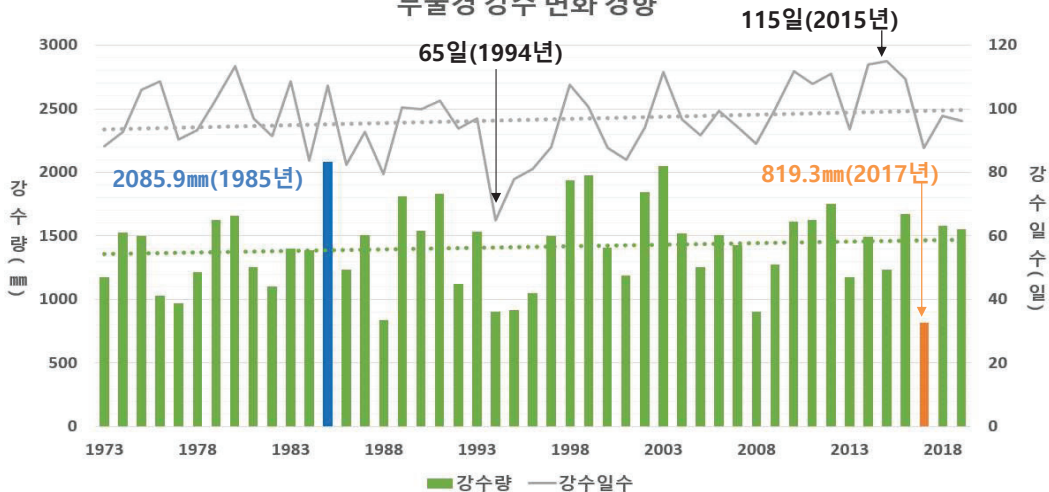


- 1973년 이후 처음 10년(1973~1982) vs 최근 10년(2010~2019)

최고 기온	18.6°C → 19.6°C (+1.0°C)	평균 기온	13.0°C → 13.8°C (+0.8°C)	최저 기온	8.1°C → 9.0°C (+0.9°C)
[전국]	17.7°C → 18.5°C(+0.8°C)		12.1°C → 13.1°C(+1.0°C)		7.3°C → 8.3°C(+1.0°C)

1. 1973년 이래 부·울·경 기후변화 경향

부울경 강수 변화 경향



- 1973년 이후 처음 10년(1973~1982) vs 최근 10년(2010~2019)

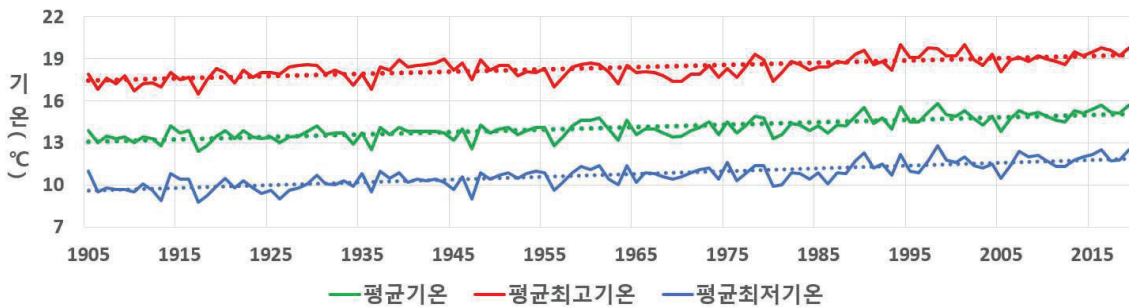
연강수량 (mm)	1304.7 → 1451.1 (+146.4)	연강수일수 (일)	98.4 → 104.4 (+6.0)
[전국]	1188.9 → 1264.4(+75.5)		102.9 → 109.3(+6.4)

2. 부산 기후변화 100년



2. 부산 기후변화 100년

- 관측 이후 10년(1905~1914) vs 최근 10년(2010~2019) 어떻게 변했을까?



최고기온	17.4℃ → 19.3℃ (1.9℃↑)	평균기온	13.4℃ → 15.2℃ (1.8℃↑)	최저기온	9.9℃ → 11.9℃ (2.0℃↑)
-------------	-----------------------	-------------	-----------------------	-------------	----------------------

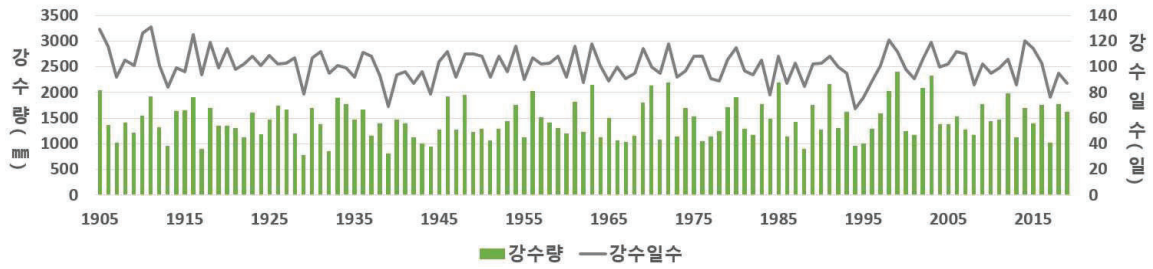
- 봄, 여름의 상승폭이 가장 뚜렷함
- 상승폭: **봄 > 여름 > 가을 > 겨울**
- (℃) **+2.1 +2.0 +1.8 +1.4**

단위: ℃

	봄	여름	가을	겨울
관측이후10년	11.7	22.6	15.9	3.3
최근10년	13.8	24.6	17.7	4.7

2. 부산 기후변화 100년

- 관측 이후 10년(1905~1914) vs 최근 10년(2010~2019) 어떻게 변했을까?

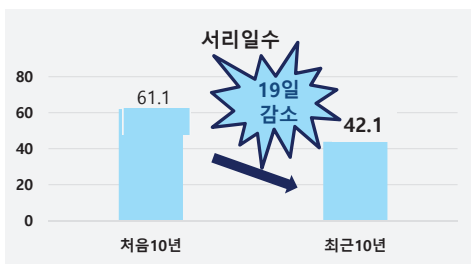


연강수량 (mm) 1443.2 → 1530.0 (+86.8)

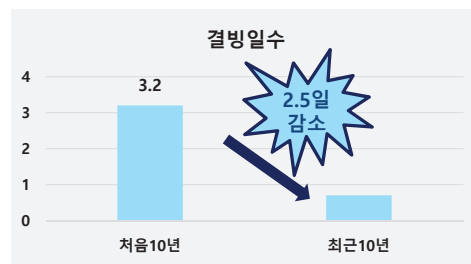
연강수일수 (일) 108.4 → 98.1 (-10.3)

2. 부산 기후변화 100년

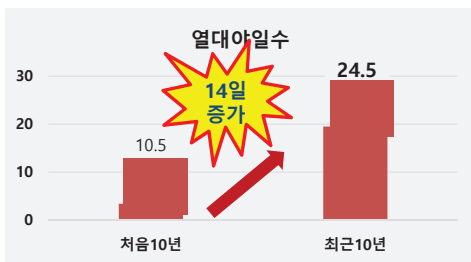
지난 114년간(1905~2019) 처음 10년(1905~1914), 최근 10년(2010~2019) 변화



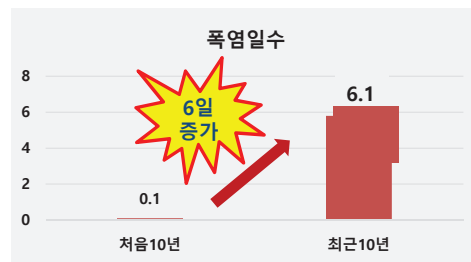
- 서리일수 (일최저기온 < 0°C) 19일 감소



- 결빙일수 (일최고기온 < 0°C) 2.5일 감소
⇒ 한 겨울이 따뜻해짐



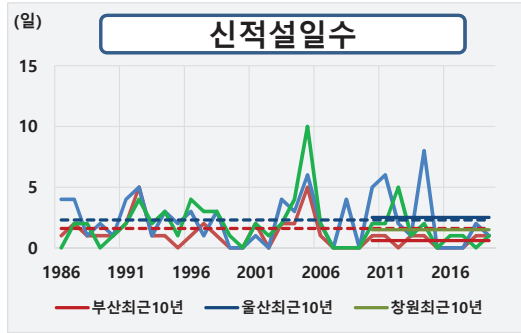
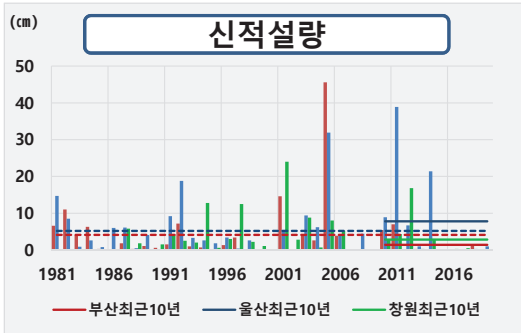
- 열대야일수 (일최저기온 ≥ 25°C) 14일 증가



- 폭염일수 (일최고기온 ≥ 33°C) 6일 증가
⇒ 한 여름이 더워짐

3. 요소별 평년(1981~2010년)/최근10년(2010~2019년)

※ 신적설일수: 새로 쌓인 눈의 양이 0.0cm 이상인 일수



부울경 연평균신적설량 비교 (단위: cm)

구분	부산	울산	창원
평년	4.1	5.2	-
공통관측기간(1986~2019)	3.1	5.8	3.8
최근 10년	1.4	7.8	2.8

부울경 연평균신적설일수 비교 (단위: 일)

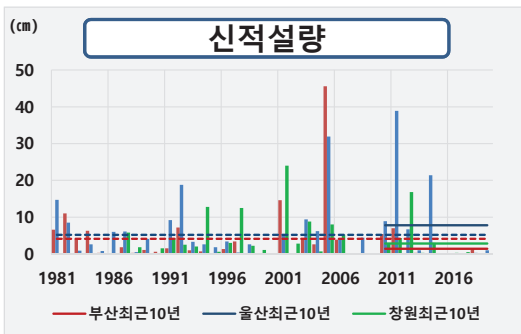
구분	부산	울산	창원
평년	1.6	2.3	-
공통관측기간(1986~2019)	1.1	2.3	1.9
최근 10년	0.6	2.5	1.5

부울경 신적설량구간별(cm) 일수(1986~2019) (단위: 일)

지점	0.0이상	1.0미만	1.0이상 5.0미만	5.0이상 10.0미만	10.0이상 20.0미만	20.0이상
부산	39	18	15	3	2	1
울산	78	34	31	8	4	1
창원	63	35	23	1	3	1

※ 적설은 지역별 기상관측소의 관측자료 기준, 기상관측소에 눈이 쌓이지 않더라도 산간과 고지대에는 쌓일 수 있어 체감 적설일수와 다를 수 있음

3. 요소별 평년(1981~2010년)/최근10년(2010~2019년)



부울경 신적설량 순위(1973년 이후)

순위	부산	울산	창원
1위	29.5cm (2005.3.5.)	21.4cm (2011.2.14.)	21.8cm (2001.1.13.)
2위	12.4cm (2001.1.3.)	12.7cm (2005.3.5.)	12.4cm (1994.2.11.)
3위	11.9cm (2005.3.6.)	12.5cm (2011.1.3.)	12.0cm(2012.12.28.)

부산 100년만의 폭설

영남·영동 최고 85cm 눈...휴교등 몸살




기상청은 5~6일 부산에 37.2cm의 눈이 내리 100여년 부산기상청 개청 이래 최대의 폭설을 기록했고, 울산도 18.4cm로 31년 관측 개시 뒤 가장 많은 눈이 내렸다고 밝혔다. 포항도 30.7cm로 42년 관측 개시 뒤 가장 많은 적설량을 기록했고, 울진·영덕·동해도 각각 57.6cm, 67.6cm, 85cm가 내려 물체는 30cm 이상 총량 적설량 기록을 경신했다.

이번 폭설로 강원 영동과 경북의 27개 각급 학교가 휴교하고, 산간마을이 고립됐으며, 강릉 주민전망에

관려기사 7편

기상청은 5~6일 부산에 37.2cm의 눈이 내리 100여년 부산기상청 개청 이래 최대의 폭설을 기록했고, 울산도 18.4cm로 31년 관측 개시 뒤 가장 많은 눈이 내렸다고 밝혔다. 포항도 30.7cm로 42년 관측 개시 뒤 가장 많은 적설량을 기록했고, 울진·영덕·동해도 각각 57.6cm, 67.6cm, 85cm가 내려 물체는 30cm 이상 총량 적설량 기록을 경신했다.

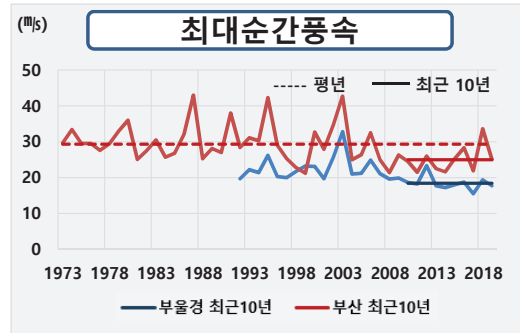
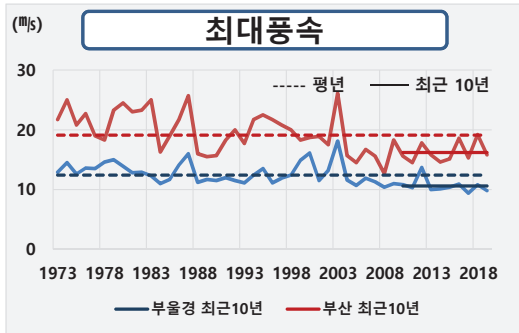
이번 폭설로 강원 영동과 경북의 27개 각급 학교가 휴교하고, 산간마을이 고립됐으며, 강릉 주민전망에

운행을 재개했고, 부산항은 낮 12시부터 운항을 시작했다. 강원 양양-부산 항공로도 이날 오후부터 재개됐다.

기상청 관계자는 "어닝 아침부터 눈이 그쳐 추가 피해는 없을 것"이 라면서도 "6일 밤 기온이 낮아 눈이 얼어붙을 우려가 있어 폭설지역은 7일 출근길에는 대중교통을 이용하거나 안전운전을 해야 할 것"이라고 말했다.

천국중합

3. 요소별 평년(1981~2010년)/최근10년(2010~2019년)



▪ 최대풍속 순위(1973년 이후)

순위	울산·경상남도	부산
1위	21.2m/s (밀양, 2009.9.16.)	26.1m/s (2003.9.12.)
2위	20.7m/s (울산, 1976.6.8.)	25.7m/s (1989.7.16.)
3위	20.2m/s (합천, 2003.9.12.)	25.0m/s (1983.4.28.)

▪ 최대순간풍속 순위(1973년 이후)

순위	울산·경상남도	부산
1위	37.2m/s (남해, 2003.9.12.)	43.0m/s (1987.8.31.)
2위	36.7m/s (울산, 1987.8.31.)	42.7m/s (2003.9.12.)
3위	33.2m/s (울산, 2003.9.12.)	42.3m/s (1995.7.23.)

▪ 최대풍속 비교 (단위: m/s)

구분	부울경	부산	전국
평년	12.4	19.1	12.9
최근 10년	10.6	16.2	11.4
2019년	9.8	15.8	11.9

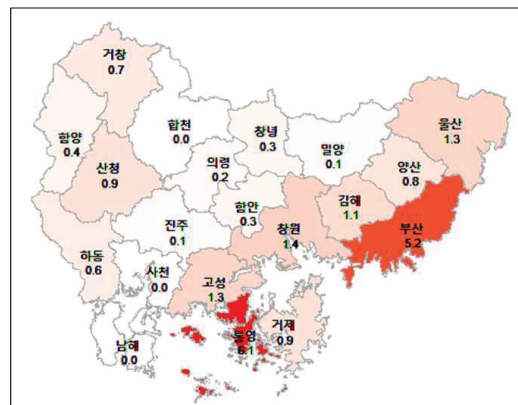
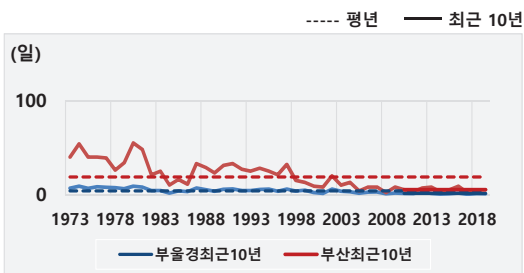
▪ 최대순간풍속 비교 (단위: m/s)

구분	부울경	부산	전국
평년	-	29.3	-
최근 10년	18.4	25.0	19.7
2019년	17.7	25.1	20.4

3. 요소별 평년(1981~2010년)/최근10년(2010~2019년)

강풍일수

※ 강풍주의보: 육상에서 최대풍속 14m/s 이상 또는 최대순간풍속 20m/s 이상일 때



▪ 강풍일수 순위(1973년 이후)

순위	울산·경상남도	부산
1위	18일 (울산, 1976년)	55일 (1980년)
2위	17일 (남해, 1978년)	54일 (1974년)
3위	13일 (울산, 1999년)	48일 (1981년)

▪ (최근 10년 강풍일수) 내륙 < 해안

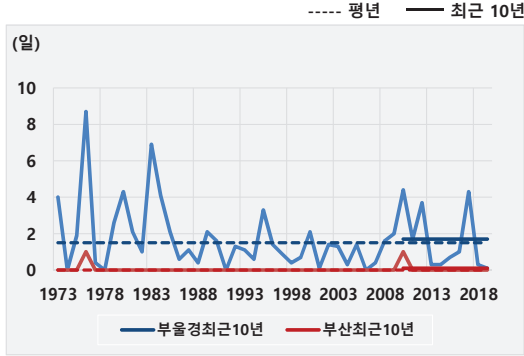
▪ 강풍일수 비교 (단위: 일)

구분	부울경	부산	전국
평년	3.9	18.7	4.7
최근 10년	1.2	5.2	1.6
2019년	0.9	5.0	1.2

3. 요소별 평년(1981~2010년)/최근10년(2010~2019년)

한파일수

※ 아침(03:01~09:00)최저기온이 -12°C이하로 떨어진 날



(부산-연합뉴스) 김선호 기자 = 부산의 최저기온이 섭씨 영하 12.8도로 98년만에 최저를 기록한 16일 오후, 백양산에서 내려다본 낙동강이 꽁꽁 얼어 있다. 강 증양을 제외한 곳에서 하얀 얼음 덩어리가 보인다. 2011.1.16

한파 최저기온 순위(1973년 이후)

순위	울산·경상남도	부산
1위	-21.0°C (합천, 2001.3.14.)	-12.8°C (2011.1.16.)
2위	-19.2°C (합천, 1982.1.29.)	-12.6°C (1977.2.16.)
3위	-19.0°C (거창, 1981.1.4.)	-

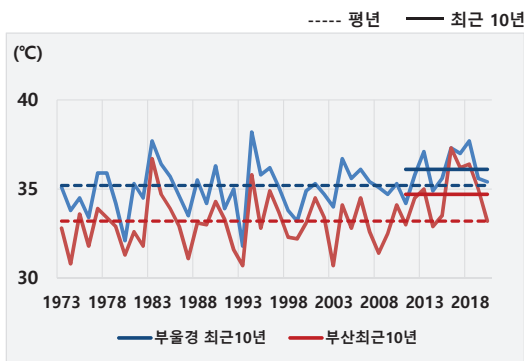
한파일수 비교

(단위: 일)

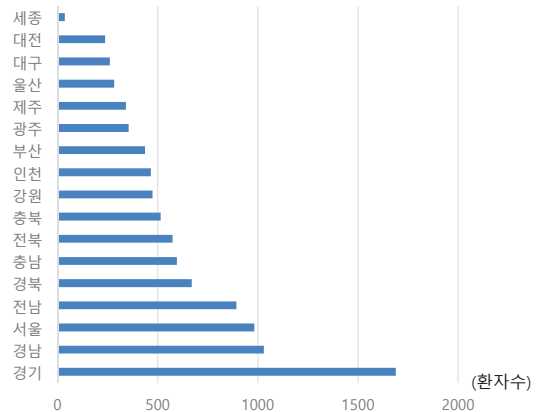
구분	부울경	부산	전국
평년	1.5	0.0	5.5
최근 10년	1.7	0.1	5.3
2019년	0.1	0.0	0.4

3. 요소별 평년(1981~2010년)/최근10년(2011~2020년)

여름철 최고기온



시도별 온열질환자수(2014~2018년)



여름철 최고기온 순위(1973년 이후)

순위	울산·경상남도	부산
1위	39.5°C (합천, 2018.7.26.)	37.3°C (2016.8.14.)
2위	39.4°C (밀양, 1994.7.20.)	36.7°C (1983.8.4.)
3위	39.3°C (산청, 1994.7.21.)	36.6°C (2016.8.15.)

여름철 최고기온 비교

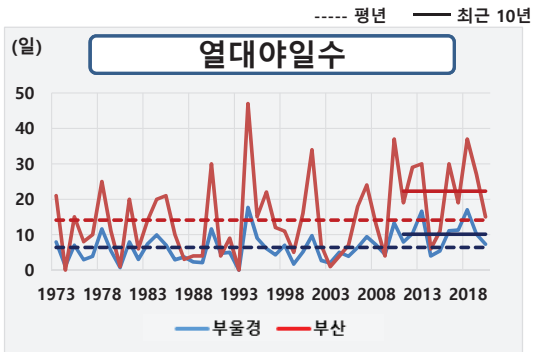
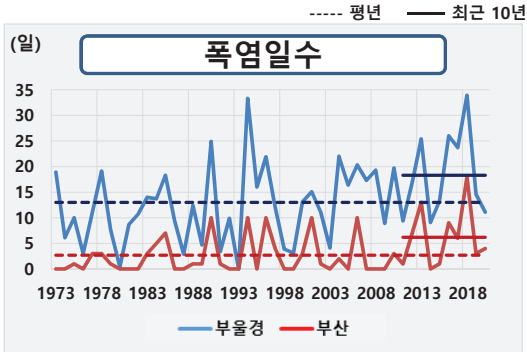
(단위: °C)

구분	부울경	부산	전국
평년	35.2	33.2	34.8
최근10년	36.1	34.7	35.8
2020년	35.4	33.2	34.8

3. 요소별 평년(1981~2010년)/최근10년(2011~2020년)

※ 폭염일수: 일최고기온이 33°C이상인 일수

※ 열대야일수: 밤(18:01~다음 날 09:00)최저기온이 25°C이상인 일수



▪ 폭염일수 순위(1973년 이후)

순위	울산·경상남도	부산
1위	48일 (합천, 1994년)	18일 (2018년)
2위	47일 (합천, 2018년)	13일 (2013년)
3위	47일 (밀양, 1994년)	10일 (2006년)

▪ 열대야일수 순위(1973년 이후)

순위	울산·경상남도	부산
1위	34일 (울산, 2013년)	47일 (1994년)
2위	33일 (울산, 1994년)	37일 (2018년)
3위	27일 (남해, 2013,2018)	37일 (2010년)

▪ 폭염일수 비교

(단위: 일)

구분	부울경	부산	전국
평년	13.0	2.7	10.1
최근10년	18.3	6.2	14.9
2020	11.1	4.0	8.6

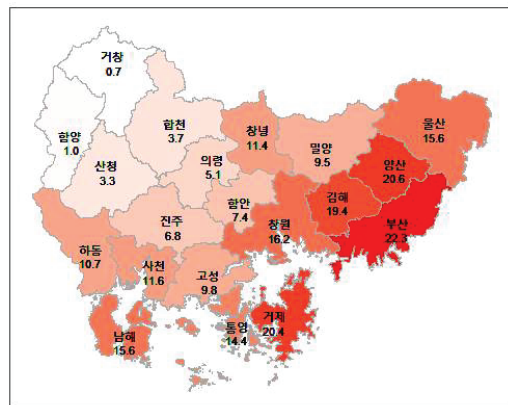
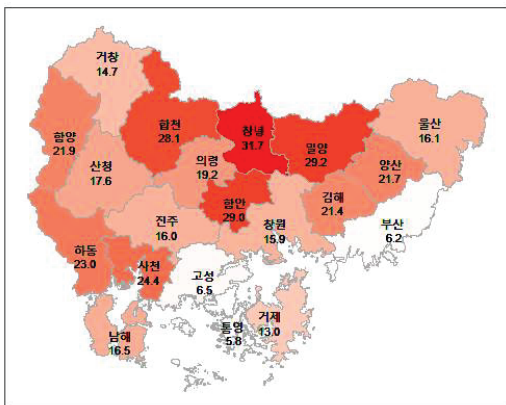
▪ 열대야일수 비교

(단위: 일)

구분	부울경	부산	전국
평년	6.1	14.1	5.3
최근10년	10.1	22.3	9.9
2020	7.3	15.0	8.3

3. 요소별 평년(1981~2010년)/최근10년(2011~2020년)

폭염일수 & 열대야일수



▪ (최근 10년 폭염) 해안 < 내륙

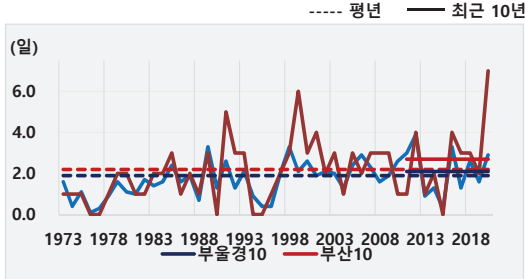
내륙에서도 분지지역에서 빈번하게 발생

▪ (최근 10년 열대야) 내륙 < 해안도심

내륙보다 해안지역이(많은 수증기량) 농촌보다 도시(높은 지표 열용량)에서 보다 빈번하게 발생

3. 요소별 평년(1981~2010년)/최근10년(2011~2020년)

시간당 강수 30mm이상 일수

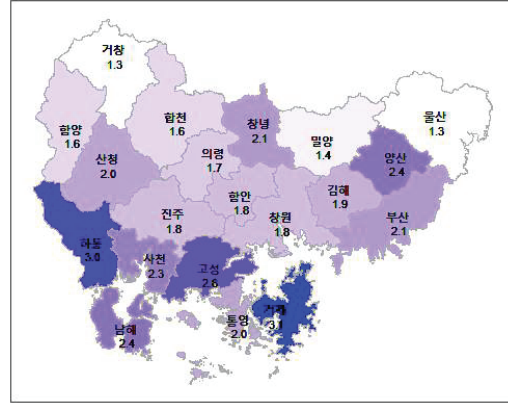


▪ 30mm/h 이상일수 순위(1973년 이후)

순위	울산·경상남도	부산
1위	7일 (산청, 1989년)	7일 (2020년)
2위	6일 (산청, 2012년, 2006년/남해, 1998년)	6일 (1999년)

▪ 30mm/h 이상일수 비교 (단위: 일)

구분	부울경	부산	전국
평년	1.9	2.2	1.7
최근10년	2.1	2.7	1.9
2020년	2.9	7.0	2.3



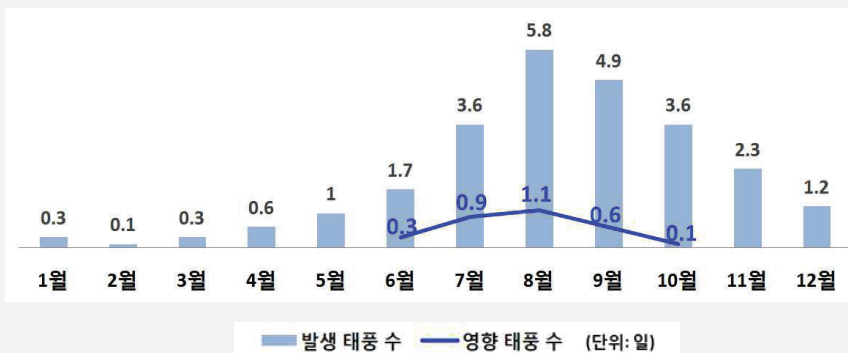
▪ (최근 10년 30mm/h 이상일수)

남쪽 지리산 부근과 해안이 많음

3. 요소별 평년/최근10년

태 풍

평년(1981~2010년) 월별 발생 태풍 수 및 한반도 영향 태풍 수



▪ 태풍은 평년 25.6개 발생, 그 중 우리나라에 영향을 끼치는 태풍은 3.1개

3. 요소별 평년(1981~2010년)/최근10년(2010~2019년)

태 풍

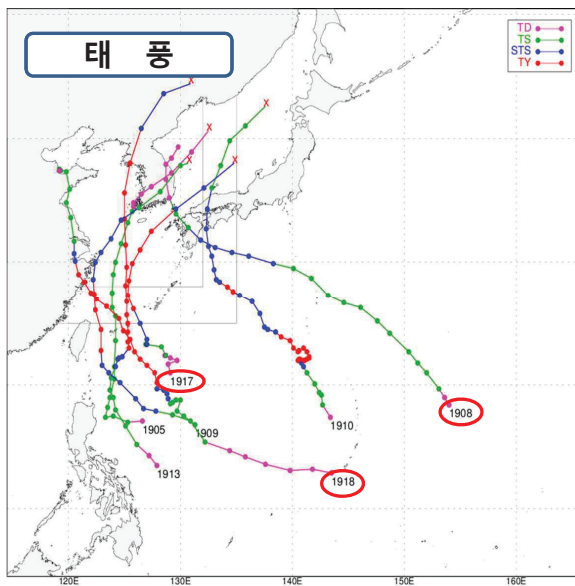
<태풍 발생 현황 (*2020.10.27.기준)>

(단위: 개)

년 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계
평년	0.3	0.1	0.3	0.6	1.0	1.7 (0.3)	3.6 (0.9)	5.8 (1.1)	4.9 (0.6)	3.6 (0.1)	2.3	1.2	25.6(3.1)
최근10년 (2010~2019년)	0.6	0.5	0.5	0.4	0.5	2.1 (0.4)	4.3 (1.1)	4.9 (1.2)	5.3 (1.0)	3.2 (0.2)	2	0.9	25.2(3.9)
2020					1	1		7 (3)	4 (1)	5	-	-	18 (4)*
2019	1	1				1	4 (1)	5 (3)	6 (3)	4	6	1	29 (7)
2018	1	1	1			4 (1)	5	9 (2)	4 (2)	1	3		29 (5)
2017				1		1	8 (2)	5	4 (1)	3	3	2	27 (3)
2016							4	7	7 (2)	4	3	1	26 (2)

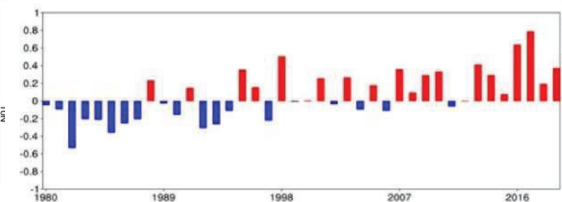
※ 평년: 1981~2010년/ 괄호 안 숫자: 우리나라 영향 태풍 수(발생일 기준)

태풍 참고자료



2019년 한반도 영향 태풍

태풍 번호	태풍이름	발생~소멸	최저중심기압 (hPa)	최대풍속 (m/s)	최대 강도	영향도	태풍이름 제출국/ 의미
1905	다나스 (DANAS)	7.16. 15시~ 7.20. 12시	990	24	TS	영향	필리핀/ 경험
1908	프란시스코 (FRANCISCO)	8.2. 9시~ 8.6. 21시	975	32	STS	상륙	미국/ 남자의 이름
1909	레기마 (LEKIMA)	8.4. 15시~ 8.12. 21시	930	50	TY	영향	베트남/ 과일나무류
1910	크로사 (KROSA)	8.6. 15시~ 8.16. 21시	950	43	TY	영향	캄보디아/ 학
1913	링링 (LINGLING)	9.2. 9시~ 9.8. 9시	940	47	TY	영향	홍콩/ 소녀의 애칭
1917	타파 (TAPAH)	9.19. 15시~ 9.23. 9시	965	37	TY	영향	말레이시아/ 메기과 민물고기
1918	미탁 (MITAG)	9.28. 9시~ 10.3. 12시	965	37	TY	상륙	미크로네시아/ 여자의 이름



1980~2019년 북서태평양 7~8월 해수면 온도 편차. 기상청

실제로 지구 온난화의 영향으로 태풍의 강도는 점점 세지는 추세다. 국가태풍센터가 최근 10년간(2009~2018년) 한반도에 영향을 미친 태풍의 강도를 분석한 결과, 매우 강(44m/s 이상) 발생 빈도가 50%를 차지했다. 최근 강한 태풍의 발생이 증가하고 있다는 뜻이다.

태풍위원회(Typhoon Committee)에서도 전체적으로 태풍의 발생 수는 줄겠지만, 강한 태풍은 증가할 가능성이 높다고 전망했다.

4. 계절길이의 변화

「부산의 자연계절 길이: 과거, 현재, 미래」

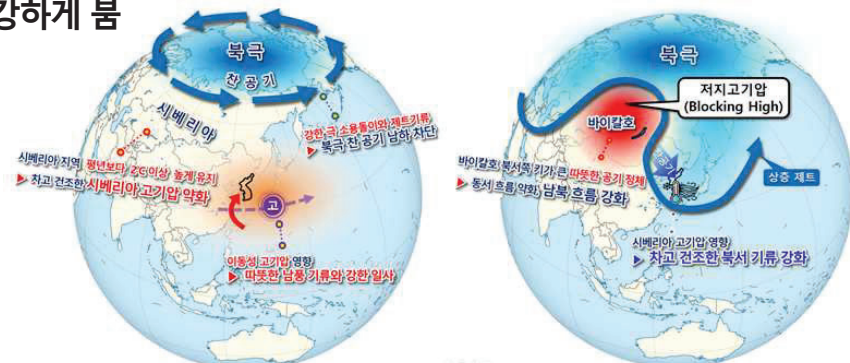
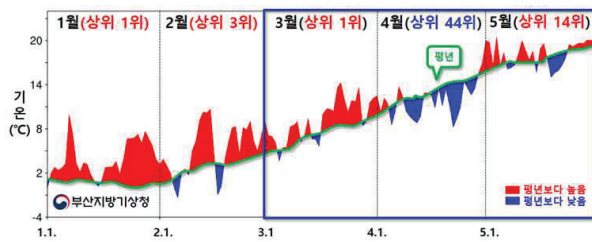


계절	봄	여름	가을	겨울
기상청 기준 자연계절 시작일	일평균기온이 5°C 이상 올라간 후 다시 떨어지지 않는 첫날	일평균기온이 20°C 이상 올라간 후 다시 떨어지지 않는 첫날	일평균기온이 20°C 미만으로 떨어진 후 다시 올라가지 않는 첫날	일평균기온이 5°C 미만으로 떨어진 후 다시 올라가지 않는 첫날

5. [참고자료] 2020년 기상특성

봄철 - 심하게 널뎠 봄철 기온

- 1973년 이후 평균기온이 가장 높았던 3월, 반면 쌀쌀했던 4월
- 북쪽/상층 찬공기와 남쪽/하층 따뜻한 공기 사이에 기압차 커지면서 바람 강하게 봄

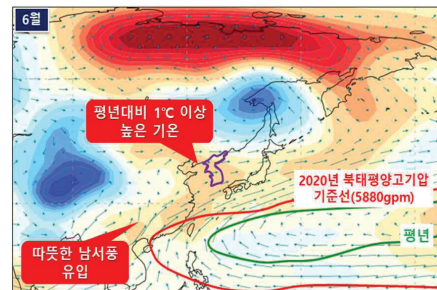
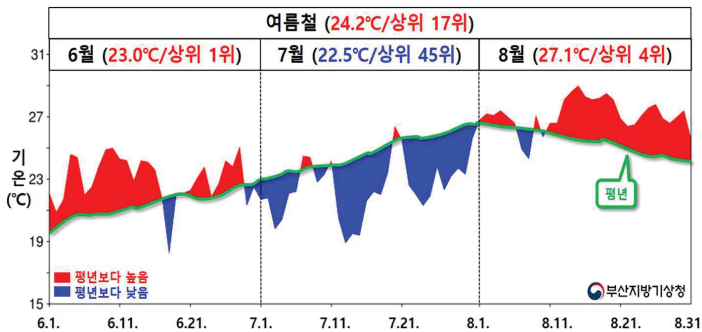


(왼쪽) 3월과 (오른쪽) 4월 전 지구 기압계 모식도

5. [참고자료] 2020년 기상특성

여름철 - 부울경 월별 기온 기온 들쭉날쭉

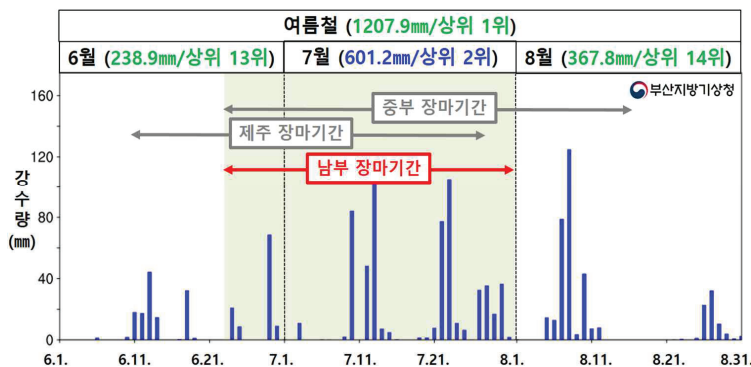
- (6월) 평균기온은 1973년 이후 1위 기록, 여름초반부터 이른 폭염
- (7월) 선선했던 날 많아 하위 4위 / (8월) 폭염과 열대야 이어져 상위 4위



5. [참고자료] 2020년 기상특성

여름철 - 부울경 강수 1973년 이후 1위 기록

- (6~7월) 정체전선이 남해안 지역에 자주 머물러 비오는 날 많음
정체전선에서 발달한 저기압에서 만들어진 강한 남풍으로 다량 수증기 유입
- (8월) 북태평양고기압 가장자리를 따라 따뜻하고 습한 공기 유입



5. [참고자료] 2020년 기상특성

여름철 - 부울경과 부산 장마철 강수량 모두 2위 기록

- 부울경을 포함한 남부지방 장마철 기간은 38일(6.24.~7.31.)로 1973년 이후 10위 기록, 평년(32일)보다 길었음
- 부울경 장마철 강수량은 708.5mm, 강수일수는 23.4일로 1973년 이후 4위

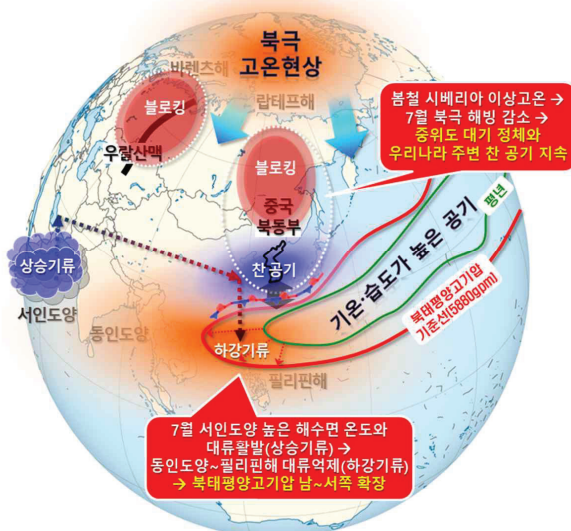
	2020년		평년	
	평균 강수량(mm)	강수일수(일)	평균 강수량(mm)	강수일수(일)
중부	851.7	34.7	366.4	17.2
남부	566.5	23.7	348.6	17.1
부울경 / 부산	708.5 / 956.7	23.4 / 23.0	387.8 / 400.8	17.2 / 17.5
제주	562.4	29.5	398.6	18.3
전국	686.9	28.3	356.1	17.1

※ 전국기상망이 확충된 1973년 이래 연속적으로 관측자료 있는 전국 45개 지점에 대해 통계 (중부) 19개 지점, (남부) 26개 지점, (제주/별도) 2개 지점

5. [참고자료] 2020년 기상특성

여름철 특성 원인

- (시베리아 이상고온) 7월 북극 해빙면적이 1979년 이후 역대 최저 기록
- (해수면 온도 상승) 서인도양 대류 활발로 동인도양-필리핀해 부근 대류억제



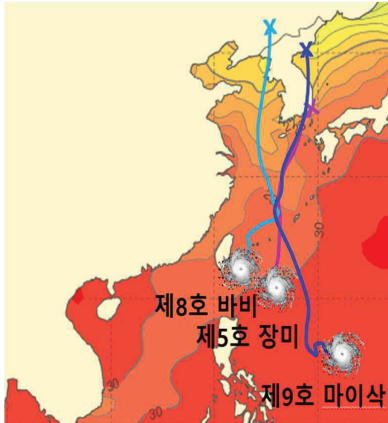
북태평양고기압의 북쪽 확장 지연
→ 우리나라 부근 정체전선 지속 영향

5. [참고자료] 2020년 기상특성

여름철 - 태풍

- 총 8개 태풍 발생했고, 이 중 3개 태풍이 우리나라에 영향

→ 필리핀 해상의 높은 해수면 온도(평년 +1°C 이상)



(제5호 태풍 장미) 8.9. 일본 오키나와 남남서쪽 약 600km 부근 해상에서 발생, 8.10. 울산 서북서쪽 10km 부근 육상에서 온대저기압으로 약화

* 최대순간풍속(8.9.~8.10.): 27.3m/s(울산 이덕서), 26.2m/s(통영 매물도)
강수량(8.9.~8.10.): 143.0mm(거창 북상), 135.5mm(산청 시천)

(제8호 태풍 바비) 8.22. 타이완 타이베이 남남동쪽 약 200km 부근해상에서, 서해상을 따라 8.27. 중국 선양 동쪽 약 180km 부근 육상에서 온대저기압으로 약화

* 최대순간풍속(8.26.~8.27.): 24.2m/s(통영 매물도), 22.4m/s(남해)
강수량(8.26.~8.27.): 240.0mm(산청 지리산), 164.0mm(산청 시천)

(제9호 태풍 마이삭) 8.28. 필리핀 마닐라 동북동쪽 약 1,040km 부근해상에서 발생, 9.3. 부산 남서쪽 해안에 상륙, 함흥 동쪽 약 130km 부근 해상에서 온대저기압으로 약화

* 최대순간풍속(9.2.~9.3.): 46.6m/s(매물도), 46.0m/s(울산 이덕서), 35.7m/s(부산)
강수량(9.2.~9.3.): 265.4mm(창원 북창원), 232.5mm(밀양 단장)

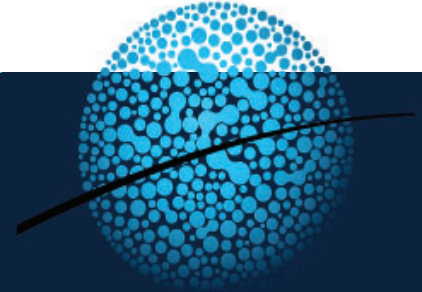
| 주제발표2 |

전 세계 이상기후 현황 및 원인

이우섭 과장 (APEC기후센터 기후분석과)

전세계 이상기후

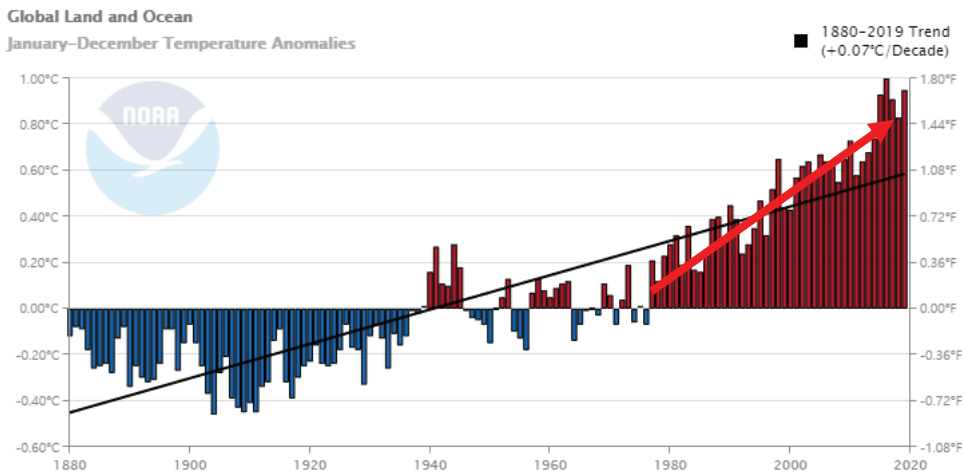
- 이상기후 현황 및 원인분석



이우섭, 기후분석과
APEC 기후센터

배경

전지구 평균기온



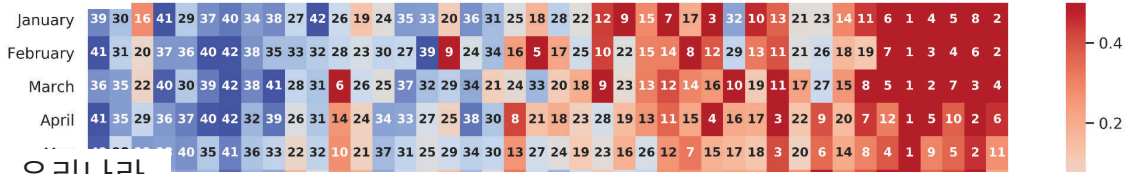
(출처: <http://www.ncdc.noaa.gov>)

평균기온 순위(월별)

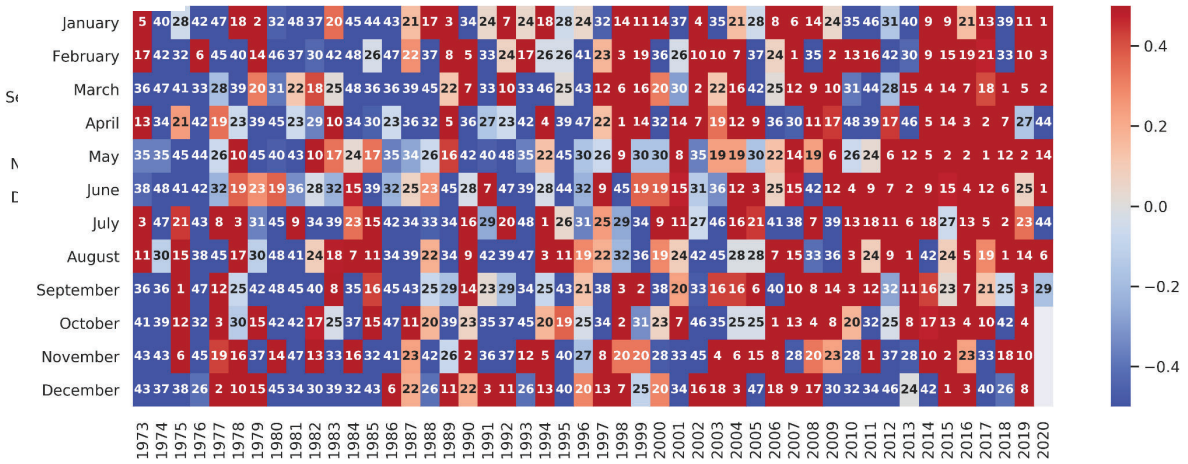
전지구



북반구

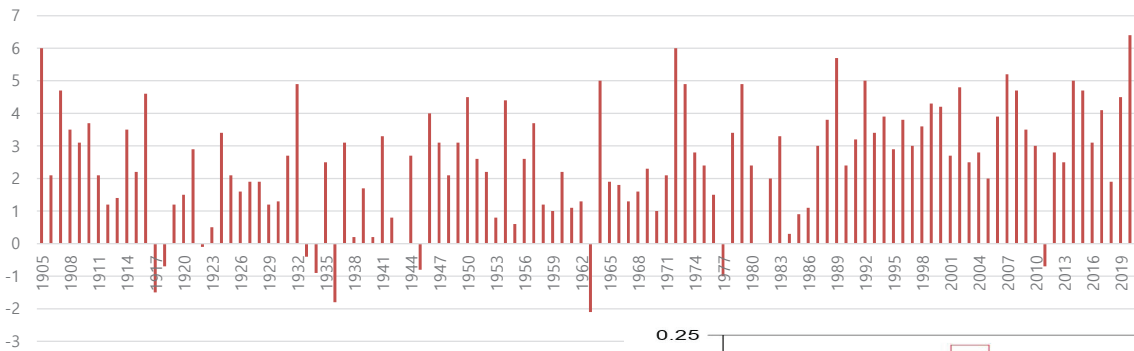


우리나라

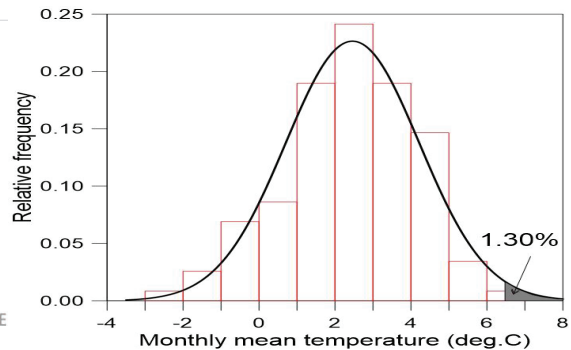


부산 1월 평균기온(1905~2020)

1월 평균기온(부산)



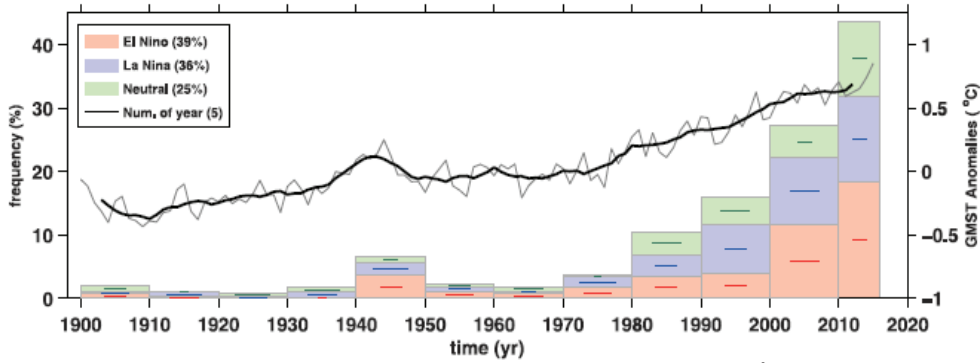
2020년 1월 평균 기온(6.4°C)은 평균 77년 마다 발생할 수 있음.



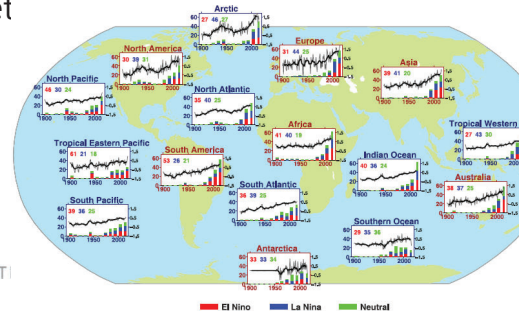
이상고온 현상



Relative frequency of top10 record for each decade

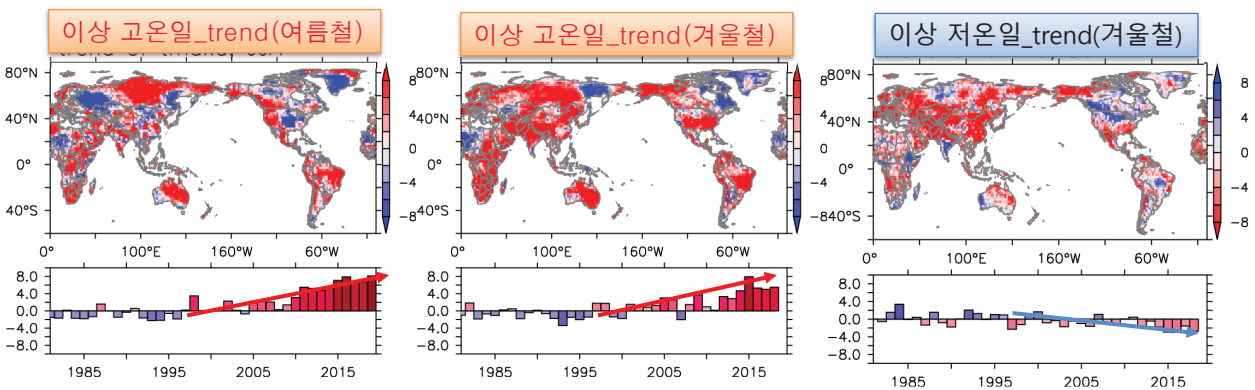
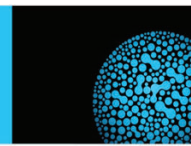


Su et al., 2017



APEC CLIMATE CENTER

최근 10년 이상기후 경향

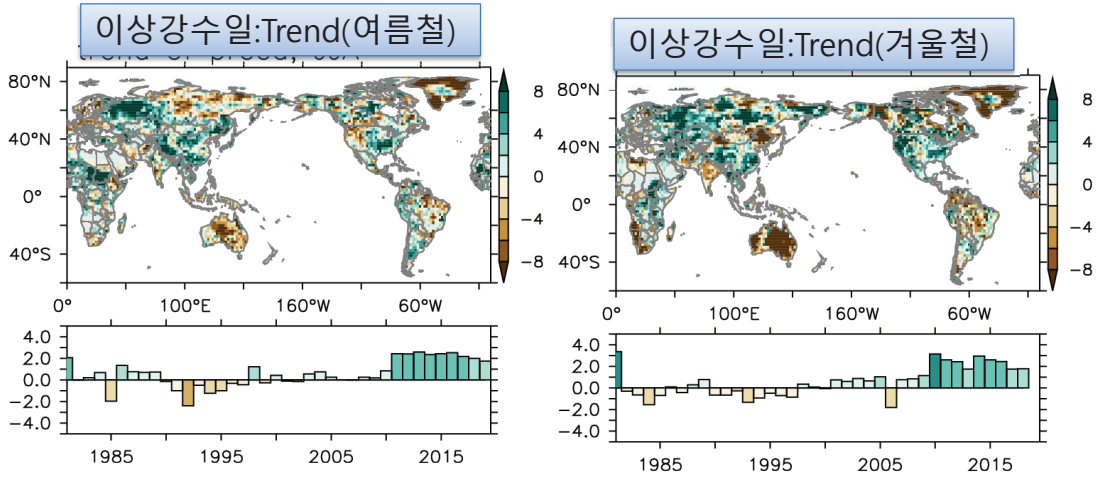
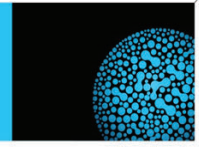


- 2019년 두번째로 가장 더웠던 해(WMO).
- 최근 10년 (2010-2019) 전 지구 기온 평균은 역대 최고 기록.

이상 고온(저온) 일수: Tx90 (Tn10) 기준값 보다 높은 일 수

APEC CLIMATE CENTER

최근 10년 이상기후 경향



이상 강수일: 총 일일 강수량 기준값 (90%tile) 보다 높은 날의 수

APEC CLIMATE CENTER

이상기후의 영향

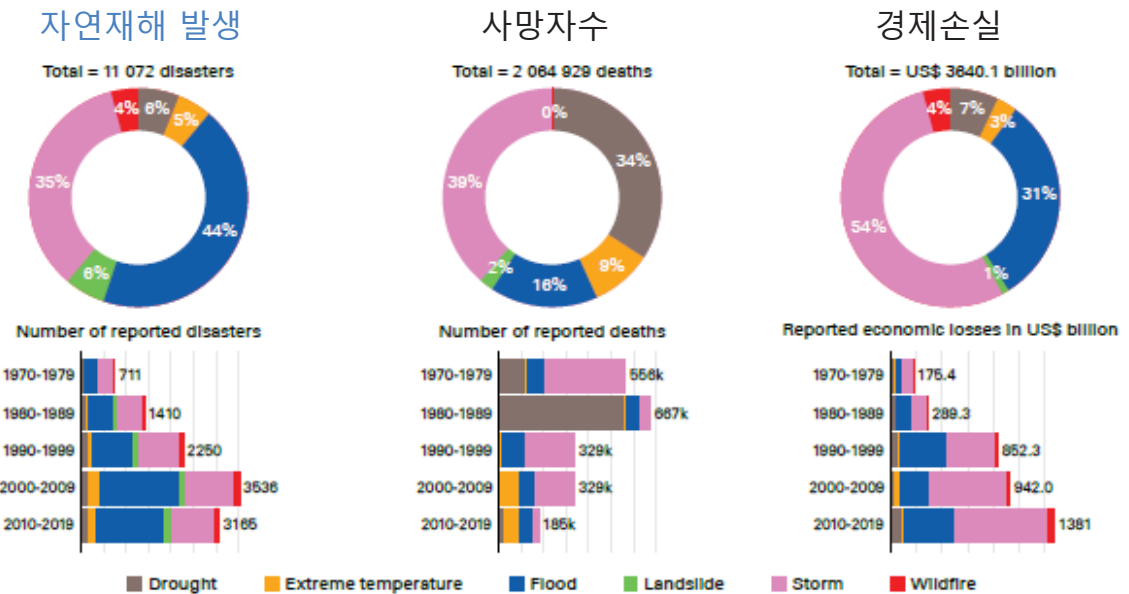
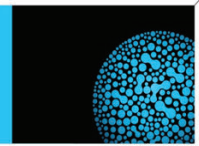


Figure 3: Distribution of (a) number of disasters (b) number of deaths, and (c) economic losses by main hazard type and by decade, globally.

APEC CLIMATE CENTER

Source : WMO

이상기후 : 사망자수와 경제적 손실(1970~2019)

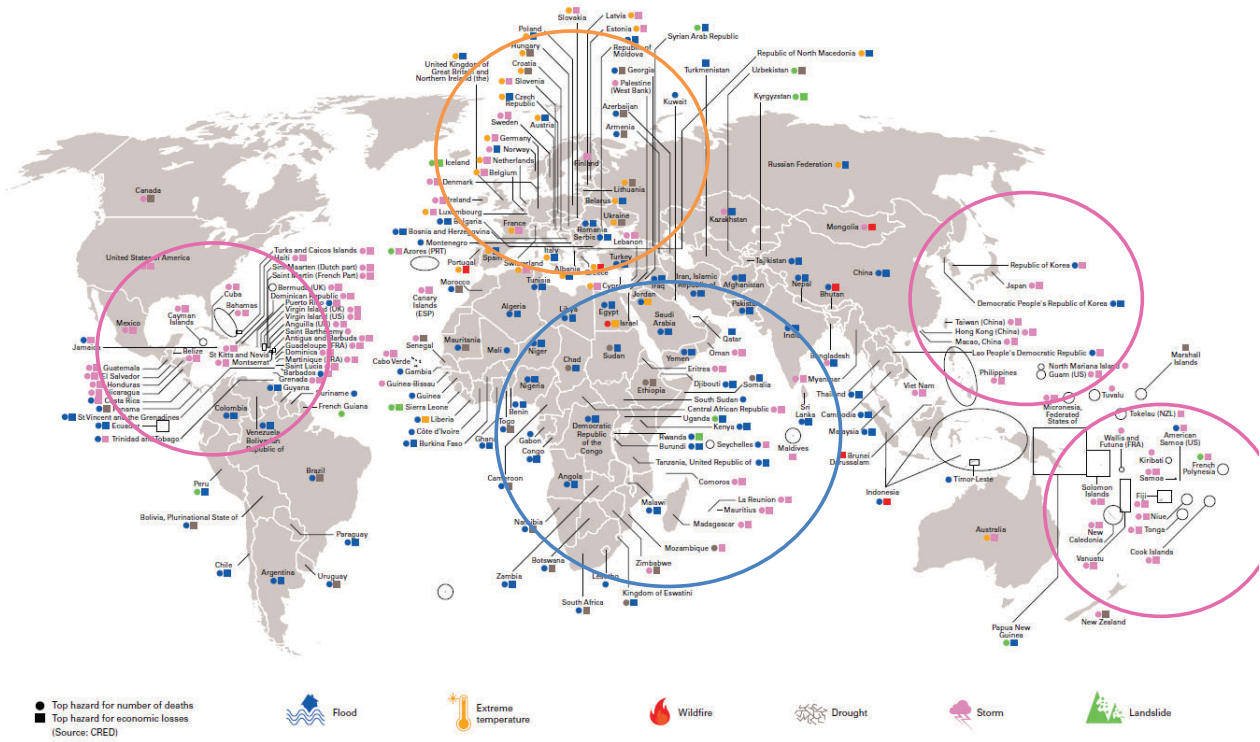
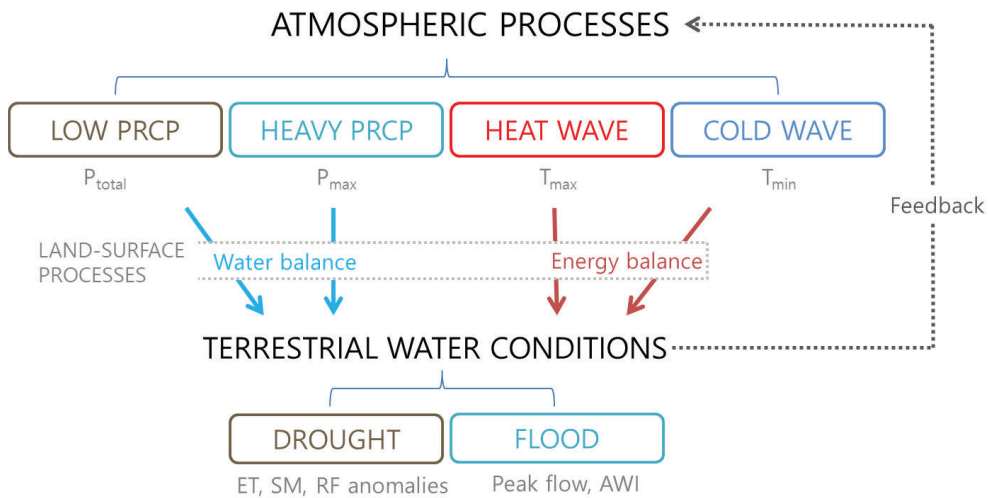


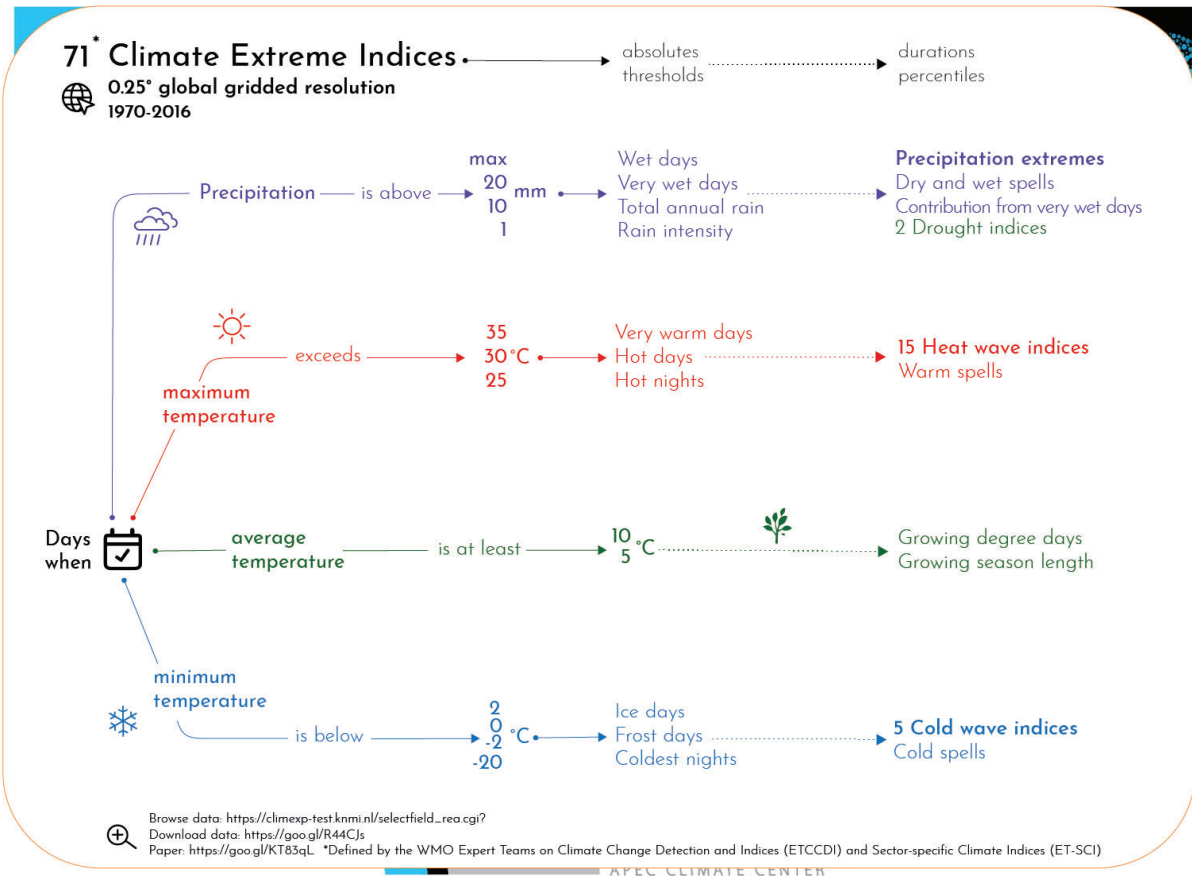
Figure 2: Map of deadliest and most costly weather, water and climate related hazards for each country (Source: WMO analysis of 1970-2019 data from the Emergency Events Database of the Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, CRED)

Source : WMO

이상기후 모니터링 (APCC)

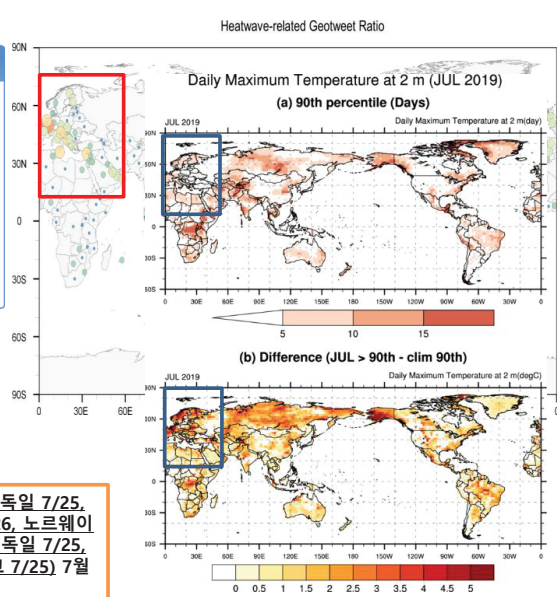
Climate extremes are in both "atmospheres" and "lands"



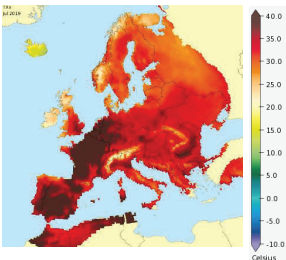


소셜미디어 자료를 이용한 이상기후 감시

트위터를 활용한 이상기후 감시 체계

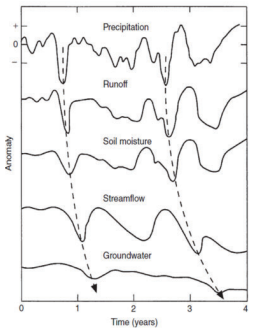
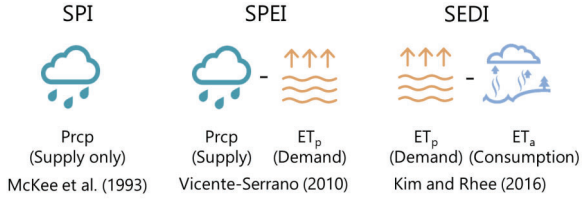


2019년 7월 사례



- 유럽 (벨기에 7/25, 핀란드 7/28, 프랑스 7/25, 독일 7/25, 그린란드 7/28, 룩셈부르크 7/25, 네덜란드 7/26, 노르웨이 7/26, 스웨덴 7/28, 영국 7/25, 이탈리아 7/25, 독일 7/25, 스페인 7/25, 이탈리아 7/25, 스위스 7/25, 체코 7/25) 7월 말 폭염**
- 벨기에와 네덜란드를 포함한 많은 서유럽 국가에서 기온이 40°C 초과
 - 프랑스, 42.6°C 기록으로 노트르담 성당의 복원 작업에 어려움 발생
 - 영국 케임브리지, 38.7°C 기록
 - 네덜란드 Gilze en Rijen, 40.4°C 기록
 - 독일 린겐, 41.5°C 기록

이상기후 모니터링



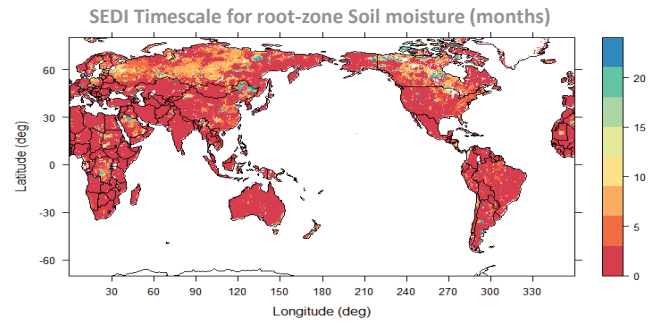
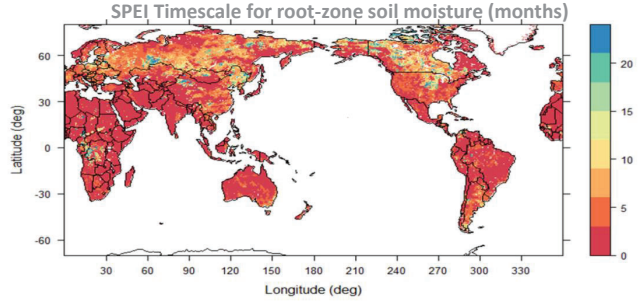
General Water Balance Equation in Lands

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = P - ET - Q = P - ET - f(S)$$

$$S_t = kS_{t-1} + P_t - ET_t$$

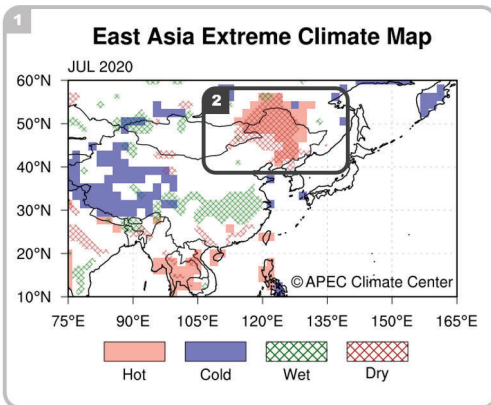
$$S_t \approx f \left[\sum_{i=t-T+1}^t (P_i - ET_i) \right]$$

k (i.e. capacity of water storage) is affected by "heterogeneity" of surface properties



APEC CLIMATE CENTER

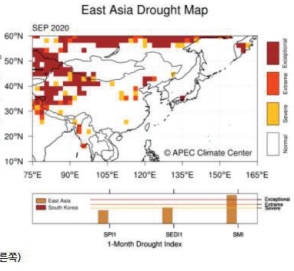
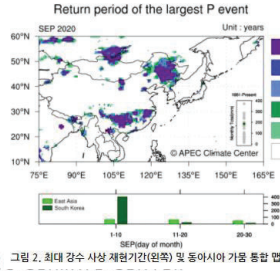
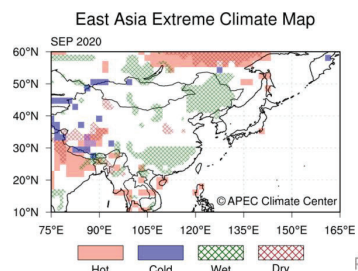
이상기후 모니터링 정보(홈페이지)



- Hot: 이상고온 발생일수가 10일 이상인 지역을 붉은 색으로 나타냄.
 - Cold: 이상저온 발생일수가 10일 이상인 지역을 푸른색으로 나타냄.
 - Wet: SPI1 지수 1.3 이상인 지역으로 습윤한 지역을 녹색 빛금으로 나타냄.
 - Dry: SPI1 지수 -1.3 이하(가뭄 지수에서 severe 보다 강함)인 지역으로 건조한 지역을 갈색 빛금으로 나타냄.

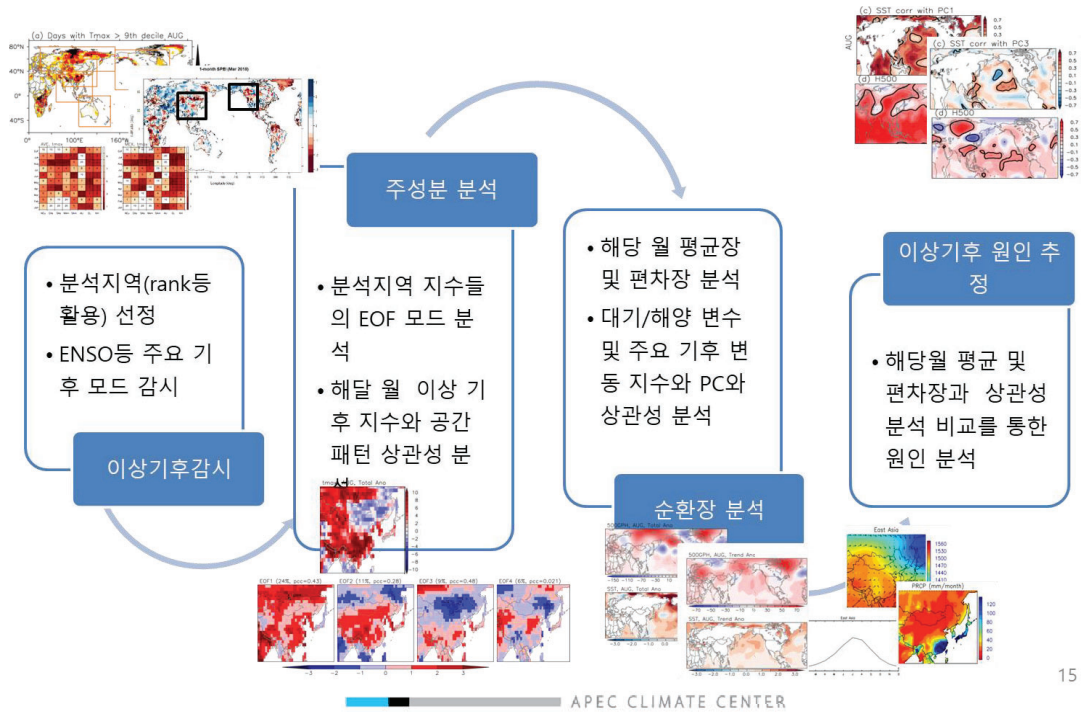
이상고온, 이상저온, 습윤 및 건조(SPI 지수) 등 이상기후 감시정보 통합맵 생산&제공

- 색 또는 빛금이 겹쳐진 지역은 여러가지 이상기후 현상이 함께 나타난 지역을 나타냄
 - 기온/강수 현상이 동시에 나타나는 지역을 함께 볼 수 있는 장점이 있음.



(예) 최대 강수 사상 / 최대 강수 재현기간 → 극한 강수 사상에 관한 감시정보 통합 표출

이상기후 원인분석시스템



15

15

2020년 이상기후 : 동시베리아 고온현상

- EOF 분석 및 상관성 분석

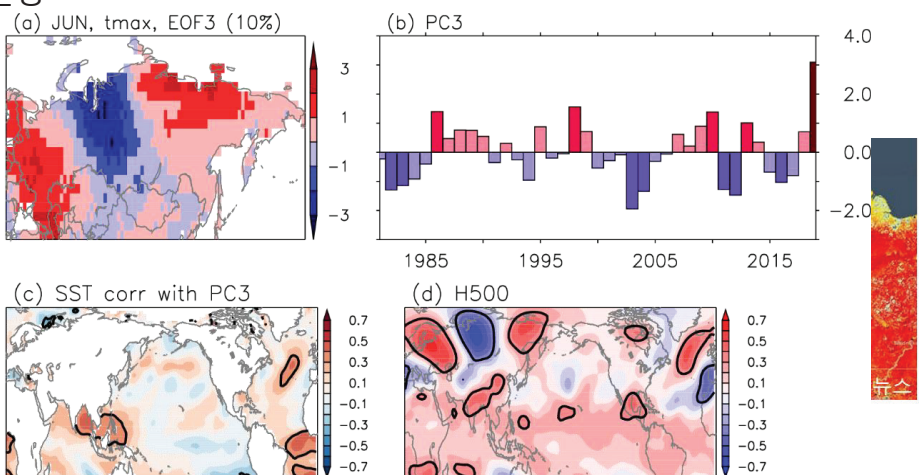
- 동시베리아 고온현상

imnews.imbc.com > 뉴스투데이 > [이슈톡] 시베리아 이상고온현상
2020. 6. 23. - 요즘 같이 찜통 같은 무더위
올려 보신 적 있으실 텐데요. 이슈톡 첫 번

www.sciencetimes.co.kr > news > 계속되는
계속되는 시베리아 이상고온현상
2020. 6. 23. - 북극권에 속한 러시아 시베리아
미국 일간 워싱턴포스트(WP)에 따르면
누락된 검색어: 동 | 다음 정보가 포함되어

kr-mb.thepoetimes.com > 산불까지 났듯
"산불까지 났겠다" "영상 38도"
5일 전 - 이상 고온 현상이 나타난 것이다.
여름에도 서늘한 날씨를 유지하던 시베리아

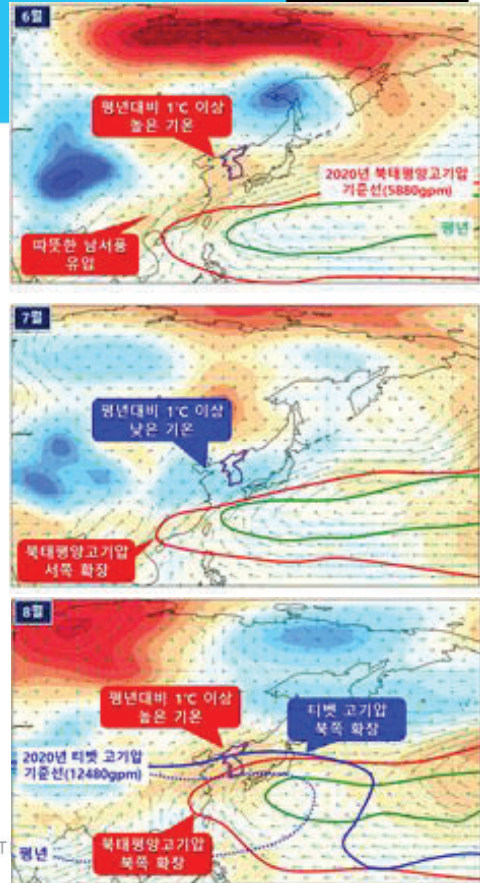
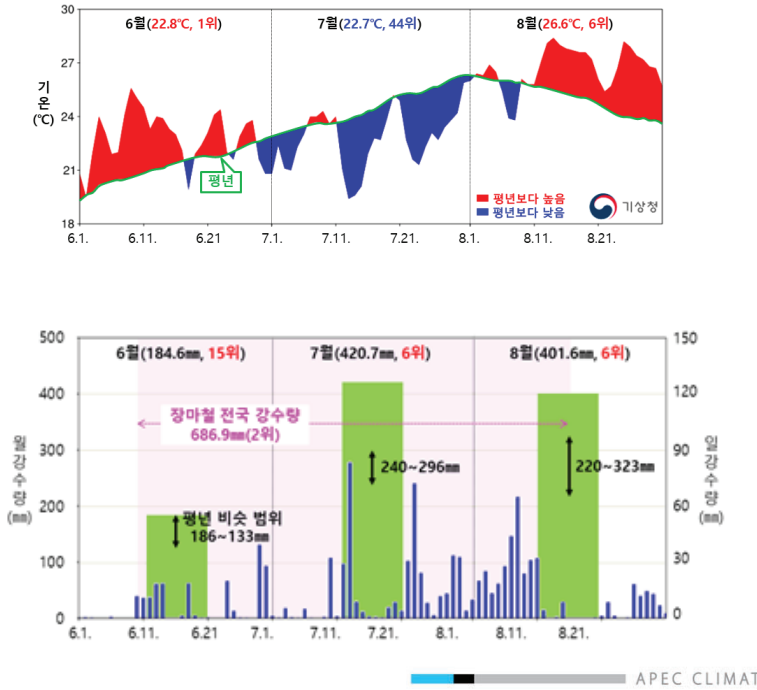
post.naver.com > viewer > postView >
'시베리아 40도 육박'... "올해"
2020. 6. 24. - 또 북극에서는 고온에 따른
도 상승하는 등 이상고온 현상을 산불 원인으로 지목하고 있다. ... 일어나는 기후 변동으로 적도
태평양의 무역풍이 약해지고 동태평양 해수면 온도



대서양의 Tripole 대기-해양 구조로부터 시작된 파동형태 순환장이
유라시아 대륙에서 고-저-고기압의 파동구조를 유도하며 동시베리
아 지역의 고기압성 순환 및 고온 현상에 영향을 미쳤을 것으로 해석
됨

APEC CLIMATE CENTER

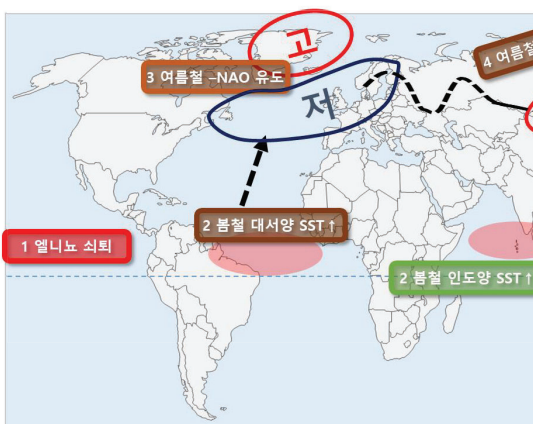
2020년 이상기후 : 우리나라



2020년 이상기후 : 우리나라

주요 대양 기후 모드의 상호작용

7월 역대급 장마와 이상 저온 태평양-대서양-인도양 기후 변동의 합작품

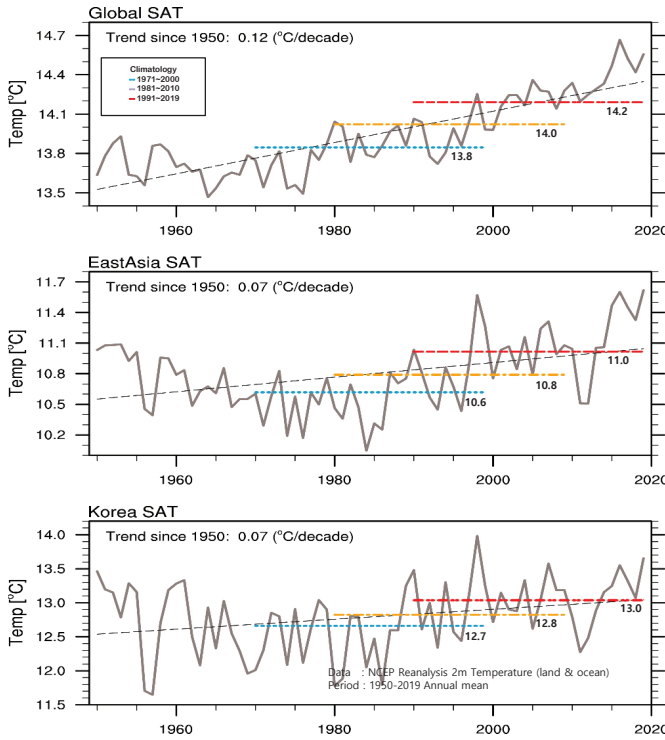


장주기 변동의 역할

- 20-30년의 주기로 변하는 북대서양 해수면 온도(AMO)가 더 작은 시간 규모로 변하는 태평양-대서양-인도양 기후변동의 상호작용을 조절함.
- 현재 양의 AMO 상태이며, 태평양-대서양-인도양 기후 변동의 상호 작용을 강화하여 올해 여름철 기록적 장마와 이상 저온을 유발 하였음.

TER

기후 평년값 변화



기후 평년값
 -- 1971~2000
 -- 1981~2010
 -- 1991~2020

WMO climate normal

1. It is a temporal average
2. The average is unweighted
3. The averaging period is 30 consecutive years
4. It is a causal filter
5. It is updated once per decade.

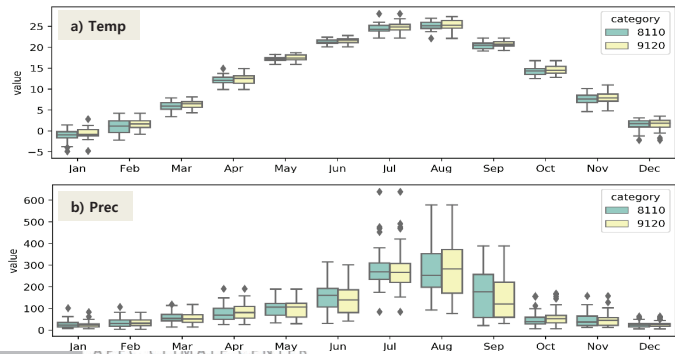
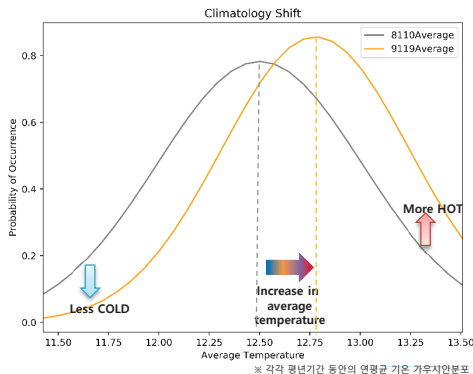
CLIMATE CENTER

기후 평년값 변화

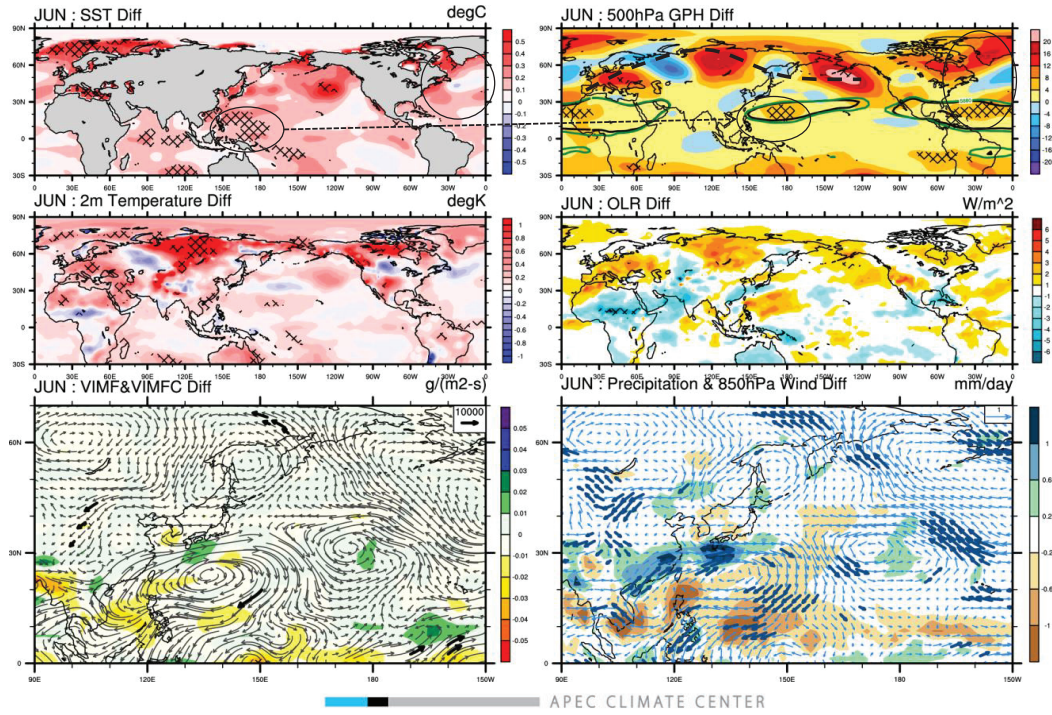
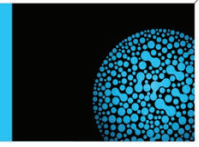
우리나라 기온/강수 평년 변화

※ 모든 셀에서 두 평년값의 차이는 유의하지 않음

TEMP	YEAR	Spring	Summer	Autumn	Winter	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
① 8110 Average	12.5	11.8	23.6	14.1	1.282	-1	1.1	5.9	12.2	17.2	21.2	24.5	25.1	20.5	14.3	7.6	1.5
② New Average	12.8	12.0	23.9	14.4	1.528	-0.6	1.5	6.3	12.3	17.5	21.6	24.8	25.4	20.7	14.6	7.9	1.5
(② - ①)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.4	0.4	0.4	0.1	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.0
		Diff. STD				0.4	0.4	0.4	0.1	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.0
		Trend [81-19]				0.04	0.05	0.05	0.02	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.00
						p-val	0.071	0.033	0.002	0.243	0.000	0.000	0.048	0.093	0.003	0.014	0.075
PREC(Median)	YEAR	Spring	Summer	Autumn	Winter	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
8110 Clm ①	12.5	76.2	227.3	84.4	26.217	23.4	30	53.4	69.4	105.9	160	268.9	252.9	176.7	39.2	37.2	22
9120 Clm ②	12.8	79.6	229.6	73.0	27.017	23.4	31.7	51.2	81.2	106.3	139.8	266.7	282.3	120.8	52.9	45.4	25.6
(② - ①)	0.2	3.3	2.3	-11.3	0.8	0.00	1.70	-2.20	11.80	0.40	-20.20	-2.20	29.40	-55.90	13.70	8.20	3.60
(② - ①)/①	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.00	0.06	-0.04	0.17	0.00	-0.13	-0.01	0.12	-0.32	0.35	0.22	0.16

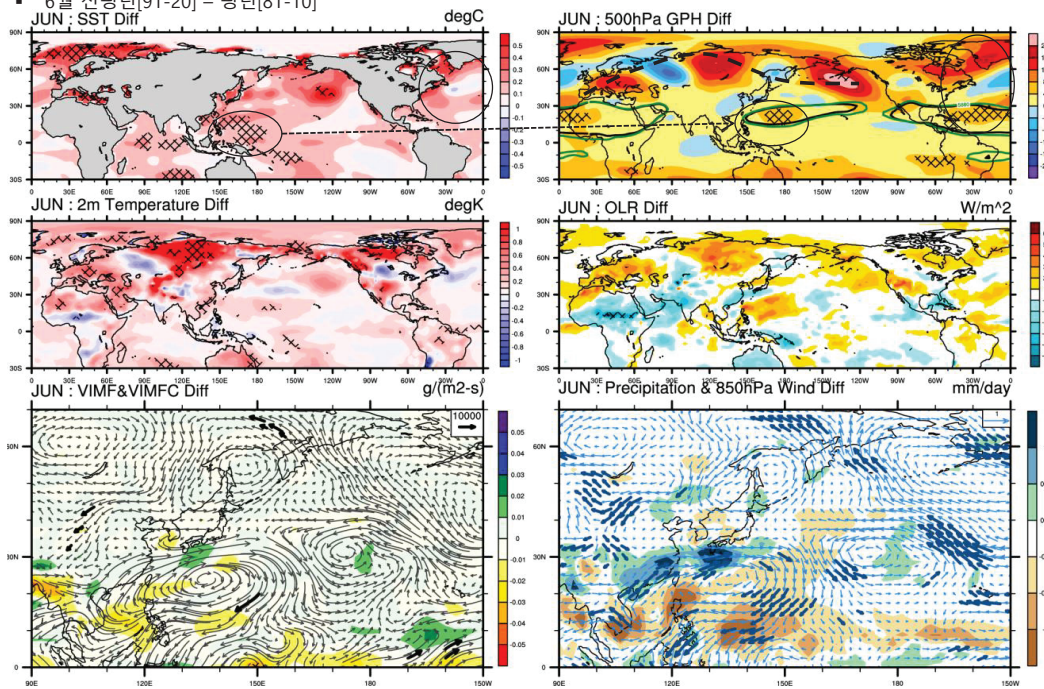


기후 평년값 변화: 대기순환장



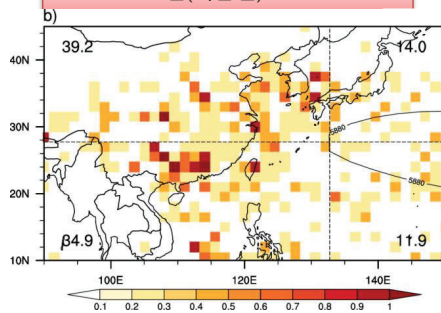
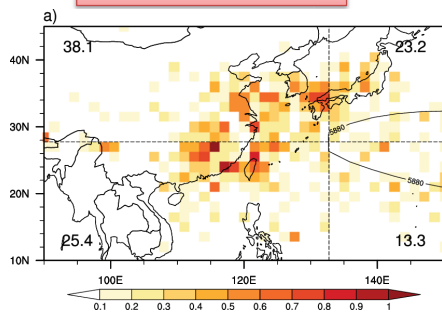
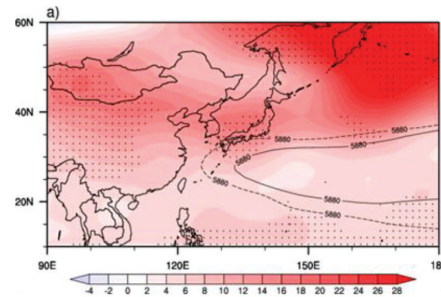
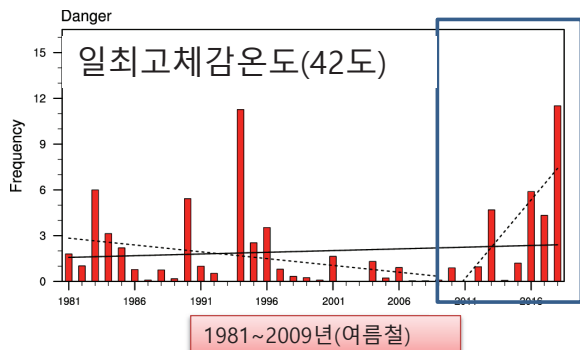
평년이동에 따른 대기순환장 변화

■ 6월 신평년[91-20] - 평년[81-10]



- 신평년에서 6월 고온, 건조 경향, 바이칼호 부근 온난화 신호 뚜렷
- 대서양 tripole structure에 의해 유라시아 대기 파동이 유도됨
- + 아열대 서태평양 SST 상승에 의한 고기압성 순환

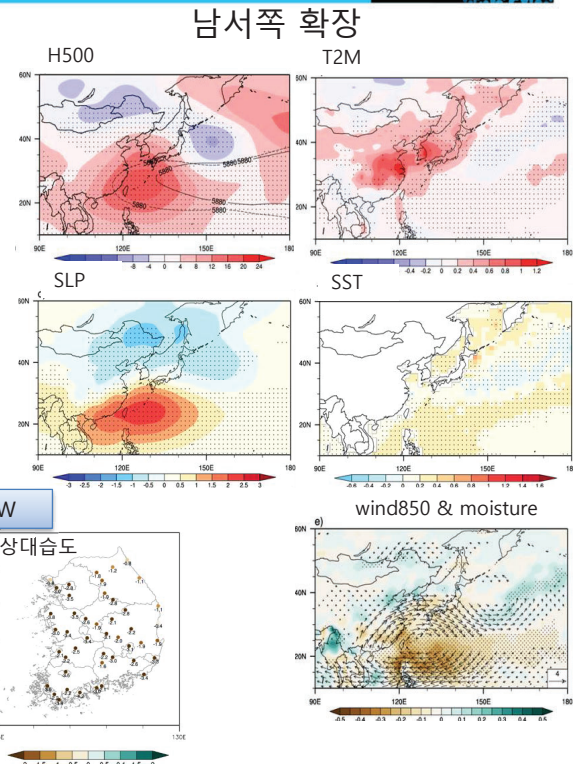
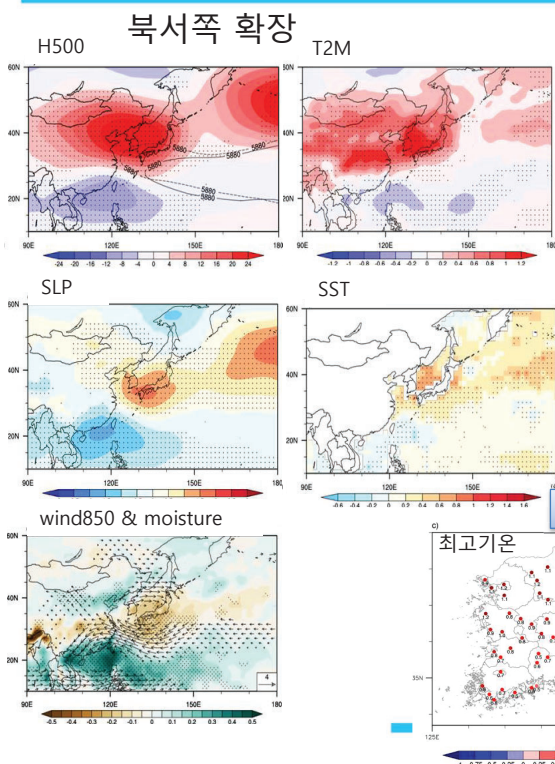
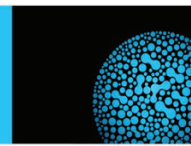
우리나라 영향



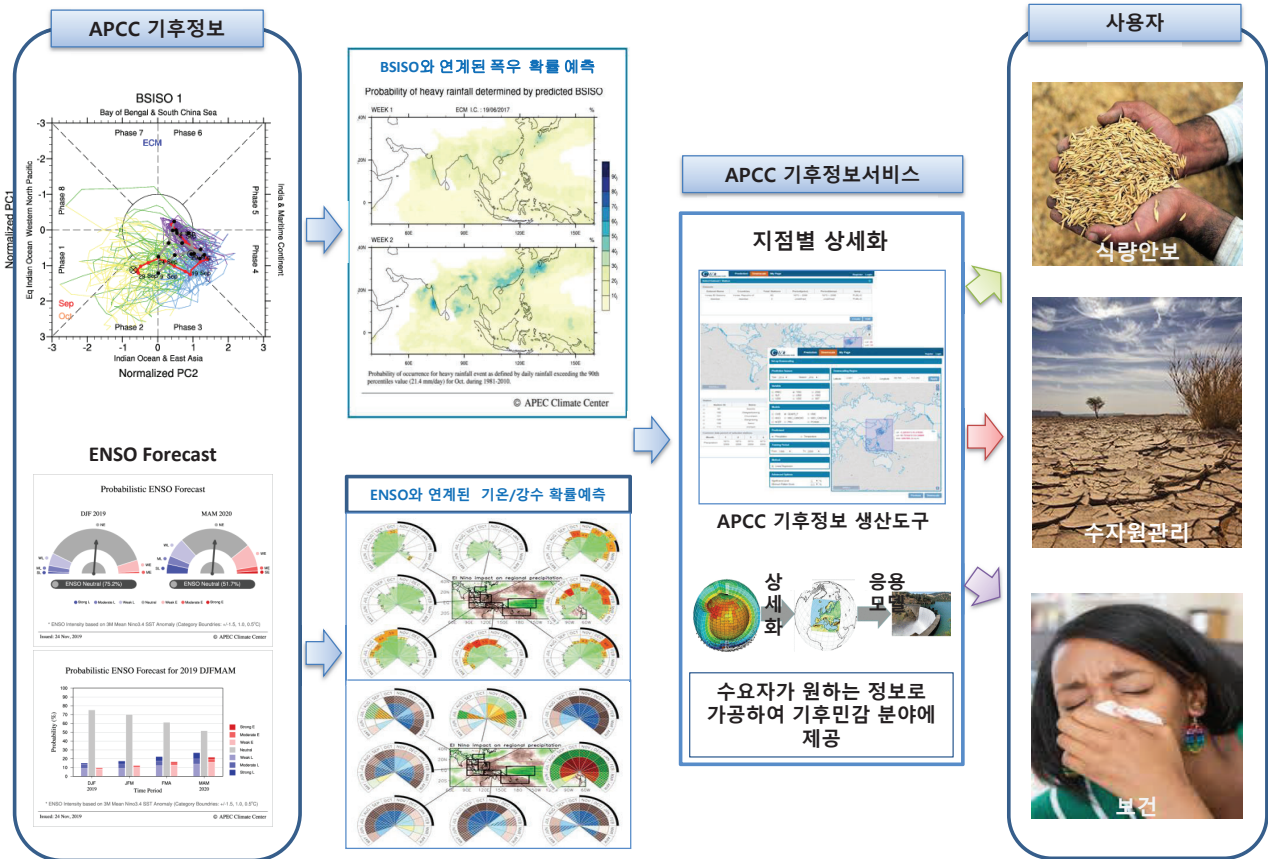
Lee et al, 2020

일최고기온 33도 이상 (최고기온) => 일최고체감온도 33도 이상 (최고기온, 상대습도)

폭염특보



기후정보를 활용한 재난위험 경감



요약

- 전 지구적인 기후변화의 영향은 우리나라와 전세계의 이상기후의 특성 변화에도 직접적인 영향
- 기후변화에 기인한 대기, 해양순환장의 변화들이 우리나라 이상기후의 빈도나 강도를 더욱더 강화하고 있음.
- 이상기후에 대한 철저한 대비책이 필요



정확도 높은 이상기후 예측정보를 생산하는데 정책적, 과학적인 노력이 결집되어야 함

Thank you!



