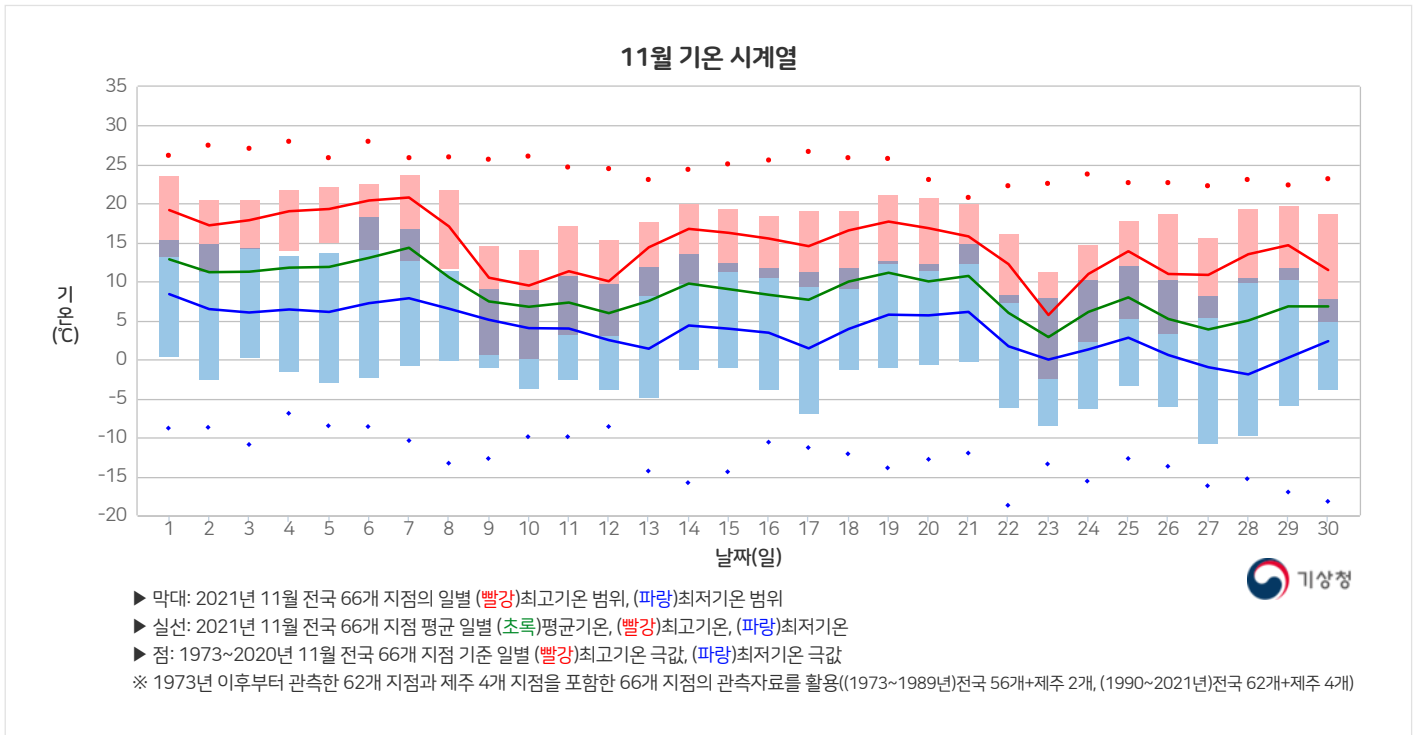


기후분석정보

11월 기후 동향

기온



현황

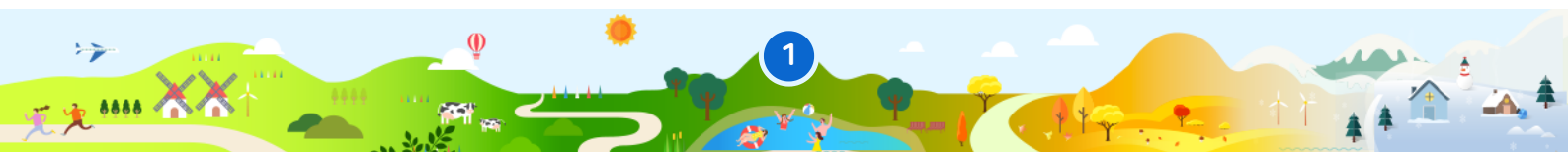
- 11월 전국 평균기온은 8.3°C, 최고기온은 14.5°C, 최저기온은 3.3°C로 평년(7.6°C, 13.6°C, 2.5°C)보다 0.7~0.9°C 높은 기온을 기록하였습니다.
- 찬 대륙고기압과 따뜻한 이동성고기압의 영향을 번갈아 받으며 주기적인 기온 변동을 보인 가운데, 겨울의 시작을 알리는 입동인 11월 7일에는 서울·경기도를 중심으로 역대 가장 높은 최고기온(21.0°C)을 기록하였습니다.
- * 찬 대륙고기압의 일시적 확장으로 서울은 11월 10일에 첫눈이 내렸으며, 평년보다 10일, 작년보다 30일 빨랐음

기온 관련 기상요소별 순위 (1973년 이후 전국평균)

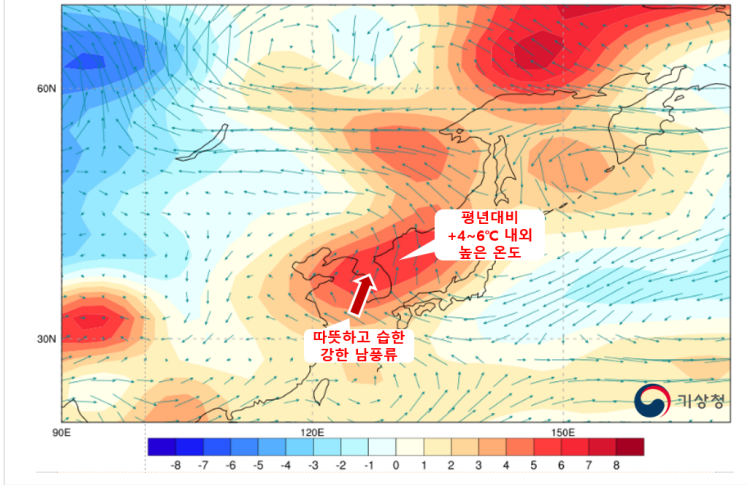
구분	2021년 11월			
	평균값(°C)	평년값(°C)	평년편차(°C)	순위(상위)
평균기온	8.3	7.6	+0.7	15위
평균 최고기온	14.5	13.6	+0.9	10위
평균 최저기온	3.3	2.5	+0.8	14위

※ 전국평균: 1973년 이후부터 연속적으로 관측한 전국 62개 지점의 관측자료를 활용(1973~1989년)56개 지점, (1990~2021년)62개 지점

※ 평년값: '2021년 4월호'부터 신기후평년값(1991~2020년) 적용



11월 기압계 모식도(11월 18~21일)

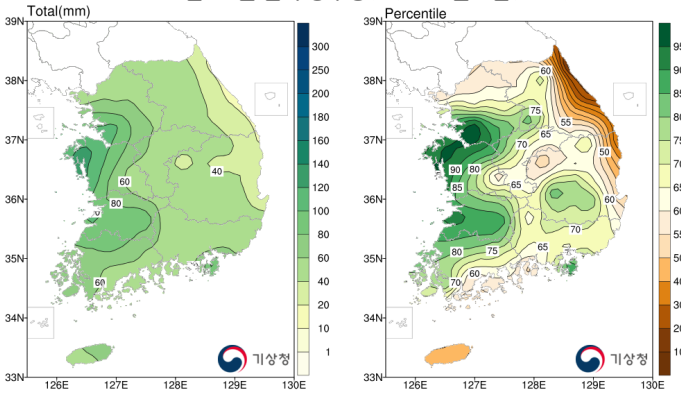


11월 기온 상승 원인

- 11월 18~21일은 우리나라 북쪽으로 상층 기압능이 위치한 가운데, 남서쪽에서 따뜻한 공기가 지속적으로 유입되어 일시적으로 기온이 큰 폭으로 상승하면서 일별 전국 최고기온이 평년대비 4.0~5.8°C 높아 11월 전국 평균 기온 상승에 기여하였습니다.
- ※ 11월 18~21일(평균) 전국 기온 및 순위(상위)
 - 최고기온 16.6°C(평년편차 +4.8°C), 3위
 - 평균기온 10.2°C(평년편차 +4.3°C), 5위
 - 최저기온 5.0°C(평년편차 +4.2°C), 6위

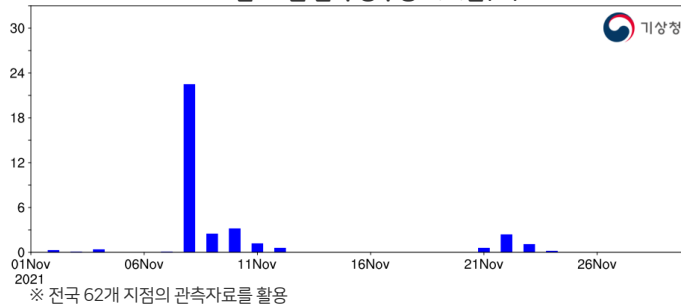
강수량

2021년 11월 전국 강수량(mm)과 퍼센타일(%ile)



※ 전국 62개 지점과 제주 4개 지점을 포함한 66개 지점의 관측자료를 활용

2021년 11월 전국 강수량 시계열(mm)



※ 전국 62개 지점의 관측자료를 활용

현황

- 전국 강수량은 57.3mm로 평년(30.7~55.1mm)보다 많이 기록하였고, 강수일수는 6.2일로 평년(7.4일)보다 적었습니다.
- 찬 대륙고기압과 이동성고기압의 영향을 주로 받아 비가 내린 날이 적었으나, 전반과 후반 두 차례 강한 강수로 서쪽지역 중심으로 평년보다 많은 강수량을 기록하였습니다.

원인

- 11월 8일과 30일에는 서쪽에서 다가온 저기압에 의해 전국적으로 강한 바람과 함께 많은 비가 내렸습니다.
- 특히, 30일에는 강하게 발달한 저기압이 우리나라 북부를 통과하면서 매우 강한 바람과 함께 이례적으로 많은 가을비가 내려, 제주도 산간 지역은 100mm 내외의 강수량을 기록하였고, 일강수량 최다 극값을 경신한 지역들도 있었습니다.
- ※ [극값] 11월 30일 강수량 최다 3~4위 지점(mm)
 - (3위) 거제 80.6, 김해시 41.4 (4위) 북창원 43.2 등

강수량 관련 기상요소별 순위 (1973년 이후 전국평균)

구분	2021년 11월		
	값	퍼센타일(강수량) /평년편차(강수일수)	순위(상위)
강수량	57.3mm	75.6%ile	17위
강수일수	6.2일	-1.2일	29위

※ 전국평균: 1973년 이후부터 연속적으로 관측한 전국 62개 지점의 관측자료를 활용((1973~1989년)56개 지점, (1990~2021년)62개 지점)

※ 평년값: '2021년 4월부터 신기후평년값(1991~2020년) 적용

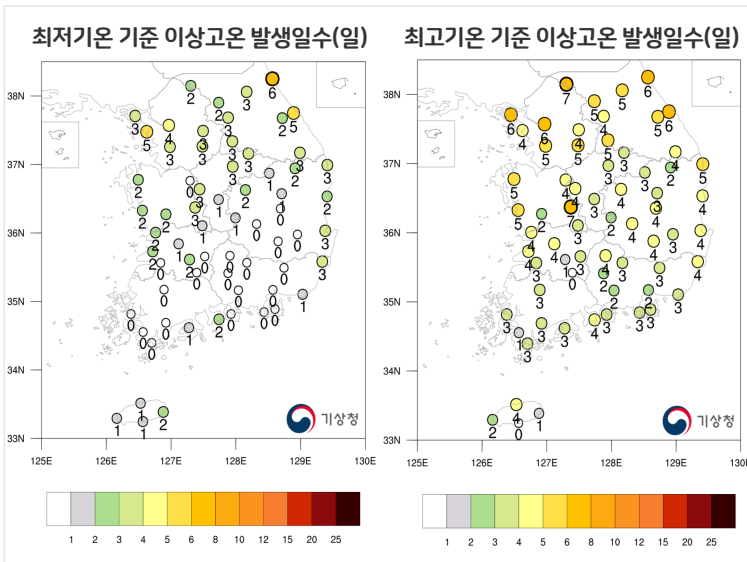


이상고온 및 기상가뭄

이상고온 발생일수

▶ **이상고온 발생일수:** 이상고온은 평년(1991~2020년)에 비해 기온이 현저히 높은 극한현상으로 일최저·최고기온이 90퍼센타일 초과에 해당하는 일수를 나타냄

※ 퍼센타일: 평년(1991~2020년) 같은 기간에 발생한 기온을 비교하여 작은 순서대로 몇 번째인지 나타내는 백분위수



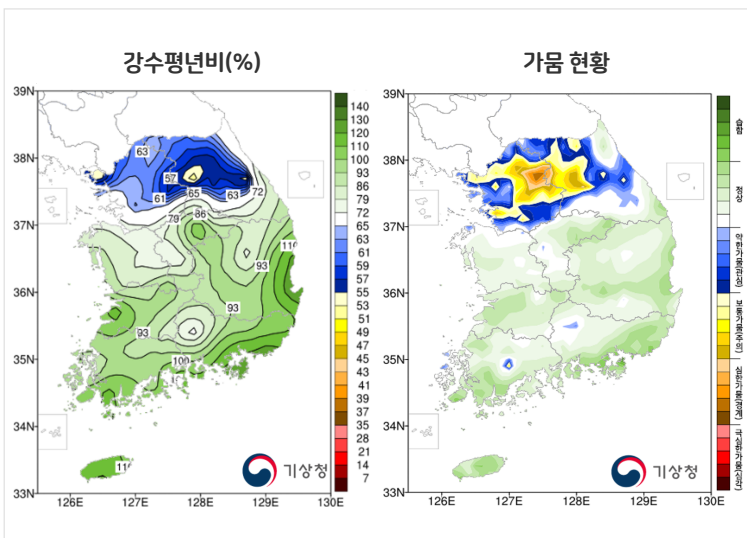
- 찬 대륙고기압과 따뜻한 이동성고기압의 영향을 번갈아 받으며 주기적인 기온변화를 보인 가운데, 일시적으로 7일과 18~21일에 따뜻한 남풍 기류의 유입으로 고온현상이 나타났습니다.
- **이상고온 발생일수:** 전국 이상고온 발생일수가 최저기온은 1.6일(속초: 6일, 강릉·인천: 5일), 최고기온은 3.7일(대전·철원: 7일, 서울·강릉·강화·속초: 6일)로 작년(최저기온 기준: 4일, 최고기온 기준: 6일)보다 적었습니다.

기상가뭄

▶ **기상가뭄:** 특정지역의 강수량이 평년 강수량보다 적어 건조한 기간이 일정기간(최근 6개월 누적) 이상 지속되는 현상

▶ **기상가뭄 판단 기준:** 최근 6개월 표준강수지수*에 따라 4단계로 구분(약한-보통-심한-극심한)

*표준강수지수: 습함(1.0 이상), 정상(0.99~0.99), 약한 가뭄(-1.00~-1.49), 보통 가뭄(-1.50~-1.99), 심한 가뭄(-2.0 이하), 극심한 가뭄(-2.0 이하 20일 이상)



- **누적강수량:** 최근 6개월('21.6.1.~'21.11.30.) 전국 누적 강수량(872.6mm)은 평년(991.8mm) 대비 88.4%입니다.
- ※ 전국 평년비: 제주(4개 지점)를 제외한 62개 지점의 평년비를 평균한 값
- **가뭄 현황:** 일부 지역에 기상가뭄이 있습니다.

※ 전국 62개 지점과 제주 4개 지점을 포함한 66개 지점의 관측자료를 활용

주요 기후요소 비교 - 기온·강수량

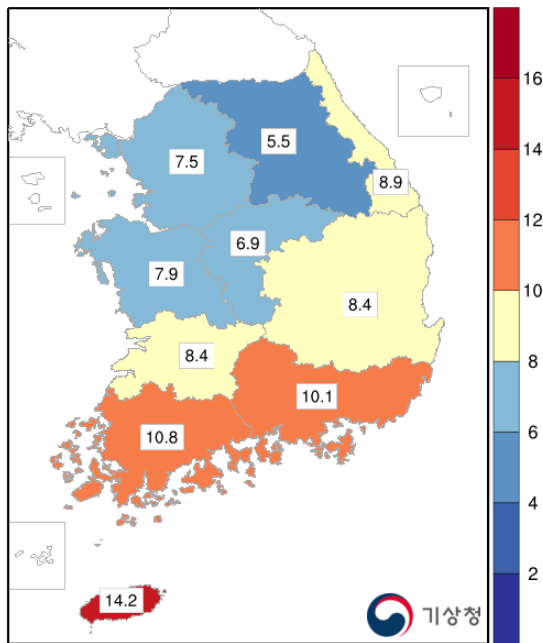
작년 비교

• 찬 대륙고기압과 따뜻한 이동성고기압의 영향을 번갈아 받았던 작년과 유사하게 전국 대부분 지역(충남과 경남 제외)이 작년과 유사한 기온 분포를 보였고, 두 차례 발달한 저기압에 의한 많은 강수로 강수량은 작년보다 많은 편이었습니다.

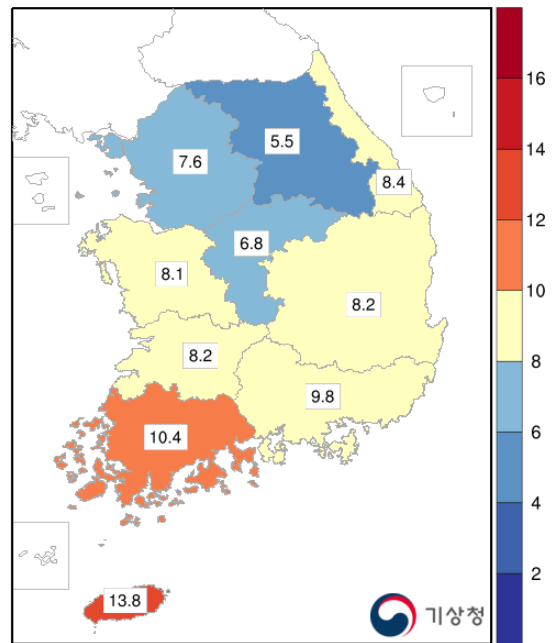
(기온) 전국적으로 작년대비 -0.5~+0.2℃ 기온 분포를 보였습니다.

(강수) 전국적으로 작년대비 -1.5~+45.7mm 강수량 분포를 보였습니다.

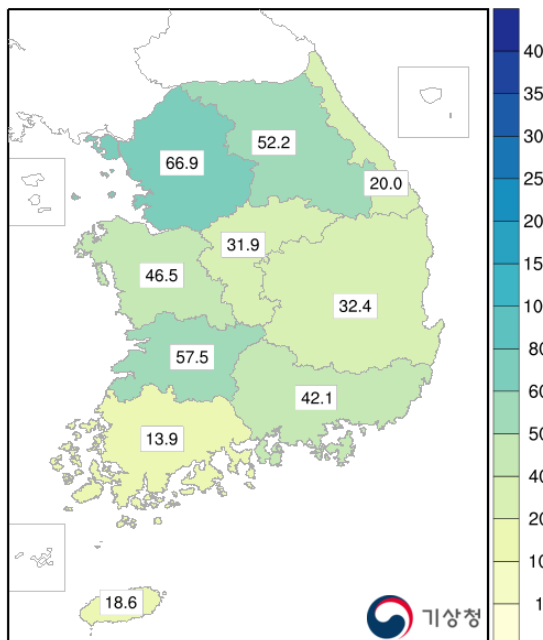
2020년 11월 평균기온(℃)



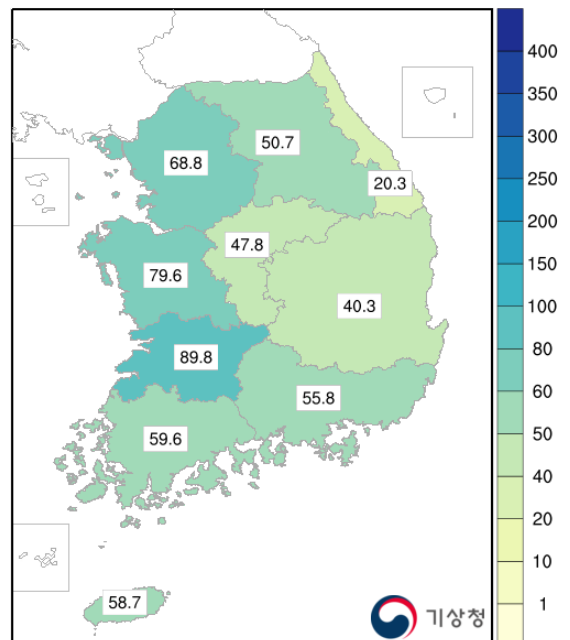
2021년 11월 평균기온(℃)



2020년 11월 강수량(mm)



2021년 11월 강수량(mm)



※ 전국 66개 지점의 관측자료를 활용(제주 평균은 제주시와 서귀포시의 4개 지점의 관측자료를 활용)

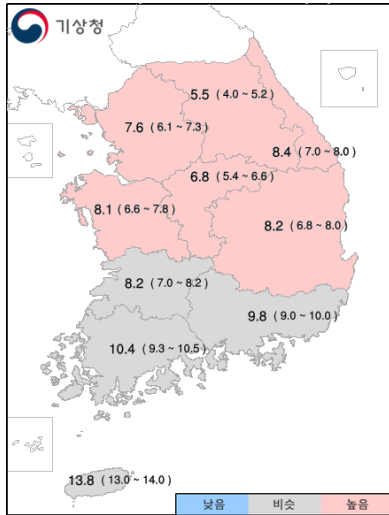
평년 비교

• 기온은 평년보다 높았고, 강수량은 평년보다 많았습니다.

(기온) 전국 평균기온은 8.3°C로 평년(7.0~8.2°C)보다 높았습니다. 경북을 제외한 남부지방과 제주도는 평년과 비슷하였으나, 중부지방과 경북은 평년보다 높았습니다.

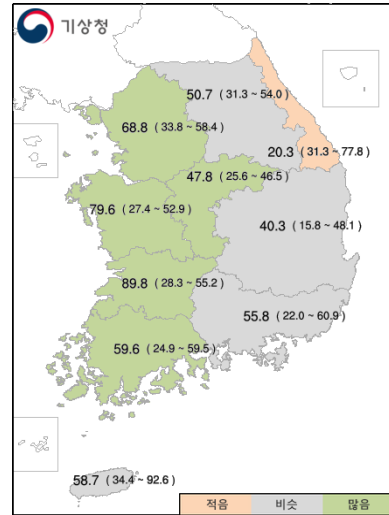
(강수량) 전국 강수량은 57.3mm로 평년(30.7~55.1mm)보다 많았습니다. 서울·경기도(68.8mm)와 충북(47.8mm), 충남(79.6mm), 전북(89.8mm), 전남(59.6mm)은 평년보다 많았고, 강원영동(50.7mm), 경북(40.3mm), 경남(55.8mm), 제주도(58.7mm)는 평년과 비슷하였습니다.

평균기온(°C)



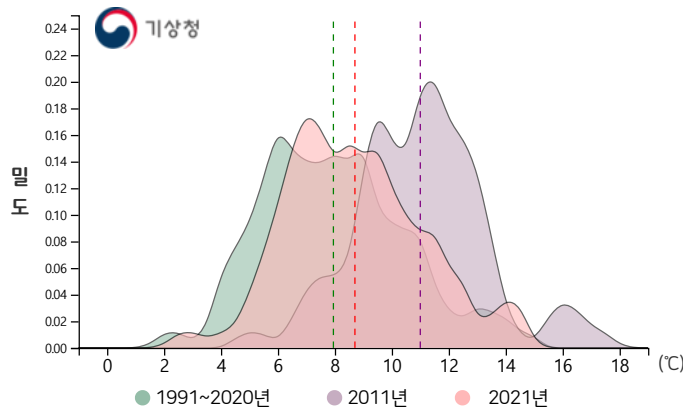
※ () 숫자는 평년(1991~2020년)비슷범위

강수량(mm)



※ () 숫자는 평년(1991~2020년)비슷범위

평균기온 확률밀도분포



▶ 채색: 우리나라 66개 지점 (빨강)2021년, (보라)2011년(11월 평균기온 1위), (초록)평년 월평균기온 분포

▶ 점선: 우리나라 66개 지점 (빨강)2021년, (보라)2011년(11월 평균기온 1위), (초록)평년 월평균기온

※ 1973년 이후 연속적으로 관측한 전국 62개 지점과 제주 4개 지점을 포함한 66개 지점의 관측자료를 활용 ((1973~1989년)56개 지점, (1990~2021년)62개 지점)

우리나라 월별 평균기온 평년편차와 순위 (2020년 12월 ~ 2021년 11월)

년/월	2020년		2021년										기준
	12월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	
월평균(°C)	0.4	-1.1	3.4	8.7	13.2	16.6	21.7	26.0	24.8	21.3	15.1	8.3	
평년편차(°C)	-0.7	-0.2	+2.2	+2.6	+1.1	-0.7	+0.3	+1.4	-0.3	+0.8	+0.8	+0.7	평년(1991 ~ 2020년)
순위(상위)	36	21	3	1	6	40	10	6	30	9	8	15	1973 ~ 2021년

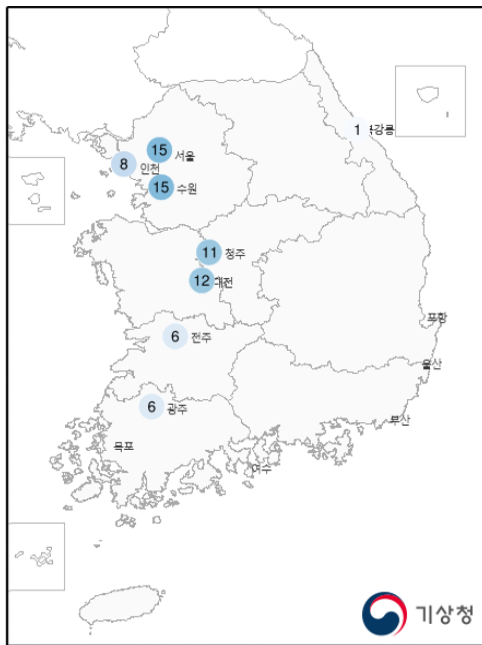
※ 전국평균 및 순위: ('21.4~)1973년 이후 연속적으로 관측한 전국 62개 지점의 관측자료를 활용((1973~1989년)56개 지점, (1990~2021년)62개 지점)

주요 기후요소 비교- 서리·일교차 10°C 이상 일수

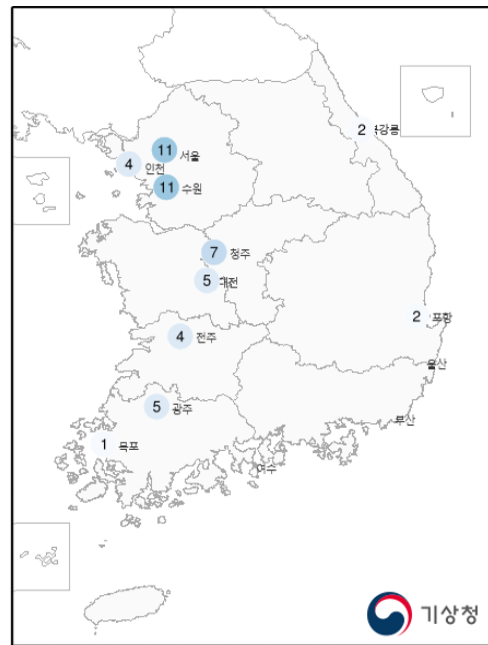
작년 비교

- (서리일수) 전국 평균 서리일수는 4.0일로 작년(5.7일)보다 적었고, 목포와 북강릉을 제외한 전국 대부분 지역에서 서리일수가 작년보다 적게 발생하였습니다.
- (일교차 10°C 이상 일수) 전국 평균 일교차 10°C 이상 일수는 18.6일(작년 16.4일) 발생하였고, 강원영서와 전남, 제주도에에서 작년보다 많이 발생하였습니다.

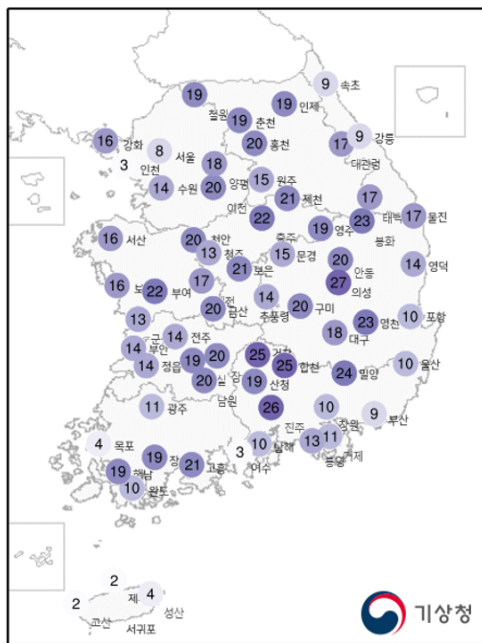
2020년 11월 서리일수(일)



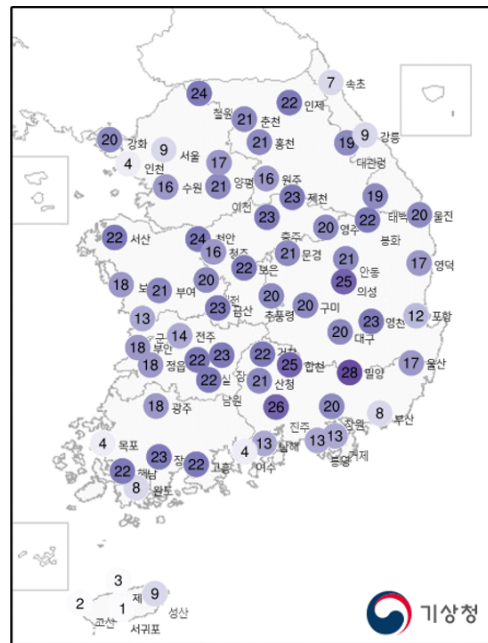
2021년 11월 서리일수(일)



2020년 11월 일교차 10°C 이상 일수(일)



2021년 11월 일교차 10°C 이상 일수(일)



※ 서리일수: 목측 관측이 가능한 전국 13개 지점의 관측자료를 활용
 ※ 일교차 10°C 이상 일수: 전국 66개 지점의 일최고기온과 일최저기온의 차이가 10°C 이상인 날의 일수

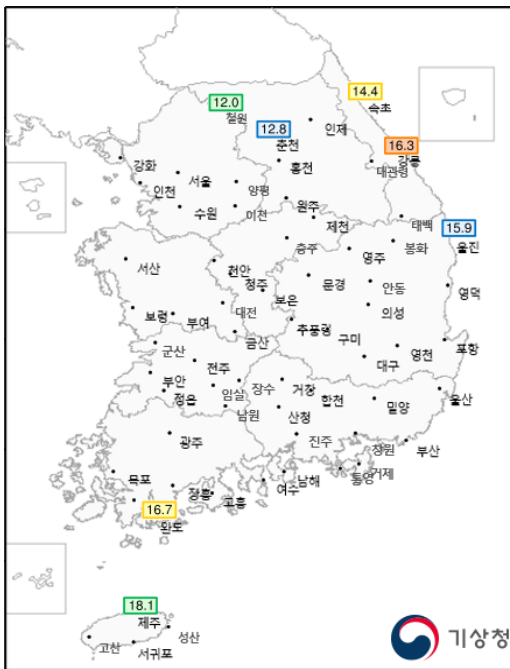
주요 기후요소 비교 - 극값

우리나라 극값 현황

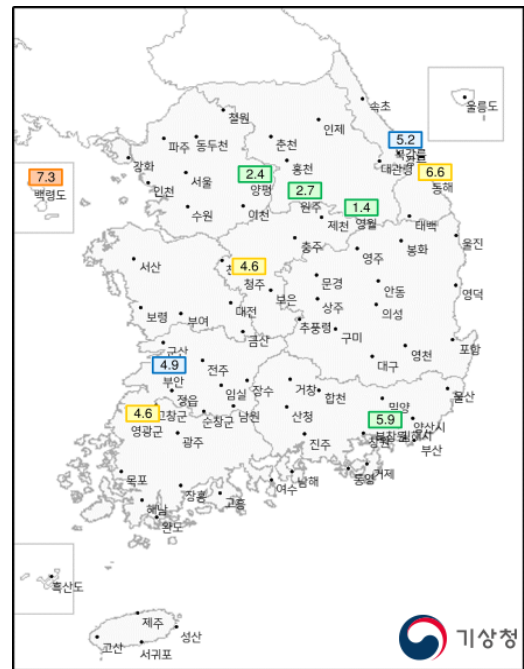
- (기온) 11월은 따뜻한 이동성고기압의 영향을 자주 받으며 월최고기온과 월최저기온 최고 극값이 나타난 지역이 있습니다.
- (강수량&바람) 8일과 30일 강하게 발달한 저기압의 영향으로 경남 해안 지역을 중심으로 일강수량 최다 극값을 경신하였고, 거창 등 일부 내륙 지역에서는 일최대순간풍속 최대 극값이 나타났습니다.

1위 2위 3위 4위 5위

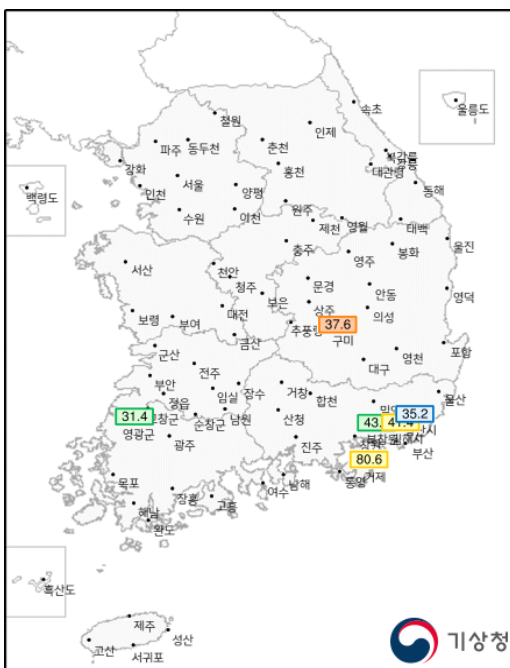
월최고기온 최고 극값(°C)



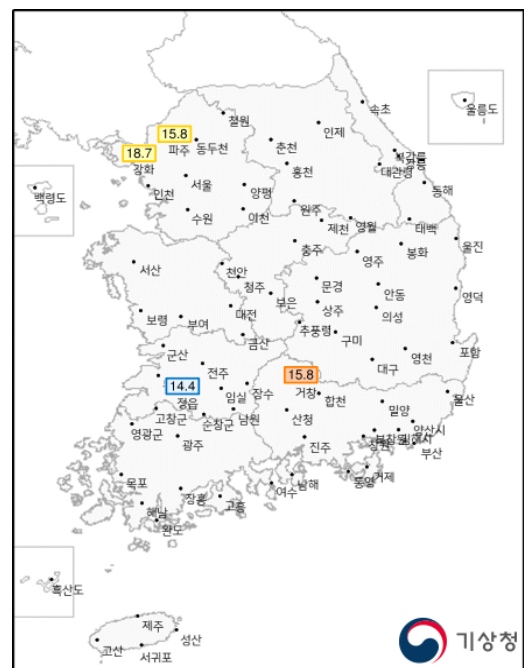
월최저기온 최고 극값(°C)



일강수량 최다 극값(mm)



일최대순간풍속 최대 극값(m/s)

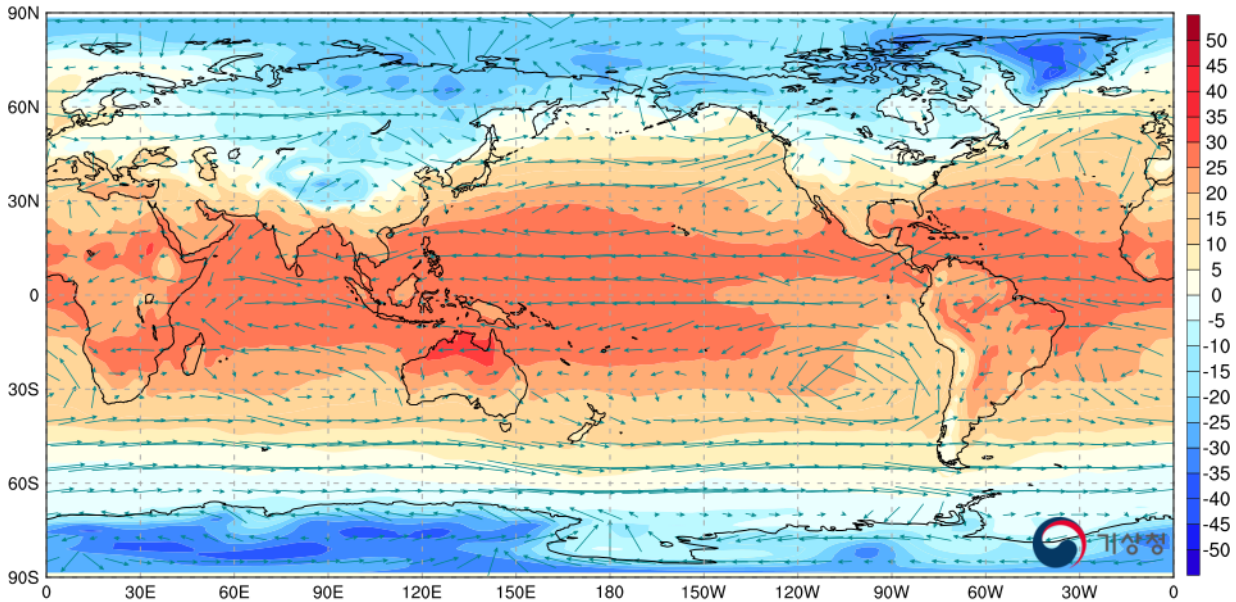


※ 각 지점별 관측개시 이후부터 10년 이상(2019.12.31.기준) 연속적으로 관측한 81개 지점의 관측자료를 활용(같은 극값이 2개 이상 존재할 때는 최근 값을 우선순위로 함)

전 세계 기온

- 전 세계적으로 11월 평균기온은 약 13.5°C였으며, 평년대비 약 0.2°C 높았습니다.
- 적도와 아열대 지역을 중심으로 25.0~30.0°C 내외의 높은 기온 분포가 나타나는 가운데, 버포트해 주변과 북미 북동부, 중국 북동부와 우리나라를 중심으로 평년대비 높은 기온 분포를 보였고, 알래스카와 척치해, 그린란드와 북미 남동부, 중앙아시아와 중국 서부, 호주는 낮은 기온 분포를 보였습니다.

a)평균기온(°C)



b)평년동월 평균기온 평년편차(°C)

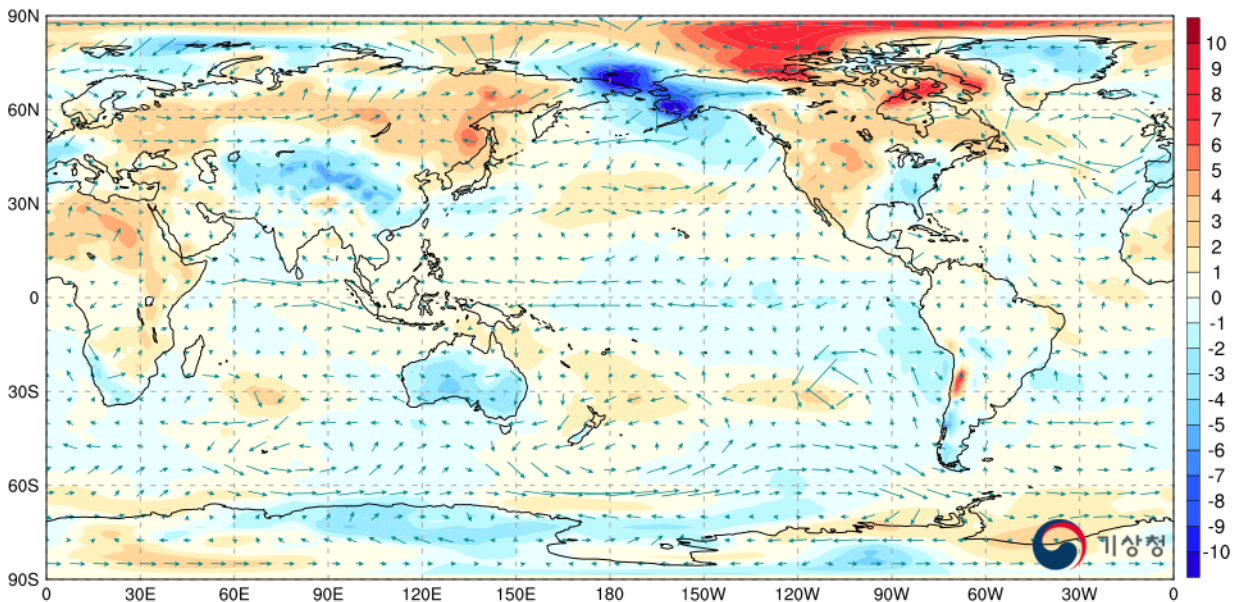


그림 a) ▶ 채색: (빨강)0°C 이상의 평균기온, (파랑)0°C 미만의 평균기온, 화살표: (청록색)850hPa 평균바람
 그림 b) ▶ 채색: (빨강)평년보다 높은 기온, (파랑)평년보다 낮은 기온, 화살표: (청록색)850hPa 평균바람 평년편차
 그림 b) 평년(1991~2020년) 동월 평균기온 평년편차(°C): 2021년 11월 평균기온 - 평년(1991~2020년) 11월 평균기온
 ※ 자료출처: 미국 환경예측센터(NCEP, National Centers for Environmental Prediction) 재분석자료(2m 평균기온)
 ※ 전 세계 평균기온값과 평년편차값은 모델 기반 재분석자료를 평균한 값이므로 실제 관측값과 차이가 있을 수 있습니다.

전 세계 강수량

- 전 세계적으로 11월 평균강수량은 약 83.7mm였으며, 평년과 비슷한 수준이었습니다.
- 주로 적도 주변의 열대 태평양, 인도양과 그 주변 나라들을 중심으로 강수가 집중된 가운데, 대류활동이 활발했던 인도 남부와 동인도양, 남동아시아와 중태평양, 호주 남동부, 북미 북서부를 중심으로 평년보다 많은 강수량 분포를 보였습니다.

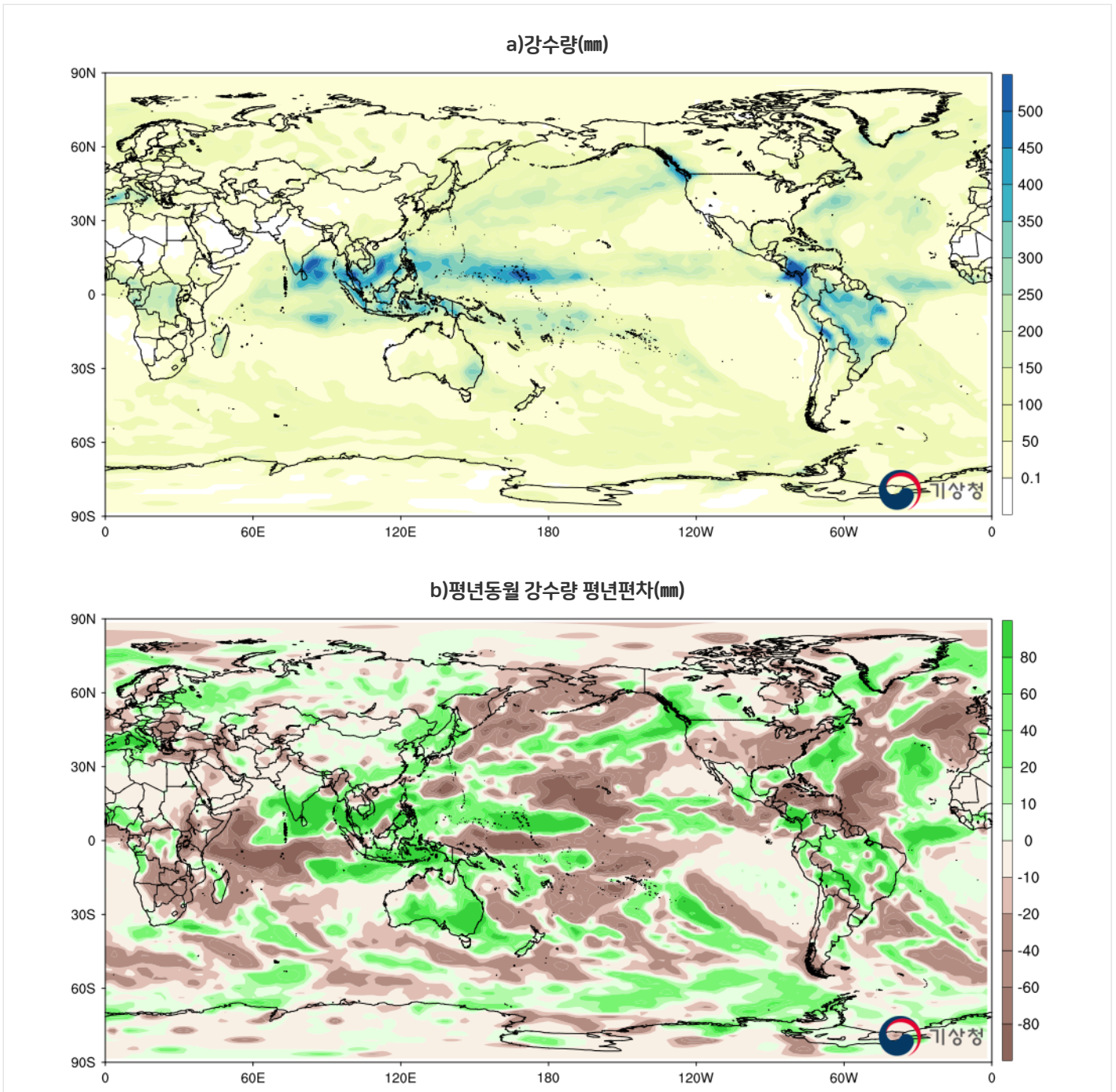


그림 a) ▶ 채색: (초록)월 누적 강수량

그림 b) ▶ 채색: (초록)평년보다 많은 강수량, (갈색)평년보다 적은 강수량

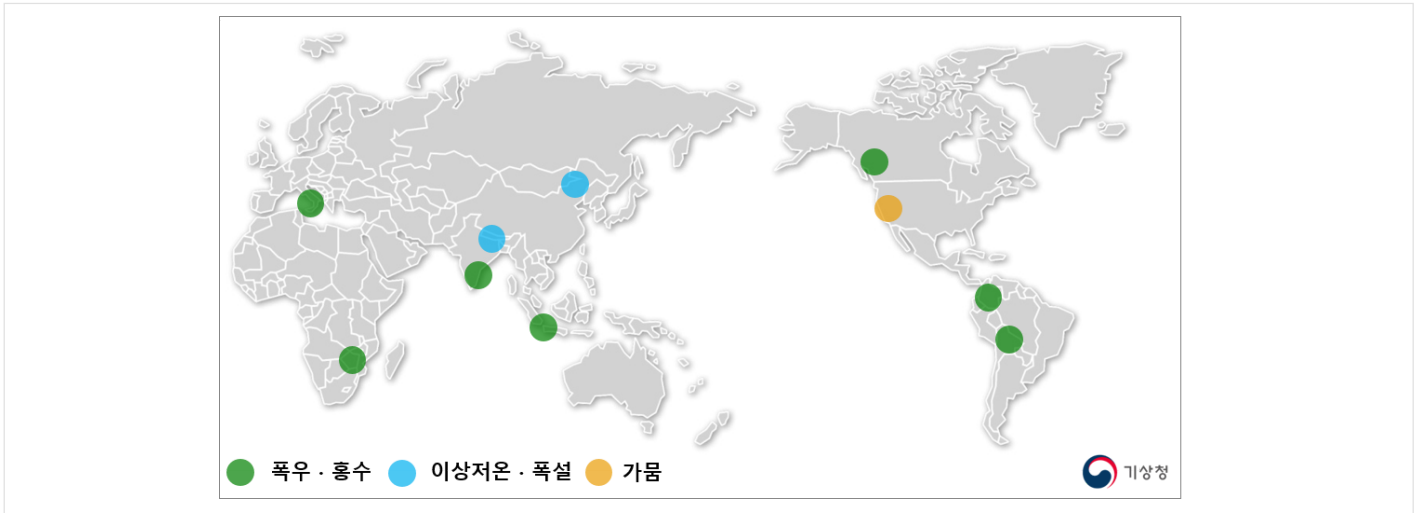
그림 b) 평년(1991~2020년) 동월 강수량 평년편차(mm): 2021년 11월 누적 강수량 - 평년(1991~2020년) 11월 누적 강수량

※ 자료출처: 미국 환경예측센터(NCEP, National Centers for Environmental Prediction) 재분석자료

※ 전 세계 평균 누적 강수량값과 평년편차값은 모델 기반 재분석자료를 평균한 값이므로 실제 관측값과 차이가 있을 수 있습니다.



11월 전 세계 기상재해



● 폭우·홍수

- (콜롬비아) 남서부, 며칠 간 계속된 폭우로 인한 산사태로 최소 6명 사망, 11명 부상, 20여 명 실종 (11.2.), 북서부, 폭우로 인한 산사태로 1명 사망, 2명 부상 (11.23.)
- (인도·스리랑카) 인도 남부 및 스리랑카 전역, 며칠 간의 폭우로 인한 홍수로 41명 사망, 5명 부상 (11월 초~11.)
- (볼리비아) 중서부, 폭우로 인해 강이 범람하여 7명 사망, 25가구 피해 입음 (11.11.~12.)
- (이집트) 남부, 폭우와 우박으로 인해 6명 부상, 가옥 25채 파손, 60여 가구 피해 입음 (11.11.~12.)
- (캐나다) 브리티시컬럼비아주, 한달 치 강수량에 맞먹는 200mm 이상의 폭우가 이틀 만에 내려 4명 사망, 5명 실종, 1만 7천여 명 대피 (11.14.~15.)
- (이탈리아) 중·남부, 폭우, 강풍, 우박으로 인해 1명 사망, 2명 부상 (11.17.~18.)
- (인도) 남서부, 폭우로 인한 홍수로 32명 사망, 30명 실종, 3,700여 채의 가옥 파손 (11.18.~19.)
- (인도네시아) 북·중부, 강풍으로 인한 산사태로 5명 사망, 3명 부상 (11.19.~24.)
- (짐바브웨) 북부, 며칠 간 이어진 폭우와 번개로 2명 사망 (11.23.)

● 이상저온·폭설

- (중국) 내몽골, 46시간 연속 눈이 내려 누적 적설량 59cm를 기록, 70년 만의 최대 폭설, 1명 사망 (11.6.~9.)
- (네팔) 중부, 눈사태가 발생하여 11명 부상 (11.14.)

● 가뭄

- (미국) 캘리포니아주, 전체 인구의 95%에 해당하는 3,730만여 명이 가뭄 영향권 안에 들어감 (11.18.)

전 지구 월별 기온 편차와 순위 (2020년 11월 ~ 2021년 10월)

년/월	2020년		2021년										기준
	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	
편차(°C)	+0.96	+0.78	+0.78	+0.64	+0.86	+0.80	+0.81	+0.89	+0.92	+0.90	+0.89	+0.89	1901 ~ 2000년
순위(상위)	2	8	7	16	8	8	7	5	1	6	5	4	1880 ~ 2021년

※ 본 자료는 NOAA(www.ncdc.noaa.gov/cag/global)에서 제공하는 자료이며, 익월 20일 경에 값이 산출되므로 10월 자료까지만 제공하였음 (2021년 11월 값은 2021년 12월 20일 경 발표)

※ 편차는 1901년부터 2000년까지(20세기)의 100년간 월평균자료, 순위는 1880년부터 142년간의 자료를 기준으로 산출함

기후 감시 정보

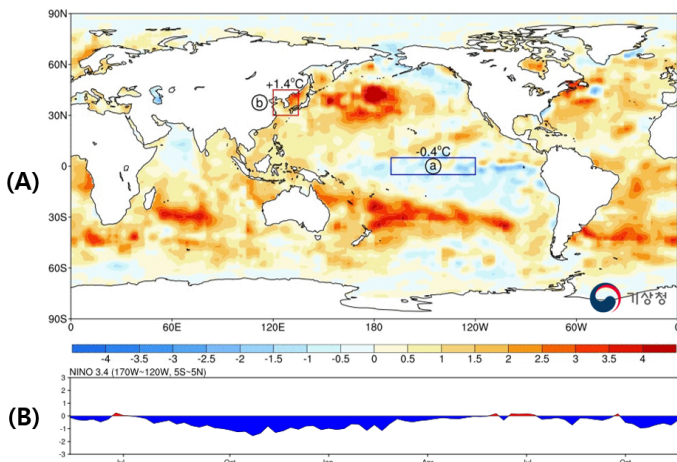
해수면 온도

▶ 우리나라 엘니뇨(라니냐) 정의:

엘니뇨·라니냐 감시구역(열대 태평양 Nino3.4 지역: 5°S~5°N, 170°W~120°W)의 3개월 이동 평균한 해수면 온도의 평년편차가 +0.5°C 이상(-0.5°C 이하) 5개월 이상 지속될 때 그 첫 달을 엘니뇨(라니냐)의 시작으로 봄

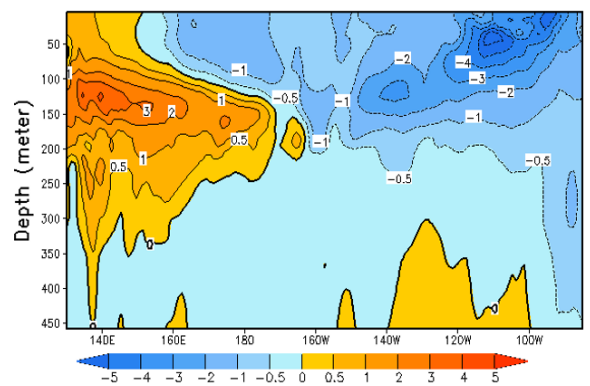
- [해수면 온도] 최근 해수면 온도는 열대 태평양 엘니뇨·라니냐 감시구역(㉔)에서 평균 26.2°C로 평년보다 0.4°C 낮은 상태이며, 우리나라 주변(㉕)의 해수면 온도는 평균 18.1°C로 평년보다 1.4°C 높았습니다.
- [열대 태평양 해저수온] 수심 150m 부근의 평년보다 약 2.0°C 높은 해저수온 영역은 최근 중태평양(180°)에서 약화되었으며, 평년보다 약 4.0~6.0°C 이상 낮은 해저수온 영역도 최근 동태평양(110°W) 부근에서 약화되었습니다.

전 지구 해수면 온도 평년편차 (A)분포도(11월 21일~27일) 및 (B)시계열(°C)



㉔엘니뇨·라니냐 감시구역: 5°S~5°N, 170°W~120°W
 ㉕우리나라 주변: 30°N~45°N, 120°E~135°E
 ※ 자료출처: NOAA OISSTv2.1(Optimum Interpolation Sea Surface Temperature version 2.1, 최적 내삽(버전2.1)된 해수면 온도)

열대 태평양 해저수온 평년편차(11월 22일~26일)(°C)

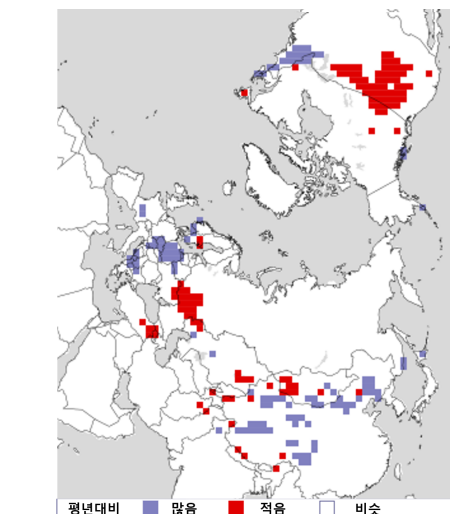


※ 평년보다 높은 수온(빨강)/평년보다 낮은 수온(파랑)
 ※ 자료출처: NOAA/Pacific Marine Environmental Laboratory/
 Tropical Atmosphere Ocean project(www.pmel.noaa.gov/tao)

계절 감시 및 분석

- [눈덮임] 유라시아와 북미 지역에 빠르게 눈이 덮이면서, 북미 북동부와 동유럽 일부, 중국 북서부와 북동부 지역에 평년보다 많은 눈덮임을 보였습니다.
- [북극 바다얼음] 11월 들어 배핀만과 바렌츠해, 척치해를 중심으로 얼음 면적이 빠르게 늘었으나, 여전히 카라해와 바렌츠해를 중심으로 평년보다 다소 적은 면적을 보였습니다.

눈덮임 면적 현황(11월 30일)



※ 자료출처: Rutgers University(눈덮임 평년편차)
 ※ 평년: 1970년 9월~2000년 8월

북극 바다얼음 면적 현황(11월 30일)



▶ 실선: (주황색)북극해 얼음 평년(1981~2010년) 면적
 ※ 자료출처: 미국 설빙데이터센터(NSIDC)

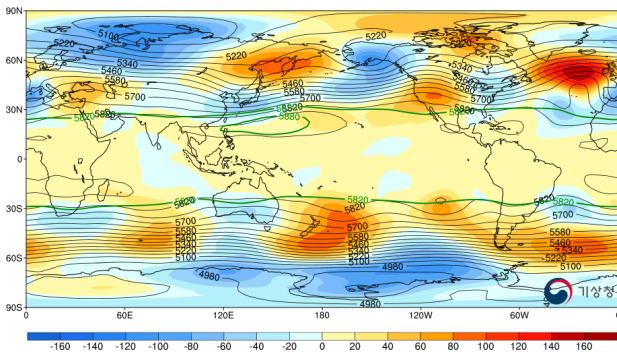
※ 계절에 따라 감시 및 분석 요소는 변경될 수 있음

기후 감시 정보

전 지구 순환장

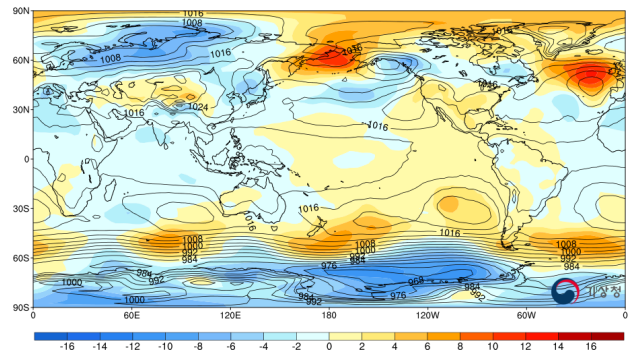
- **[500hPa 지위고도]** 동시베리아를 제외한 시베리아 전역, 알래스카와 우리나라 남쪽 주변은 평년보다 낮은 지위고도가 나타났고, 캄차카반도와 오해츠크해 주변, 북미 서부와 북동부, 북대서양 주변은 평년보다 높은 지위고도가 나타난 가운데, 아열대고기압(5880gpm 고도선)은 평년보다 동서로 확장한 형태를 보였습니다.
- **[해면기압]** 시베리아 대부분 지역과 유럽, 북미 북서부와 우리나라 주변은 평년보다 낮은 해면기압이 분포하였고, 척치해와 동시베리아 동부, 그린란드와 북대서양 주변은 평년보다 높은 해면기압 분포를 보였습니다.

500hPa 지위고도(gpm)



- ▶ 채색: (빨강)평년(1991~2020년)보다 높은 지위고도, (파랑)평년보다 낮은 지위고도
- ▶ 실선: (검정)11월 평균 지위고도, (초록)11월 평년 지위고도

해면기압(hPa)



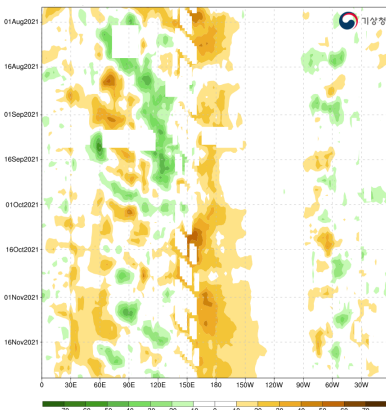
- ▶ 채색: (빨강)평년(1991~2020년)보다 높은 해면기압, (파랑)평년보다 낮은 해면기압
- ▶ 실선: (검정)11월 평균 해면기압

※ 자료출처: 미국 환경예측센터 NCEP(National Centers for Environmental Prediction) 재분석자료

열대 대기 순환장

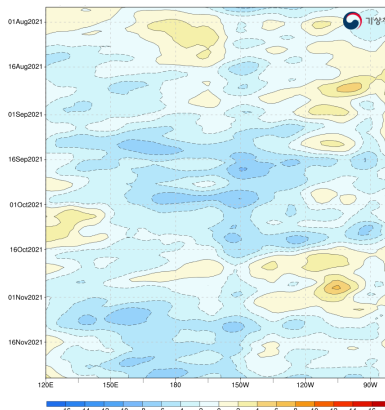
- **[상향 장파복사]** 11월 중반까지는 인도양(90°E)과 서태평양(120°E) 중심으로 상승기류가 나타났다가 약화되었으나, 최근 서태평양(120°E)에서 다시 상승기류가 나타나기 시작했습니다.
*상향 장파복사: 지표에서 대기(위쪽으로)로 방출되는 복사에너지 영역
- **[850hPa 동서바람]** 11월 들어 열대 태평양 전체적으로 동풍 평년편차가 강하게 나타났습니다.
- **[300hPa 상층 수렴발산]** 11월 중반까지 약하게 나타났던 동인도양(90°E)~서태평양(120°E)의 상층 발산은 최근 강화되었습니다.
*수렴발산: 특정 영역에서의 공기의 수평 유입과 유출로 상층에서 발산기류가 있는 곳에서는 연직 상승류가 생겨 대기가 불안정함

상향 장파복사 평년편차(w/m)



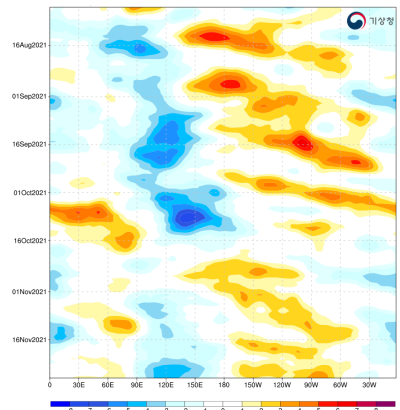
- ▶ [5S~5N] 상승기류(녹색)/하강기류(갈색)

850hPa 동서바람 평년편차(m/s)



- ▶ [5S~5N] 서풍 평년편차(빨강)/동풍 평년편차(파랑)

300hPa 상층 수렴발산 평년편차(m/s)



- ▶ [5S~5N] 상층 발산(파랑)/상층 수렴(빨강)

※ 자료출처(상향 장파복사 평년(1981~2010년)편차): 미국 국립해양대기청(NOAA)

※ 자료출처(850hPa 동서바람 및 300hPa 상층 수렴발산의 평년(1991~2020년)편차): 미국 환경예측센터 NCEP(National Centers for Environmental Prediction) 재분석자료

기후 이슈

- 라니냐 -

더블 딥(Double-dip) 현상?

2020년 8월에 발달한 라니냐는 2020/2021년 겨울철에 전 세계적으로 한파와 폭설을 몰고온 후, 2021년 5월에 종료되었고, 지난 여름철 동안 열대 태평양 엘니뇨·라니냐 감시구역(Nino3.4 지역)의 해수면 온도는 평년보다 다소 낮은 중립상태가 유지되었다. 그러나 가을철에 접어들면서 열대 태평양의 무역풍(동풍)이 평년보다 강화되었고, Nino3.4 지역의 해수면 온도는 -0.5°C 보다 낮은 해수면 온도를 기록하면서 라니냐가 재발달하기 시작하였다.

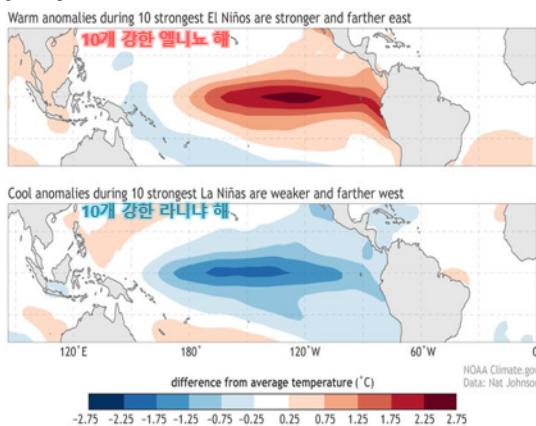
WMO가 발표(2021.11.30.)한 엘니뇨/라니냐 업데이트에 따르면, "현재 약한 라니냐 상태를 보이고 있으며, 이번 겨울철에 약 90% 확률로 라니냐가 발달할 것"으로 전망하였다. 이번 겨울철에 라니냐가 발달하게 되면, 2020/21년 겨울철에 이어 2년 연속으로 겨울철에 라니냐가 발달하게 된다. 이렇게 2년 연속 라니냐가 발달하는 현상을 "더블 딥(Double-dip)"으로 부르며, 지난 2010~2012년과 2016~2018년, 연이어 겨울철에 발생한 라니냐의 사례와 같이 일반적인 현상이다.

※출처: Double-dipping : Why does La Nina often occur in consecutive winters? 2021.7.7. NOAA ENSO blog

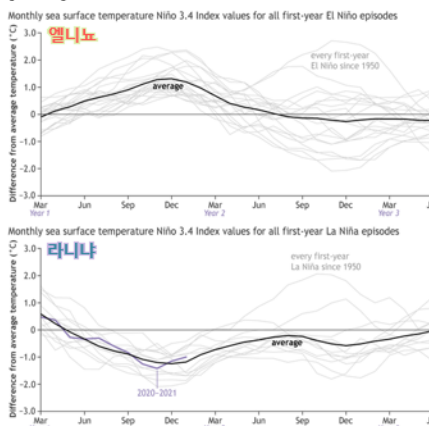
라니냐가 일반적으로 더블 딥 현상을 일으키는 이유를 이해하려면 먼저, ENSO(엘니뇨와 라니냐)의 비대칭성에 대한 기본적인 이해가 필요하다. 종종 엘니뇨와 라니냐를 정반대 현상으로 생각하는데, 자세히 보면 엘니뇨와 라니냐의 패턴과 변화에서는 중요한 차이가 있다. 첫째, 강한 엘니뇨가 발생한 경우 평년보다 높은 해수면 온도가 라니냐보다 더 동쪽으로 집중되는 경향이 있다. 둘째, [그림 1]과 같이 강한 엘니뇨 해에는 동태평양의 양의 해수면 온도 편차는 $+2.25^{\circ}\text{C} \sim +2.75^{\circ}\text{C}$ 인 반면, 라니냐 해에는 중-동태평양의 음의 해수면 온도 편차가 최대 -2.25°C 로 가장 강한 엘니뇨는 가장 강한 라니냐보다 강도가 강한 경향이 있다.

한편, 늦가을철이나 겨울철에 발생하는 엘니뇨가 정점에 도달한 후, Nino3.4 지역 해수면 온도는 다음해 봄철까지 빠르게 중립상태로 낮아진다. 이어지는 여름철부터 겨울철까지 ENSO 중립상태가 계속되거나 라니냐가 발생하지만, 두 번째 연속 겨울철에 엘니뇨가 발생하는 경우는 드물다. 한편, 라니냐의 경우 늦은 가을철 피크 이후 ENSO 중립상태로의 복귀는 더 빠르며 라니냐의 첫 겨울 이후 엘니뇨로의 전환은 거의 발생하지 않는다. 대신, [그림 2, 아래]의 Nino3.4 지역 해수면 온도의 두 번째 하락에서 알 수 있듯이 일반적으로 다음 가을철까지 중립상태이거나 다시 라니냐 상태로 전환되는 것을 볼 수 있다.

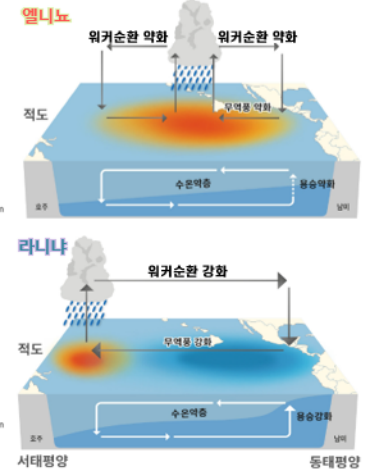
[그림 1]



[그림 2]



[그림 3]



[그림 1] 1950년 이후 나타났던 해수면 온도 편차 분포 합성장 (위) 10개의 강한 엘니뇨 해, (아래) 10개의 강한 라니냐 해

[그림 2] 1950년 이후 월별 Niño3.4 지역 해수면 온도 변화 시계열 (위) 엘니뇨 발생 해, (아래) 라니냐 발생 해

[그림 3] 엘니뇨와 라니냐 모식도

엘니뇨와 라니냐의 전환이 다른 이유는 엘니뇨와 라니냐를 강화시키거나 약화시키는 과정에 있다. 엘니뇨 상태와 관련된 더 따뜻한 Niño3.4 해수면 온도는 더 약한 무역풍과 더 약한 워커순환을 유도하는 반면, 더 차가운 Niño3.4 해수면 온도는 더 강한 무역풍과 더 강한 워커순환을 유도한다. 엘니뇨 동안의 해양과 대기 사이의 강한 결합(상호작용)과 더 동쪽으로 향하는 바람의 힘은 일반적으로 이른 봄철까지 적도 태평양 상층부 열을 극쪽으로 강력하게 방출(discharging)하여 엘니뇨 현상을 끝내고, 다음 라니냐를 위한 배경 조건을 만든다. 반면, 라니냐 동안의 해양과 대기 사이의 약한 결합(상호작용)과 더 서쪽으로 향하는 바람의 힘은 열의 *재충전(recharging)도 더 약하다는 것을 의미하며, 해양은 엘니뇨로의 전환을 위한 준비가 되어 있지 않아 오히려 라니냐의 두 번째 겨울이 다시 돌아올 수 있다. 그러나 엘니뇨와 라니냐의 전환은 ENSO의 비대칭적 특성과 대기와 해양의 복잡한 상호작용 때문에 향후 더 많은 연구가 필요하다.

*재충전: 라니냐 이후 또는 중립기간 동안 적도 주변 해저에 열이 몇 달(몇 년)간 축적되는 현상임. 처음에는 서태평양에서 열이 증가하는 경향이 나타남