

2021 연 기후특성 보고서

2022. 2.



기상청

Korea Meteorological
Administration



목차

CONTENTS

2021 연 기후특성 보고서

서론

제1장

자료출처 및 분석방법 3

전 지구 기후특성

제2장

2.1. 2021년 전 지구 평균기온 6

2.2. 기후감시요소 현황 10

우리나라 기후특성

제3장

3.1. 2021년 기후특성 22

3.2. 2020/21년 겨울철(2020년 12월~2021년 2월) 기후특성 27

3.3. 2021년 봄철(3월~5월) 기후특성 41

3.4. 2021년 여름철(6월~8월) 기후특성 52

3.5. 2021년 가을철(9월~11월) 기후특성 69

[부록]

I. 동아시아 500hPa 지위고도 평년편차 분포도와 전국 평균기온 및 강수량 80

II. 신평년(1991~2020년)과 이전 평년(1981~2010년) 비교 85

[참고문헌] 89

[표] 차례

[표 2.2.1] 2019~2021년 엘니뇨·라니냐 감시구역의 3개월 평균 해수면 온도 평년편차(ERSSTv5)	11
[표 2.2.2] 북반구 눈덮임 월별 면적	16
[표 2.2.3] 유라시아 눈덮임 월별 면적	16
[표 3.1.1] 우리나라 월평균기온(°C), 편차(°C) 및 1973년 이후 최고 순위	23
[표 3.1.2] 우리나라 월강수량(mm), 퍼센타일(%ile) 및 1973년 이후 순위	24
[표 3.1.3] 권역별 기온 및 강수량 현황	25
[표 3.4.1] 2021년과 평년(1991~2020년)의 장마철 시작일과 종료일 및 기간	62
[표 3.4.2] 중부/남부/제주 장마철 시작일과 종료일 및 기간, 기간별 순위	62
[표 3.4.3] 2021년과 평년(1991~2020년)의 장마철 기간 평균 강수량과 강수일수, 순위	63
[표 3.5.1] 10월 1~31일 일평균기온의 표준편차 순위(1973년 이후)	74
[표 3.5.2] 2021년 태풍 발생 현황(평년: 1991~2020년, 괄호 안 숫자: 발생일 기준 태풍 영향 수)	76

[그림] 차례

[그림 2.1.1] 2021년 전 지구 연평균기온 평년(1991~2020)편차 분포도	6
[그림 2.1.2] 2020/21년 겨울철(12~2월) 전세계 주요 이상기후 현상 및 관련 재해 현황	7
[그림 2.1.3] 2021년 여름철(6~8월) 전세계 주요 이상기후 현상 및 관련 재해 현황	8
[그림 2.1.4] (왼쪽)북반구 7월 1~20일 200hPa 동서바람 평년편차(빨강/파랑 채색: 평년보다 강/약한 바람) (오른쪽 위)전 지구 7월 지상기온(육지+해양) 평년편차 시계열(1880~2021년) (오른쪽 아래)전 지구 7월 500hPa 평년편차 분포도(빨강/파랑 채색: 평년보다 높/낮은 지위고도)	9
[그림 2.2.1] 2021년 전 지구 해수면 온도 평년편차 분포도(ERSSTv5)	10
[그림 2.2.2] 3개월 이동 평균된 엘니뇨·라니냐 감시구역(Nino3.4) 지수 시계열(ERSSTv5)	11
[그림 2.2.3] (왼쪽)주간 평균 전 지구 해수면 온도 평년편차(OISSTv2), (오른쪽)열대 태평양 해수면 온도와 지표바람 및 평년편차(TAO/TRITON)	12
[그림 2.2.4] 엘니뇨, 라니냐 상태 모식도	12
[그림 2.2.5] 연대별(1980s, 1990s, 2000s, 2010s) 9월 북극 해빙 면적(실선: 분홍색)과 2019년 9월 면적 (채색: 하얀색)과의 비교	13
[그림 2.2.6] 2021년 9월 이후 북극 해빙 면적 일변화 시계열(최근 5년)	14
[그림 2.2.7] 2021년 7, 9, 11, 12월 월별 북극 해빙 면적 분포도	14
[그림 2.2.8] (왼쪽)북극 해빙 상태, (오른쪽)북극 해빙 면적 변화 시계열	15
[그림 2.2.9] (왼쪽)눈덮임, (오른쪽)눈덮임 평년편차 분포도	17
[그림 2.2.10] 연직-시간 정규화된 65~90°N 영역의 지위고도 평년편차 및 북극진동(AO)지수 일별 시계열 (왼쪽)2020년 12월~2021년 2월, (오른쪽)2021년 6~7월	18
[그림 2.2.11] 2020년 12월 1일~2021년 2월 15일 북반구 (왼쪽)해면기압 평년편차, (오른쪽)850hPa 기온 평년편차 분포도	19
[그림 2.2.12] (왼쪽)양의 북극진동과 (오른쪽)음의 북극진동 모식도	20
[그림 3.1.1] 2021년 전국 66개 지점의 (왼쪽)연평균기온(°C), (오른쪽)연 강수량(mm) 분포도	22
[그림 3.1.2] 전국 62개 지점의 연평균기온(°C) 평년편차 시계열, 평년: 1991~2020년	23
[그림 3.1.3] 전국 66개 지점의 월평균기온 평년(1991~2020년)편차(°C) 분포도	23
[그림 3.1.4] 전국 66개 지점의 월강수량 퍼센타일(%ile) 분포도	24
[그림 3.1.5] 2021년 우리나라 기후 이슈	26
[그림 3.2.1] 2020/21년 겨울철 전국 66개 지점의 (왼쪽)평균기온, (오른쪽)강수량 분포도	27

[그림 3.2.2]	2020/21년 겨울철 전국 62개 지점의 평균기온과 평년편차 시계열	28
[그림 3.2.3]	1973~2021년 1월의 전국 62개 지점의 평균·최고·최저기온 표준편차 시계열	28
[그림 3.2.4]	2020/21년 겨울철 전국 62개 지점의 강수량 시계열	29
[그림 3.2.5]	라니냐 해 초겨울(11월~12월) 한반도 영향 모식도	30
[그림 3.2.6]	2020/21년 겨울철 전 지구 (왼쪽)해수면 온도 평년편차(ERSSTv5), (오른쪽)상향장파복사 평년편차 분포도	31
[그림 3.2.7]	(왼쪽)2020년 11~12월 전 지구 850hPa 지위고도와 바람 평년편차 분포도, (오른쪽)열대(5°S~5°N) 지역 850hPa 바람 평년편차 hovmoller 다이어그램	31
[그림 3.2.8]	2020/21년 겨울철 북반구 (왼쪽)200hPa 동서바람 평년편차, (오른쪽)500hPa 지위고도 평년편차 분포도	32
[그림 3.2.8]	2020/21년 동아시아 850hPa 기온 평년편차 및 해면기압 분포도 (왼쪽)전반(2020.12.1.~2021.1.12.), (오른쪽)후반(2021.1.13.~2.28.)	33
[그림 3.2.10]	(왼쪽)카라-바렌츠해의 해빙 면적이 적은 경우, 동아시아 지역 한파 영향 모식도 (오른쪽)북극 해빙 면적 상태	34
[그림 3.2.11]	북극 해빙 면적 (위쪽)시계열(2020년 11월~2021년 3월), (아래쪽)월별 분포도(2020년 12월, 2021년 2월)	35
[그림 3.2.12]	(왼쪽)유라시아 눈덮임 10월 속도 시계열(1997~2020년), (오른쪽)2020년 11월 눈덮임 평년편차 분포도	36
[그림 3.2.13]	2020년 12월 1일~2021년 1월 12일 전국 66개 지점의 (왼쪽)평균기온, (오른쪽)평균기온 평년편차 분포도	37
[그림 3.2.14]	2020년 12월 1일~2021년 1월 12일 전국 62개 지점의 평균기온 시계열	37
[그림 3.2.15]	2020년 12월 1일~2021년 1월 12일 전국 62개 지점의 평균기온 시계열 순위(1973~2021년)	38
[그림 3.2.16]	2020년 12월 1일~2021년 1월 12일 북반구 (왼쪽)200hPa 지위고도 평년편차, (오른쪽)500hPa 지위고도 평년편차 분포도	38
[그림 3.2.17]	(위)정규화된 65~90°N영역 지위고도 평년편차 연직-시간 분포도 (아래)북극진동(AO)지수 시계열	39
[그림 3.2.18]	2020년 12월 1일~2021년 1월 12일 동아시아 (왼쪽)해면기압 평년편차, (오른쪽)850hPa 기온 및 바람 평년편차 분포도	39
[그림 3.2.19]	(왼쪽)2020년 12월 1일~2021년 1월 12일 전 지구 상향장파복사 평년편차, (오른쪽)2020년 12월 해수면 온도 평년편차 분포도(ERSSTv5)	40
[그림 3.3.1]	2021년 봄철 전국 66개 지점의 (왼쪽)평균기온(°C), (오른쪽)강수량(mm) 분포도	41
[그림 3.3.2]	2021년 봄철 전국 62개 지점의 평균기온과 평년편차 시계열	42
[그림 3.3.3]	1973~2020년 전국 62개 지점의 월별 평균기온 추세 분석	42
[그림 3.3.4]	2021년 봄철 전국 62개 지점의 강수량(mm) 시계열	43
[그림 3.3.5]	2021년 봄철 전 지구 (왼쪽)해수면 온도 평년편차(ERSSTv5), (오른쪽)상향장파복사 평년편차 분포도	44
[그림 3.3.6]	2020년 11월 이후 적도 열대 태평양 해수면 온도 평년편차 시계열(OISSTv2)	45
[그림 3.3.7]	2021년 봄철 북반구 (왼쪽)500hPa 지위고도 평년편차, (오른쪽)해면기압 평년편차 분포도	46
[그림 3.3.8]	2021년 동아시아 (왼쪽)봄철 지상기온 평년편차, (오른쪽)3월 500hPa 지위고도 평년편차 분포도	47
[그림 3.3.9]	2021년 동아시아 500hPa 지위고도 평년편차 분포도 (왼쪽)4월, (오른쪽)5월	47
[그림 3.3.10]	2021년 3월 전국 66개 지점의 (왼쪽)평균기온, (오른쪽)평균기온 평년편차 분포도	48
[그림 3.3.11]	3월 전국 62개 지점의 평균기온 시계열(1973~2021년)	48
[그림 3.3.12]	2021년 3월 북반구 (위, 왼쪽)500hPa 지위고도 평년편차, (위, 오른쪽)해면기압 평년편차 분포도, (아래)850hPa 평균기온 평년편차	49
[그림 3.3.13]	2021년 3월 전 지구 (왼쪽)해수면 온도 평년편차(ERSSTv5), (오른쪽)상향장파복사 평년편차 분포도	50
[그림 3.3.14]	2021년 3월 (왼쪽)전국 62개 지점의 평균기온 시계열, (오른쪽)동아시아 500hPa 지위고도 평년편차와 850hPa 바람장(%) 평년편차 합성 분포도	50
[그림 3.3.15]	3월 일본의 평균기온 시계열(1898~2021년)	51
[그림 3.4.1]	2021년 여름철 전국 66개 지점의 (왼쪽)평균기온(°C), (오른쪽)강수량(mm) 분포도	52
[그림 3.4.2]	2021년 여름철 전국 62개 지점의 평균기온과 평년편차(°C) 시계열	53

[그림 3.4.3]	2021년 여름철 전국 62개 지점의 강수량(mm) 시계열	54
[그림 3.4.4]	2021년 여름철 전 지구 (왼쪽)해수면 온도 평년편차(ERSSTv5), (오른쪽)상향장파복사(OLR) 평년편차 분포도	55
[그림 3.4.5]	2021년 (왼쪽)6월 상향장파복사(OLR) 평년편차 분포도, (오른쪽)매든-줄리안 진동(MJO) 예측자료	56
[그림 3.4.6]	북반구 여름철 200hPa 지위고도 평년편차 (왼쪽)2021년, (오른쪽)2018년	57
[그림 3.4.7]	2021년 여름철 북반구 500hPa 지위고도 평년편차 분포도	58
[그림 3.4.8]	2021년 여름철 5일 평균 500hPa 고도변화 시계열(125~130°E)	58
[그림 3.4.9]	경도별 북태평양고기압의 확장 정도 (왼쪽)125~130°E, (오른쪽)130~150°E	59
[그림 3.4.10]	2021년 7월 하순 무더위 모식도	60
[그림 3.4.11]	2021년 7, 8월 북태평양고기압(5880gpm 이상)이 위치한 (왼쪽)빈도일수, (오른쪽)평년대비 빈도일수 차이(검정 실선: 2021년, 점선: 평년)	61
[그림 3.4.12]	2021년 7월 1~31일 전국 강수량 일변화 시계열	62
[그림 3.4.13]	2021년 장마기간(7월 3~19일) 전국 66개 지점의 (왼쪽)강수량(mm), (오른쪽)강수량 퍼센타일(%ile) 분포도	63
[그림 3.4.14]	2021년 6월 19~30일 500hPa 평균 지위고도선과 850hPa 기온 평년편차	64
[그림 3.4.15]	2021년 6월 19~30일 상향장파복사(OLR) 평년편차 분포도	65
[그림 3.4.16]	1973~2021년 5~10월 5일 평균 강수량 시계열 히트맵	65
[그림 3.4.17]	장마기간(7/3~19) 500hPa 평균 지위고도선과 850hPa 바람 평년편차 분포도	66
[그림 3.4.18]	2021년 8월 21~31일 (왼쪽)강수량(mm), (오른쪽)강수량 퍼센타일(%ile) 분포도	67
[그림 3.4.19]	2021년 8월 21~31일 전국 62개 지점의 강수일수 시계열(1973~2021년)	67
[그림 3.4.20]	2021년 8월 21~31일 상향장파복사(OLR) 평년편차 분포도	68
[그림 3.4.21]	2021년 6~8월 일강수량과 최근 30년(1991~2020년) 6~9월 일강수량 5일 이동평균 시계열	68
[그림 3.5.1]	2021년 가을철 전국 66개 지점의 (왼쪽)평균기온(°C), (오른쪽)강수량(mm) 분포도	69
[그림 3.5.2]	2021년 가을철 전국 62개 지점의 평균기온 평년편차(°C) 시계열	70
[그림 3.5.3]	2021년 가을철 전국 62개 지점의 강수량(mm) 시계열	71
[그림 3.5.4]	2021년 가을철 전 지구 (왼쪽)해수면 온도 평년편차(ERSSTv5), (오른쪽)상향장파복사(OLR) 평년편차 분포도	72
[그림 3.5.5]	2021년 가을철 북반구 (왼쪽)500hPa 지위고도 평년편차, (오른쪽)해면기압 평년편차 분포도와 대륙고기압 시계열	73
[그림 3.5.6]	2021년 10월 1~15일 전국 66개 지점의 평균/최저기온(°C) 및 평균/최저기온 평년편차 분포도	74
[그림 3.5.7]	10월 평균기온 평년편차 일별 시계열	74
[그림 3.5.8]	10월 (왼쪽)강수량 일별 시계열, (오른쪽)전국 62개 지점의 일교차 시계열(1973~2021년)	75
[그림 3.5.9]	10월 1~15일 (왼쪽)상향장파복사 평년편차, (오른쪽)850hPa 기온 및 바람장 평년편차 분포	75
[그림 3.5.10]	10월 16~25일 (왼쪽)상향장파복사 평년편차 분포	76
[그림 3.5.11]	10월 16~25일 (왼쪽)500hPa 지위고도 및 850hPa 바람장 평년편차 (오른쪽)해면기압 및 850hPa 기온 평년편차 분포	76
[그림 3.5.12]	9월 제14호 태풍 '찬투' 발생 경로	77

2021년, 큰 기온 변동 속에 역대 두 번째로 따뜻했던 해

- 2021년은 지난 3월 평균기온이 1973년 이후 가장 기온이 높았고, 2월, 4월, 6~7월, 9~10월 평균기온도 10위 이내를 기록하면서, 연평균기온(13.3℃)은 역대 두 번째로 높았던 해로 기록되었음

※ 2021년 기온 관련 통계 상위 순위(1973년 이후)

： 연평균기온 2위, 연평균 최저기온 2위, 연평균 최고기온 3위

- 역대 3번째(중부·제주)로 짧았던 장마철로 연평균 누적 강수량(1244.5mm)은 평년보다 적었으나, 늦은 봄철과 장마철 종료 이후에도 비는 자주 내려 연강수일수(112.9일)는 13번째로 많았음

※ 2021년 강수량 관련 통계 상위 순위(1973년 이후)

： 연평균 누적 강수량 30위(장마철 전국 강수량 40위), 연강수일수 13위

- 2021년 한 해 동안 총 22개의 태풍이 발생하였고, 이 중 3개가 8~9월 중순까지 우리나라에 영향을 주었음

※ 2021년 영향 태풍

： 제9호 루핏(8.4.~9.), 제12호 오마이스(8.20.~24.), 제14호 찬투(9.7.~18.)



요 약

엘니뇨·라니냐

2020년 8월에 시작된 약한 라니냐는 2021년 5월에 종료되었고, 이후 중립상태를 유지하다가 2021년 8월 이후부터 라니냐가 재발달하였음

2020/21 겨울철

2020/21년 겨울철 전반에는 강한 찬 대륙고기압의 영향으로 연일 강추위가 이어졌으나, 후반에는 상대적으로 따뜻한 이동성 고기압의 영향을 받아 고온현상이 나타나면서 계절 내 기온 변동폭이 매우 컸음

2021 봄철

2021년 봄철은 이동성 고기압과 저기압의 영향을 주기적으로 받는 가운데, 3월에는 강한 양의 북극진동으로 인해 북극의 찬 공기 남하가 차단되고, 따뜻하고 습한 남풍 기류가 우리나라로 지속적으로 유입되어 역대 가장 높은 기온을 기록하였음

2021 여름철

2021년 여름철은 전반과 후반기에는 상층 찬 공기의 영향으로 대체로 선선하였으나, 중반에는 평년보다 빠른 장마철 종료 이후, 티벳고기압과 북태평양고기압의 영향으로 폭염과 열대야가 나타났음

2021년 장마철 기간은 중부와 제주에서 17일로 역대 세 번째로 짧았고, 강수량과 강수일수 모두 평년보다 적었음

2021 가을철

2021년 가을철은 주로 따뜻한 이동성 고기압의 영향을 받는 가운데, 때때로 북서쪽의 찬 대륙고기압이 확장하면서 영향을 주어 중반으로 갈수록 기온의 변동 폭이 매우 컸음. 9월 초부터 10월 중반까지 정체전선과 저기압의 영향을 자주 받아 전국 강수량은 평년 수준이었음



제1장

서론

- 자료출처 및 분석방법

기상청에서는 폭염과 폭우, 한파 등 이상기후가 빈번히 나타나는 기후위기 시대에 맞춰 전 지구와 우리나라의 기후특성, 북극 해빙 면적과 전 지구 해수면 온도 변화 등의 기후감시요소 현황에 대한 분석과 이해를 돕기 위해 2017년부터 매년 [연 기후특성 보고서]를 발간하고 있습니다.

우리나라 기온과 강수량 변동성은 독립적으로 일어나는 것이 아니라, 지구온난화 및 십 년 이상의 주기로 달라지는 기후 변동성의 영향을 받으며, 전 지구 기후시스템과 맞물려 변동합니다. 본 보고서에는 전 지구적으로 나타나는 주요 현상과 여러 기후감시요소에 대한 현황을 우리나라 기후와 연계하여 분석한 정보를 수록하였습니다.

기상청은 매년 [연 기후특성 보고서] 발간을 통해 전 지구 순환장과 우리나라의 기후특성, 기후감시요소 현황에 대한 정보를 축적해 나갈 예정이며, 이를 통해 전 지구와 우리나라의 기후 이슈에 대한 이해도를 더욱 높이고, 향후 과학적인 분석 정보를 체계적으로 관리하는데 도움이 될 것으로 기대합니다.

전 지구 및 기후감시요소 출처와 분석방법

1. 전 지구 기온 및 강수량

전 지구 기온 및 강수량은 NCEP(National Centers for Environmental Prediction) 재분석장의 지위고도별 기온과 강수량을 활용하였으며, 재분석값과 평년값(1991~2020년)의 차이를 평년편차로 활용한다.

※ 「2.1. 2021년 전 지구 평균기온」에서는 세계기상기구(WMO)와 코페르니쿠스 기후변화서비스에서 제공한 자료를 활용함

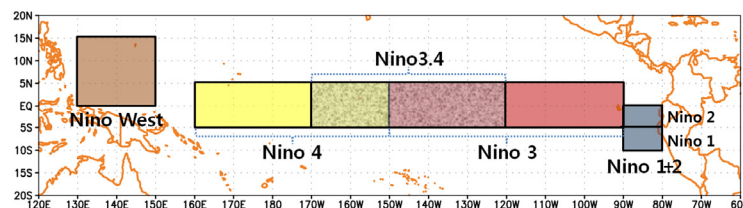
2. 전 지구 해수면 온도

전 지구 해수면 온도는 OISST(Optimum Interpolation Sea Surface Temperature)v2와 ERSST(Extended Reconstructed Sea Surface Temperature)v5를 활용하며, 해수면 온도와 평년값(1991~2020년)의 차이를 평년편차로 사용하였고, 주로 사용되는 지수들과 영역은 아래와 같다.

Nino1+2 (10°S~0°, 90°W~80°W), Nino3 (5°S~5°N, 150°W~90°W)

*Nino3.4 (5°S~5°N, 170°W~120°W) *기상청에서 사용 중인 엘니뇨·라니냐 감시구역

Nino4 (5°S~5°N, 160°E~150°W), Nino West (0°~15°N, 130°E~150°E)



3. 북극 해빙 면적과 눈덮임

북극 해빙 면적은 NSIDC(National Snow & Ice Data Center, <http://nsidc.org>)와 북극해빙 감시시스템(<http://seaice.kma.go.kr>)의 자료를 사용한다. 주로 사용된 NSIDC의 자료는 1979년 이후부터 순위를 산출하며, 북극 해빙 면적 관측값과 이전 평년값(1981~2010년)의 차이를 평년편차로 활용한다.

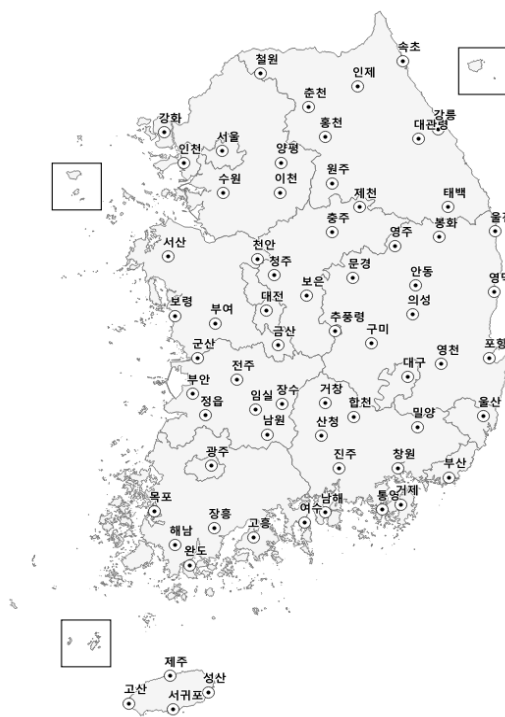
눈덮임은 Rutgers(<http://climate.rutgers.edu/snowcover>) 대학의 월별 눈덮임 면적 자료를 사용한다. 1966년 이후부터 순위를 산출하며, 눈덮임 면적 관측값과 평년값(1991~2020년)의 차이를 평년편차로 활용한다.

우리나라 기후자료 분석방법

1. 우리나라 전국 평균

우리나라의 근대 기상관측은 1904년 부산, 목포, 인천에서 시작되었으며, 1900년대 초반부터 관측된 자료가 있는 곳은 6개 지점이었다. 1900년대 중반까지 약 15개의 관측소로 증가하였으나, 1970년대 초반에 이르러서야 기후분포도를 작성할 수 있는 수준으로 관측소가 증가하였다.

2021년에는 1973년 이후부터 연속적으로 관측한 62개 지점(제주도 제외)의 관측 자료로 전국 평균 기온과 강수량을 산출하여 사용하였다.



2. 평년값과 순위

우리나라의 기후특성을 분석하기 위해 평균기온, 강수량에 대해 평년값을 기준으로 평년편차를 산출한다.

기준이 되는 평년값은 1991~2020년* 관측자료를 기반으로 한 자료이며, 전국 평균에 대한 순위는 위에서 설명한 바와 같이 1973년 이후로 하였으나, 지점별 순위는 관측 이후 모든 자료를 활용한다.

* 2021년부터 이전 평년(1981~2010년)에서 새로운 평년(1991~2020년)으로 바뀜

3. 기후 이슈

전국 평균의 순위가 1973년 이후 5순위 이내에 나타난 사례 또는 기후적으로 특이현상이 나타난 사례로 분류하여 분석하였으며, 이상기후의 정의와는 다를 수 있다.



제2장

전 지구 기후특성

- 2021년 전 지구 평균기온
- 기후감시요소 현황

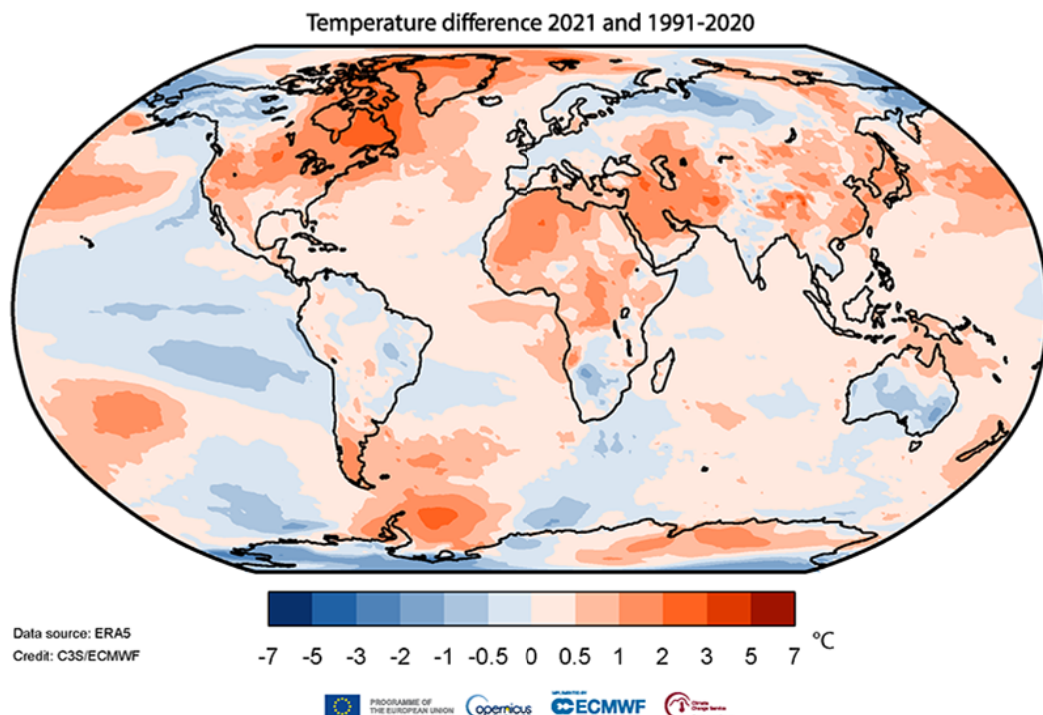
2.1. 2021년 전 지구 평균기온

세계기상기구(WMO) 발표에 의하면, 2021년 전 지구 평균기온은 산업화 이전(1850~1900년) 수준보다 약 $1.11(\pm 0.13)^{\circ}\text{C}$ 높아, 2021년은 2015년 이후 가장 따뜻한 7년(2015~2021년) 중 한 해로 기록되었다. 2020~2022년 라니냐 현상으로 인해 일시적으로 냉각 효과가 나타났지만, 여전히 기록상 전 지구가 따뜻하여 온난화 경향을 뚜렷이 보여줬다.

1980년대 이후부터 매 10년은 이전보다 더 따뜻해졌고, 대기 중에 기록적인 수준의 열을 가두는 온실가스의 영향으로 이처럼 지구 온난화와 장기 기후변화 경향은 앞으로도 지속될 것으로 예상된다.

한편, 이러한 기후변화 추세 속에서 지구촌 곳곳에서는 폭설, 폭우, 폭염 등 이상기후 현상과 함께 많은 기상재해가 발생하였다.

- 출처: 세계기상기구(WMO) 보도자료(2022.1.19.) '2021 one of the seven warmest years on record, WMO consolidated data shows' <https://public.wmo.int/en/media/press-release/>



[그림 2.1.1] 2021년 전 지구 연평균기온 평년(1991~2020)편차 분포도

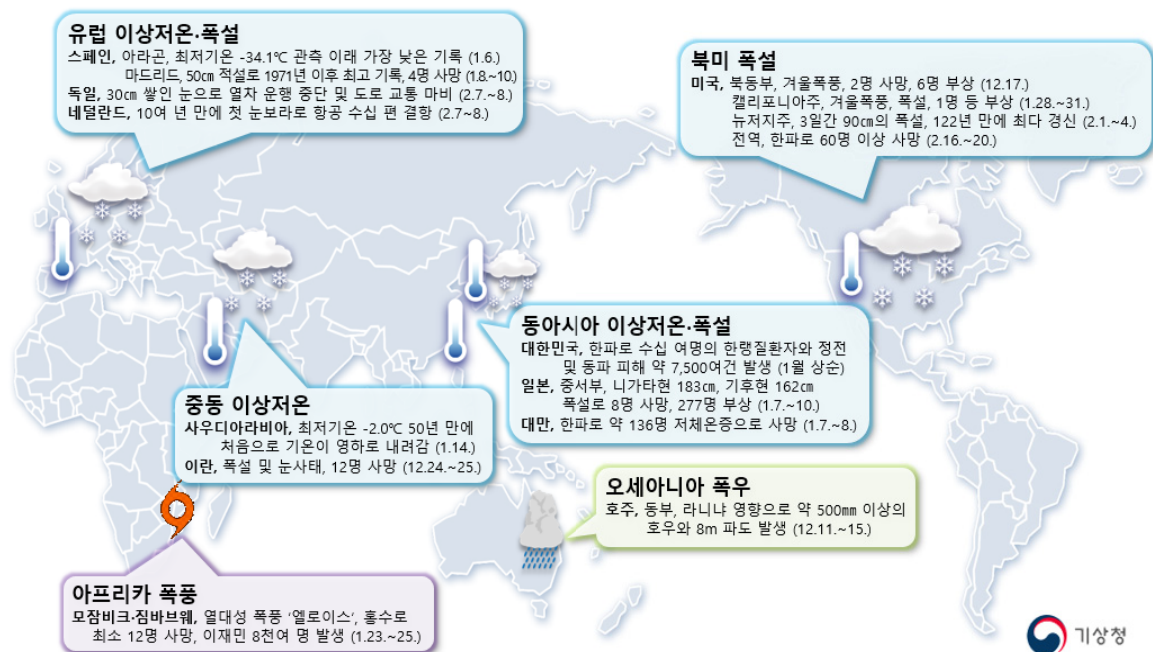
출처: 코페르니쿠스 기후변화서비스, C3S

1) 지난(2020/21년) 겨울철 이상기후

2020/21년 겨울철에는 강한 음의 북극진동과 라니냐의 영향으로 북반구 대부분 지역에서 이상 저온이 발생하였다. 특히, 우리나라를 비롯한 동아시아와 북미, 유럽에서는 기록적인 한파와 폭설로 많은 피해가 발생하였다.

12월 중순, 일본의 군마현과 니가타현에서는 이틀(12월 16~17일) 동안 역대 최고인 약 200cm 내외의 기록적인 폭설로 1,000여 대의 차량이 도로에 고립되었고, 1월 상순, 우리나라는 한강과 낙동강이 결빙하는 등 최강 한파로 수십 여명의 한랭질환자와 정전 및 동파 피해가 약 7,500여건 발생하였다. 또한, 1년 내내 따뜻한 대만에서도 한파로 이틀 간(1월 7~8일) 약 126명이 저체온증 등으로 사망하였다.

한편, 무더운 지역인 사우디아라비아에서는 최저기온이 -2.0°C (1월 14일)로 50년 만에 처음으로 기온이 영하로 내려갔고, 스페인 마드리드에서는 1971년 이후 최고치인 약 50cm의 적설(1월 8~10일)을 기록하며 600여 개의 도로가 폐쇄되었고, 최소 4명이 사망하였다. 2월 중순, 미국은 2003년 이후 가장 넓은 지역에 눈이 내리면서 본토의 73%가 눈으로 덮였고, 최소 60여명의 인명 피해와 약 1조원의 재산 피해가 발생하였다(그림 2.1.2.).



[그림 2.1.2] 2020/21년 겨울철(12~2월) 전세계 주요 이상기후 현상 및 관련 재해 현황

2) 2021년 여름철 이상기후

2021년 여름철에는 북미를 중심으로 유럽, 아시아 등에서 이상기후 현상과 함께 기상재해가 발생하였다.

특히, 6월 중순부터 북미 서부는 기록적인 폭염으로 온열질환자와 사망자가 급증하는 등 많은 인명피해가 발생하였다. 특히, 캐나다는 브리티시 컬럼비아주 에서 역대 최고기온인 49.6℃를 기록하며, 약 700여 명의 사망자가 발생하였고, 미국에서는 127년만에 가장 뜨거운 6월 기온을 경신하며 팜스프링스 50.6℃, 포틀랜드 46.7℃ 등 남서부 159개 지역에서 6월 최고기온을 경신하였다.

또한, 7월 중순경(12~15일) 서유럽에 강한 저기압(‘베른트’)이 정체하면서 독일과 벨기에를 중심으로 3일간 7월 평균강수량의 약 2배에 달하는 기록적인 폭우와 홍수가 발생하였다. 독일은 약 174명, 벨기에에는 약 32명이 사망하는 등 200명이 넘는 인명피해와 약 50억 유로 상당의 큰 인프라 손실이 발생하였다.

한편, 동북아시아는 장마철 종료 후에도 곳곳에 폭우가 내려 7월 중순에 중국 허난성 정저우시에서 시간당 약 202mm의 폭우로 300여 명이 사망하였고, 8월 중순, 일본 규슈에서는 일주일간 1,159mm의 폭우로 홍수와 산사태가 발생하여 6명이 사망하는 등 인명피해가 발생하였다(그림 2.1.3.).



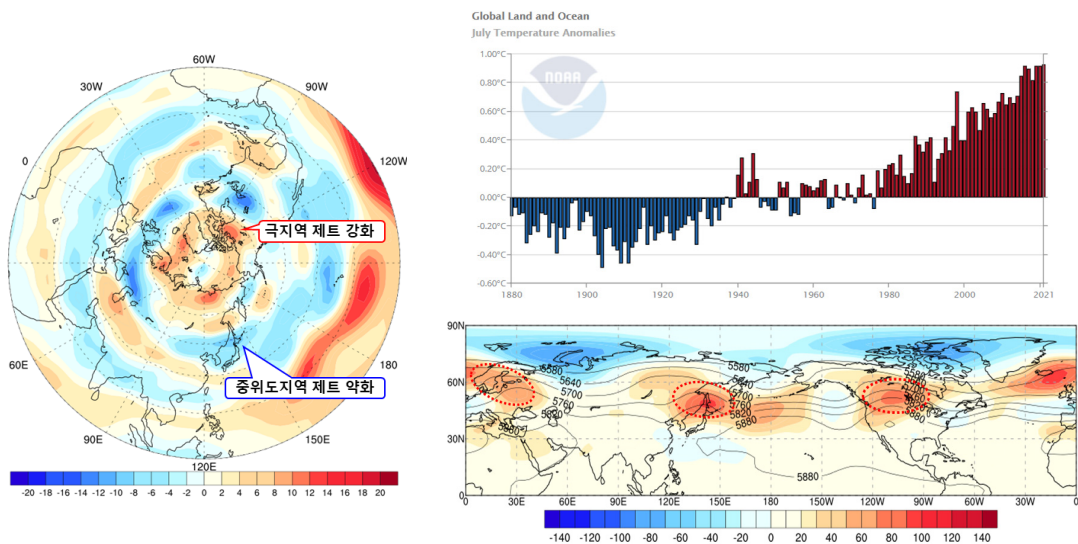
[그림 2.1.3] 2021년 여름철(6~8월) 전세계 주요 이상기후 현상 및 관련 재해 현황

역대 가장 높은 전 지구 7월 기온

2021년 7월은 육지와 해양 전체를 포함한 전 지구 지상기온이 20세기 전 지구 평균기온(15.8℃)보다 약 0.93℃ 높아 기상관측 역사상(1880년 이후) 가장 높은 기온을 기록하였다. 이전(2020년, 2019년, 2016년)보다 약 0.01℃ 높았고, 상위 1~7위가 모두 2015년 이후로 나타났다(그림 2.1.4. 오른쪽 위).

북반구 7월 지상기온(육지)도 20세기 북반구 평균기온보다 약 1.54℃ 높아 역대(1910년 이후) 가장 높은 기온을 기록하였다. 세부적으로 살펴보면, 아시아도 상위 1위, 유럽은 상위 2위(1위 2018년)를 기록하였고, 북미와 남미, 아프리카, 오세아니아도 모두 상위 10위 이내를 기록하였다.

그 원인은 역대(1950년 이후) 다섯 번째로 강한 양의 북극진동으로 인해 극 지역 찬 공기의 중위도 남하가 저지되었고, 중위도 지역의 제트기류가 평년보다 약화되면서 동서 흐름이 정체된 것으로 분석된다(그림 2.1.4. 왼쪽). 이로 인해 유럽 북부와 아시아 북동부, 북미 중서부를 중심으로 상층 기압능이 정체하여 높은 기온 분포를 보였다. 특히, 유럽은 발트해에서 지중해 동부까지 열파가 발생하여, 7월 말경 건조한 남부 일부 지역에서 40℃가 넘는 고온현상이 나타나기도 하였다(그림 2.1.4. 오른쪽 아래).

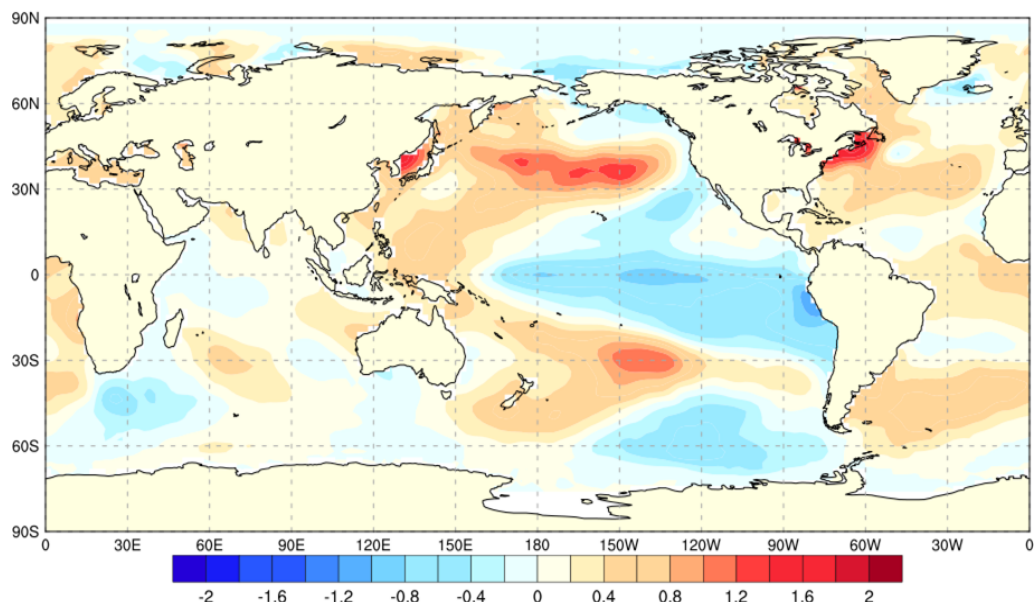


[그림 2.1.4] (왼쪽)북반구 7월 1~20일 200hPa 동서바람 평년편차(빨강/파랑 채색: 평년보다 강/약한 바람)
(오른쪽 위)전 지구 7월 지상기온(육지+해양) 평년편차 시계열(1880~2021년)
(오른쪽 아래)전 지구 7월 500hPa 평년편차 분포도(빨강/파랑 채색: 평년보다 높/낮은 지위고도)

2.2. 기후감시요소 현황

2.2.1. 전 지구 해수면 온도

2021년 전 지구 해수면 온도는 라니냐 영향으로 온도가 평년보다 다소 낮았던 열대 중태평양과 동태평양, 북미 서안 등 일부 지역을 제외하고는 전체적으로 평년보다 높은 분포를 보였다. 전 지구 평균기온과 유사하게 2015년 이후 가장 따뜻한 해수면 온도를 보인 7년(2015~2021년) 중 한 해로 분석된다(그림 2.2.1.). 특히, 북태평양과 북대서양, 북미 동안, 우리나라 동해안 주변은 해수면 온도가 평년보다 약 1℃ 이상 높게 나타났다.



[그림 2.2.1] 2021년 전 지구 해수면 온도 평년편차 분포도(ERSSTv5)

출처: 미국 국립해양대기청(NOAA)

2020년 8월에 시작된 라니냐는 약한 라니냐 상태를 유지하다가 2021년 5월에 종료되었다. 이후에도 지속적으로 중-동태평양을 중심으로 평년보다 다소 낮은 해수면 온도 분포를 보이며 중립상태를 이어갔으나, 가을철부터 동태평양의 해수면 온도가 더욱 낮아지면서 엘니뇨·라니냐 감시구역(5°S~5°N, 170°W~120°W)의 평균 해수면 온도도 평년보다 -0.5℃ 이하로 낮은 분포를 보이며 약한 라니냐 상태가 다시 나타났다(표 2.2.1., 그림 2.2.2.).

한편, 인도양에서는 서인도양을 중심으로 평년보다 다소 낮은 해수면 온도 분포가 나타난 편이지만, 음의 인도양 쌍극자 패턴이 강하게 발달하지는 않았다.

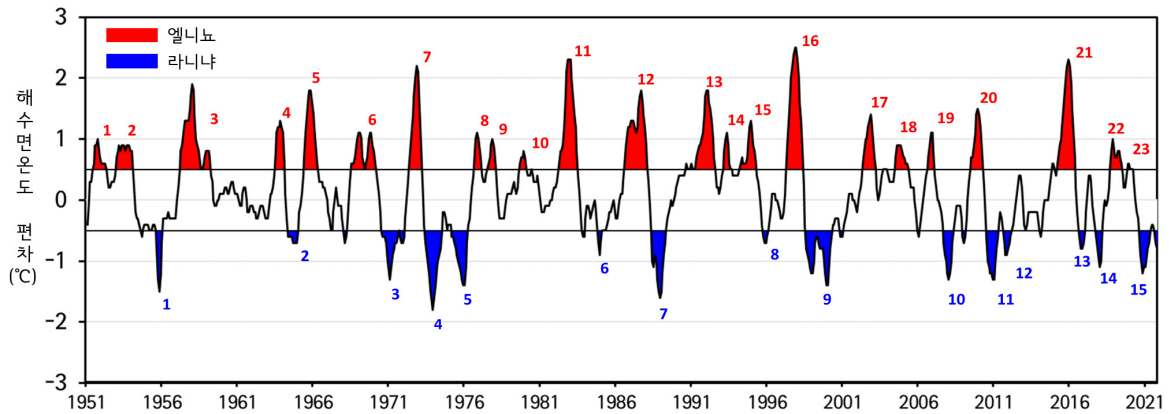
기상청의 엘니뇨·라니냐 정의

엘니뇨·라니냐 감시구역(열대 태평양 Nino 3.4 지역: 5°S~5°N, 170°W~120°W)에서 3개월 이동 평균한 해수면 온도 평년편차가 +0.5℃ 이상(-0.5℃ 이하) 5개월 이상 지속될 때 그 첫 월을 엘니뇨(라니냐)의 시작으로 봄

[표 2.2.1] 2019~2021년 엘니뇨·라니냐 감시구역의 3개월 평균 해수면 온도 평년편차(ERSSTv5)

연도	3개월 평균	1월 (전년 12~2)	2월 (1~3)	3월 (2~4)	4월 (3~5)	5월 (4~6)	6월 (5~7)	7월 (6~8)	8월 (7~9)	9월 (8~10)	10월 (9~11)	11월 (10~12)	12월 (11~익년 1)
2019		0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.6	0.4	0.2	0.2	0.4	0.6	0.6
2020		0.5	0.5	0.5	0.3	0.0	-0.2	-0.3	-0.5	-0.9	-1.1	-1.2	-1.1
2021		-1.1	-0.9	-0.8	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.7	-0.8	-1.0	-1.0

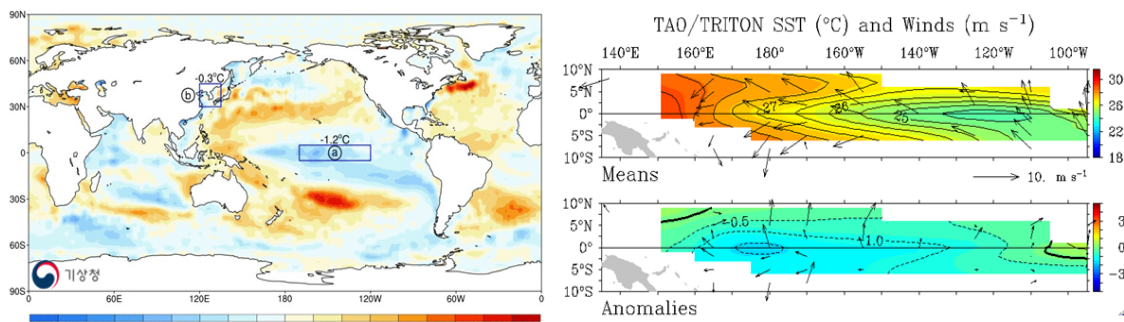
※ 빨간색: 엘니뇨, 파란색: 라니냐, 출처: 미국 국립해양대기청(NOAA), 평년: 1991~2020년



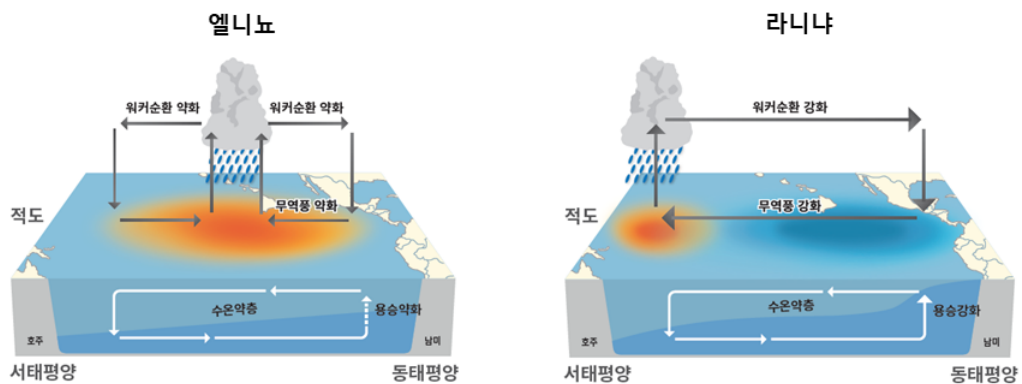
[그림 2.2.2] 3개월 이동 평균된 엘니뇨·라니냐 감시구역(Nino3.4) 지수 시계열(ERSSTv5)

기후감시요소와 원격상관 - 전 지구 해수면 온도

전 지구 및 열대 태평양의 해수면 온도 평년편차는 해수면 온도에 따른 대기 반응으로 중위도 지역 대기 순환에 영향을 미친다. 특히, 열대 태평양의 대기 하층 바람과 해저 수온 평년편차를 통해 엘니뇨와 라니냐의 발달 상황을 감시할 수 있다. 하층 바람이 평년보다 서(동)풍이 강하면 무역풍이 약(강)해지고 동태평양을 중심으로 해저 수온이 평년보다 높(낮)아져 엘니뇨(라니냐) 발달을 지원한다.



[그림 2.2.3] (왼쪽)주간 평균 전 지구 해수면 온도 평년편차(OISSTv2),
(오른쪽)열대 태평양 해수면 온도와 지표바람 및 평년편차(TAO/TRITON)
출처: 미국 국립해양대기청(NOAA)

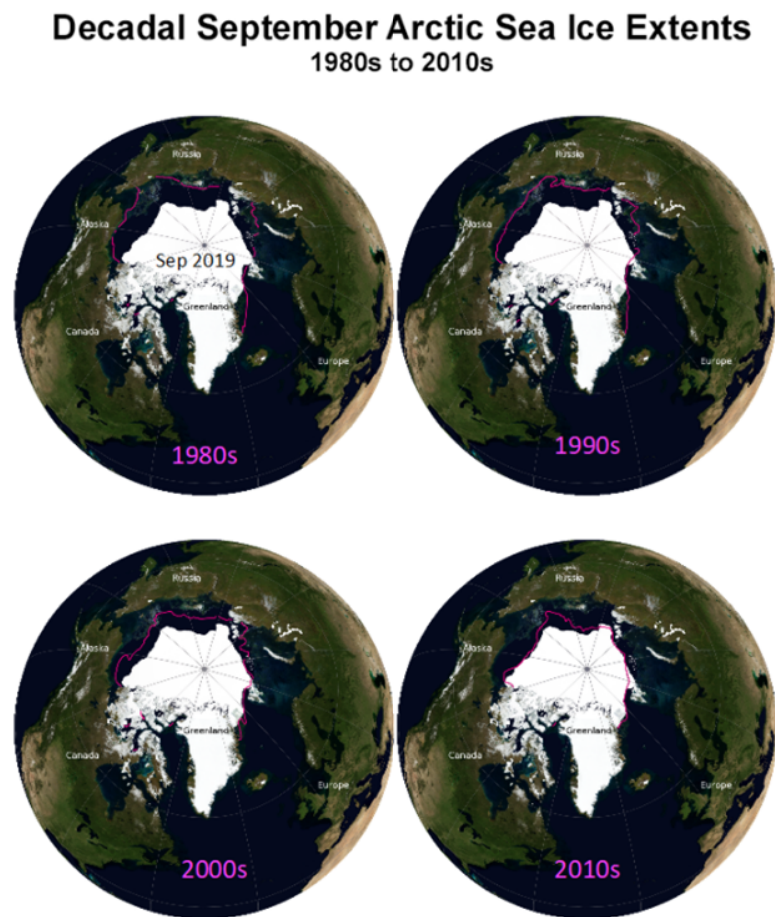


[그림 2.2.4] 엘니뇨, 라니냐 상태 모식도

2.2.2. 북극 해빙 면적(Sea ice extent)

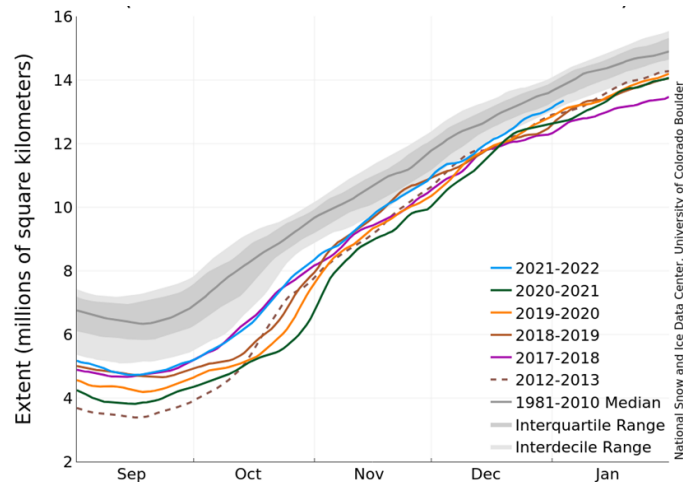
1950년대 이후부터 북극 해빙 면적은 북극권 지표면 온도 상승과 더불어 감소되고 있는 추세이다 (Winton 2008).

실제로 위성 관측(1979년)을 시작한 이래 연대별로 북극 해빙 면적의 감소 추세를 살펴보면 (그림 2.2.5.)와 같다. 북극 해빙 면적은 매년 3월 중순, 해빙 면적이 가장 많았다가, 서서히 녹아 9월 중순이 되면 가장 적은 면적을 기록한 뒤 다시 겨울로 갈수록 회복되는 연 주기가 나타나는데, (그림 2.2.5.)는 연 중 가장 면적이 적을 때인 9월의 북극 해빙 면적을 1980년대, 1990년대 등 연대별로 비교한 그림이다. 지구온난화 추세 속에 1980년대에 비해 2000년대 들어서면서 해빙 면적이 눈에 띄게 감소했음을 알 수 있다.



[그림 2.2.5] 연대별(1980s, 1990s, 2000s, 2010s) 9월 북극 해빙 면적(실선: 분홍색)과 2019년 9월 면적(채색: 하얀색)과의 비교
출처: 미국 국립빙설자료센터(NSIDC)

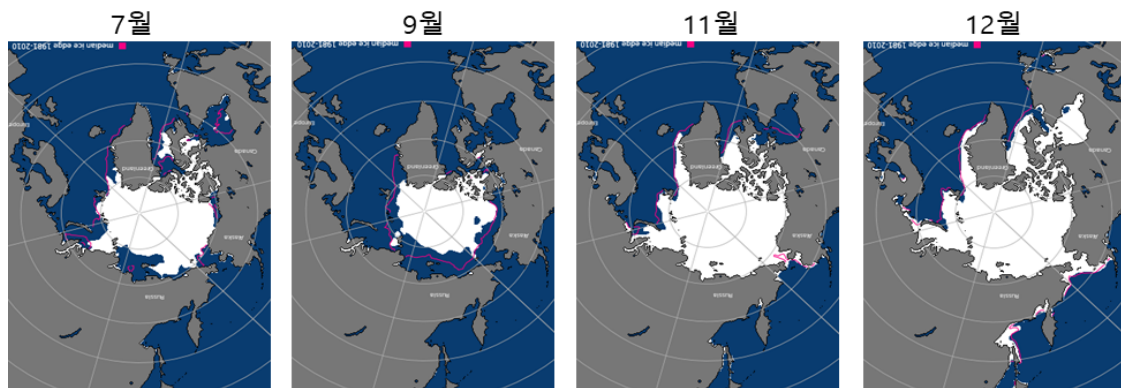
2021년은 그린란드와 배핀만 주변으로 연평균기온이 평년보다 약 2~3℃ 높은 온난화 현상이 나타나면서, 북극 해빙 면적은 평년보다 적었으나, 상대적으로 최근 5년(2017~2021년) 중엔 해빙 면적이 많은 편이었다(그림 2.2.6.).



[그림 2.2.6] 2021년 9월 이후 북극 해빙 면적 일변화 시계열(최근 5년)
출처: 미국 국립빙설자료센터(NSIDC)

2021년 북극 해빙 면적은 9월과 12월을 제외한 1~12월 모두 10위 이내로 적은 면적을 기록하였고, 주로 카라-바렌츠해, 그린란드해, 랍테프해, 동시베리아해 주변을 중심으로 평년보다 많이 감소하였다(그림 2.2.7.).

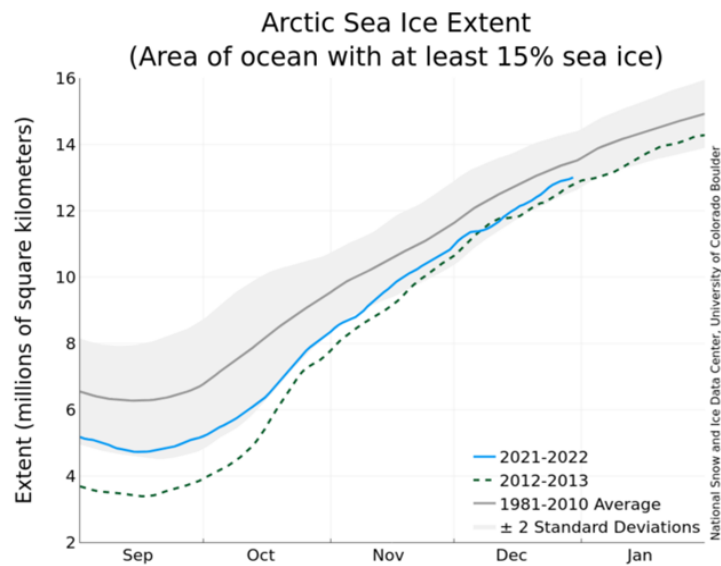
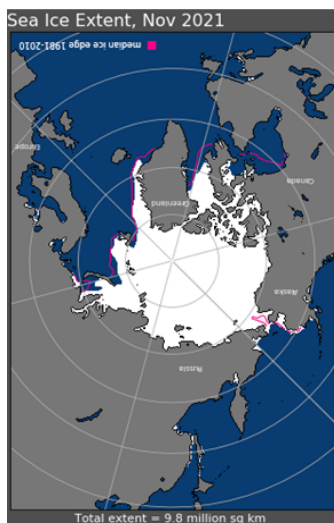
특히, 7월에는 역대 가장 적은 면적을 보인 2012년에 비해 더 큰 감소를 보인 적도 있었으나, 8월부터 북극 해빙 감소 추세가 약해져 9월은 1979년 이후 12번째로 적은 해빙 면적을 기록하였다. 9월 16일 연중 최소 면적(472만 km²)을 기록한 후 증가 추세로 돌아섰고, 11월 이후 카라-바렌츠해와 그린란드해 주변의 해빙이 급격히 증가하면서 12월에는 평년 수준의 해빙 면적을 보였다(그림 2.2.7.).



[그림 2.2.7] 2021년 7, 9, 11, 12월 월별 북극 해빙 면적 분포도
출처: 미국 국립빙설자료센터(NSIDC)

기후감시요소와 원격상관 - 북극 해빙 면적

북극 해빙은 지면에 도달하는 태양에너지의 계절적인 변화로 인해 겨울철에 증가하여 3월에 연중 최대 면적이 되고, 여름철에는 감소하여 9월에 최소 면적이 되는 연 변동을 보인다. 특히, 가을~겨울철 북극 해빙이 평년보다 적으면, 그 주변으로 기압능이 발달하여 북극의 찬 공기가 중위도 지역으로 남하할 가능성이 증가한다. 카라-바렌츠해 해빙이 적은 경우, 우랄산맥 부근에서 기압능이 발달하면서 동아시아 한파를 유도하기도 하고, 척치해 해빙이 평년보다 적은 경우, 베링해 부근에 기압능이 발달하면서 북미 중동부에 한파를 유도하기도 한다.



[그림 2.2.8] (왼쪽)북극 해빙 상태, (오른쪽)북극 해빙 면적 변화 시계열

출처: 미국 국립빙설자료센터(NSIDC)

2.2.3. 눈덮임(Snow cover)

2021년 북반구 전체 눈덮임 면적을 보면, 봄~초여름까지 평년보다 매우 적은 면적을 보였으나, 늦가을~초겨울에는 대체로 평년 수준의 면적을 기록하였다.

유라시아 눈덮임 면적도 북반구 전체 눈덮임 면적과 유사하게 봄~초여름까지 평년보다 매우 적은 눈덮임을 유지하였으나, 11월 들어 급격히 늘어나면서 평년보다 많은 면적을 기록하였다(표 2.2.2., 2.2.3.). 이는 늦가을부터 시베리아 지역을 더욱 빨리 냉각시켜 대륙고기압을 발달시키는 역할을 하기도 한다.

[표 2.2.2] 북반구 눈덮임 월별 면적

Northern Hemisphere						
2021		1991-2020 Normal		Period of Record from 11-1966		
Month	Area	Mean	Departure	Rank	Maximum(Year)	Minimum(Year)
12	44,513	44,269	244	17/56	46,846(2012)	37,441(1980)
11	35,448	35,054	394	18/56	38,597(1993)	28,279(1979)
10	18,137	19,167	-1,030	28/54	25,724(1976)	12,781(1988)
9	5,585	5,508	78	22/53	7,762(1972)	3,838(1990)
8	2,540	2,682	-142	40/53	5,308(1967)	2,089(1968)
7	2,812	3,191	-378	43/52	8,210(1967)	2,325(2012)
6	6,172	8,134	-1,961	46/54	14,972(1978)	4,922(2012)
5	16,209	18,216	-2,008	53/55	23,093(1974)	15,377(2010)
4	28,841	29,927	-1,087	45/55	34,606(1979)	27,914(2016)
3	38,609	39,792	-1,183	44/55	44,282(1985)	37,122(1990)
2	46,090	45,701	388	22/55	51,320(1978)	42,667(1995)
1	46,769	47,240	-470	32/55	50,275(2008)	41,890(1981)

[표 2.2.3] 유라시아 눈덮임 월별 면적

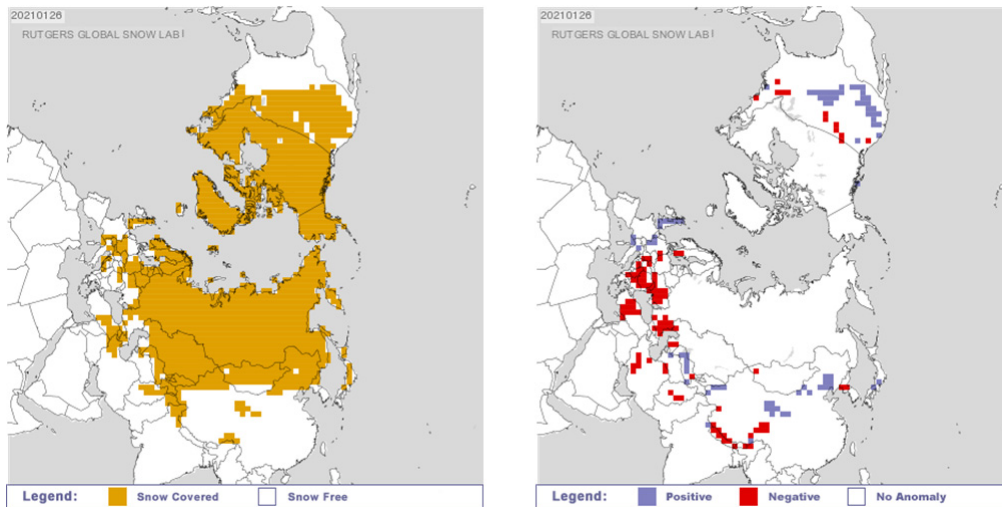
Eurasia						
2021		1991-2010 Normal		Period of Record from 11-1966		
Month	Area	Mean	Departure	Rank	Maximum(Year)	Minimum(Year)
12	27,693	27,365	329	13/56	29,699(2002)	22,882(1980)
11	22,521	21,181	1,340	9/56	24,132(1993)	16,796(1979)
10	10,672	10,684	-13	22/54	17,218(1976)	5,578(1988)
9	1,508	1,636	-128	30/53	3,409(1977)	540(1984)
8	153	272	-120	42/53	1,859(1967)	72(2020)
7	194	487	-293	44/52	3,551(1967)	141(tie)
6	1,178	2,853	-1,675	52/54	7,129(1978)	1,068(2012)
5	7,622	9,179	-1,557	51/55	12,511(1976)	7,262(2013)
4	16,485	16,759	-274	40/55	20,687(1981)	14,767(2014)
3	23,691	24,091	-400	42/55	27,950(1981)	20,183(2002)
2	27,695	28,515	-820	42/55	32,285(1978)	25,913(2002)
1	29,115	29,647	-531	36/55	32,265(2008)	25,823(1981)

출처: <http://climate.rutgers.edu/snowcover>

기후감시요소와 원격상관 - 눈덮임

가을철에서 겨울철로 진행되면서 극 지역으로부터 중·고위도 지역으로 눈덮임이 확장되고, 봄철에서 여름철로 갈수록 중위도 지역에서 고위도 지역으로 가면서 눈덮임이 사라지는 연중 변화를 보인다.

- 가을철~겨울철: 가을에 유라시아 지역에서 평년보다 빠르게 눈이 덮이면 알베도(반사율) 효과에 의해 태양에너지가 흡수되지 못하고 반사되어 대륙이 빠르게 냉각되면서 대륙고기압이 발달하여 우리나라에 영향을 줌
- 봄철~여름철: 봄철 후반에 티벳 고원의 눈덮임이 평년보다 많은 경우, 티벳고기압의 발달이 지연되면서 우리나라 부근에 상층 기압골이 위치할 가능성이 증가함



[그림 2.2.9] (왼쪽)눈덮임, (오른쪽)눈덮임 평년편차 분포도

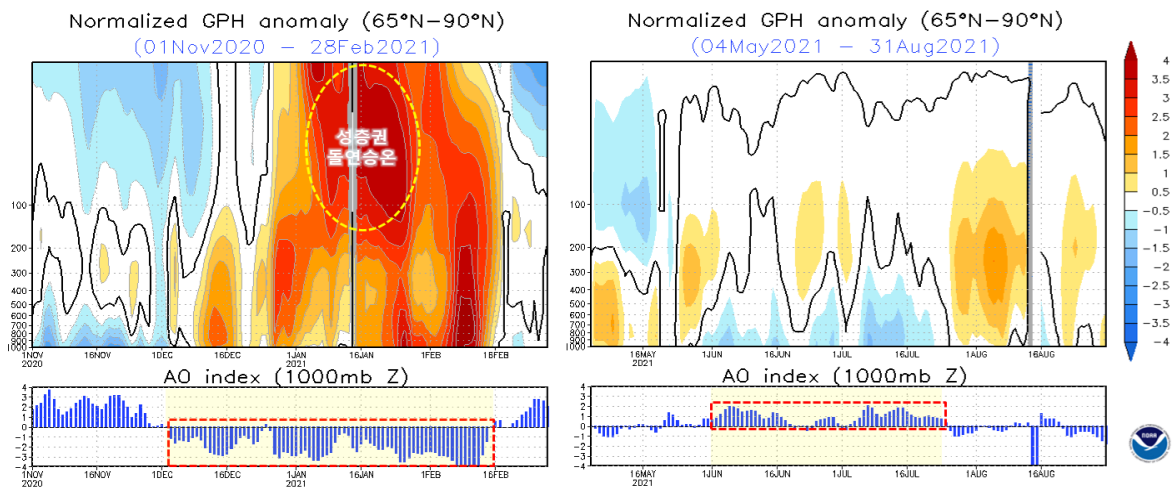
출처: Rutgers 대학

2.2.4. 북극진동(Arctic Oscillation)

지난 겨울철(2020년 12월~2021년 2월)에는 강한 음의 북극진동이 나타나 북극의 찬 공기가 남하하면서 북미, 동아시아 등 북반구에 강한 한파와 폭설이 나타났다.

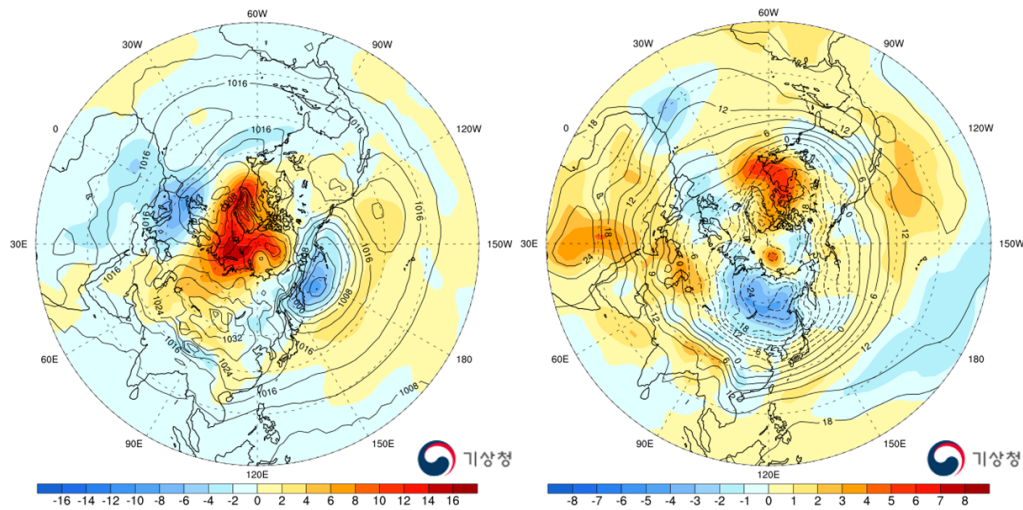
특히, 2021년 1월 초부터는 성층권 극 소용돌이¹⁾가 평년대비 약해지는 현상(성층권 돌연승온)까지 나타나 대기 상층의 제트기류가 약해지면서 북극의 찬 공기가 중위도 지역까지 남하하기 쉬운 조건이 형성된 것으로 분석된다(그림 2.2.10. 왼쪽). 해당 기간(2020년 12월 1일~2021년 2월 15일) 동안 북극해와 시베리아를 중심으로 평년보다 높은 해면기압 분포를 보이며 대륙고기압이 평년보다 강했고, 이로 인해 차가운 북서 기류의 영향을 받은 우리나라와 바이칼호 주변은 평년보다 낮은 기온 분포가 나타났음을 알 수 있다(그림 2.2.11.).

반면, 여름철(2021년 6~7월)에는 강한 양의 북극진동으로 북극의 찬 공기가 중위도로 남하하지 못하고, 제트기류가 약화되면서 유럽 북부와 아시아 북동부, 북미 중서부를 중심으로 상층 기압능이 정체하여 높은 기온 분포가 나타나기도 하였다(그림 2.2.10. 오른쪽).



[그림 2.2.10] 연직-시간 정규화된 65~90°N 영역의 지위고도 평년편차 및 북극진동(AO)지수 일별 시계열
(왼쪽)2020년 12월~2021년 2월, (오른쪽)2021년 6~7월 출처: NCEP 재분석자료

1) 극 소용돌이(Polar Vortex): 북반구 겨울철 성층권 극지역에서 북극을 감싸고 도는 차고 강한 서풍대를 동반한 저기압 덩어리를 의미



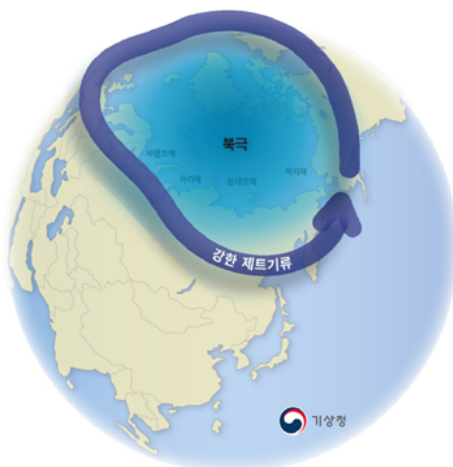
[그림 2.2.11] 2020년 12월 1일~2021년 2월 15일 북반구 (왼쪽)해면기압 평년편차, (오른쪽)850hPa 기온 평년편차 분포도 출처: NCEP 재분석자료

참고

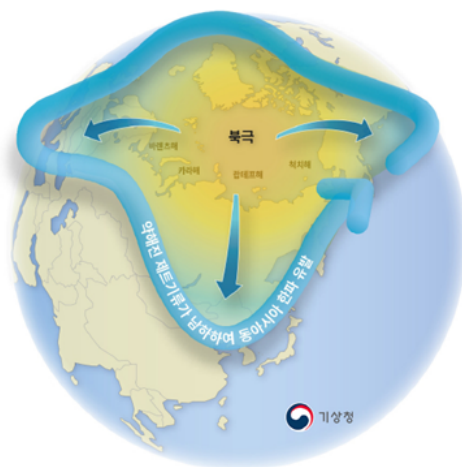
기후감시요소와 원격상관 - 북극진동

북극진동은 북극 주변을 돌고 있는 강한 소용돌이(극 소용돌이)가 수십일~수십년 주기로 강약을 되풀이하는 현상을 말한다. 양의 북극진동 기간에는 북극 소용돌이가 강해지면서 북극 지역에 찬 공기를 가두어 중위도 지역의 기온이 평년보다 상승하는 경향이 있으며, 음의 북극진동 기간에는 북극 소용돌이가 느슨해지면서 북극 지역으로부터 찬 공기가 남하하여 중위도 지역의 기온이 평년보다 낮아지는 경향이 있다.

양의 북극진동



음의 북극진동



[그림 2.2.12] (왼쪽)양의 북극진동과 (오른쪽)음의 북극진동 모식도

제3장

우리나라 기후특성

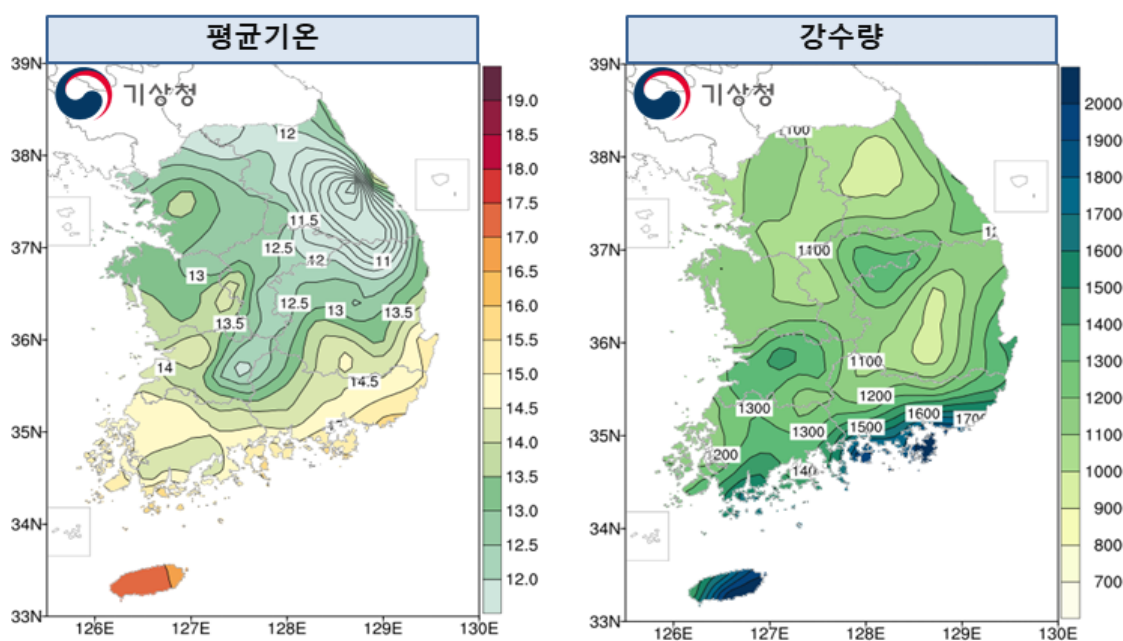


- 2021년 기후특성
- 2020/21년 겨울철
(2020년 12월~2021년 2월) 기후특성
- 2021년 봄철(3월~5월) 기후특성
- 2021년 여름철(6월~8월) 기후특성
- 2021년 가을철(9월~11월) 기후특성

3.1. 2021년 기후특성

3.1.1. 2021년 기온과 강수량

- 전국(62개 지점²⁾)의 2021년 평균기온은 13.3℃로 평년(12.5℃)보다 0.8℃ 높았으며, 1973년 이후 2번째(1번째: 2016년 13.4℃)로 높은 평균기온을 기록하였다.
- 전국 강수량은 1244.5mm로 평년(1193.2~1444.0mm)과 비슷하였으며, 1973년 이후 30번째(1번째: 2003년 1882.8mm)를 기록하였다.

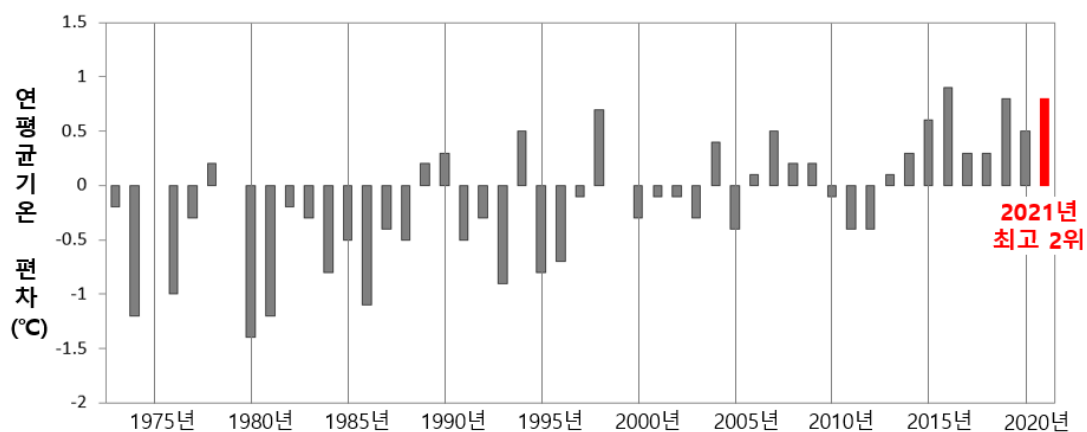


[그림 3.1.1] 2021년 전국 66개 지점의 (왼쪽)연평균기온(℃), (오른쪽)연 강수량(mm) 분포도

2021년 전국 평균기온은 13.3℃로 평년보다 0.8℃ 높아 1973년 이후 2번째로 높았으며, 최근 7년(11위 2017년 제외)이 상위 10위 안으로 기록되는 온난화 경향을 이어갔다(그림 3.1.2.). 지역적으로 제주도와 충북, 충남 서해안 중심으로 기온이 평년보다 1.0℃ 내외로 높은 분포를 보였다(그림 3.1.1. 왼쪽).

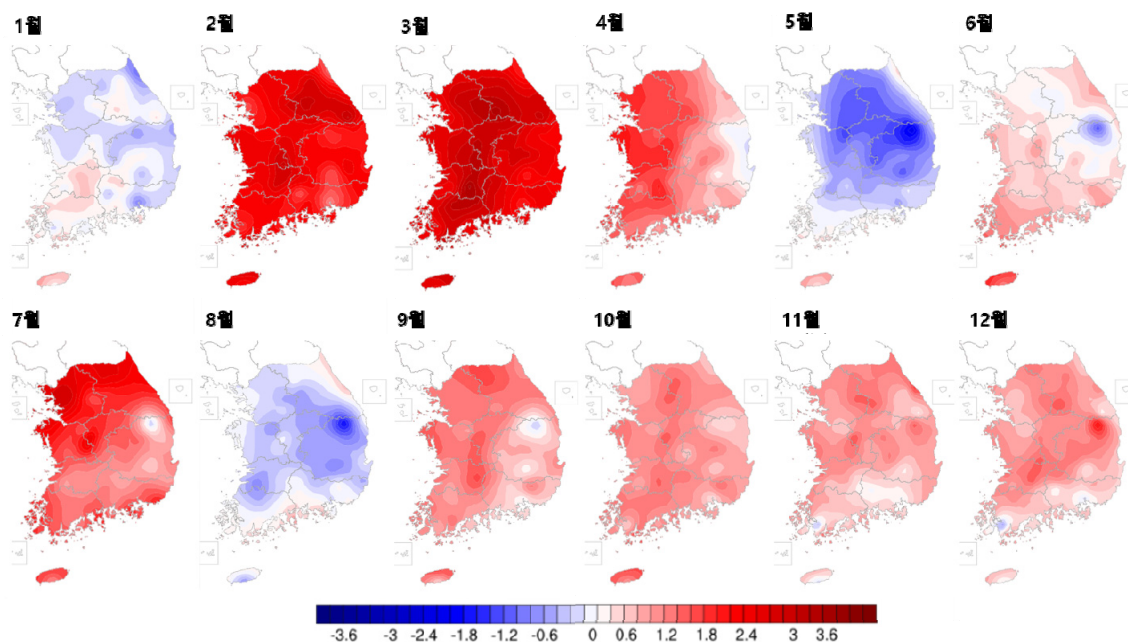
계절별로는 지난 겨울철과 가을철에 월별 기온 변동 폭이 매우 큰 특징을 보였다.

2) 전국평균: 1973년 이후부터 연속적으로 관측한 전국 62개 지점의 관측자료를 활용



[그림 3.1.2] 전국 62개 지점의 연평균기온(°C) 평년편차 시계열, 평년: 1991~2020년

월별로 보면 1월과 4월, 10월에는 저온과 고온이 번갈아 나타나면서 양극단의 기온 변동을 보였고, 3월에는 따뜻한 이동성고기압의 영향을 주로 받아 역대 가장 높은 기온을 기록하였다. 7월은 중순 이후부터 무더위가 시작되면서 전국 최고기온과 폭염일수는 상위 5위를 기록하였다(그림 3.1.3., 표 3.1.1.).



[그림 3.1.3] 전국 66개 지점의 월평균기온 평년(1991~2020년)편차(°C) 분포도

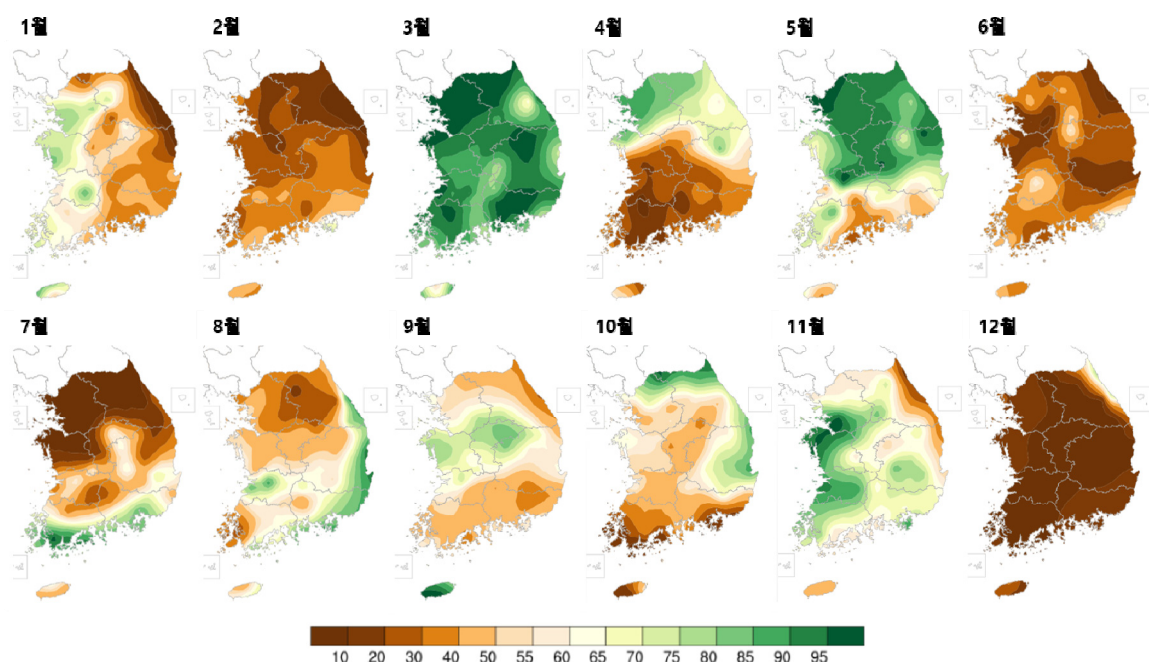
[표 3.1.1] 우리나라 월평균기온(°C), 편차(°C) 및 1973년 이후 최고 순위

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	2021년
평균(°C)	-1.1	3.4	8.7	13.2	16.6	21.7	26.0	24.8	21.3	15.1	8.3	1.9	13.3
편차(°C)	-0.2	+2.2	+2.6	+1.1	-0.7	+0.3	+1.4	-0.3	+0.8	+0.8	+0.7	+0.8	+0.8
순위(상위)	21위	3위	1위	6위	40위	10위	6위	30위	9위	8위	15위	16위	2위

※ 평년편차: 전국 월평균 - 해당 월 평년값(1991~2020년) | 빨간색: 평년보다 높음, 파란색: 평년보다 낮음

2021년 한 해 동안 전국 강수량은 1244.5mm로 평년(1193.2~1444.0mm)과 비슷하였다. 지역적으로 경남 해안과 경북 동해안, 제주 서부 등 일부를 제외하고는 전국적으로 강수량이 평년값보다 적었다(그림 3.1.1. 오른쪽).

월별로는 3, 5, 11월에 평년값보다 많았던 반면, 2월과 6~7월, 12월은 적었다. 특히, 역대 세 번째로 짧았던 장마철로 인해 여름철 전국 강수량은 612.8mm로 평년(622.7~790.5mm)보다 적은편이었고, 12월은 7.2mm로 하위 4위를 기록하였다(그림 3.1.4., 표 3.1.2.).



[그림 3.1.4] 전국 66개 지점의 월강수량 퍼센타일(%ile) 분포도

[표 3.1.2] 우리나라 월강수량(mm), 퍼센타일(%ile) 및 1973년 이후 순위

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	2021년
월강수량(mm)	19.9	20.1	110.7	76.3	143.8	91.6	233.8	288.4	145.8	51.5	57.3	7.2	1244.5
퍼센타일 ³⁾ (%ile)	36.6	24.6	92.8	41.3	90.5	27.5	25.9	48.9	52.0	47.7	75.6	5.5	37.9
순위(상위)	30위	34위	4위	30위	7위	40위	33위	21위	23위	27위	17위	46위	30위

※ 평년: 1991년~2020년 | 초록색: 평년보다 많음, 갈색: 평년보다 적음

2021년에는 총 22개의 태풍이 발생하였고, 이 중 3개의 태풍이 우리나라에 영향을 주었다. 우리나라에 영향을 준 태풍은 여름철에 2개(제9호 ‘루핏’, 제12호 ‘오마이스’), 가을철은 1개(제14호 ‘찬투’)였다. 이 중 제12호 ‘오마이스’는 남해안으로 상륙하여 경상도를 중심으로 영향을 주었고, 제14호 ‘찬투’는 상해 부근에서 장기간 정체하면서 제주도를 중심으로 매우 많은 비가 내렸다.

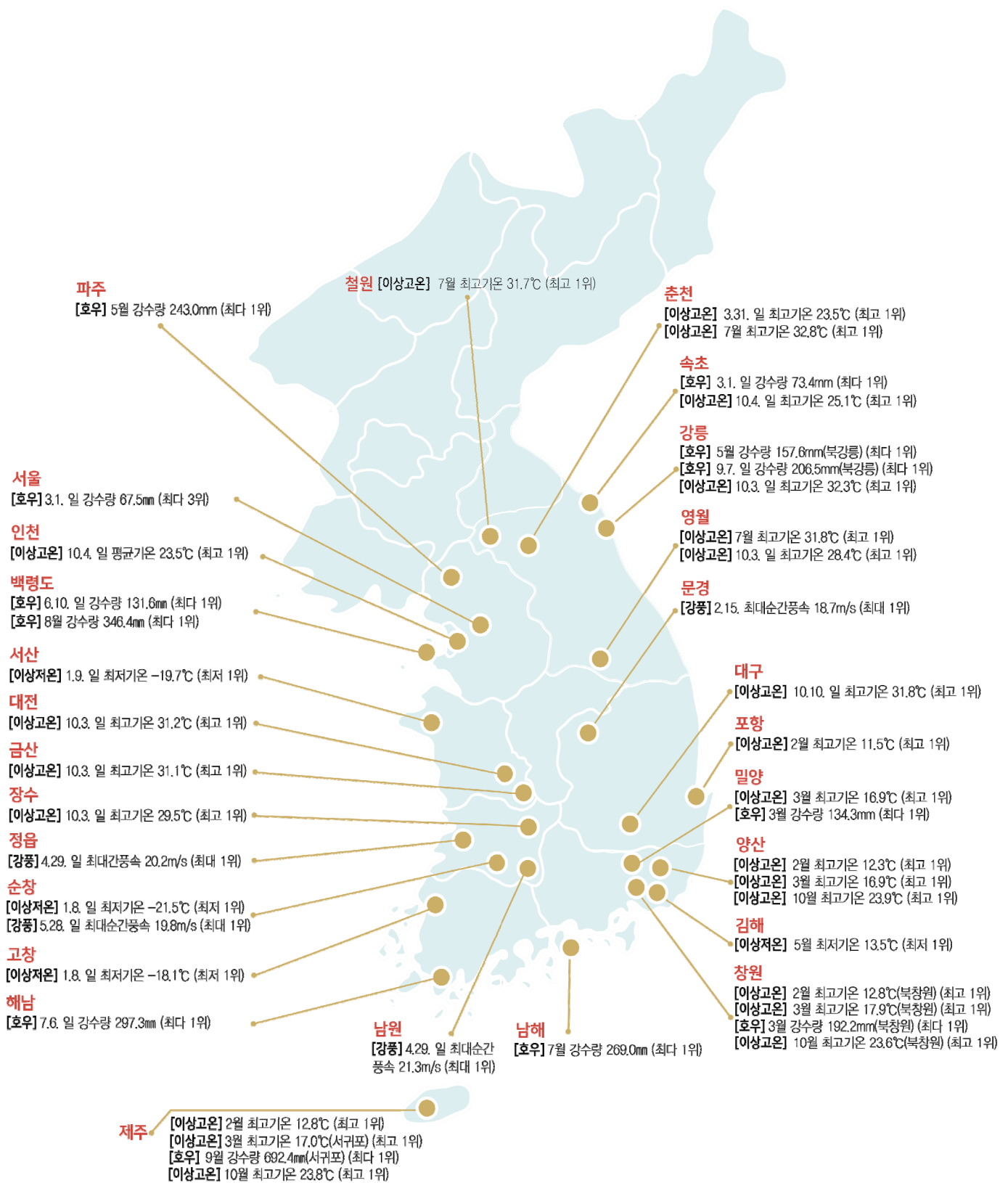
※ 평년(1991년~2020년) 연 태풍 발생 수: 25.1개 / 우리나라 영향 태풍 수: 3.4개

3) 퍼센타일(백분위): 평년 동일 기간의 강수량을 크기가 작은 것부터 나열하여 가장 작은 값을 0, 가장 큰 값을 100으로 하는 수임 (평년 비슷 범위: 33.33~66.67 퍼센타일에 해당하는 구간)

[표 3.1.3] 권역별 기온 및 강수량 현황

권역	평균기온				강수량		
	2021년 (°C)	평년 (°C)	평년 편차 (°C)	순위 (상위)	2021년 (mm)	퍼센타일 (%ile)	순위 (상위)
서울·인천·경기도	13.0	12.1	0.9	1위	1075.3	11.9	40위
강원도영동	12.4	11.7	0.7	10위	1241.2	8.3	31위
강원도영서	11.3	10.3	1.0	3위	1029.1	34.5	43위
충청북도	12.5	11.6	0.9	2위	1151.2	31.8	29위
대전·세종·충청남도	13.3	12.4	0.9	1위	1149.5	37.7	31위
대구·경상북도	13.1	12.6	0.5	5위	1157.5	48.2	22위
부산·울산·경상남도	14.6	13.9	0.7	1위	1530.2	39.4	24위
전라북도	13.4	12.5	0.9	1위	1299.7	45.0	26위
광주·전라남도	14.8	13.9	0.9	1위	1398.1	34.8	26위
제주도	17.2	16.1	1.1	1위	1809.5	67.5	14위

※ 순위는 1973~2021년 기간을 사용(평년편차: 평균-평년값(1991~2020년))

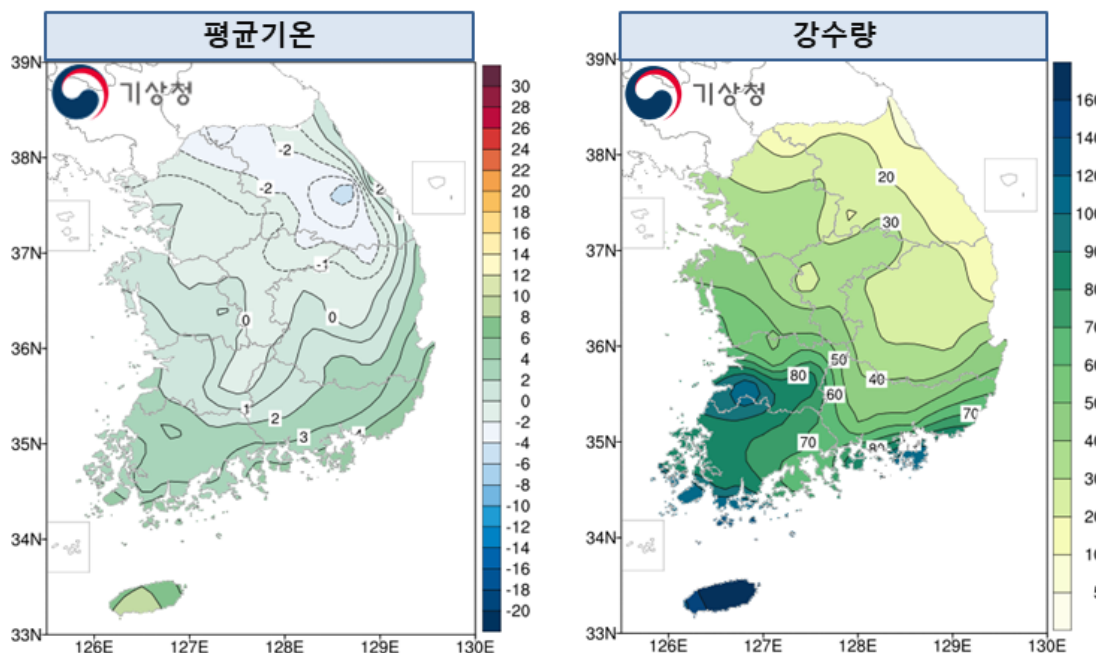


[그림 3.1.5] 2021년 우리나라 기후 이슈

3.2. 2020/21년 겨울철(2020년 12월~2021년 2월) 기후특성

3.2.1. 2020/21년 겨울철의 기온과 강수량

- 전국의 2020/21년 겨울철 평균기온은 0.9°C 로 평년(0.5°C)보다 0.4°C 높았으며, 1973년 이후 17번째로 높은 평균기온을 기록하였다.
- 전국 강수량은 47.8mm 로 평년($71.2\sim 102.9\text{mm}$)보다 적었으며, 1973년 이후 6번째로 적은 강수량을 기록하였다.

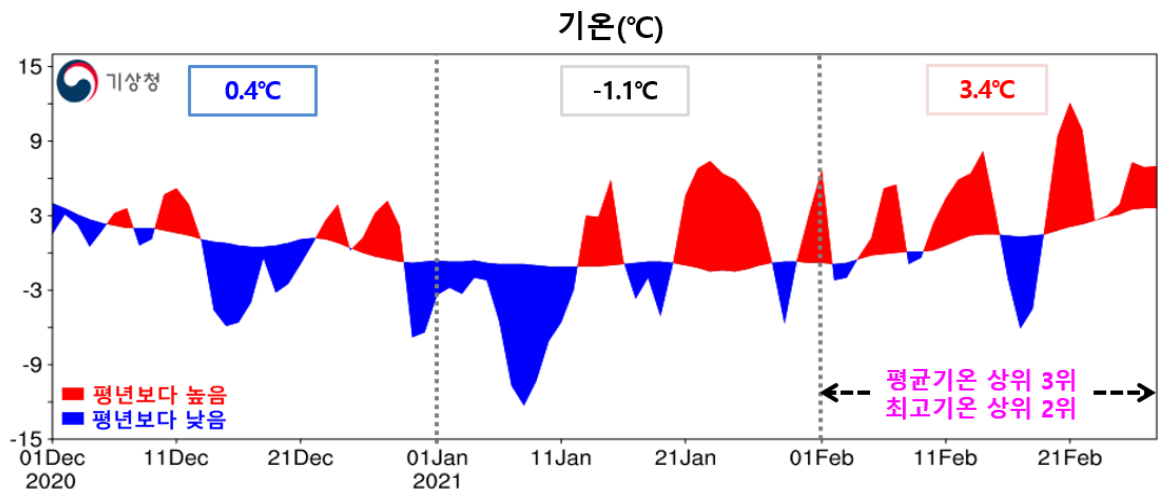


[그림 3.2.1] 2020/21년 겨울철 전국 66개 지점의 (왼쪽)평균기온, (오른쪽)강수량 분포도

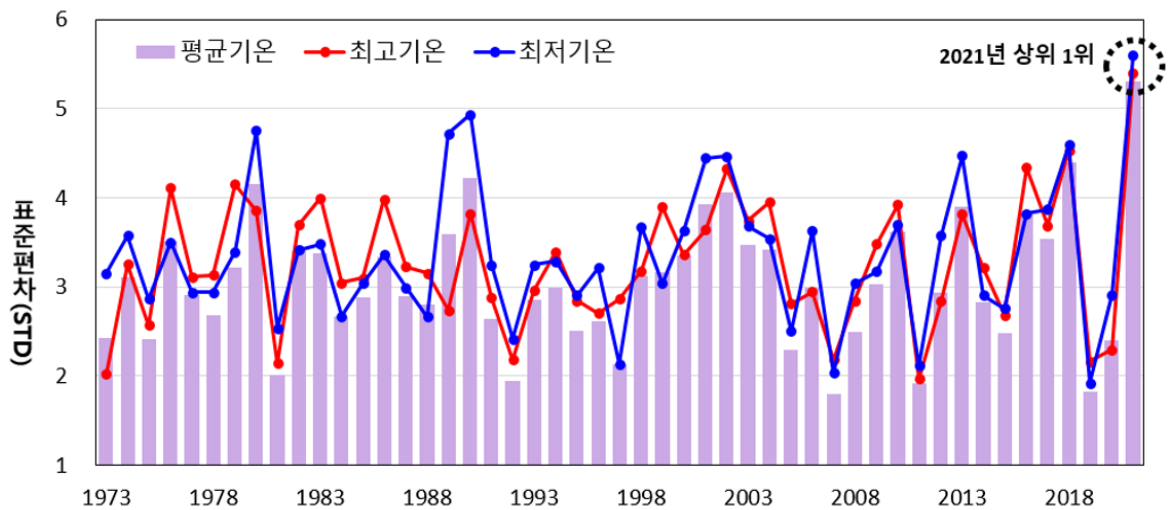
2020년 12월, 2021년 1월과 2월의 평균기온은 각 0.4°C , -1.1°C , 3.4°C 로 12월은 평년(1.1°C)보다 낮았고, 1월은 평년(-0.9°C)과 비슷, 2월은 평년(1.2°C)보다 높아 1973년 이후 기온 변동 폭이 두 번째로 컸던 겨울철이었다(그림 3.2.2.).

겨울철 초반인 2020년 12월에서 2021년 1월 상순까지는 평년보다 강한 찬 대륙고기압의 영향으로 강한 추위가 있었으나, 1월 중순 이후부터는 상대적으로 따뜻한 이동성 고기압의 영향으로 전국적으로 고온 현상이 나타났다.

특히, 1월은 7~10일까지 4일 연속으로 전국평균 일 최저기온이 역대 가장 낮았던 반면, 21~25일까지는 5일간 연속으로 일 최고기온이 가장 높게 나타나면서 1개월 내 기온 변동 폭이 역대 가장 컸던 것으로 분석되었다(그림 3.2.3.). 2월은 1월처럼 큰 기온 변동 폭과 함께 이동성 고기압의 영향이 우세한 가운데, 남풍 기류의 유입과 강한 햇볕까지 더해져 1973년 이후 월 최고기온이 2위를 기록할 만큼 고온 현상을 보인 날이 많았다.



[그림 3.2.2] 2020/21년 겨울철 전국 62개 지점의 평균기온과 평년편차 시계열

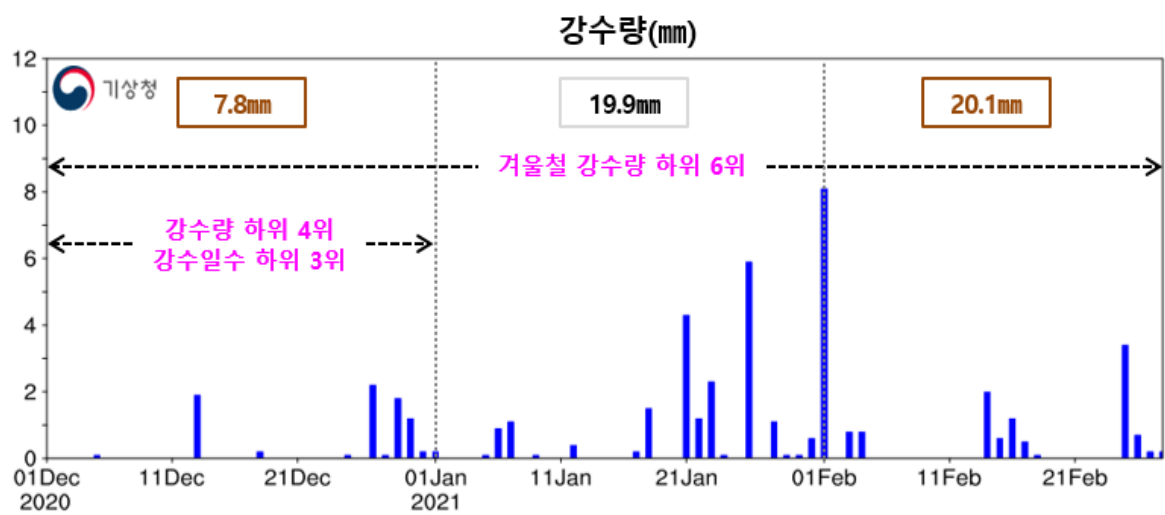


[그림 3.2.3] 1973~2021년 1월의 전국 62개 지점의 평균·최고·최저기온 표준편차 시계열

2020년 12월과 2021년 2월 강수량은 각 7.8mm, 20.1mm로 평년(12월 19.8~28.6mm, 2월 27.5~44.9mm)보다 적었고, 1월 강수량은 각 19.9mm로 평년(17.4~26.8mm)과 비슷하였다(그림 3.2.4.).

차고 건조한 대륙고기압과 따뜻하고 건조한 이동성 고기압의 영향으로 건조한 가운데, 서해상의 해기차(해수면 온도와 대기의 온도차)와 기압골의 영향으로 눈과 비가 여러 차례 내려 날씨 변화가 컸으나, 겨울철 강수량(47.8mm)은 평년(71.2~102.9mm)보다 적은 편이었다.

강원영동 지역은 동풍이 약해 강수 현상이 매우 적었으며, 눈이 매우 적었던 작년과 달리 중부지방을 중심으로 서~남서쪽에서 유입되는 따뜻한 공기가 북서쪽에서 남하하는 상층의 매우 찬 공기와 충돌하면서 눈구름대가 자주 발달하는 특징을 보였다. 특히, 1월에는 수도권을 비롯한 중부지방에 주기적으로 네 차례(6~7일, 12~13일, 18일, 28일)에 걸쳐 눈이 내리면서, 서울은 1월 최심신적설 14.2cm(12위), 눈일수 9.0일(14위)을 기록하였다.



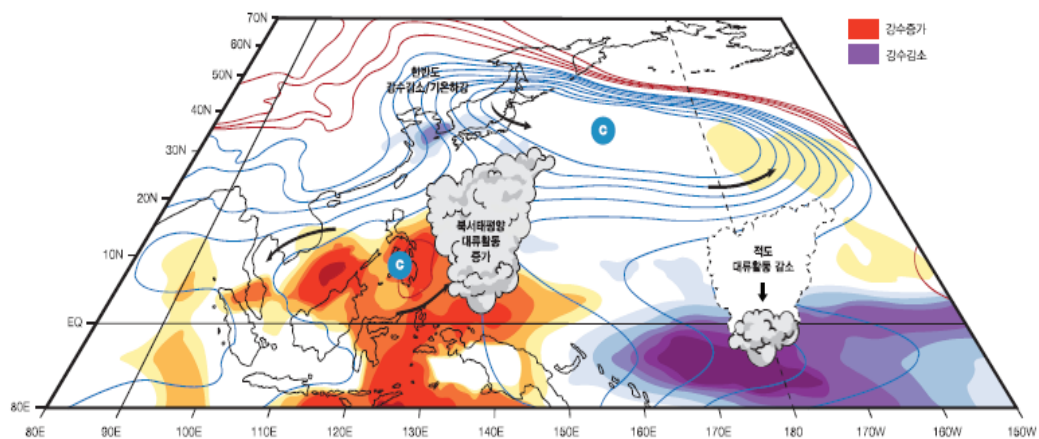
[그림 3.2.4] 2020/21년 겨울철 전국 62개 지점의 강수량 시계열

3.2.2. 해수면 온도 및 대류활동

2020/21년 겨울철에는 북태평양 대부분 해역의 해수면 온도가 평년보다 높았고, 중-동태평양을 중심으로는 평년보다 낮은 온도 분포를 보였다.

특히, 기상청에서 엘니뇨·라니냐 상태를 정의하는 엘니뇨·라니냐 감시구역(Nino 3.4구역, 5°S~5°N, 170°W~120°W)의 3개월 이동 평균된 해수면 온도(ERSSTv5)는 평년보다 1.1℃ 낮은 상태가 유지되면서, 2020년 8월 이후 라니냐 상태가 지속되었다(표 2.2.1.).

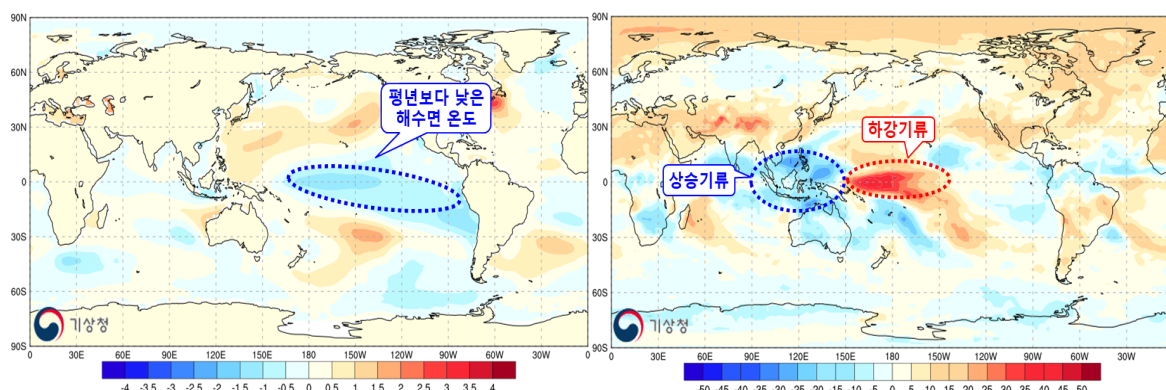
일반적으로 라니냐 절정기 해 이른 겨울철(11월, 12월)에는 쿠로시오 해역에 저기압성 흐름이 나타나고, 한반도 지역에 북풍 기류를 유도하면서 북풍의 영향으로 한반도의 기온은 낮아지고 강수량 감소에도 기여하는 경향이 있다. 이러한 쿠로시오 해역의 저기압성 흐름은 열대 서태평양과 인도양의 대류활동 증가에 따른 원격상관 패턴으로 설명할 수 있다(2016년 엘니뇨 백서, 그림 3.2.5.).



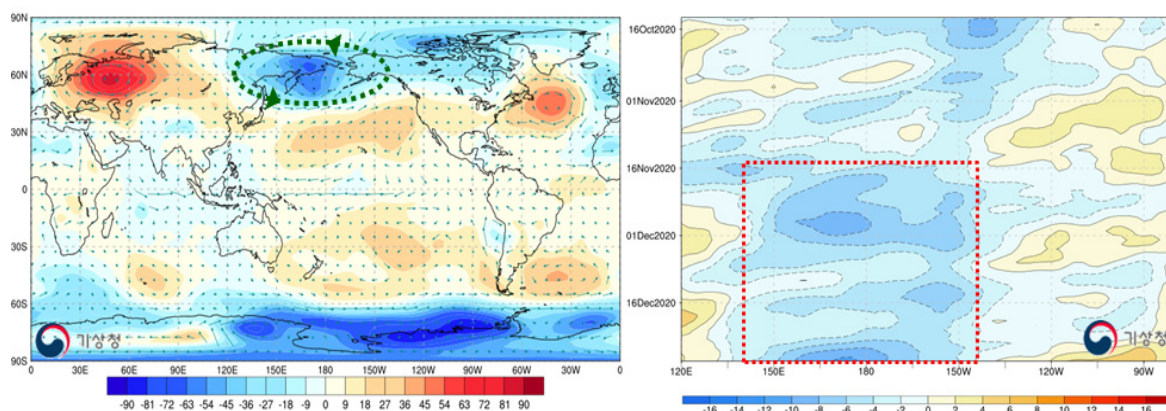
[그림 3.2.5] 라니냐 해 초겨울(11월~12월) 한반도 영향 모식도
출처: 2016 엘니뇨 백서

2020/21년 겨울철 열대 서-중태평양(Nino 4구역)의 해수면 온도는 지난 가을철(2020년 10~11월) 이후 지속적으로 평년보다 낮은 분포를 보였다.

특히, 11월 중순 이후부터 겨울철 동안 열대 서-중태평양에서는 라니냐 시기에 유도되는 동풍 평년편차가 강화되면서 평년보다 무역풍이 강화되었다. 이와 더불어 열대 서태평양에서는 상승기류가 평년보다 강하여 대류활동이 증가하였고, 날짜 변경선 부근에서는 하강기류가 강하여 대류활동이 억제되는 경향을 보였다. 또한, 한반도 북동쪽에 저기압성 흐름이 발달해 한반도에 북풍 기류를 유도하면서 겨울철 동안 열대에서는 라니냐 해의 대기 반응이 나타났던 것으로 분석된다(그림 3.2.6., 3.2.7.).



[그림 3.2.6] 2020/21년 겨울철 전 지구 (왼쪽)해수면 온도 평년편차(ERSSTv5), (오른쪽)상향장파복사 평년편차 분포도
출처: 미국 국립해양대기청(NOAA), NCEP 재분석자료



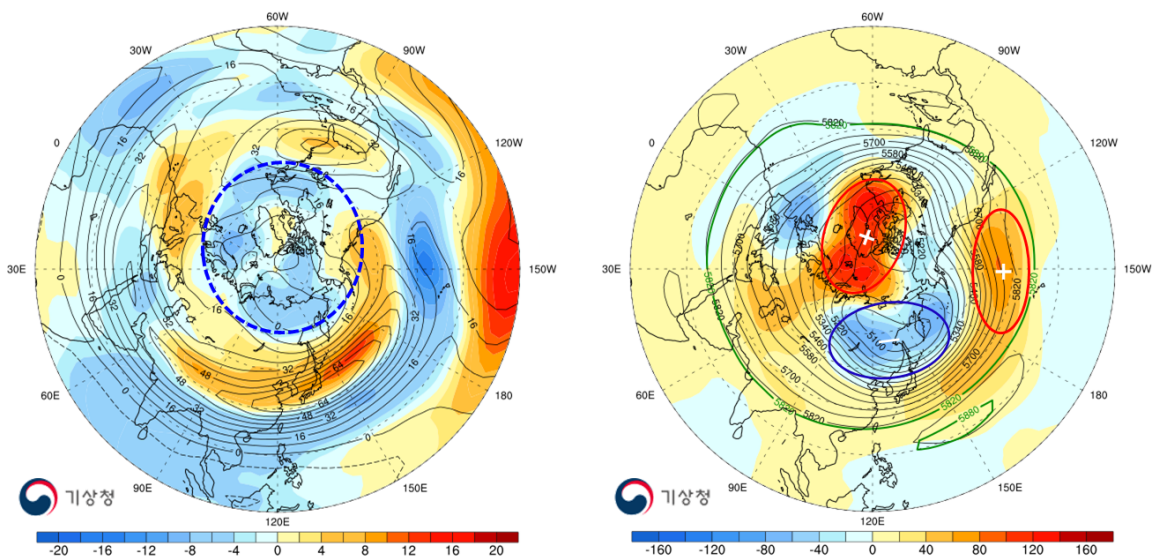
[그림 3.2.7] (왼쪽)2020년 11~12월 전 지구 850hPa 지위고도와 바람 평년편차 분포도,
(오른쪽)열대(5°S~5°N)지역 850hPa 바람 평년편차 hovmoller 다이어그램
출처: NCEP 재분석자료

3.2.3. 중위도 대기순환장

일반적으로 겨울철 우리나라는 찬 대륙고기압(시베리아고기압)의 영향을 주로 받으며, 서고동저형의 겨울철 기압배치에서 찬 공기를 동반한 강한 북서풍의 유입으로 추위가 발생한다.

2020/21년 겨울철 제트기류는 북아프리카에서 유라시아까지 사행하였으며, 그 중심은 평년보다 강한 강도로 우리나라 남부 지역까지 위치하였다(그림 3.2.8. 왼쪽). 이와 함께 500hPa 지위고도 평년편차 분포도에서는 그린란드와 북미 북동부, 북극해를 중심으로 평년보다 높은 지위고도, 동시베리아와 중국 북동부, 베링해와 북미 중부에서 서유럽 부근까지 평년보다 낮은 지위고도가 분포하면서 작년(양의 북극진동 패턴)과 반대인 음의 북극진동 패턴을 보였다(그림 3.2.8. 오른쪽).

이로 인해 북극 주변의 제트기류가 평년보다 약해지면서 그 주변의 차가운 공기가 남하하기 쉬운 조건이 형성되었고, 우랄산맥 부근에 블로킹이 정체하면서 우리나라는 북극의 차가운 공기 영향을 때때로 받았던 것으로 분석된다.

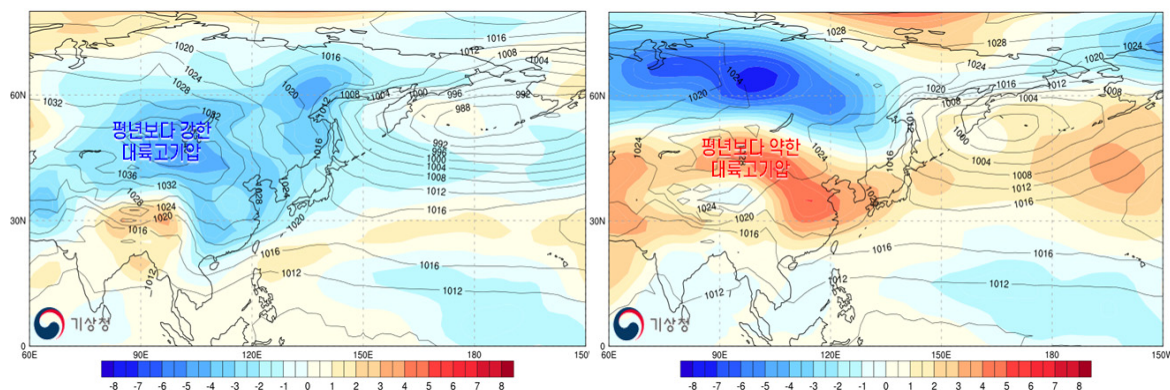


[그림 3.2.8] 2020/21년 겨울철 북반구 (왼쪽)200hPa 동서바람 평년편차, (오른쪽)500hPa 지위고도 평년편차 분포도
출처: NCEP 재분석자료

겨울철을 추웠던 전반(2020.12.1.~2021.1.12.)과 따뜻했던 후반(2021.1.13.~2.28.)으로 기간을 나눠서 우리나라 부근의 해면기압과 850hPa 기온 평년편차 분포를 살펴보면, 전반에는 중앙시베리아 대부분 지역과 바이칼호 부근에는 평년보다 높은 해면기압, 알류산 열도 부근은 낮은 해면기압 분포를 보이면서 겨울철 전형적인 서고동저형 기압패턴이 나타났다. 평년보다 강한 대륙고기압의 영향으로 우리나라 주변은 평년보다 약 2~4℃ 낮은 온도 분포를 보였다(그림 3.2.9. 왼쪽).

후반에는 평년보다 낮은 해면기압이 분포하면서 대륙고기압은 약화되고 따뜻한 이동성 고기압 영향을 주로 받아 중국 중북부와 우리나라 주변은 평년대비 약 2~5℃ 높은 분포를 보였다(그림 3.2.9. 오른쪽).

따라서, 2020/21년 겨울철에는 전반과 후반, 찬 대륙고기압과 따뜻한 이동성 고기압의 영향을 번갈아 받으면서 계절 내 기온 변동폭이 매우 컸던 것으로 분석된다.

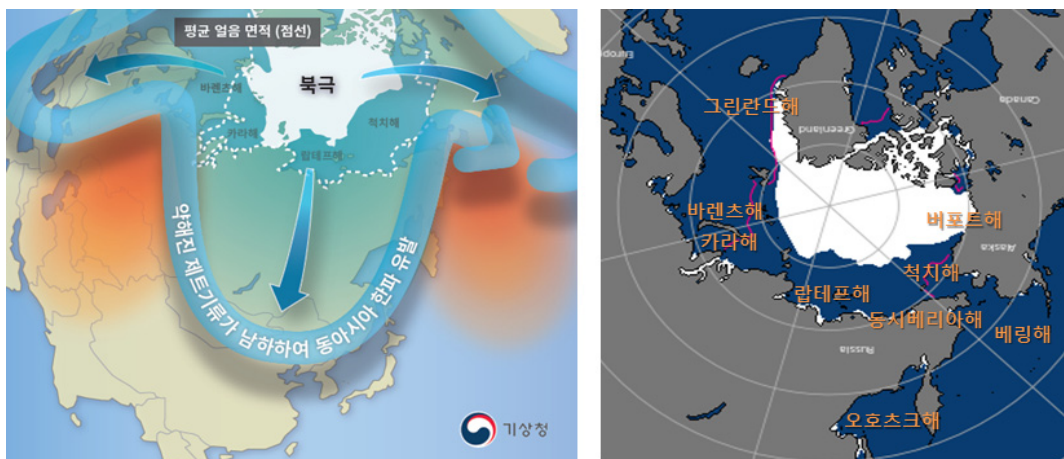


[그림 3.2.8] 2020/21년 동아시아 850hPa 기온 평년편차 및 해면기압 분포도
(왼쪽)전반(2020.12.1.~2021.1.12.), (오른쪽)후반(2021.1.13.~2.28.)
출처: NCEP 재분석자료

겨울철 카라-바렌츠해의 해빙 면적이 적은 경우

최근 수십 년간의 우리나라 겨울철 기온과 기후인자 사이의 연관성을 조사한 선행 연구에서 북극 지역의 해빙(Kug et al., 2015)은 중위도 상층 순환장과 대륙고기압의 변동에 큰 영향을 미침을 밝혔다.

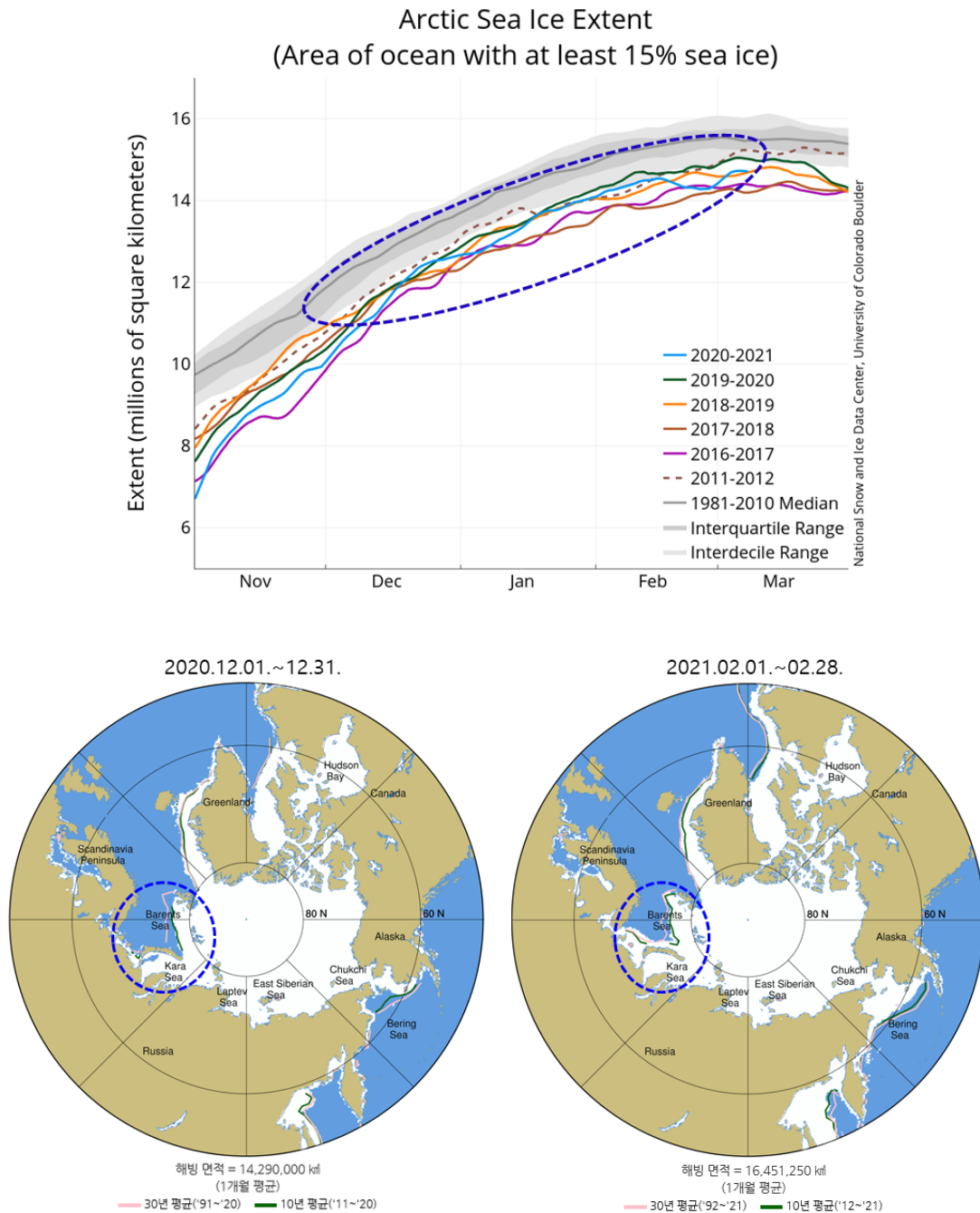
겨울철(12, 2월) 카라-바렌츠해의 해빙 면적이 평년보다 적으면 대기의 온도가 높아지면서 상층 기압능(우랄산맥 부근 블로킹)이 발달하는 경향이 있다. 이로 인해 남북으로 사행이 커지면서 약해진 제트기류를 따라 북극의 찬 공기가 유라시아 대륙으로 유입되면 대륙이 냉각되고, 찬 대륙고기압이 발달하여 우리나라로 찬 공기가 유입되면서 한파가 발생할 가능성이 커진다(2018 기후감시 및 분석기반의 장기예보 가이드스Ⅲ, 그림 3.2.10.).



[그림 3.2.10] (왼쪽)카라-바렌츠해의 해빙 면적이 적은 경우, 동아시아 지역 한파 영향 모식도
(오른쪽)북극 해빙 면적 상태

2020/21년 겨울철 특징

2020년 11월 북극 해빙 면적은 역대 가장 적었던 2016~2017년 다음으로 많았으나, 12월 중순 이후 급격히 증가하면서 2011~2012년과 비슷한 양에 도달하였다(그림 3.2.11. 위쪽). 특히, 우리나라 겨울철 한파 발생과 관련되어있는 카라-바렌츠해의 해빙 면적은 2020년 12월에는 최근 10년(2011~2020년)과 비슷한 경향을 보였으나, 점차 증가 경향을 보여 2021년 2월에는 최근 30년(1992~2021년) 평균과 비슷한 분포를 보였다(그림 3.2.11. 아래쪽). 카라-바렌츠해의 해빙 면적이 평년보다 적어 (그림 3.2.8. 오른쪽)의 500hPa 지위고도 분포에서 나타나듯이 2020/21년 겨울철 전반에는 우랄산맥 부근에 블로킹 형태의 상층 기압능이 정체하였고, 찬 대륙고기압의 강도도 강하여 우리나라는 한기의 영향을 자주 받아 12~1월 전국 한파일수는 총 6.2일 발생하였다.



[그림 3.2.11] 북극 해빙 면적 (위쪽)시계열(2020년 11월~2021년 3월),
(아래쪽)월별 분포도(2020년 12월, 2021년 2월)
출처: (위쪽)NSIDC, (아래쪽)북극해빙감시시스템(Seaice.kma.go.kr)

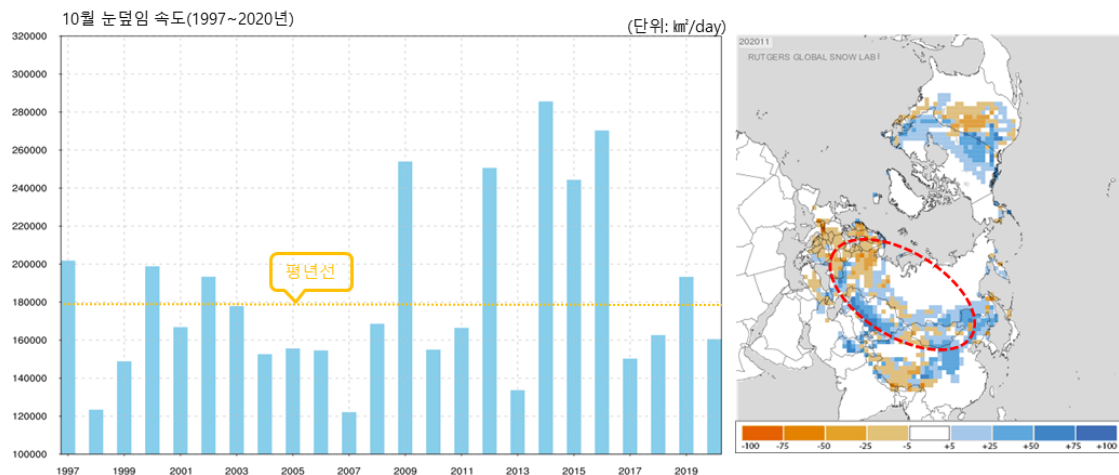
빙권 요소의 영향 - 눈덮임 속도

가을철 유라시아 지역의 눈덮임이 빠른 경우

가을철(10월) 유라시아 지역이 평년보다 빨리 눈으로 덮이게 되면, 초겨울(11~12월) 눈덮임이 많은 경향을 보이며, 유라시아 대륙이 평년보다 차갑게 된다. 유라시아 대륙이 차가워지면 대륙고기압이 평년보다 빨리 발달할 수 있다. 아울러 유라시아 대륙이 차가워지면 음의 북극진동 발달에도 기여하여 초겨울(11~12월) 우리나라로 한기를 유입시킬 수 있는 좋은 조건을 제공한다고 알려져 있다(2018 기후감시 및 분석기반의 장기예보 가이드스 III).

2020/2021년 겨울철 특징

2020년 10월 유라시아 지역의 눈덮임 속도는 평년보다 다소 느렸으나(그림 3.2.12. 왼쪽), 11월 눈덮임 면적은 1966년 이후 상위 17위를 기록하여 평년보다 많은 수준을 보이며(그림 3.2.12. 오른쪽), 찬 대륙고기압을 강하게 발달시켜, 우리나라의 2020/21년 초겨울(12월) 기온은 평년보다 낮은 기온 분포(평년편차 -0.7°C)가 나타났다.



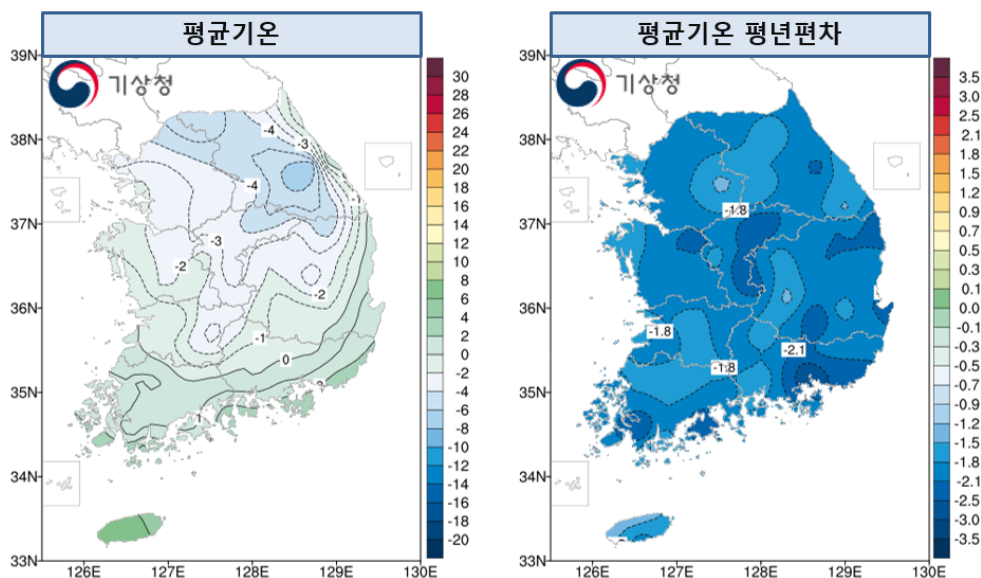
[그림 3.2.12] (왼쪽)유라시아 눈덮임 10월 속도 시계열(1997~2020년),
(오른쪽)2020년 11월 눈덮임 평년편차 분포도
출처: Rutgers 대학 눈덮임 자료

3.2.4. 2020/21년 겨울철 기후 이슈

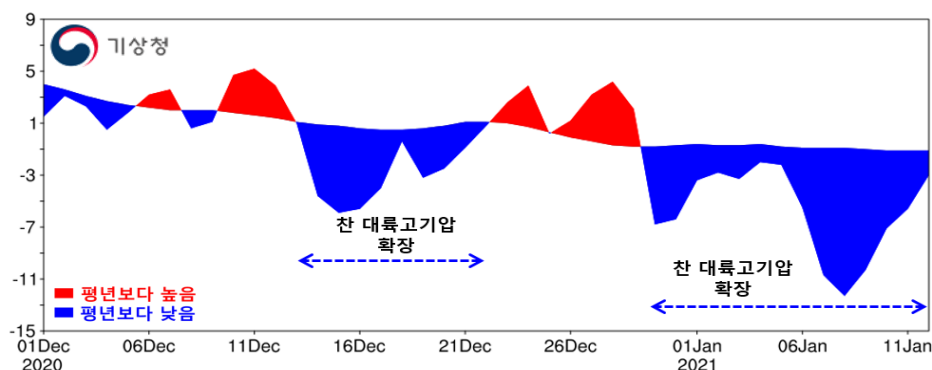
1) 낮은 기온: 2020년 12월 1일~2021년 1월 12일

해당 기간 전국 최고, 평균, 최저기온 모두 각 4.1℃, -1.3℃, -6.2℃로 평년(최고 6.0℃, 평균 0.6℃, 최저 -4.1℃)보다 매우 낮아 1973년 이후 모두 하위 5~6위를 기록할 정도로 추웠던 겨울철 전반이었다(그림 3.2.13.).

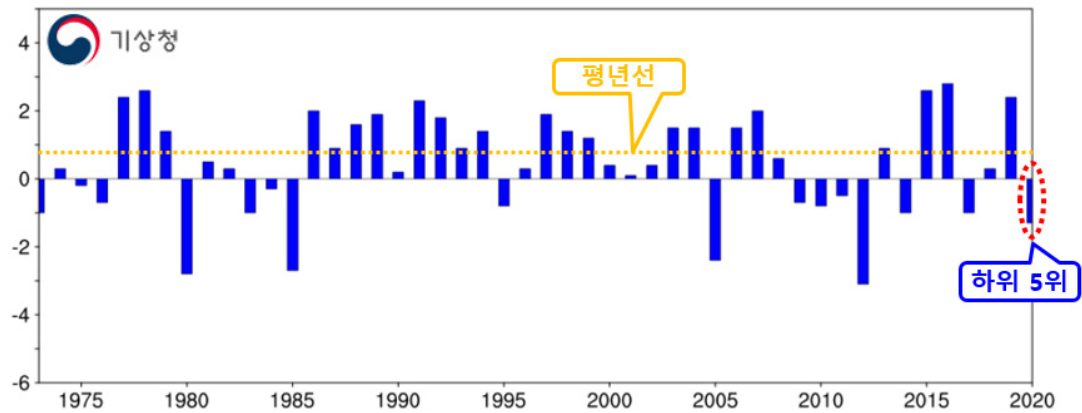
이러한 한파로 농축산물의 피해가 전남과 전북에 집중되면서, 양식장의 수산물 폐사와 농작물 냉해가 발생하였다. 연일 강추위가 이어지면서 1월 11일에는 수도권의 경전철도 멈춰 섰고, 일시적인 정전 사태도 발생하여 전국에서 총 8만여 가구의 전기공급이 한때 끊겼다. 수도계량기 동파 피해도 전국 곳곳에서 8241건(2020년 11월~2021년 1월 11일 기준 누적) 발생하면서, 상대적으로 기온이 따뜻했던 작년(2019년 11월~2020년 3월) 3244건에 비해 두 배 이상 늘어났다. 한편, 저체온 등으로 발생한 한랭질환자도 작년에 비해 크게 늘어 약 298명, 사망은 4명으로 집계(2020년 12월 6일~2021년 1월 16일 기준 누적)되었다.



[그림 3.2.13] 2020년 12월 1일~2021년 1월 12일 전국 66개 지점의 (왼쪽)평균기온, (오른쪽)평균기온 평년편차 분포도



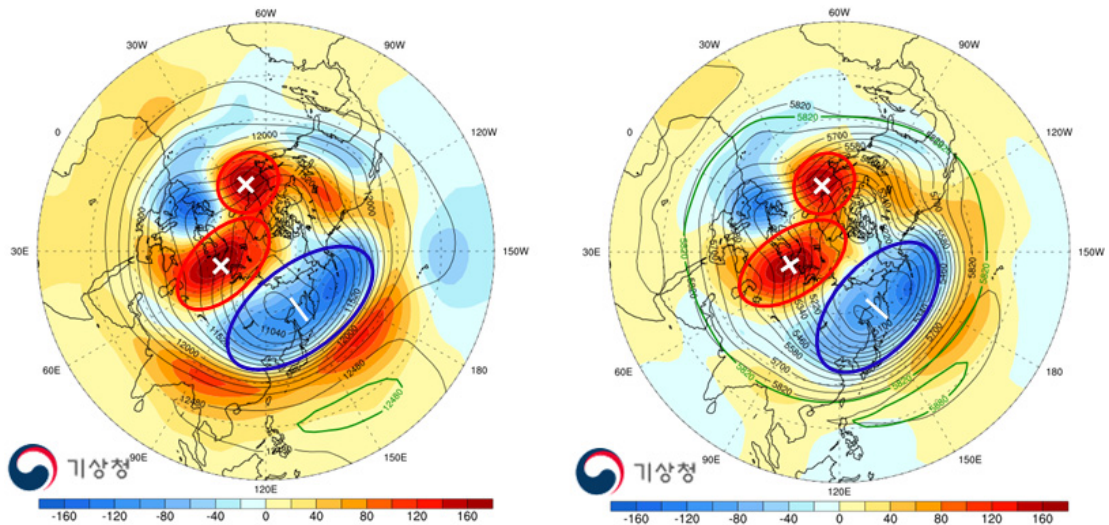
[그림 3.2.14] 2020년 12월 1일~2021년 1월 12일 전국 62개 지점의 평균기온 시계열



[그림 3.2.15] 2020년 12월 1일~2021년 1월 12일 전국 62개 지점의 평균기온 시계열 순위(1973~2021년)

(그림 3.2.14.)의 평균기온 시계열에서 알 수 있듯이, 43일 동안 단 4차례의 기온 상승을 제외하고 대부분 기간동안 평년값보다 낮은 분포를 나타냈고, 1973년 이후 순위에서 하위 5위로 기록될 정도로 저온 현상이 나타났다(그림 3.2.15.).

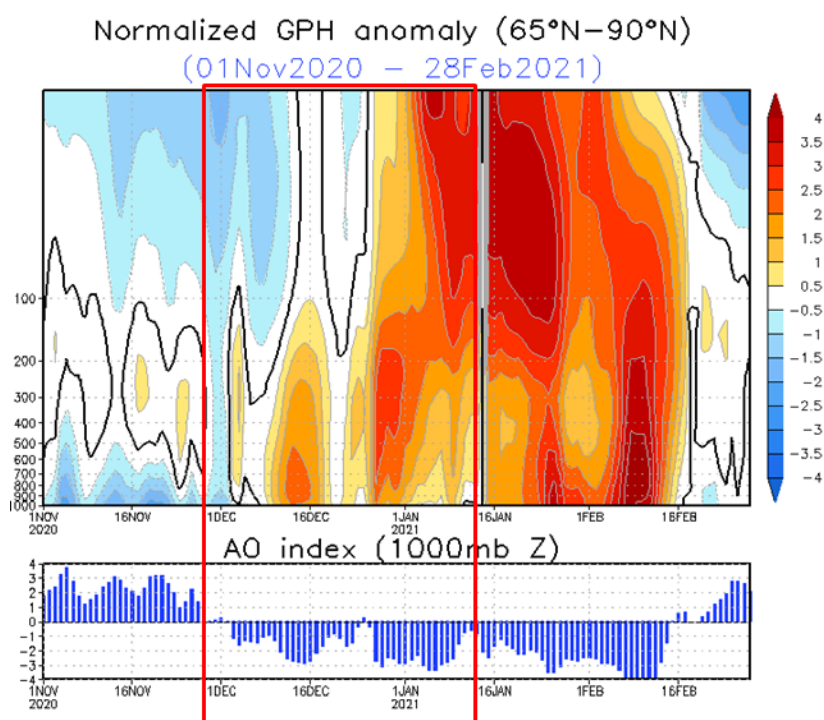
이렇게 기온이 낮게 유지된 원인을 살펴보면, 대기 상층과 중층(200, 500hPa 지위고도) 모두 그린란드 주변과 우랄산맥을 중심으로 평년보다 높은 지위고도가 나타나면서 기압능이 발달하였고, 우리나라를 중심으로는 평년보다 낮은 지위고도가 강하게 나타났다(그림 3.2.16.).



[그림 3.2.16] 2020년 12월 1일~2021년 1월 12일 북반구 (왼쪽)200hPa 지위고도 평년편차, (오른쪽)500hPa 지위고도 평년편차 분포도

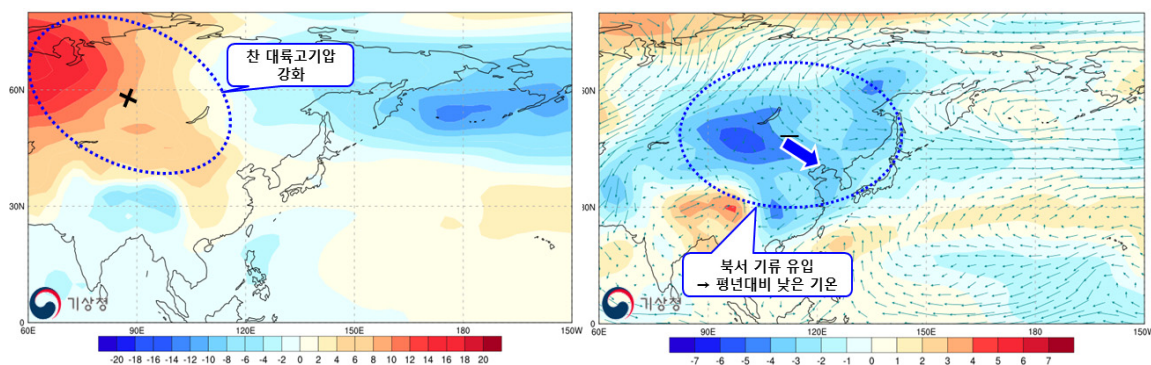
출처: NCEP 재분석자료

또한, 2020년 12월부터 강한 음의 북극진동과 함께 2021년 1월 초부터는 성층권 극 소용돌이가 평년대비 약해지는 현상(성층권 돌연승온)까지 나타나 대기 상층의 제트기류가 약해지면서 북극의 찬 공기가 중위도 지역까지 남하하기 쉬운 조건이 형성된 것으로 분석된다(그림 3.2.17.).



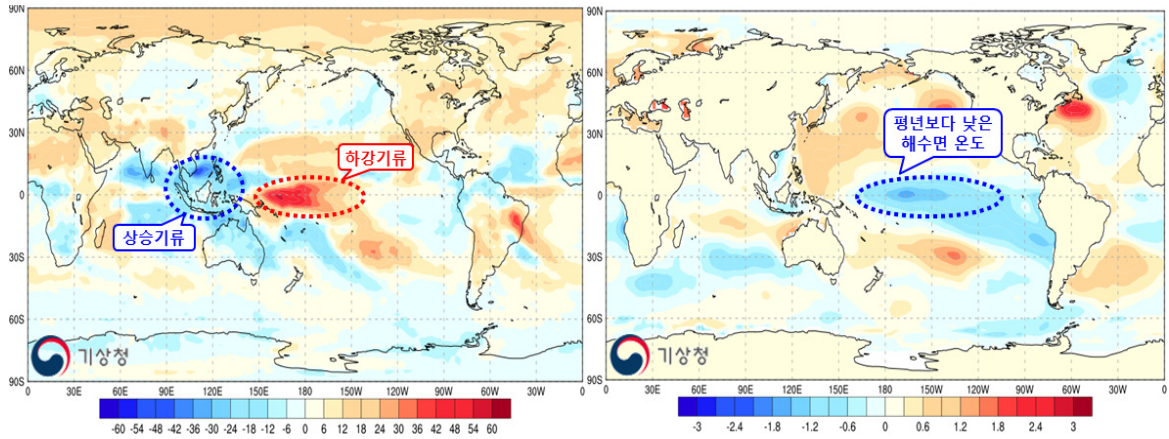
[그림 3.2.17] (위)정규화된 65~90°N영역 지위고도 평년편차 연직-시간 분포도
(아래)북극진동(AO)지수 시계열
출처: 미국 국립해양기상청(NOAA)

이와 더불어 하층에서는 북극의 찬 공기가 남하하여 시베리아 지역을 냉각시키면서 차고 건조한 대륙고기압이 발달하는데 기여하였다. 이 대륙고기압이 발달하여 남쪽으로 확장하면서 우리나라가 추울 수 있는 서고동저형의 기압계 패턴을 형성하였고, 찬 북서 기류가 강화되어 겨울철 전반 우리나라에는 강한 한파가 발생한 것으로 분석된다(그림 3.2.18.).



[그림 3.2.18] 2020년 12월 1일~2021년 1월 12일 동아시아 (왼쪽)해면기압 평년편차,
(오른쪽)850hPa 기온 및 바람 평년편차 분포도
출처: NCEP 재분석자료

또한, 열대 태평양에서는 라니냐가 지속되어 서태평양에서 상승기류(대류활발)가 나타났고, 중태평양에서는 하강기류(대류억제)가 우세해져 열대와 중위도 간 대기 반응이 우리나라 북동쪽의 저기압 발달에 기여하면서, 찬 북서 기류를 강화시켜 우리나라 주변으로는 평년대비 2~4℃ 낮은 분포를 보였다(그림 3.2.19.).

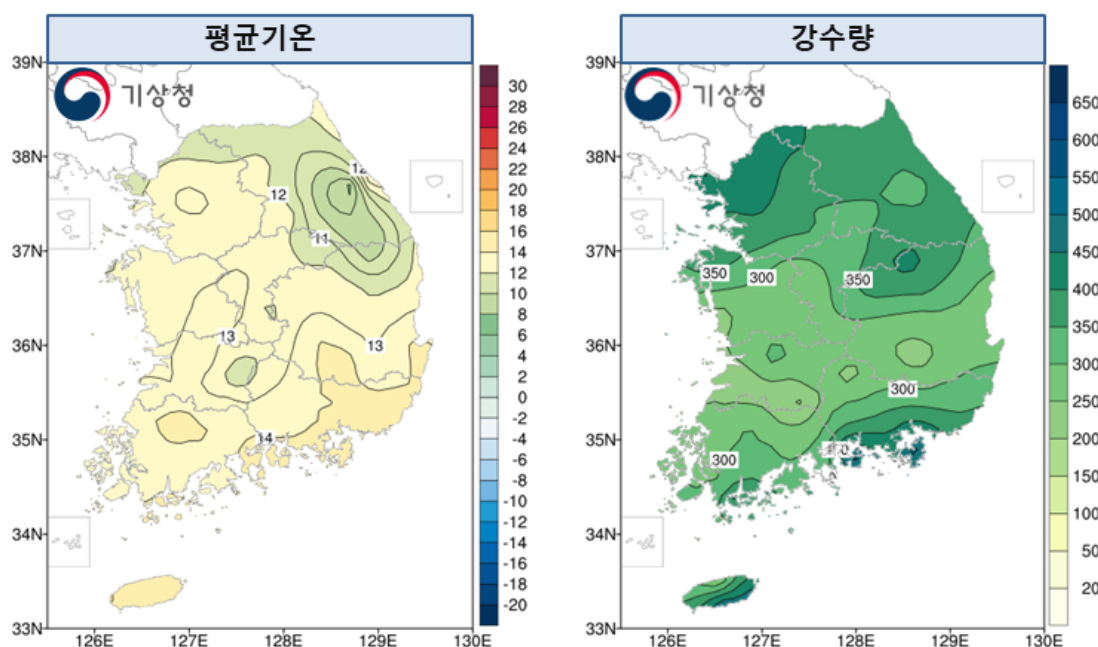


[그림 3.2.19] (왼쪽)2020년 12월 1일~2021년 1월 12일 전 지구 상향장파복사 평년편차, (오른쪽)2020년 12월 해수면 온도 평년편차 분포도(ERSSTv5)
출처: 미국 국립해양대기청(NOAA)

3.3. 2021년 봄철(3월~5월) 기후특성

3.3.1. 2021년 봄철의 기온과 강수량

- 전국의 봄철 평균기온은 12.8℃로 평년(11.9℃)보다 0.9℃ 높았으며, 1973년 이후 5번째로 높은 평균기온을 기록하였다.
- 전국 강수량은 330.5mm로 평년(221.1~268.4mm)보다 많았으며, 1973년 이후 7번째로 강수량이 많았다.

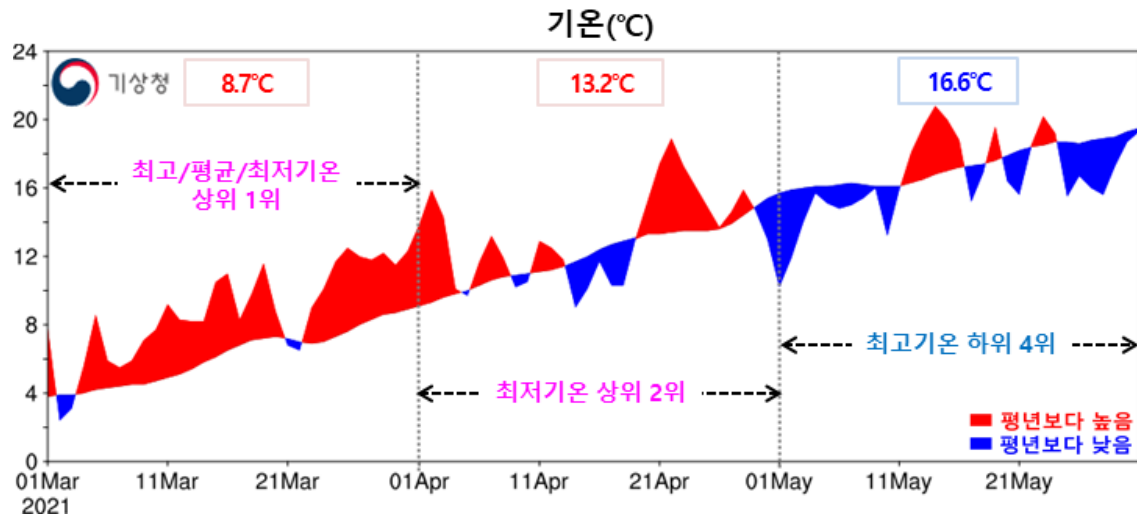


[그림 3.3.1] 2021년 봄철 전국 66개 지점의 (왼쪽)평균기온(℃), (오른쪽)강수량(mm) 분포도

2021년 봄철은 이동성 고기압과 저기압의 영향을 주기적으로 받은 가운데, 3월은 주로 이동성 고기압의 영향을 받아 대체로 평년보다 높은 기온 분포를 보였고, 4월에는 따뜻한 남풍류의 유입과 상층 찬 공기의 영향을 번갈아 받으며 기온 변동이 매우 컸으며, 5월은 우랄산맥 주변에 키가 큰 따뜻한 공기가 정체하면서 우리나라 상층으로 찬 공기가 자주 유입되면서 평년보다 낮은 기온 분포를 보였다.

(그림 3.3.2.)와 같이 이번 봄철의 평균기온 시계열을 살펴보면, 3월부터 4월 중순까지는 4~5차례 일시적으로 큰 폭으로 기온이 떨어질 때를 제외하고는 대체로 평년보다 매우 높은 기온 분포를 보였다. 특히, 3월은 최근 10년 온난화 경향 추세(그림 3.3.3)와 더불어 전국 평균기온(8.7℃/평년 6.1℃), 최고기온(14.8℃/평년 12.2℃), 최저기온(3.1℃/평년 0.5℃)이 1973년 이후 역대 1위로 평년보다 매우 높은 기온을 기록하였다.

한편, 4월(13.2℃/평년 12.1℃)은 일시적으로 초반과 후반에 고온 현상이, 중반에는 저온 현상이 나타나는 양극단의 기온 변동을 보이며, 한파와 초여름 날씨가 동시에 나타났다. 5월(16.6℃/평년 17.3℃)은 차고 건조한 공기가 자주 남하하면서 1995년(16.0℃) 이후 가장 낮은 기온을 기록하며 평년보다 낮은 기온 분포를 보였다(그림 3.3.2.).



[그림 3.3.2] 2021년 봄철 전국 62개 지점의 평균기온과 평년편차 시계열

(Significant level: 95%)

Linear trend	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Total years	1.61	2.14	2.14	0.66	1.57	1.41	0.77	1.19	1.27	1.10	1.61	0.44
Recent 20 years	0.99	0.00	1.49	-0.19	1.21	0.88	1.03	1.99	0.18	0.31	0.99	-0.10
Recent 10 years	4.65	1.83	2.79	0.65	0.45	0.05	-1.16	1.06	0.01	0.16	-0.47	1.84

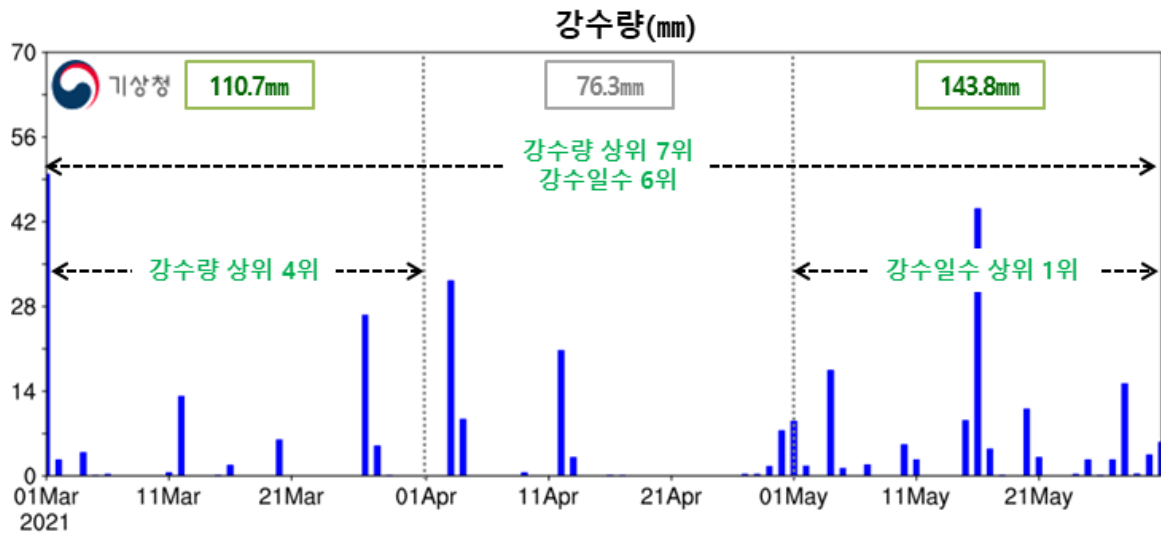
[그림 3.3.3] 1973~2020년 전국 62개 지점의 월별 평균기온 추세 분석

2021년 봄철은 서쪽에서 발달한 저기압이 주기적으로 접근하면서 강수 현상이 잦아 전국 강수량은 330.5mm로 93.5퍼센타일을 기록하며 평년보다 많았다. 4월은 76.3mm로 평년(70.3~99.3mm)과 비슷한 편이었으나, 3월과 5월 강수량은 각 110.7mm, 143.8mm로 평년(3월 42.7~58.5mm, 5월 79.3~125.5mm)보다 많았다(그림 3.3.4.).

3월은 주기적인 기압골과 세 차례 남서쪽에서 발달한 저기압의 영향으로 강수 현상이 잦았고, 전국 강수량도 평년보다 많았다. 특히, 1일에는 발달한 저기압이 우리나라를 통과하면서 전국에 많은 비 또는 눈이 내렸으며, 북강릉(32.4cm) 등 강원 영동에 많은 눈이 쌓이면서 도로에 차량이 고립되고, 시설물이 붕괴하는 등 피해가 컸다.

4월은 두 차례 남서쪽에서 발달한 저기압의 영향으로 전국적으로 다소 많은 비가 내렸으나, 대체로 건조한 날이 많아 전국 강수량은 평년 수준이었다.

5월은 우리나라 남동쪽에 위치한 북태평양고기압의 가장자리를 따라 따뜻하고 습한 공기가 다량 유입되어 북쪽 상층 찬 공기와 충돌하면서 대기 불안정이 강해져 우박과 낙뢰도 잦았고, 전국적으로 강수량도 많았다.



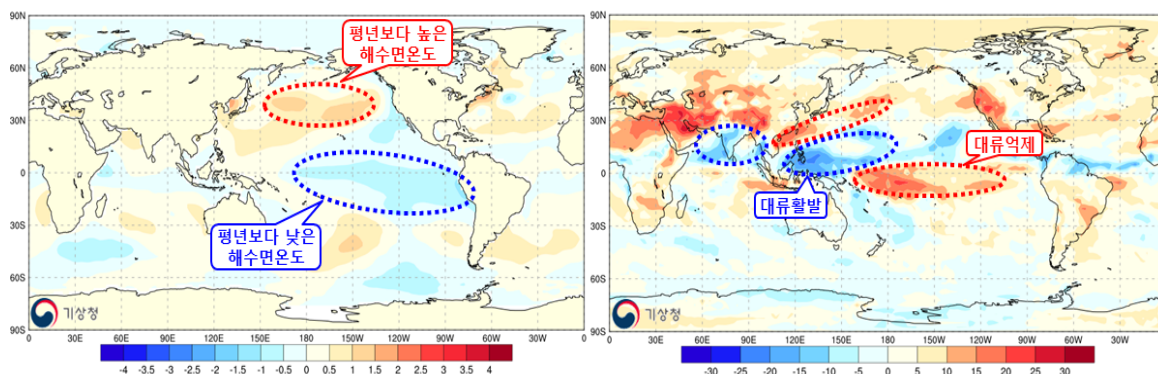
[그림 3.3.4] 2021년 봄철 전국 62개 지점의 강수량(mm) 시계열

3.3.2. 해수면 온도 및 대류활동

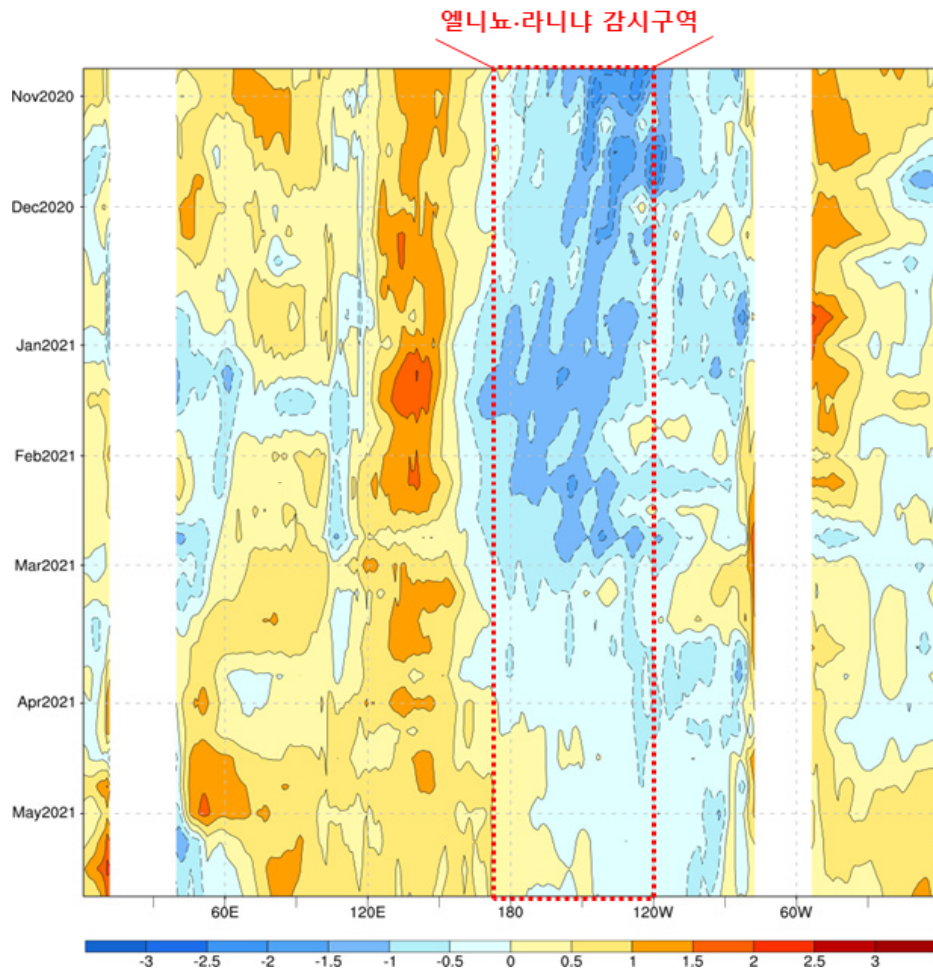
2021년 봄철에는 지속적으로 열대 태평양 대부분 해역의 해수면 온도가 평년보다 낮았다. 기상청에서 엘니뇨·라니냐 상태를 정의하는 엘니뇨·라니냐 감시구역(Nino 3.4구역, 5°S~5°N, 170°W~120°W)의 3개월 이동 평균된 해수면 온도(ERSSTv5)는 평년보다 0.7℃ 낮은 상태가 유지되면서 2020년 8월부터 시작한 라니냐는 약하게 지속되었다(표 2.2.1).

2월부터 열대 중태평양과 동태평양을 중심으로 평년보다 낮은 해수면 온도 분포가 서서히 약화되었고, 그 중 엘니뇨·라니냐 감시구역의 해수면 온도 분포는 3월부터 상승하기 시작하면서, 라니냐 상태를 약화시키는 신호가 나타났다. 한편, 대서양은 북미 북동부 연안의 평년보다 매우 높은 해수면 온도 분포가 3월부터 약해졌고, 전체적으로 약한 tripole(음-양-음의 해수면 온도 평년편차) 패턴을 보였다(그림 3.3.5. 왼쪽, 그림 3.3.6.).

인도양도 평년보다 약간 낮은 해수면 온도가 지속 중이며, 이 지역의 대류활동은 북인도양을 중심으로 평년보다 매우 활발하였다. 한편, 중태평양의 대류활동 억제는 지난해부터 지속되고 있으며, 그 북서쪽으로 평년보다 대류활동이 활발, 필리핀해 부근에서의 대류활동은 평년보다 억제되는 경향이었으나 그 강도는 약한 편이었다(그림 3.3.5. 오른쪽).



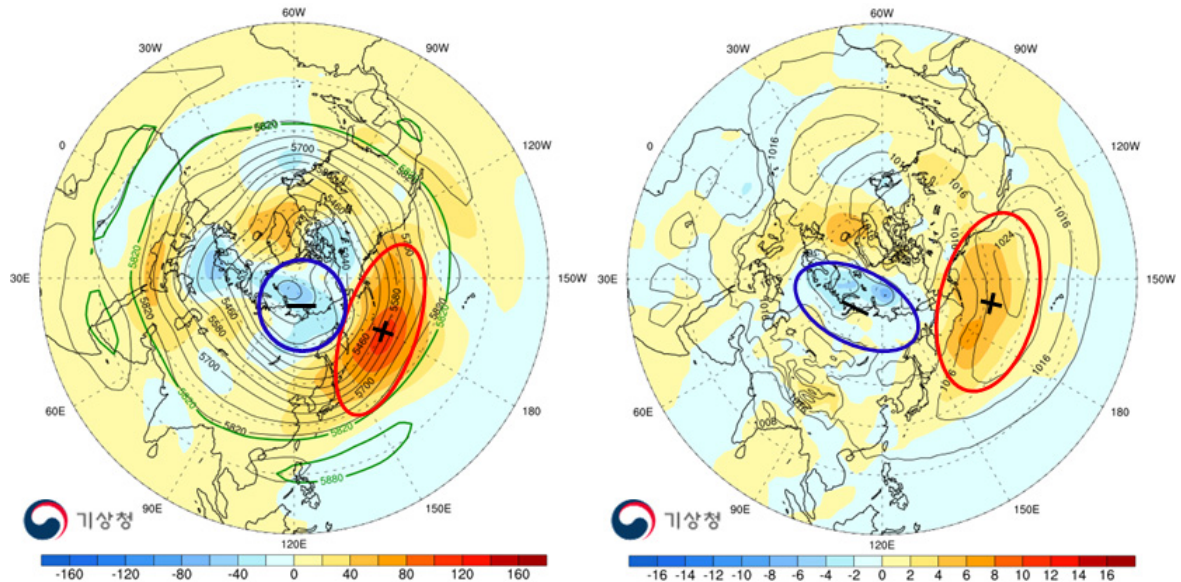
[그림 3.3.5] 2021년 봄철 전 지구 (왼쪽)해수면 온도 평년편차(ERSSTv5), (오른쪽)상향장파복사 평년편차 분포도
출처: 미국 국립해양기상청(NOAA)



[그림 3.3.6] 2020년 11월 이후 적도 열대 태평양 해수면 온도 평년편차 시계열(OISSTv2)
출처: 미국 국립해양기상청(NOAA)

3.3.3. 중위도 대기순환장

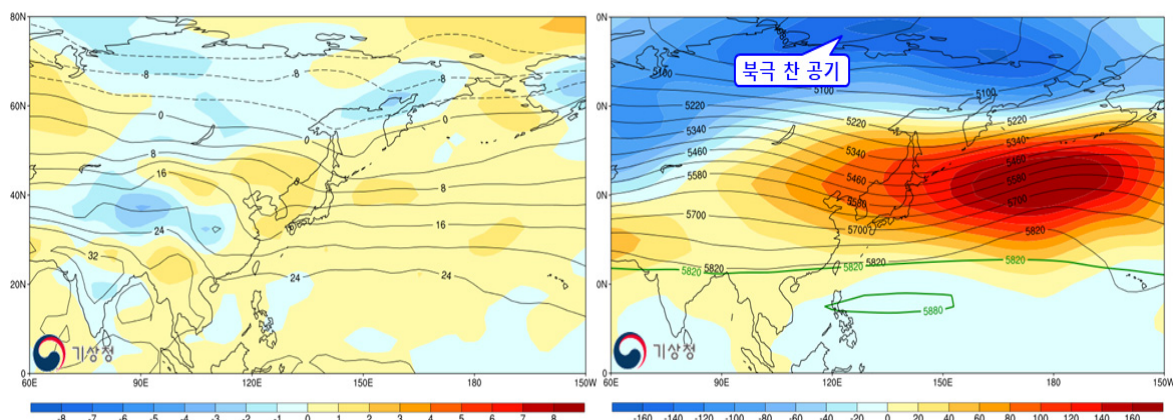
일반적으로 봄철에는 찬 대륙고기압이 점차 약화되면서, 우리나라는 이동성 고기압의 영향을 주로 받아 맑고 건조한 날씨가 나타난다. 강수 현상은 주로 저기압의 영향으로 발생하는데 북쪽을 지나는 저기압에 의한 강수량은 적으나, 남서쪽에서 북동진하여 우리나라를 지나는 저기압에 의한 강수량은 많아진다.



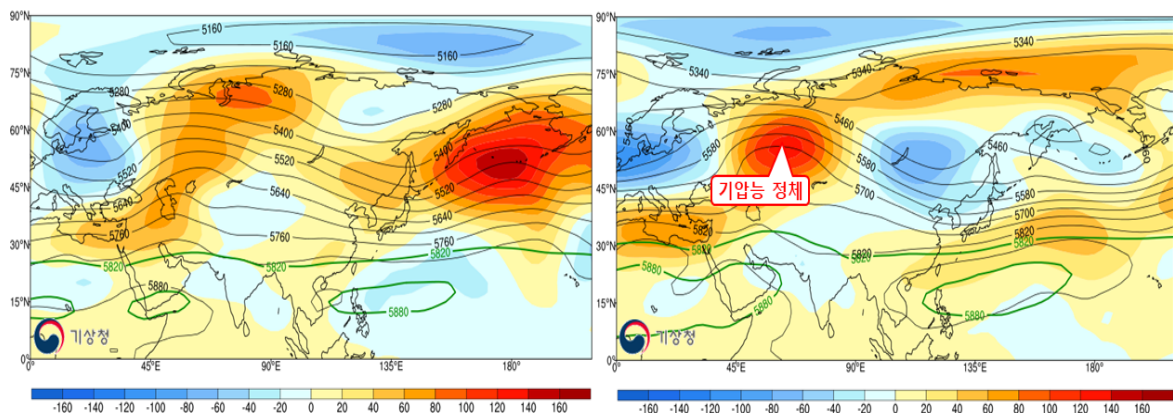
[그림 3.3.7] 2021년 봄철 북반구 (왼쪽)500hPa 지위고도 평년편차, (오른쪽)해면기압 평년편차 분포도
출처: NCEP 재분석자료

2021년 봄철 북반구 500hPa 지위고도 평년편차 분포도를 보면, 기압계의 동서 흐름이 원활한 가운데 베링해와 그린란드, 북태평양과 우리나라 주변은 평년보다 높은 지위고도가 강하게 나타났고, 랩테프해와 카라-바렌츠해 주변의 북극해와 북미 북서부, 유럽 주변은 평년보다 낮은 지위고도 영향을 주로 받았다(그림 3.3.7. 왼쪽).

해면기압 평년편차 분포도에서는 북극해와 시베리아 북부 등 고위도를 중심으로 평년보다 낮은 분포를 보인 반면, 베링해 부근과 우리나라는 평년보다 높은 분포를 보이며 대체로 이동성 고기압 영향을 받았다(그림 3.3.7. 오른쪽).



[그림 3.3.8] 2021년 동아시아 (왼쪽)봄철 지상기온 평년편차, (오른쪽)3월 500hPa 지위고도 평년편차 분포도
출처: NCEP 재분석자료



[그림 3.3.9] 2021년 동아시아 500hPa 지위고도 평년편차 분포도 (왼쪽)4월, (오른쪽)5월
출처: NCEP 재분석자료

월별로 기압계를 살펴보면, 3월은 2월부터 지속된 강한 양의 북극진동이 3월까지 이어지면서 북극에 찬 공기가 갇힌 가운데 시베리아 중남부 지역의 기온이 평년보다 2℃ 이상 높게 유지되어 차고 건조한 시베리아 고기압이 약했고, 따뜻한 남풍 기류의 유입까지 더해져 기온이 크게 상승하였다(그림 3.3.8. 오른쪽).

4월 들어 양의 북극진동은 급격히 약화된 가운데, 중반에 우랄산맥 서쪽에 기압능이 일시적으로 정체하면서 북서쪽으로부터 차고 건조한 공기가 유입되어 기온이 큰 폭으로 하강하기도 하였고, 초반과 후반에 이동성 고기압의 영향으로 따뜻한 남풍 기류 유입으로 기온이 상승하기도 하면서 큰 기온 변동을 보였다(그림 3.3.9. 왼쪽).

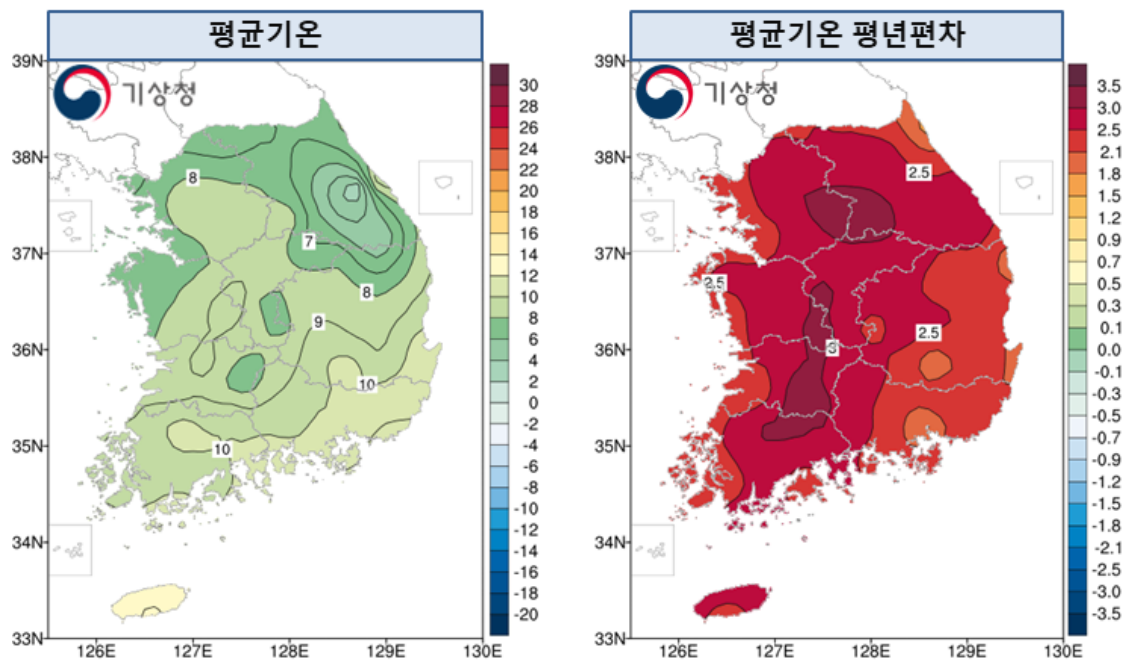
5월은 4월의 기온이 일시적으로 하강할 때와 유사한 기압계 패턴으로 우랄산맥 주변에 기압능이 정체하면서 동서 흐름이 약해지고 남북 흐름이 강화됨에 따라, 북서쪽으로부터 차고 건조한 공기가 우리나라로 자주 유입되었고, 서쪽에서 저기압이 주기적으로 접근하여 강수 현상도 찾아 기온을 낮추는 역할을 하였다(그림 3.3.9. 오른쪽).

3.3.4. 2021년 봄철 기후 이슈

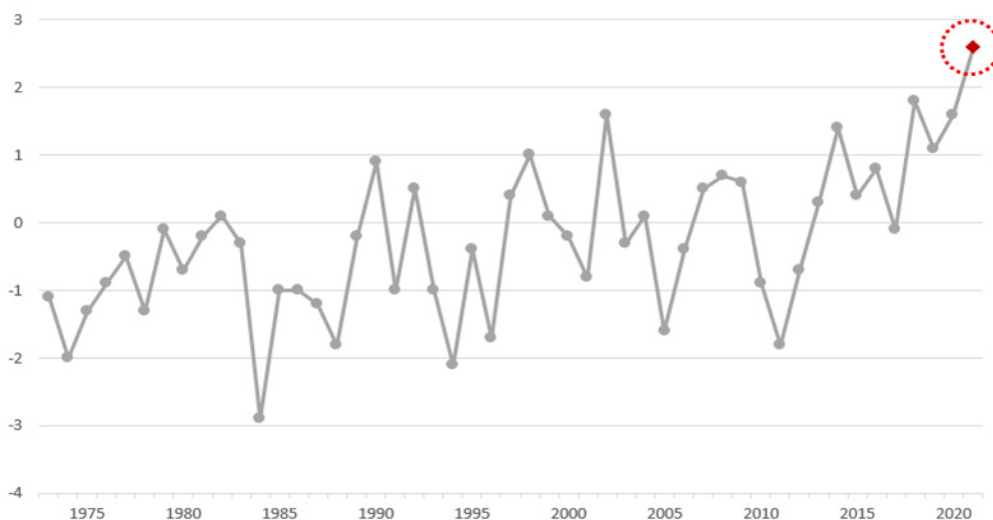
- 낮은 기온: 2021년 3월 1~31일

해당 기간 전국 평균기온은 8.7℃로 평년(6.1℃)보다 2.6℃ 높았고(그림 3.3.10.), 1973년 이후 역대 가장 높은 기온을 기록하였다(그림 3.3.11.).

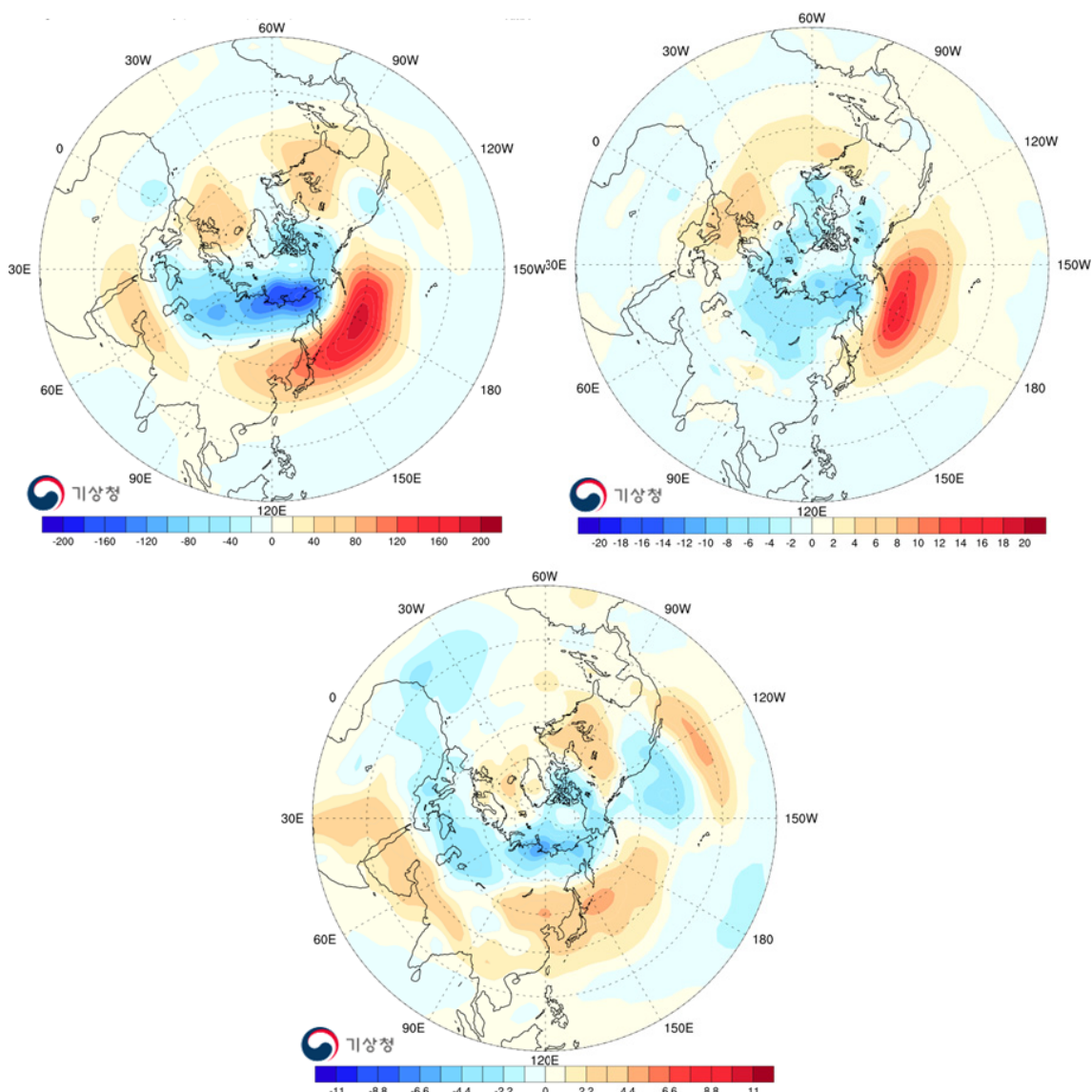
특히, 이러한 고온 현상으로 서울의 벚꽃도 기존에 가장 빨랐던 2020년(3.27.)보다 3일 빠르게, 평년(4.8.)보다는 15일 빠르게 개화(3.24.)하여 1922년 벚나무 관측을 시작한 이래 가장 빨랐다.



[그림 3.3.10] 2021년 3월 전국 66개 지점의 (왼쪽)평균기온, (오른쪽)평균기온 평년편차 분포도



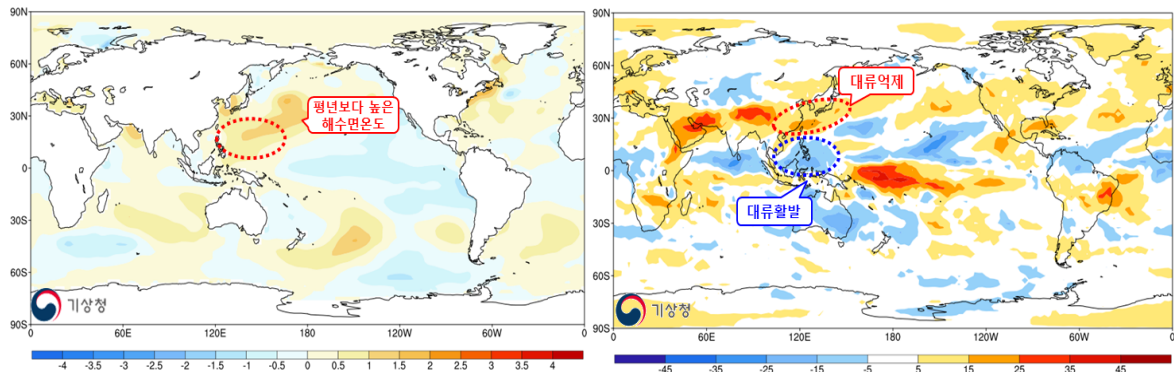
[그림 3.3.11] 3월 전국 62개 지점의 평균기온 시계열(1973~2021년)



[그림 3.3.12] 2021년 3월 북반구 (위, 왼쪽)500hPa 지위고도 평년편차, (위, 오른쪽)해면기압 평년편차 분포도, (아래)850hPa 평균기온 평년편차

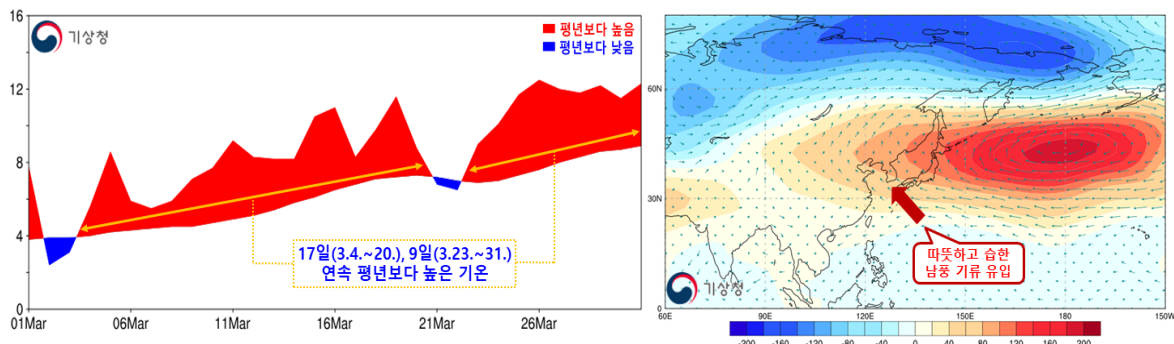
출처: NCEP 재분석자료

(그림 3.3.12.)과 같이 해당 기간의 500hPa 지위고도와 해면기압 평년편차 분포도를 보면, 척치해와 랍테프해 등 북극해 기온이 평년보다 낮은 가운데, 동아시아와 북태평양까지 평년보다 높은 지위고도가 분포하였다. 반면, 약 60N 이상의 고위도와 시베리아 지역을 중심으로 평년보다 낮은 해면기압이 분포하여 시베리아 고기압의 강도가 약해 우리나라를 비롯한 동아시아를 중심으로는 평년보다 높은 기온 분포를 보인 것으로 분석된다.



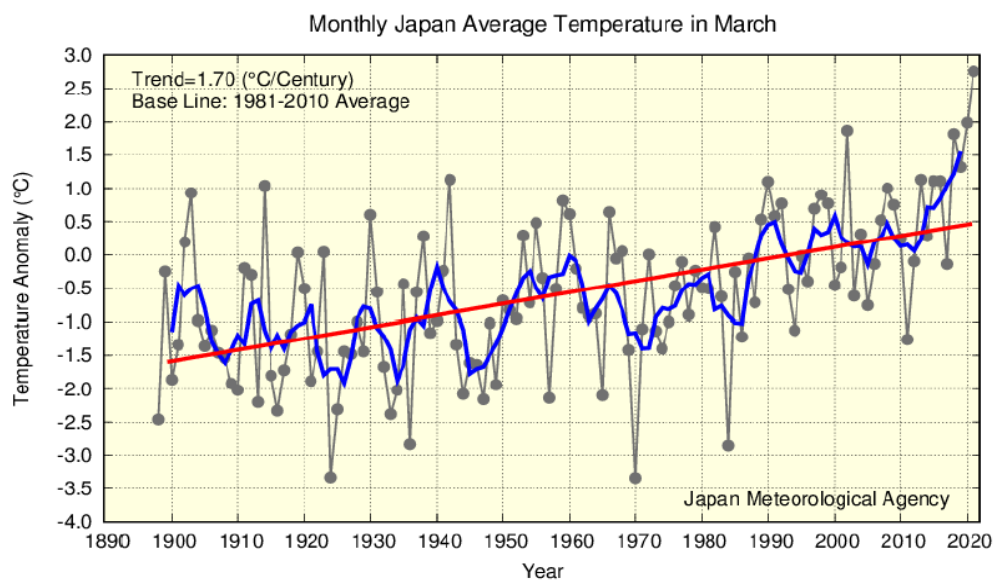
[그림 3.3.13] 2021년 3월 전 지구 (왼쪽)해수면 온도 평년편차(ERSSTv5), (오른쪽)상향장파복사 평년편차 분포도
출처: 미국 국립해양기상청(NOAA)

또한, 해양에서는 라니냐로 인해 열대 서태평양의 해수면 온도가 높게 유지되면서 상승기류가 활발했고, 이 기류는 우리나라 주변에서 하강기류로 바뀌어 고기압 발달에 기여한 것으로 분석된다(그림 3.3.13.).



[그림 3.3.14] 2021년 3월 (왼쪽)전국 62개 지점의 평균기온 시계열, (오른쪽)동아시아 500hPa 지위고도 평년편차와 850hPa 바람장(%) 평년편차 합성 분포도
출처: (오른쪽)NCEP 재분석자료

(그림 3.3.14. 왼쪽)의 시계열을 보면, 두 차례의 일시적인 기온 하강은 있었으나, 해당 기간 지속적으로 평년보다 높은 기온 분포를 보였다. 이는 양의 북극진동으로 인해 북극의 찬 공기 남하가 차단되고, 이동성 고기압과 저기압이 주기적으로 영향을 주는 가운데, 따뜻하고 습한 남풍 기류가 우리나라로 지속적으로 유입되었기 때문으로 분석된다(그림 3.3.14. 오른쪽).



[그림 3.3.15] 3월 일본의 평균기온 시계열(1898~2021년)

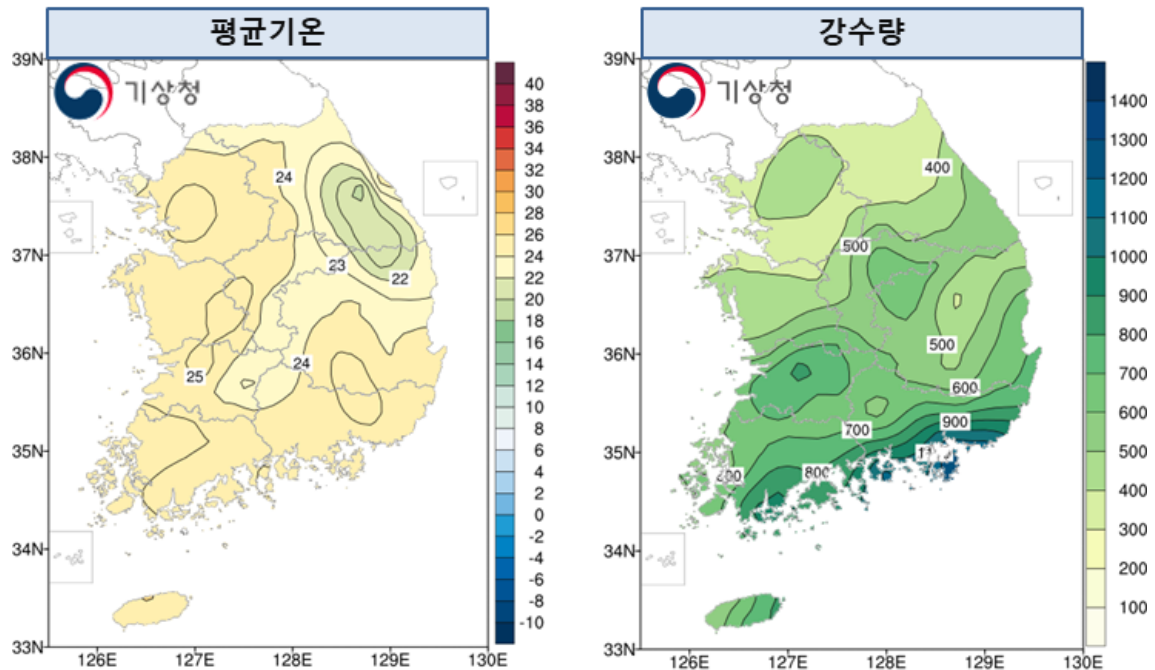
출처: 일본기상청(JMA)

한편, 해당 기간 우리나라뿐만 아니라 동아시아 지역도 평년보다 높은 기온 분포를 보이면서, 일본 역시 1898년 관측 이래 역대 가장 높은 기온을 기록하기도 하였다(그림 3.3.15.).

3.4. 2021년 여름철(6월~8월) 기후특성

3.4.1. 2021년 여름철의 기온과 강수량

- 전국의 여름철 평균기온은 24.2℃로 평년(23.7℃)보다 0.5℃ 높았으며, 1973년 이후 11번째로 높은 평균기온을 기록하였다.
- 전국 강수량은 612.8mm로 평년(622.7~790.5mm)보다 적었으며, 1973년 이후 17번째로 강수량이 적었다.



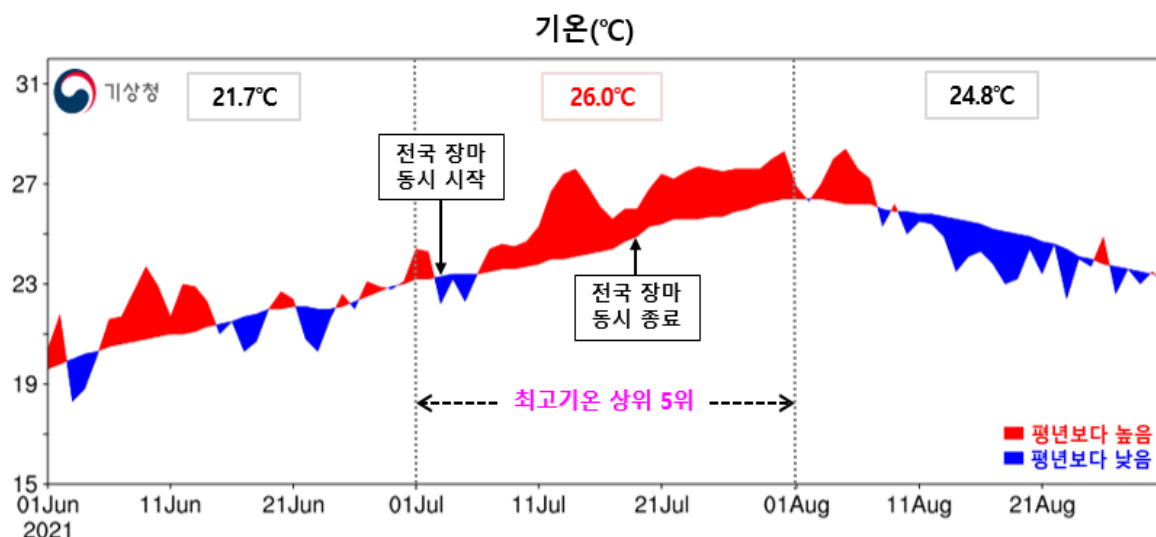
[그림 3.4.1] 2021년 여름철 전국 66개 지점의 (왼쪽)평균기온(℃), (오른쪽)강수량(mm) 분포도

2021년 여름철은 전반과 후반기에는 상층 찬 공기의 영향으로 대체로 선선하였으나, 중반에는 평년보다 빠른 장마철 종료 이후 티벳고기압과 북태평양고기압의 영향으로 폭염과 열대야가 나타나는 등 대체로 높은 기온 분포를 보였다.

(그림 3.4.2.)와 같이 이번 여름철의 평균기온 시계열을 살펴보면, 6월부터 7월 초반까지는 기온이 소폭 상승과 하강을 반복하며 변동을 보였으나, 이후 약 한달간 평년보다 높은 기온 분포가 나타났다. 반면, 8월은 높은 기온이 나타난 초반 이후 3~4차례 일시적으로 기온이 소폭 상승할 때를 제외하고 대체로 평년보다 낮은 기온을 이어갔다.

6월(21.7℃/평년 21.4℃)은 중반까지는 따뜻한 남풍류의 유입과 강한 햇볕의 영향으로 기온이 평년보다 다소 높았으나, 이후 상층 찬 공기의 영향을 주로 받아 기온의 상승이 저지되면서 평년 수준의 기온을 기록하였다. 7월(26.0℃/평년 24.6℃)은 중순부터 덥고 습한 북태평양고기압과

강한 햇볕의 영향으로 평년보다 기온이 높았고, 전국 폭염일수는 8.1일로 1973년 이후 상위 5위를 기록하였다. 한편, 8월(24.8℃/평년 25.1℃)은 초까지 높은 기온이 지속되었으나, 중순 이후 잦은 강수 현상과 상층 찬 공기의 유입으로 평년과 비슷하였다.



[그림 3.4.2] 2021년 여름철 전국 62개 지점의 평균기온과 평년편차(°C) 시계열

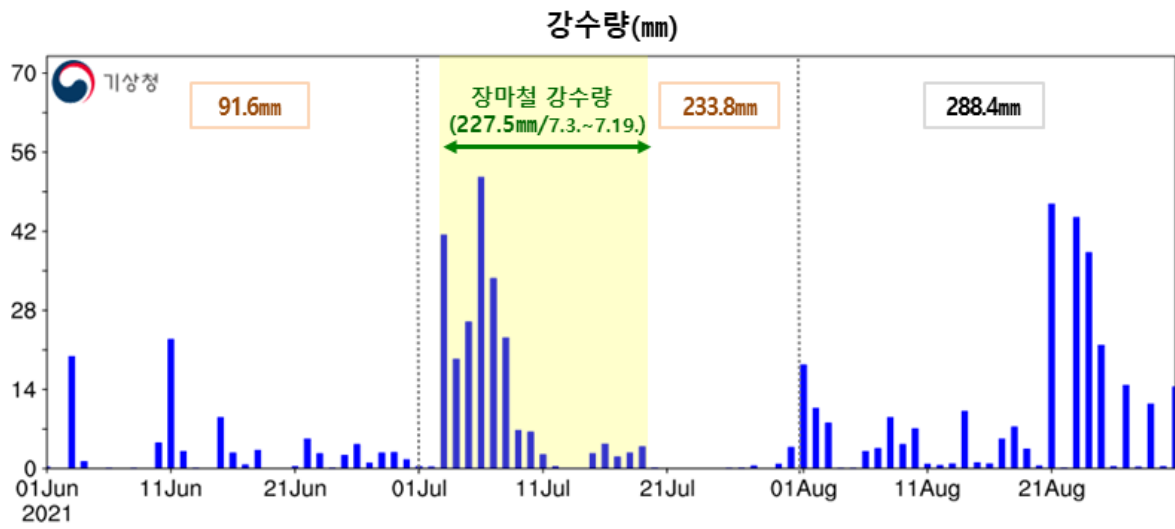
2021년 여름철은 장마철이 늦게 시작하여 역대 3번째(중부·제주 기준)로 짧게 종료되면서, 전국 강수량은 612.8mm로 27.7퍼센타일을 기록하여 평년(727.3mm)보다 매우 적어 2013년 이후(2020년 제외) 평년보다 적은 경향이 유지되었다. 여름철 강수량은 7월 상순과 8월 하순에 집중되었고, 남부와 중부 간 강수량 차이가 매우 컸다.

6월과 7월은 각 91.6mm, 233.8mm로 평년(6월 101.6~174.0mm, 7월 245.9~308.5mm)보다 적었고, 8월은 288.4mm로 평년(225.3~346.7mm)과 비슷하였다(그림 3.4.3.).

6월은 중순 후반부터 우리나라 북쪽에 차고 건조한 공기를 동반한 상층 기압골 영향을 자주 받았고, 상·하층 대기불안정으로 천둥·번개·우박을 동반한 소나기가 자주 내렸으나, 장마철 시작이 평년보다 늦어지면서 강수량은 적은편이었다.

7월은 초부터 활성화된 정체전선과 남서 기류의 유입으로 남부지방 중심으로 강수가 내렸으나, 중순 이후로는 국지성 소나기가 주로 내려 중부와 남부 간 차이가 크고(중부 154.8mm, 남부 290.9mm) 평년보다 적었다.

8월은 우리나라 주변으로 상층 찬 공기가 위치한 가운데, 대기불안정에 의한 강수를 비롯하여 저기압도 자주 통과하면서 강수현상이 잦았다. 특히, 하순경에는 우리나라 남쪽에 정체전선이 형성되어 남부와 중부를 오르내리며 영향을 주었고, 태풍(제9호 '루핏', 제12호 '오마이스')의 영향으로 강한 바람과 많은 강수가 내렸다.



[그림 3.4.3] 2021년 여름철 전국 62개 지점의 강수량(mm) 시계열

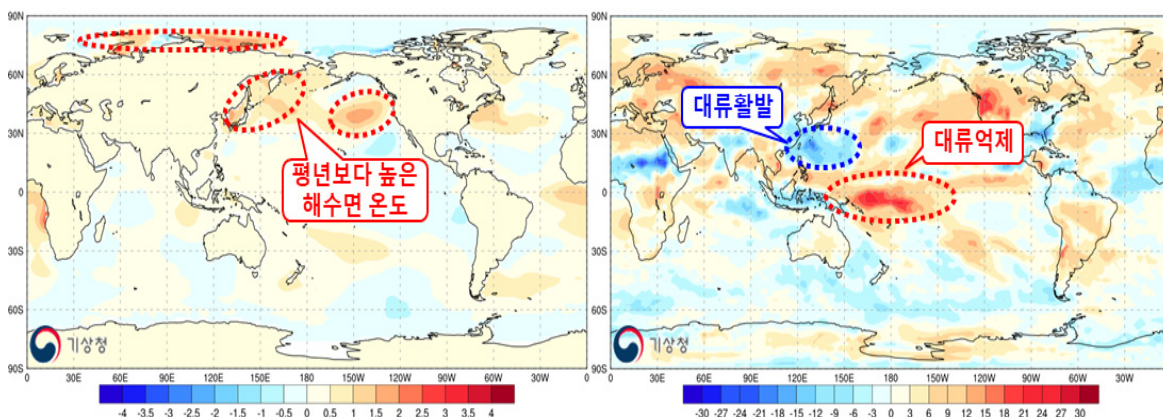
3.4.2. 해수면 온도 및 대류활동

2021년 여름철에는 베링해 주변과 북태평양 대부분 해역의 해수면 온도는 평년보다 높았고, 동태평양과 중태평양 해수면 온도는 평년보다 0.1~0.4℃ 낮은 분포를 보였다(그림 3.4.4. 왼쪽).

기상청에서 엘니뇨·라니냐 상태를 정의하는 엘니뇨·라니냐 감시구역(Nino 3.4구역, 5°S~5°N, 170°W~120°W)의 3개월 이동 평균된 해수면 온도(ERSSTv5)는 평년보다 0.4℃ 낮은 상태가 유지되면서 2021년 5월 약한 라니냐가 종료된 이후, 중립상태를 유지하였다(표 2.2.1).

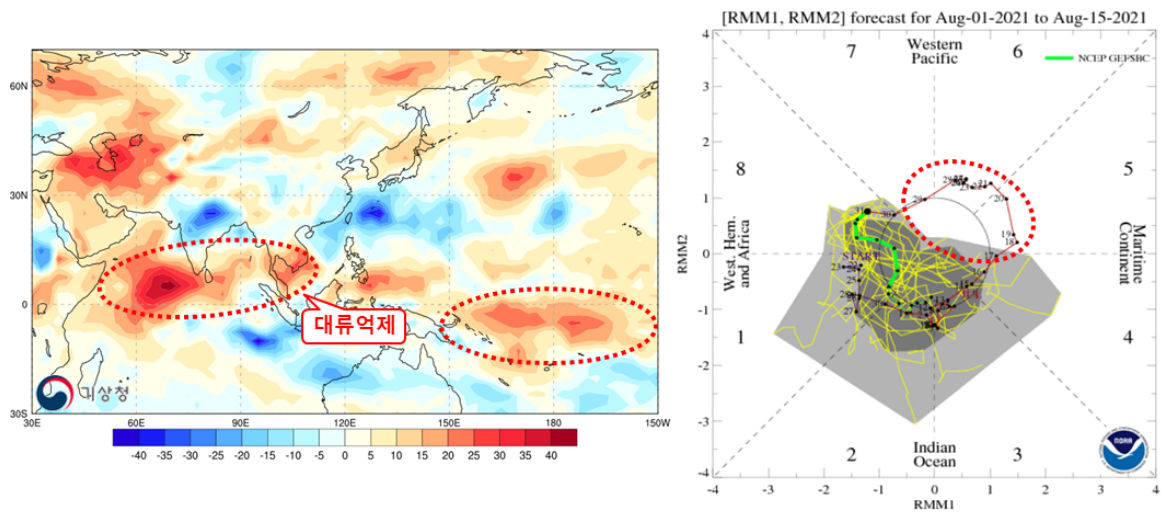
6월에는 필리핀해 주변 양의 해수면 온도가 다소 약화되었고, 서인도양 지역은 약한 음의 평년 편차로 음의 인도양 쌍극자 패턴이 나타났다. 7월 이후로는 우리나라 주변과 북서태평양, 북유럽 주변의 해수면 온도는 큰 폭으로 상승하였다가 8월 들어 급격히 약화되었고, Nino 3.4구역의 평균 해수면 온도 평년편차가 -0.4~-0.3℃를 기록하면서 지속적으로 중립상태를 유지하였다.

한편, 북대서양에서는 북미 북동부 연안의 평년보다 매우 높은 해수면 온도 분포가 6월에 급격히 강화되었다 약해졌고, 봄철에 이어 약한 tripole(음-양-음의 해수면 온도 평년편차) 패턴이 지속되었다(그림 3.4.4. 왼쪽).



[그림 3.4.4] 2021년 여름철 전 지구 (왼쪽)해수면 온도 평년편차(ERSSTv5),
(오른쪽)상향장파복사(OLR) 평년편차 분포도
출처: 미국 국립해양기상청(NOAA)

열대에서의 대류활동은 6월 들어 열대 서태평양과 인도양에서 대류가 억제되면서 북태평양고기압의 확장을 지연시켰다. 7월 이후부터 MJO가 동진(2→8번 구역)함에 따라 열대의 대류가 활발해지기 시작하였고, 인도 몬순도 평년대비 강화되면서 동인도양과 인도 북부를 중심으로 대류활동이 강화되었다. 또한, 아열대 북서태평양에서도 대류가 강화되면서 북태평양고기압이 북쪽으로 확장하는데 기여하였다(그림 3.4.4. 오른쪽, 그림 3.4.5.).

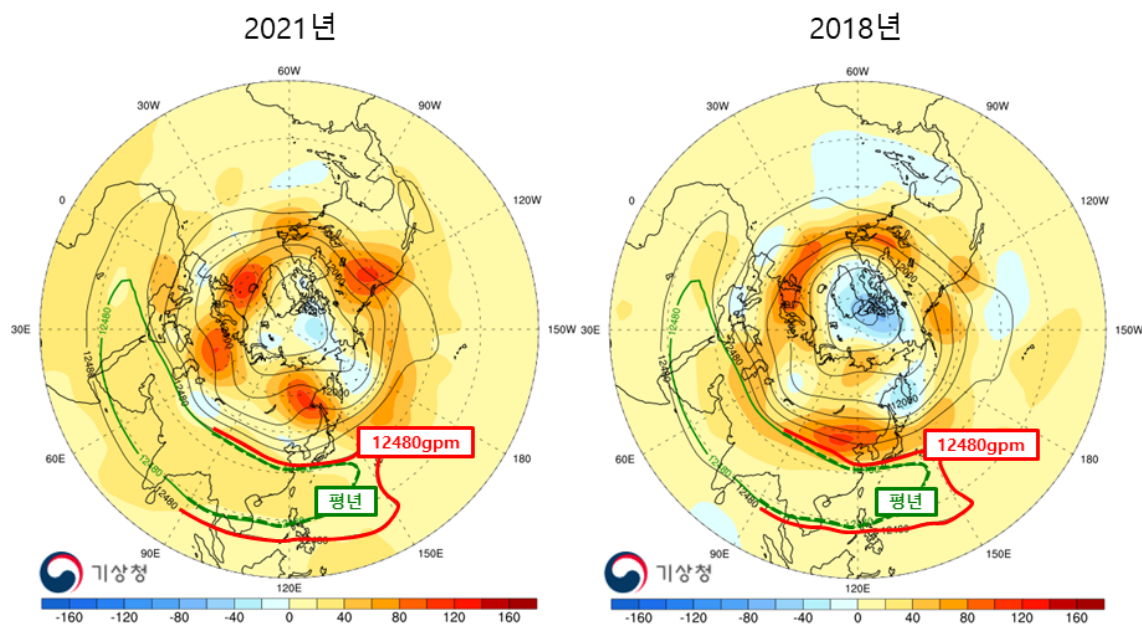


[그림 3.4.5] 2021년 (왼쪽)6월 상향장파복사(OLR) 평년편차 분포도, (오른쪽)매든-줄리안 진동(MJO) 예측자료
출처: 미국 국립해양기상청(NOAA)

3.4.3. 중위도 대기순환장

일반적으로 우리나라 여름철은 장마철, 태풍, 대기 불안정에 의해 많은 비가 내리는 시기이다. 장마철 전에는 주로 이동성 고·저기압의 영향을 받고, 장마철 기간에는 북태평양고기압이 점차 우리나라 부근으로 확장하며, 그 가장자리에 정체전선이 형성된다. 이후 정체전선이 남북으로 이동하면서 흐리고 비가 내리는 날이 많아진다. 북태평양고기압이 완전히 확장하여 우리나라를 덮으면 장마철이 끝나고, 이후 습하고 더운 날이 이어진다. 북태평양고기압이 다시 수축하면 가장자리를 따라 2차 우기 형태의 강수가 출현하기도 한다(2011, 장마백서).

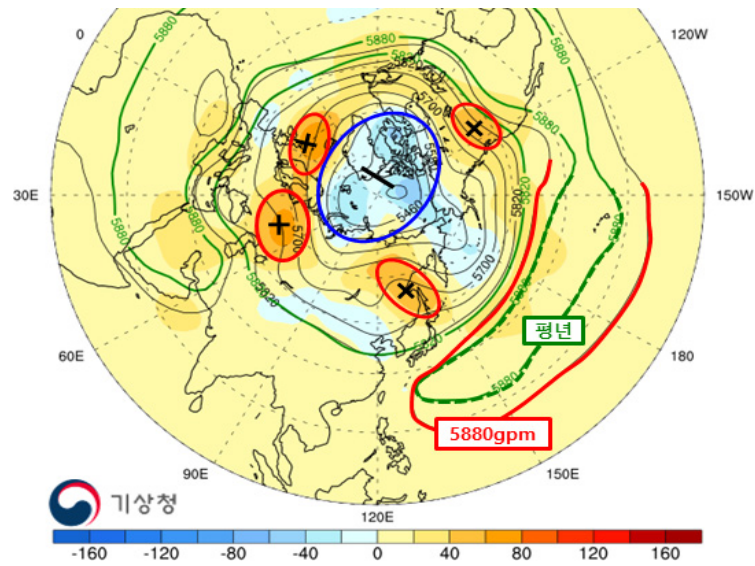
2021년 여름철의 200hPa 기압계는 기록적인 더위를 기록했던 2018년 여름철(그림 3.4.6. 오른쪽)과 유사하게 중위도 주변으로 평년보다 높은 지위고도가 분포하는 가운데, 북미 서부와 북동부, 북유럽 주변을 중심으로 평년보다 높은 지위고도가 분포하였다. 한편, 동아시아 주변은 중국 중부 중심으로 높게 나타났던 2018년과는 다르게 올해는 우리나라 북동쪽에 평년보다 높은 지위고도 분포가 나타났다. 티벳고기압(12480gpm)은 2018년과 매우 유사하게 평년보다 북동쪽으로 발달하여 일본 남쪽 해상에 동쪽으로 길게 확장하였다(그림 3.4.6. 왼쪽).



[그림 3.4.6] 북반구 여름철 200hPa 지위고도 평년편차 (왼쪽)2021년, (오른쪽)2018년

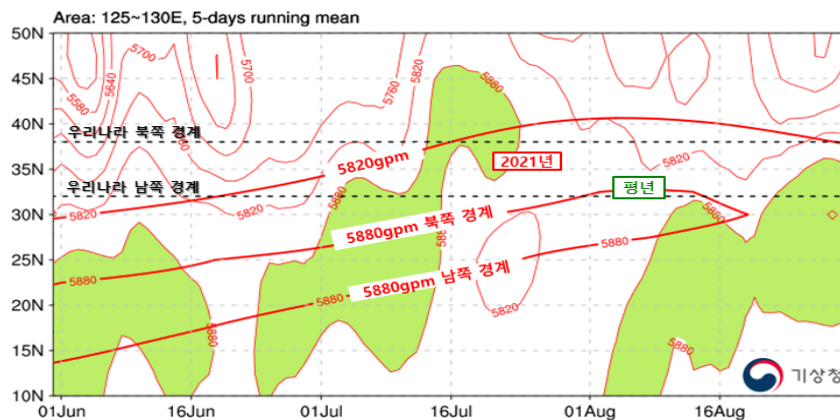
출처: NCEP 재분석자료

500hPa 기압계를 살펴보면, 200hPa 기압계와 유사하게 북미 서부, 북유럽과 우랄산맥, 중국 북동부 부근으로 평년보다 높은 양의 지위고도 분포를 보였고, 북극해를 비롯한 고위도 중심으로 평년보다 낮은 지위고도 분포가 나타나면서 양의 북극진동 패턴을 보였다(그림 3.4.7.).



[그림 3.4.7] 2021년 여름철 북반구 500hPa 지위고도 평년편차 분포도
출처: NCEP 재분석자료

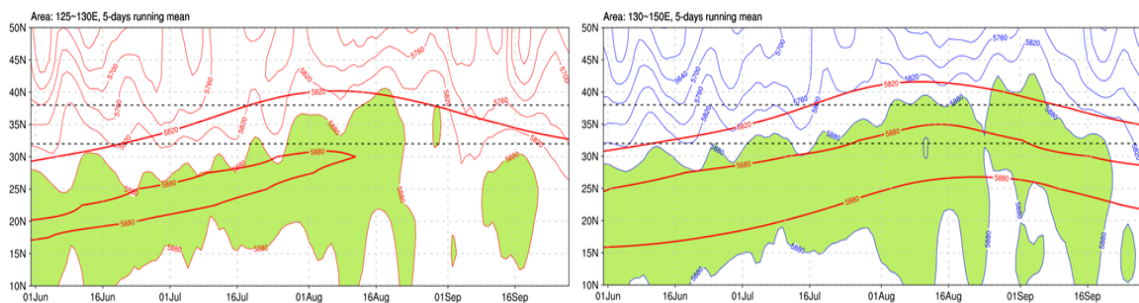
한편, 북태평양고기압(5880gpm)은 우리나라 남쪽을 중심으로 평년보다 동서로 길게 발달하여 일본 남쪽에 위치하였고, 시간에 따른 고도변화를 보면 6월 초에서 중순까지 평년보다 남북으로 확장하였다. 6월 중순 이후에는 일시적으로 수축하였으나, 하순부터 다시 발달하여 7월 초에는 우리나라 남쪽까지 확장하였고, 이례적으로 평년보다 북동쪽으로 확장하여 중순 이후에는 35°N 부근에 위치하였다(그림 3.4.8.).



[그림 3.4.8] 2021년 여름철 5일 평균 500hPa 고도변화 시계열(125~130°E)
출처: NCEP 재분석자료

장마철 감시요소

여름철 날씨는 북태평양고기압의 확장과 직접적으로 연관되어 있으며, 5~9월 기간에 집중적으로 감시하고 있다. 정체전선(장마전선)은 500hPa 지위고도의 5820~5880gpm 선과 밀접한 관계가 있어 우리나라에 영향을 주는 경도별로 평균한 자료를 시간-위도 단면도를 통해 평년값과 비교하여 북태평양고기압의 확장 정도에 따른 정체전선의 이동을 감시한다.



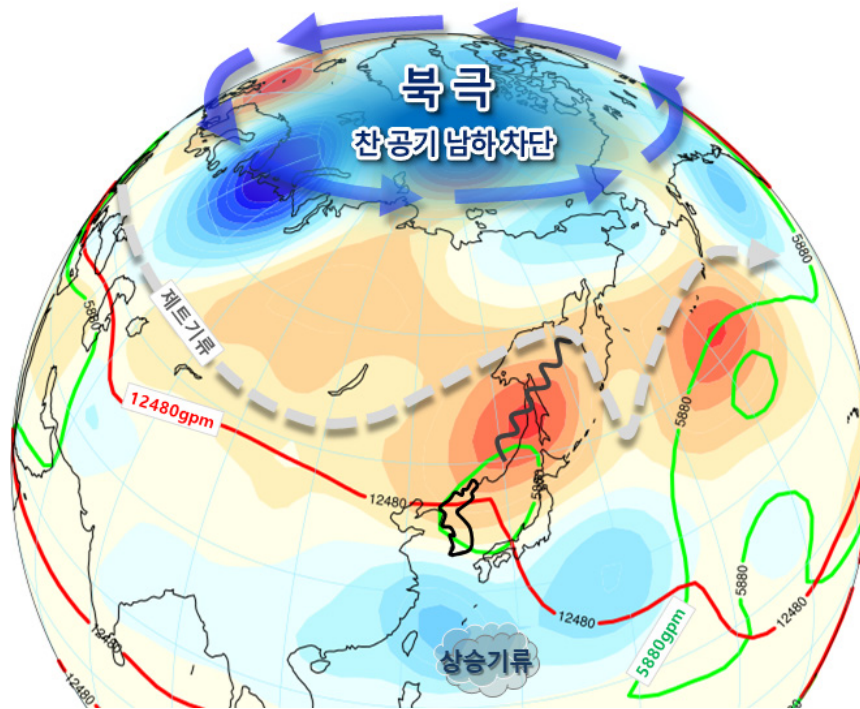
[그림 3.4.9] 경도별 북태평양고기압의 확장 정도 (왼쪽)125~130°E, (오른쪽)130~150°E

*굵은 빨강선: 평년, 얇은 빨강/파랑선: 실황 출처: NCEP 재분석자료

특히, 7월 중순~8월 초 무더위가 나타났던 시기의 기압계를 보면, 북극 기온이 평년보다 낮은 가운데, 강한 양의 북극진동으로 극 지역의 찬 공기가 중위도로 남하하지 못하였다. 이로 인해 7월 중순 이후 제트기류가 북편하고 우리나라 주변의 동서 흐름이 정체되면서, 중국 북동부 부근에 상층 기압능이 강화되어 북태평양고기압이 평년보다 북동쪽으로 발달하였다.

장마철 종료(7월 19일) 이후, 평년보다 북동쪽에 발달한 북태평양고기압(온난다습)은 동쪽에서 확장하였고, 대기 상층의 티벳고기압(고온건조)은 서쪽에서 동시에 확장하여 우리나라 주변 대기 상·하층에 더운 공기가 머물면서 8월 초까지 폭염과 열대야가 이어졌다.

한편, 필리핀해 부근에서는 평년대비 대류가 활발해져 우리나라 부근으로 하강기류가 형성되면서 북태평양고기압이 확장하는데 기여하였다(그림 3.4.10.).



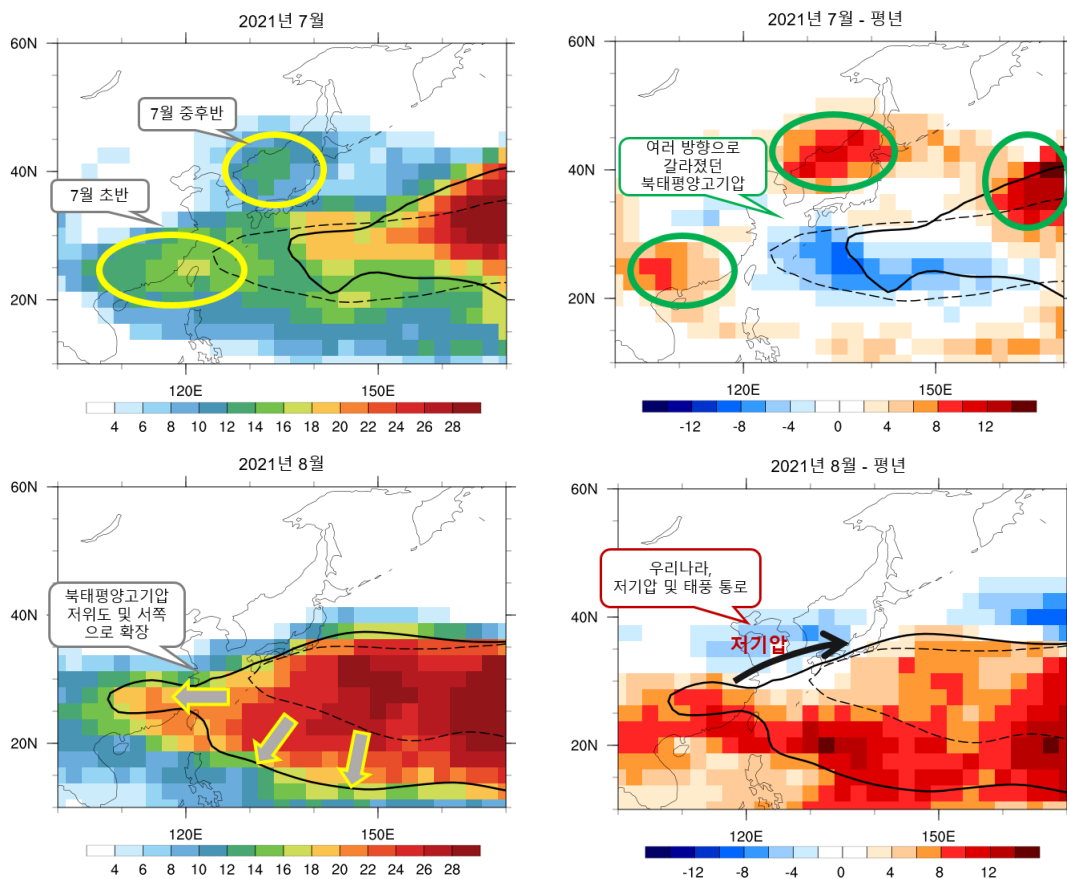
[그림 3.4.10] 2021년 7월 하순 무더위 모식도

(빨강 실선: 티벳고기압 기준선(12480gpm), 초록 실선: 북태평양고기압 기준선(5880gpm))

출처: NCEP 재분석자료

2021년 여름철 북태평양고기압의 위치 변화

7월 북태평양고기압이 동, 서, 북쪽의 세 방향으로 분리되어 평년에 비해 위치 편차가 컸다. 7월 초반에는 중국 남부지방으로 확장, 우리나라는 장마가 시작되었으며, 이후 7월 중후반 이례적으로 우리나라 북동쪽으로 북태평양고기압이 확장하면서 정체전선의 북동진을 억제하고 중부지방을 중심으로 폭염을 유도하였다. 8월은 남서쪽으로 확장하여 우리나라는 저기압 통로가 형성되기 좋은 조건을 형성하였다(그림 3.4.11.).



[그림 3.4.11] 2021년 7, 8월 북태평양고기압(5880gpm 이상)이 위치한 (왼쪽)빈도일수, (오른쪽)평년대비 빈도일수 차이(검정 실선: 2021년, 점선: 평년)

출처: NCEP 재분석자료

3.4.4. 2021년 장마철

2021년 장마철은 1982년 이후 가장 늦은(제주 기준) 7월 3일에 전국적으로 동시에 시작하였다. 제주도는 평년보다 약 14일, 남부지방은 약 10일, 중부지방은 약 8일 늦게 시작하였다(표 3.4.1.).

보통 장마철은 6월 하순에 시작하여 7월 하순에 종료되는데, 2021년에는 평년보다 약 8~14일 늦게 시작하여 약 1~7일 이른 7월 19일에 전국이 동시에 종료되었고, 이는 1973년 이후 처음으로 나타난 기록이었다(표 3.4.1., 그림 3.4.12.).

장마철 기간은 전국이 17일로 동일한 가운데, 제주 평년(32.4일)보다 15.4일, 남부지방은 평년(31.4일)보다 14.4일, 중부지방은 평년(31.5일)보다 14.5일 짧아 중부지방과 제주도를 기준으로 1973년 이후 3번째로 짧은 장마로 기록되었다(표 3.4.2.).

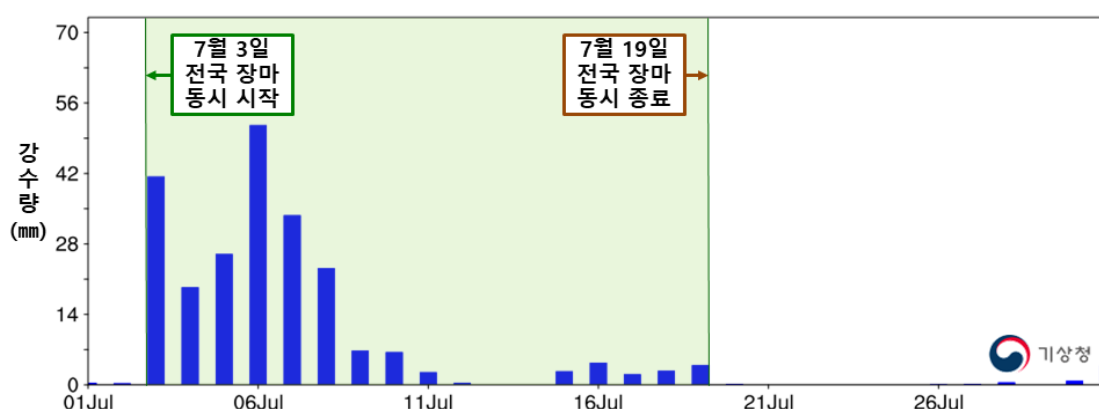
[표 3.4.1] 2021년과 평년(1991~2020년)의 장마철 시작일과 종료일 및 기간

	올해			평년		
	시작	종료	기간(일)	시작	종료	기간(일)
중부	7.3.	7.19.	17	6.25.	7.26.	31.5
남부	7.3.	7.19.	17	6.23.	7.24.	31.4
제주	7.3.	7.19.	17	6.19.	7.20.	32.4

※ 1973년 이후 연속적으로 관측자료가 존재하는 중부 26개, 남부 36개, 제주 4개 지점 관측값 사용

[표 3.4.2] 중부/남부/제주 장마철 시작일과 종료일 및 기간, 기간별 순위

짧은 순위	중부				남부				제주			
	연도	시작일	종료일	기간	연도	시작일	종료일	기간	연도	시작일	종료일	기간
1위	1973년	6.25.	6.30.	6일	1973년	6.25.	6.30.	6일	1973년	6.25.	7.1.	7일
2위	2018년	6.26.	7.11.	16일	2018년	6.26.	7.9.	14일	1994년	6.17.	7.1.	15일
3위	2021년	7.3.	7.19.	17일	1994년	6.22.	7.6.	15일	2021년	7.3.	7.19.	17일
4위	1999년	6.23.	7.10.	18일	1992년	7.9.	7.23.	15일	2004년	6.24.	7.11.	18일
5위	2012년	6.29.	7.17.	19일	2021년	7.3.	7.19.	17일	2005년	6.25.	7.15.	21일



[그림 3.4.12] 2021년 7월 1~31일 전국 강수량 일변화 시계열

3.4.4.1. 강수량

장마철 전국 강수량(227.5mm)은 장마철 기간이 역대 3번째로 짧았던 만큼, 평년(356.7mm)의 64.5% 수준으로 매우 적었고, 1973년 이후 하위 10위를 기록하였다.

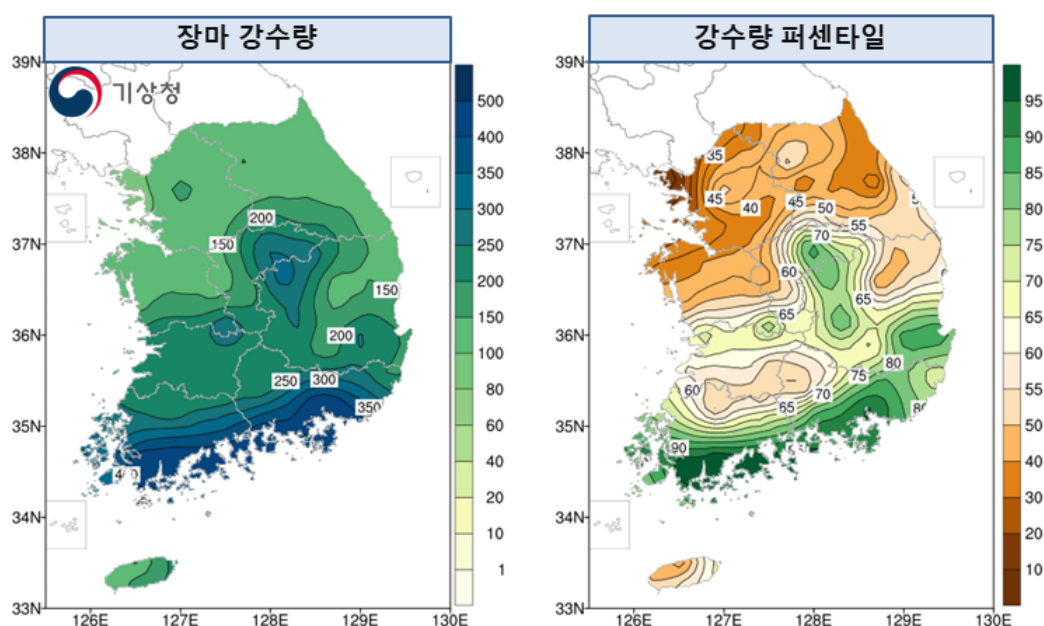
중부지방과 제주도 강수량은 각 150.9mm, 150.1mm로 하위 5위, 남부지방은 282.9mm로 하위 15위를 기록하였고, 주로 남부지방 중심으로 장맛비가 집중되면서 지역별 차이가 컸다(표 3.4.3., 그림 3.4.13.). 또한, 역대 긴 장마철로 매우 많은 비가 내렸던 작년을 제외하고 2014년 이후 평년보다 적은 장마철 강수량 경향을 이어갔다.

※ 전국 장마철 강수량(mm): 2014년 146.2mm, 2015년 240.2mm, 2016년 341.1mm, 2017년 296.7mm, 2018년 292.7mm, 2019년 301.4mm, 2020년 701.4mm

장마철 전국 강수일수는 9.9일로 평년(17.3일)보다 7.4일 적었고, 1973년 이후 하위 4위를 기록하였다. 중부지방(9.3일)과 남부지방(10.3일)도 하위 4위, 제주도(9.0일)는 하위 5위를 기록하며 전국적으로 강수 현상이 적었다.

[표 3.4.3] 2021년과 평년(1991~2020년)의 장마철 기간 평균 강수량과 강수일수, 순위

	2021년		평년	
	평균 강수량(mm) /적은 순위	강수일수(일) /짧은 순위	평균 강수량(mm)	강수일수(일)
중부	150.9 / 5위	9.3 / 4위	378.3	17.7
남부	282.9 / 13위	10.3 / 4위	341.1	17.0
제주	150.1 / 5위	9.0 / 5위	348.7	17.5
전국	227.5 / 10위	9.9 / 4위	356.7	17.3



[그림 3.4.13] 2021년 장마기간(7월 3~19일) 전국 66개 지점의 (왼쪽)강수량(mm), (오른쪽)강수량 퍼센타일(%) 분포도

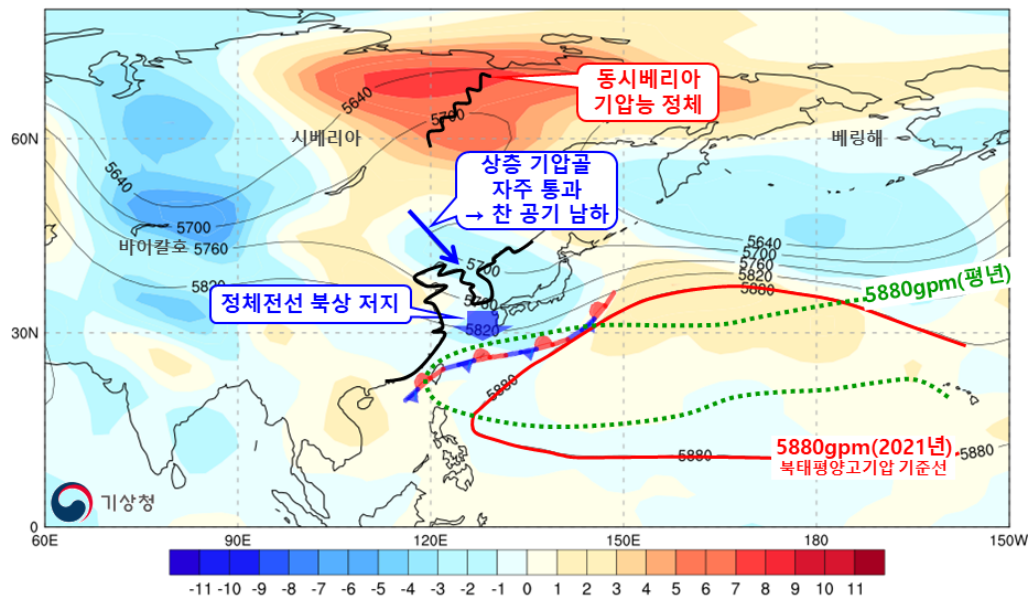
3.4.4.2. 2021년 장마철 특성

1) 장마철이 늦게 시작한 원인

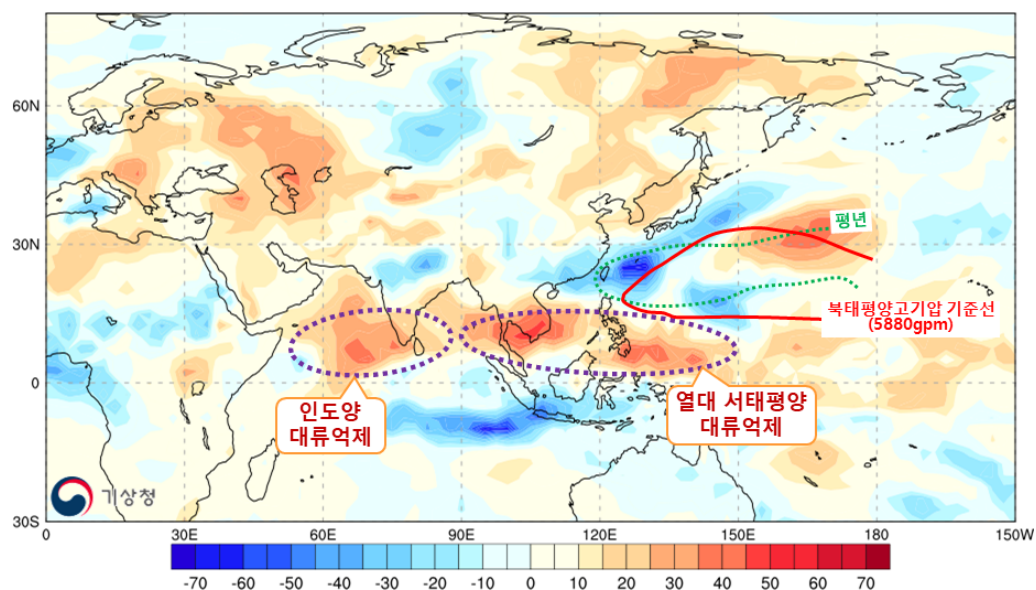
일반적으로 장마철은 북태평양고기압이 북상하는 시기인 6월 19일경 제주도를 중심으로 시작되며, 7월 하순경 북태평양고기압이 우리나라까지 확장하고 정체전선이 북한으로 북상하여 약화되면 장마가 종료되는 경향이 있다.

그러나 2021년에는 이례적으로 북태평양고기압의 확장이 평년보다 늦고, 정체전선이 6월 말까지 중국 남부~일본 남쪽에 머물면서, 장마철은 1973년 이후 2번째(제주도 기준)로 늦은 7월 3일에 시작하였다.

원인을 살펴보면, 6월 중순 후반부터 동시베리아 부근에 따뜻한 공기덩어리가 정체하여 동서 흐름이 원활하지 못한 가운데, 우리나라 북쪽에 차고 건조한 공기가 위치하기 좋은 조건이 형성되었고, 이를 동반한 상층 기압골도 자주 통과하였다. 또한, 인도양과 열대 서태평양에서 평년대비 대류가 억제(하강기류)되면서 북태평양고기압의 북서쪽으로의 확장과 정체전선의 북상을 지연시켜 장마철이 늦게 시작한 것으로 분석된다(그림 3.4.14., 그림 3.4.15.).



[그림 3.4.14] 2021년 6월 19~30일 500hPa 평균 지위고도선과 850hPa 기온 평년편차
출처: NCEP 재분석자료

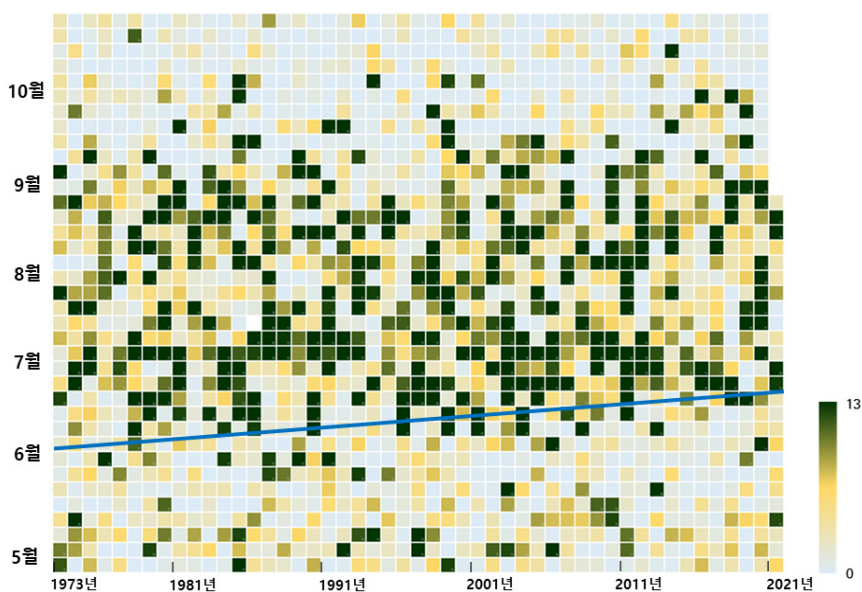


[그림 3.4.15] 2021년 6월 19~30일 상향장파복사(OLR) 평년편차 분포도
출처: 미국 국립해양기상청(NOAA)

참고

1973년 이후 5~10월 강수량 변화 경향

1973년 이후 5~10월의 5일 평균 강수량 변화 경향을 살펴보면, 6월 하순경 장마철이 시작하면서 많은 강수를 보였다가, 장마철 종료 후 7월 하순경에는 강수의 소강상태(휴지기)가 나타나고, 이후 다시 강수가 많아지는 것으로 나타났다. 또한, 기후변화로 강수량이 많아지기 시작하는 시기가 1970~80년대는 6월 상순경이었으나, 2011년 이후로는 점차 늦어져서 6월 하순경 나타나는 것으로 분석된다(그림 3.4.16.).

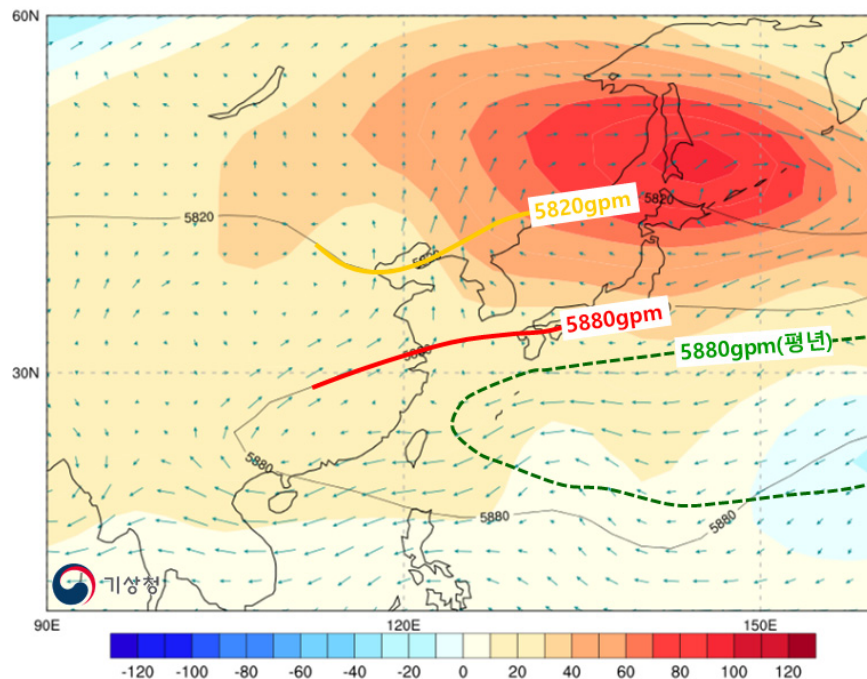


[그림 3.4.16] 1973~2021년 5~10월 5일 평균 강수량 시계열 히트맵

2) 장마철 강수량이 적었던 원인

장마철 초반에는 저기압을 동반한 정체전선 영향과 남서 기류의 유입으로 남부지방 중심으로 강수가 내렸다. 이후 중국 북동부 부근의 상층 기압능 강화로 정체전선이 약화되어 우리나라 남동쪽에 머물렀고, 후반에는 동쪽에서 확장하는 북태평양고기압이 우리나라를 덮으면서 장마철이 평년보다 일찍 종료됨에 따라 전국 강수량이 적었다(그림 3.4.17.).

특히, 2021년은 정체전선의 남북 진동에 의한 강수가 주를 이루기 보다 장마철 중반 이후부터 북태평양고기압이 평년보다 북동쪽으로 발달함에 따라, 우리나라는 고기압 가장자리에서 대기불안정에 의한 강수 횟수가 많았다. 대기불안정에 의한 강수는 국지적으로 내리는 특성상 지역별 차이가 컸고, 장마철 기간동안 영향을 준 태풍도 없어서 전국 강수량이 큰 폭으로 증가할 수 없었던 것으로 분석된다.

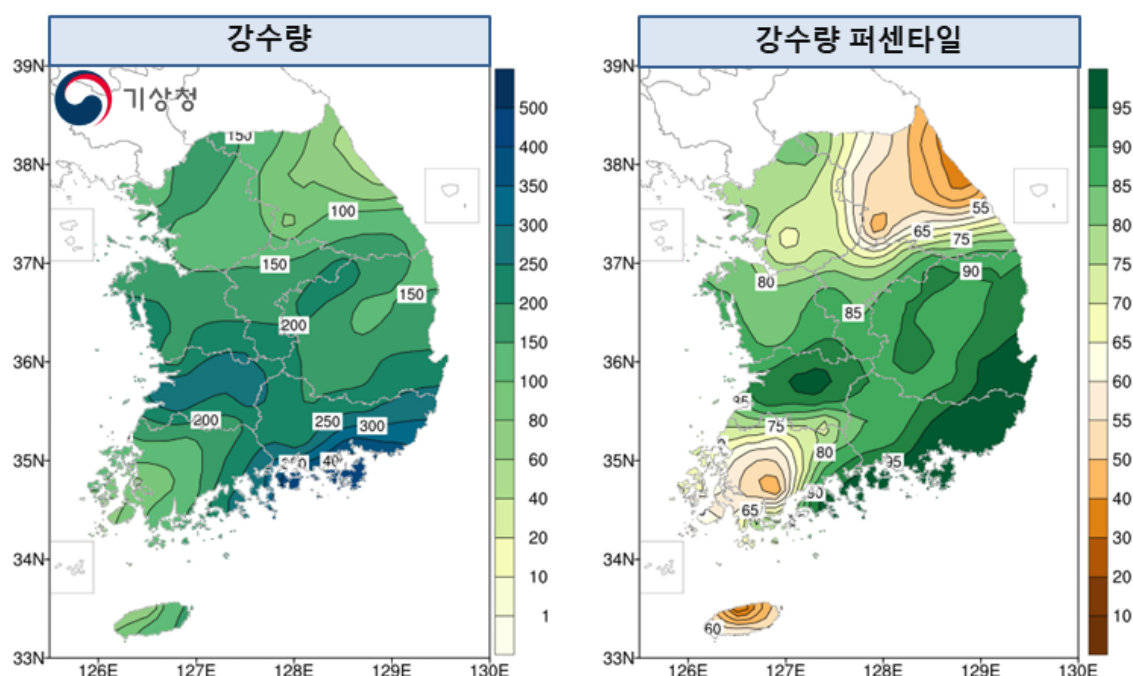


[그림 3.4.17] 장마기간(7/3~19) 500hPa 평균 지위고도선과 850hPa 바람 평년편차 분포도
출처: NCEP 재분석 자료

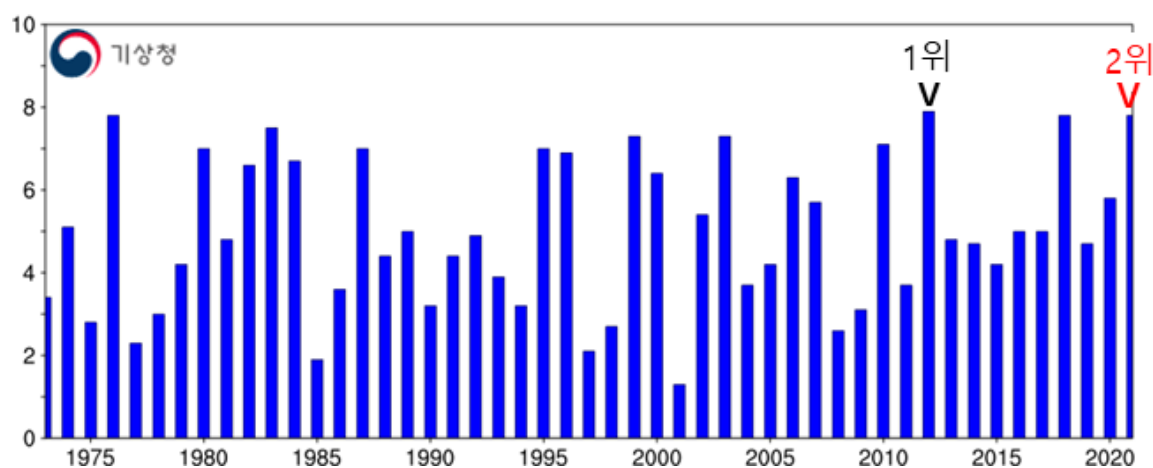
3.4.5. 2021년 여름철 기후 이슈

1) 늦여름 많은 강수: 2021년 8월 21~31일

해당 기간 전국 강수량은 193.7mm로 평년(101.5mm)보다 약 1.9배 많았으며, 1973년 이후 6번째로 많은 강수량을 기록하였고, 강수일수도 7.8일로 2번째로 많았다. 주로 강수는 전북 지방과 경남 해안, 경북 동해안에 집중되었고, 전남과 제주도, 강원영동은 평년에 비해 다소 적은 양을 기록하였다(그림 3.4.18., 그림 3.4.19.).

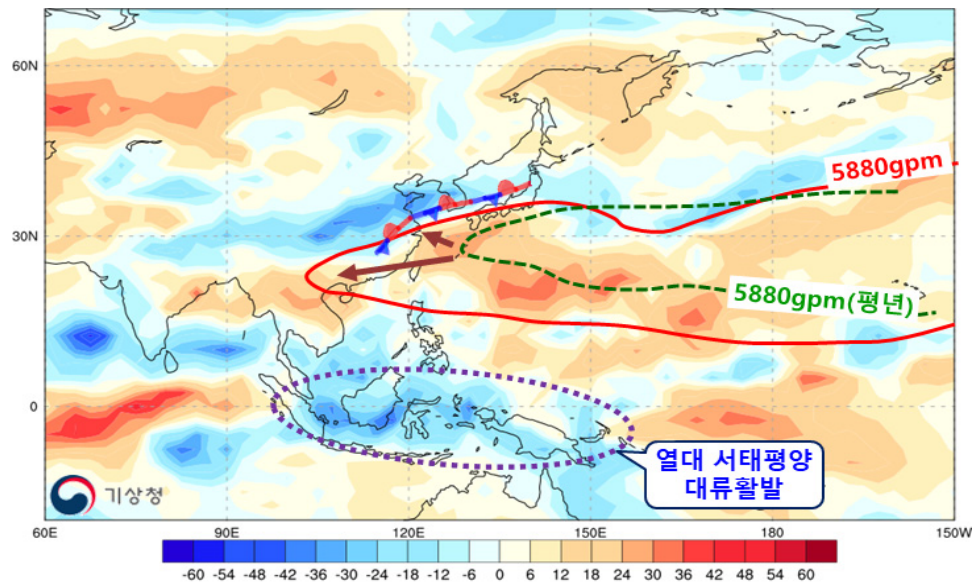


[그림 3.4.18] 2021년 8월 21~31일 (왼쪽)강수량(mm), (오른쪽)강수량 퍼센타일(%ile) 분포도



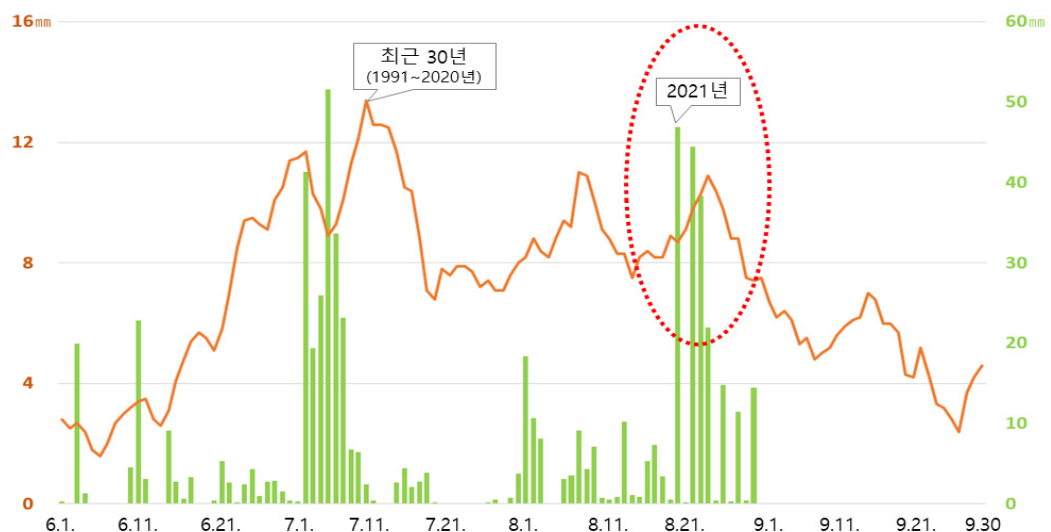
[그림 3.4.19] 2021년 8월 21~31일 전국 62개 지점의 강수일수 시계열(1973~2021년)

이는 8월 하순경 열대 서태평양에서의 대류가 활발해지면서 북태평양고기압이 북서쪽으로 확장하였고, 우리나라 남쪽에 정체전선이 형성되어 태풍(제12호 ‘오마이스’)과 함께 영향을 주어 많은 강수가 내렸던 것으로 분석된다(그림 3.4.20).



[그림 3.4.20] 2021년 8월 21~31일 상향장파복사(OLR) 평년편차 분포도
출처: 미국 국립해양기상청(NOAA)

이렇게 늦여름의 많은 강수는 강수의 최근 30년 경향에서도 잘 나타난다. (그림 3.4.21.)와 같이 최근 30년(1991~2020) 일강수량 경향을 보면, 장마철(6월 하순~7월 하순)외에도, 장마철 종료 후인 8월 상순과 하순에 집중되는 특징이 나타났다. 올해 8월 하순 정체전선과 태풍 등에 의한 많은 강수도 이러한 강수의 경향을 따른 것으로 분석된다.

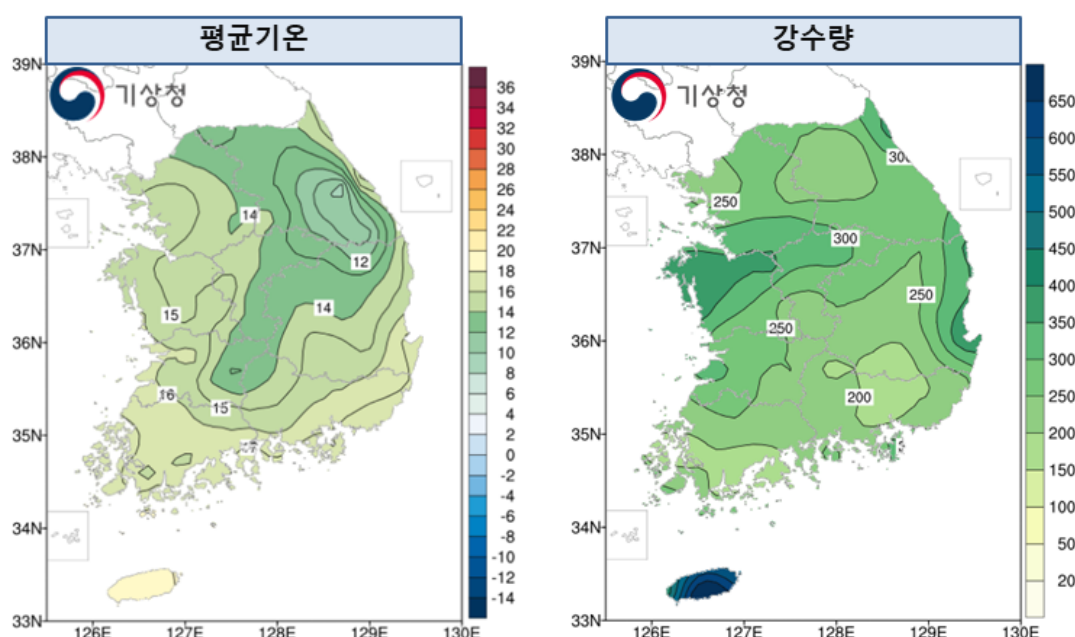


[그림 3.4.21] 2021년 6~8월 일강수량과 최근 30년(1991~2020년) 6~9월 일강수량 5일 이동평균 시계열

3.5. 2021년 가을철(9월~11월) 기후특성

3.5.1. 2021년 가을철의 기온, 강수량

- 전국의 가을철 평균기온은 14.9℃로 평년(14.1℃)보다 0.8℃ 높았으며, 1973년 이후 5번째로 높은 평균기온을 기록하였다.
- 전국 강수량은 256.4mm로 평년(216.9~303.7mm)과 비슷한 양이었으며, 1973년 이후 24번째로 많은 강수량을 기록하였다.



[그림 3.5.1] 2021년 가을철 전국 66개 지점의 (왼쪽)평균기온(℃), (오른쪽)강수량(mm) 분포도

2021년 가을철은 주로 따뜻한 이동성 고기압의 영향을 받는 가운데 때때로 북서쪽의 찬 대륙 고기압이 확장하면서 영향을 주어 중반으로 갈수록 기온의 변동 폭이 매우 컸다.

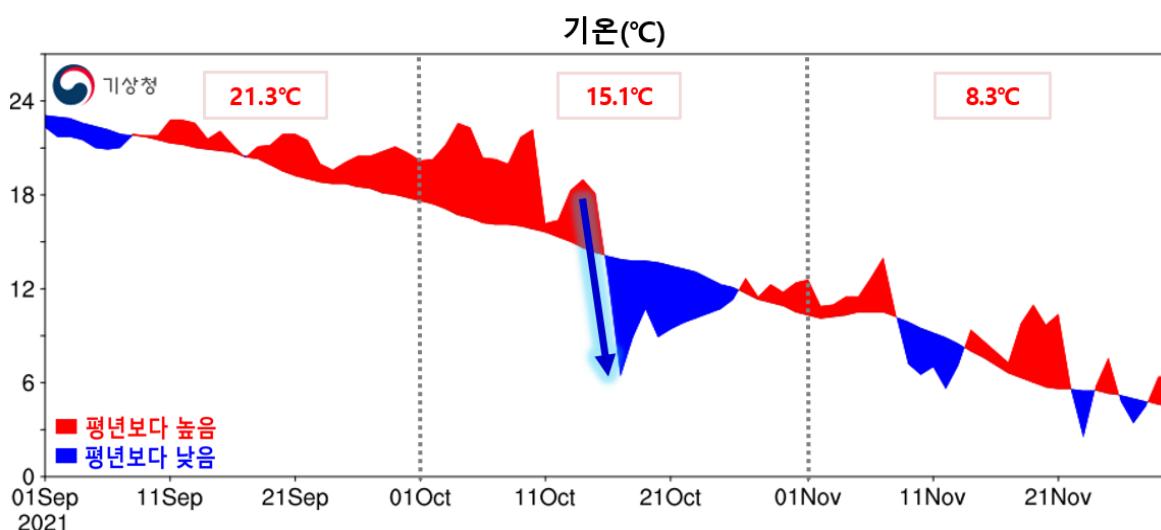
(그림 3.5.2.)와 같이 이번 가을철의 평균기온 시계열을 살펴보면, 9월 초반은 일시적으로 기온 하강을 보였으나, 10월 중반까지는 평년보다 높은 기온 분포를 보였다. 이후 큰 폭의 기온 하강을 보인 후 서서히 상승하면서 11월에는 기온의 상승과 하강을 반복하는 변동을 보였다.

9월(21.3℃/평년 20.5℃)은 초반까지는 상층 찬 공기의 영향으로 기온이 평년보다 다소 낮았으나, 이후 태풍과 저기압 전면의 따뜻한 남풍류의 유입과 이동성 고기압의 영향으로 평년보다 높은 기온을 기록하였고, 기온 변동폭이 작은 편이었다. 특히, 최고기온(25.8℃)은 평년(25.9℃) 수준이었으나, 구름이 많은 가운데 잦은 강수 현상으로 기온 하강이 저지되면서, 최저기온(17.7℃)은 평년(16.1℃)보다 1.6℃ 높아 일교차(8.2℃)가 1973년 이후 3번째로 작았다.

10월(15.1℃/평년 14.3℃)은 전반에는 따뜻한 남풍 기류의 영향을 지속적으로 받아 고온현상이 나타났고, 중순 후반에는 일시적으로 찬 대륙고기압이 강하게 확장하면서 저온현상이 나타나 9월과는 달리 큰 기온 변동을 보였다.

11월(8.3℃/평년 7.6℃)은 이동성 고기압의 영향을 주로 받으며 주기적인 기온 변동을 보였고, 평년보다 높은 기온 분포를 보인 가운데, 겨울의 시작을 알리는 입동인 7일에는 서울·경기도를 중심으로 역대 가장 높은 최고기온(21.0℃)을 기록하였다.

한편, 10월 17~18일에는 우리나라 5km 상공의 찬 공기 유입과 강한 북서풍의 영향으로 기온이 전국적으로 떨어져 서울과 안동 등 내륙지역에서 첫서리와 첫얼음이 관측되었다.



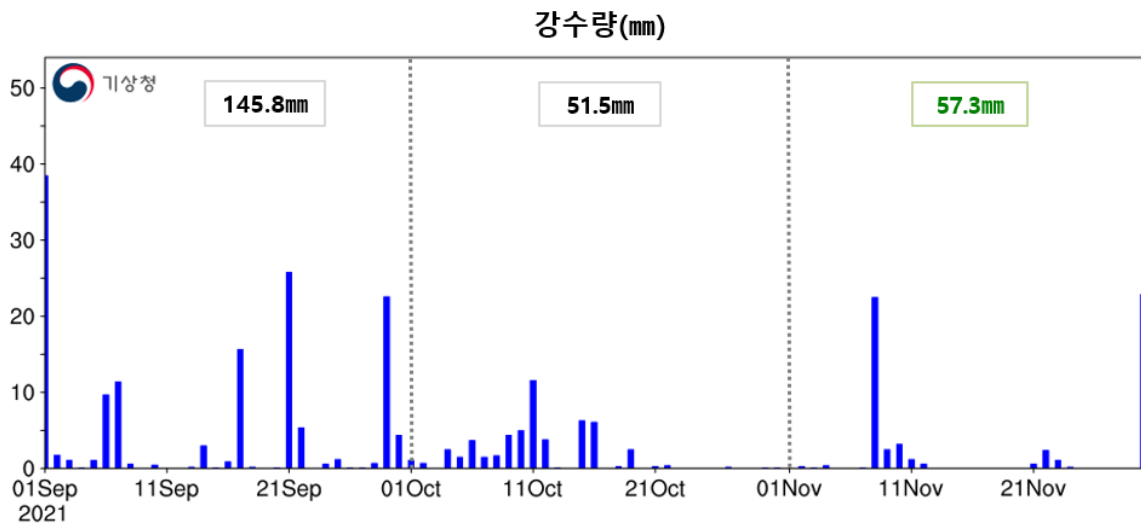
[그림 3.5.2] 2021년 가을철 전국 62개 지점의 평균기온 평년편차(℃) 시계열

2021년 가을철에는 9월 초부터 10월 중반까지 정체전선과 저기압의 영향을 자주 받아 전국 강수량은 256.4mm를 기록하여 평년(216.9~303.7mm)과 비슷한 수준으로 나타났다.

9~11월 강수량은 각 145.8mm, 51.5mm, 57.3mm로 9월과 10월은 평년(9월 84.2~202.3mm, 10월 37.0~64.3mm)대비 모두 비슷한 양을 기록하였고, 11월은 평년(30.7~55.1mm)보다 많은 편이었다 (그림 3.5.3.).

9월과 10월은 평년보다 확장한 아열대고기압과 상층 찬 공기가 만나 형성된 정체전선이 영향을 주면서 비가 내렸고, 이후 저기압도 자주 통과하면서 강수 현상이 잦았다. 또한, 9월에는 제14호 태풍 '찬투'에 의한 구름 수렴대의 영향으로 제주도 산간 지역을 중심으로 5일 동안(9월 13~17일) 총 1,000mm가 넘는 많은 강수를 기록하기도 하였다.

11월은 8일과 30일에 서쪽에서 다가온 저기압에 의해 전국적으로 강한 바람과 함께 많은 비가 내렸다. 특히, 30일에는 강하게 발달한 저기압이 우리나라 북부를 통과하면서 매우 강한 바람과 함께 이례적으로 많은 가을비가 내려, 거제(80.6mm, 3위), 김해(41.4mm, 3위) 등 일강수량 최다 극값을 경신한 지역들도 있었다. 한편, 10일에는 찬 대륙고기압이 일시적으로 확장하면서 서울에는 평년보다 10일 빠른, 작년(2020.12.10.)보다 한 달 빠른 첫눈이 관측되었다.



[그림 3.5.3] 2021년 가을철 전국 62개 지점의 강수량(mm) 시계열

3.5.2. 해수면 온도 및 대류활동

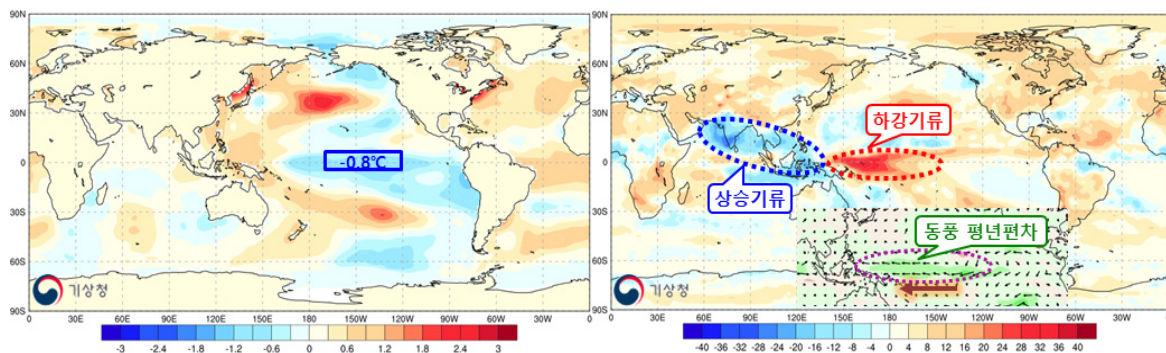
2021년 가을철에는 북반구 대부분 해역의 해수면 온도가 평년보다 높은 가운데, 척치해, 북미 서안과 중-동태평양을 중심으로는 평년보다 낮은 온도 분포를 보였다(그림 3.5.4. 왼쪽).

기상청에서 엘니뇨·라니냐 상태를 정의하는 엘니뇨·라니냐 감시구역(Nino 3.4구역, 5°S~5°N, 170°W~120°W)의 3개월 이동 평균된 해수면 온도(ERSSTv5)는 9월 -0.6℃, 10월 -0.9℃, 11월 -0.9℃로 평년보다 0.6~0.9℃ 낮은 상태가 유지되면서 2021년 5월 약한 라니냐가 종료된 이후, 중립상태를 유지하다 지난 8월부터 다시 라니냐를 강화시키는 신호가 나타났다(표 2.2.1).

9월에는 동인도양과 서태평양, 적도 대서양에 양의 해수면 온도가 나타났고, 서인도양 지역은 약한 음의 해수면 온도 편차를 보이며 음의 IOD가 나타났다. 음의 IOD 조건에서 남동인도양은 양의 해수면 온도 편차를 보이며, 그 지역의 대류 강화를 유발하여 보상 작용으로 아열대고기압을 확장시킨 역할을 하였다.

10월 이후로 북태평양의 양의 해수면 온도 편차, 베링해 주변의 음의 해수면 온도 편차와 중-동태평양의 음의 해수면 온도 편차가 보다 강화되었고, 중-동태평양의 음의 해저수온 편차 영역도 확대되고 점차 강화되어 라니냐 발달을 지원하였다.

또한, 인도와 동인도양, 남동아시아 주변으로는 대류활동이 활발(상승기류)한 가운데, 적도 태평양을 중심으로 동풍 평년편차가 강하고, 열대 서태평양은 대류활동 억제(하강기류)가 강하게 나타나 라니냐에 따른 대기반응이 나타난 것으로 분석된다(그림 3.5.4. 오른쪽).



[그림 3.5.4] 2021년 가을철 전 지구 (왼쪽)해수면 온도 평년편차(ERSSTv5),

(오른쪽)상향장파복사(OLR) 평년편차 분포도

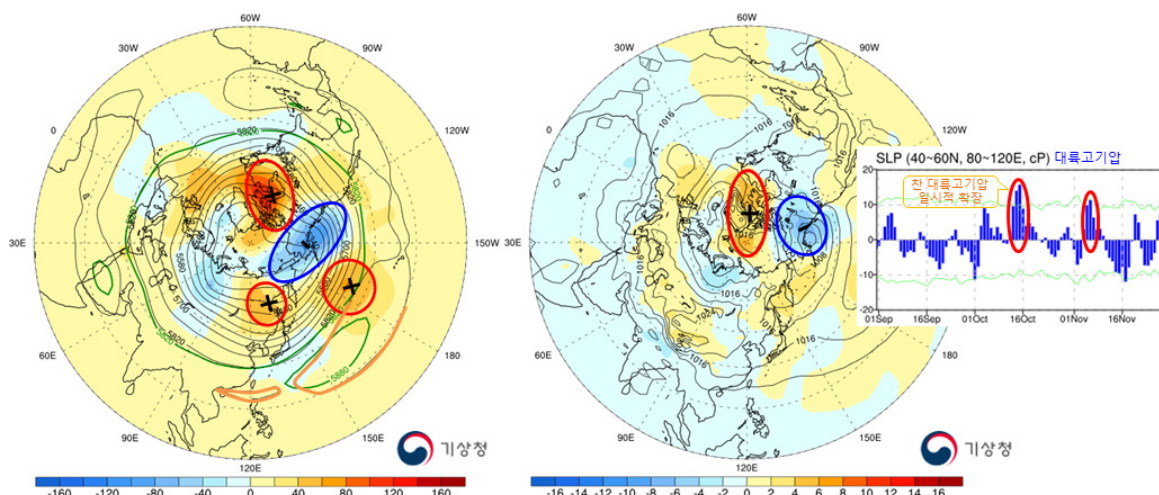
출처: 미국 국립해양기상청(NOAA)

3.5.3. 중위도 대기순환장

일반적으로 가을철은 여름철 기압계에서 겨울철 기압계로 전환되는 시기로, 대체로 이동성 고기압의 영향을 받지만, 가을철 초반에는 여름철 기압계의 특성이 나타나기도 하며, 가을철 후반에는 겨울철 기압계의 특성이 나타나기도 한다. 9월까지 북태평양고기압이 발달해 있어 여름철 기압계의 특징이 나타나며, 북태평양고기압이 일본 동쪽까지 확장된 상태가 유지된다. 10월에 북시베리아 지역에서는 영하의 기온이 나타나기 시작하고 아열대고기압은 점차 약화되어 수축된다. 11월에 점차 대륙이 냉각되어 대륙고기압이 발달하기 시작하면 겨울철과 유사한 형태의 기압계 패턴을 보인다.

2021년 가을철의 500hPa 지위고도 분포도를 보면, 동서 기압계가 대체로 원활한 흐름 속에 북미 북부와 주변 북극해, 북태평양, 중국 북동부와 우리나라 부근은 평년보다 지위고도가 높았다. 또한, 아열대고기압(5880gpm 지위고도)은 점차 수축되지 않고, 10월 중반까지 평년보다 동서로 길게 발달하여 강하게 유지되면서 우리나라에 영향을 주었다(그림 3.5.5. 왼쪽).

해면기압은 북극해 주변을 중심으로 500hPa 지위고도와 유사한 분포를 보였으며, 우리나라는 대체로 따뜻한 이동성 고기압의 영향을 주로 받는 가운데, 때때로 찬 대륙고기압의 확장으로 찬 공기의 영향도 일시적으로 받았다(그림 3.5.5. 오른쪽).



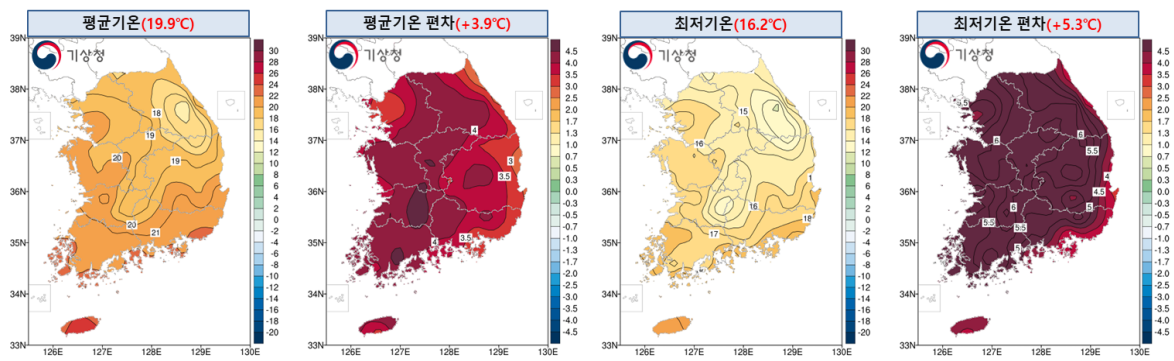
[그림 3.5.5] 2021년 가을철 북반구 (왼쪽)500hPa 지위고도 평년편차, (오른쪽)해면기압 평년편차 분포도와 대륙고기압 시계열
출처: NCEP 재분석자료

3.5.4. 2021년 가을철 기후 이슈

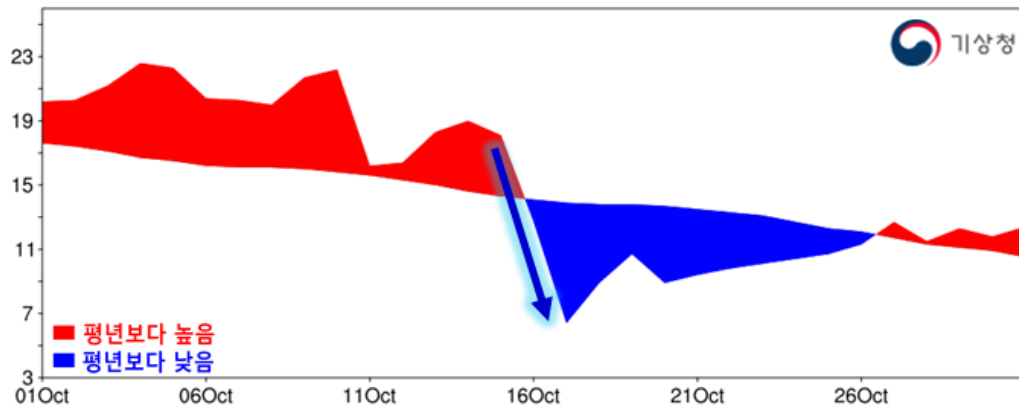
1) 매우 큰 기온 변동: 2021년 10월

10월은 1일부터 15일까지 전국 평균기온(19.9℃)과 최저기온(16.2℃)이 역대 1위를 기록하며 고온현상이 나타났으나, 16일을 기점으로 기온이 급강하하면서 1973년 이후 가장 큰 10월의 기온 변동이 나타났다(그림 3.5.6., 표 3.5.1.).

16일 낮과 17일 아침 사이 기온(16일 최고기온 17.1℃, 17일 최저기온 1.8℃)은 기온차가 15.3℃에 이를 정도로 큰 폭의 변동을 보였고, 17일 아침에는 전국 대부분 지역에 강한 바람과 함께 한파주의보가 발표되기도 하였다(그림 3.5.7.).



[그림 3.5.6] 2021년 10월 1~15일 전국 66개 지점의 평균/최저기온(℃) 및 평균/최저기온 평년편차 분포도

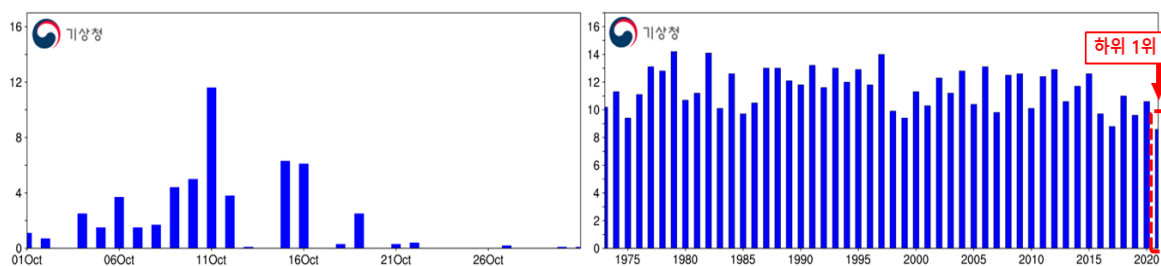


[그림 3.5.7] 10월 평균기온 평년편차 일별 시계열

[표 3.5.1] 10월 1~31일 일평균기온의 표준편차 순위(1973년 이후)

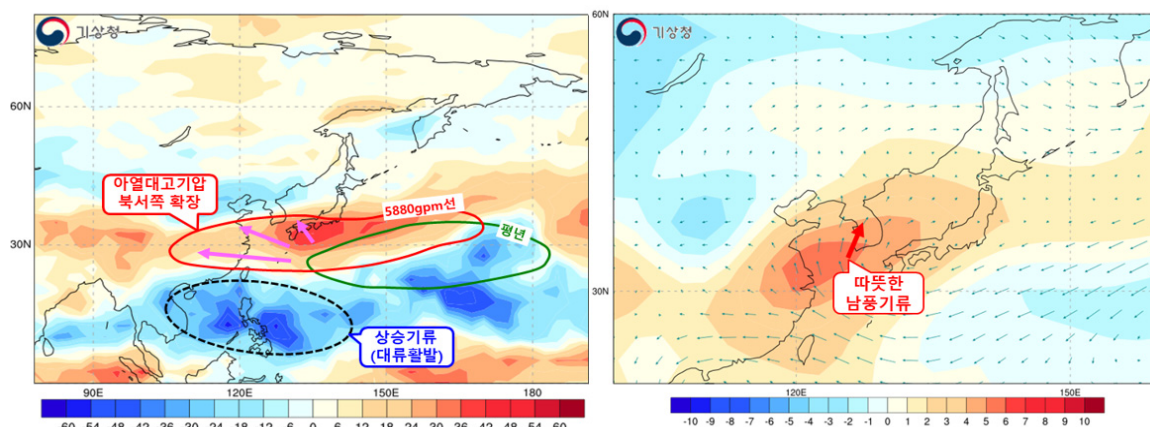
순위(연도)	표준편차	순위(연도)	표준편차	순위(연도)	표준편차
1위(2021)	5.1℃	2위(2002)	4.2℃	3위(1980)	4.1℃

특히, 고온현상이 발생한 기간의 최저기온은 역대 2위인 1998년과의 차이가 2.0°C 로 매우 높은 편이었다. 일반적으로 가을철 낮 동안에는 일사에 의해 기온이 상승하였다가, 복사냉각에 의해 최저기온이 하강하면서 일교차가 벌어지는데, 이 기간에는 일교차가 8.6°C 로 49위(하위 1위), 강수 일수가 6.2일로 상위 1위, 일조시간도 75.9hr로 43위(하위 7위)를 기록할 정도로 전국적으로 흐리고 비가 매우 잦아 최저기온의 하강을 저지하였다(그림 3.5.8.).



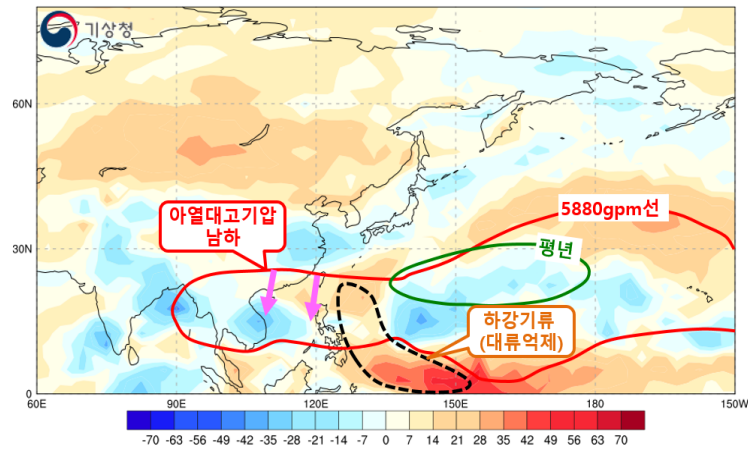
[그림 3.5.8] 10월 (왼쪽)강수량 일별 시계열, (오른쪽)전국 62개 지점의 일교차 시계열(1973~2021년)

(그림 3.5.9. 왼쪽)와 같이 10월 1~15일 500hPa 지위고도선(5880gpm)의 위치를 살펴보면, 일본 남동쪽에 위치하던 평년에 비해 우리나라 남쪽에 중심을 두고 중국 중부까지 북서쪽으로 발달한 분포가 나타났다. 이는 10월 중반까지 필리핀해 부근에서 강하게 형성된 대류활동(상승기류)이 지속됨에 따라 우리나라 남쪽으로 하강기류가 생성되었고, 이로 인해 아열대고기압이 이례적으로 평년보다 북서쪽으로 발달한 것으로 분석된다. 또한, 우리나라는 아열대고기압의 가장자리를 따라 따뜻한 남풍 기류가 지속적으로 유입되면서 고온현상이 나타난 것으로 분석된다(그림 3.5.9. 오른쪽).

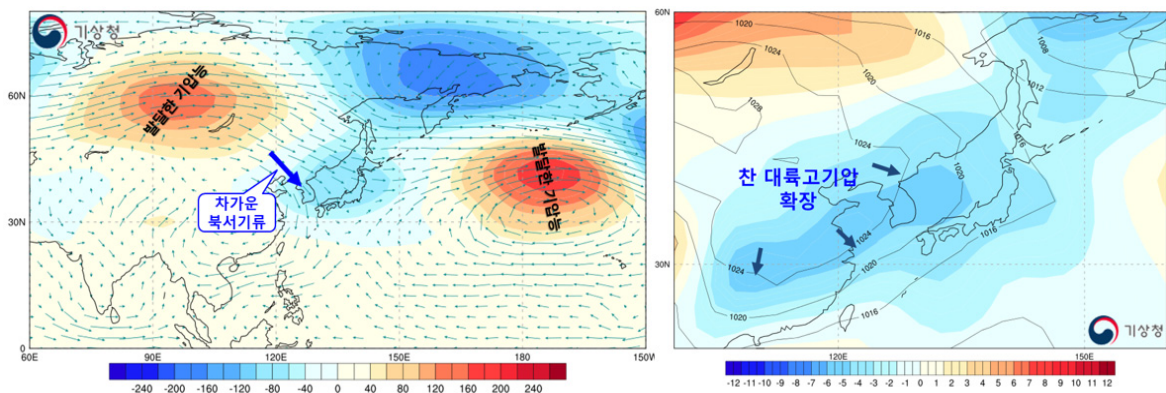


[그림 3.5.9] 10월 1~15일 (왼쪽)상향장파복사 평년편차, (오른쪽)850hPa 기온 및 바람장 평년편차 분포

한편, 10월 중순 이후부터는 장기간 지속되던 필리핀해 부근의 대류활동이 약화됨과 동시에 중앙시베리아와 베링해 부근에 기압능이 발달하면서 대기 중층에서는 차가운 북서 기류를 유도하여 우리나라 주변에 찬 공기가 일시적으로 머물렀다(그림 3.5.10.). 대기 하층에서도 찬 대륙고기압이 강하게 확장하면서 강한 바람과 함께 전국 곳곳에 저온현상이 나타나면서, 급격한 기온 변동을 보였다(그림 3.5.11.).



[그림 3.5.10] 10월 16~25일 (왼쪽)상향장파복사 평년편차 분포



[그림 3.5.11] 10월 16~25일 (왼쪽)500hPa 지위고도 및 850hPa 바람장 평년편차
(오른쪽)해면기압 및 850hPa 기온 평년편차 분포

2) 6년 연속 9월 태풍 영향

2021년 발생한 총 22개의 태풍 중 가을철에 우리나라에 영향을 미친 태풍은 9월에 발생한 제14호 '찬투'로 2016년 이후 6년 연속으로 9월 태풍 영향을 받았다(표 3.5.2.).

[표 3.5.2] 2021년 태풍 발생 현황(평년: 1991~2020년, 괄호 안 숫자: 발생일 기준 태풍 영향 수)

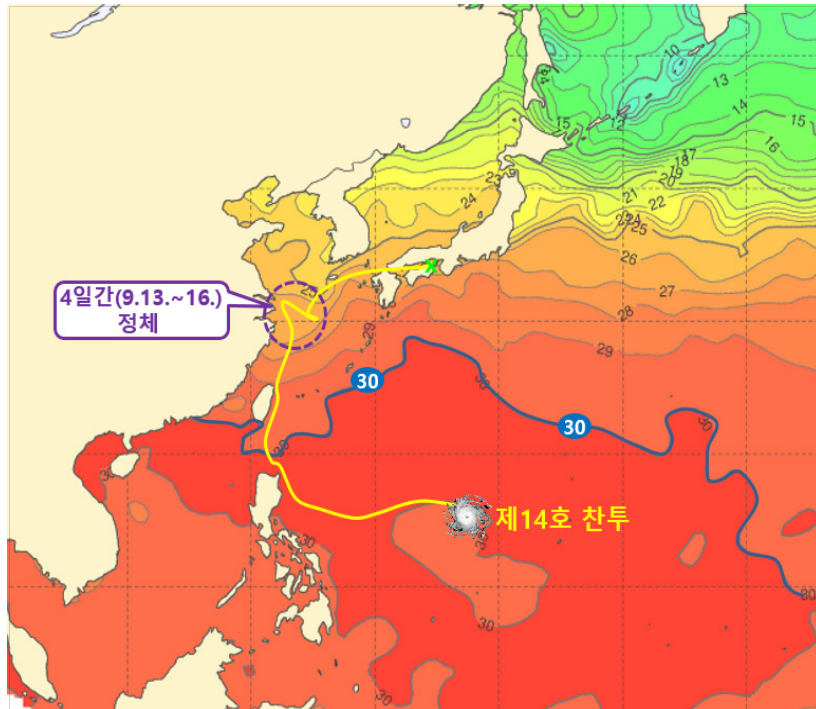
월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계
평년	0.3	0.3	0.3	0.6	1.0	1.7 (0.3)	3.7 (1.0)	5.6 (1.2)	5.1 (0.8)	3.5 (0.1)	2.1	1.0	25.1 (3.4)
2021년	-	1	-	1	1	2	3	4(2)	4(1)	4	1	1	22(3)

9월 태풍 발생 해역인 필리핀해 부근의 해수면 온도가 30℃ 내외로 유지되면서, 9월 7일 괌 서 북서쪽 약 920km 부근 해상에서 발생한 제14호 초강력 태풍 '찬투'는 북상 중 북쪽 고압부에 막혀 이례적으로 약 4일간 상해 부근 해상에서 정체하였다. 이로 인해 태풍에 동반된 구름 수렴대에 의해 약 5일간 제주도 한라산을 중심으로 약 1,000mm가 넘는 매우 많은 비가 내렸다(그림 3.5.12.).

※ 9월 17일 일최대순간풍속: 백록담(제주) 30.3%, 거문도(여수) 29.7%

※ 9월 13~17일 강수량: 진달래밭(제주) 1276.5mm

※ 9월 강수량 극값: 서귀포 692.4mm(1위), 고산 348.0mm(2위)



[그림 3.5.12] 9월 제14호 태풍 '찬투' 발생 경로

부 록

- I. 동아시아 500hPa 지위고도 평년편차 분포도와
전국 평균기온 및 강수량
- II. 신 평년(1991~2020년)과 이전 평년
(1981~2010년) 비교

부록 I

동아시아 500hPa 지위고도 평년편차 분포도와 전국 평균기온 및 강수량

[표 1] 월별 동아시아 500hPa 지위고도 평년편차와 전국 평균기온(°C), 강수량(mm) 분포도

	동아시아 500hPa 지위고도 평년편차 분포도	월 평균기온(평년편차)	월 강수량(퍼센타일)
2020년 12월			
		0.4°C(-0.7°C)	7.8mm(6.9%ile)
2021년 1월			
		-1.1°C(-0.2°C)	19.9mm(36.6%ile)
2021년 2월			
		3.4°C(+2.2°C)	20.1mm(24.6%ile)
2021년 3월			
		8.7°C(+2.6°C)	110.7mm(92.8%ile)
2021년 4월			
		13.2°C(+1.1°C)	76.3mm(41.3%ile)
2021년 5월			
		16.6°C(-0.7°C)	143.8mm(90.5%ile)

	동아시아 500hPa 지위고도 평년편차 분포도	월 평균기온(평년편차)	월 강수량(퍼센타일)
2021년 6월			
		21.7°C(+0.3°C)	91.6mm(27.5%ile)
2021년 7월			
		26.0°C(+1.4°C)	233.8mm(25.9%ile)
2021년 8월			
		24.8°C(-0.3°C)	288.4mm(48.9%ile)
2021년 9월			
		21.3°C(+0.8°C)	145.8mm(52.0%ile)
2021년 10월			
		15.1°C(+0.8°C)	51.5mm(47.7%ile)
2021년 11월			
		8.3°C(+0.7°C)	57.3mm(75.6%ile)

[표 2] 2021년 평균/최고/최저기온과 강수량 순위(1973~2021년)

평균기온			최고기온			최저기온			강수량		
순위 (상위)	년	기온(℃)	순위 (상위)	년	기온(℃)	순위 (상위)	년	기온(℃)	순위 (상위)	년	강수량(mm)
1	2016	13.4	1	2019	19	1	2016	8.7	1	2003	1882.8
2	2021	13.3	2	1994	18.9	2	2021	8.6	2	1998	1776.0
3	2019	13.3	3	2021	18.8	3	1998	8.6	3	1999	1679.1
4	1998	13.2	4	2016	18.8	4	2020	8.4	4	1985	1662.6
5	2015	13.1	5	2004	18.8	5	2007	8.4	5	2011	1658.0
6	2020	13.0	6	2015	18.7	6	2019	8.3	6	2020	1629.9
7	2007	13.0	7	1998	18.7	7	2015	8.3	7	1990	1598.0
8	1994	13.0	8	2017	18.5	8	1990	8.3	8	2002	1530.0
9	2004	12.9	9	2007	18.5	9	2014	8.0	9	1987	1528.5
10	2018	12.8	10	2020	18.4	10	1989	8.0	10	1989	1497.1

※ 강수량 상위 30위: 2021년 강수량 1244.5mm

[표 3] 2020/21년 겨울철 평균/최고/최저기온과 강수량 순위(1973/74년~2020/21년)

평균기온			최고기온			최저기온			강수량		
순위 (상위)	년	기온(℃)	순위 (상위)	년	기온(℃)	순위 (상위)	년	기온(℃)	순위 (상위)	년	강수량(mm)
1	2019	2.8	1	2019	8.0	1	2019	-1.7	1	1988	195.9
2	2006	2.0	2	2006	8.0	2	1988	-2.7	2	1989	178.7
3	1978	2.0	3	1978	7.6	3	1978	-2.7	3	2019	168.8
4	1997	1.6	4	1998	7.2	4	2006	-2.9	4	1975	149.8
5	1988	1.6	5	2008	7.1	5	1989	-2.9	5	1986	146.6
6	2008	1.4	6	1997	6.9	6	1997	-3.1	6	1992	145.6
7	1991	1.4	7	1991	6.9	7	1991	-3.3	7	2009	144.7
8	2016	1.3	8	1988	6.9	8	2015	-3.4	8	1997	144.5
9	1998	1.3	9	2016	6.8	9	1986	-3.4	9	2012	140.6
10	1989	1.3	10	2003	6.8	10	2008	-3.6	10	1978	133.2

※ 평균기온 상위 17위: 2020/21년 겨울 평균기온 0.9℃
 ※ 최고기온 상위 13위: 2020/21년 겨울 최고기온 6.6℃
 ※ 최저기온 상위 21위: 2020/21년 겨울 최저기온 -4.3℃
 ※ 강수량 상위 43위: 2020/21년 겨울 강수량 47.8mm

[표 4] 2021년 봄철 평균/최고/최저기온과 강수량 순위(1973~2021년)

평균기온			최고기온			최저기온			강수량		
순위 (상위)	년	기온(℃)	순위 (상위)	년	기온(℃)	순위 (상위)	년	기온(℃)	순위 (하위)	년	강수량(mm)
1	1998	13.2	1	2016	19.4	1	1998	7.8	1	1974	432.4
2	2016	13.0	2	2017	19.3	2	2021	7.3	2	2003	428.0
3	2018	12.9	3	2014	19.3	3	2018	7.2	3	2018	383.5
4	2014	12.9	4	1998	19.3	4	2016	7.1	4	1980	360.5
5	2021	12.8	5	2019	19.0	5	2014	7.0	5	1985	348.7
6	2017	12.7	6	2018	18.9	6	2002	6.7	6	1977	347.1
7	2019	12.5	7	2015	18.9	7	2017	6.6	7	2021	330.5
8	2015	12.5	8	2009	18.8	8	2012	6.6	8	1975	330.2
9	2002	12.5	9	2021	18.7	9	2003	6.5	9	1999	323.1
10	2009	12.4	10	2002	18.7	10	2015	6.4	10	2002	320.4

[표 5] 2021년 여름철 평균/최고/최저기온과 강수량 순위(1973~2021년)

평균기온			최고기온			최저기온			강수량		
순위 (상위)	년	기온(℃)	순위 (상위)	년	기온(℃)	순위 (상위)	년	기온(℃)	순위 (상위)	년	강수량(mm)
1	2018	25.3	1	1994	30.5	1	2013	21.5	1	2011	1068.1
2	2013	25.2	2	2018	30.4	2	2018	21.0	2	1987	1055.3
3	1994	25.1	3	2013	29.9	3	2010	20.9	3	2020	1032.7
4	2010	24.7	4	2016	29.6	4	2012	20.8	4	1998	1023.5
5	1978	24.7	5	2010	29.4	5	1978	20.8	5	2003	1000.8
6	2016	24.6	6	1978	29.4	6	2016	20.6	6	2002	926.3
7	2012	24.5	7	1973	29.4	7	1994	20.5	7	2006	921.4
8	1973	24.5	8	2017	29.3	8	2021	20.4	8	1993	869.4
9	2017	24.3	9	2012	29.1	9	2020	20.4	9	2004	860.3
10	1984	24.3	10	2001	29.0	10	2011	20.4	10	1978	849.3

※ 평균기온 상위 11위: 2021년 여름 평균기온 24.2℃

※ 최고기온 상위 14위: 2021년 여름 최고기온 28.9℃

※ 강수량 상위 17위: 2021년 여름 강수량 612.8mm

[표 6] 2021년 가을철 평균/최고/최저기온과 강수량 순위(1973~2021년)

평균기온			최고기온			최저기온			강수량		
순위 (상위)	년	기온(℃)	순위 (상위)	년	기온(℃)	순위 (상위)	년	기온(℃)	순위 (상위)	년	강수량(mm)
1	1975	15.4	1	1977	21.1	1	1975	11.0	1	1985	500.1
2	2019	15.2	2	1998	21.0	2	2016	10.7	2	1999	494.3
3	1998	15.1	3	1990	21.0	3	2021	10.5	3	2007	450.3
4	2011	15.0	4	2008	20.9	4	2019	10.5	4	2019	440.8
5	2021	14.9	5	1994	20.9	5	2011	10.3	5	2016	382.8
6	2015	14.9	6	2019	20.8	6	2015	10.2	6	1990	374.3
7	1990	14.9	7	2006	20.8	7	1998	10.1	7	2003	363.2
8	1977	14.9	8	2004	20.7	8	1990	10.0	8	2012	362.5
9	2016	14.8	9	2011	20.6	9	1985	10.0	9	1984	360.6
10	2008	14.8	10	1975	20.6	10	2008	9.8	10	2018	351.3

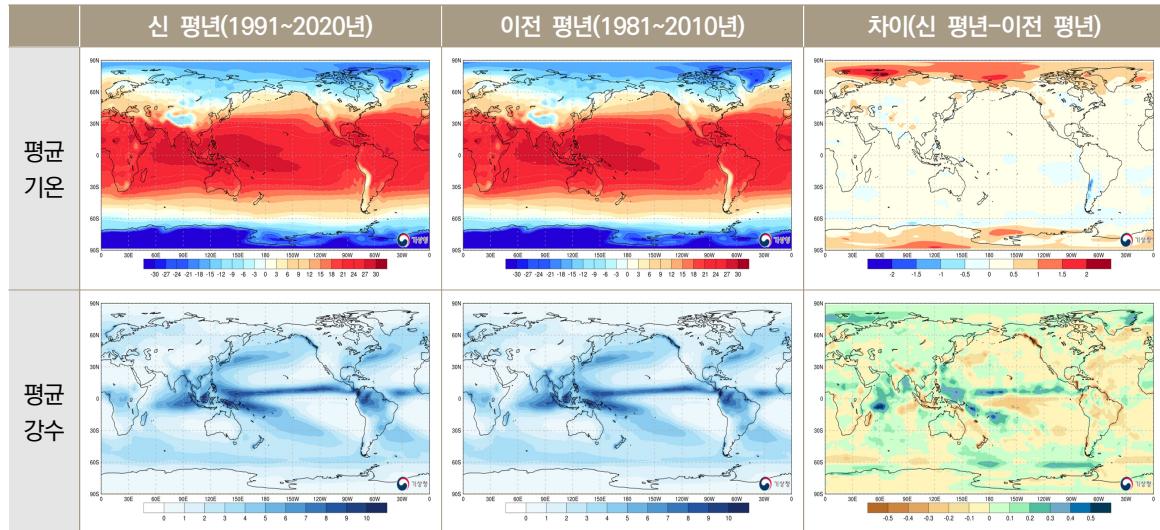
※ 최고기온 상위 11위: 2021년 가을철 최고기온 20.5℃

※ 강수량 상위 24위: 2021년 가을철 강수량 256.4mm

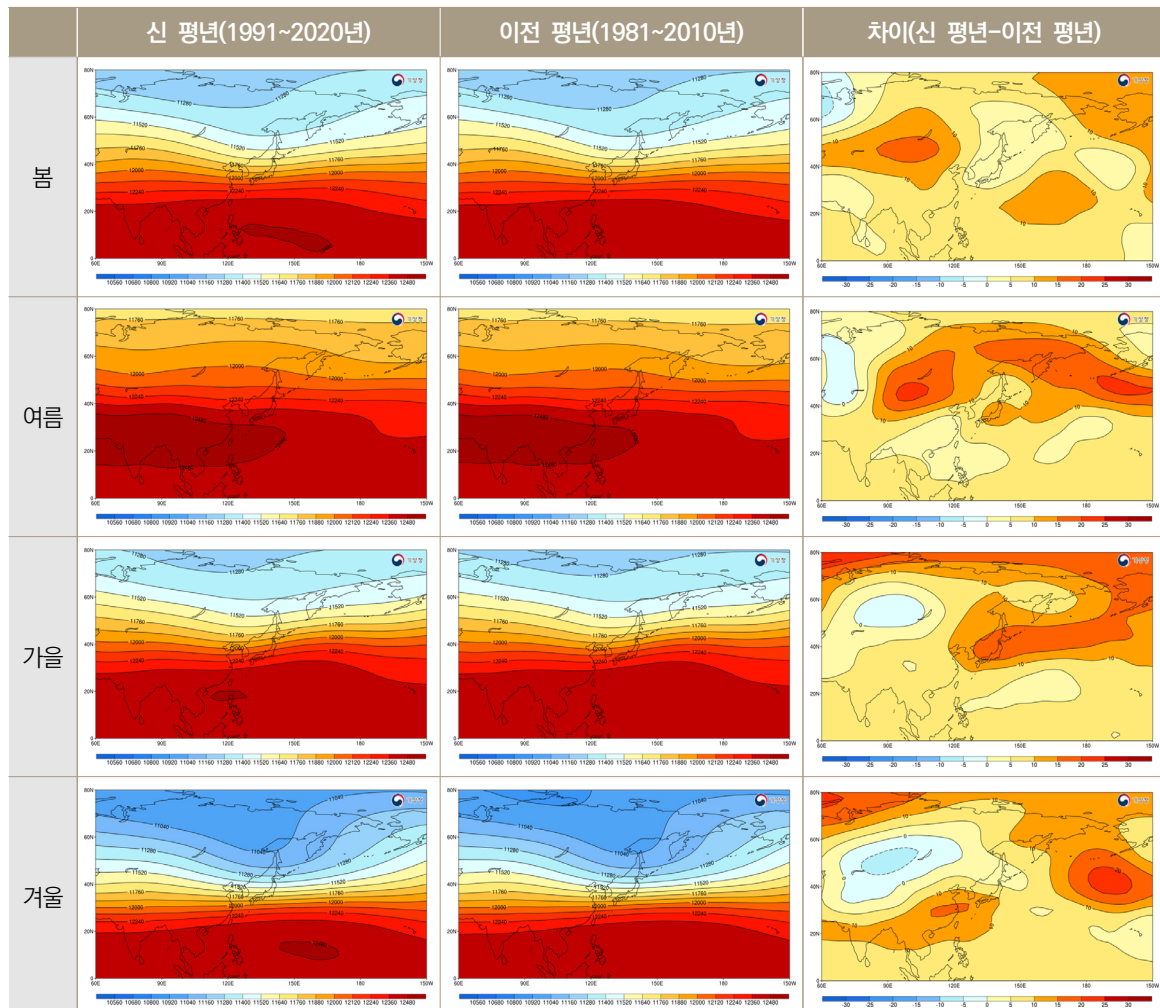
부록 II

신 평년(1991~2020년)과 이전 평년(1981~2010년) 비교

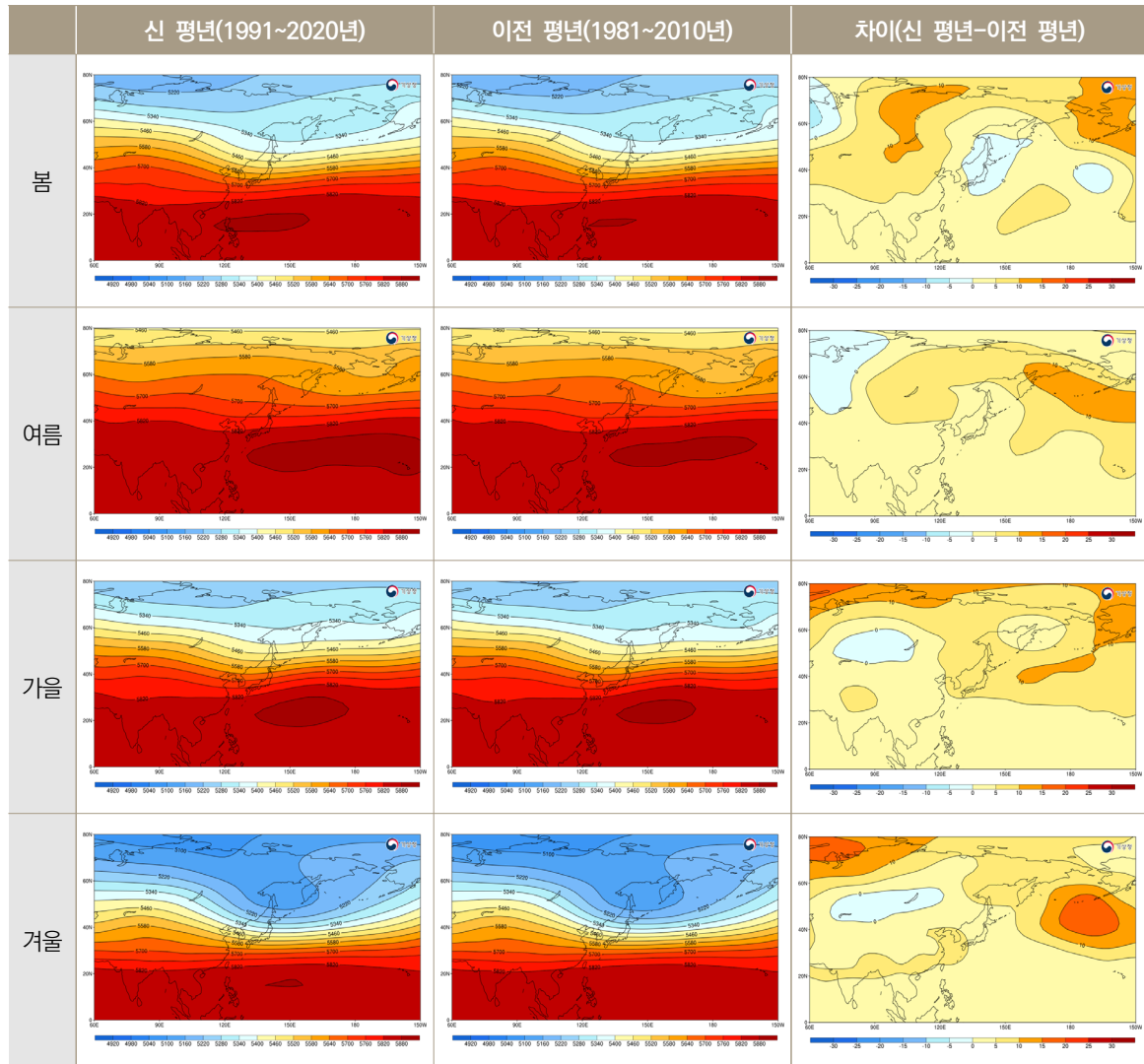
[표 1] 전 지구 연평균기온과 연강수 비교



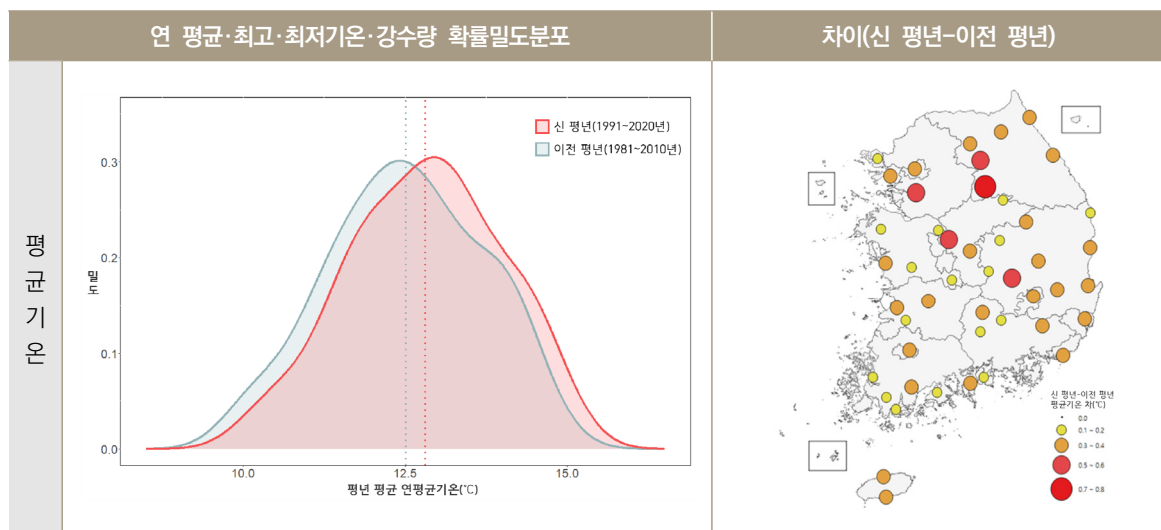
[표 2] 동아시아 계절별 200hPa 지위고도 비교

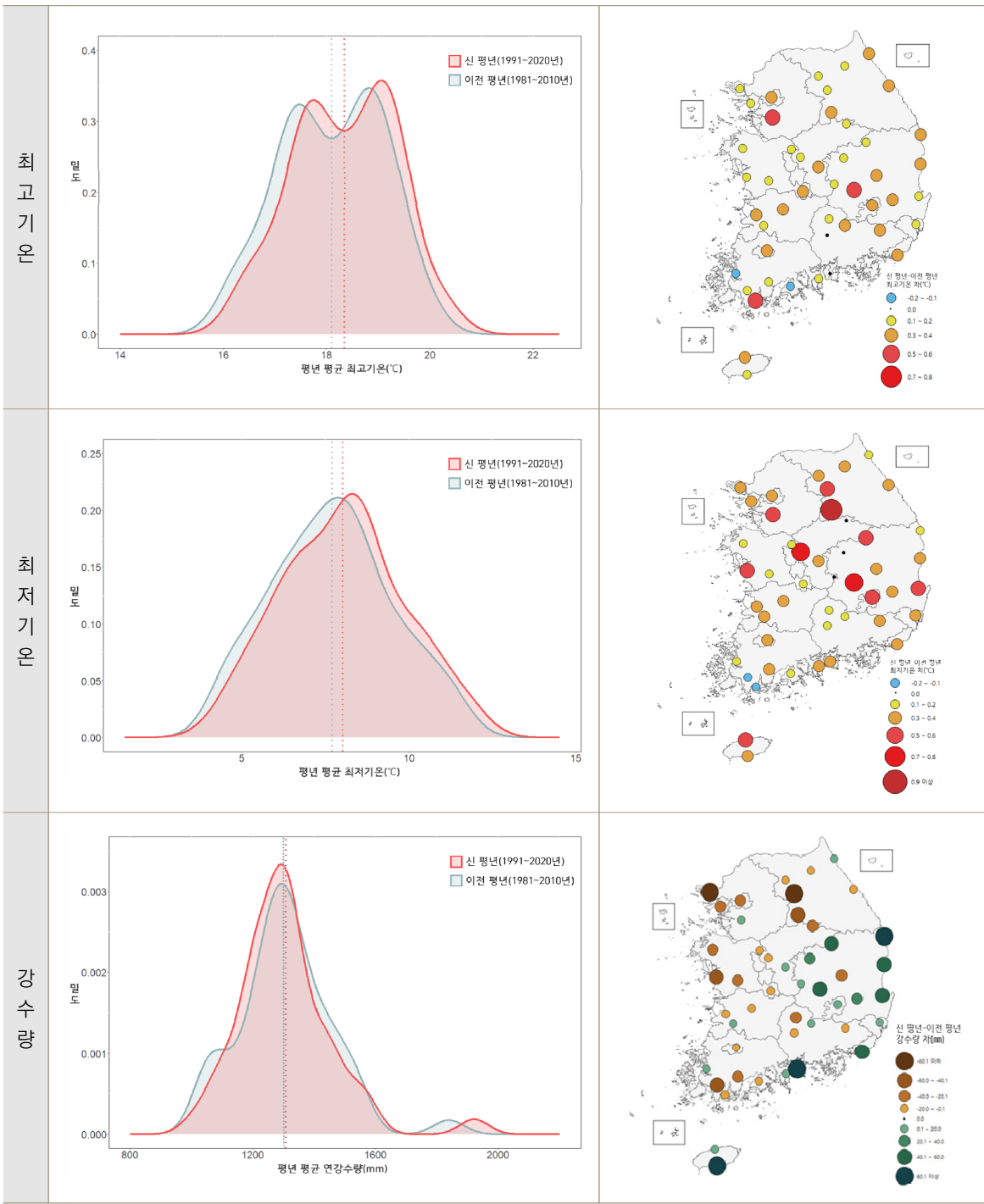


[표 3] 동아시아 계절별 500hPa 지위고도 비교

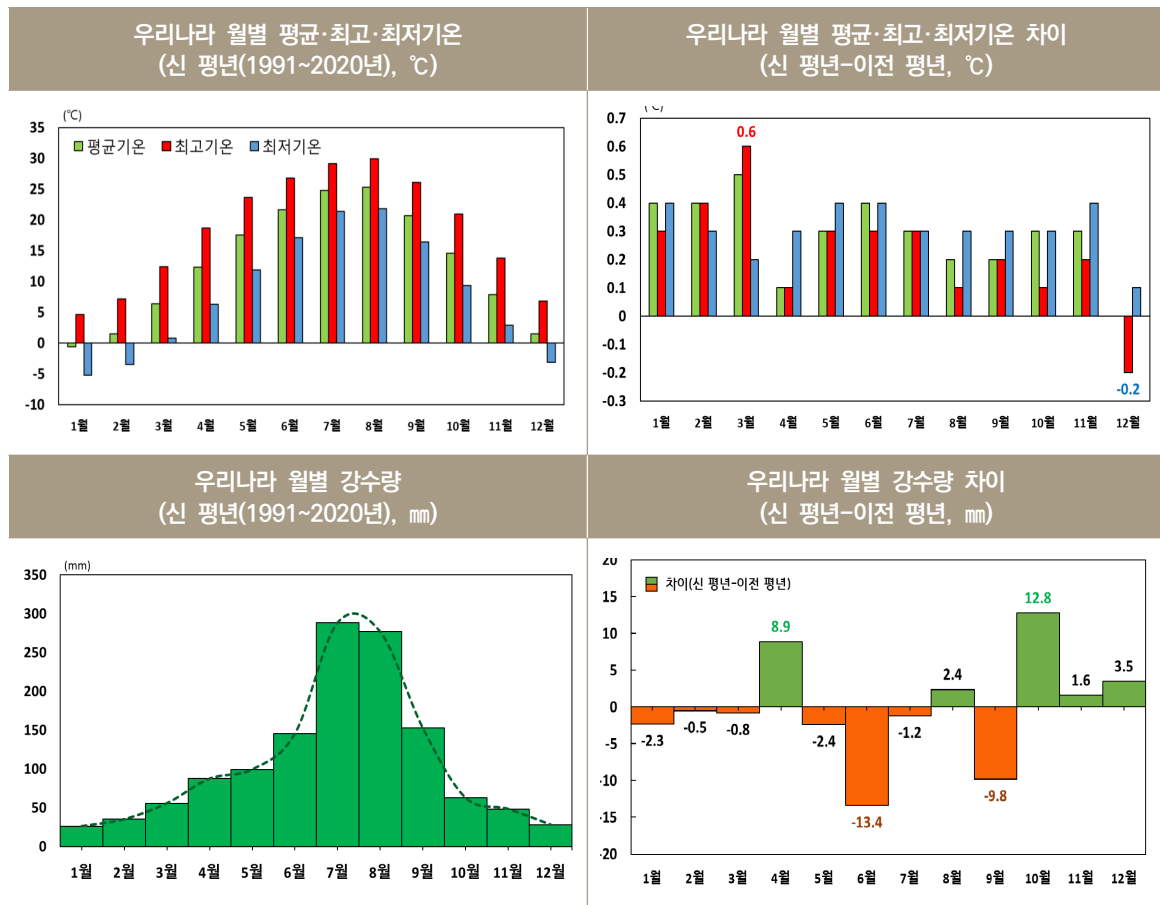


[표 4] 우리나라 연 평균/최고/최저기온/강수량 비교





[표 5] 우리나라 월별 평균·최고·최저기온/강수량 비교



[참고문헌]

Winton, M. (2008), Sea Ice-Albedo Feedback and Nonlinear Arctic Climate Change, *Geophys. Monogr. Ser.*, vol. **180**, DOI: 10.1029/180GM09

Kug, J.-S., J.-H. Jeong, Y.-S. Jang, B.-M. Kim, C. K. Folland, S.-K. Min, and S.-W. Son (2015), Two distinct influences of Arctic warming on cold winters over North America and East Asia. *Nature Geosci.*, **31**, DOI: 10.1038/NGEO2517

WMO (2021), 2021 one of the seven warmest years on record, WMO consolidated data shows, Press Release 19.1.2022.

기상청 기후예측과 (2011), 장마백서 2011.

기상청 기후예측과 (2017), 2016 엘니뇨 백서.

기상청 기후예측과 (2018), 기후감시 및 분석기반의 장기예보 가이드스Ⅲ.

2021 연 기후특성 보고서

2022년 2월 인쇄

2022년 2월 발행

발 행 처 기상청

집 필 기후변화감시과

2021
연 기후특성
보고서



기상청