

APCC 기후예측워크숍 : 기후예측 기술의 현업으로의 전환 및 기후정보 제공



유라시아 원격상관과 지면-대기 상호작용

이명인, 최낙빈, 이준리
울산과학기술원(UNIST)

2022년 7월 1일



특이 기상 사례 (2020년 시베리아 폭염)

사회 >

펄펄 끓는 시베리아, 한반도 최악의 폭염 오나

올해 따뜻했던 겨울의 여파로 일사량 많아지며 기온 급상승

김효인 기자

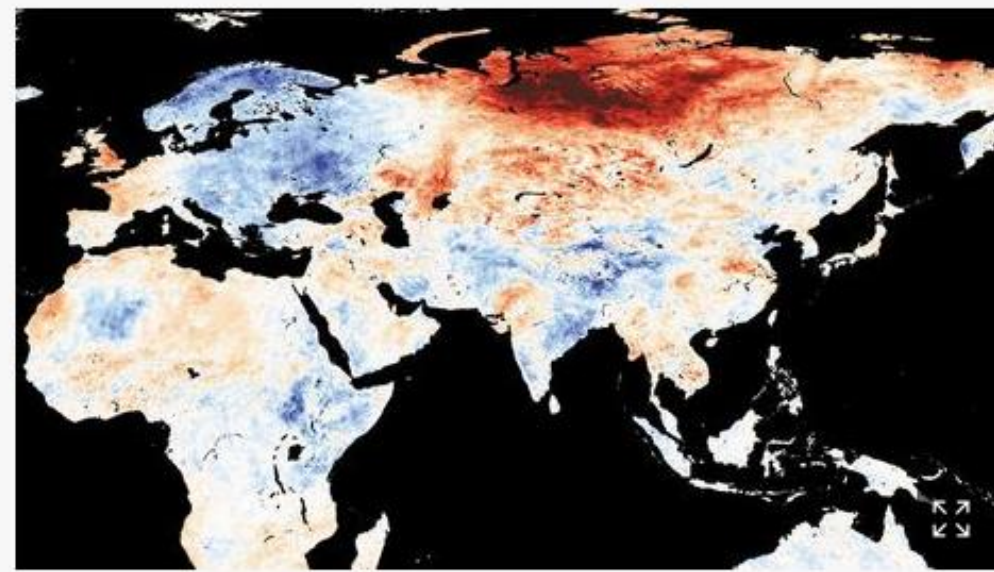
입력 2020.06.26 03:01 | 수정 2020.07.03 16:47



기상청이 올해 여름엔 작년보다 고온 다습할 것으로 내다본 가운데 시베리아에 이상 고온 현상이 이어지고 있어 예상보다도 심각한 폭염이 오는 것이 아니냐는 우려가 나온다. 기상청은 우리나라의 올해 여름 폭염 일수가 20~25일로 평년(9.8일)의 2배 이상이고, 작년보다는 7일쯤 많을 것으로 내다보고 있다.

◇ 펄펄 끓는 시베리아

지난 21일 미국 워싱턴포스트는 러시아 시베리아의 극동지역 야쿠티아 공화국 베르호얀스크 마을의 최고기온이 20일 38도를 기록했다고 보도했다. 러시아 기상 당국에 따르면 이는 이 지역에서 1885년 이후 가장 높은 기온 기록이다. 이 마을은 겨울 최저기온이 영하 40도까지 떨어질 정도로 추위로 유명한 곳이다. 통상 6월 평균 최고기온은 20도 수준으로 알려졌다. 이 마을 외에도 6월 평균기온이 0도에 불과한 니즈나야 페샤의 낮 최고기온이 30도까지 오르는 등 시베리아 곳곳에서 이상 고온 현상이 발생하고 있다.



[기상관측 135년만에 가장 뜨거운 시베리아] 5월 기준 10년간 평균 기온과 올해 기온 비교 - 지난 5월 기준 지구 표면의 온도 현황을 표현한 지도. 2001~2010년 해당 지역의 같은 달의 평균 기온과 5월 현재 온도를 비교한 자료다. 빨간색이 짙어질수록 현재 기온이 평균 기온보다 상대적으로 높은 것이고, 파란색이 짙어질수록 기온이 상대적으로 낮은 것이다. 러시아의 시베리아 지역은 가장 짙은 붉은색으로 표시되어있는데, 이는 평년 기온보다 12도쯤 높다는 의미다.

조선일보 (https://www.chosun.com/site/data/html_dir/2020/06/26/2020062600145.html)

뉴스 > 국제

주말 시베리아 38도...북극권 135년 만에 최고 기온

뉴스1 입력 2020-06-23 12:41 수정 2020-06-23 12:41

서울 낮 최고기온이 30도 안팎에 머물렀던 지난 주말, 북극권 시베리아 지역의 기온이 38도를 기록 역대 최고치를 갈아치웠다. 이 지역 6월 평균 최고기온(20도)보다 무려 18도나 높았다.

영국 BBC방송은 22일(현지시간) "북극권이 사상 최고 기온을 기록했다"는 제목의 기사에서 "더운 날씨는 북극권에서 종종 나타나지만 최근 몇 달 동안 비정상적으로 높은 기온을 보였다"며 이같이 보도했다.

◇ 시베리아 초여름 폭염...135년 만에 최고기온: 러시아 현지 기상청에 따르면 지난 20일 북극권에 속한 베르호얀스크의 기온은 화씨 100.4도(섭씨 38도)를 기록했다. 1885년 관측 이래 가장 높은 온도였다. 다음 날(21일) 낮 최고 기온도 화씨 95.3도(섭씨 34.2도)로, 전날보다는 낮았지만 여전히 예년 평균기온을 14도 이상 웃돌았다.

1월 평균기온 영하 42도. 세계에서 가장 추운 외딴 북극 마을에 때 이른 폭염이 찾아온 것이다.

동아일보 (<https://www.donga.com/news/Inter/article/all/20200623/101645022/1>)

펄펄 끓고 활활 타오르는 시베리아...폭염에 산불도 5배 늘어

송고시간 | 2020-06-29 11:09



| 남한 면적의 10분의 1 불 타고 있어



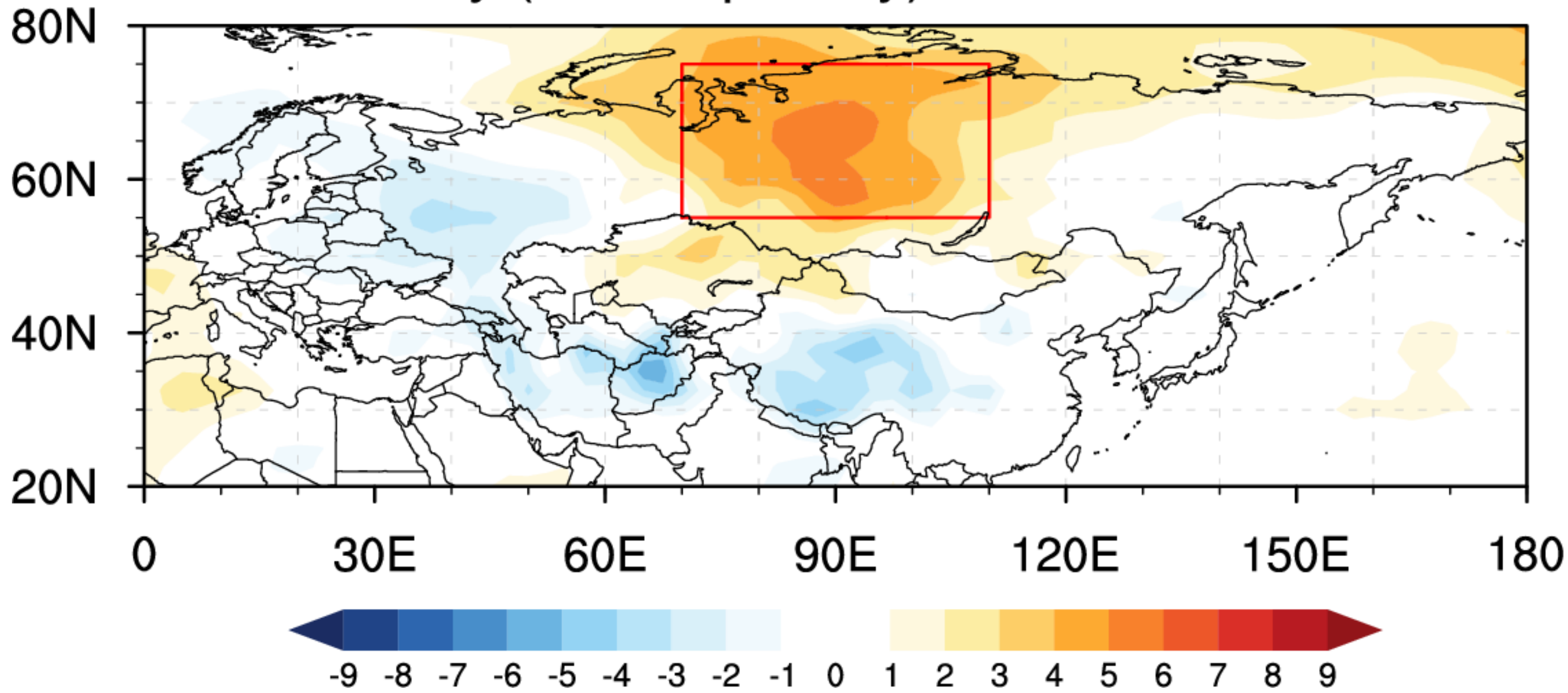
지난 17일(현지시간) 캄차카 지역에서 난 산불 [타스=연합뉴스 자료사진]

연합뉴스 (<https://www.yna.co.kr/view/AKR20200629051400009>)

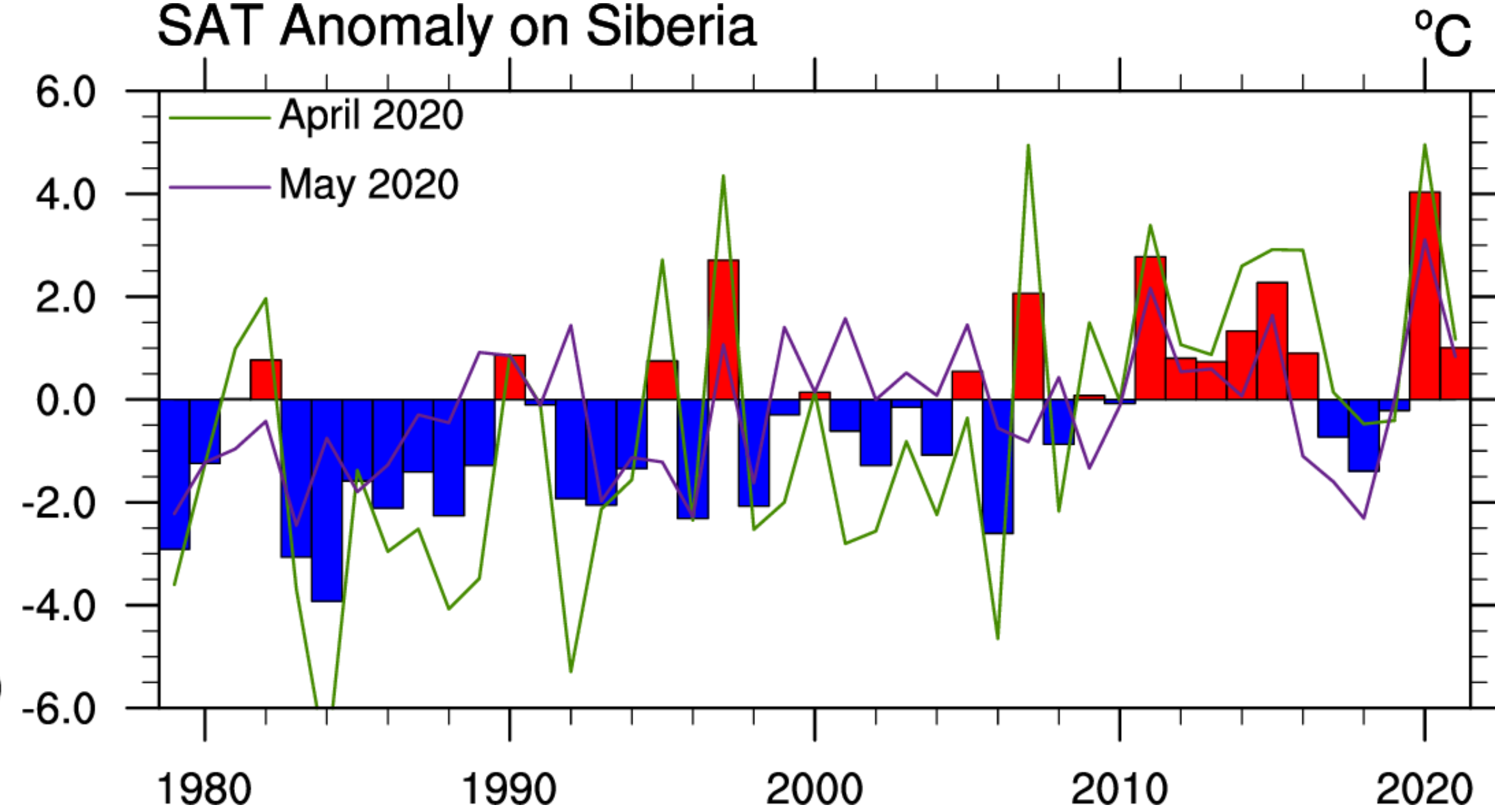
- 2020년 늦봄부터 이름 여름까지 러시아를 포함한 유라시아 대륙에서 산불을 동반한 폭염 발생
- 2020년 4-6월 평년 대비 기온이 최대 18도 높은 것으로 나타남
- 같은 해의 3, 4, 5월 북극권의 평균 기온 역시 평년보다 10도 이상 높았음

특이 기상 사례 (2020년 시베리아 폭염)

SAT anomaly (2020 Apr-May)



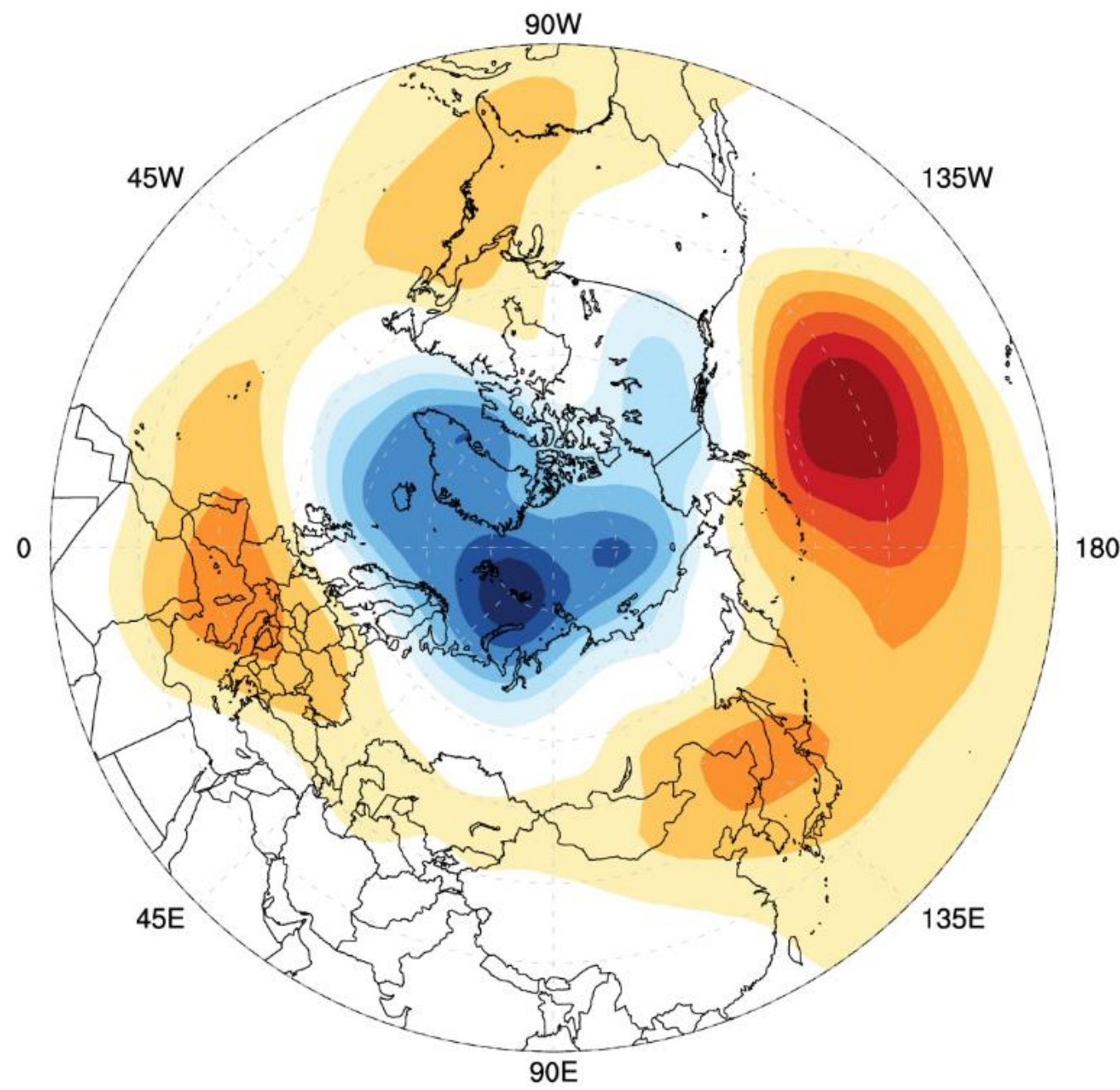
SAT Anomaly on Siberia



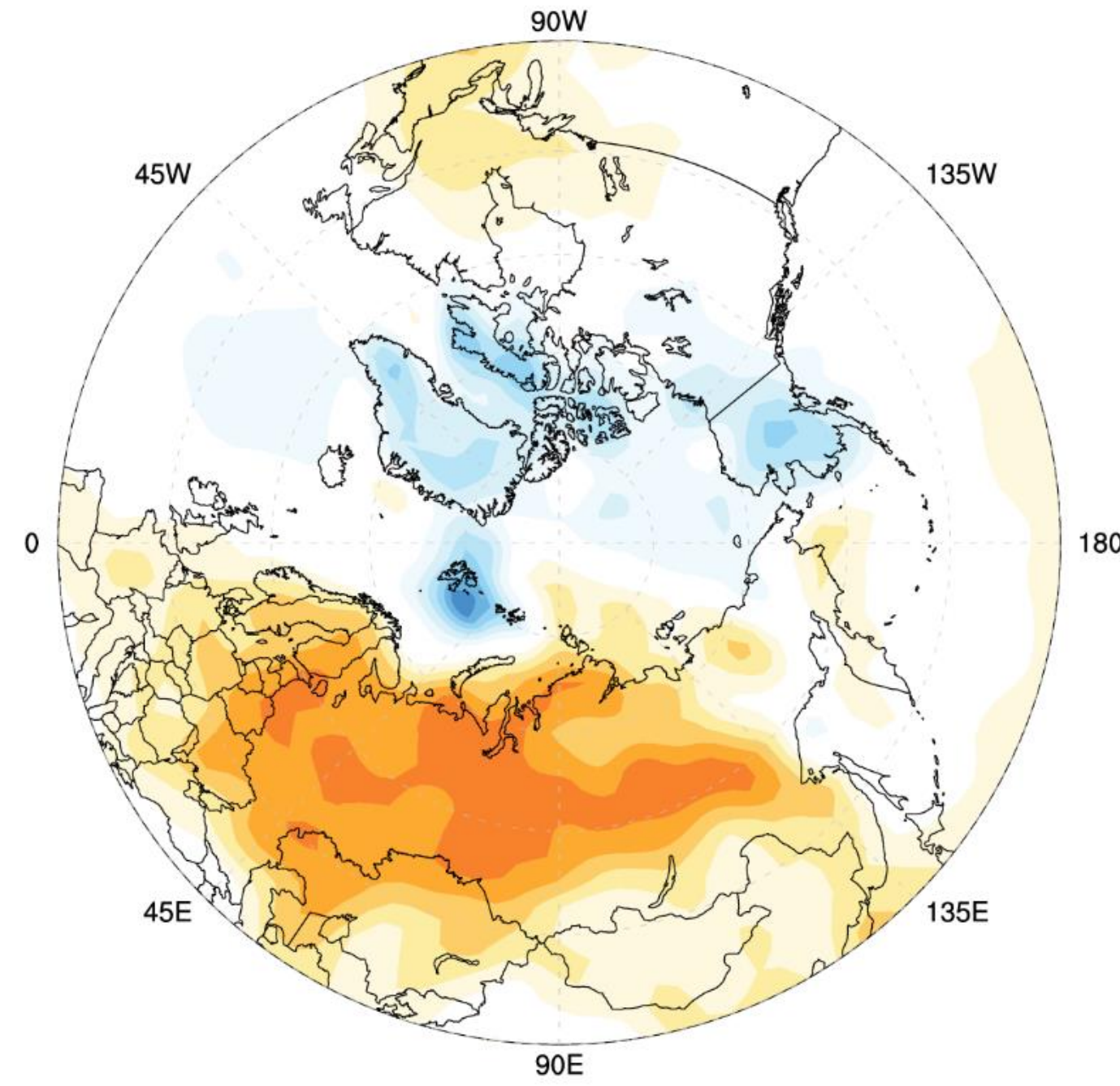
- 2020년 봄철 시베리아지역에 기록적인 폭염 사례 발생 (4월, 5월, 4-5월 평균 모두 record breaking)
- 4월-5월 평균 기온 최고 기록 (55-75N, 70-110E)
- 4월에 높은 기온이 5월까지 지속된 장기간의 폭염 사례

2020년 시베리아 폭염 개황

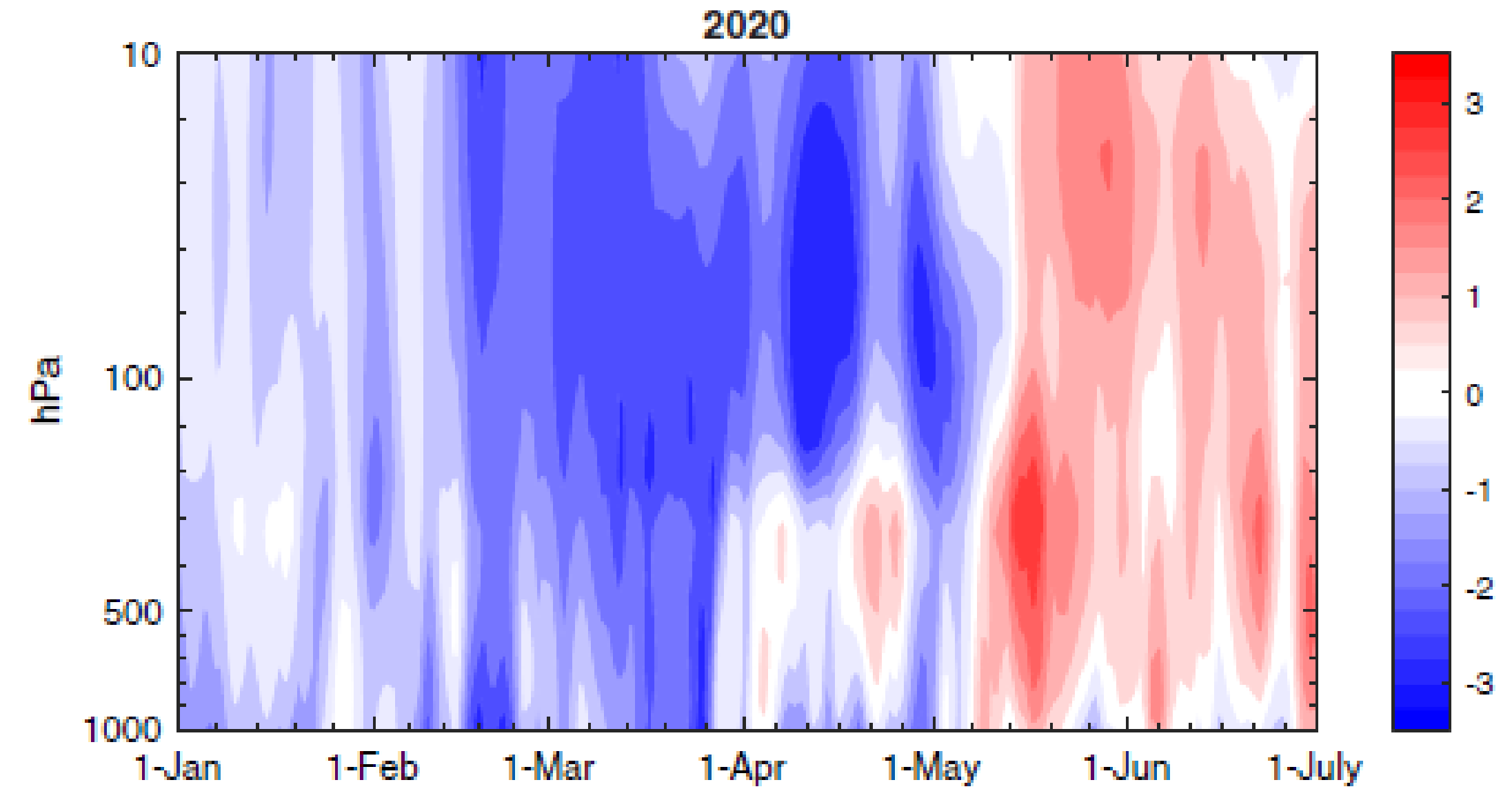
Z500 anomaly (2020 Jan-Mar)



SAT anomaly (2020 Jan-Mar)



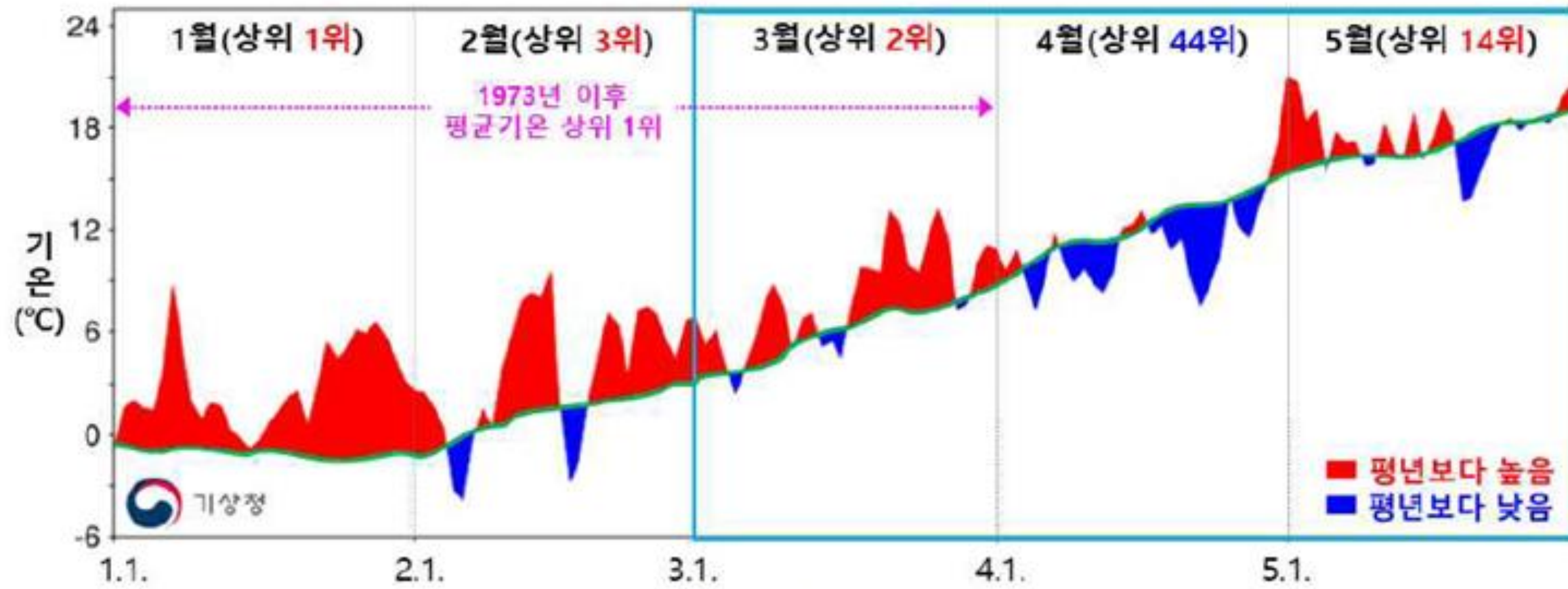
Normalized GPH (65-90N)



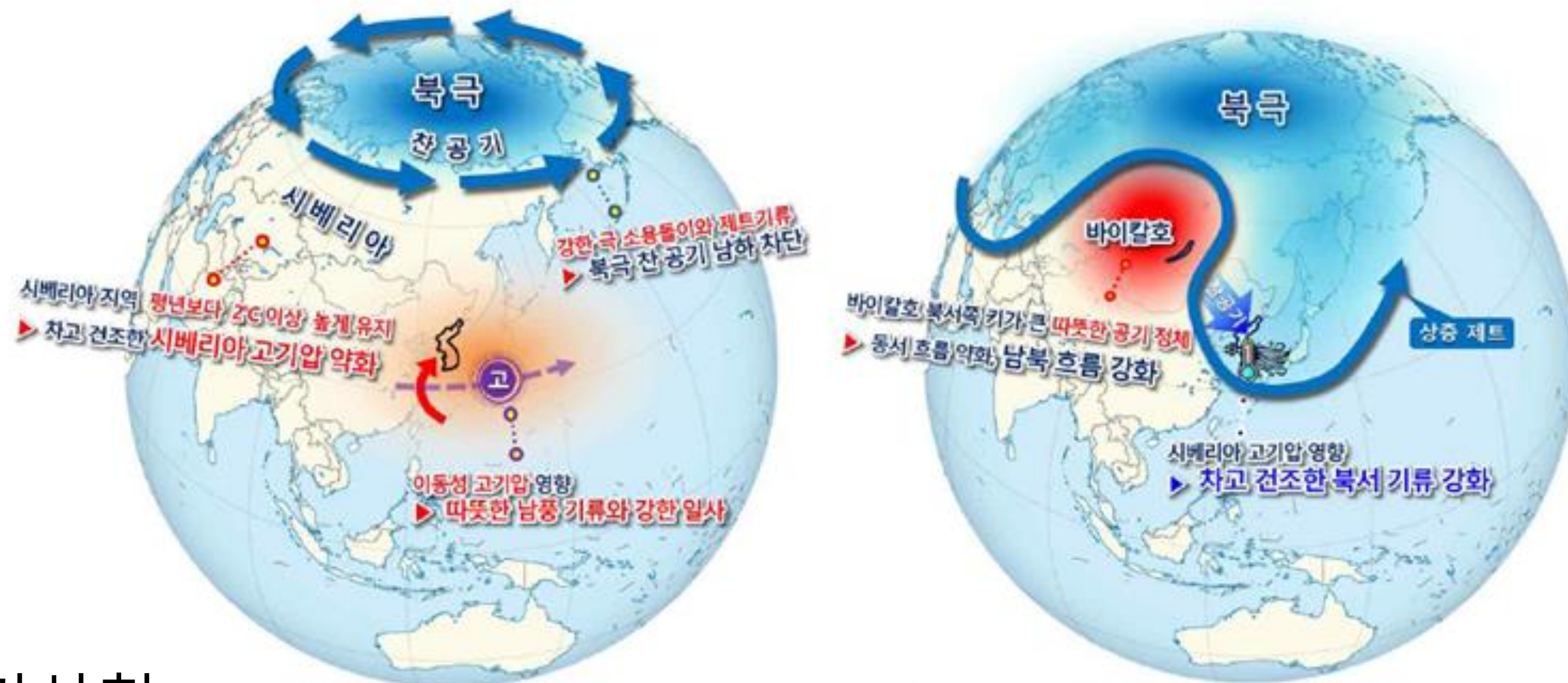
[Overland and Wang, 2020]

- 겨울철 강한 양의 AO가 발생하며 유라시아에 전반적으로 높은 기온 형성

2020년 한반도 영향



【그림 1】 2020년 3~5월 전국 평균기온의 일변화 시계열



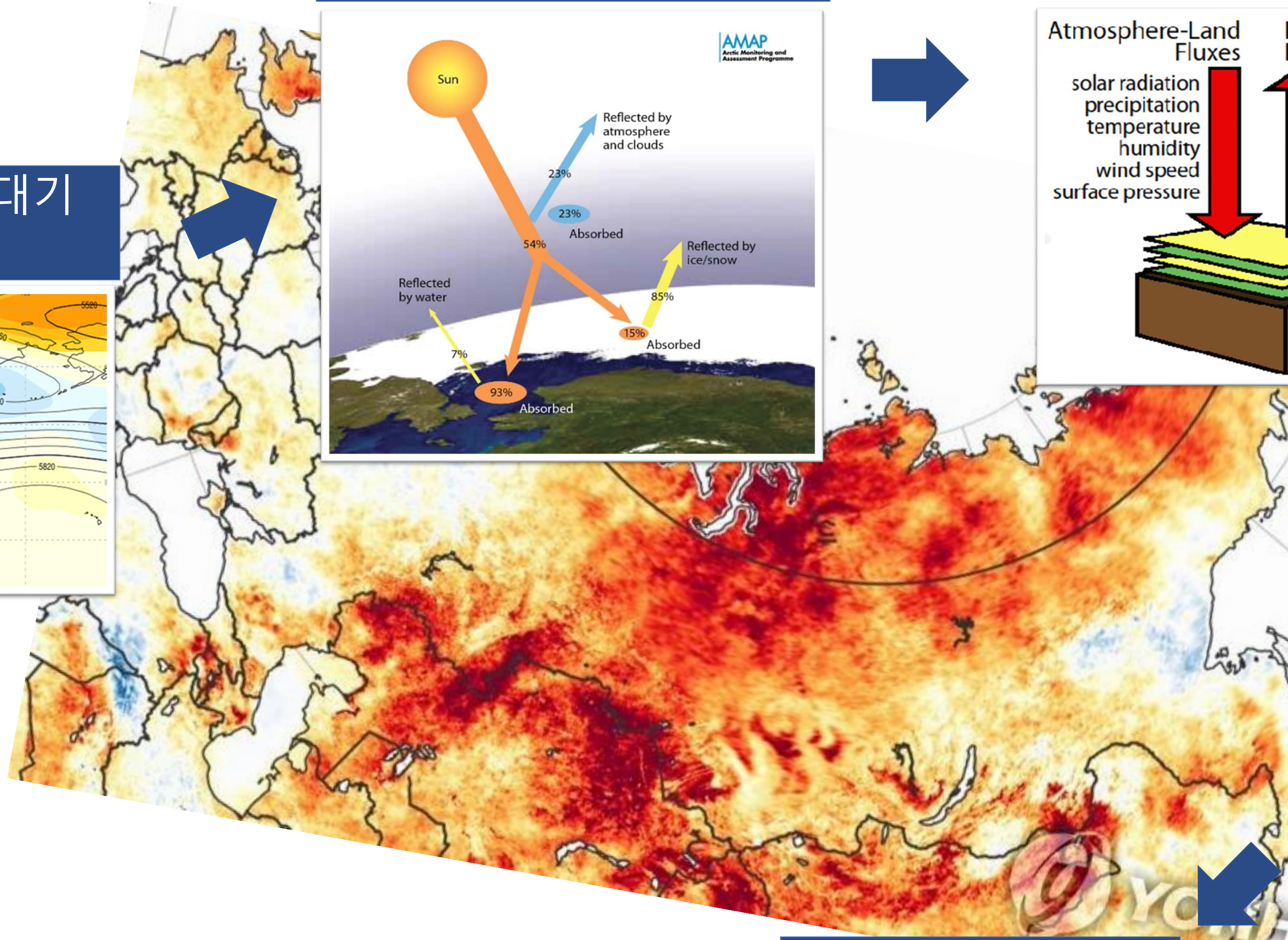
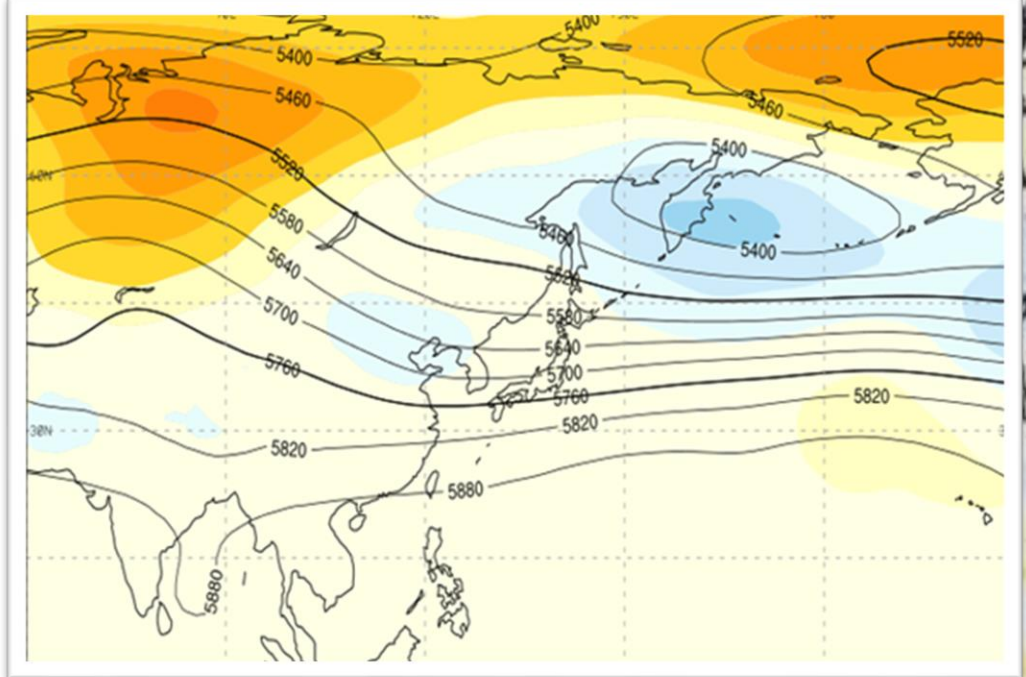
【그림 2】 (왼쪽) 3월과 (오른쪽) 4월 전 지구 기압계 모식도

출처: 기상청

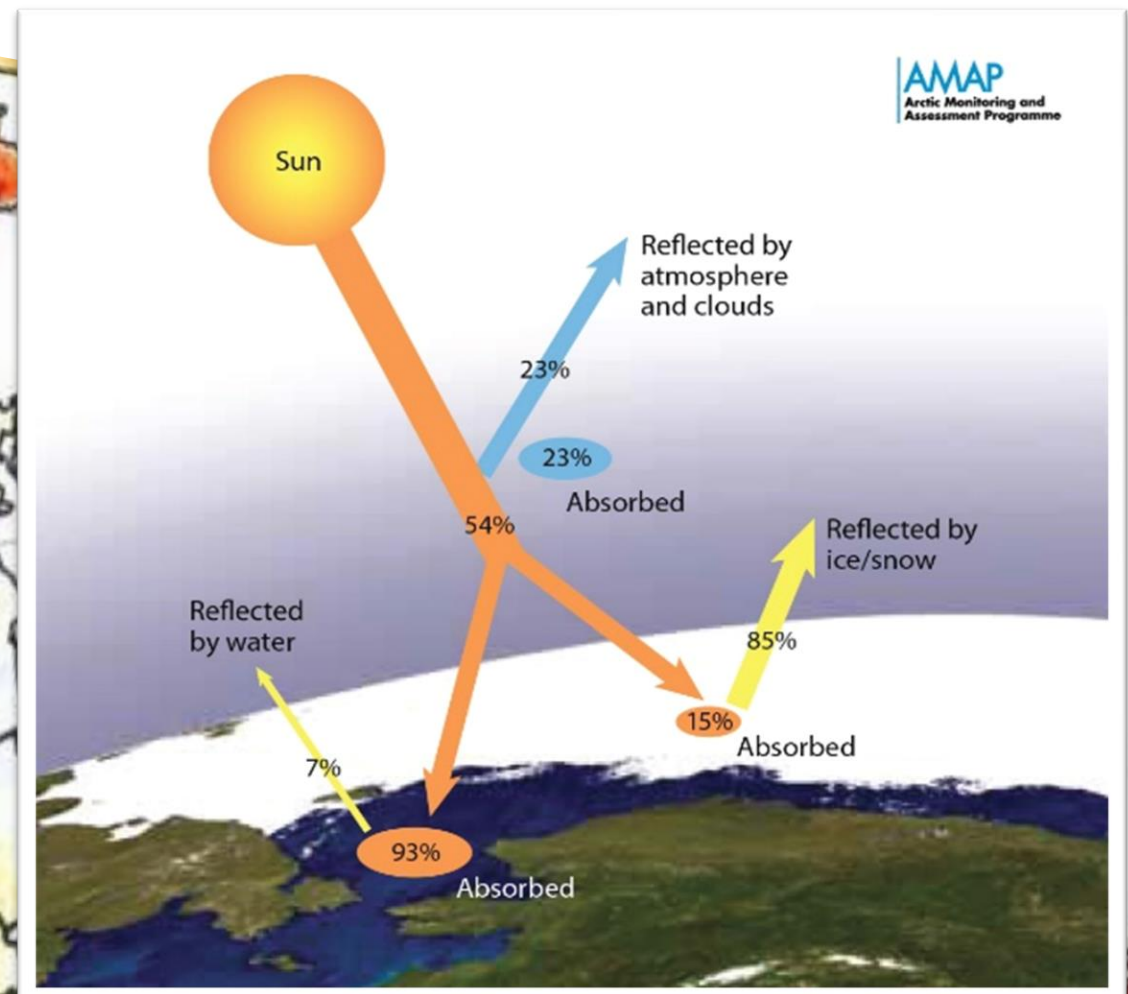
- 한반도에서 3월의 온난, 4월말의 급격한 한랭 편차
- 3월까지 Cold Arctic Warm Eurasia (CAWE)는 북극진동의 영향으로 해석되나, 4월에 급작스런 상층 파동 현상에 대한 메커니즘 이해 불충분
- 시베리아 지역의 이상 고온 및 블로킹 발생 원인에 대한 메커니즘 필요함

시베리아 폭염 (2020년) 가설

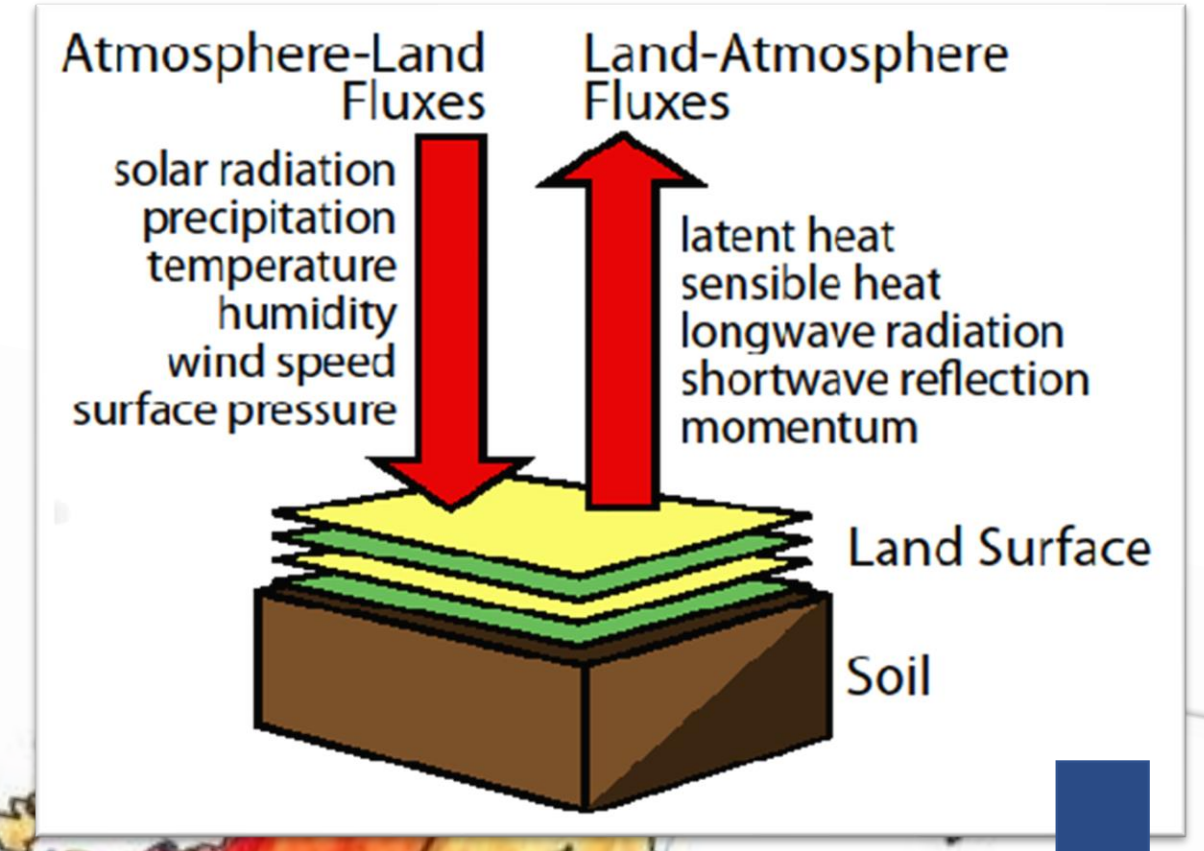
① 대규모 상층 대기 파동 형성



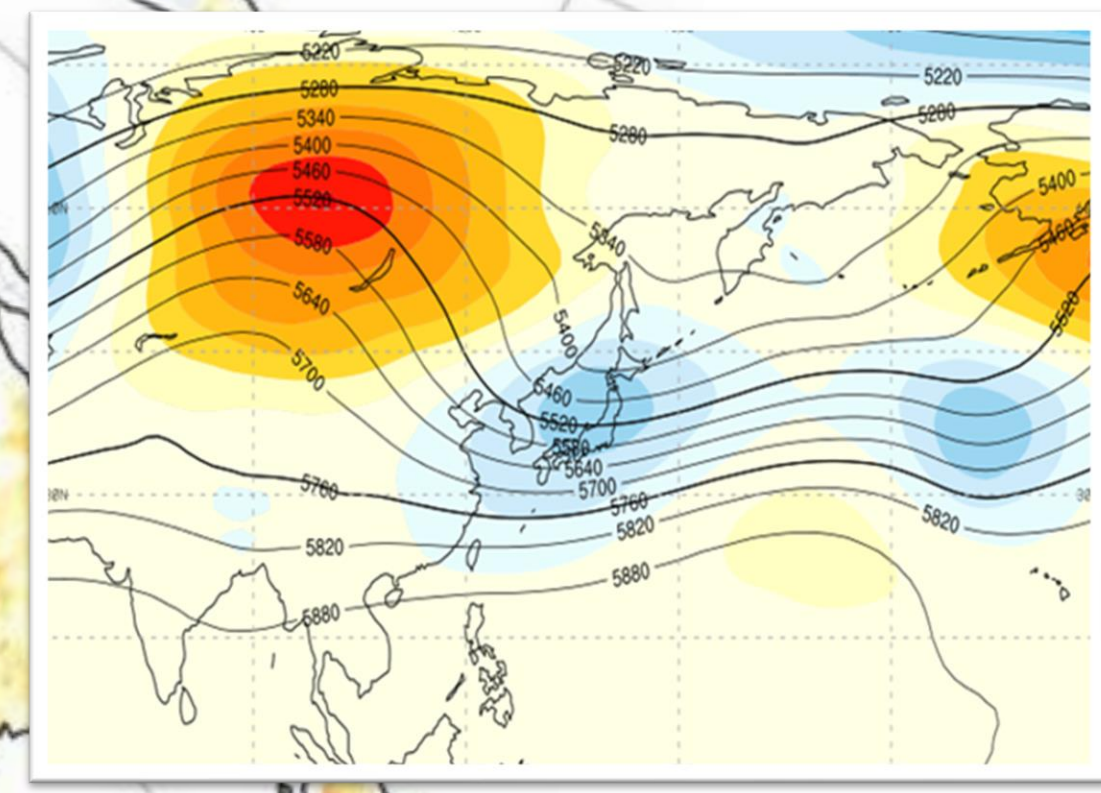
② 눈-반사도 피드백



③ 지면-대기 상호작용

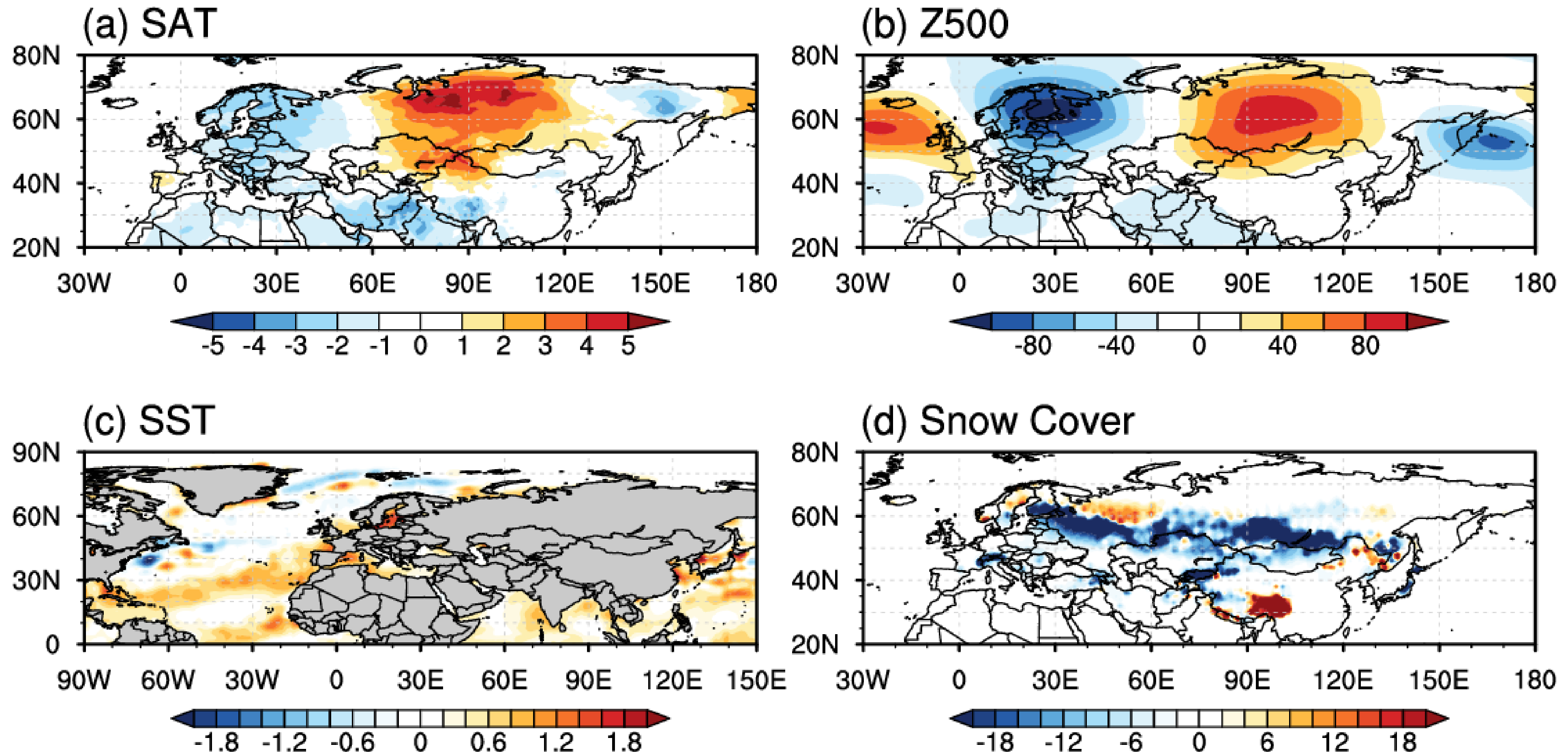


④ 상층 파동 강화



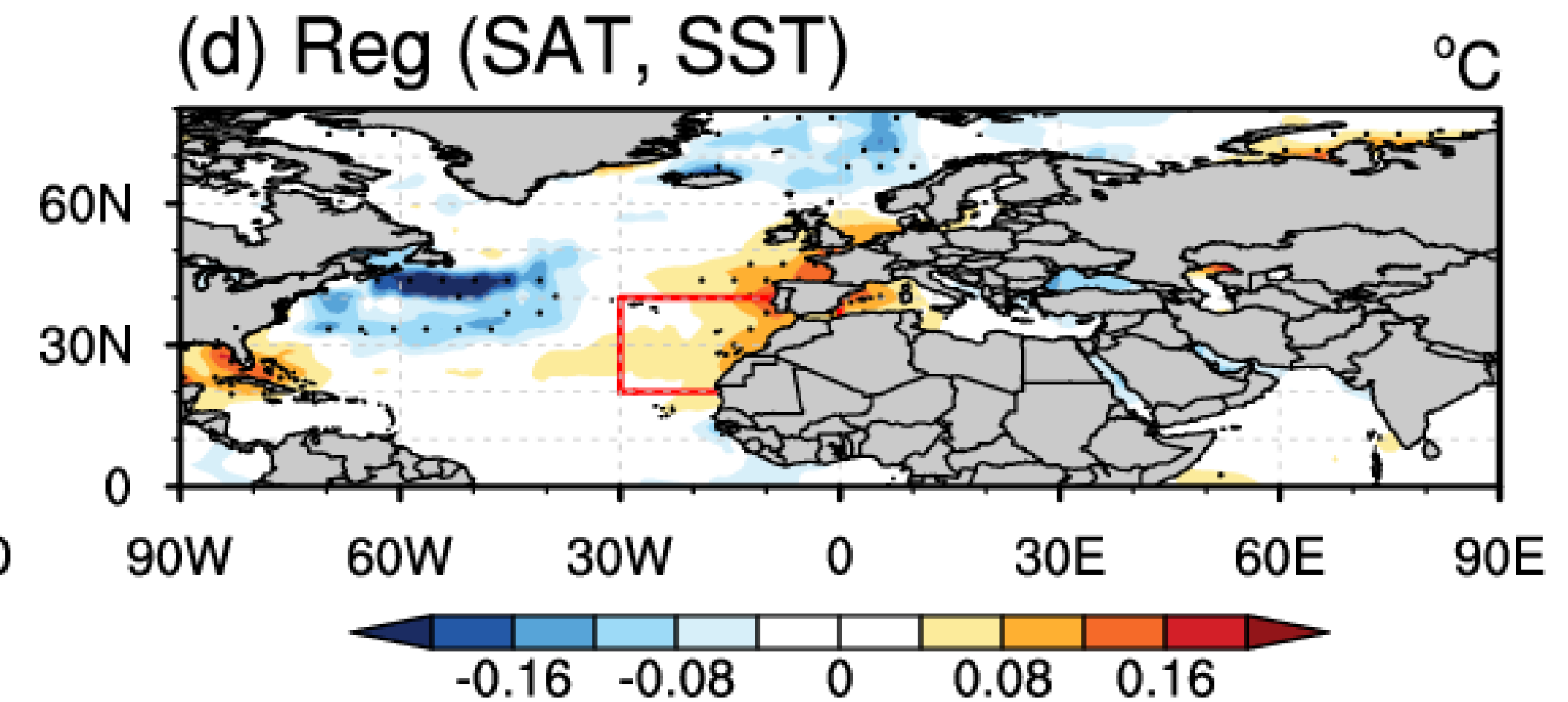
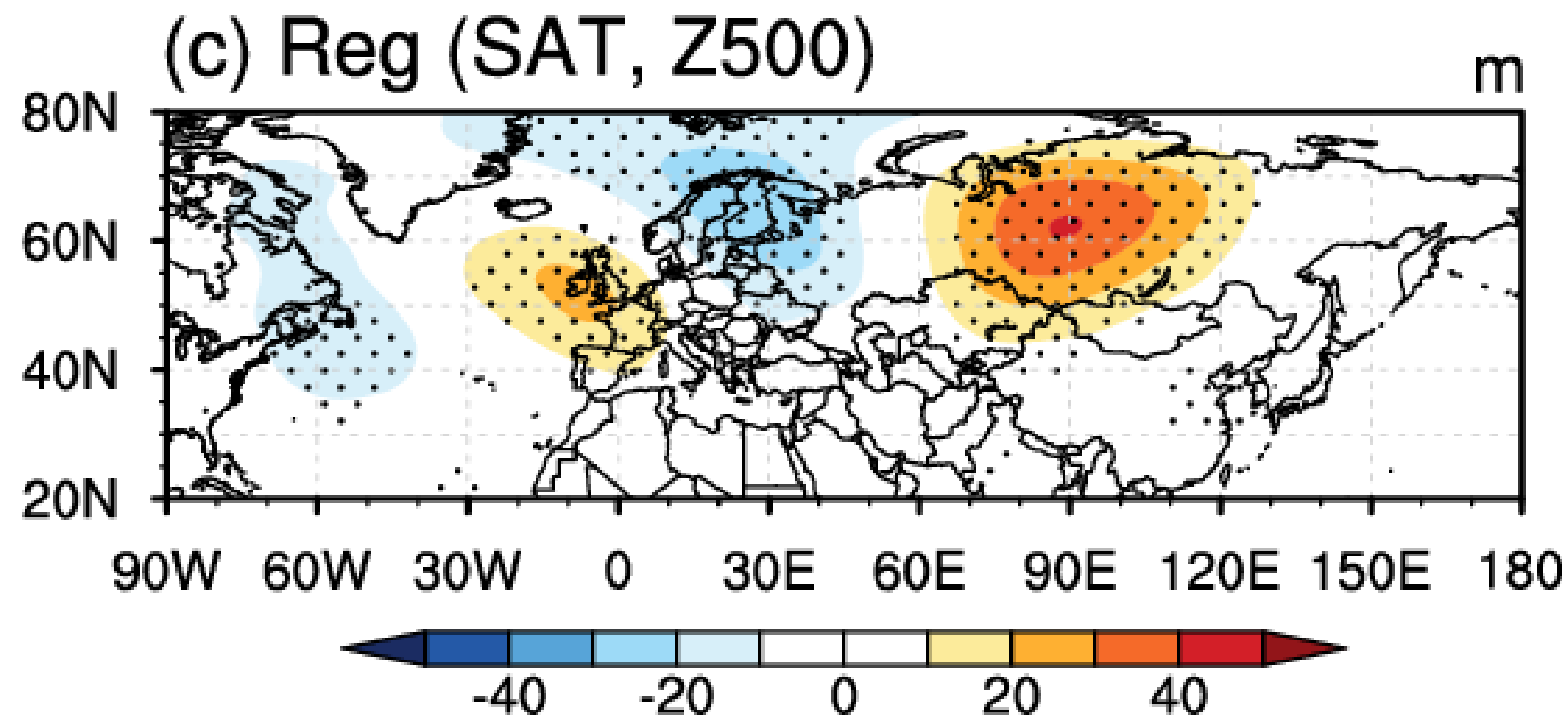
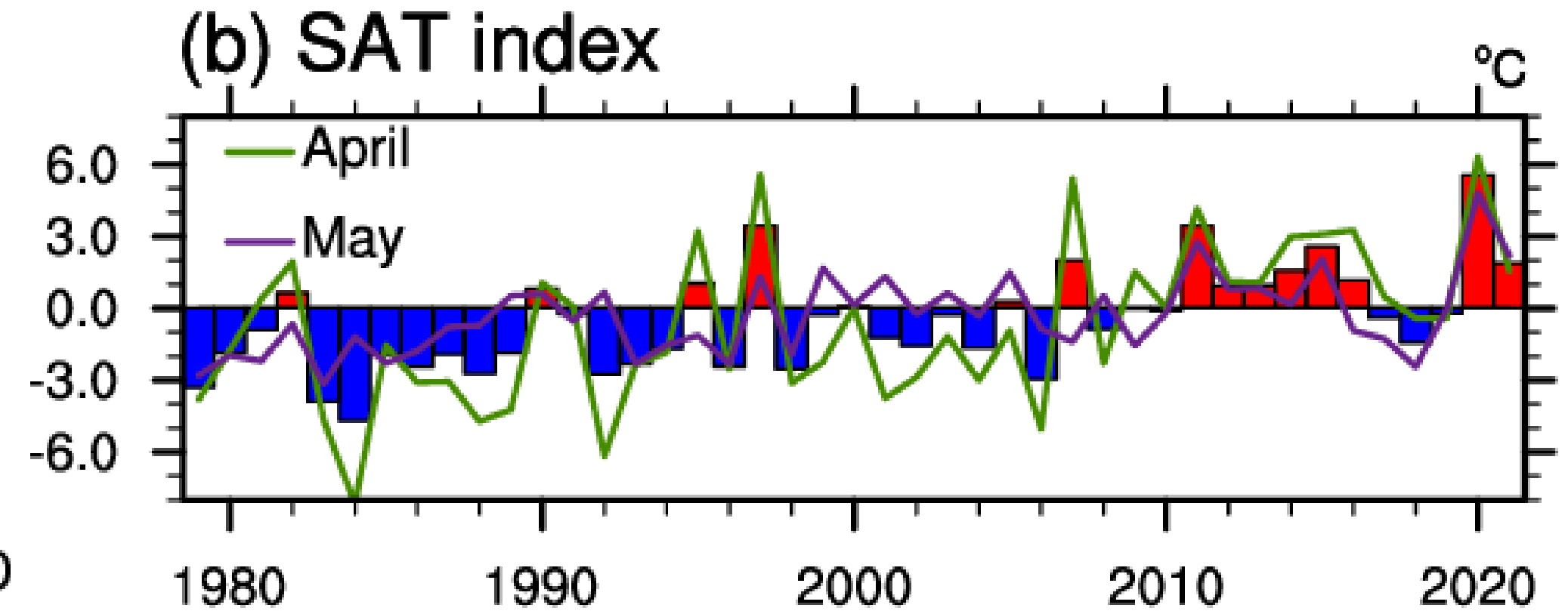
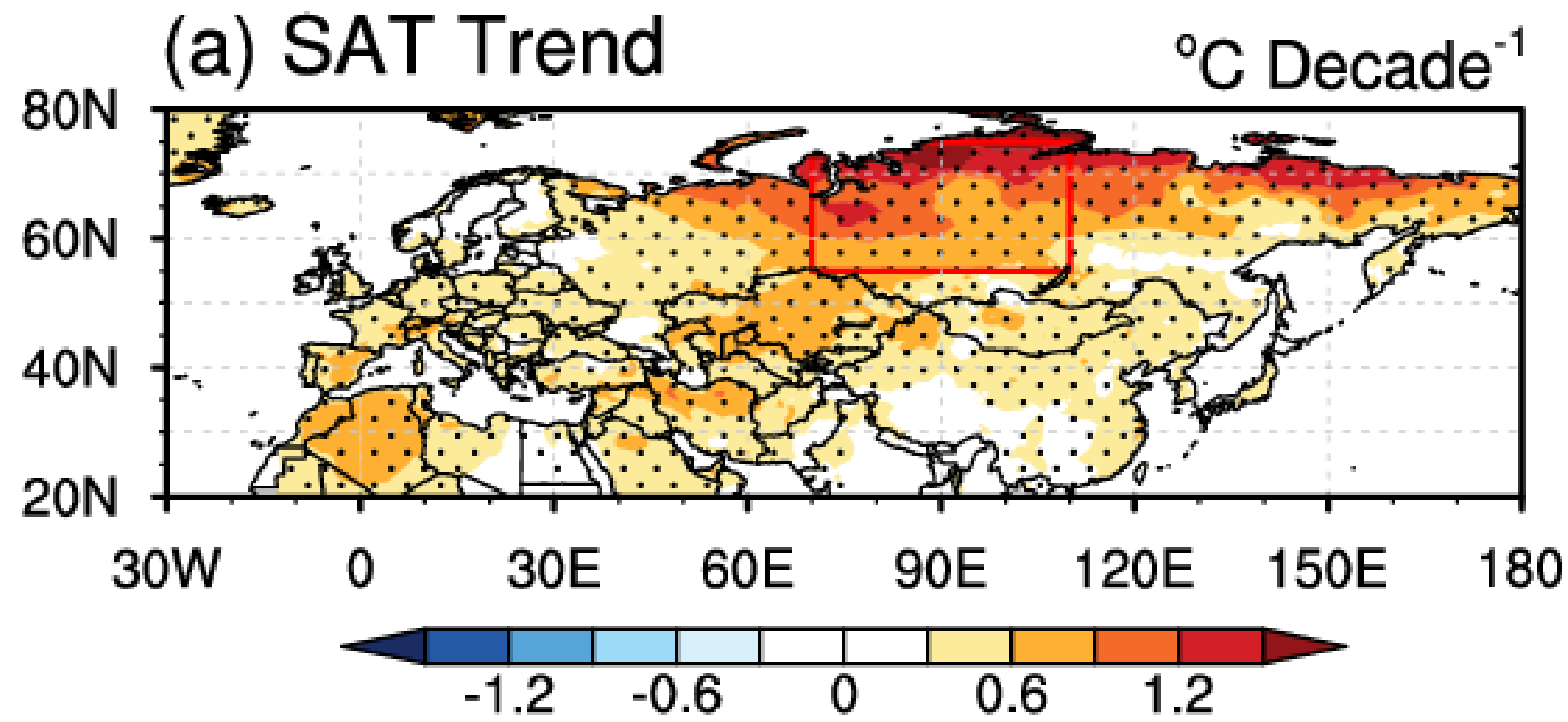
⑤ 한반도 영향

2020년 시베리아 폭염 기후 인자



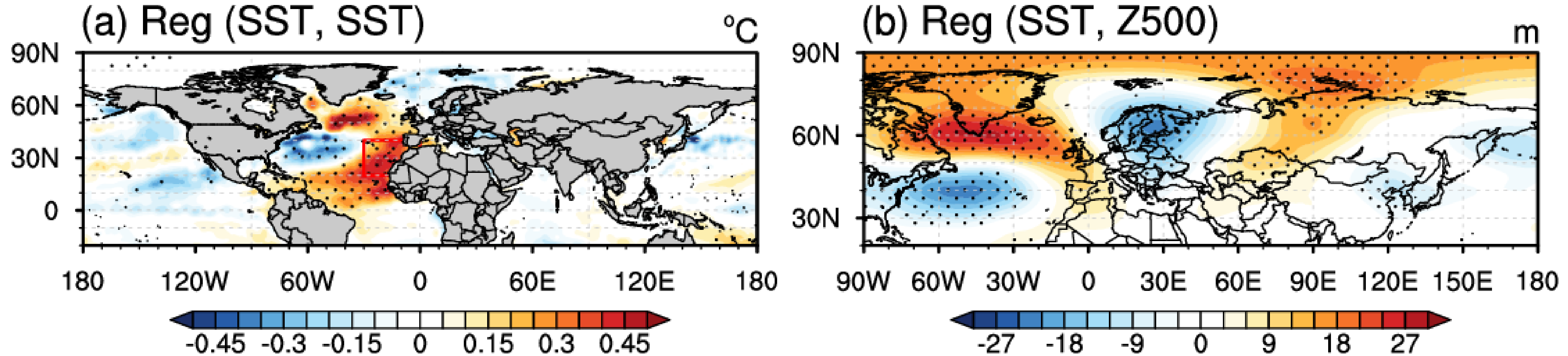
- 상층 대규모 파동 패턴 발달
- 북대서양 온난 편차
- 유라시아 눈 덮임 감소

시베리아 폭염 원인



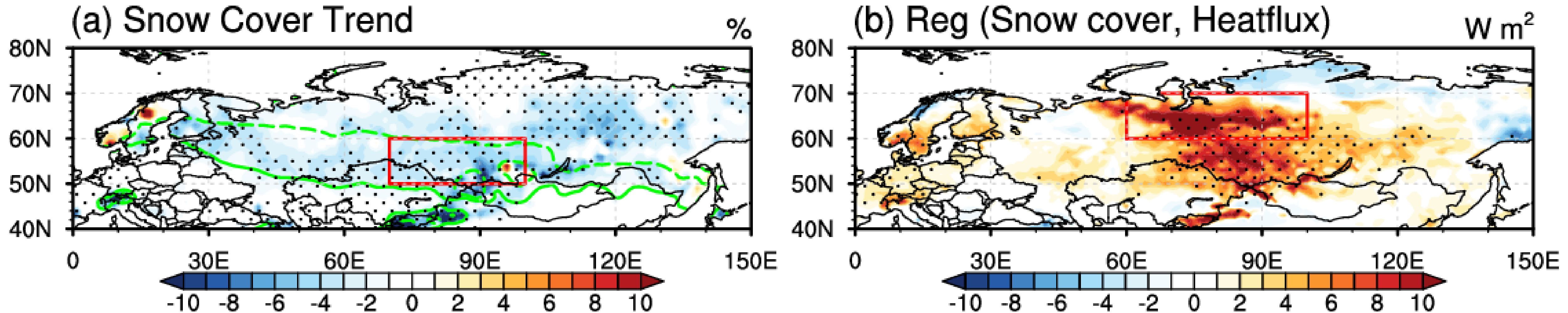
- 시베리아 지역의 기온은 지구온난화 추세를 따라 급격히 증가 하는 중
- 시베리아 기온은 대기 상층 파동 및 북동대서양 해수면 온도와 상관관계가 높음

북대서양 해수면 온도 영향



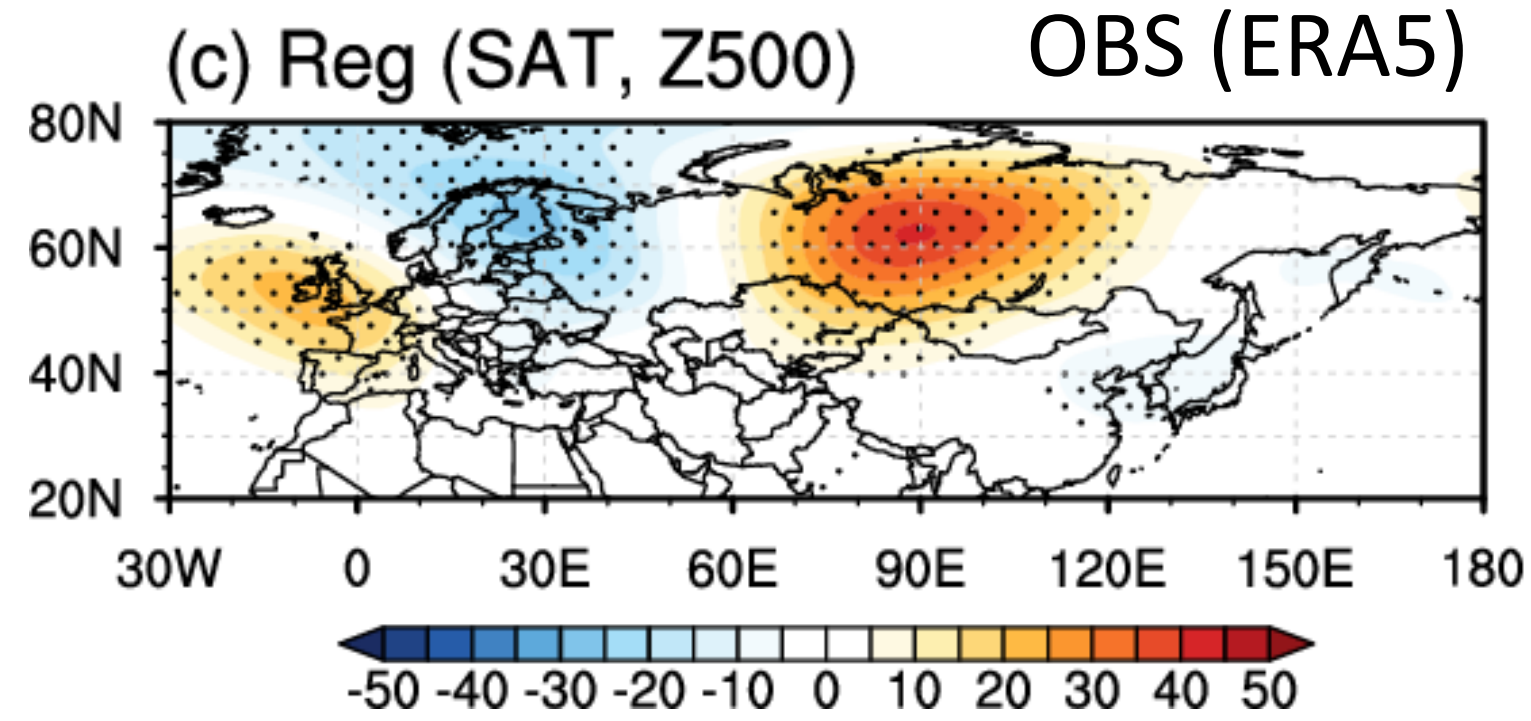
- 북동대서양 해수면 온도는 북대서양 삼극자 패턴 (Tripolar SST pattern)과 상관성이 높음
- 해수면 온도와 관련된 상층 대기 파동은 유라시아를 통해 동아시아로 전파됨
- 시베리아 상층 고기압을 유도해 시베리아 폭염 유도 가능성

유라시아 눈 덮임 감소 및 대기-지면 상호작용



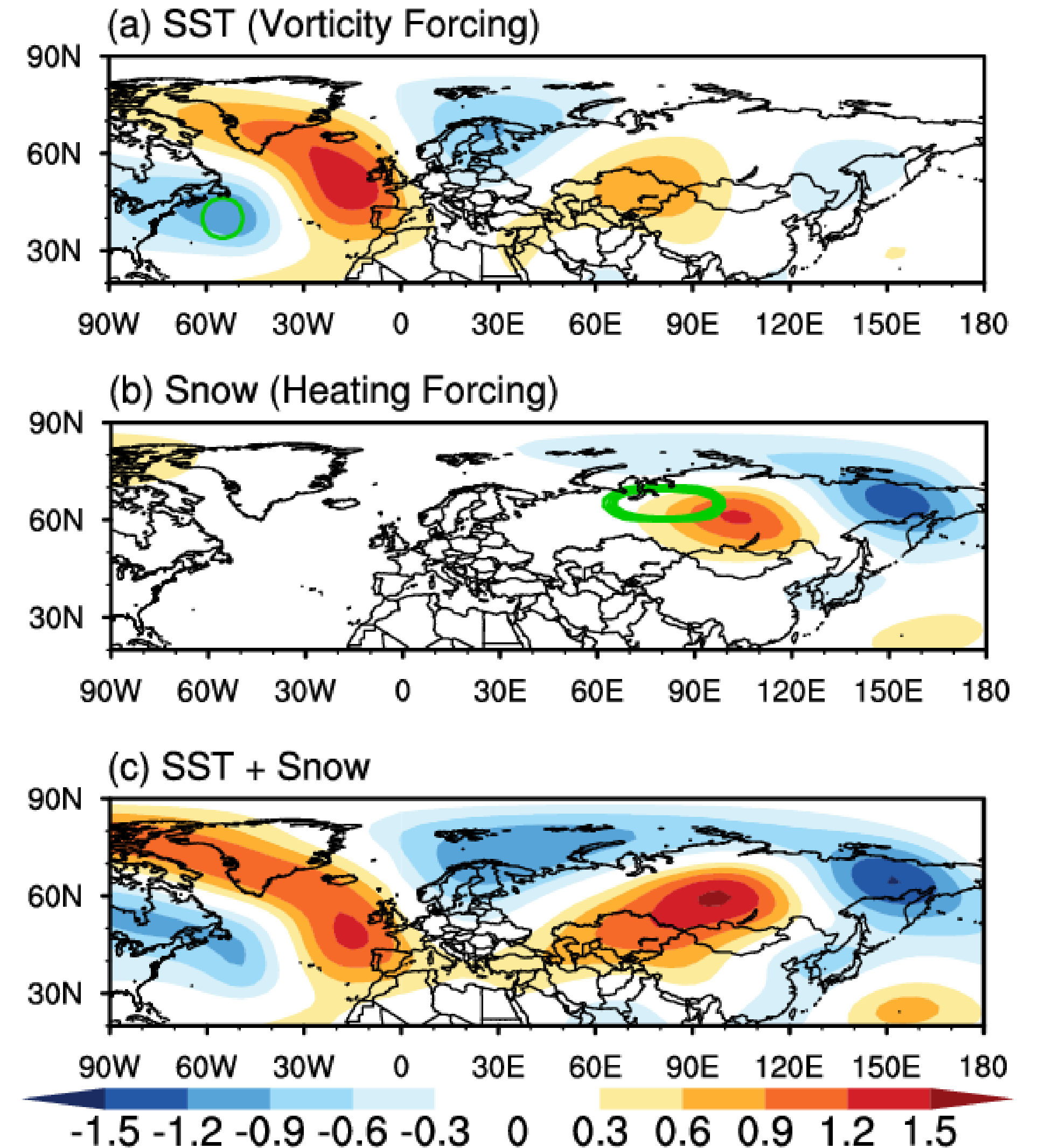
- 유라시아 눈 덮임은 꾸준히 감소 하고 있음
- 눈 덮임의 감소는 유라시아 지역의 알베도를 감소하여 지면 가열을 강화하고 이는 대기 상층 파동을 강화 할 수 있음

시베리아 폭염 메커니즘 (Stationary Wave Model)



Stationary Wave Model (Ting and Yu 1998)

Resolution	R30 Truncation (~ 2.25 lat x 3.75 lon) 14 Vertical sigma coordinate
Vorticity forcing	40N, 55W, 200 hPa SST impact
Heating forcing	65N, 80E, surface Snow cover impact
Background	ERA5
Integrated	60 days



전지구 기후예측모델
(GloSea)을 이용한
적설 민감도 실험

눈 초기화 실험 계획

Experiment	
Model	GloSea5 GC2.0
Case	2020년 유라시아 Heat wave
Initialization	눈물상당 (SWE; Snow water equivalent)
Ensemble	20 ensembles (5 initial days x 4 ensembles)
Initial days	2020 3월 30일 - 4월3일 (5일)

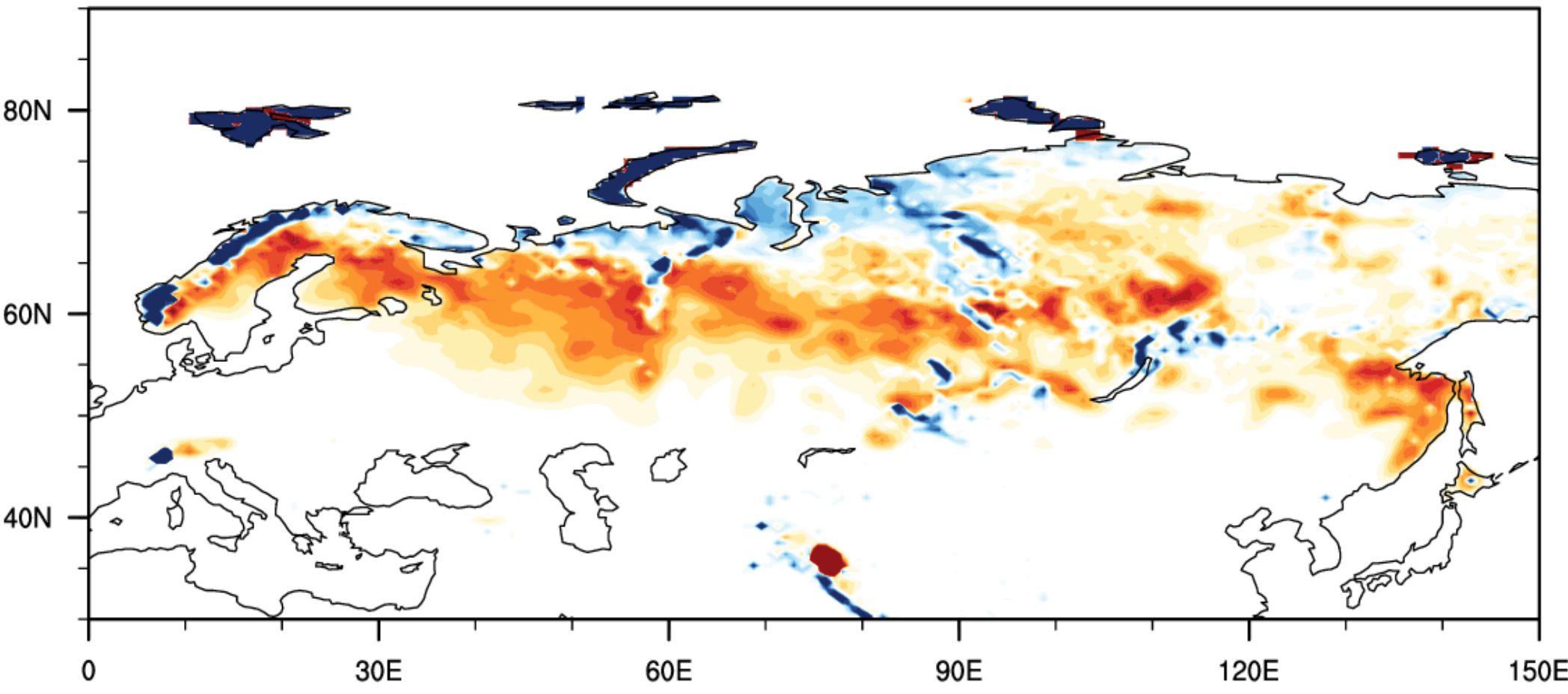
CTL (Oper)		EXP1 (Clim)
Snow 처방	Operation (현업)	Climatological (기후값 처방)

- 현업 기후예측 시스템을 이용하여 지면 눈덮임의 변화가 폭염에 미치는 영향 평가
- Snow 처방(Climatological, Operation)에 따른 2020년 유라시아 폭염 예측성 평가
- 예측 초기장 기간은 3월 30일 -4월 3일(5일), 유라시아 봄철(4월) 폭염 기간 정의

적설 초기상태 분석 (2020년 & 기후값)

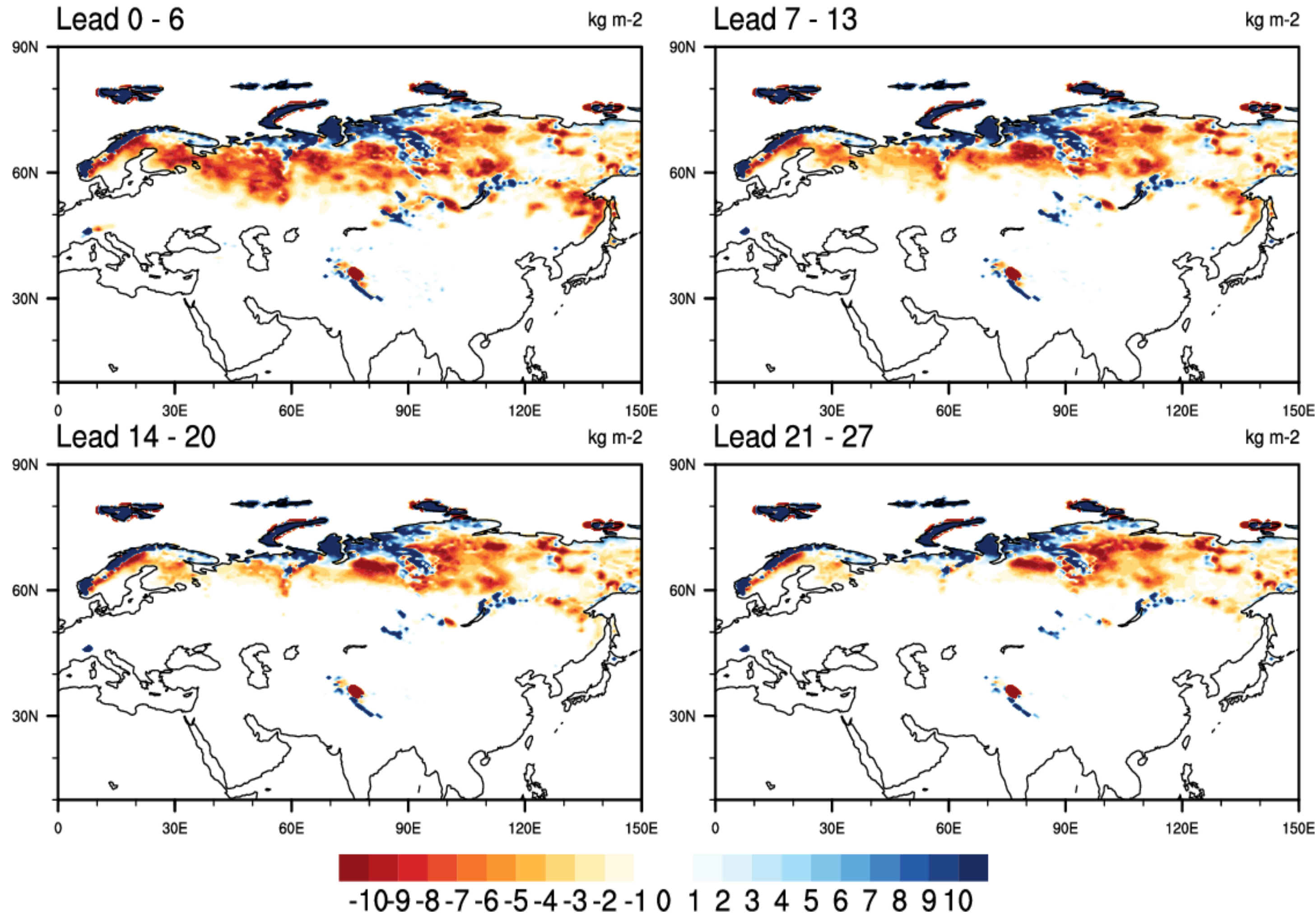
초기장 비교 (CTL - EXP1)

Snowamount oper - clim KG/M2



- 2020년 4월 1일 Snow Amount 초기장 비교(CTL - EXP1)
- 유라시아 지역 snow 감소 효과 분석

Snow Amount 예측결과 (CTL - EXP1)

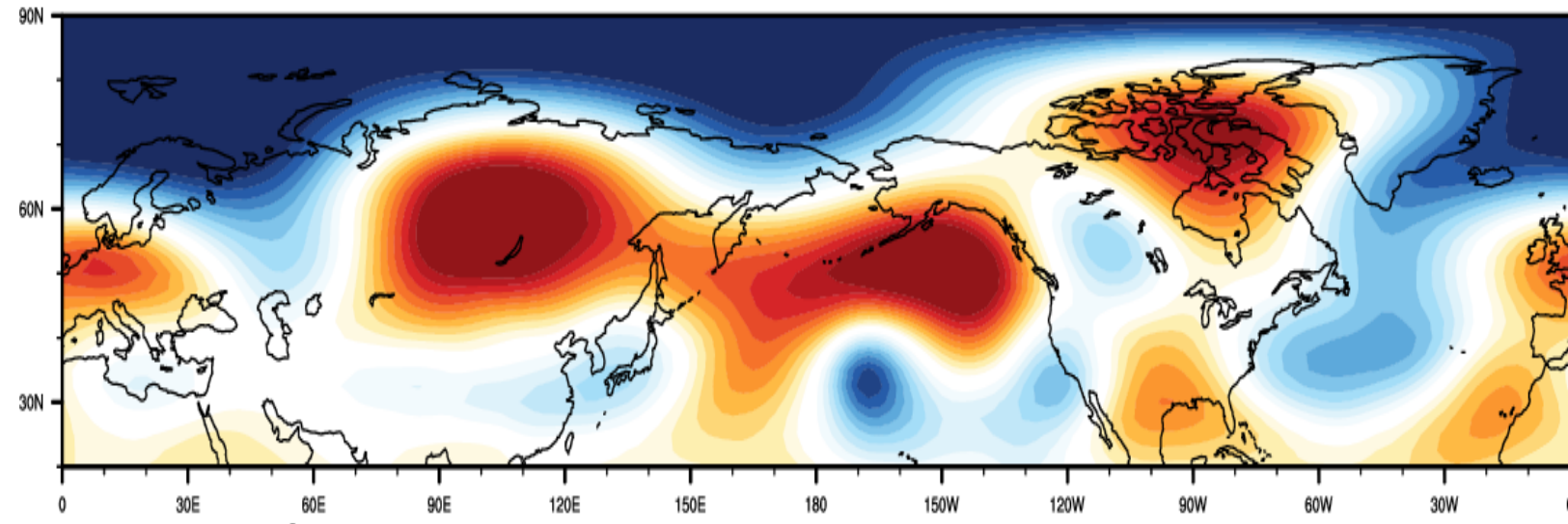


유라시아 눈 강제력 실험

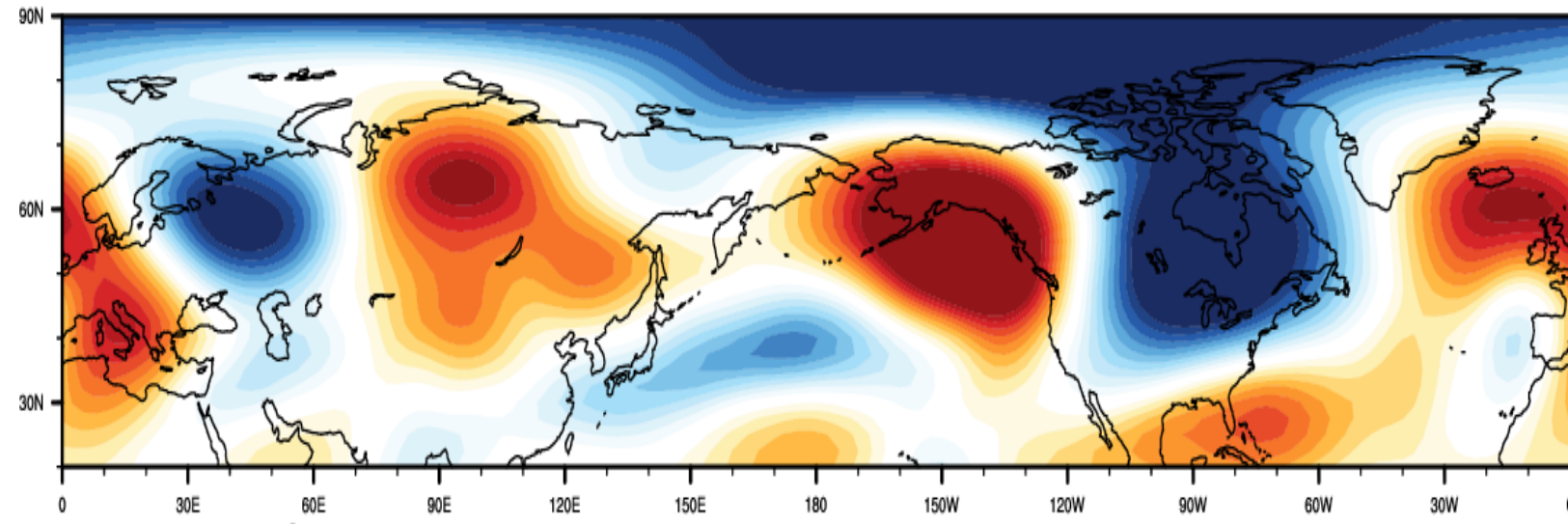
OBS (NCEP R2)

CTL(Oper) – EXP1(Clim)

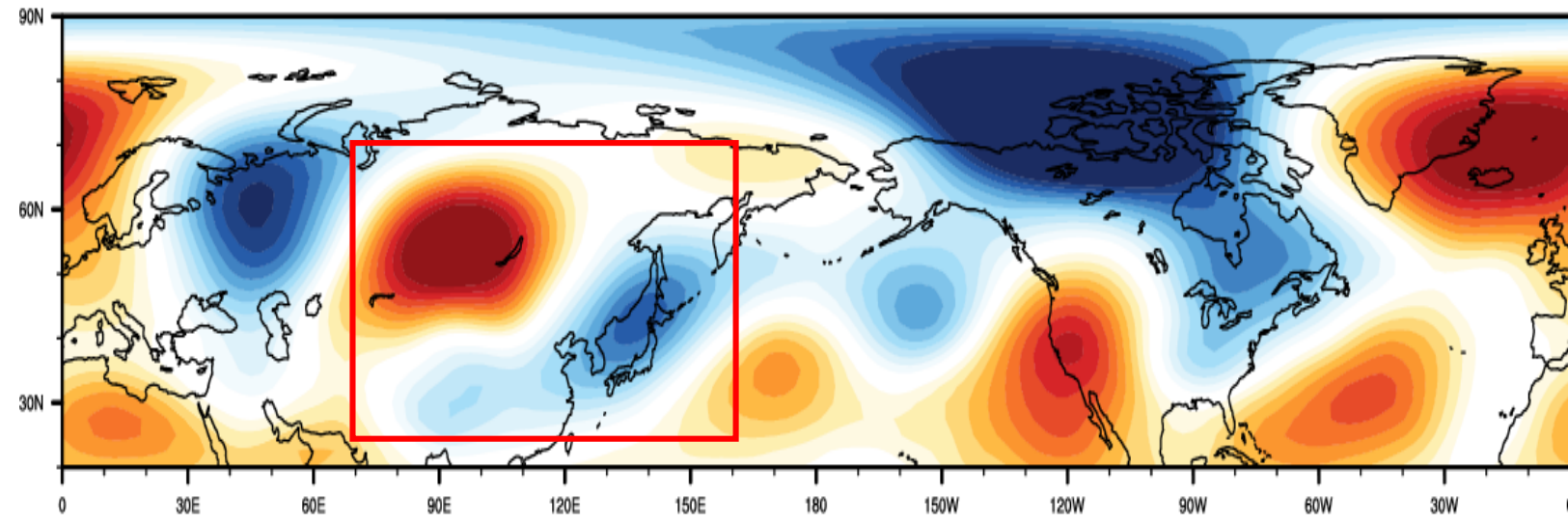
202004/ 1 - 10



202004/ 11 - 20

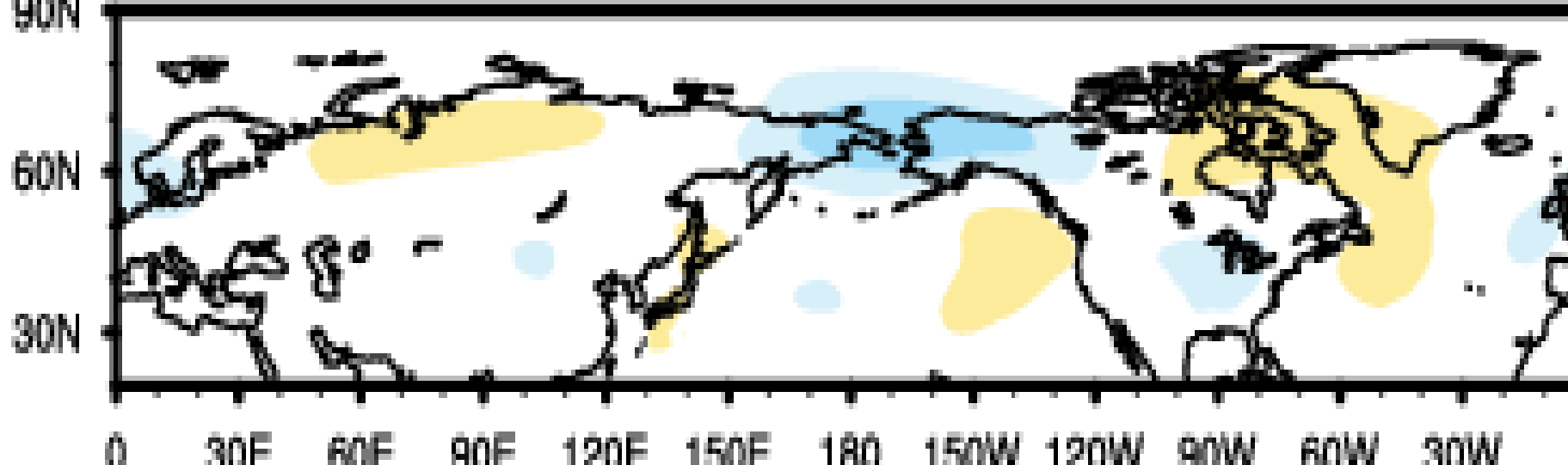


202004/ 21 - 30

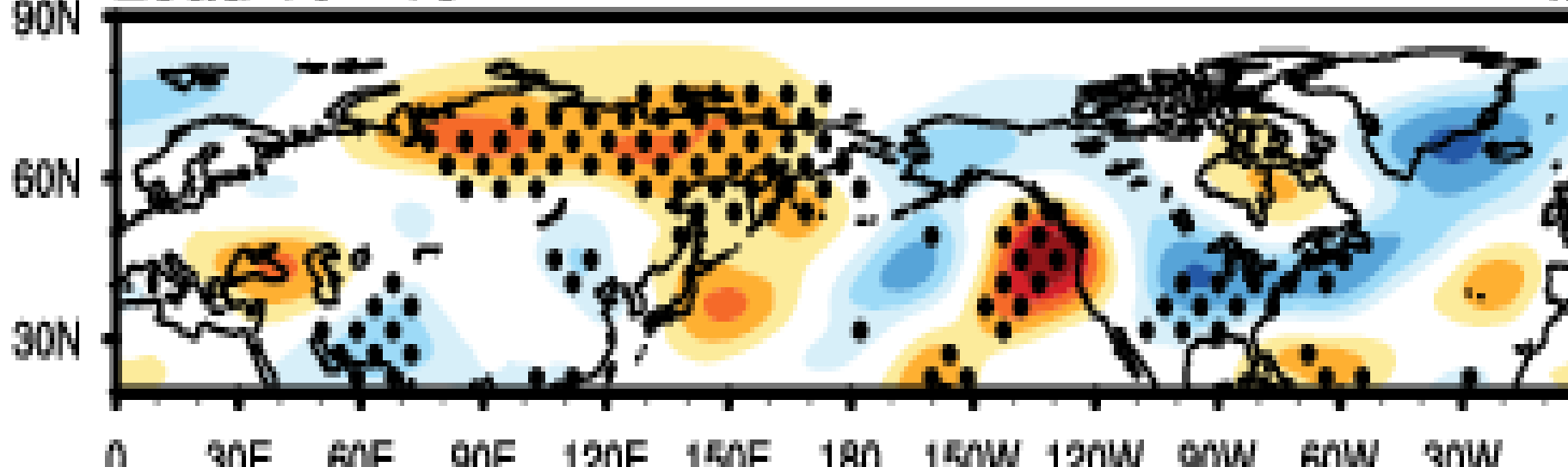


-200 -180 -160 -140 -120 -100 -80 -60 -40 -20 0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200

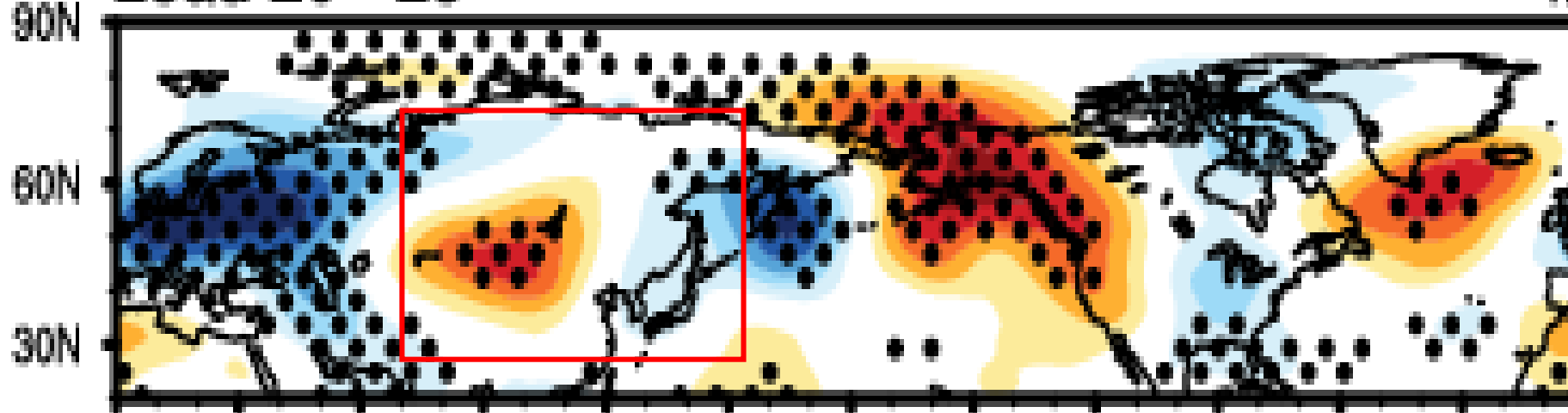
Lead 0 - 9



Lead 10 - 19



Lead 20 - 29

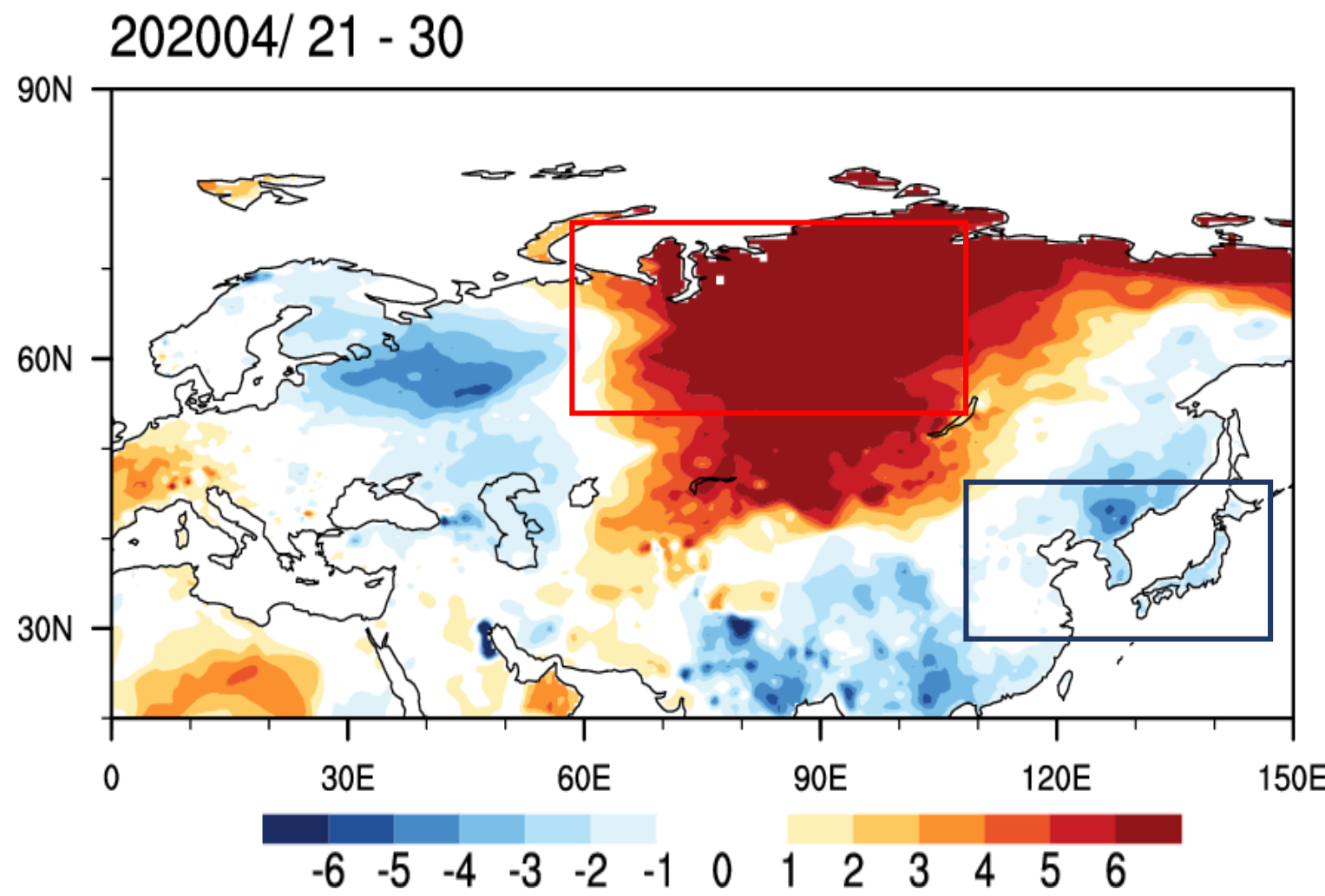


-50 -40 -30 -20 -10 0 10 20 30 40 50

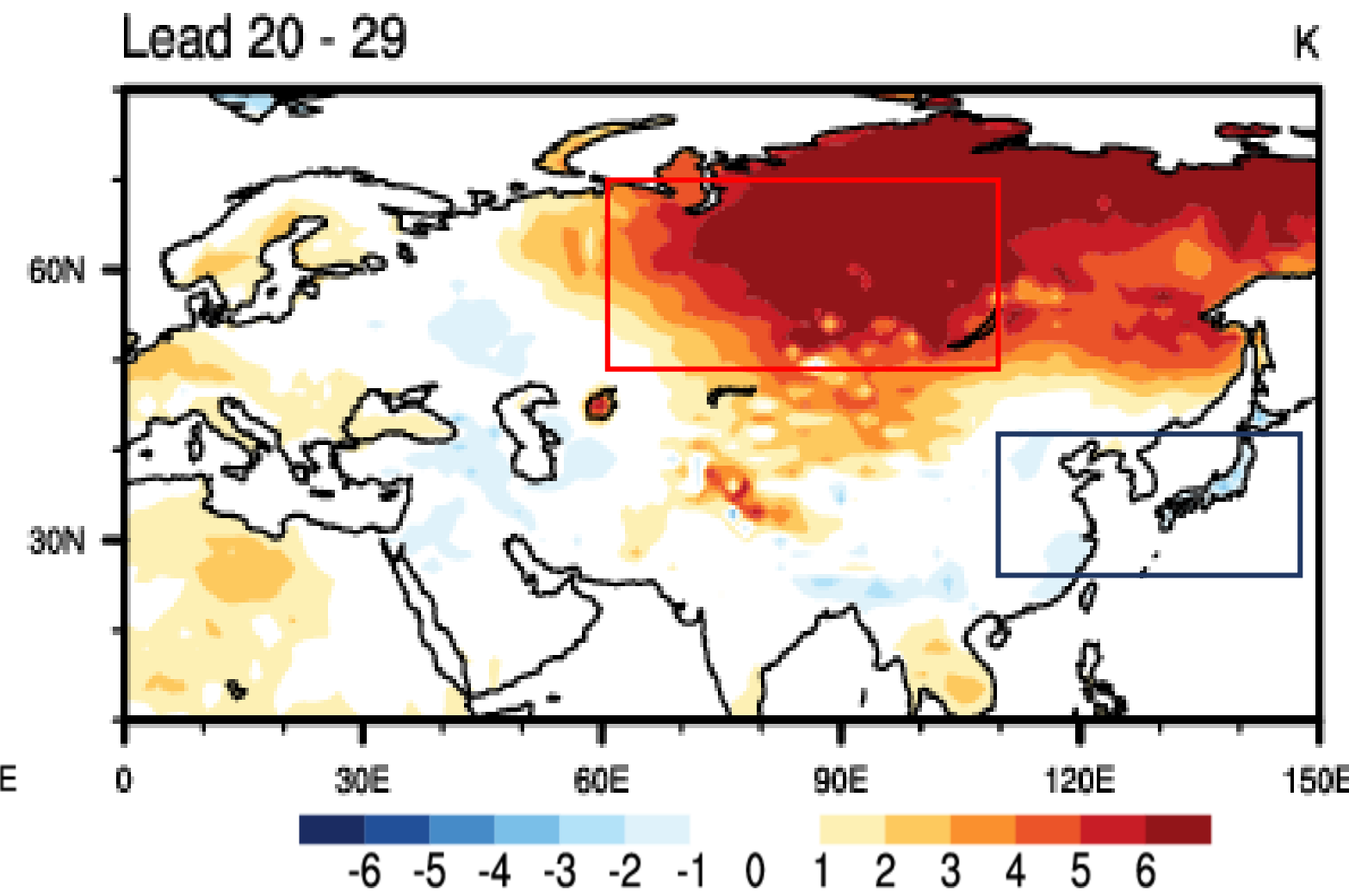
- 눈 덮임 차이로 나타나는 상층 파동 발달 효과는 서서히 진행되며 10~20일 이상 경과 후에 나타남
- GloSea5 시스템은 EXP1(Clim) 대비 2020년 4월 말에 발달한 유라시아 상층 정체 파동 모의

유라시아 눈 덮임 강제력 실험 결과

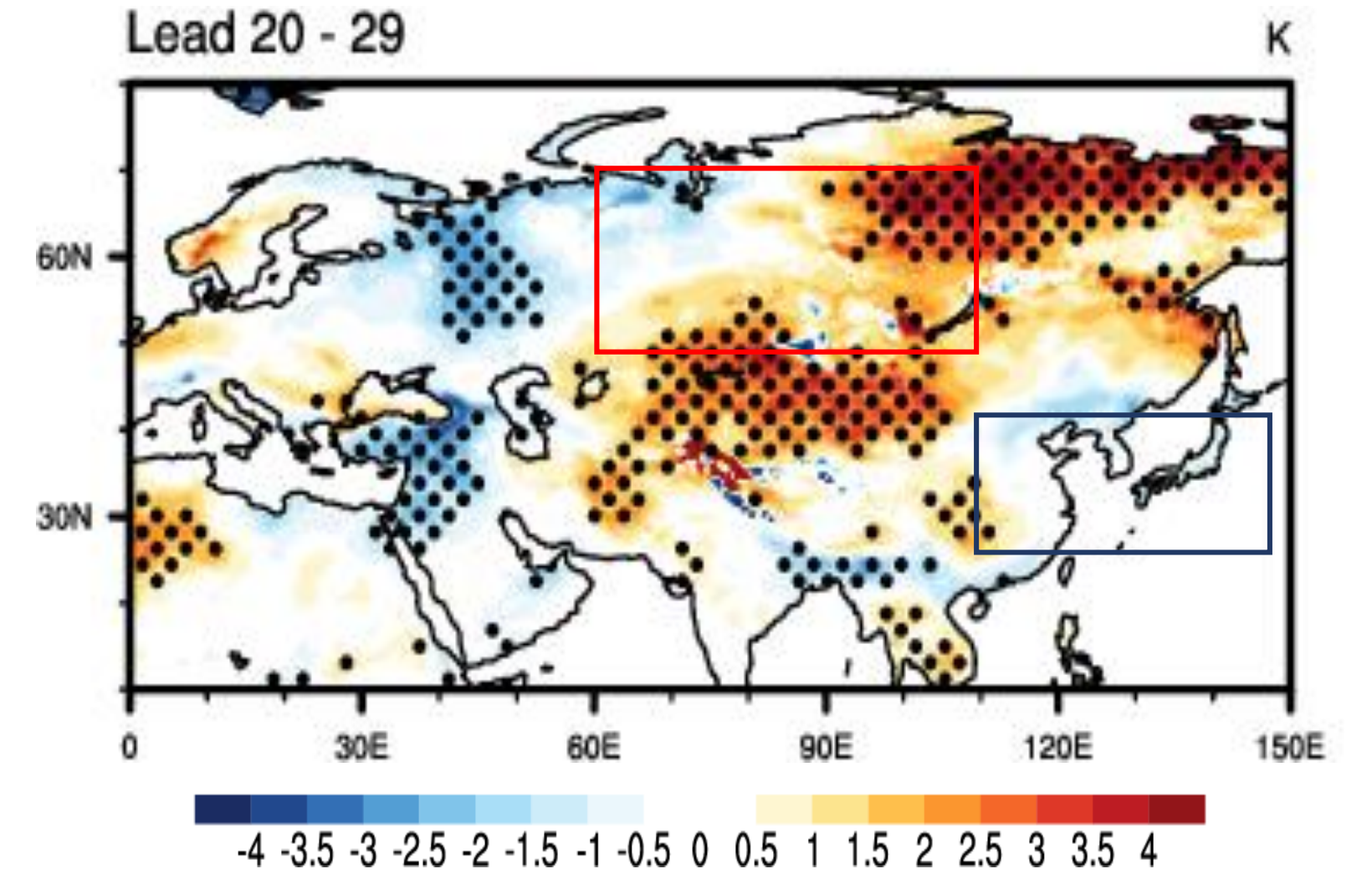
OBS (CPC)



CTL (Oper) - HCST



CTL (Oper) - EXP1 (Clim)



- 눈 덮임 감소로 인해 상층 정체 파동이 발달 하며 시베리아 지역 폭염 강화
- 현업 GloSea5 시스템은 유라시아 지역 Warm 아노말리 패턴 재현
- 이는 EXP1대비 결과를 통해 **snow 역할 및 중요성**을 확인

CMIP6 Large Ensembles 를 활용한 미래 변화 분석

특이 기상 사례 (Historical 분석)

- 미래기후에서의 폭염 발생 변화를 분석하기 위해 MIROC6 SSP585시나리오를 분석함
- MIROC6 모델은 관측에서 나타나는 시베리아 기온과 상층 파동의 관계를 잘 모의함

MIROC6

Model for Interdisciplinary Research on Climate version 6

Institute

JAMSTEC

Resolution

Atmosphere

T85 (256 x 128 lon/lat, ~ 250km)

81 vertical level (0.004 hPa top)

Ocean

1deg (360 x 256 lon/lat ~ 100km)

63 depth level

Ensemble

50 ensemble member

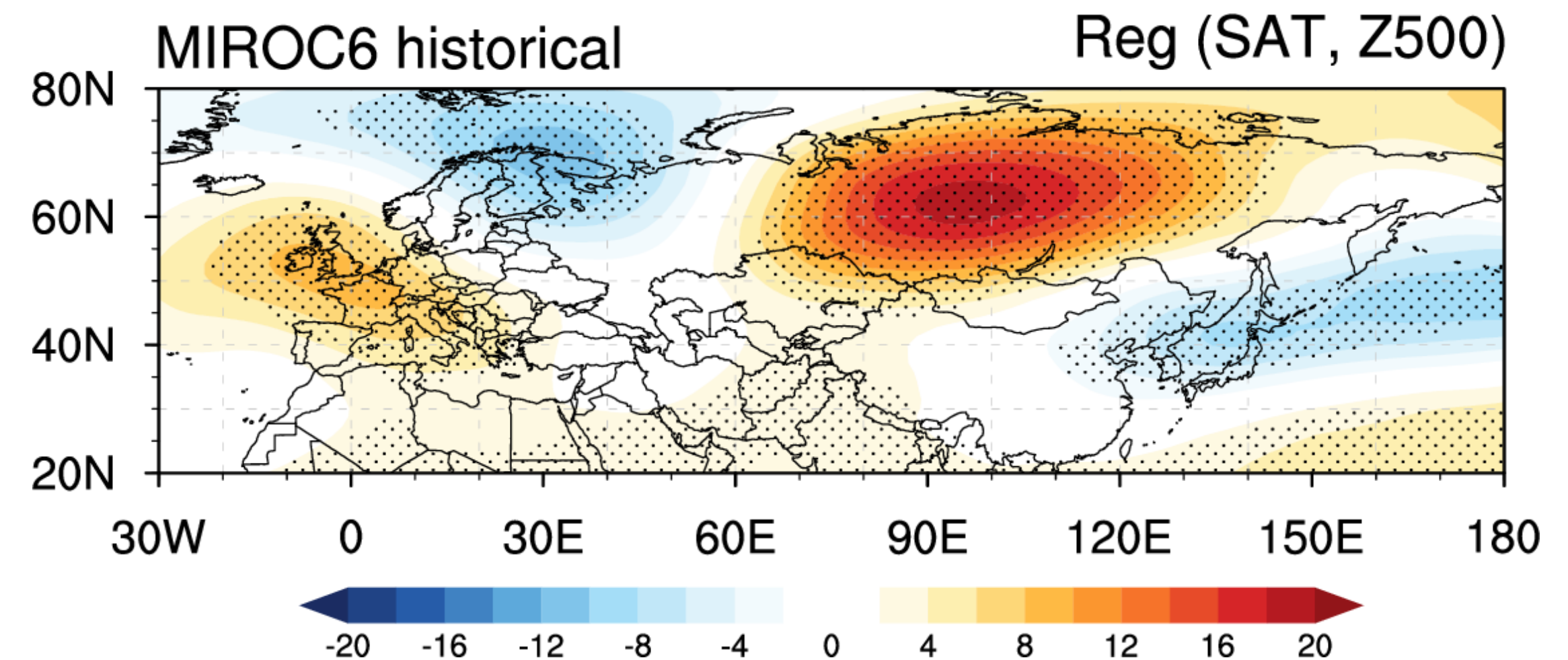
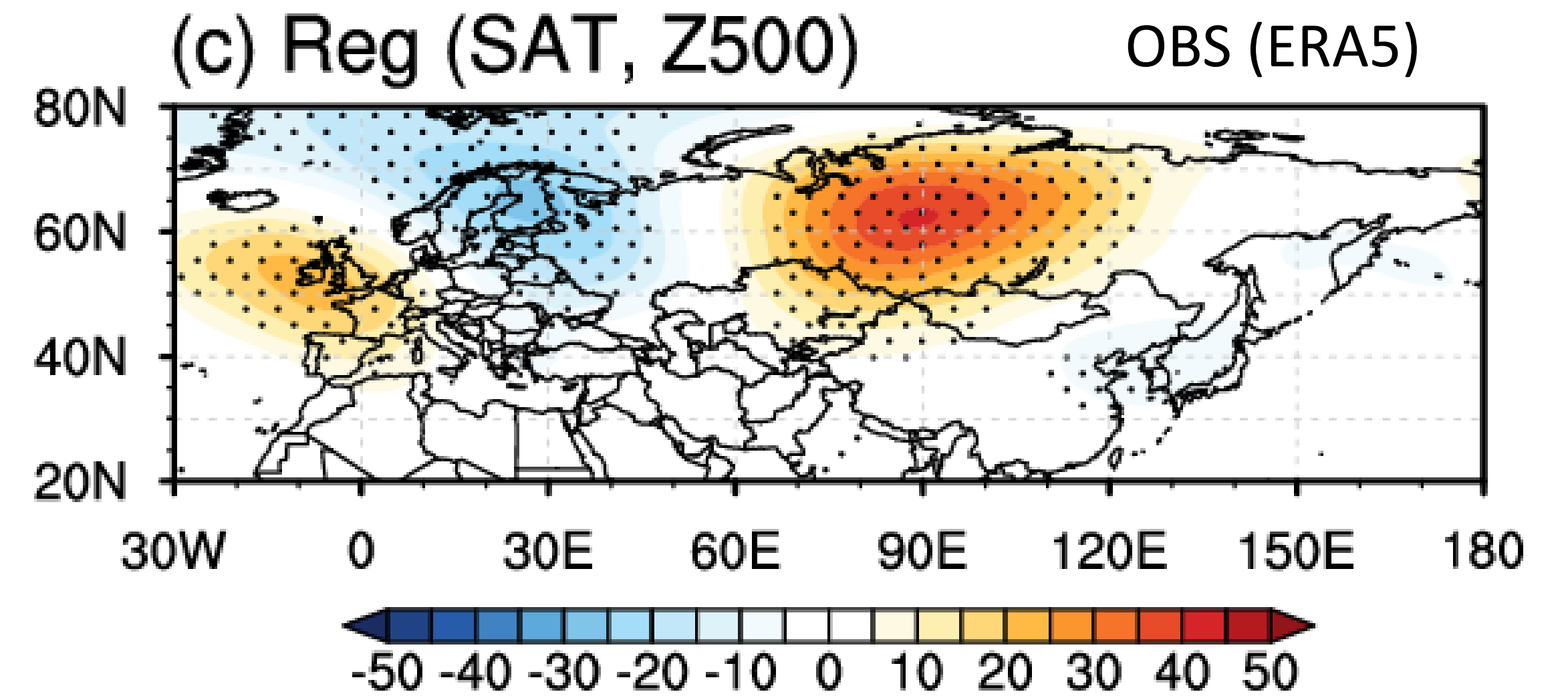
Scenario

SSP585

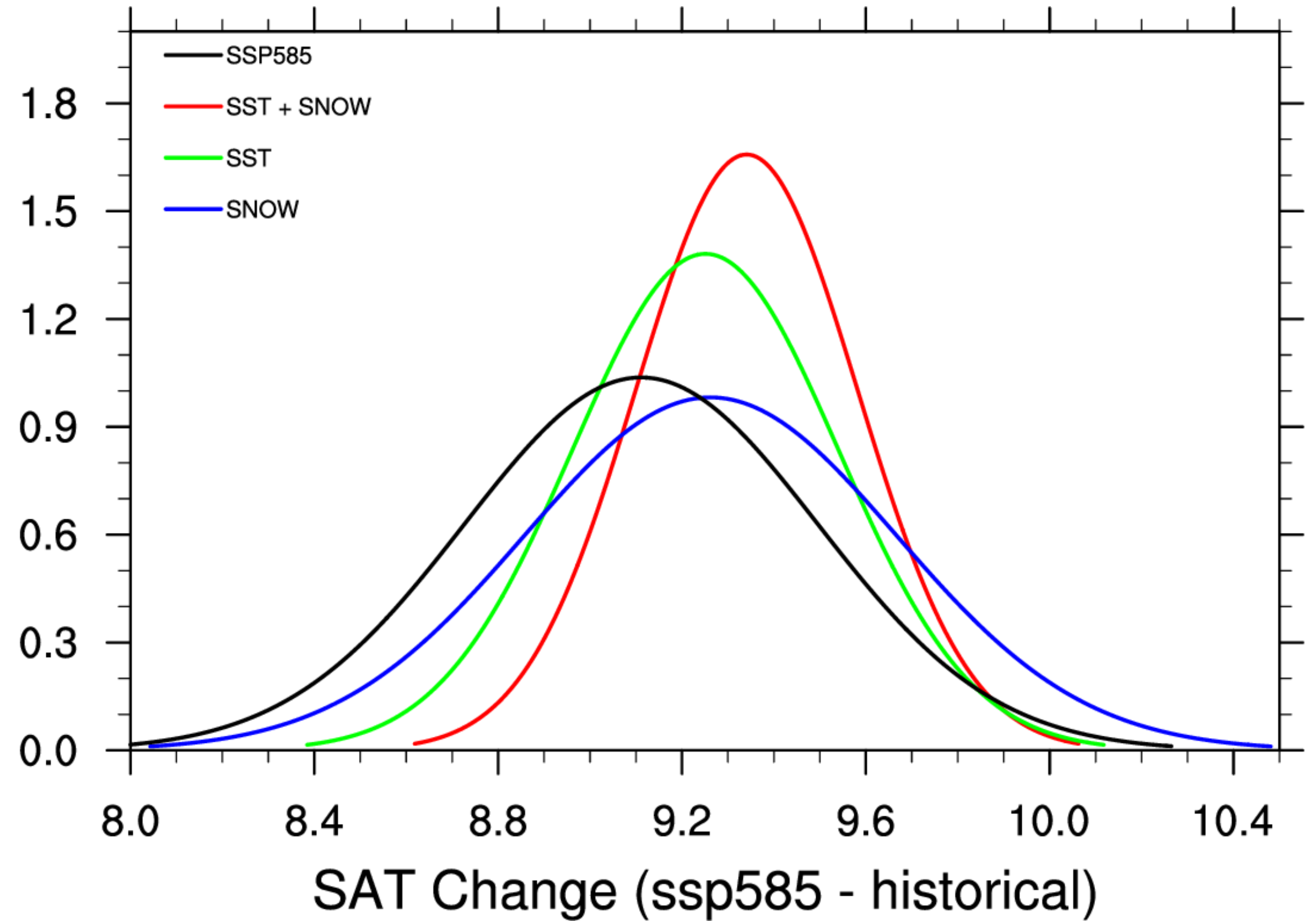
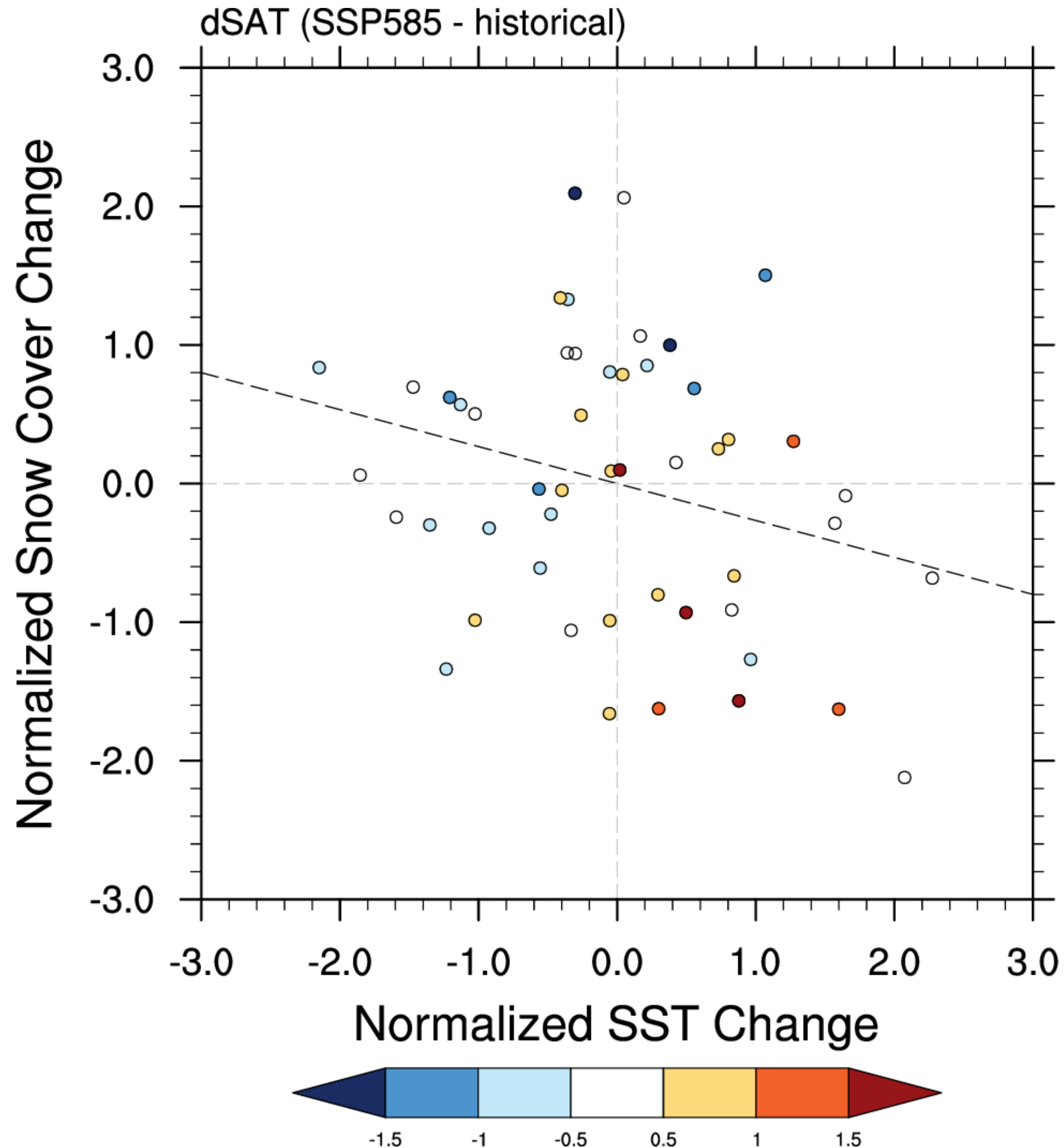
Period

Historical (1950-2014)

SSP585 (2070-2100)

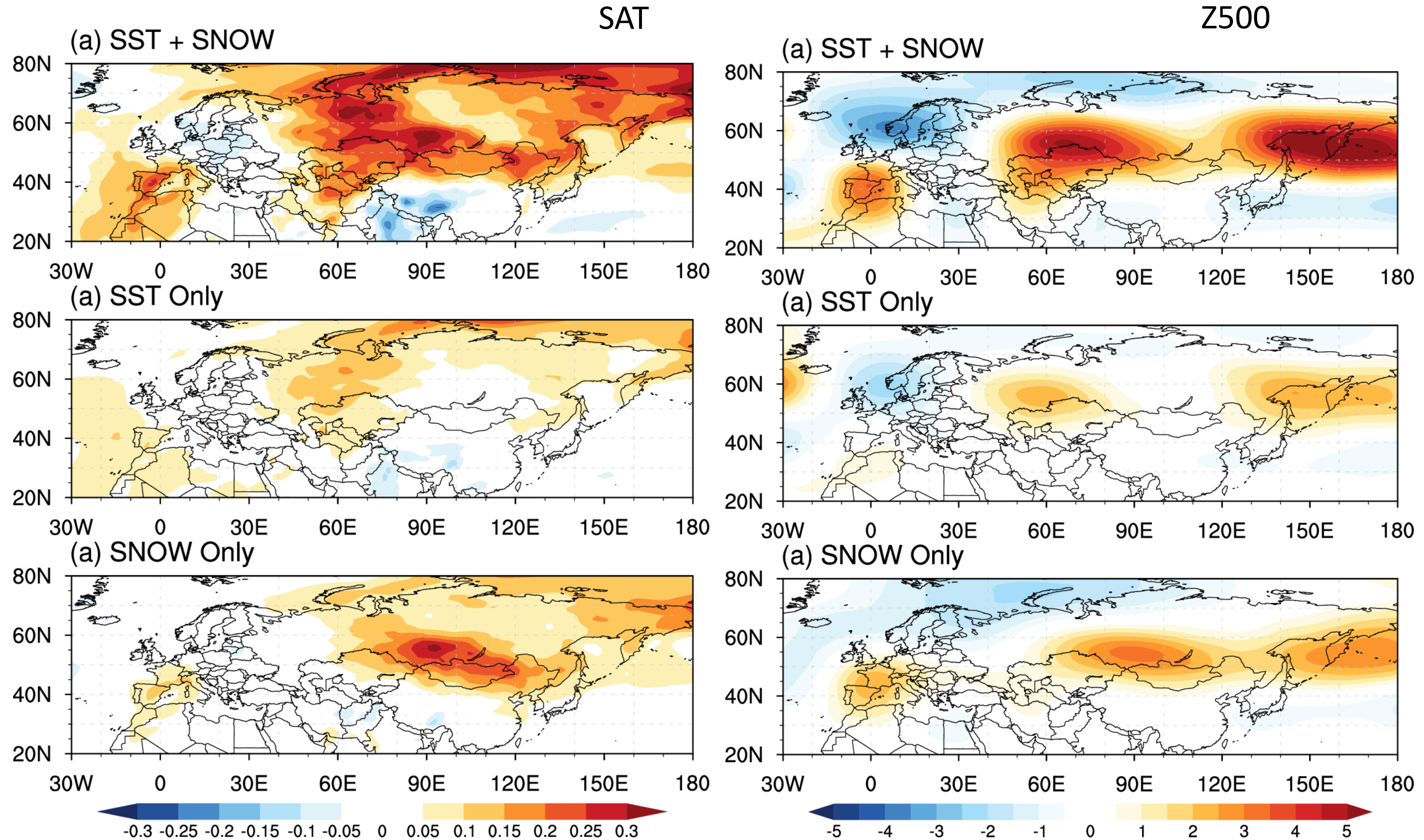


특이 기상 사례 (미래기후 분석, SSP585-Historical)



- SST : increase Eastern Atlantic SST more than 1 std. compared to mean
- SNOW : decrease Siberian snow cover less than -1 std. compared to mean
- Warming SST and Melting Snow cover in SSP585 can increase probability of extreme heat event in future climate

특이 기상 사례 합성장 분석 (미래기후 분석, SSP585-Historical)



- 2020년 봄 시베리아의 4-5월 평균 기온은 관측 사상 최고 수준의 기록적 폭염이 발생. 시베리아 폭염 사례는 2019/20년 겨울부터 강하게 발달한 양의 AO로 인해 유라시아 지역이 평년에 비해 높은 기온이 나타나며 눈 덮임을 빠르게 감소 시킴
- 본 연구에서는 같은 기간에 발달한 유라시아 원격상관 패턴에 주목하고, 원격상관 패턴의 발생과 유지 메카니즘에 대하여 전지구 재분석 자료와 기후모델 실험을 통하여 분석
- 고온이 발생했던 시베리아 지역의 4-5월 평균기온은 유라시아 지역 대기 상층의 대규모 파동 발달과 높은 관련성을 갖는 것으로 확인. 또한, 유라시아 정체파동은 북대서양 해수면 온도가 삼극자 패턴을 가질 때 상관성이 높게 나타남
- 경압 정체파동모델(SWM) 실험을 통해, 대규모 유라시아 파동의 원인이 대서양의 해수면 온도 변동과 밀접한 관련이 있다는 것을 확인. 또한, 기후변화에 따른 유라시아의 적설량 감소는 봄철의 지면-대기 상호작용을 강화시켜 상층의 정체파동의 유지 및 강화에 중요한 역할을 할 수 있음을 시사
- 전지구 기후예측모델을 이용한 적설 민감도 실험을 통하여 적설량 변화가 시베리아 지역의 온도변동에 유의한 영향을 주는 것을 확인
- 미래 기후(SSP585)에서는 SST 가 증가하고, snow cover 감소가 심화됨에 따라 시베리아 폭염 이벤트 확률이 증가 할 수



고맙습니다

FIRST IN CHANGE