



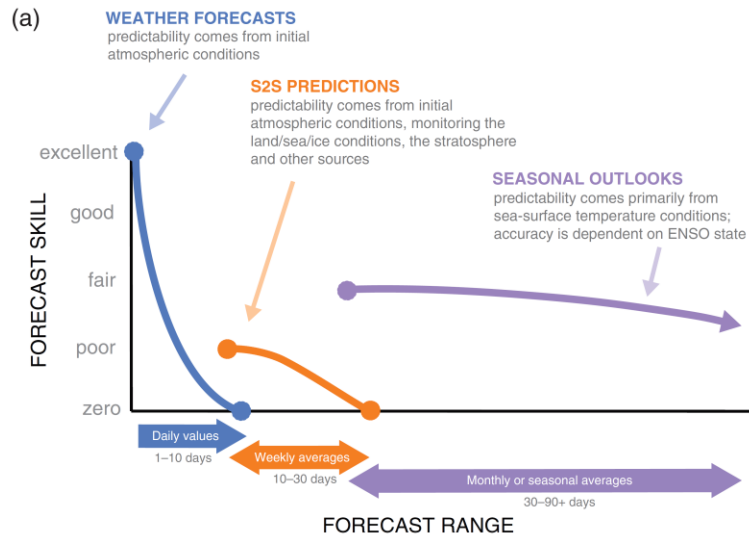
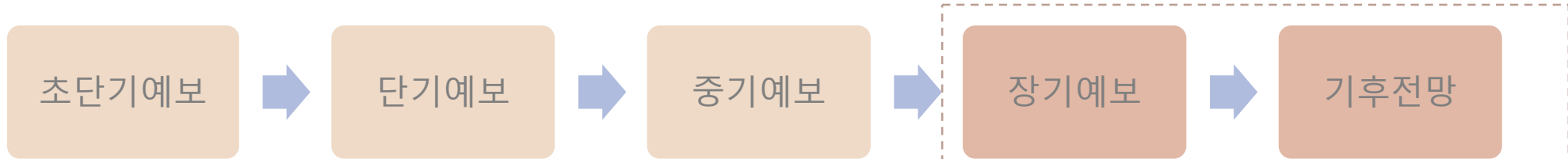
2024년 APCC 기후정보 생산 및 활용 사용자 워크숍

기후 감시와 분석

- 2024. 9. 26.
- APEC 기후센터 기후분석과
- 임슬희

목차

- 기후예측 & 기후분석
- 기후감시 & 원격상관
- 분석방법 소개
- 기후감시요소



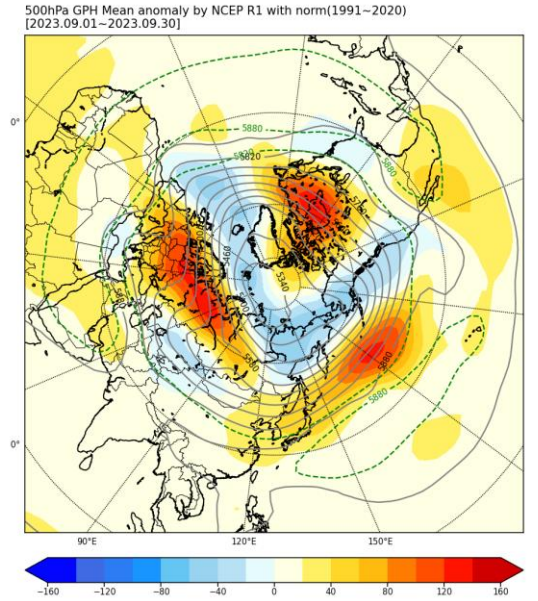
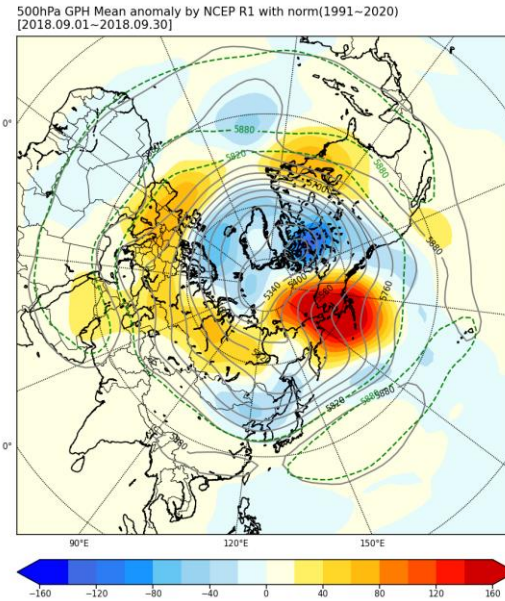
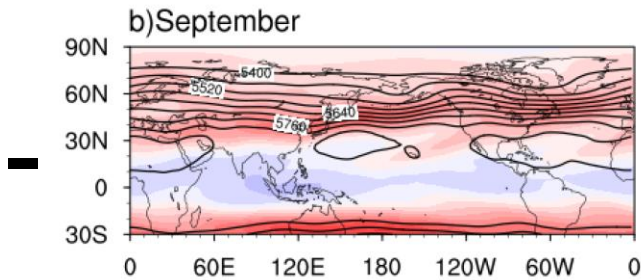
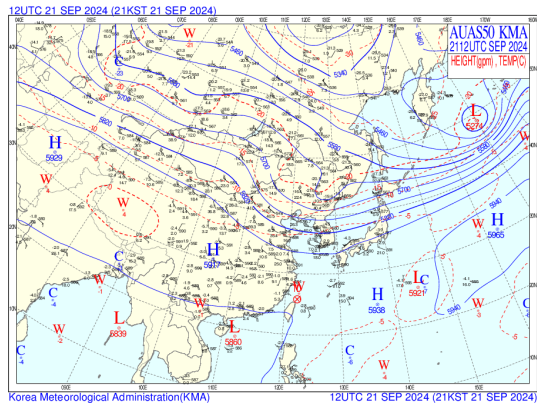
- 장기예보: 기온, 강수량**
- 1개월 전망 → 11일 이후부터 4주까지, 주별 예보
 - 3개월 전망 → 다음 월 부터 3개월까지, 월별 예보
- 기후전망: 기온, 강수량, ENSO**
- 계절기후전망 → 다음다음 계절, 연4회
 - 연기후전망 → 다음해, 1년에 한번

기후예측

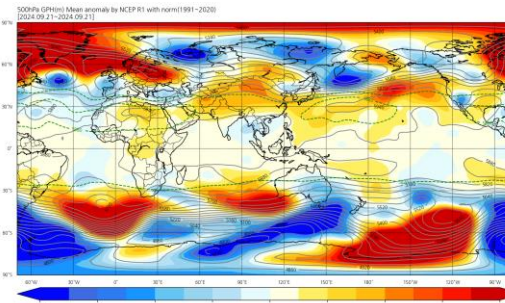
- ✓ 기후예측(장기예보)에서는 비교적 긴 시간동안 대기와 상호작용하는 해양, 지면 상태 등이 중요하게 작용
- ✓ 기후예측은 단기예보에 비해 불확실성 높음
 - 일정 기간의 평균상태를 기준값(평년, 기후값)에서 벗어나는 정도로 예측
- ✓ 주단위, 월단위, 계절단위의 비교적 긴 시간규모에 대해 **평년 대비 경향성 예보**
평년보다 높음(많음) / 비슷 / 낮음(적음)

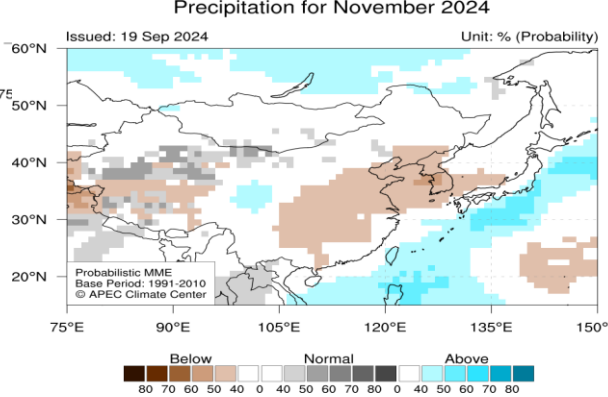
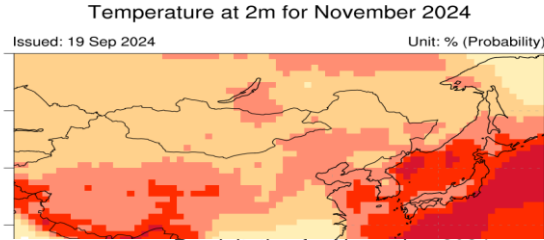
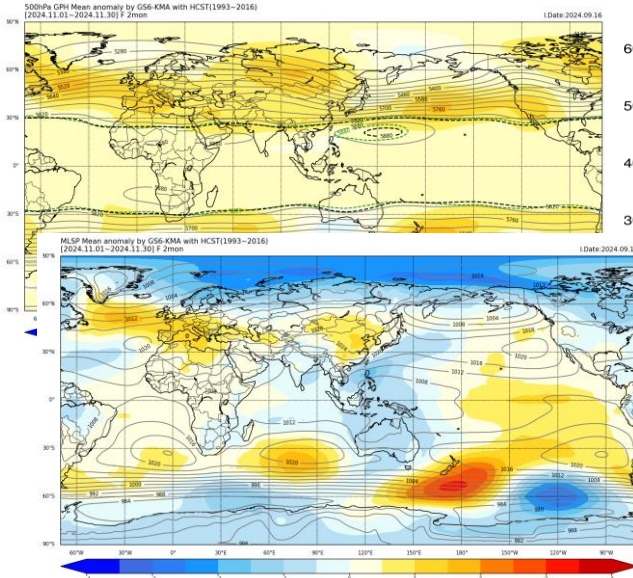
- ✓ **평년** (기후값, Climatology, Climatological Standard Normal)
 - 주어진 지점에서 경험하는 평균적인 상태 (기준값)
 - 과거 연속된 30년 기간 동안의 평균값으로 정의 (1991~2020년 평균, 1981~2010년 평균, 10년 단위로 이동)

- ✓ **편차** (anomaly) $x' = x - \bar{x}$
 - 특정 시점의 값에서 같은 기간의 평년 값을 뺀 값으로 정의
 - 평년에서 얼마만큼 벗어나 있는가



- ✓ 실선: 해당 기간의 관측값
- ✓ 채색: 해당 기간의 편차 (관측값-평년값)
- ✓ 양(음)의 지위고도 편차
 - 평년보다 높은(낮은) 기압
 - 기압능(기압골) 발달





- ✓ 모델 성능 개선이 지속적으로 이루어지고 있음에도, 여전히 역학 모델의 예측성에 한계가 있음 (지식의 한계, 모델의 한계, 자연의 비선형성, ...)
- ✓ 예보 정확도 향상을 위해, 과거자료로부터 통계적인 분석을 통해 얻어진 기후분석 결과를 함께 활용

요약 3개월전망 해설

- (기온 전망) 우리나라 부근에는 고기압성 순환이 강화되어 10월은 평년보다 높을 확률이 60%, 11월은 평년과 비슷할 확률이 50%, 12월은 평년과 비슷하거나 낮을 확률이 각각 40%입니다.
- (강수량 전망) 10월은 평년과 비슷할 확률이 50%, 11월과 12월은 평년과 비슷하거나 적을 확률이 각각 40%입니다.

※ 해수면온도, 북극 해빙, 북극진동 등 기후감시요소는 시간이 지남에 따라 변동성이 커짐에 따라 예측 정확도가 낮아질 수 있으며, 이에 따라 3개월전망이 변경될 수 있으니 매월 23일경 발표되는 3개월전망을 확인하여 주시기 바랍니다.

1. 기온 전망

□ 기후예측모델 결과 (주요 설명 자료 12-13쪽)

- (WMO 다중모델앙상블 선도센터) 한국, 미국 등 전 세계 11개 기상청 및 관계 기관이 제공한 기후예측모델에서 기온은 '24년 10-12월 모두 평년보다 높을 확률이 클 것(60-83%)으로 예측하였습니다.
- * 한국, 호주, ECMWF, 영국, 중국, 캐나다, 독일, 일본, 이탈리아, 브라질, 프랑스 기상청이 제공한 493개 기후예측모델자료 사용
- ※ 앙상블 평균¹⁾ 확률(낮음/비중/높음): (10월) 4/13/83%, (11월) 12/29/59%, (12월) 19/31/50%
- (기상청) 평년보다 높을 확률은 10월은 92%, 11-12월은 40-55%으로 예측하였습니다.
- ※ 앙상블 평균 확률(낮음/비중/높음): (10월) 1/7/92%, (11월) 12/33/55%, (12월) 23/37/40%

< 10-12월 기온 예측 확률(%)에 따라 나라 분류(전, 평상불, 불상(대)) >
 < 기상청 기후예측모델(CGCM) 10월 500hPa의 53km 상하 지류고도 편차 >

✓ 용어 해설

- ① 기후예측모델: 대기, 해양, 지면 등 기후시스템을 구성하는 각 요소를 설명하기 위하여 기후 요소 간의 복잡한 상호작용을 물리, 역학적인 수치방정식으로 단순화시켜 기후를 예측할 수 있는 수치모델
- ② 앙상블 평균: 여러 개의 모델을 수행해 나온 결과의 평균

1) 평년: 과거 30년(1991-2020년)간의 평균으로 매 10년마다 변경

□ 기후감시요소 주요 분석결과 (주요 설명 자료 8-11쪽)

○ 기온이 평년보다 높을 수 있는 주요 요인에 대해 설명하겠습니다.

- 1 북태평양 지역(30°N-65°N, 20°W-60°W)의 해수면 온도가 8월까지 10월까지 평년보다 높은 경우 2 해양에서 대기로 열에너지가 공급되면서 동아시아로 이동하는 대기파동²⁾이 유도되어 동아시아 상공(약 53km)에 고기압성 순환이 강화되고, 3 이는, 단열승온³⁾ 현상을 유도하여 우리나라 기온은 평년보다 높은 경향이 있습니다(10월). [그림 1]

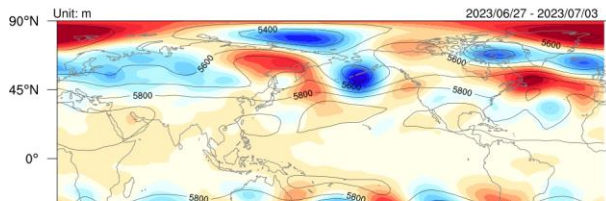


- 8월의 열대 인도양 지역(5°S-10°N, 55°E-100°E)의 고수온 지속 시 통계적으로 우리나라 기온이 상승하는 경향이 있습니다(10월).
 - 열대 중태평양 지역(5°S-5°N, 120°W-120°W)의 해수면온도가 하강하여 아열대 북태평양 지역(5°S-20°N, 150°E-160°W)에 강수량이 감소하면, 우리나라 남동쪽으로 고기압성 순환이 발달하면서 우리나라는 고온다습한 남풍이 유입되어 기온이 높을 가능성이 있습니다(10월).
 - 라니냐 발달 시기에 북서태평양(20°N-30°N, 120°E-140°E)의 고수온 지속 시 우리나라 남쪽의 고기압성 순환이 강화되면서 북쪽의 저기압성 순환을 약화시켜 우리나라 기온이 상승할 가능성이 있습니다(11월).
- ✓ 용어 해설
- ① 대기파동: 남쪽에서 북쪽 또는 서쪽에서 동쪽으로 에너지가 전파되면서, 평년과 비교하여 고기압성 순환/저기압성 순환이 번갈아가며 나타나는 현상
 - ② 단열승온: 고기압성 순환 지역에서 하강기류 발생하고 그로 인해 공기가 압축되어 열에너지가 증가하면서 기온이 상승하는 현상

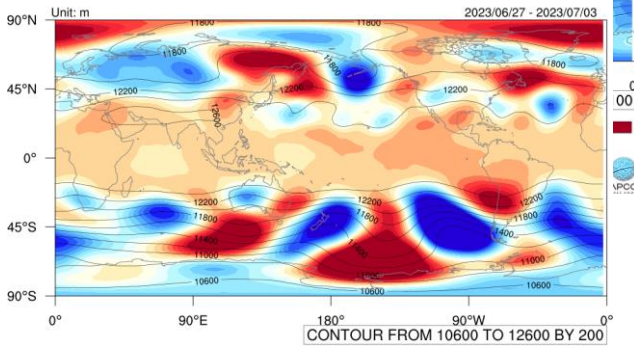
- ✓ 우리나라는 중위도에 위치
- 열대 + 중·고위도 영향 모두 받음 → 전지구 규모의 다양한 자료 감시 필요

- 북반구 기압계 동향 → 대규모 흐름

500hPa GPH Mean

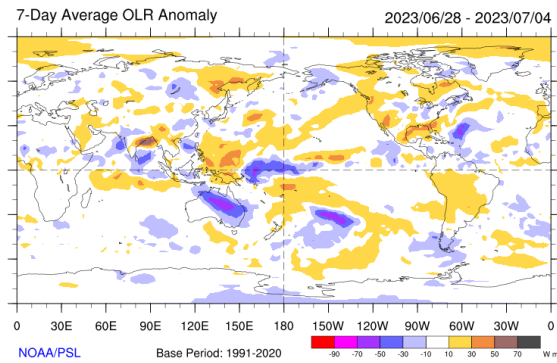
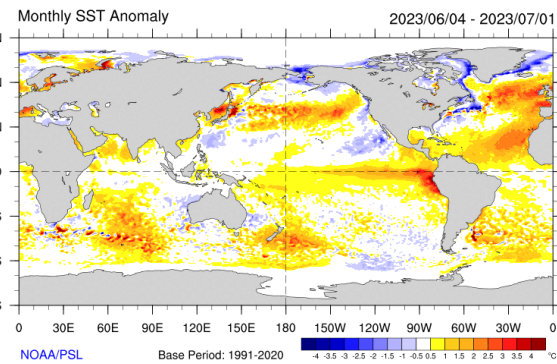


200hPa GPH Mean

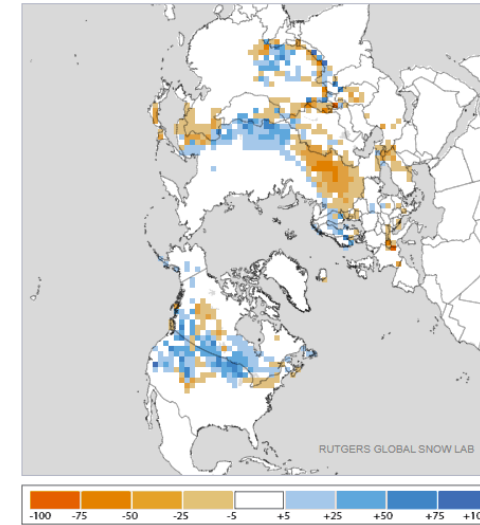


Shading: MEAN-CLIM, Contour: GPH MEAN
DATA: NCEP, CLIMATE/NCER/1991-2020
Updated on: 2023-07-06

- 해수면온도(Sea Surface Temperature)

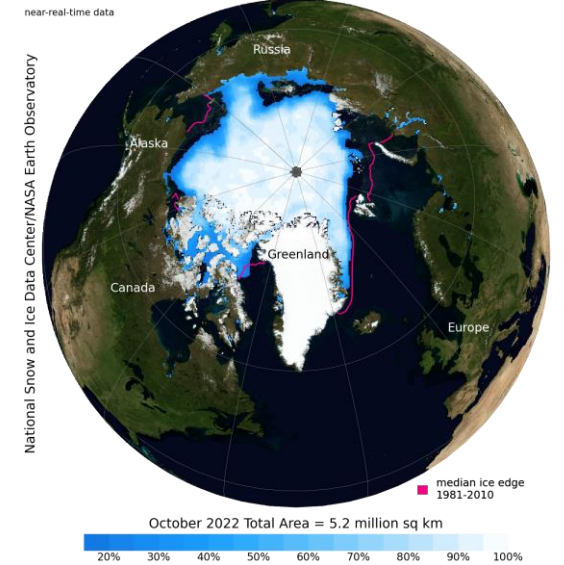


Monthly SCE Departure - April 2023



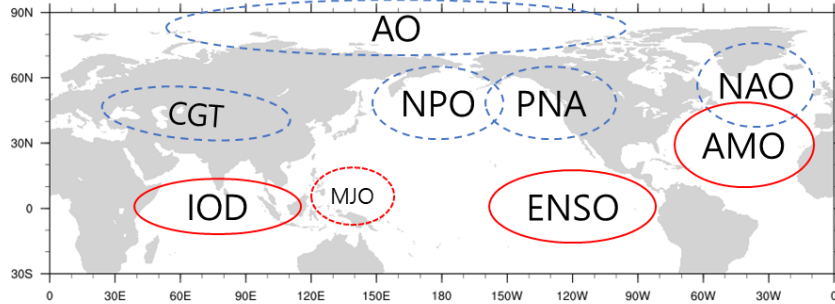
- 눈덮임 (Snow Cover)
가을 유라시아 눈덮임 속도
봄 티베트고원 눈덮임

- 상향장파복사(Outgoing Longwave Radiation)
(-)OLR → 대류활동 활발 (상승운동)
(+)OLR → 대류활동 억제 (하강운동)



- 북극 해빙 (Sea Ice)

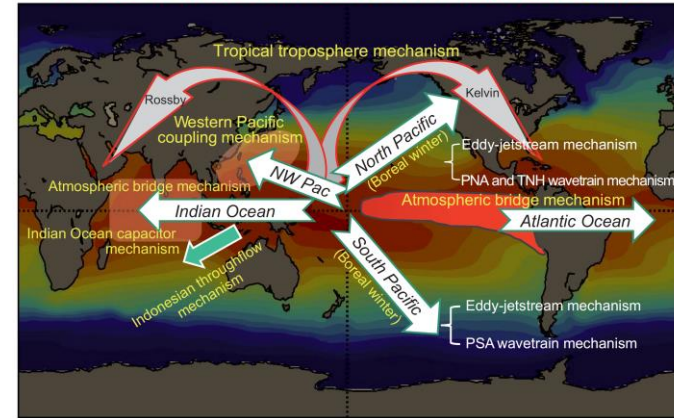
- ✓ 원격상관 (Teleconnection) :
 - 지리적으로 멀리 떨어진 지역의 변수가 서로 관련성을 보이는 기후 편차 (climate anomaly)
 - 신뢰할 만한 원격상관을 이용해 장기에보 예측성 향상



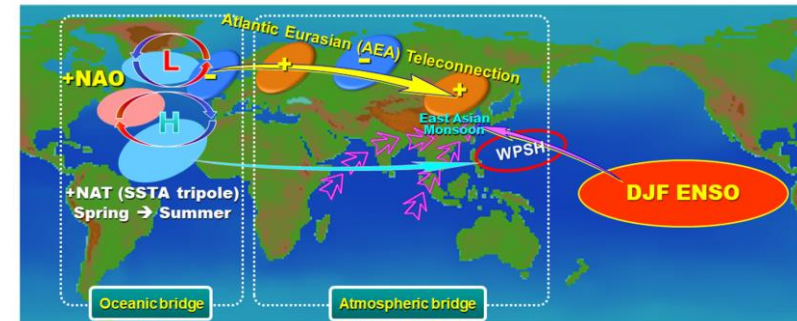
- El Nino Southern Oscillation (ENSO)
- North Atlantic Oscillation (NAO)
- Pacific/North American pattern (PNA)
- Madden Julian Oscillation (MJO)
- Indian Ocean Dipole (IOD)
- Arctic Oscillation (AO)
- Circumglobal Teleconnection (CGT)

...

ENSO Teleconnection Mechanisms

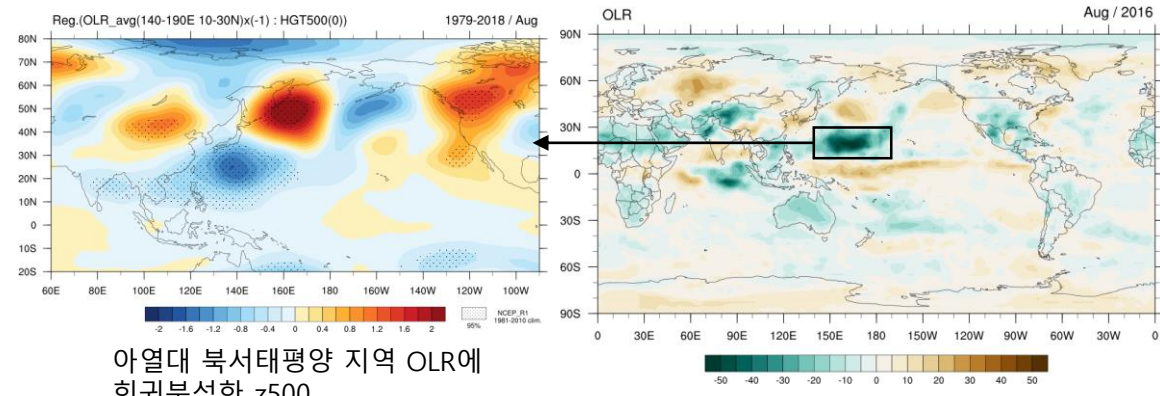
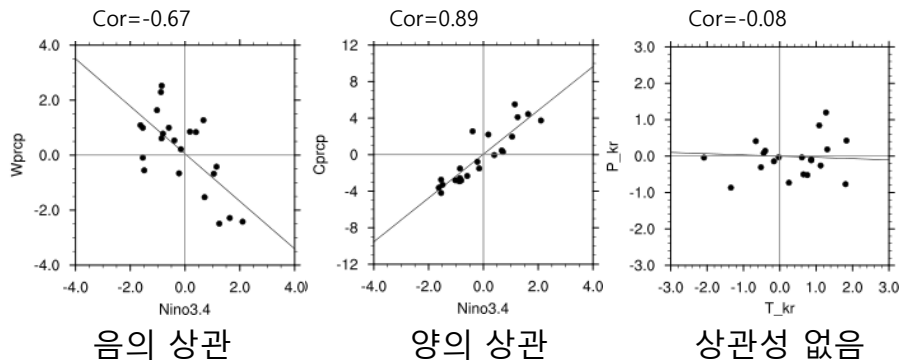
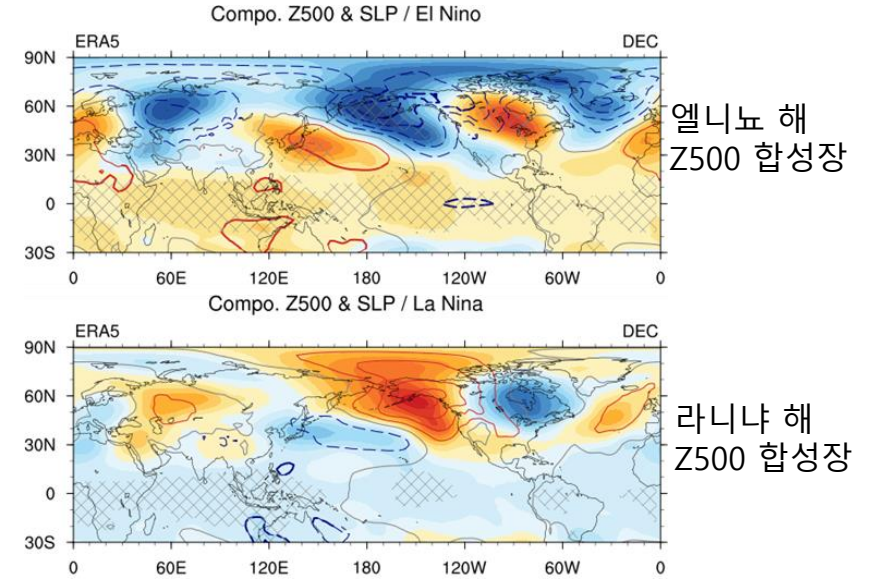


Yang et al. 2018
 Figure 2. A schematic illustrating the major teleconnection mechanisms through which ENSO affects the global climate.



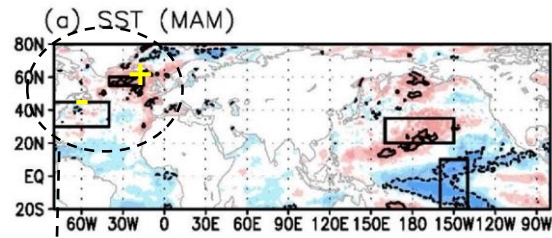
Li et al. 2019

- ✓ 상관분석 (correlation analysis) :
변수 간의 밀접한 정도를 분석
- ✓ 회귀분석 (Linear Regression analysis) :
종속변수 y와 독립변수 x와의 선형 상관 관계를 함수로 모델링하는 통계기법 $y = \alpha + \beta x$
- ✓ 합성장 분석 (Composite analysis) :
주어진 조건에 대하여 대상이 되는 변수의 추정값
(주어진 조건에 대한 대상 변수의 산술 평균)



출처: Kim et al. 2017, Lee and Seo 2013, ...

- ✓ 장마 강수 지수(6/15~7/29강수)와 높은 상관관계 보이는 SST, OLR, 눈덮임 지역을 선정
- ✓ 교차검증을 통해 예측값과 관측값이 높은 상관관계수 갖도록 인자를 선정 → 통계모델 구축



장마강수에 회귀분석한 봄철 해수면온도

$$y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \varepsilon$$

$$\hat{Y} = +0.41[NA1] + 0.46[NPC] - 0.40[CNINO]$$

$$\hat{Y} = +0.57[NA1] + 0.33[NPC] - 0.41[WNP(OLR)]$$

$$\hat{Y} = +0.53[NA1] - 0.34[NIO] + 0.47[EUSC]$$

$$\hat{Y} = -0.39[NAC] + 0.47[NPC] - 0.50[CNINO],$$

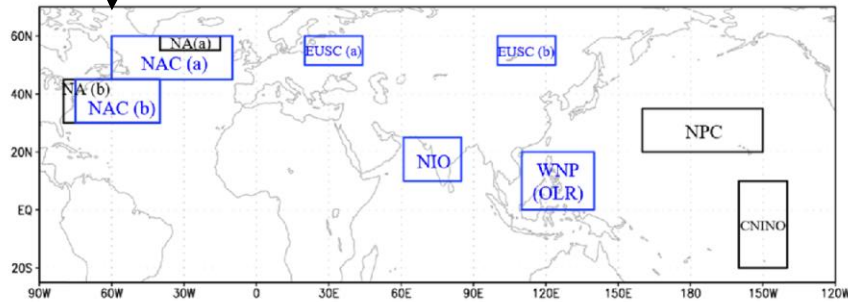


Table 1. List of selected predictors. Each predictor is highly correlated with the Changma precipitation time series, which is statistically significant at the 90% confidence level.

Predictors	Areas	Period
North Atlantic 1 (NA1)	[40°-15°W, 55°-60°N] - [80°-40°W, 30°-45°N]	4/6-4/25
Northern Pacific change (NPC)	160°-210°E, 20°-35°N	(4/11-4/30) - (3/22-4/10)
Central Pacific NINO (CNINO)	160°-140°W, 15°S-10°N	4/1-4/20
northern Indian Ocean (NIO)	61°-85°E, 10°-25°N	4/16-5/5
western North Pacific (WNP(OLR))	110°-140°E, 0°-20°N	5/11-5/30
North Atlantic change (NAC)	[60°-10°W, 45°-60°N] - [75°-40°W, 30°-45°N]	(5/1-5/31) - (4/1-4/30)
Eurasian snow cover (EUSC)	[20°-44°E, 50°-60°N] - [100°-124°E, 50°-60°N]	3/1-5/31

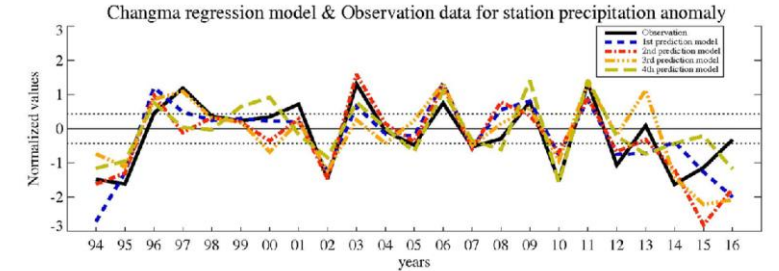


Fig. 3. Observed (black solid line) and predicted precipitation anomalies for each model (1st prediction model: blue dashed line, 2nd prediction model: red dashed-dot line, 3rd prediction model: orange dash-dot-dot-dot line, and 4th prediction model: yellow long-dash line). The dotted horizontal lines represent 0.43 and -0.43, respectively.

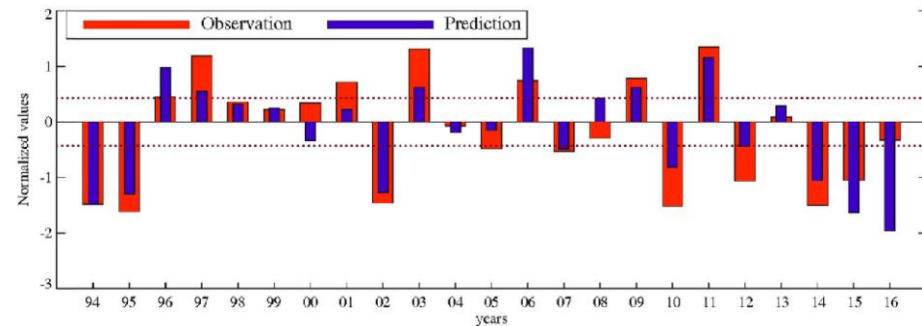


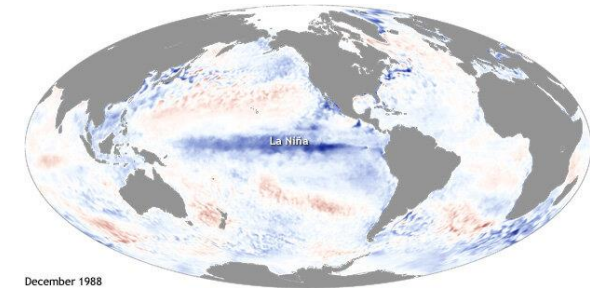
Fig. 4. Observed (red bars) and ensemble-mean predicted (blue bars) precipitation anomalies. The dotted horizontal lines represent 0.43 and -0.43, respectively.



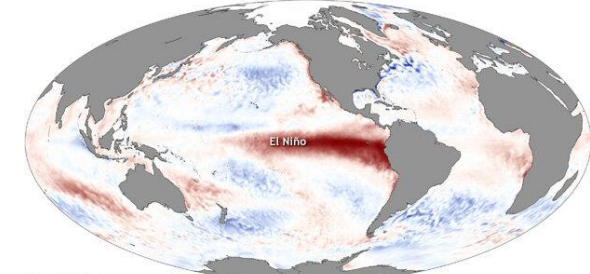
- 기후감시요소
 - 엘니뇨 & 라니냐
 - 북극진동
 - 눈덮임
 - 북극 해빙
 - CGT & PJ

El Nino-Southern Oscillation (ENSO)

- ✓ 열대 동태평양과 중태평양 해수면온도(SST)가 평년보다 높은(낮은) 상태가 지속되는 현상 (엘니뇨/라니냐)
- ✓ 열대 태평양에서 나타나는 현상이지만 대기과 해양의 원격상관을 통해 전 지구에 영향
- ✓ 봄~여름철 발생해 겨울철에 최성기에 이른 뒤 봄~여름철에 쇠퇴
- ✓ 열대 서태평양과 중태평양 대류활동 변화는 중위도로의 대기파동을 유발

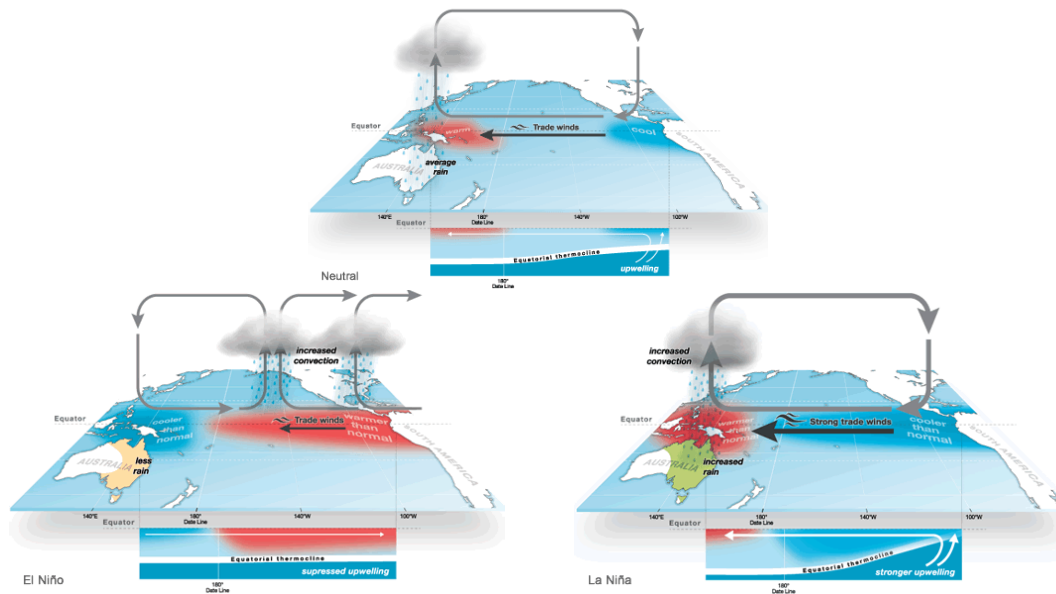


December 1988

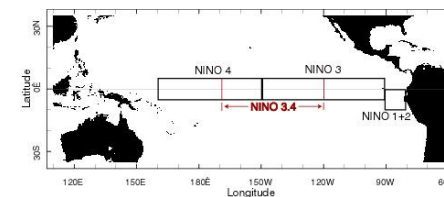
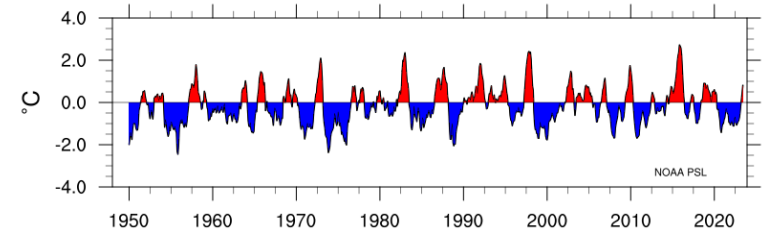


December 1997

Difference from average temperature (°F) 출처: NOAA Climate.gov



Nino3.4 지역에서 평균한 SST anomaly



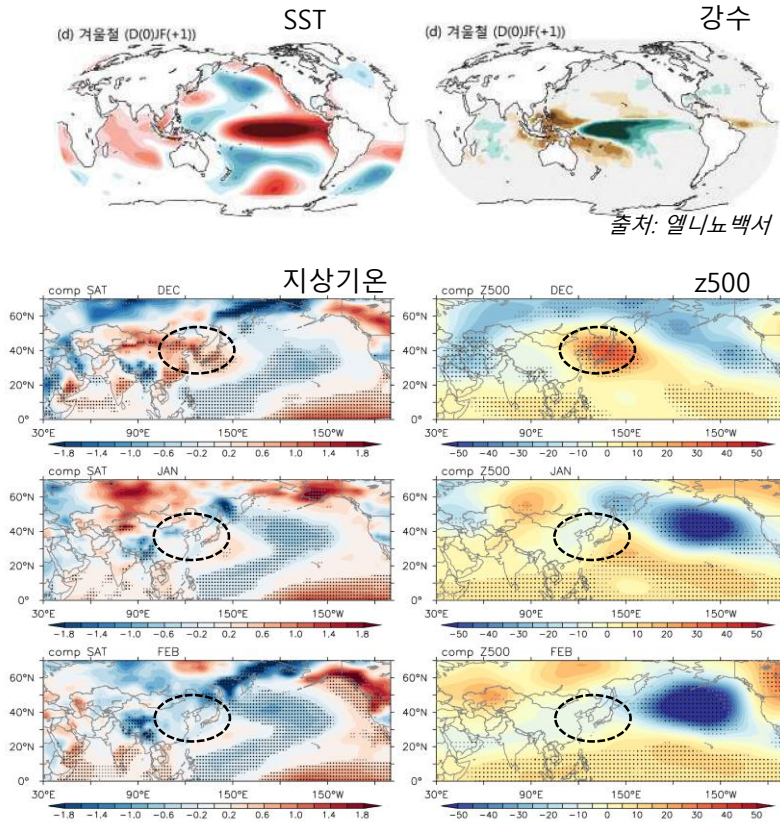


그림 6.9. 1973년 이후 엘니뇨 해에 대한 12월, 1월, 2월, (좌) 지상기온 편차 및 (우) 500hPa 지위고도 편차 합성도

표 6.2. 엘니뇨 일 때, 겨울철 우리나라 기온 및 강수 현황
+(-): 평년비숫범위보다 높은(낮은) 해 횟수, 0: 평년비숫범위 이내 해 횟수

엘니뇨 해	기온			강수		
	+	0	-	+	0	-
12월	10	7	0	4	4	3
1월	4	9	4	5	7	5
2월	6	4	7	7	6	4

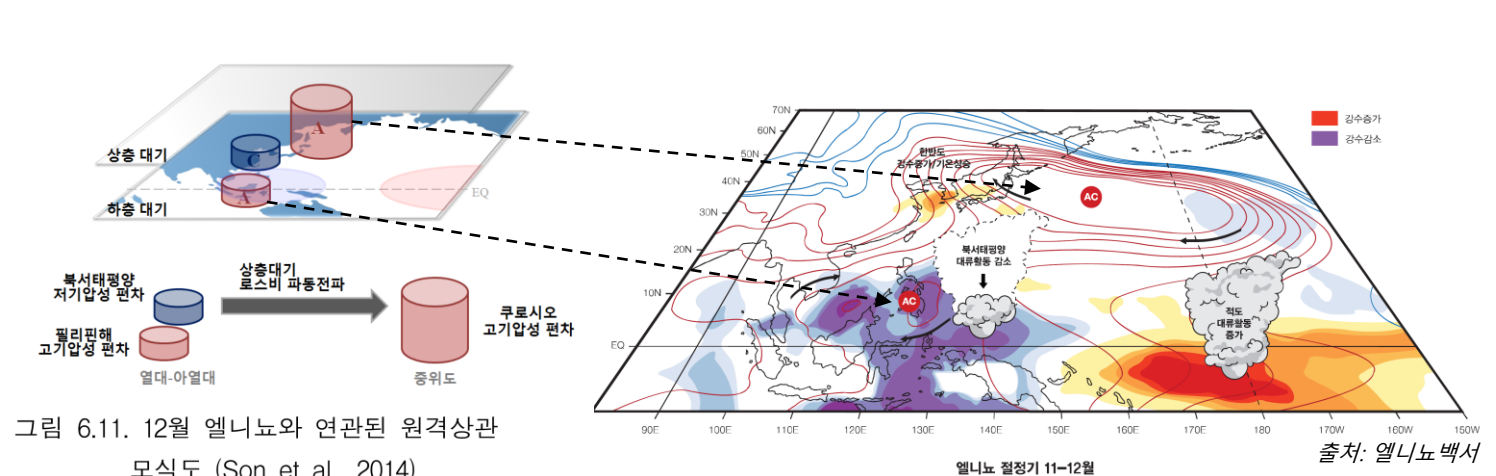


그림 6.11. 12월 엘니뇨와 연관된 원격상관

모식도 (Son et al., 2014)

A: 고기압성 순환 C: 저기압성 순환

그림3-4-12. 엘니뇨 절정기 11-12월 한반도 영향 모식도.

- ✓엘니뇨 시기 중태평양 양의 강수 편차, 서태평양 음의 강수 편차
- Gill-Type 대기 반응, 로스비파 전파 (열대지역 상층 저기압, 중위도 고기압성 흐름)
- 중위도 한반도 동쪽에 연직 순압 구조 고기압성 순환 유도
- 남풍 편차 동반하며 온난 습윤한 공기 유입
- 우리나라 온난/습윤 경향

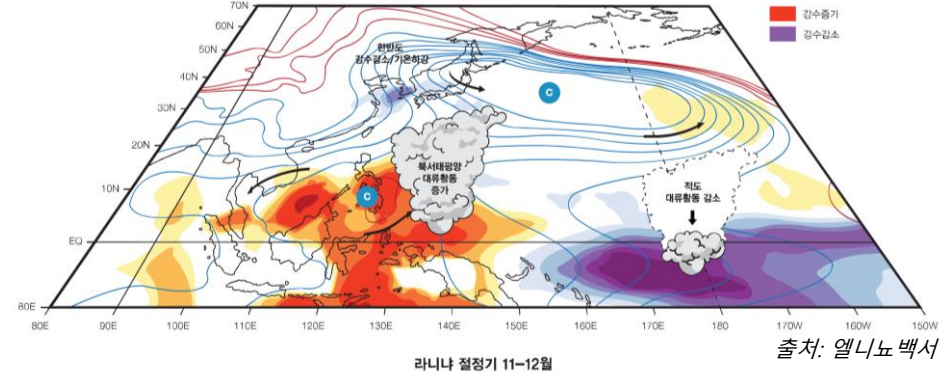
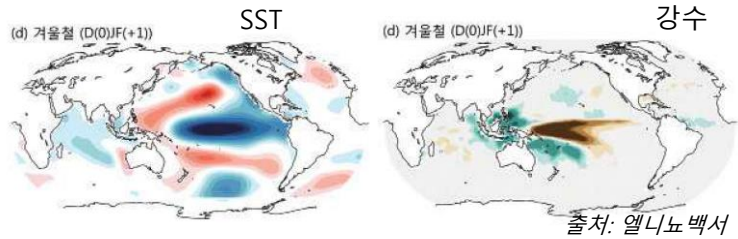


그림3-4-13. 라니냐 절정기 11-12월 한반도 영향 모식도.

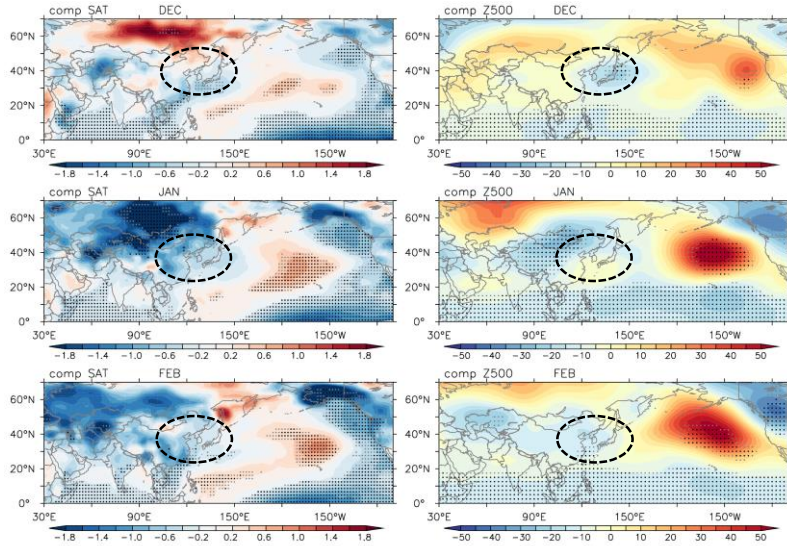


그림 6.10. 라니냐 해에 대한 12월, 1월, 2월, (좌) 지상기온 편차 및 (우) 500hPa 지위고도 편차 합성도

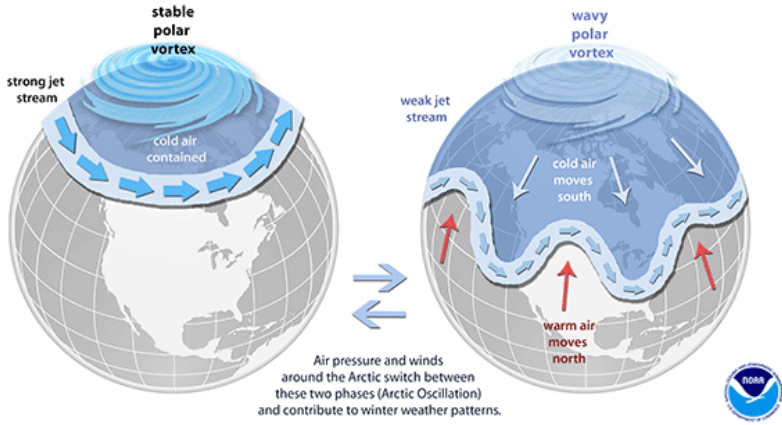
표 6.3. 라니냐일 때, 겨울철 우리나라 기온 및 강수 현황

+(-): 평년비슷범위보다 높은(낮은) 해 횟수, 0: 평년비슷범위 이내 해 횟수

라니냐 해	기온			강수		
	+	0	-	+	0	-
12월	3	4	6	4	2	7
1월	2	6	5	4	4	5
2월	3	4	6	3	4	6

- ✓라니냐 시기 서태평양 양의 강수 편차, 중태평양 음의 강수 편차
- Gill-Type 대기 반응, 로스비파 전파 (열대지역 상층 고기압, 중위도 저기압성 흐름)
- 중위도 한반도 동쪽에 연직 순압 구조 저기압성 순환 유도
- 북풍 편차 동반하며 차고 건조한 공기 유입
- 우리나라 춥고 건조한 경향

북극진동 (Arctic Oscillation)



- ✓ 북극진동: 북극 찬 공기의 소용돌이가 수십 일, 수십 년을 주기로 강약을 되풀이하는 현상
 - 양의 북극진동 → 북극 소용돌이 강화, 극 지역 음의 지위 고도 편차, 중위도 양의 편차 → 동아시아 양의 편차, 동아시아 기압골 약화 → 북풍 약화로 한기 남하 약화
 - 음의 북극진동 → 북극 소용돌이 약화, 극 지역 찬 공기 남하로 한파 가능
- ✓ 겨울철 중요한 인자임에도, 정확한 예측이 어려움

표 6.6. 북극진동지수와 우리나라 기온 및 강수와의 동시상관관계

상관계수	12월	1월	2월
기온	0.40*	0.46*	0.38*
강수	0.09	0.36*	0.16

※ 통계적으로 95% 수준에서 유의한 값은 *표시, 분석기간: 1973~2020년

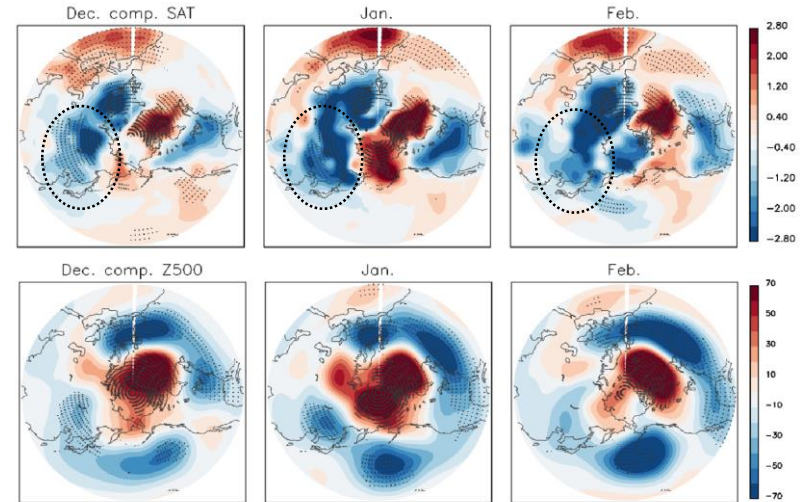
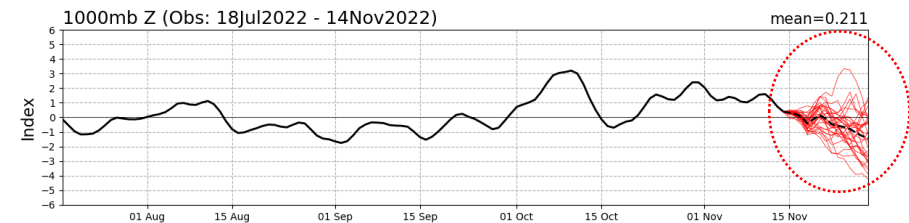


그림 6.19. 음의 북극진동 해(AO지수<-0.75 표준편차) 12월, 1월, 2월에 대한 (위) 지상기온 편차 및 (아래) 500hPa 지위고도 편차 합성도
 ∙ : 통계적으로 95% 수준에서 유의한 지역

AO Index: Observed & GEFS Forecasts



✓ 유라시아 대륙 눈덮임과 대륙고기압 발달

- 10월에 눈덮임 속도가 빠르면 → 11월에도 유라시아 대륙에 눈덮임 많은 경향
- 평년보다 빠른 유라시아 눈덮임 → 대륙의 대기 하층 공기를 차갑게 하고 대륙고기압의 이른 발달에 기여 → 초겨울 우리나라 한파 발생에 영향

✓ 10월 눈덮임 속도와 북극진동

- 10월 빠른 눈덮임 → 11월에도 눈덮임 많은 경향 → 행성파의 연직전파 강화 → 겨울철 성층권 극소용돌이 약화 (북극지역 양의 지위고도 편차) → 음의 북극진동 유도

Monthly SCE Departure - October 2022

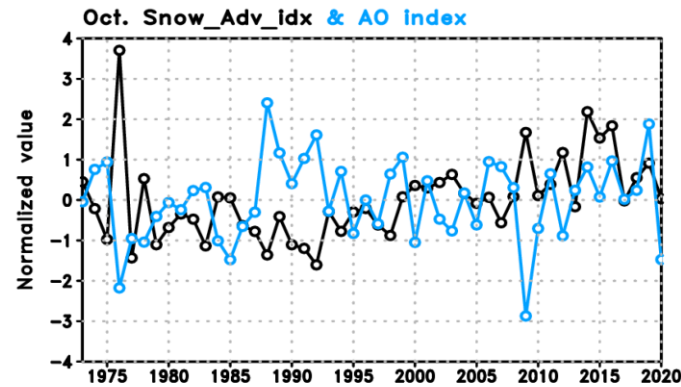
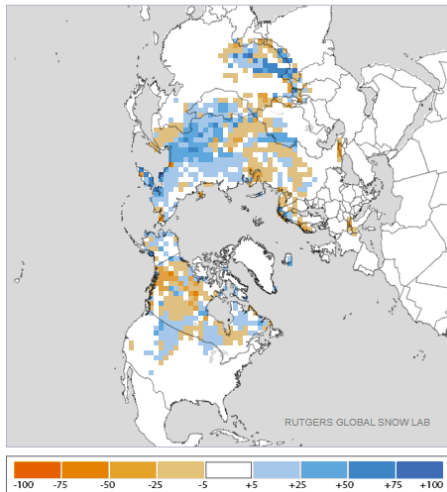
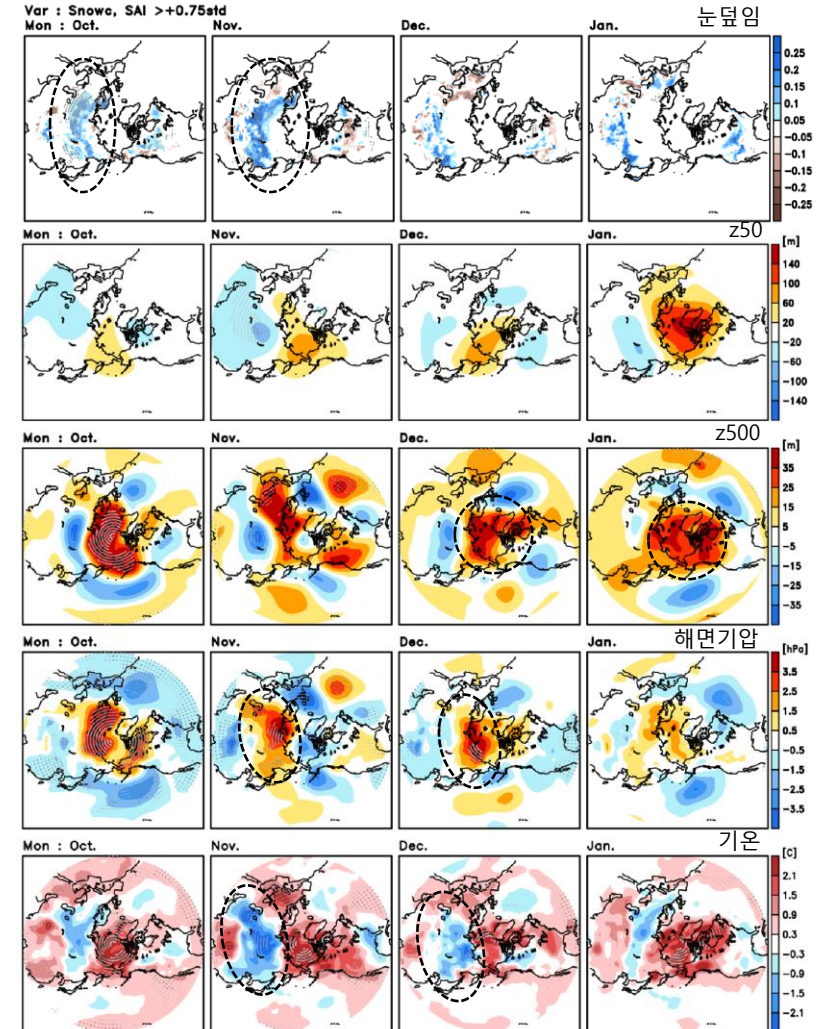
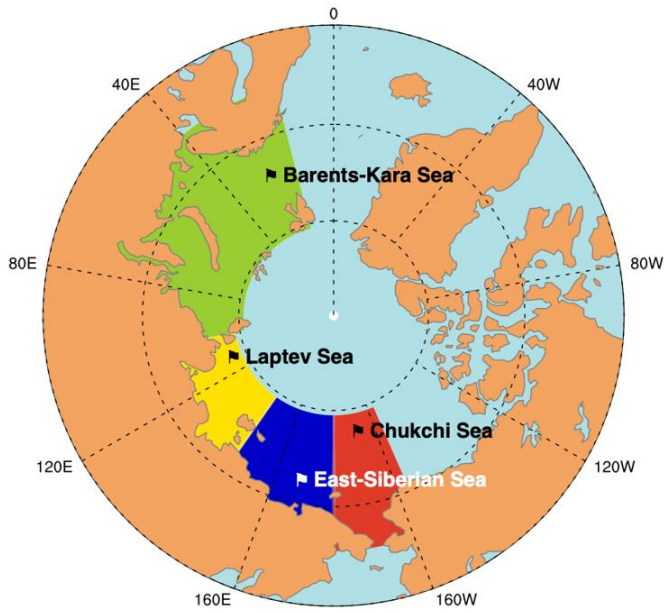


그림 6.38. 1973~2020년 동안 10월 유라시아 눈덮임속도
지수(검정선: NOAA CDR (Climate data record) 자료)와
겨울철 평균 북극진동지수(파랑선) 시계열

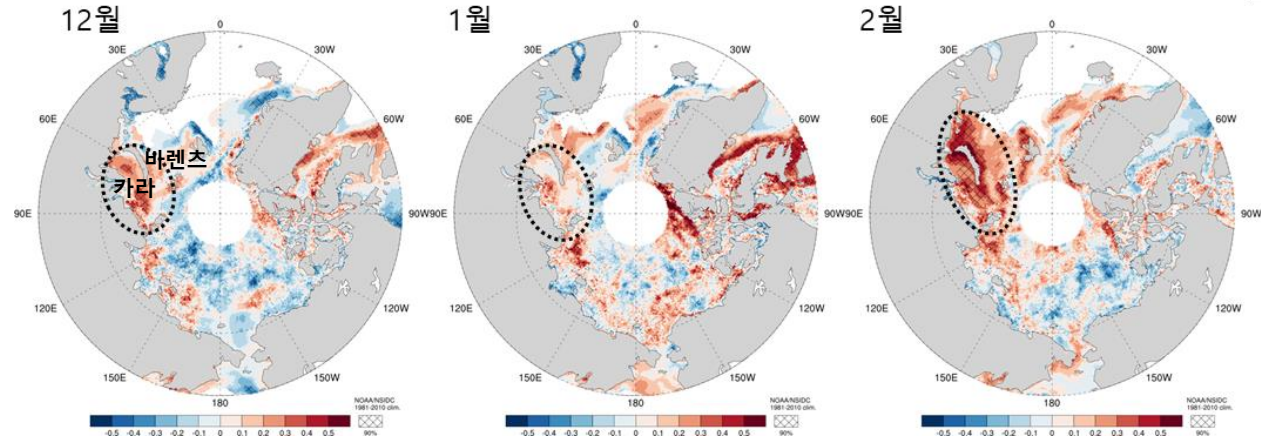
눈덮임 속도 빠른 해 합성장



우리나라 기온과 북극 해빙 상관관계수



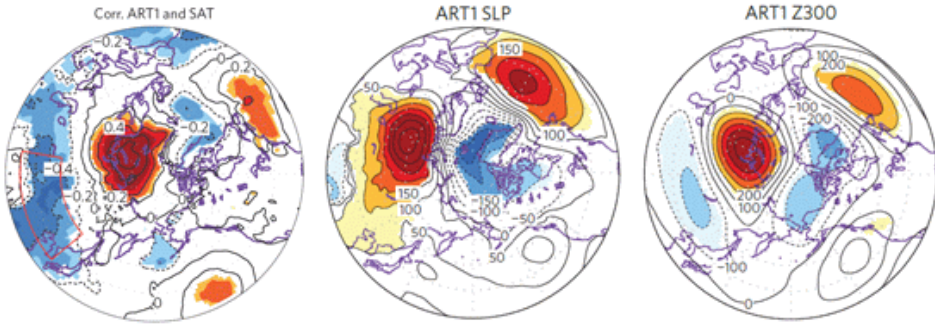
출처: 국가기상위성센터



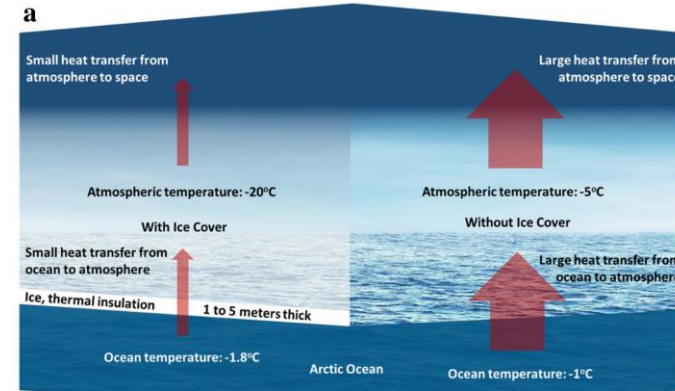
✓ 바렌츠/카라 해 해빙과 우리나라 12월, 2월 기온 양의 상관
→ 해빙 평년보다 적으면 우리나라 기온 낮을 가능성

표 6.23. 겨울철 바렌츠/카라 해의 해빙이 적을 때, 우리나라 기온 및 강수 현황
+(-): 평년비율 범위보다 높은(낮은) 해의 횟수, 0: 평년비율 범위 이내 해의 횟수

평년보다 적은 바렌츠/카라 해 해빙	기온		
	+	0	-
12월	4	1	6
1월	4	5	2
2월	0	2	5



겨울철(DJF) 바렌츠-카라해에서 평균한(30°-70°E, 70°-80°N) 지표기온 편차에 대한 (좌) 북극 지역 지표기온 편차와의 상관계수, (중) 해면기압과 (우) 300hPa 지위고도장의 선형회귀분석 (Fig.2, Fig.3 in Kug et al. 2015)



Hunt et al. 2020

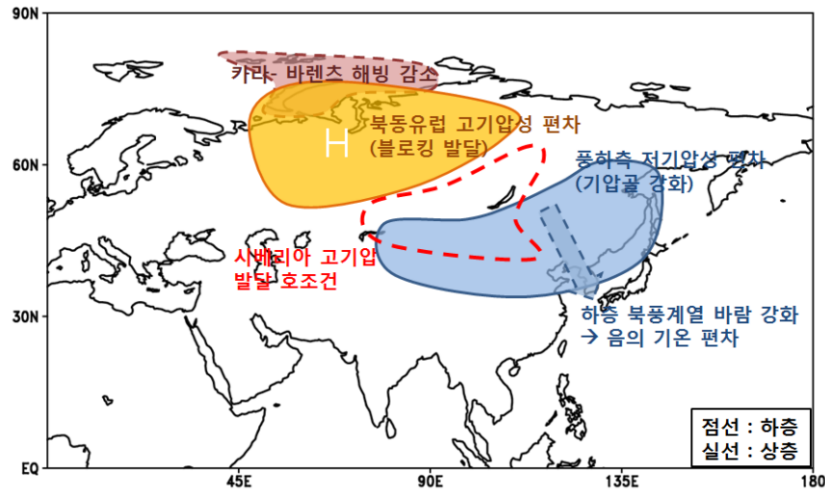
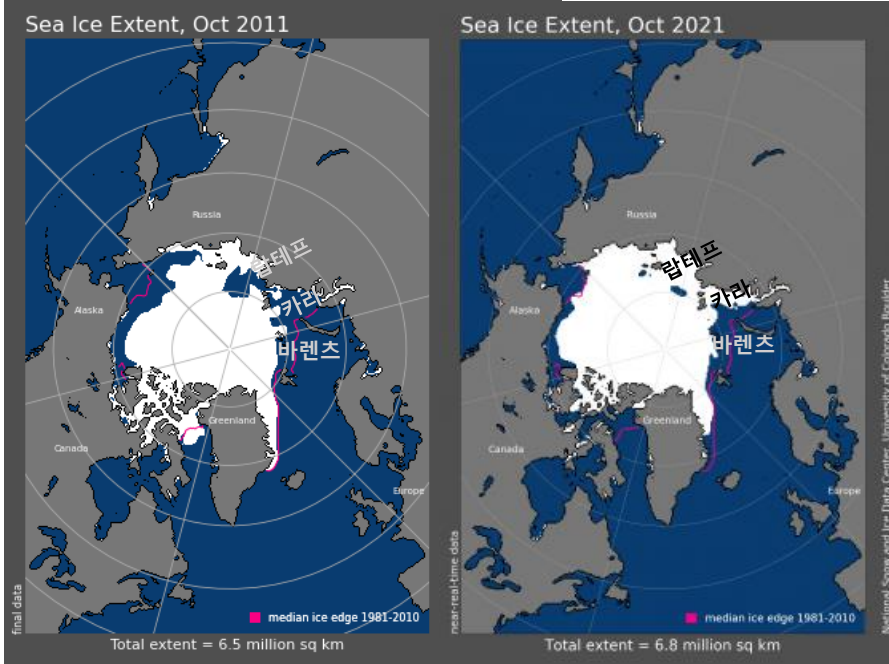
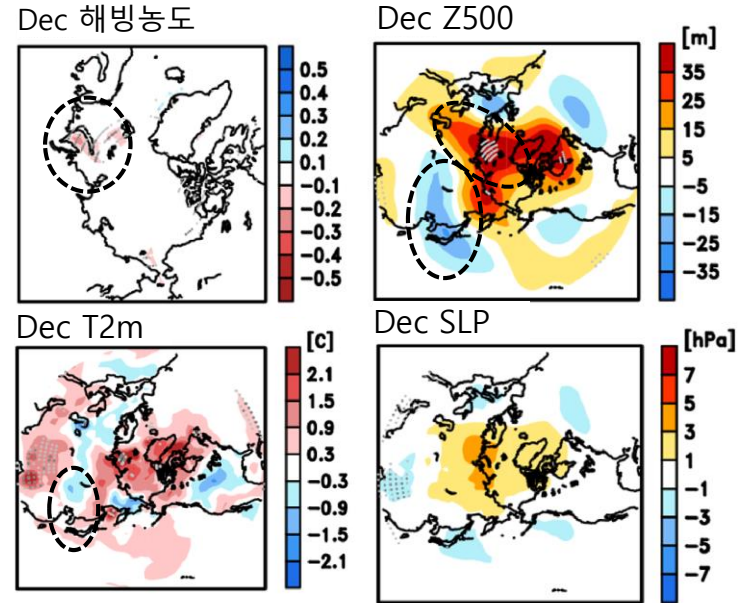


그림 6.30. 겨울철 바렌츠/카라 해 해빙이 많이 녹았을 때의 대기 순환장 및 한파 발생 모식도

- ✓ 바렌츠/카라 해 해빙 적으면
- 바다에서 대기로 열/수증기 방출 증가
- 해빙으로 덮였을 때 보다 대기 온도 증가
- 북동유럽 고기압성 편차 발달
- 동해측 시베리아와 동아시아 지역 기압골 강화
- 우리나라 저온 유도



출처: NSIDC



10월 랩테프 해 해빙 적었던 해의 12월 해빙농도, 500hPa 지위고도, 지상기온, 해면기압 편차 합성장

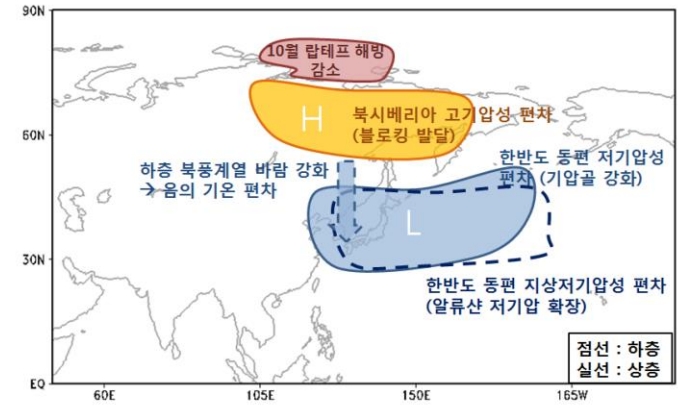


그림 6.34. 10월 랩테프 해 해빙이 적은 경우에 해당하는 12월 대기 순환장 및 한파 발생 모식도

표 6.25. 10월 랩테프 해 해빙지수와 우리나라 겨울철 기온과의 자연상관계수
통계적으로 95% 수준에서 유의한 값은 *표시, 분석기간: 1973/74~2020/21년

상관계수	12월	1월	2월
기온	0.39*	0.04	0.09
강수	0.00	0.14	-0.11

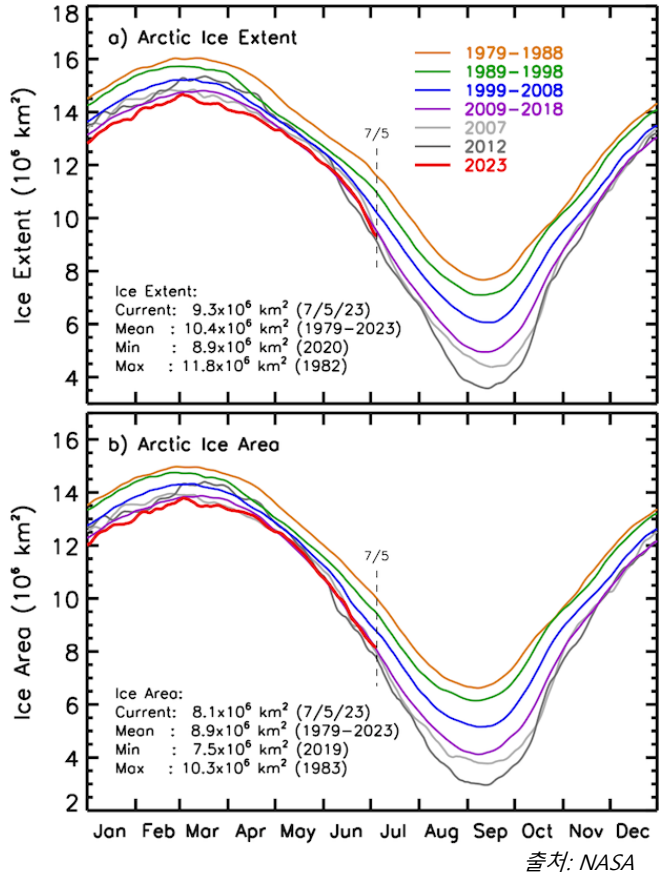
* 랩테프 해 해빙지수: 65°N~80°N, 105°E~150°E 영역에서 평균된 해빙농도 편차

✓ 10월 랩테프 해 해빙이 적으면

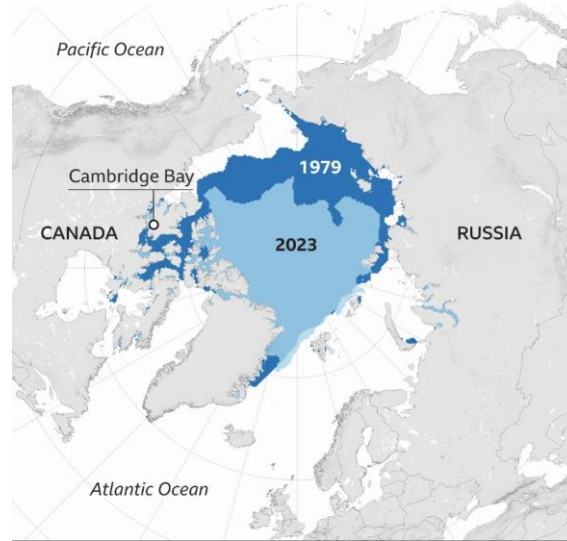
→ 12월에 바렌츠/카라 해 해빙도 적은 경향

→ 12월 북동시베리아 지역 강한 양의 지위고도 편차

→ 동아시아 지역 북풍 강화, 한기 남하로 기온 하강

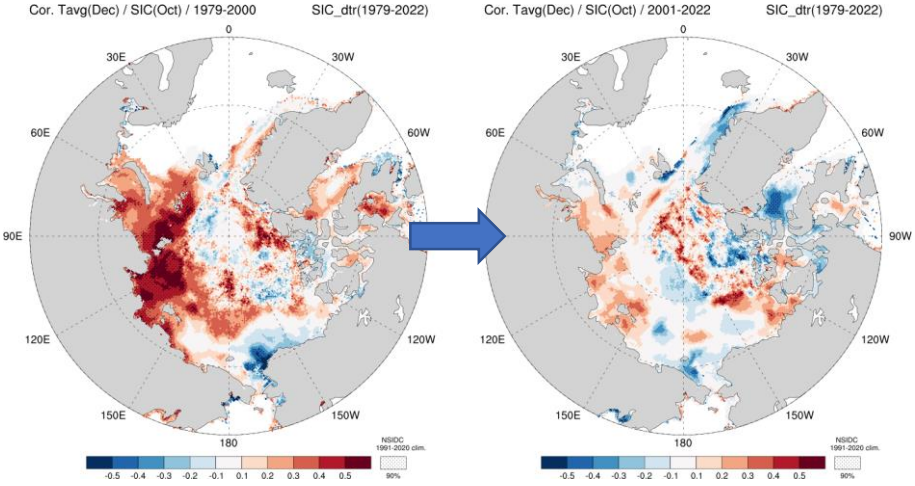


The shrinking extent of Arctic sea-ice
Average sea-ice extent in September

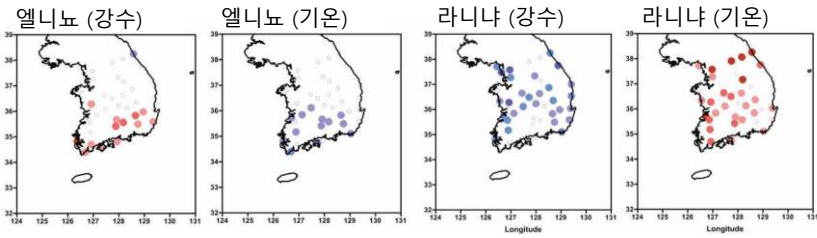


Source: National Snow and Ice Data Center (NSIDC) 

우리나라 12월 기온과 가을철 북극 해빙농도 상관관계수 변화



- ✓ 북극 해빙 면적은 꾸준히 감소 추세, 2000년대 이후 급격한 감소
- ✓ 2000년대 이후 해빙과 우리나라 기온 상관성에 변화
- ✓ 바렌츠/카라 해 해빙과 북동유럽 지역 고기압성 편차 발달 간의 인과관계 ..?
- ✓ 겨울철 카라/바렌츠 해와 가을철 랍테프 해의 해빙 감소는 대기와의 상호작용을 통해 풍하측에 위치한 시베리아 및 동아시아 지역 순환장에 영향 미칠 수 있음



엘니뇨,라니냐 시기 여름철(7/7-8/16) 우리나라 기온,강수 합성장

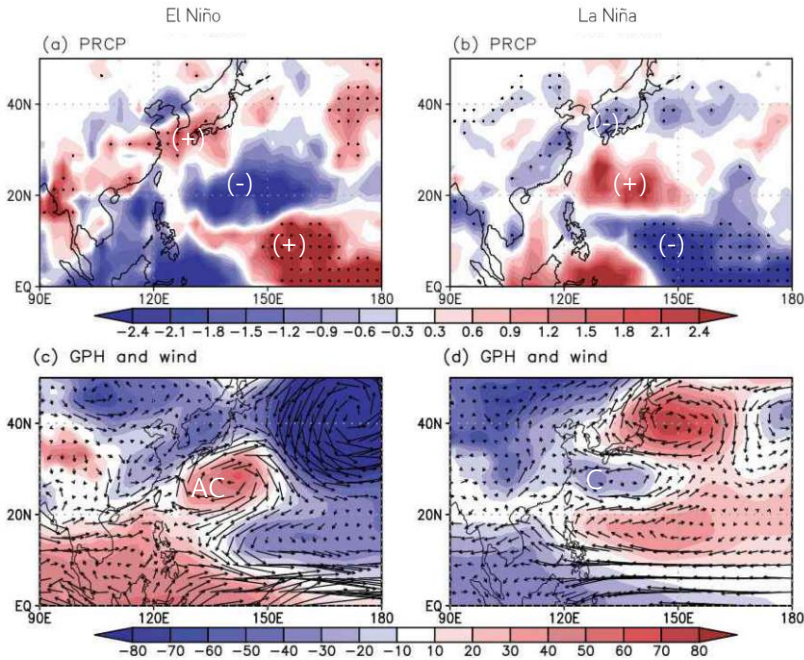
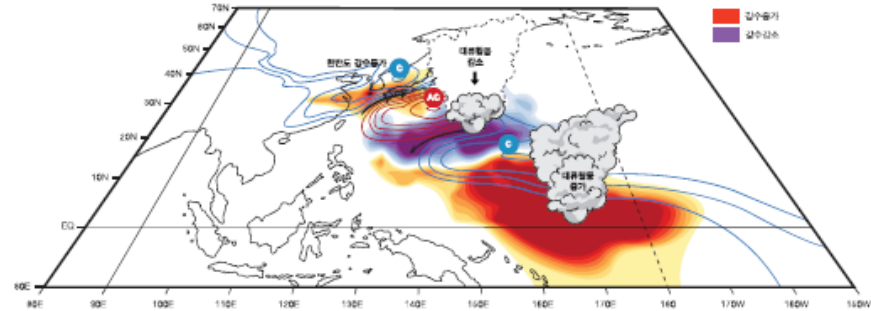


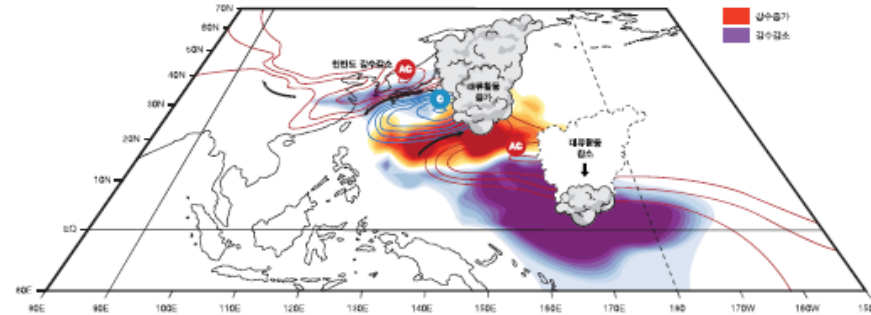
그림3-2-6. 엘니뇨·라니냐에 따른 여름철 강수와 순환장의 합성도(기간: 7/7-8/16, 검은색 점: 90% 이상 유의한 지역을 의미함).

출처: 엘니뇨백서



엘니뇨 발달기 여름 (7월 중순-8월 중순)

그림3-2-9. 엘니뇨 발달기 여름 한반도 영향 모식도.

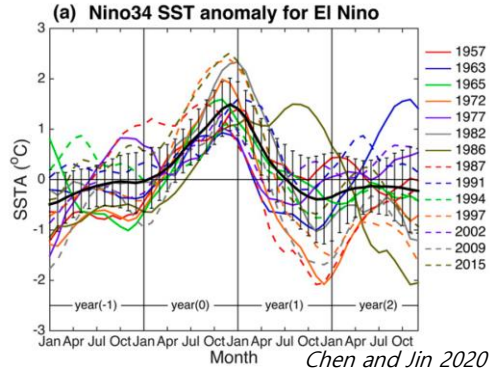


라니냐 발달기 여름 (7월 중순-8월 중순)

그림3-2-10. 라니냐 발달기 여름 한반도 영향 모식도.

출처: 엘니뇨백서

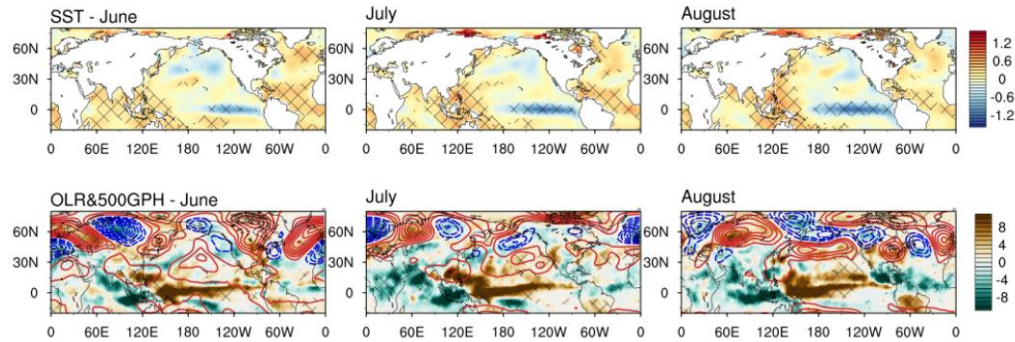
- ✓엘니뇨/라니냐 발달기 여름철 (3-셀 구조)
- 엘니뇨 발달기, 열대 중태평양 양의 강수 편차
- 아열대 저기압성 순환, 음의 강수 유도
- 음의 강수 북서쪽(한반도 남동쪽)에 고기압성 흐름 유도
- 한반도에 남서풍 영향, 온난 습윤 공기 유입



- ✓ 엘니뇨·라니냐와의 상관성은 통계적인 결과, 엘니뇨·라니냐가 모두 같은 시기 발생·소멸하지는 않음
- ENSO 진화과정에 따라 월별로 우리나라 기온·강수 특징이 다르게 나타남
- 실제 예보에 적용하기 위해서는 열대 태평양에서의 대류활동 및 기압계 발달 상황 감시 필요

엘니뇨→라니냐 발달

El Niño decaying to La Niña year(88,95,98,07,10,16,20) Summer

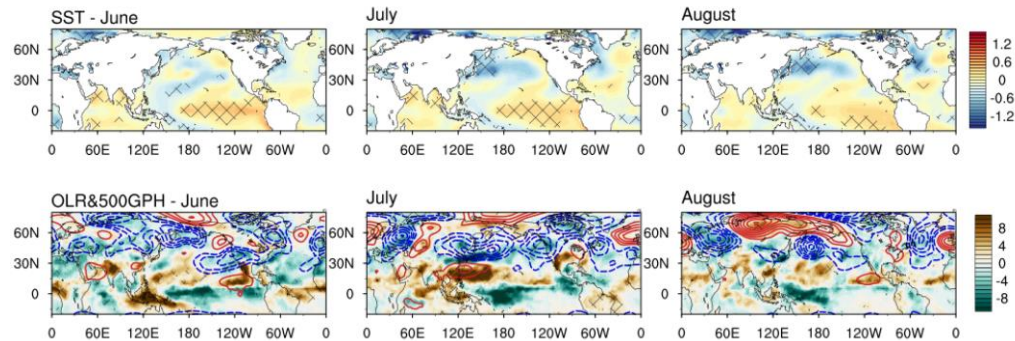


연도	6월		7월		8월	
	기온편차 (°C)	강수량 (mm)	기온편차 (°C)	강수량 (mm)	기온편차 (°C)	강수량 (mm)
	±0.3*	101.6-174.0*	±0.6*	245.9-308.5*	±0.5*	225.3-346.7*
1988	0.0	106.6	-0.6	334.7	0.1	94.1
1995	-1.3	70	-0.3	212.7	1.0	438.4
1998	-1.4	274.9	-0.6	274	-0.4	474.5
2007	0.1	91.9	-1.1	247.3	0.8	326.4
2010	0.8	60.1	0.6	258	1.5	375.3
2016	0.8	66.8	0.6	309.7	1.4	78.2
2020	1.3	184.2	-2.1	427.7	1.3	420.8

- ✓ 7월 우리나라 남쪽 북서태평양 아열대 고기압 발달
- 평년 비슷한 기온 경향
- ✓ 8월 아열대 고기압 북상하며 직접적인 고기압성 순환 영향
- 기온 높은 경향

엘니뇨→엘니뇨 지속/중립

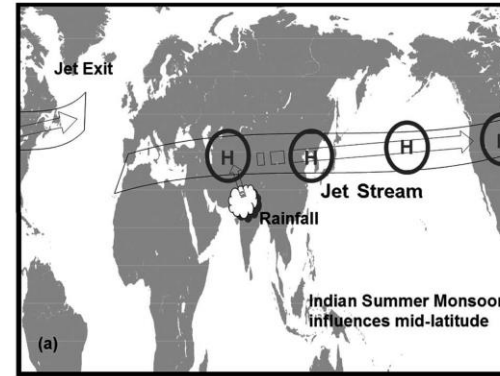
El Niño persistence year(80,83,92,03,05/87,91,19) Summer



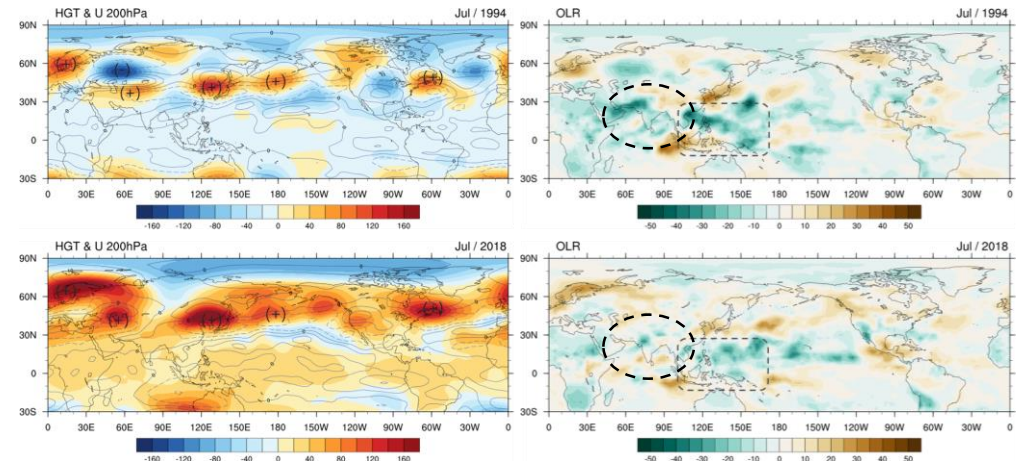
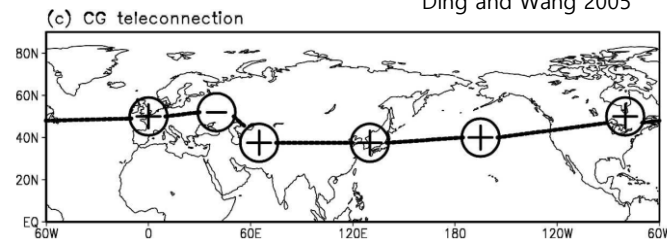
연도	6월		7월		8월	
	기온편차 (°C)	강수량 (mm)	기온편차 (°C)	강수량 (mm)	기온편차 (°C)	강수량 (mm)
	±0.3*	101.6-174.0*	±0.6*	245.9-308.5*	±0.5*	225.3-346.7*
1980	0.1	165	-2.0	336.4	-3.1	309.7
1983	-0.4	109.9	-1.1	268.9	0.5	184.3
1992	-1.4	42.2	0.2	181	-1.0	259.2
2003	-0.7	188.9	-2.3	472.5	-1.5	339.5
2005	0.8	163.7	0.1	295.5	-0.3	304.7
1987	-0.2	139.7	-0.8	464.3	-0.8	451.3
1991	0.6	148.6	-0.5	395.1	-1.4	239.9
2019	-0.2	148.3	0.1	225.8	0.9	136.4

- ✓ 7월부터 북서태평양 대류 억제, 우리나라 주변 저기압성 편차
- 7월,8월 기온 낮은 경향

- ✓ 북반구 여름철 200hPa 지위고도장에서 제트기류 지역을 따라 동서방향으로 변동성 크게 나타나는 패턴
- ✓ 중앙아시아 지역의 큰 변동성이 원격상관을 통해 동아시아에 영향
- ✓ 인도지역 강수와 관련
- ✓ CGT패턴이 나타났을 때 인도 북서쪽에서 강수 증가 신호 (인도 여름몬순 강화) → 강화된 강수에 의한 상승운동 강화 → 이로 인해 유도된 강제력이 중앙아시아 지역 상층에 고기압성 순환 형성 → 중위도 제트기류를 따라 파동을 형성 → 동아시아 지역 고기압성 편차, 덥고 건조한 영향

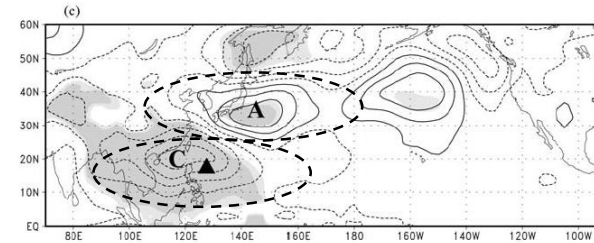
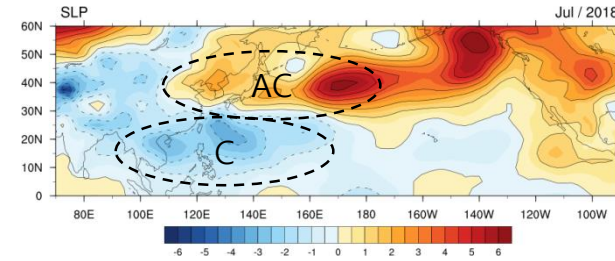


Ding and Wang 2005

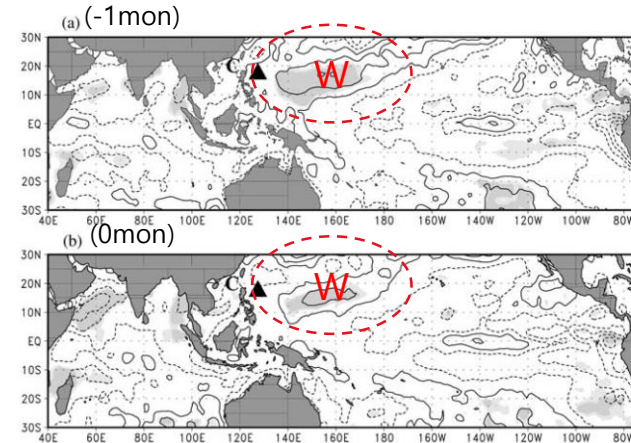
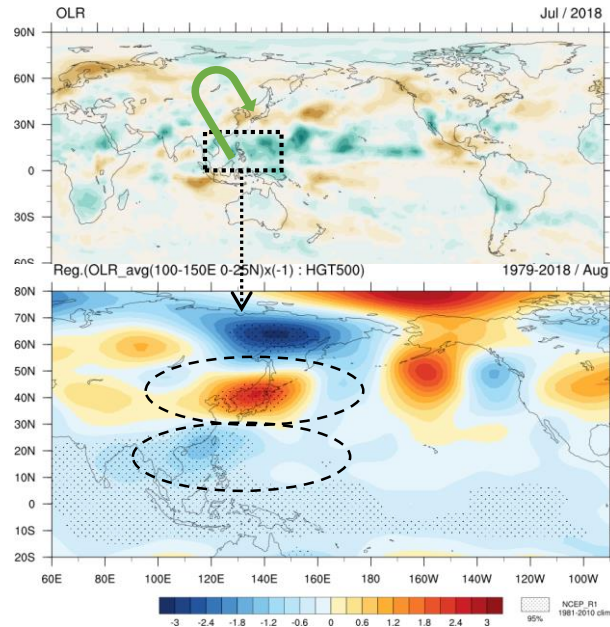


Pacific-Japan (PJ) 패턴

- ✓ 열대(아열대) 서태평양 지역의 대류활동에 의해 유도되는 남북 방향의 대기 파동
- ✓ 아열대 서태평양 지역 대류활동 강화 & 저기압성 순환, 일본 남동쪽 대류활동 억제 & 고기압성 순환 발달
- ✓ 양의 PJ 패턴과 관련해 필리핀 해 주변 지역 양의 해수면온도 편차 뚜렷



Kosaka and Nakamura 2006



양의 PJ 패턴일 때 해수면온도 편차 합성장

여름철 기온 예측을 위한 예측인자 (7월 예시)

출처: 이상기후 대응을 위한 기후 감시분석 정보 개선 및 통합 시스템 구축 (2023 APCC 연구보고서)

- ✓ 우리나라 7월 기온과 다양한 대기/해양 변수들간의 회귀분석을 통해 가장 상관성이 높은 지역을 선정, 물리과정 메커니즘 분석을 통해 예측인자 제시

3월 500hPa 지위고도

기간	3월
영역	(10~40°E, 25~45°N), +(60~90°E, 20~50°N), -(0~45°E, 55~70°N)

- 3월 유라시아 대륙 500hPa 지위고도에 상대적인 저기압과 고기압의 양극패턴이 강하게 나타날 경우, 한반도 7월 기온이 상승함
- 7월 기온과 상관계수 = 0.61

Regressed 500hPa GPH during March against Kor. July Temp.

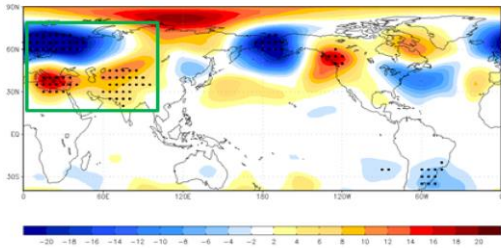
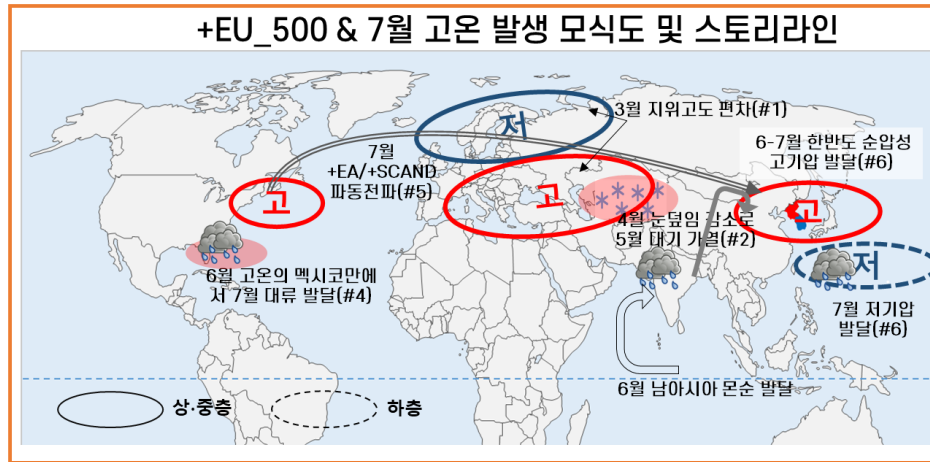


그림 4.55. 한반도 7월 기온을 3월 500hPa 지위고도에 대한 회귀 패턴

3월 양의 유럽 Z500 ⇒ 7월 한반도 고온

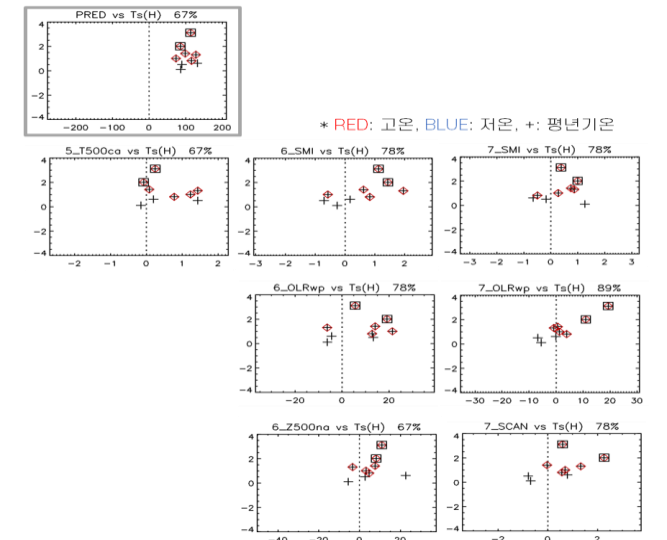


- (남아시아 몬순 발달) 3월 유라시아에 지위고도 쌍극자가 발생하여(#1) 4월 중앙아시아에 눈덮임이 감소하면 5월 대기가 가열됨(#2)에 따라 대륙-해양 기온차가 증가하여 6~7월 남아시아 몬순이 발달함(#3).
- (대서양 파동전파) 6월 미국 멕시코만 동쪽에 고기압성 흐름 발달로 해수면온도가 상승(>27도)하면 7월 그지역에 대류가 발달하여(#4) 유라시아로 양의 East Atlantic 또는 Scandinavia 패턴의 동서방향 파동을 전파시켜(#5) 동아시아에 순압성 고기압, 일본 동쪽에 순압성 저기압을 유도함(#6)
- (한반도) 상기 서술된 남아시아 몬순에 의한 남북방향 파동전파와 대서양으로부터의 동서방향 파동전파의 중첩으로 한반도에 순압성 고기압이 발달하여 고온이 발생함(#6)
- (ENSO 연관성 및 예측성) 이전 겨울 약한 라니냐가 지속될 경우(남아시아 몬순 및 열대 서태평양 저기압 발달 호조건) 7월 고온 예측성 좋았으나 최근 예측성은 감소 추세
- (타인자 연관성) 4월 북미 Z850과 유의미한 양의 상관성

감시인자 및 정확도(0.75σ 기준)

고온	3월	5월	6월	7월
상세 역학과정 (몬순 발달)	높은 EU_Z500	인도 북부 중층 대기 가열	남아시아 몬순 활발	남아시아 몬순 활발
변수 및 지역	EU_Z500	500hPa Tair 60-90E 30-50N	V850-V200 70-110E 10-30N	V850-V200 70-110E 10-30N
정확도	67%	67%	78%	78%
상세 역학과정 (WP 대류 발달)			남중국해 대류 활발	남중국해 대류 활발
변수 및 지역			OLR 115-140E 10-20N	OLR 115-140E 10-20N
정확도			78%	89%
상세 역학과정 (대서양 파동)			멕시코만 하층 고기압	유라시아 파동전파
변수 및 지역			Z850 270-300E 30-45N	EA or SCAND
정확도			67%	67%, 78%

* RED: 평년 이상, BLUE: 평년 이하





감사합니다.

