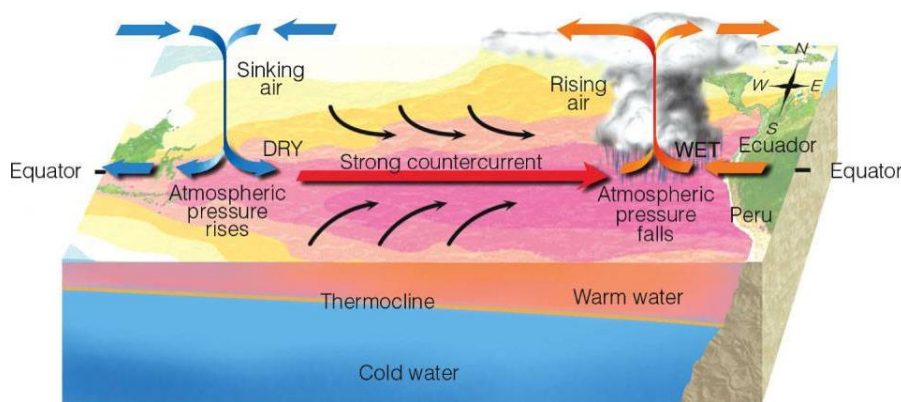


동아시아 겨울몬순 변동 메커니즘과 역학-통계적 기법을 이용한 계절예측

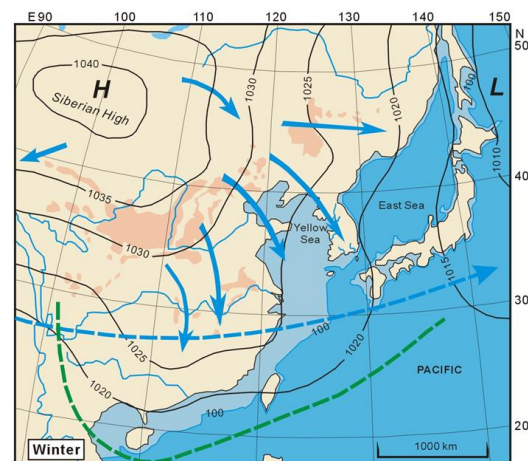
이명인, 강대현

기후환경모델링 연구실
울산과학기술원

ENSO Teleconnection



East Asian Winter Monsoon

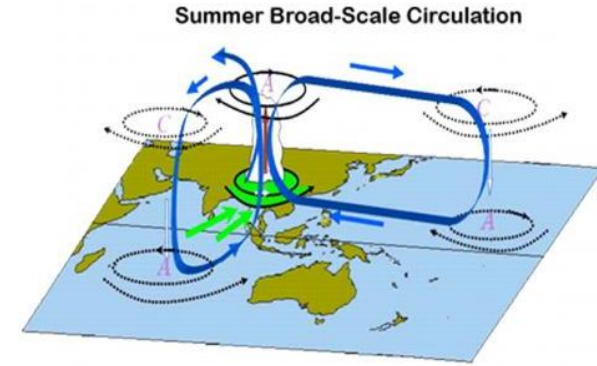
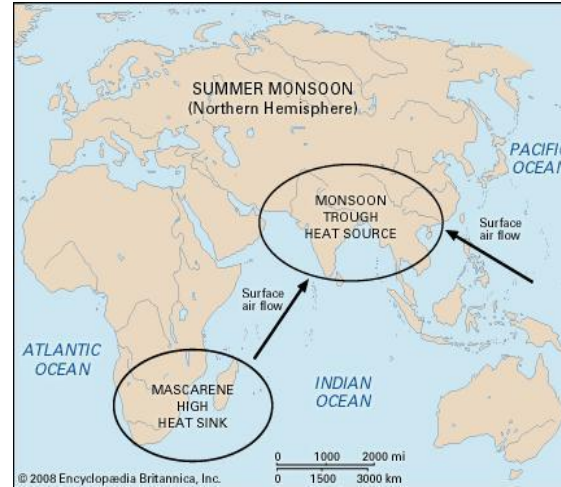
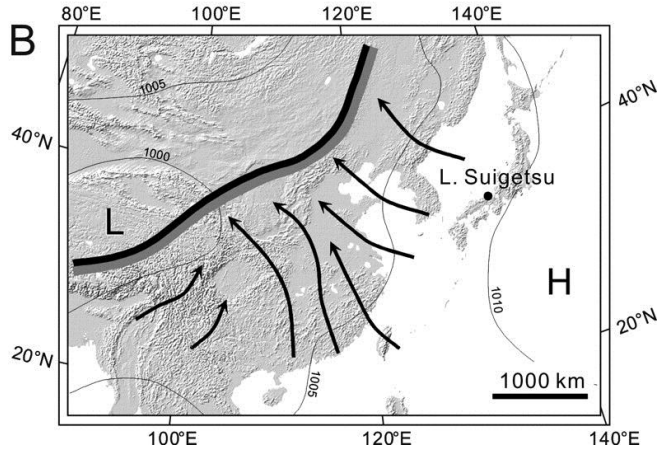


발표 순서

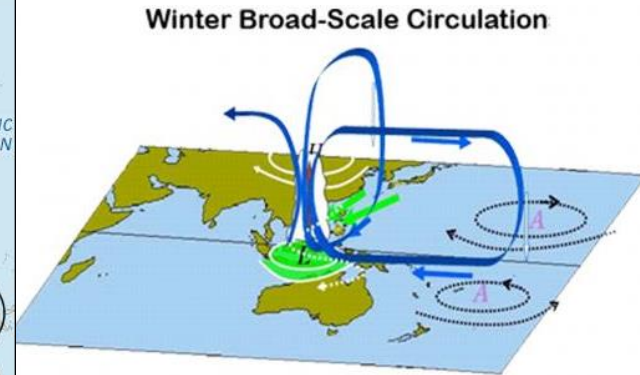
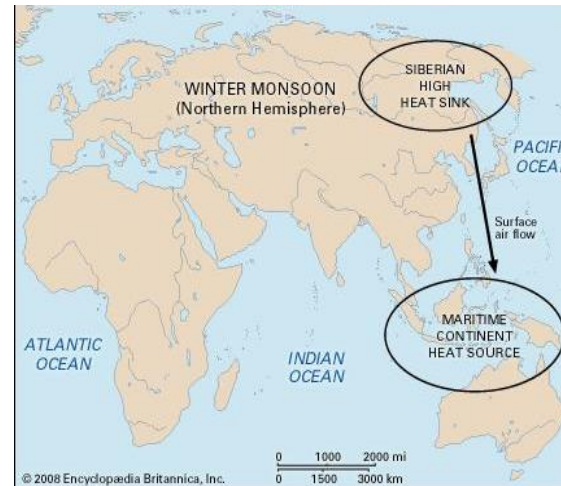
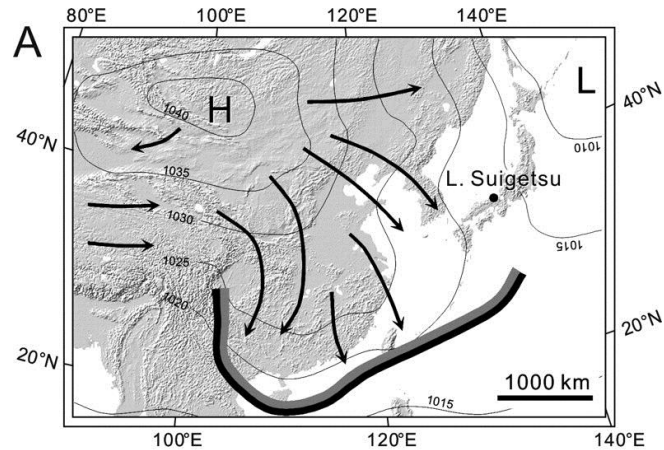
- 동아시아-한반도 겨울철 기후 변동 특성
 - 열대 vs 고위도 영향
- 동아시아 겨울몬순 (EAWM) 모델 예측성능 진단
 - NMME 모델들 예측
 - ENSO 원격상관에 따른 모델간 예측성능 차이
- 역학-통계 기법을 이용한 겨울몬순 예측성능 개선
 - ENSO와 관련된 예측인자 선정, 겨울몬순 지수 예측
 - 동아시아 하층온도 하이브리드 예측
- 동아시아 겨울몬순의 계절내 변동
 - 열대 MJO에 따른 동아시아 겨울몬순
 - 2016/17년도 겨울철 기후 특성
- 요약

동아시아 몬순 시스템

여름철



겨울철

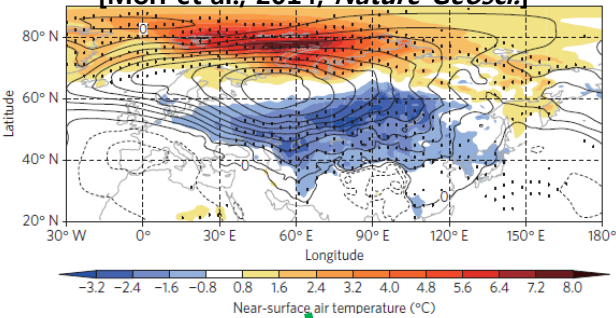


Nakagawa et al. 2006

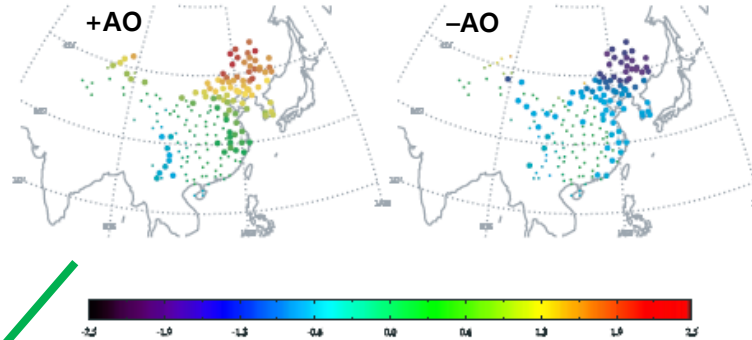
Encyclopædia Britannica, Inc.

동아시아-한반도 겨울철 기후변동 특성

Barents-Kara Sea 해빙감소에 따른 대기변동
[Mori et al., 2014, *Nature Geosci.*]

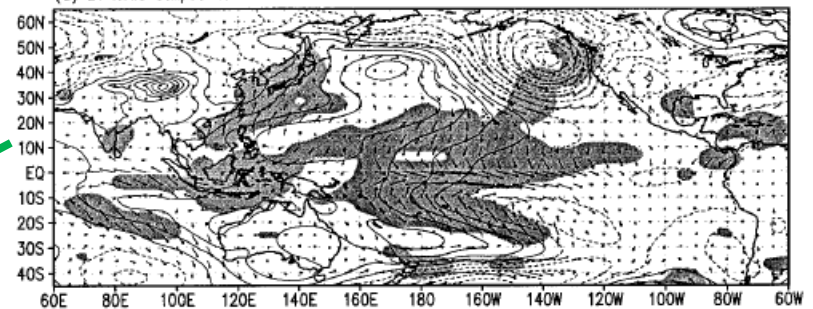


AO에 따른 동아시아 기온 변동
[Jeong and Ho, 2005, *GRL*]



엘니뇨에 따른 동아시아 변동
[Wang et al., 2000, *J. Clim.*]

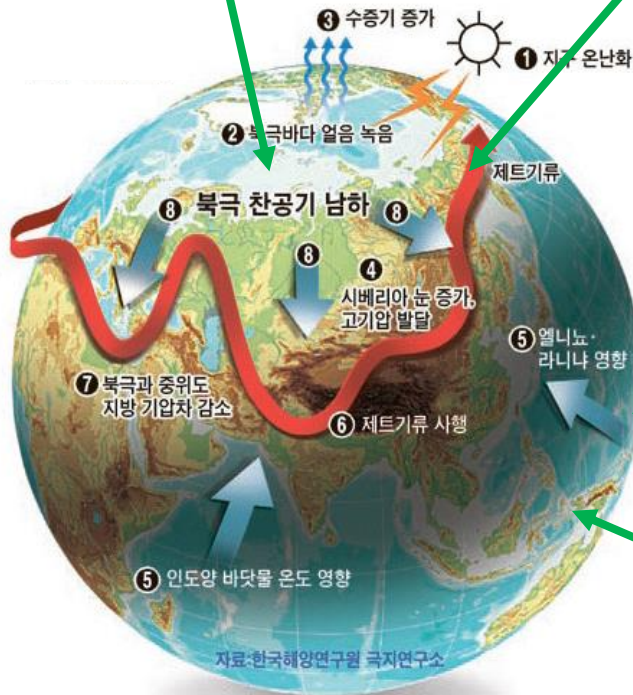
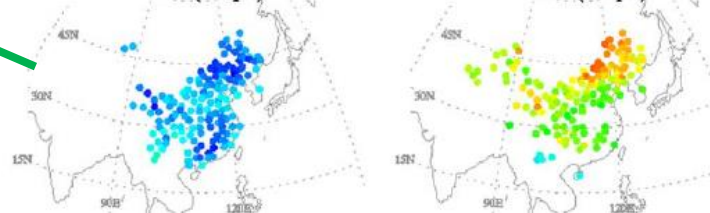
(a) El Nino composite SLP and winds



MJO에 따른 동아시아 기온 변동
[Jeong et al., 2005, *JGR*]

Phase 3 (274 pts)

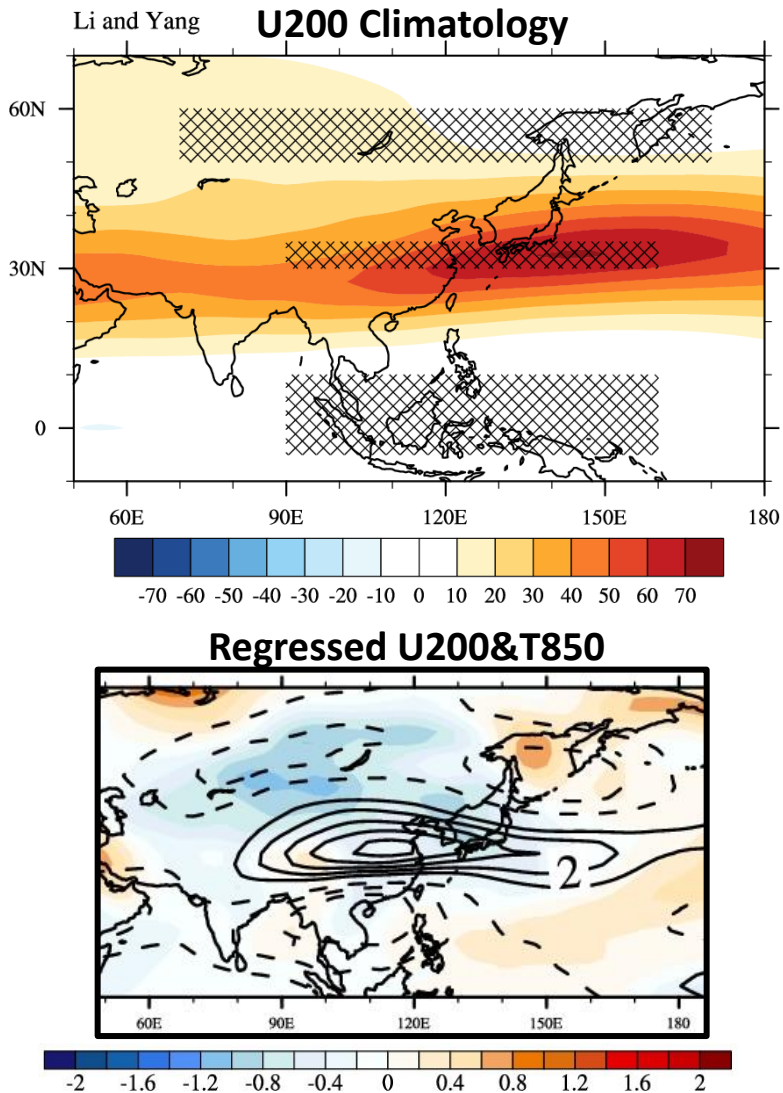
Phase 7 (238 pts)



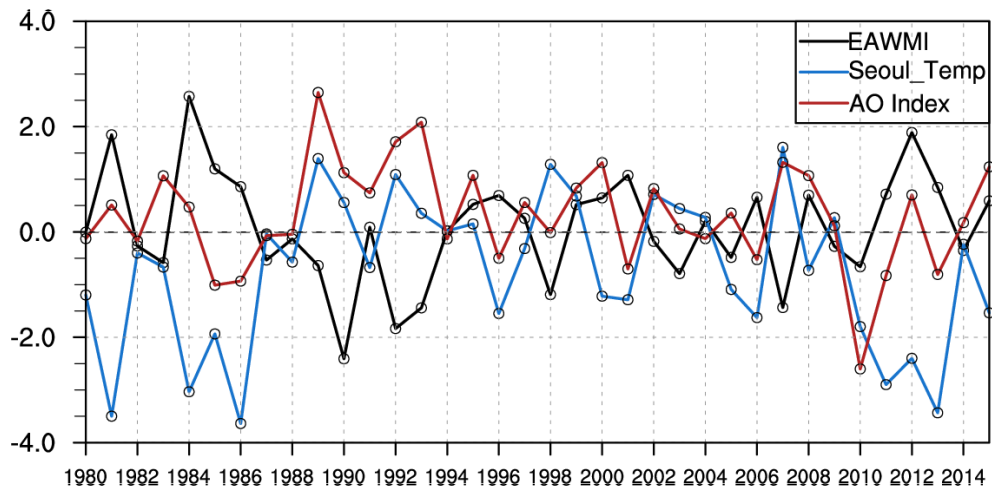
자료: 한국해양연구원 극지연구소

동아시아 겨울몬순 지수

- Li and Yang (2010) 지수



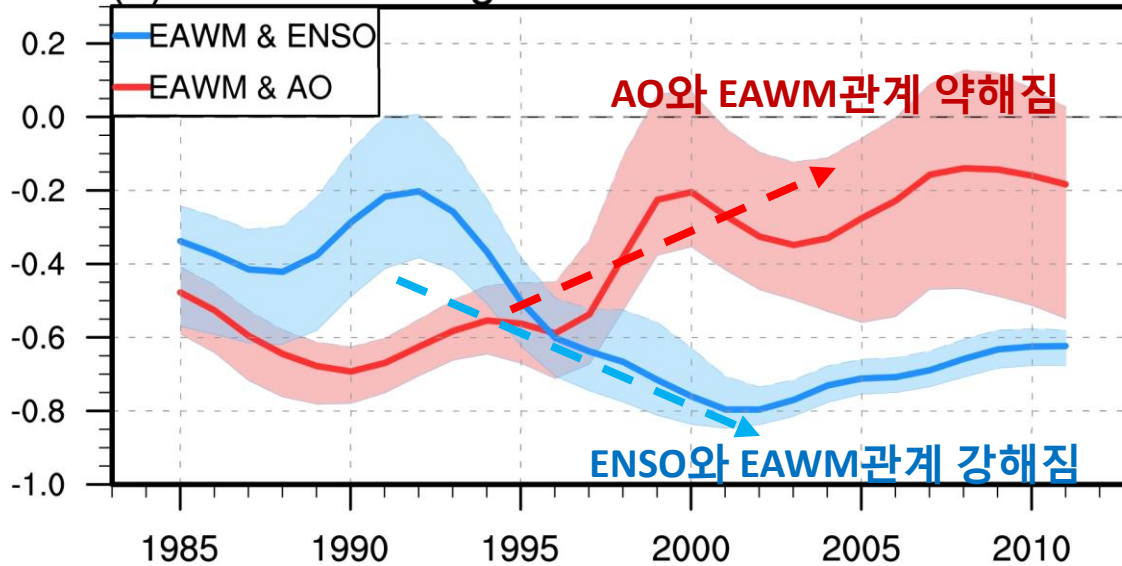
$$IEAWM = \frac{\{ [U_{200}(30 - 35^{\circ}N/90 - 160^{\circ}E) - U_{200}(50 - 60^{\circ}N/70 - 170^{\circ}E)] + [U_{200}(30 - 35^{\circ}N/90 - 160^{\circ}E) - U_{200}(5^{\circ}S - 10^{\circ}N/90 - 160^{\circ}E)] \}}{2}$$



겨울몬순지수, 서울온도 상관계수 = -0.75
 겨울몬순지수, AO지수 상관계수 = -0.28
 AO지수, 서울온도 상관계수 = 0.52

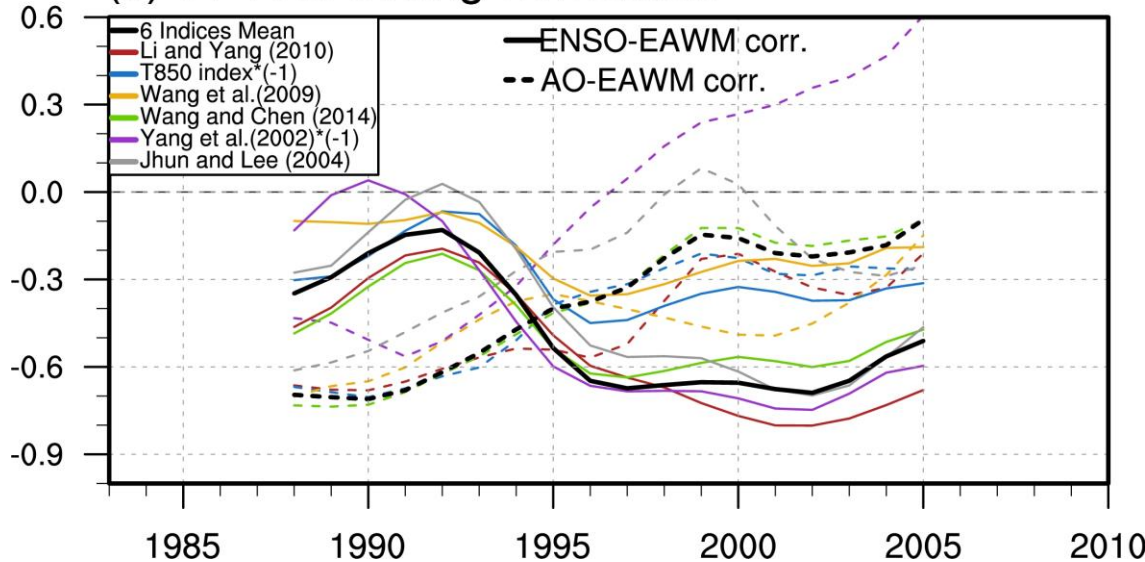
겨울몬순과 ENSO, AO 관계의 변화

(a) 11 Year Sliding Correlation



He and Wang 2013; Kim et al. 2016 등
 선행연구와 동일한 결과

(b) 11 Year Sliding Correlation



다른 EAWM 지수를 사용
 해도 비슷한 결과를 보임



동아시아 겨울몬순 계절 예측

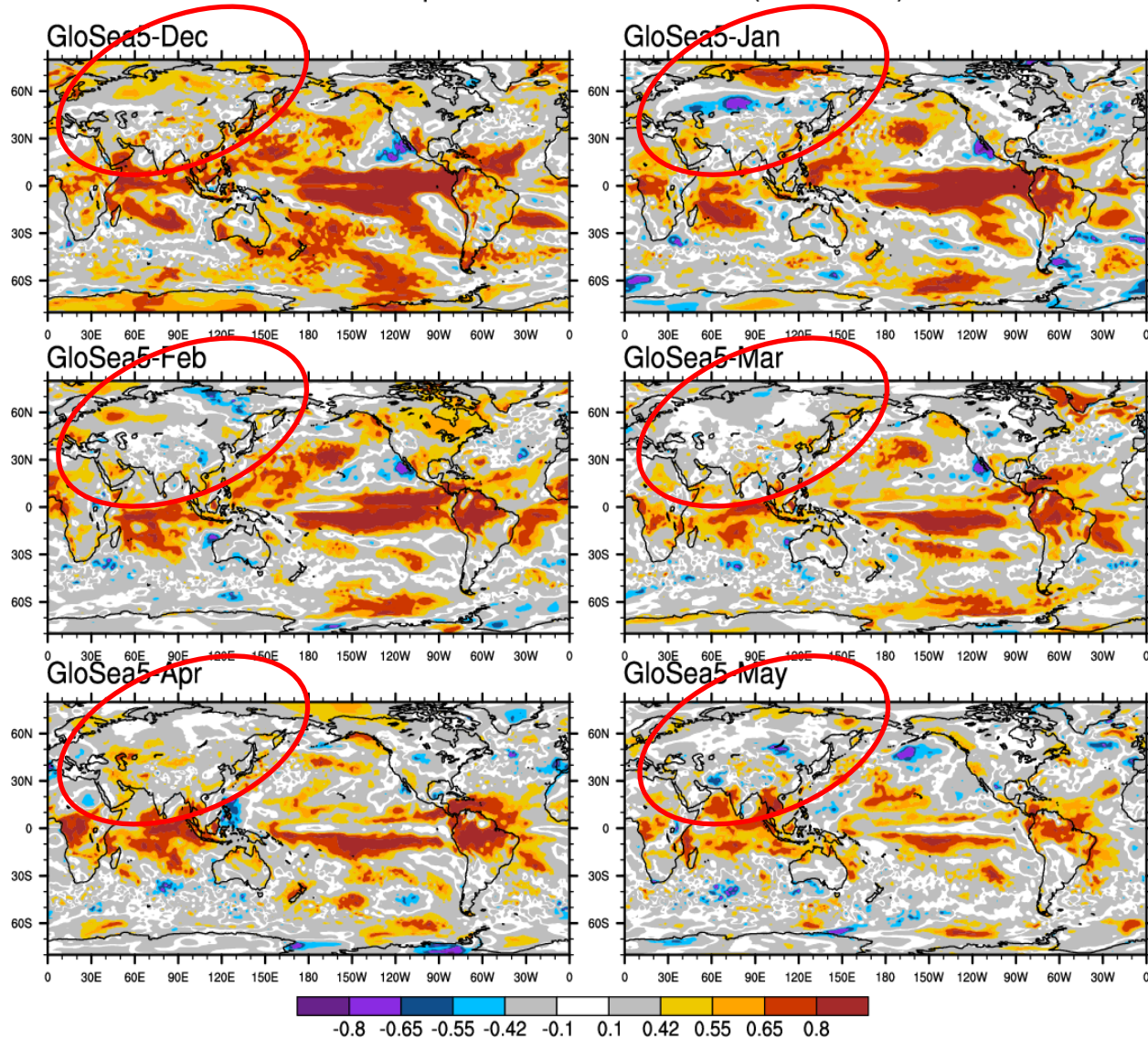
- NMME (North American MME) 모델성능 평가

예측 절벽 (Prediction Cliff)

Tsfc Skill map from GloSea5 Nov. Init. (1996-2009)

Prediction Skill (ano. corr.)
Surface Temperature
(Init @ Nov.)

- 동아시아를 포함한 중위도 지역의 예측성능은 열대지역에 비해 나쁨

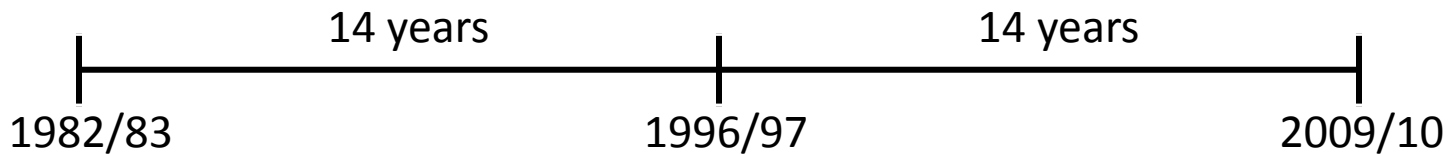
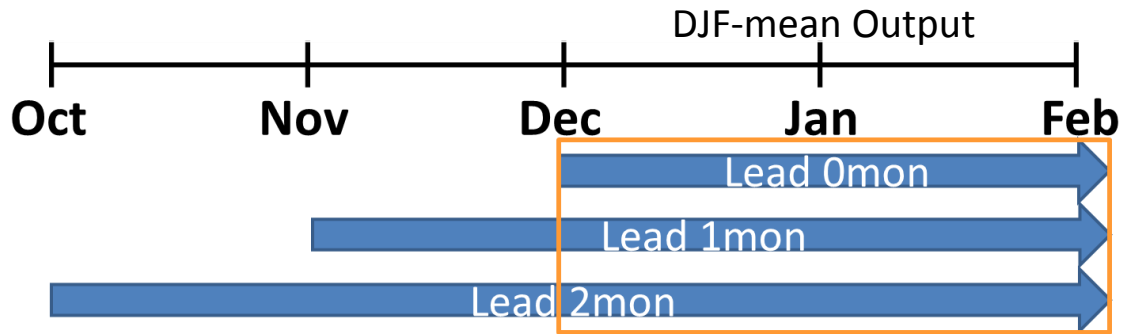


Gray color is statistically significant level less than 95%

NMME 계절예측 자료

The North American Multimodel Ensemble

Systems	Rerecast period	Resolutions	Ensemble Members / month
CMC CanCM3	1981-2010	T63 (~2.8°), 31 levels	10 (first day on each month)
CMC CanCM4	1981-2010	T63 (~2.8°), 35 levels	10 (first day on each month)
NCEP CFSv2	1982-2009	T126L64 (181×360), 64 levels	8 (around first day on each month)
GFDL CM2.1	1982-2009	2°×2.5° (90×144), 24 levels	10 (first day on each month)
NASA GEOS-5	1981-2012	1°×1.25° (181×288), 72 levels	7 (around first day on each month)

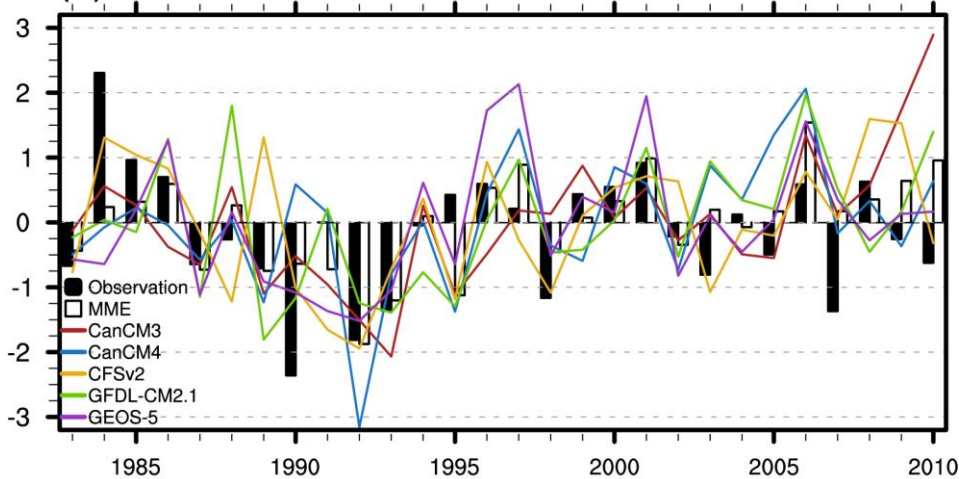


▶ Decadal change of seasonal prediction & teleconnection are investigated (decadal Pacific regime shift in mid/late-1990s [Bond et al. 2003; Mantua and Hare 2002; Overland et al. 2008])

겨울몬순지수 예측성능

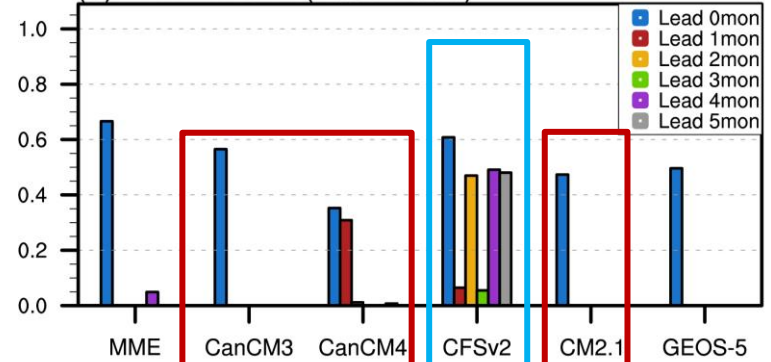
- Li and Yang (2010) Index

(a) EAWM Index

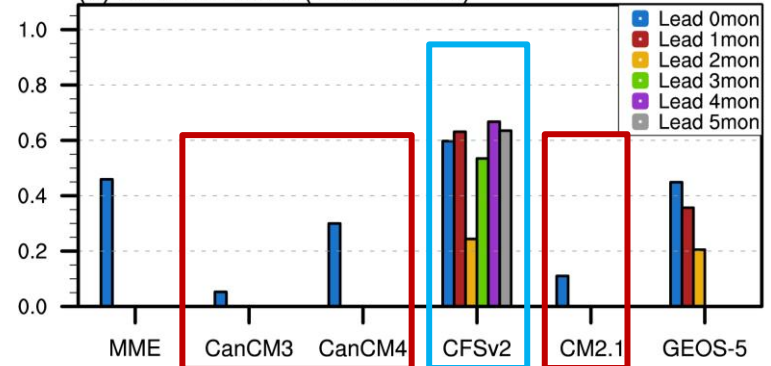


- 낮은 MME 예측성능 (Lead 0-month도 유용하지 않음)
- 모델간의 편차가 큼 (CFSv2가 가장 높은 성능)
- 최근 1997-2010 기간 모델들 예측성능 감소 (CFSv2 예외)

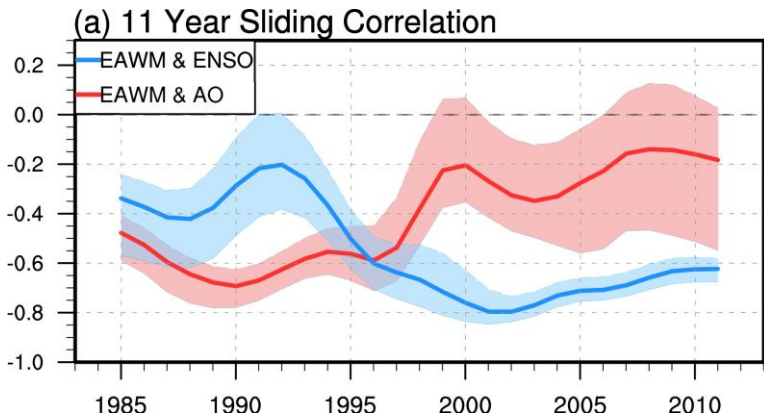
(b) EAWMI Skill (1983-1996)



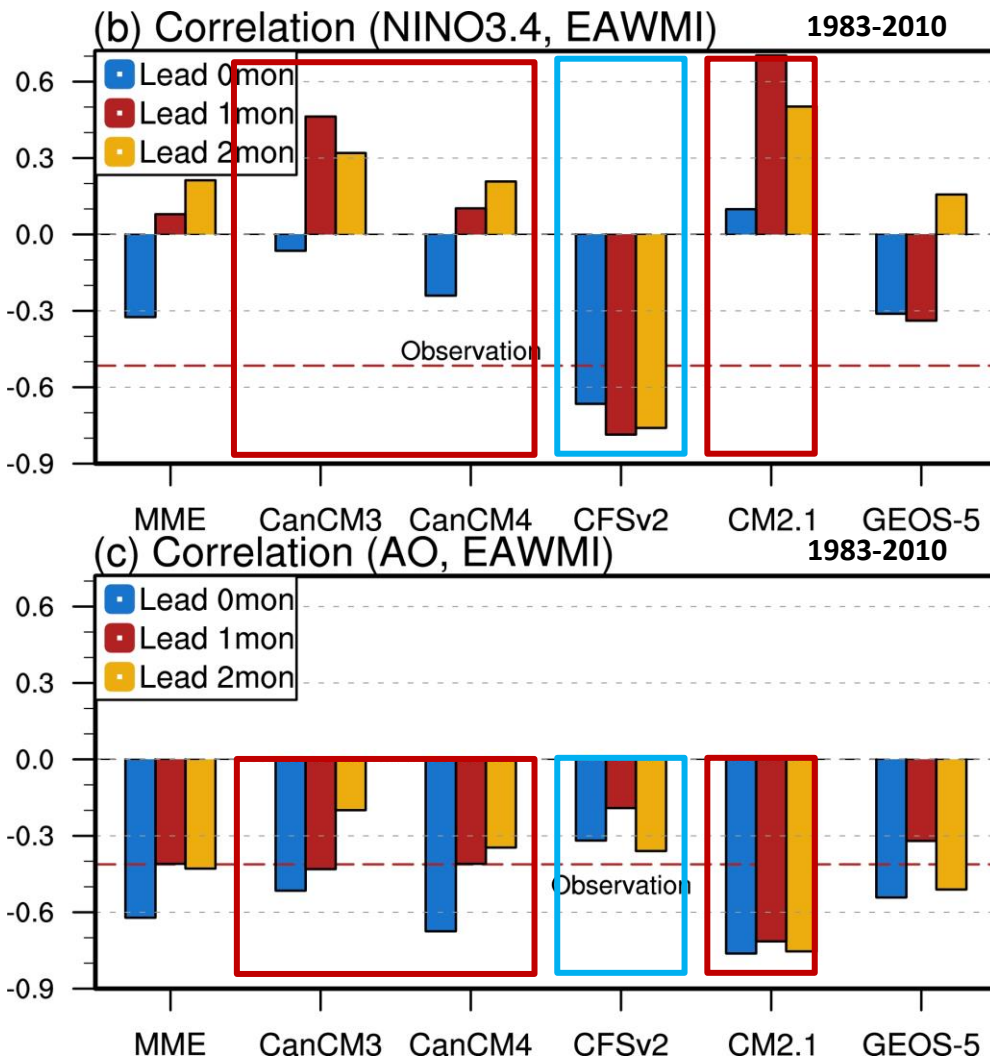
(c) EAWMI Skill (1997-2010)



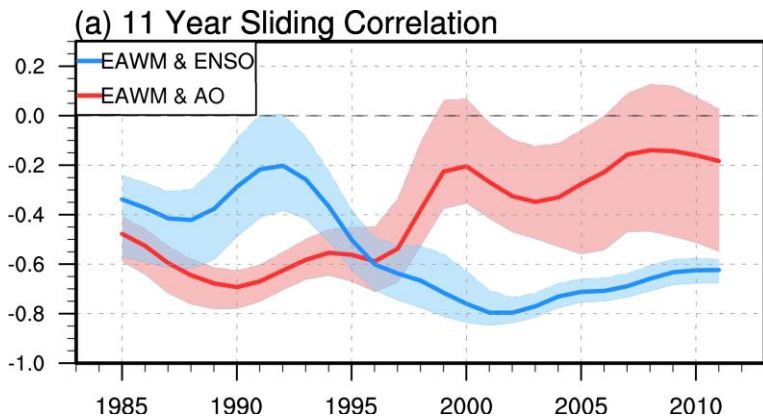
겨울몬순지수 예측성능 (1983-2010 전기간)



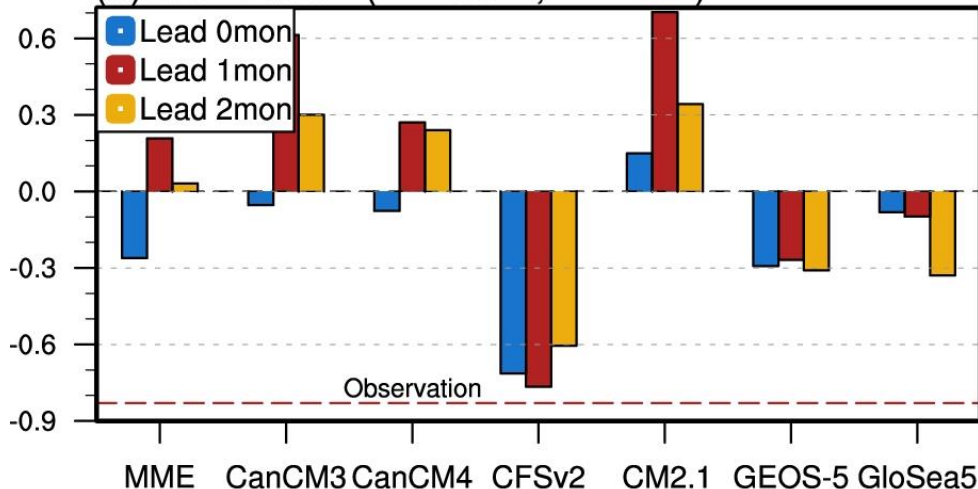
- (관측 특성) 1990년대 중반 이후 겨울몬순과 ENSO의 관계 강해짐, AO와의 관계 약해짐



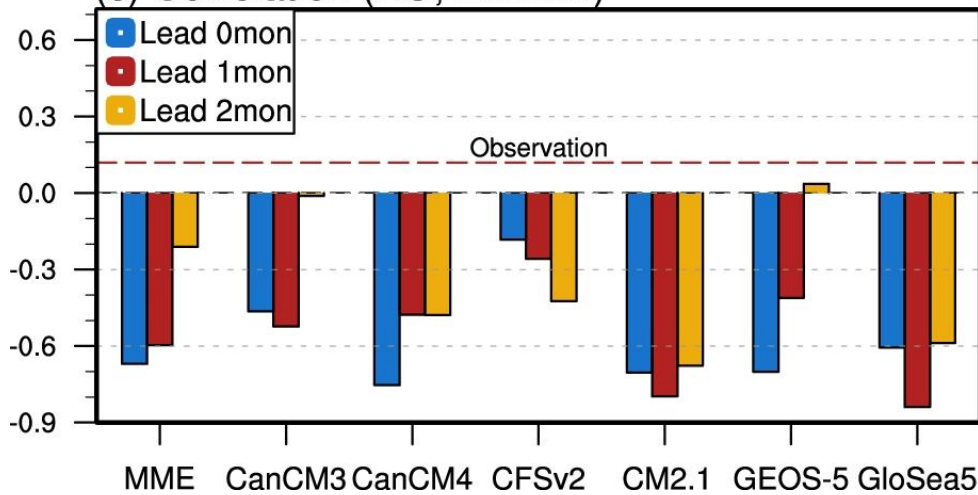
겨울몬순 지수 예측성능 (1997-2010 최근 기간)



(b) Correlation (NINO3.4, EAWMI)



(c) Correlation (AO, EAWMI)



•1997-2010 기간 관측, 예측성능 높은모델:

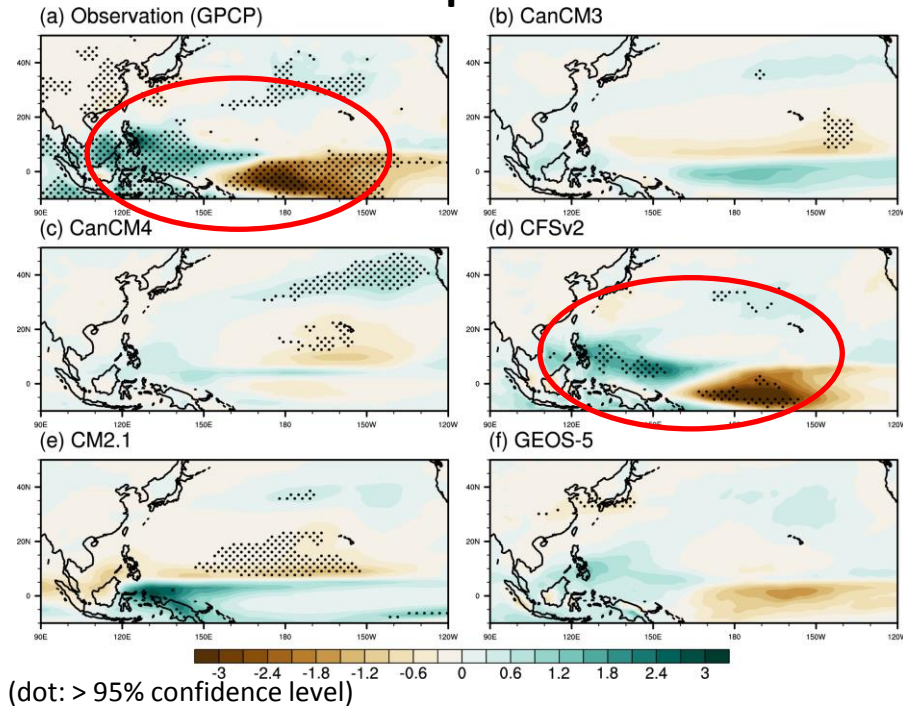
- 강한 ENSO / 약한 AO 관계성 보임

•1997-2010 기간 예측성능 낮은모델:

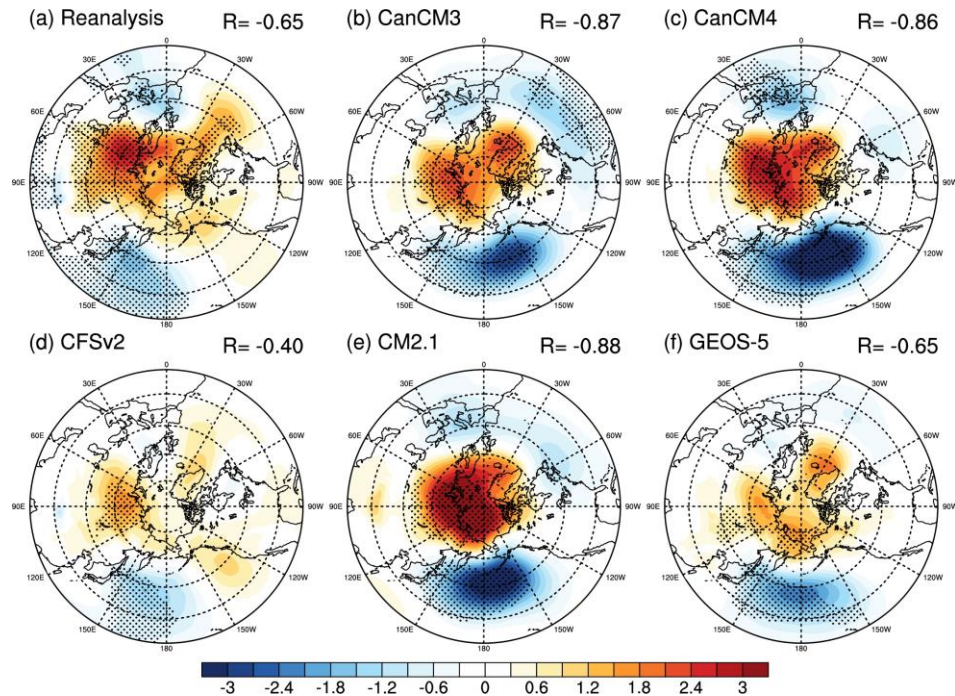
- 약한 ENSO / 강한 AO 관계성 보임

EAWM Regression (83-10, Nov. init.)

Precipitation



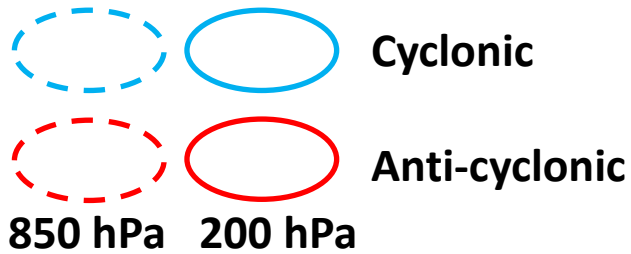
SLP



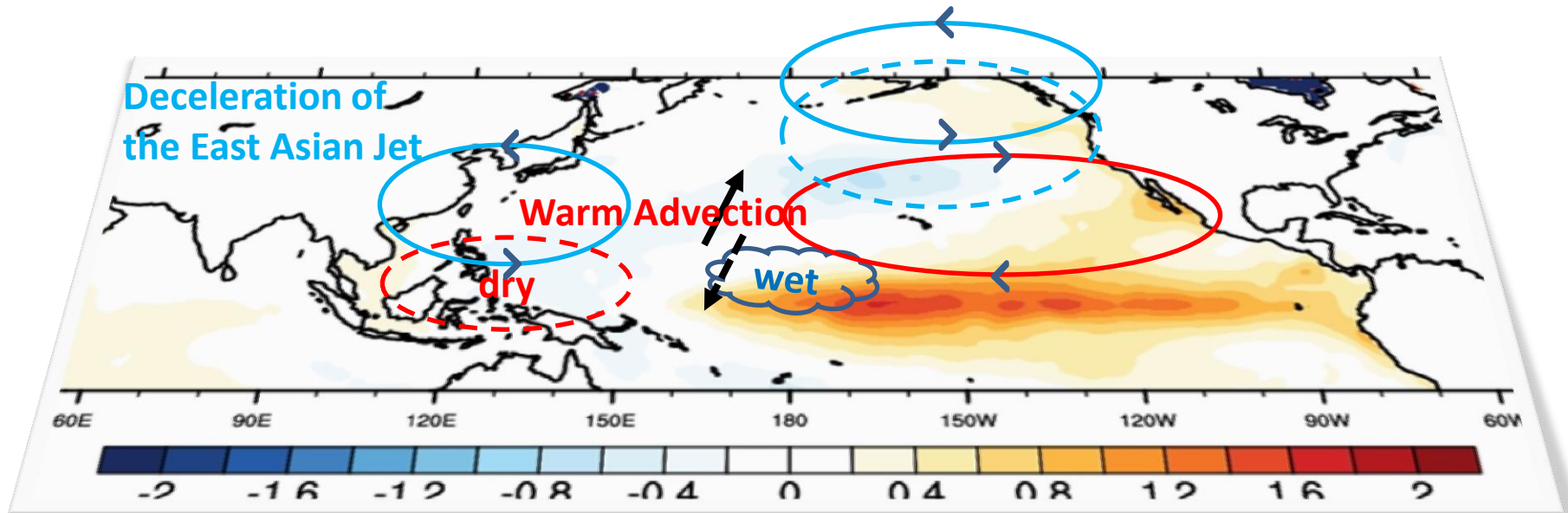
Correlation = spatial correlation with AO-related SLP

- 1997-2010 기간 관측, 예측성능 높은모델:
- 강한 ENSO / 약한 AO 관계성 보임
- 1997-2010 기간 예측성능 낮은모델:
- 약한 ENSO / 강한 AO 관계성 보임
(겨울몬순과 AO를 거의 동일한 변동모드로 예측)

Pacific East Asian Teleconnection (PEAT)

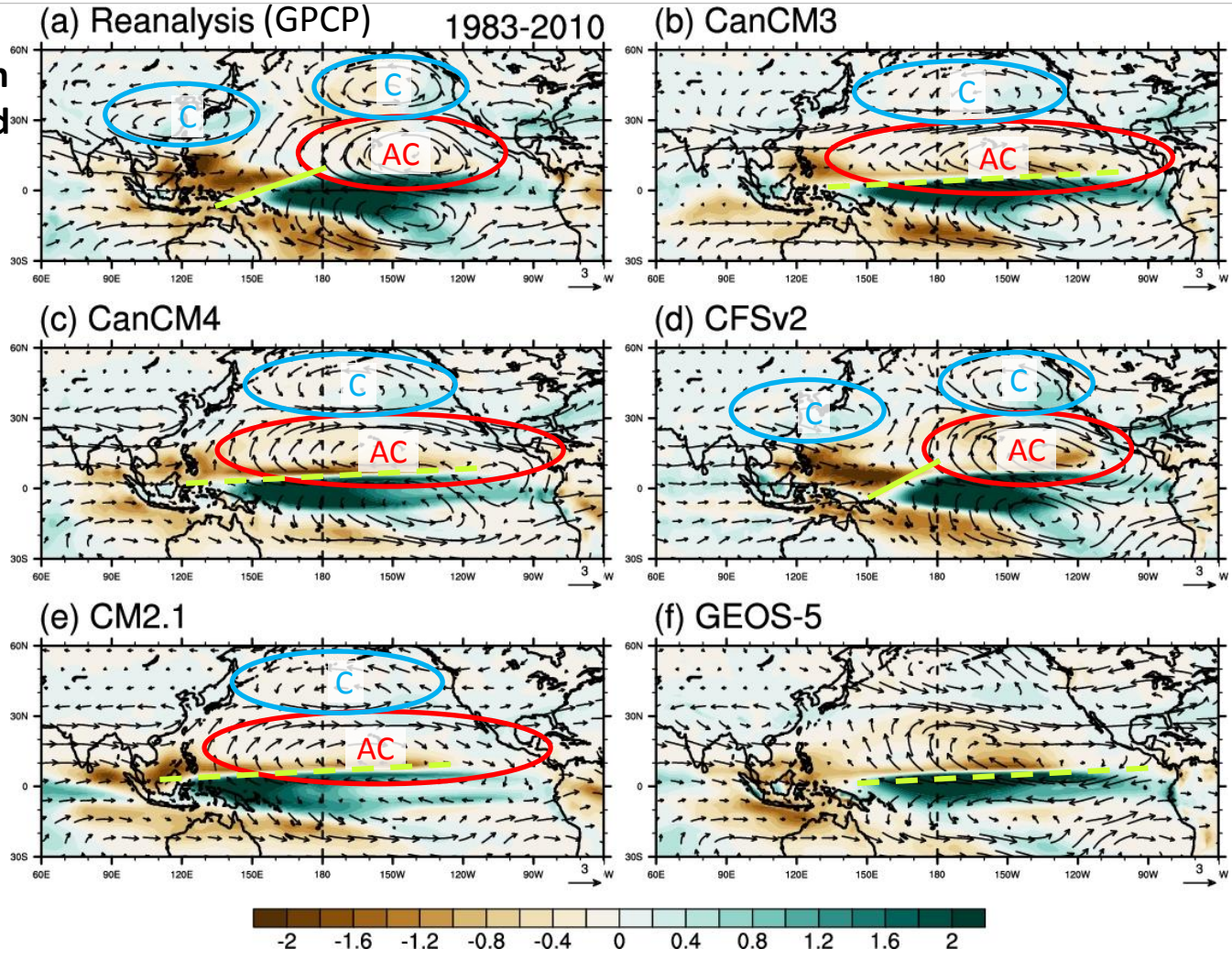


- PEAT (B. Wang et al. 2000)
- Northwestern Pacific: 850 hPa anti-cyclone
- Northeastern Pacific: 850 hPa cyclone
- El Nino -> weak EAWM (warm East Asia)



ENSO Regression (83-10, Nov. init.)

Precipitation
200hPa wind



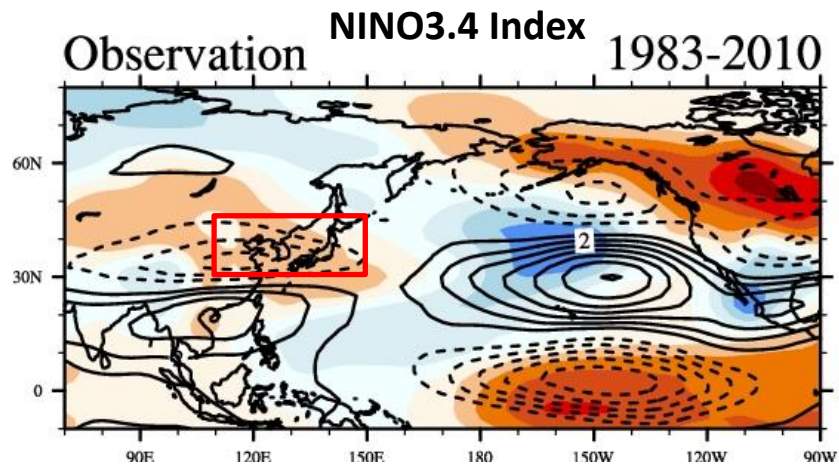
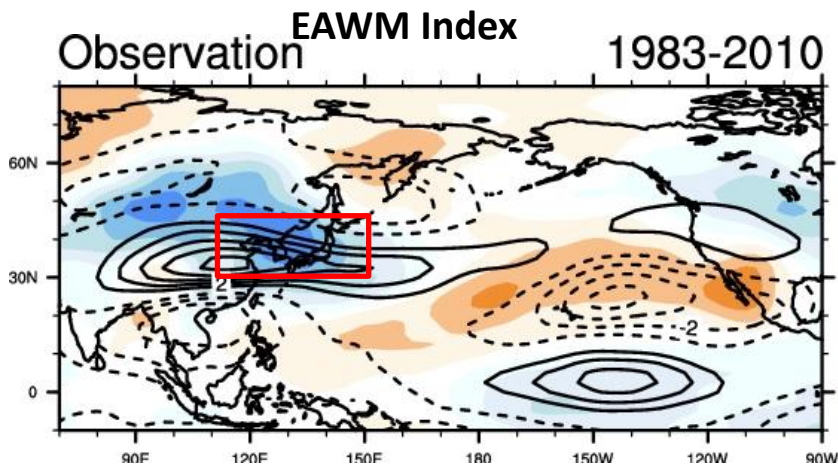
- 동-서 강수 편차:
 - wavenumber-2 structure in the Pacific
 - Strong ENSO-influences on Monsoon flow

- 남-북 강수 편차:
 - wavenumber-1 structure in the Pacific
 - zonally elongated ENSO teleconnection (AO-like)

ENSO와 관련된 하층온도 (T850) 예측성능

- Li and Yang (2010) Index
$$IEAWM = \frac{\left\{ [U_{200}(30 - 35^{\circ}N/90 - 160^{\circ}E) - U_{200}(50 - 60^{\circ}N/70 - 170^{\circ}E)] + [U_{200}(30 - 35^{\circ}N/90 - 160^{\circ}E) - U_{200}(5^{\circ}S - 10^{\circ}N/90 - 160^{\circ}E)] \right\}}{2}$$

Regressed T850/U200



$$T850_{OBS}(x,y,t) = \text{RegCoef}_{ENSO}(x,y) * NINO3.4 \text{ SST}(t) + \epsilon(x,y,t)$$

$$\text{LinReg}_{ENSO}(x,y,t) = \text{RegCoef}_{ENSO}(x,y) * NINO3.4 \text{ SST}(t)$$

$$\text{RMSE}_{ENSO}(t) = [\text{RMSE}(\text{LinReg}_{ENSO}(x,y,t), T850_{OBS}(x,y,t))]$$

$$\text{RMSE}_{FCST}(t) = [\text{RMSE}(T850_{FCST}(x,y,t), T850_{OBS}(x,y,t))]$$

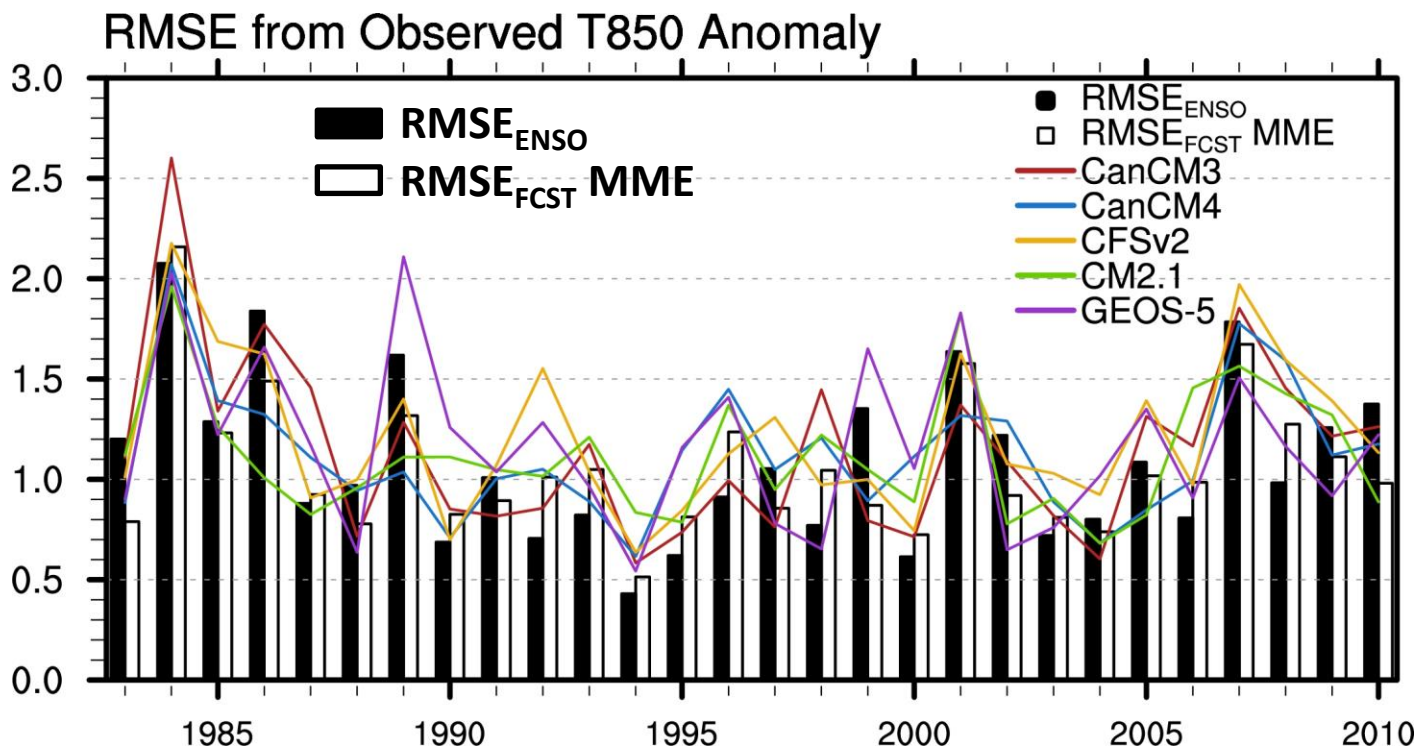
* [] <- area average

t = 28 years,

low RMSE_{ENSO} years: 겨울철 동아시아 기온이 ENSO관련 통계로 대부분 설명되는 해

low RMSE_{FCST} years: 모델의 겨울철 동아시아 기온 예측오차가 낮은 해

동아시아 지역 평균 RMSE의 시계열 (Nov. init.)



동아시아 기온이 ENSO에 의해 대부분 설명되는 해는 예측 오차가 낮음,
반대로 ENSO외 요인에 의한 온도변동 예측오차가 큼

$CORR. (RMSE_{ENSO}, RMSE_{FCST} MME) = 0.82$

요약 1

- 겨울몬순 잠재예측성의 대부분이 **ENSO 원격상관**에 의존
 - CFSv2 5개월 이전에도 DJF 겨울몬순지수 예측 가능 ($r=0.6$)
 - MME를 포함한 대부분의 모델은 1개월 이전에도 예측 불가능
 - 동아시아 기온이 ENSO에 의해 대부분 설명되는 해에 낮은 모델 예측 오차

- **1990년대 중반 이후 ENSO-EAWM 관계가 강화**
 - ENSO의 영향력이 중요해짐
(+AMO, -PDO, 서태평양 온난화 추세와 관련이 있어보임)

- **ENSO-EAWM 관계를 잘 모의하지 못하는 모델**
 - AO와 EAWM의 구분이 어려움
 - 약한 ENSO-EAWM 관계
 - 열대 서태평양의 편향된 ENSO 강수가 주요 원인

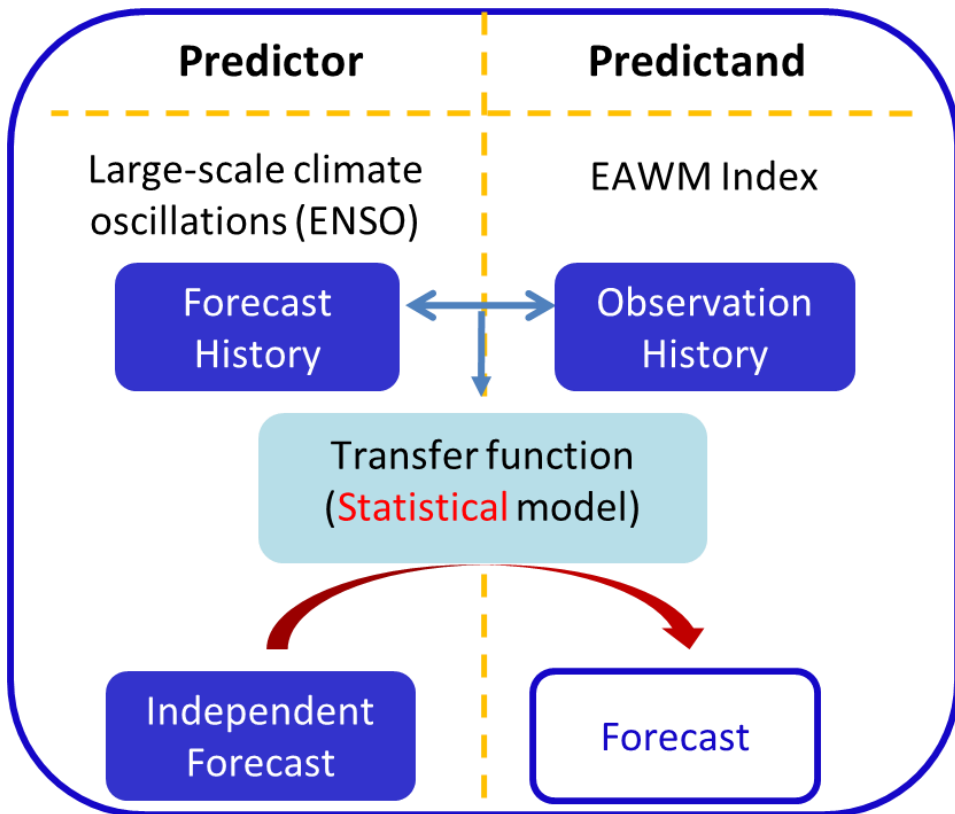
- **편향된 강수의 개선이 겨울몬순 예측성능 개선에 중요**



**역학-통계 하이브리드 방법을 통한
겨울몬순 예측성능 개선**

역학-통계 하이브리드 예측 기법

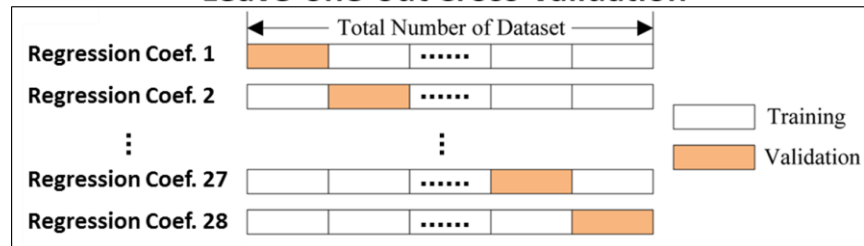
역학적-통계적 방법의 결합을 통한 예측성능 개선 가능 (Kim HM et al. 2013)



방법

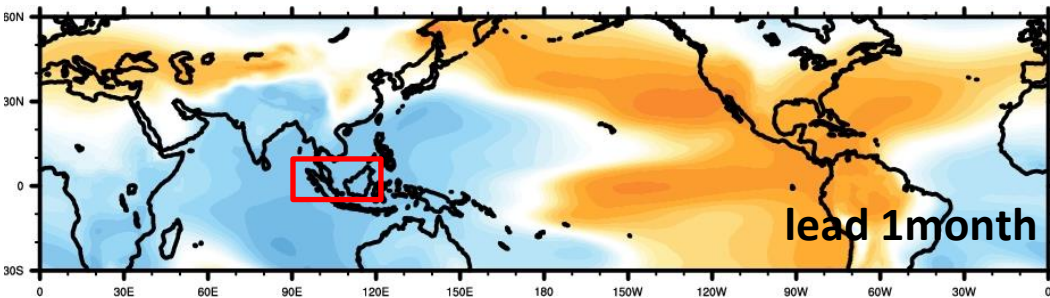
1. 역학예측과 관측의 장기간 통계관련성 확인
-> Predictor selection (예측인자 선정)
2. leave-one-out cross-validation 적용
> 매년 다른 다중 회귀계수
3. 모델예측장의 예측인자를 통계식에 대입
> 겨울몬순지수 계산

Leave-one-out Cross-validation



예측인자 선정

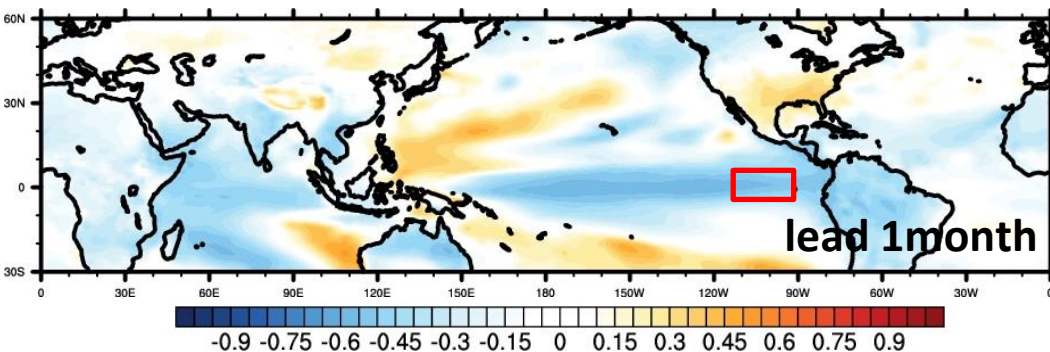
Correlation Map (관측 EAWM지수, MME 해면기압 field)



P1=SLP (5S-10N, 90-120E)

P2=SST (5S-5N, 90W-110W)

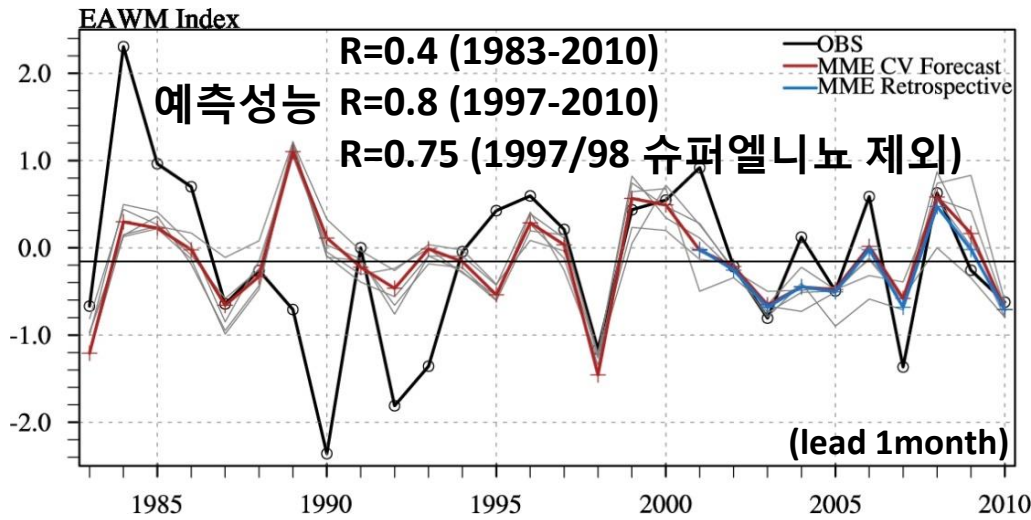
Correlation Map (관측 EAWM 지수, MME 지면온도 field)



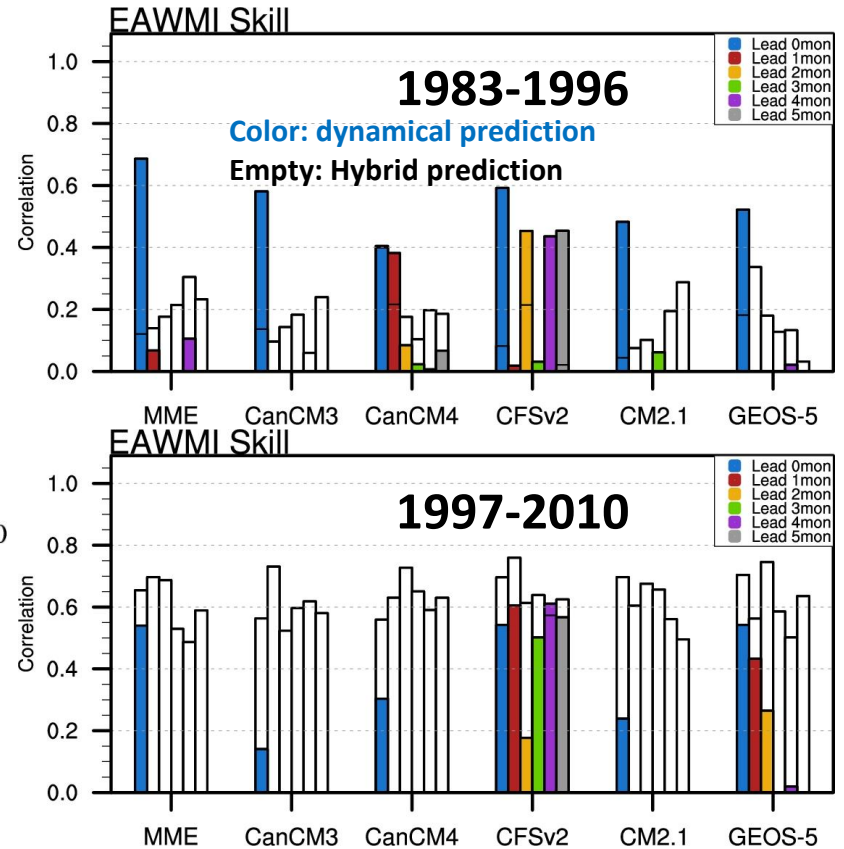
각 예측인자와 기후변동성의 상관관계 (**= 99% significant)

Correlation b/w indices	EAWM index	NINO3.4 SST	MME Prediction Skill (0-5mon lead)
P1	-0.65**	0.82**	0.84-0.71**
P2	-0.5**	0.96**	0.96-0.85**

하이브리드 예측성능



흰색 바 면적이 클 수록: 하이브리드 예측 > 역학예측성능
 ▶ 90년대 이후 ENSO관련성 ↑, 통계-역학 방법 예측성능 증가



하층온도 (T850) 하이브리드 예측

모델의 겨울몬순 관련 예측 오차를 보정

방법

$$T850_Hybrid = T850_model + \text{RegCoef_obs} * (EAWMI_hybrid - EAWMI_model) * \sigma_{model} / \sigma_{obs}$$

T850_model = 역학예측 결과

RegCoef_obs = 관측 겨울몬순지수와 T850의 회귀계수

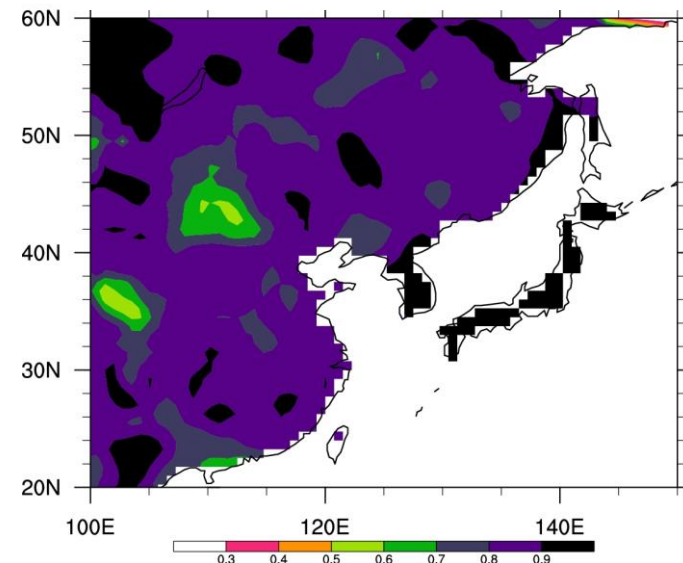
$\sigma_{model} / \sigma_{obs}$ = 모델의 표준편차에 맞게 보정 값의 크기를 조절

EAWMI_hybrid = cross-validation을 적용한
하이브리드 예측 겨울몬순지수

EAWMI_model = 역학모형의 겨울몬순 지수

T850과 Surface Air Temperature (SAT)의 관계가
매우 크기 때문에 (correlation 0.9 이상)
지표 부근 온도 예측에 활용 가능

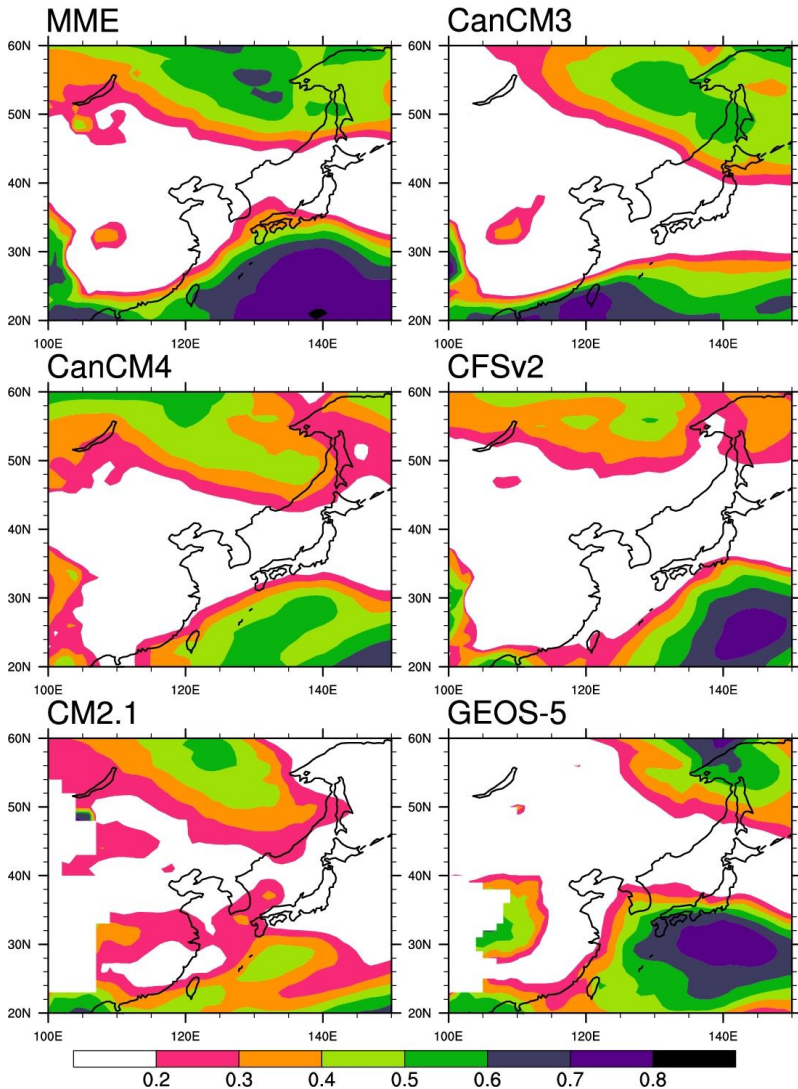
관측 T850과 CRU SAT 자료
의 상관관계수 (1997-2010)



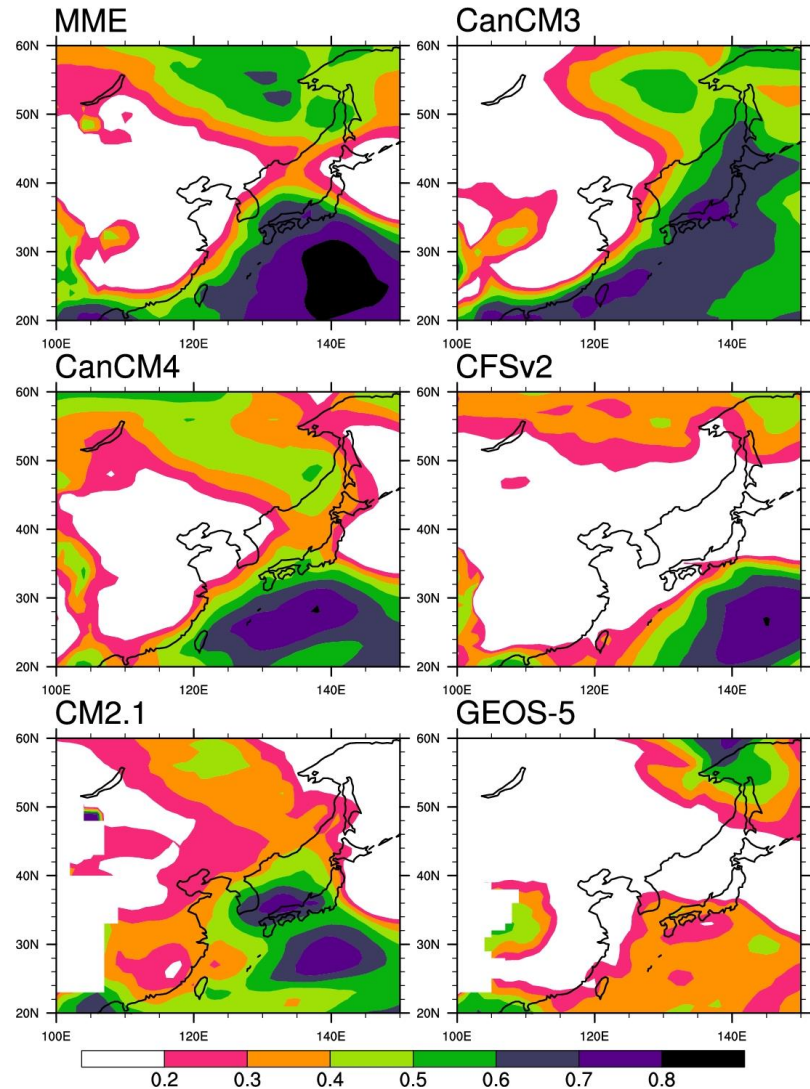
하이브리드 예측 성능

Lead 1-month DJF T850 Skill Map (1997-2010)

역학모형 예측성능



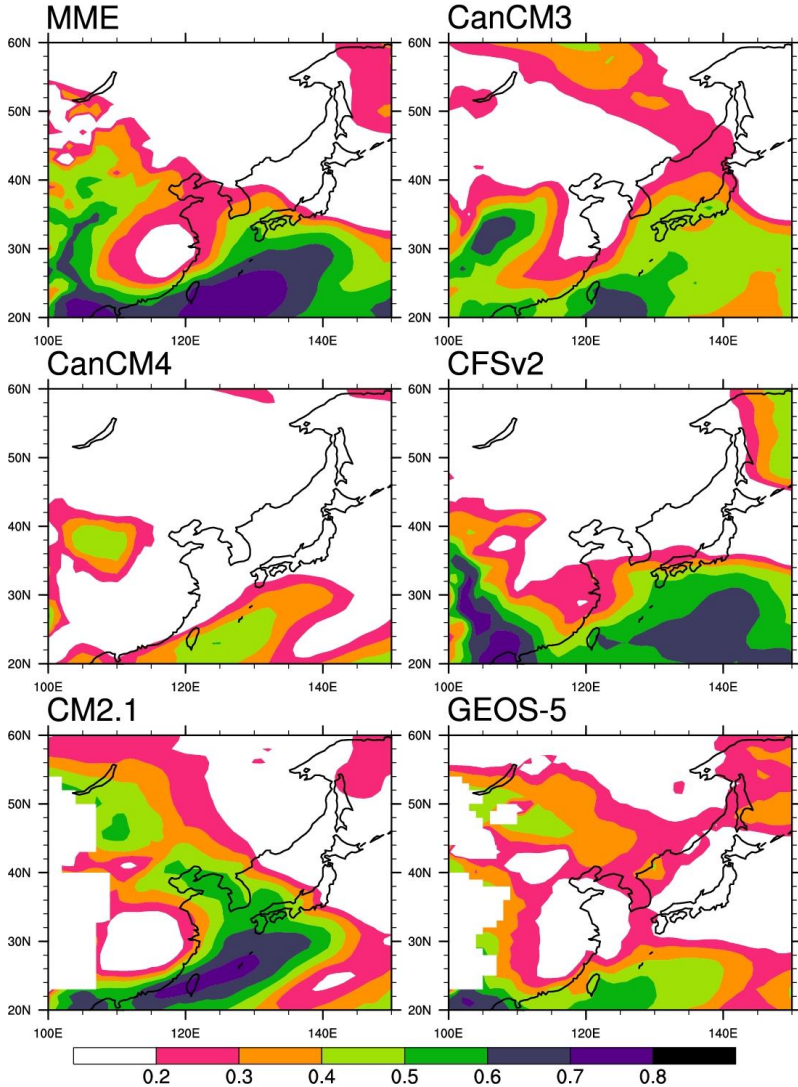
하이브리드 예측성능



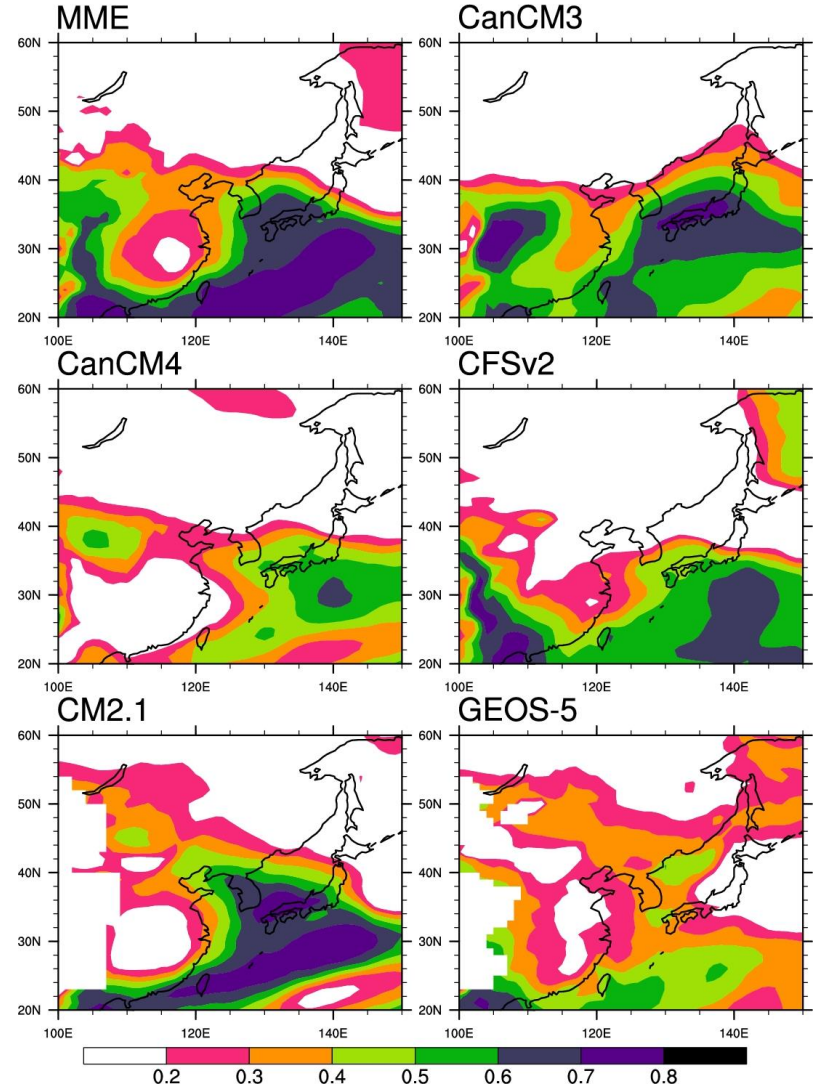
하이브리드 예측 성능

Lead 2-month DJF T850 Skill Map (1997-2010)

역학모형 예측성능



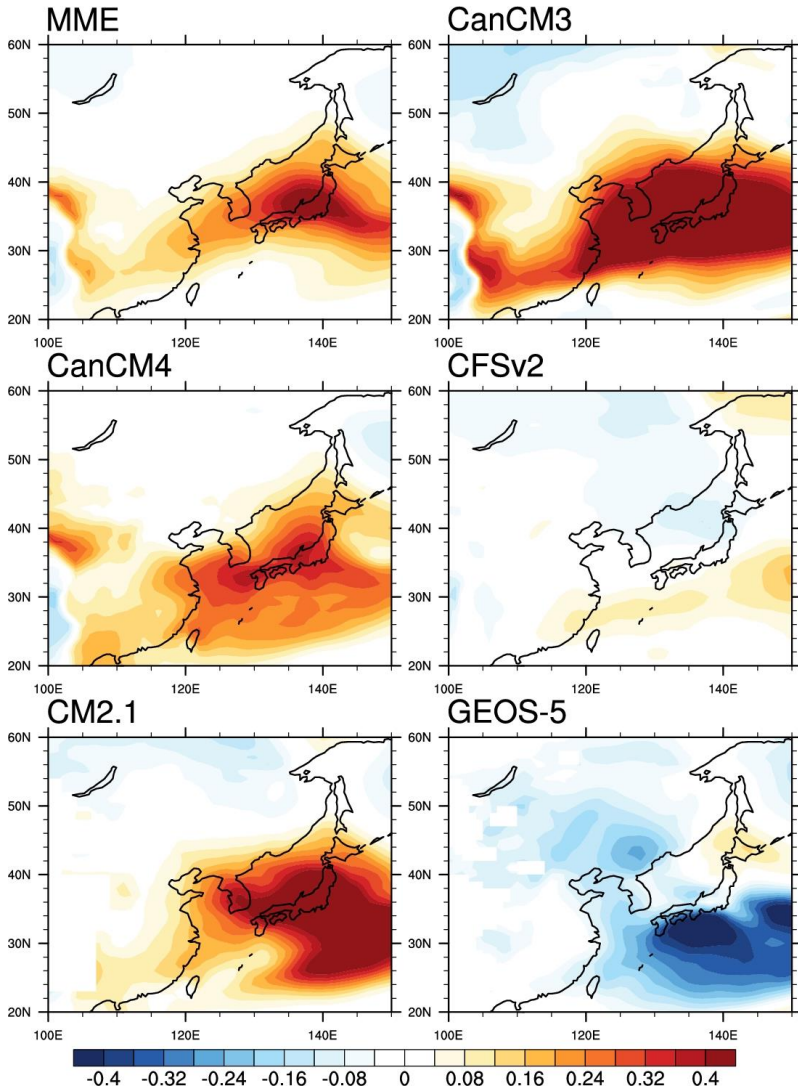
하이브리드 예측성능



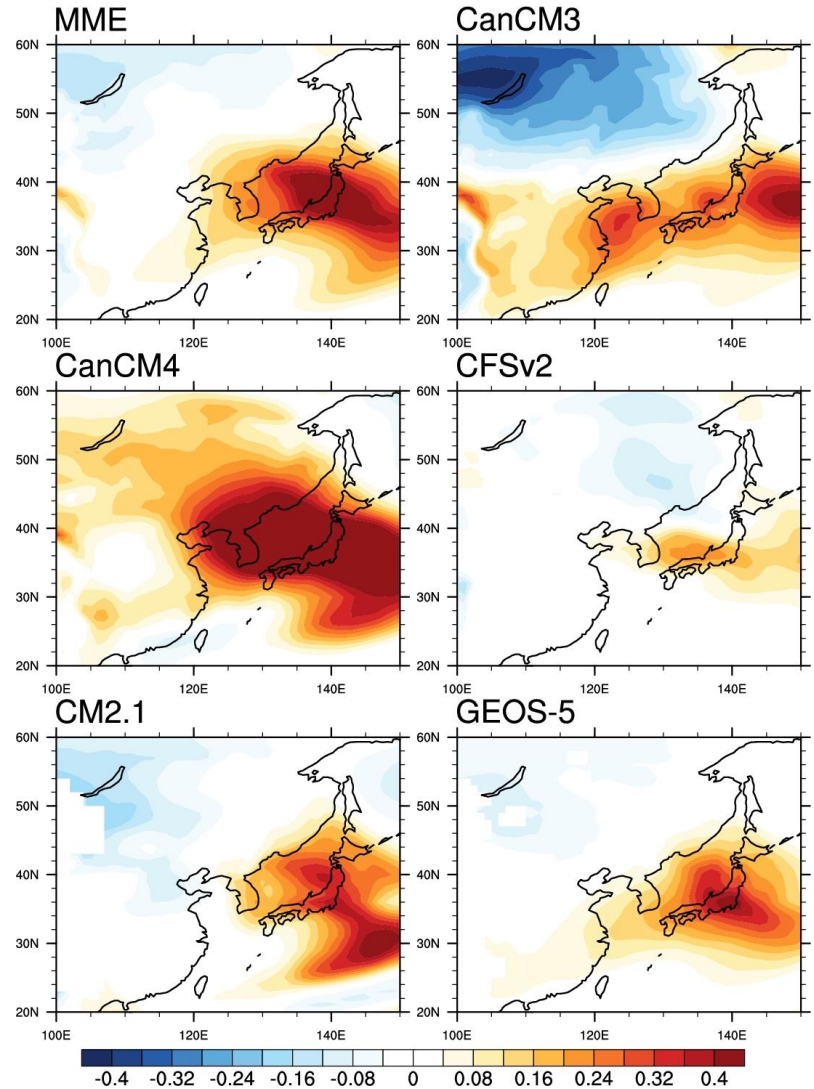
하이브리드 예측 성능

T850 예측성능 개선도 (하이브리드 - 역학예측), DJF 1997-2010

Lead 1-month

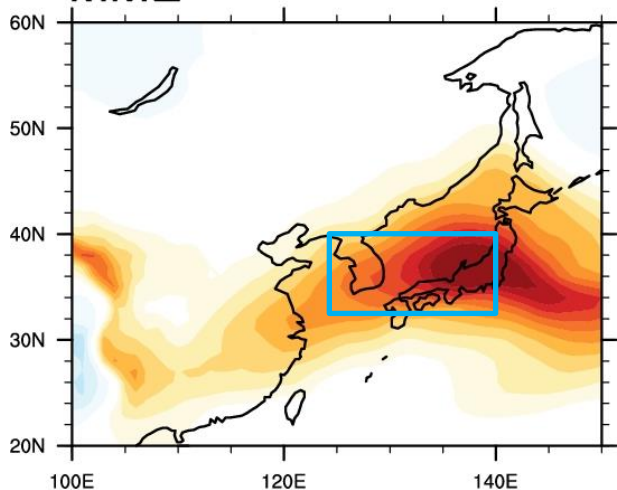


Lead 2-month



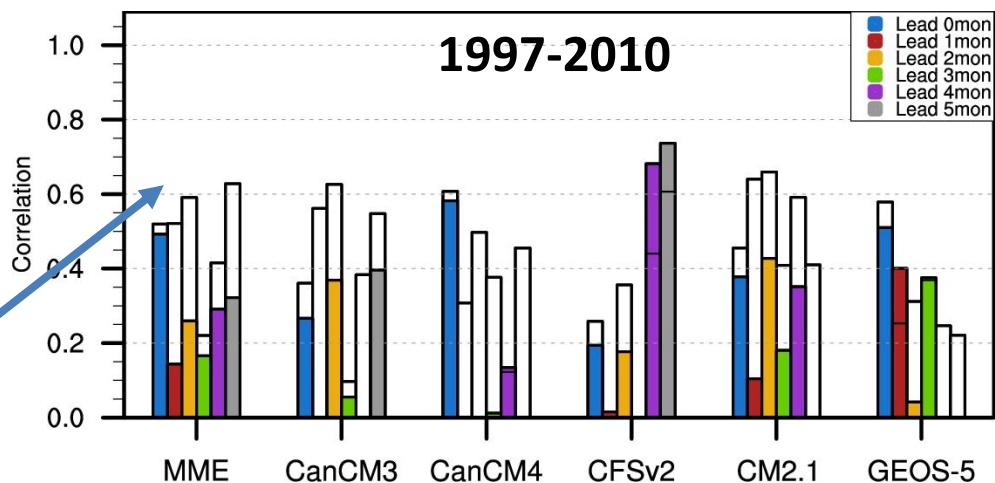
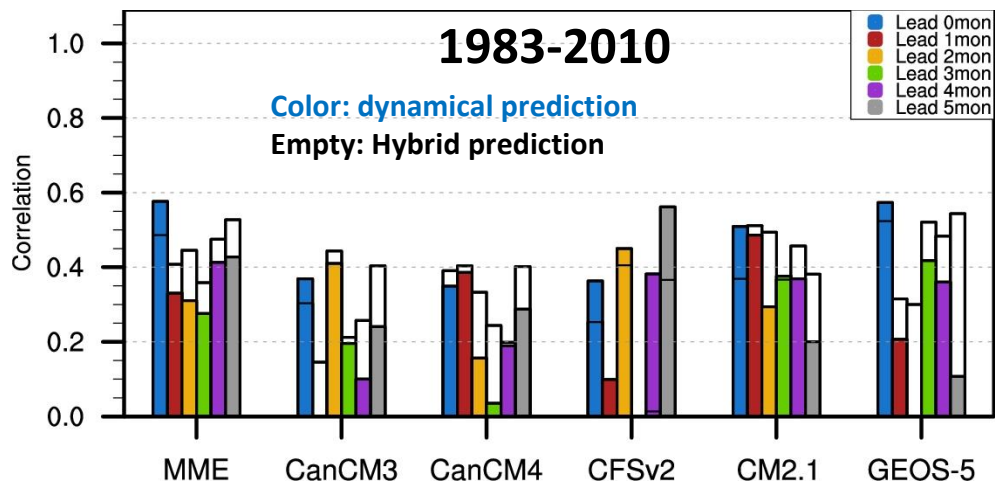
하이브리드 예측 성능

MME



33-40N 130-140E Area-average
Korea-Japan T850 index

Korea-Japan T850 index 예측성능



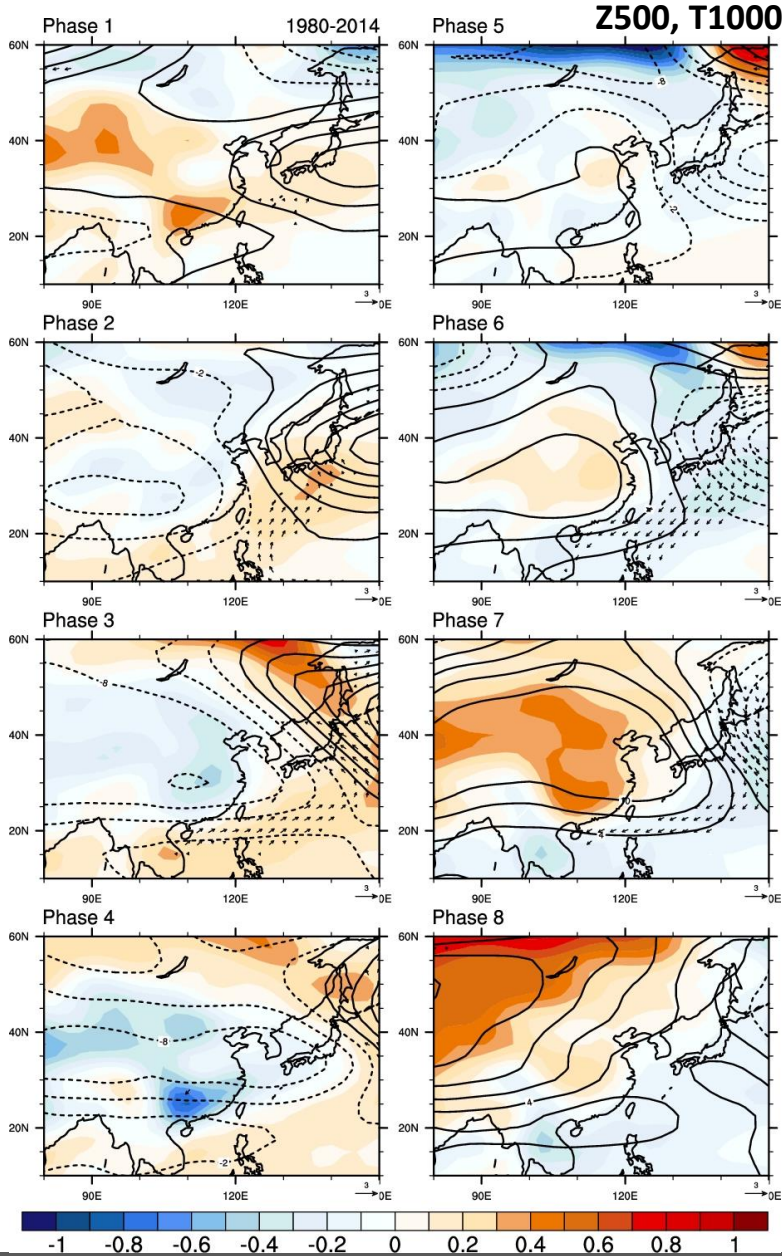
흰색 바 면적이 클 수록: 하이브리드 예측 > 역학예측성능
▶ 90년대 이후 ENSO관련성 ↑, 통계-역학 방법 예측성능 증가

- 하이브리드 예측방법을 통해 겨울몬순 지수 예측성능 개선 가능
- 하이브리드 겨울몬순 지수를 통한 온도 변동 보정으로 하층온도 (T850)의 예측성능 개선 또한 가능
(한반도, 일본 지역이 주로 개선)
- 최근 강한 ENSO-EAWM 관계가 지속되고 있으므로 활용 가능
- 지표온도의 예측성능 개선에도 활용 가능



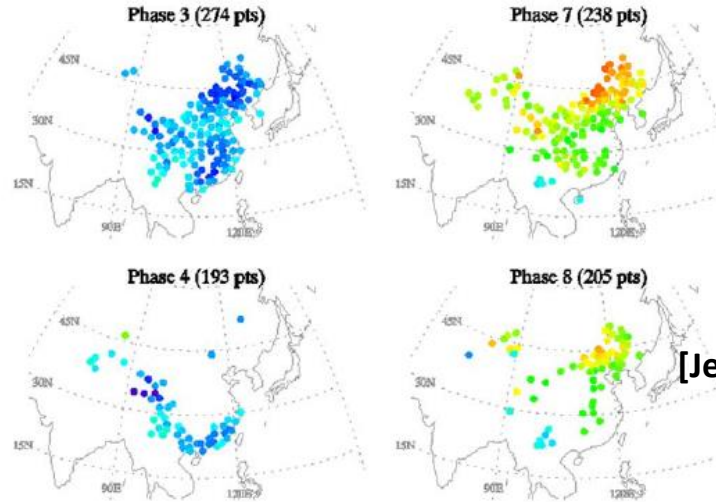
동아시아 겨울몬순의 계절내 변동 - MJO의 영향

MJO와 동아시아 겨울몬순의 관계



MJO에 따른 한파발생빈도 변화 (청색->짙은한파)

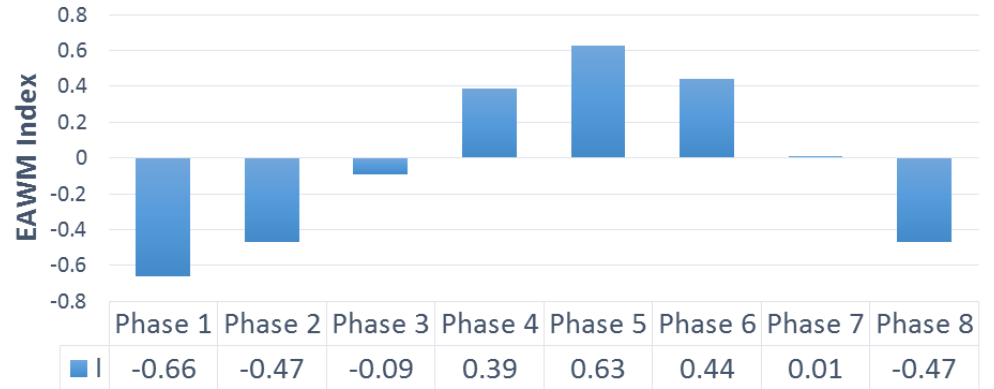
1974/75 - 2000/01



[Jeong et al., 2005]

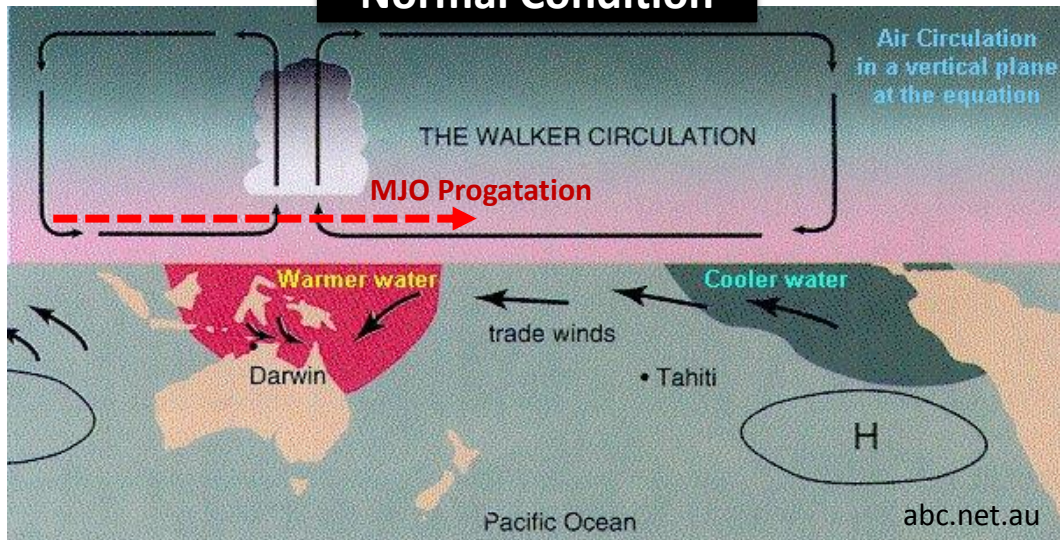
MJO에 따른 동아시아 겨울몬순지수 변화

MJO-EAWM Relationship (1979-2014)



ENSO에 따른 MJO의 변동성

Normal Condition

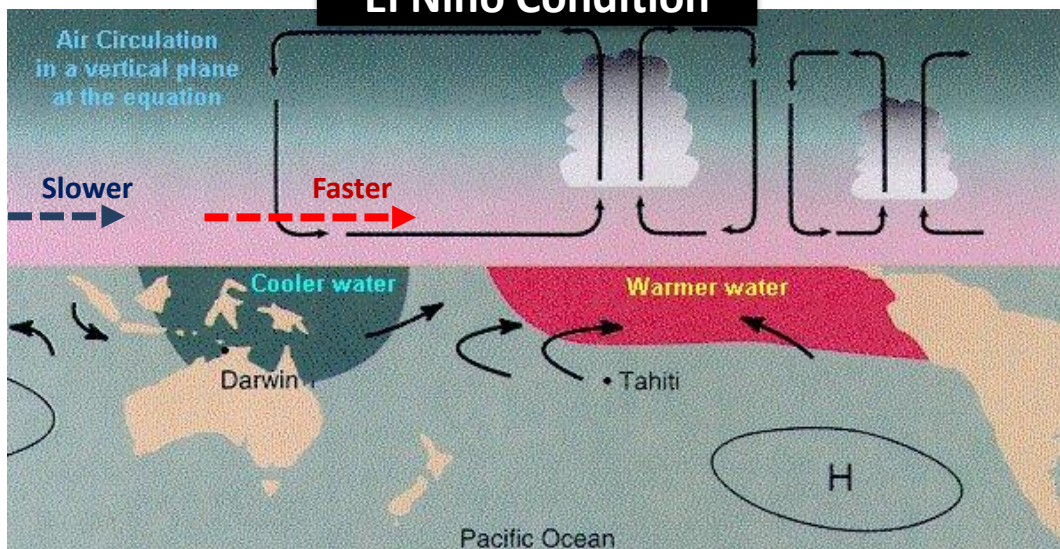


Moist Convective Regime
(Indian Ocean~Western Pacific)
 = 4-5 m s⁻¹ (slower)

Dry Regime
(Eastern Pacific)
 = 10-40 m s⁻¹ (faster)

[Salby and Hendon, 1994; Bantzer and Wallace, 1996]

El Nino Condition

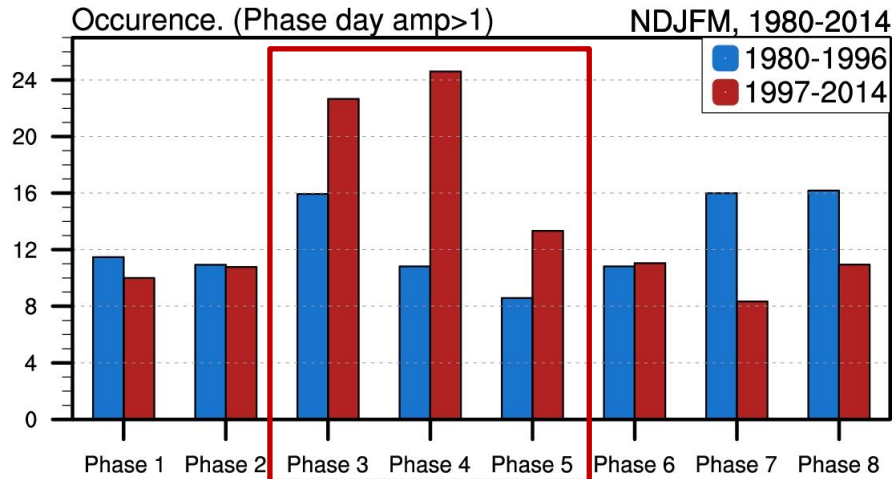


El Nino Years

- Faster eastward propagation in the Western Pacific, short MJO cycle (drier & walker circulation)
- Weaken MJO activity in the Western Pacific (weak ISV)
- La Nina -> slower, strong MJO

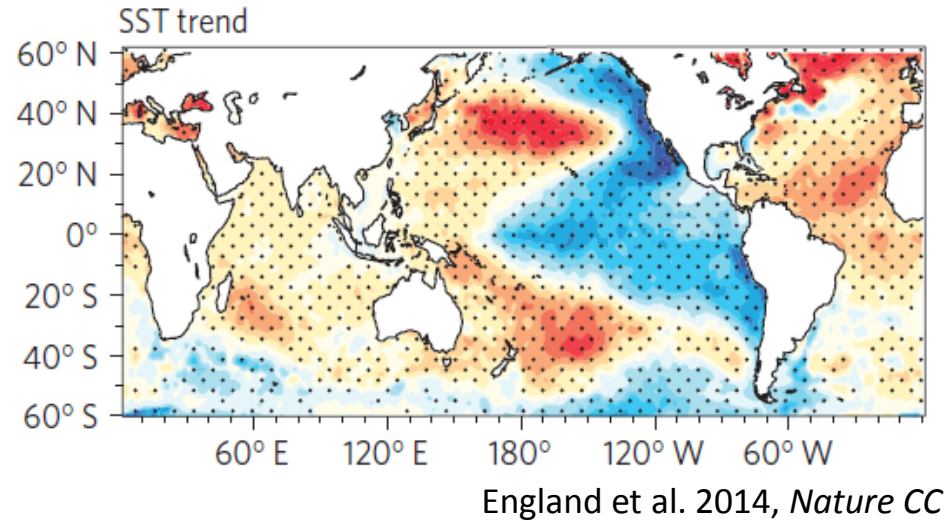
El Nino Years: Faster during phase 3~6
La Nina Years: Slower during phase 3~6

최근 라니냐-like SST trend와 MJO Phase의 관계

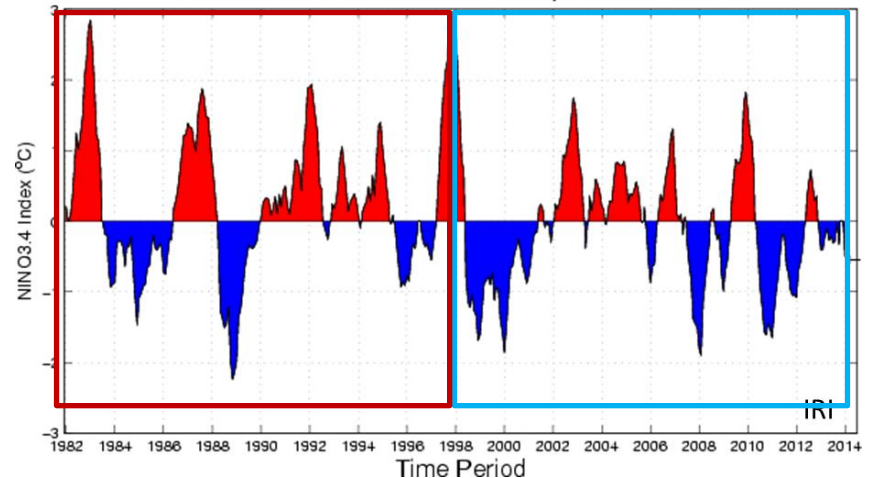


- 최근 잦은 라니냐&서태평양 온난화로 강한 Phase 3-5 가 자주발생
-> 계절평균적으로 라니냐해에 강한 겨울몬 순과 관련

La Nina-like SST Trend (1992-2011)



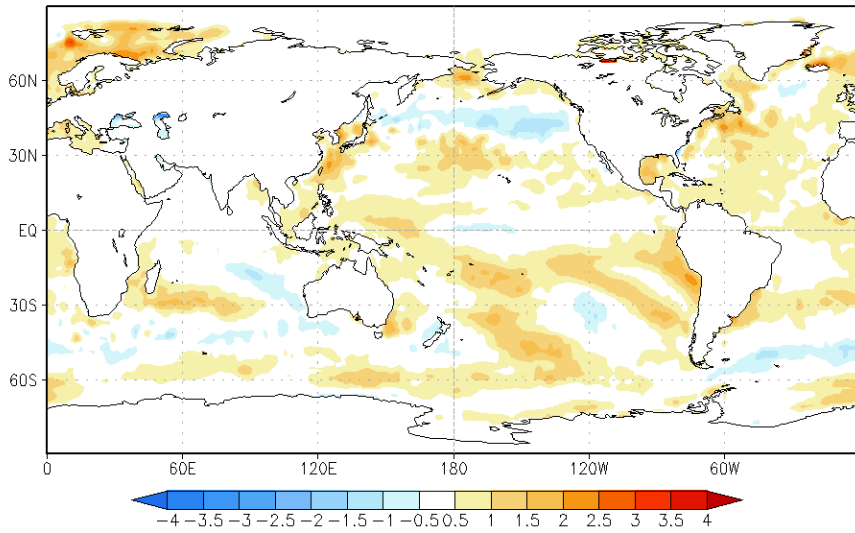
Historical Sea Surface Temperature Index



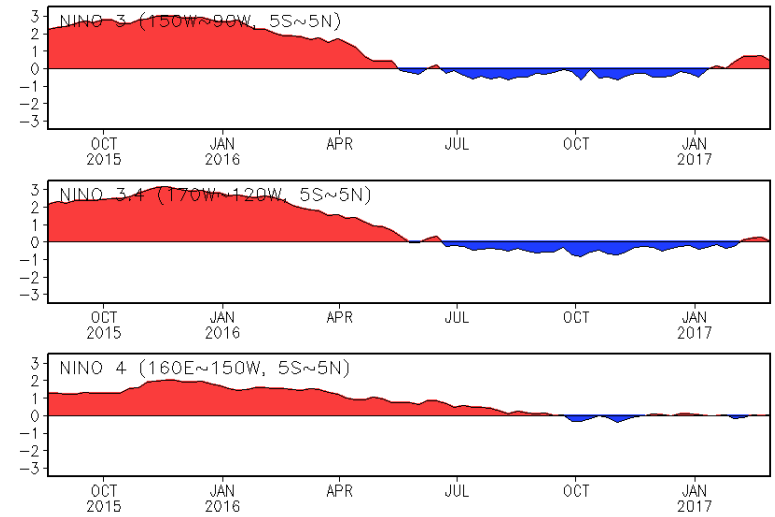


2016/17 원격상관에 따른 한반도 기후변동 - MJO와 ENSO의 영향

SST 3Monthly Mean Anomaly (Dec 2016 ~ Feb 2017)

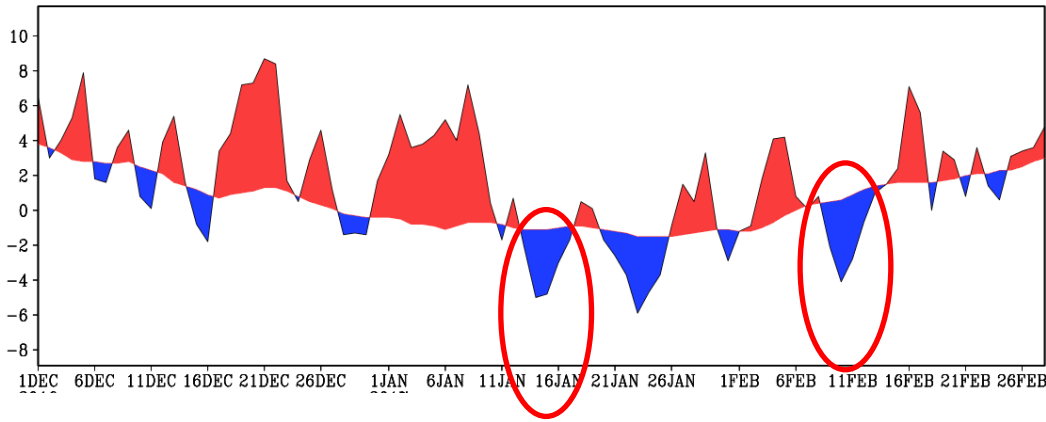


Weekly ENSO indices



2016/17 겨울은 약한 라니냐 or neutral

Korea 한국 평균온도



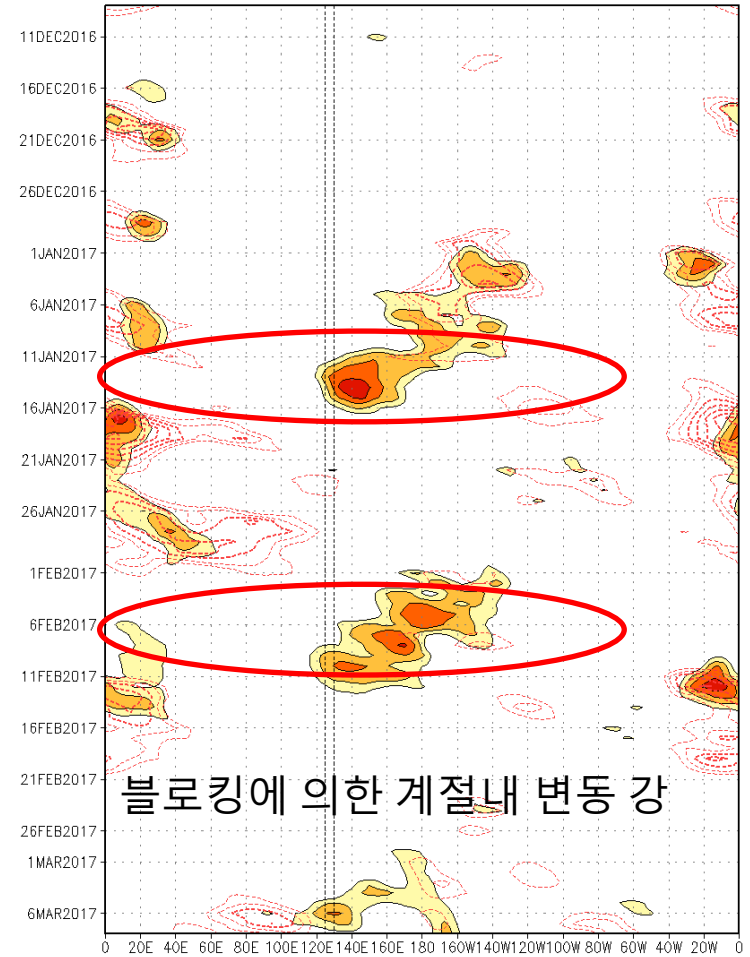
EAWM Index

겨울몬순지수와 온도의 음의상관성이 잘 나타남

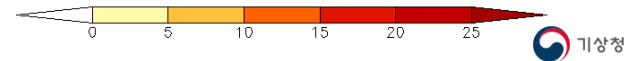


출처: 기상청

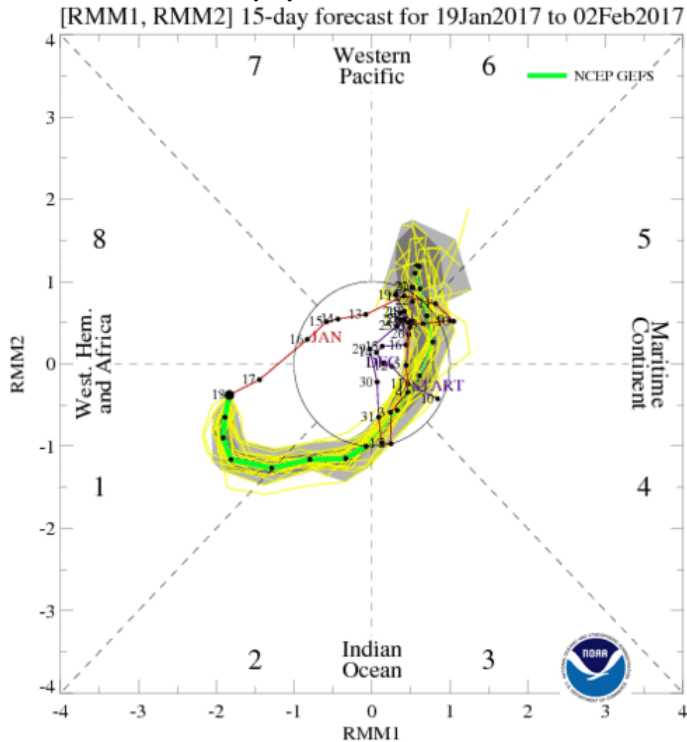
Blocking Strength GHGS(60~40N: shaded) & GHGN(60~80N: dots)



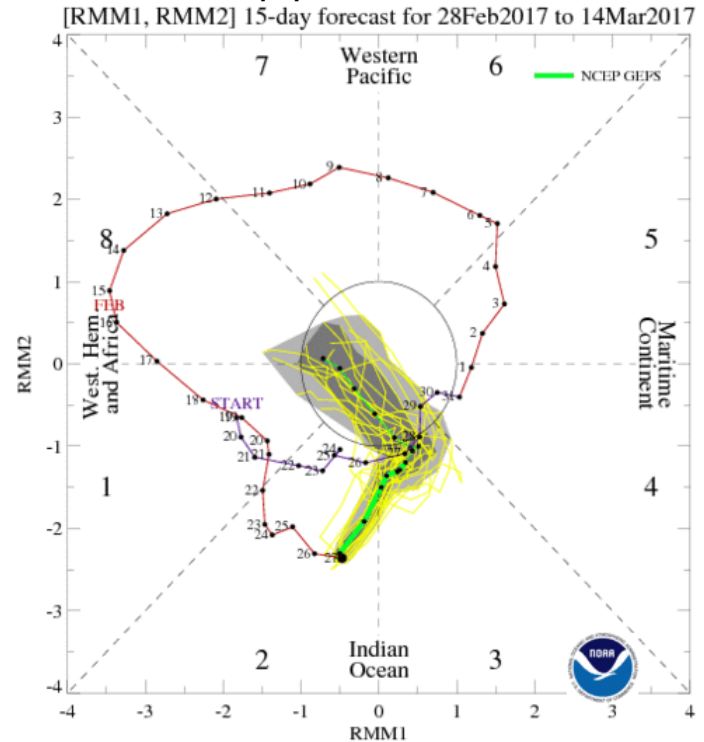
블로킹에 의한 계절내 변동 강



MJO 지수 12월~1월 중순



MJO 지수 1월 중순~2월

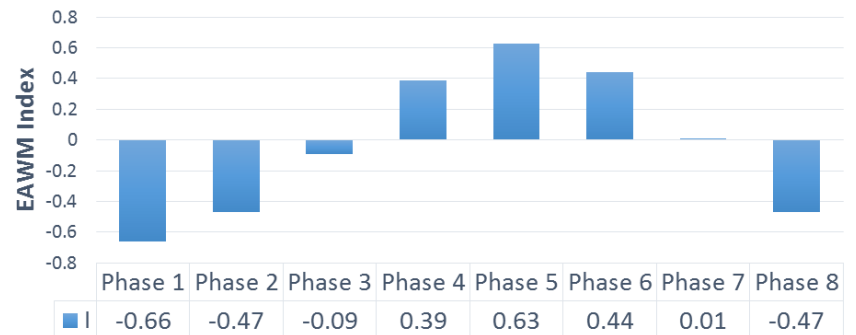


1월 중순 강한 MJO phase 1~2 (amp 약 2)

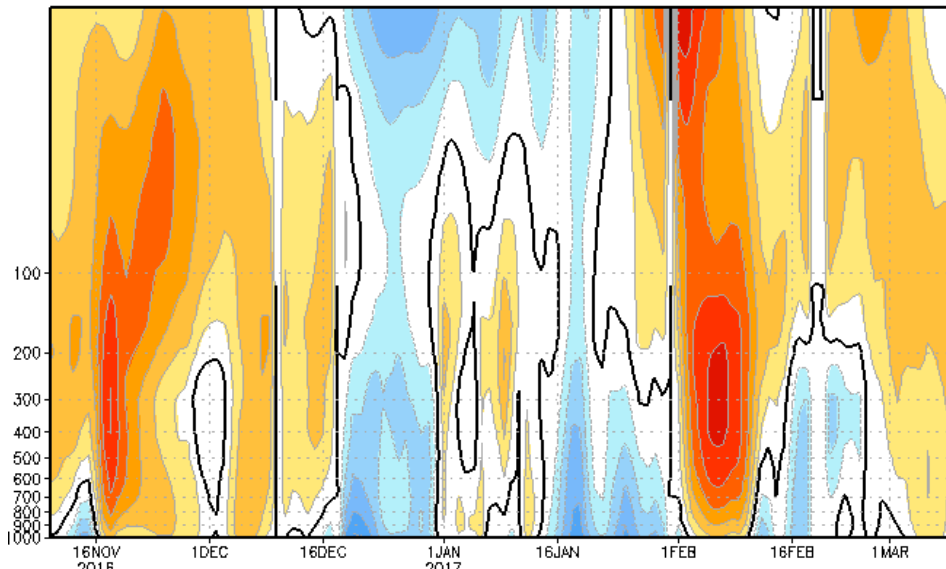
2월 중순 강한 MJO phase 8 (amp 약 3)

-> 약한 겨울몬순과 관련 (동아시아 고온)

MJO-EAWM Relationship (1979-2014)

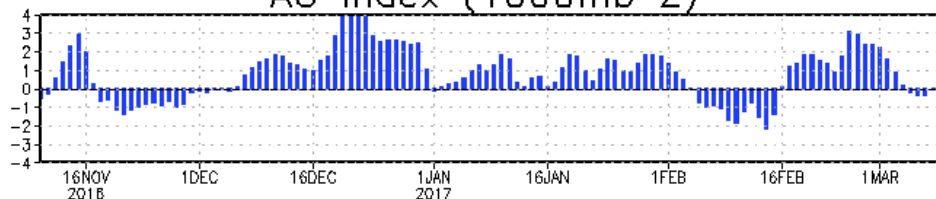


Normalized GPH anomaly (65°N–90°N)
(10Nov2016 – 09Mar2017)

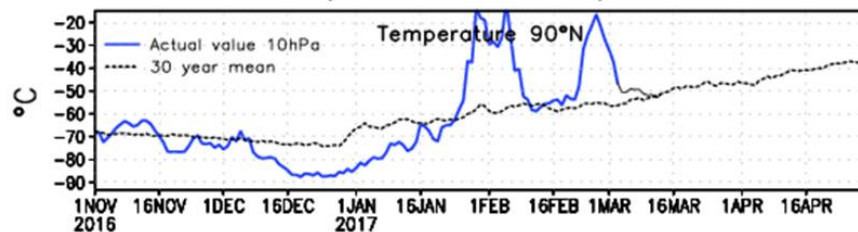


대체로 +북극진동 (약 시베리아 고기압, 유라시아 고온)
2월초 SSW로 인한 -AO

AO index (1000mb Z)



Temperatures 2016/17



2016/17겨울 – 대체로 온난,
강력한 외부강제력 x, 여러가지 변동이 복합적으로 작용

동아시아 겨울몬순 (EAWM) 계절예측

- 대부분의 계절예측시스템에서 1개월 이전 겨울몬순 예측이 어려움
- ENSO 관련이 큰 해에 동아시아 계절예측성능 오류가 더 적게 나타남
- 최근 ENSO-EAWM 관련성 증가로 몇몇 모델에서 3개월 이상 예측 가능성을 보임 (CFSv2, GEOS-5)
- 통계적 보정을 통해 모델의 ENSO-EAWM 모의 성능 한계를 부분적으로 극복 가능

역학-통계 방법을 통한 EAWM 계절예측 개선

- 하이브리드 예측방법을 통해 겨울몬순 지수 예측성능 개선 가능
- 하이브리드 겨울몬순 지수를 통한 온도 변동 보정으로 하층온도 (T850)의 예측성능 개선 또한 가능 (한반도, 일본 지역이 주로 개선)
- 지표온도의 예측성능 개선에도 활용 가능

MJO-EAWM 관계 및 ENSO의 영향

- MJO에 따른 동아시아 겨울몬순 변동성이 나타남 (phase 3-6에서 동아시아 한랭, phase 7-8, 1-2에서 동아시아 온난)
- ENSO에 따라 MJO전파속도, phase에 따른 동아시아 원격상관의 차이를 보임
- 90년대 중반 이후 La Nina-like mean SST에 따라, 서태평양 대류 MJO phase가 활발 (3-5)

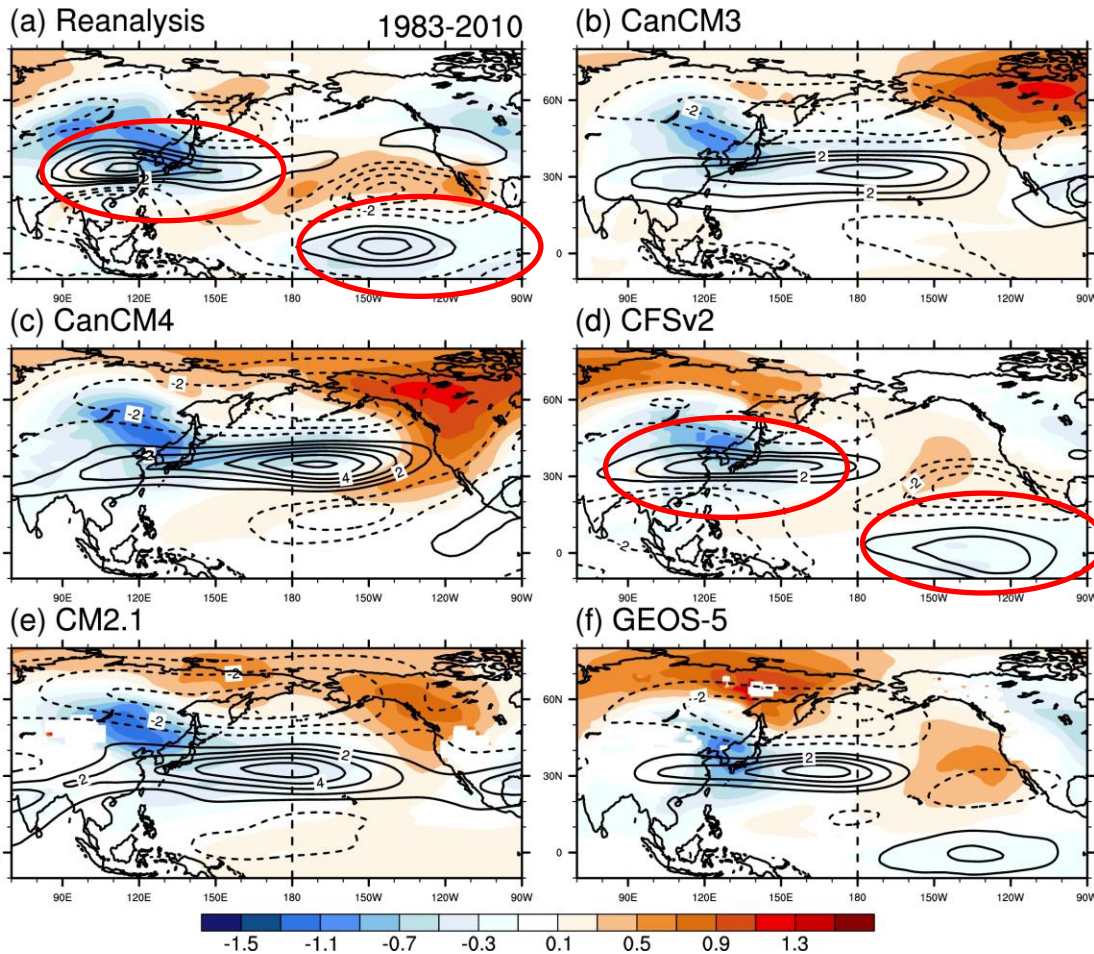


감사합니다.

D. Kang and M.-I. Lee* (2017), ENSO Influence on the Dynamical Seasonal Prediction of the East Asian Winter Monsoon. *Climate Dynamics*, DOI:10.1007/s00382-017-3574-4

East Asian Winter Monsoon

EAWM Regression Map (1983-2010, Contour-U200, Shaded-850hPa Temperature)



(Lead 1month)

Strong East Asian Jet with anomalous cold temperature

Reanalysis, CFSv2 (GEOS-5: marginal)

The strongest jet variability over East Asia, stronger ENSO relationship

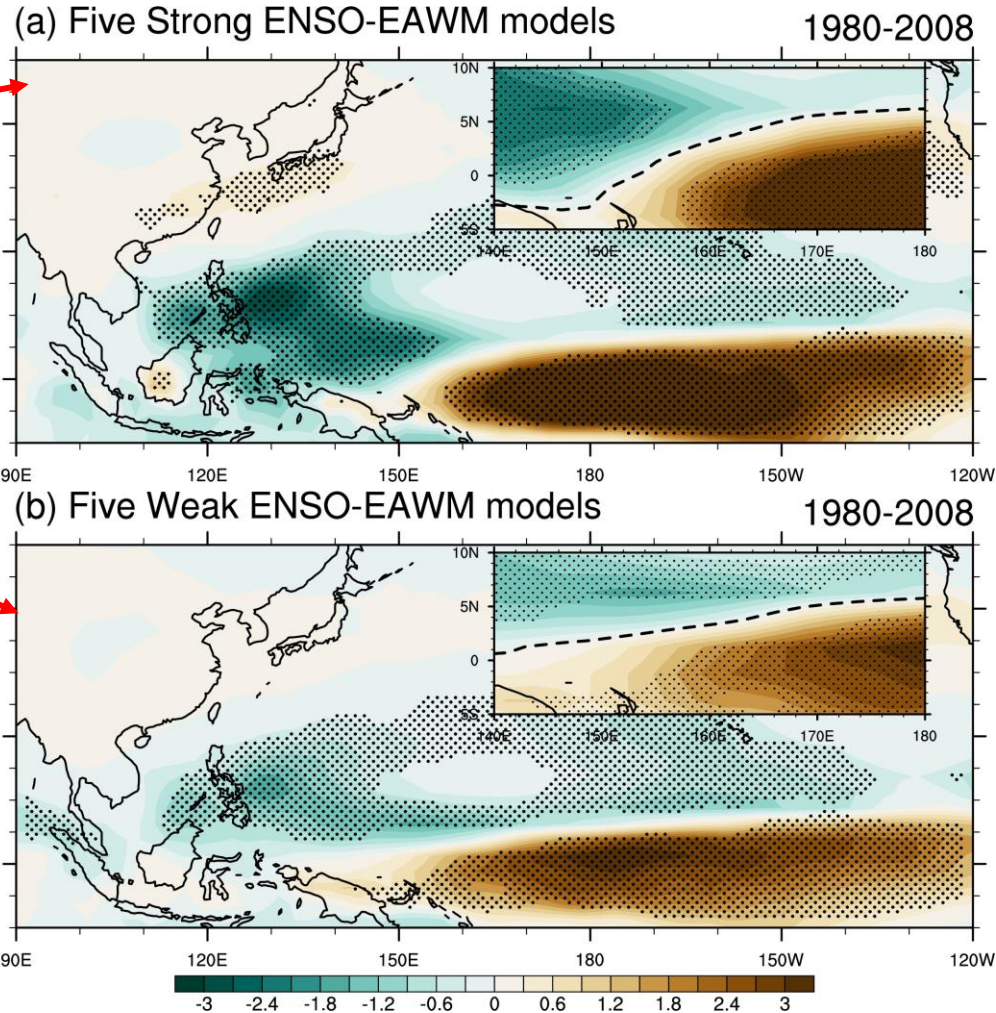
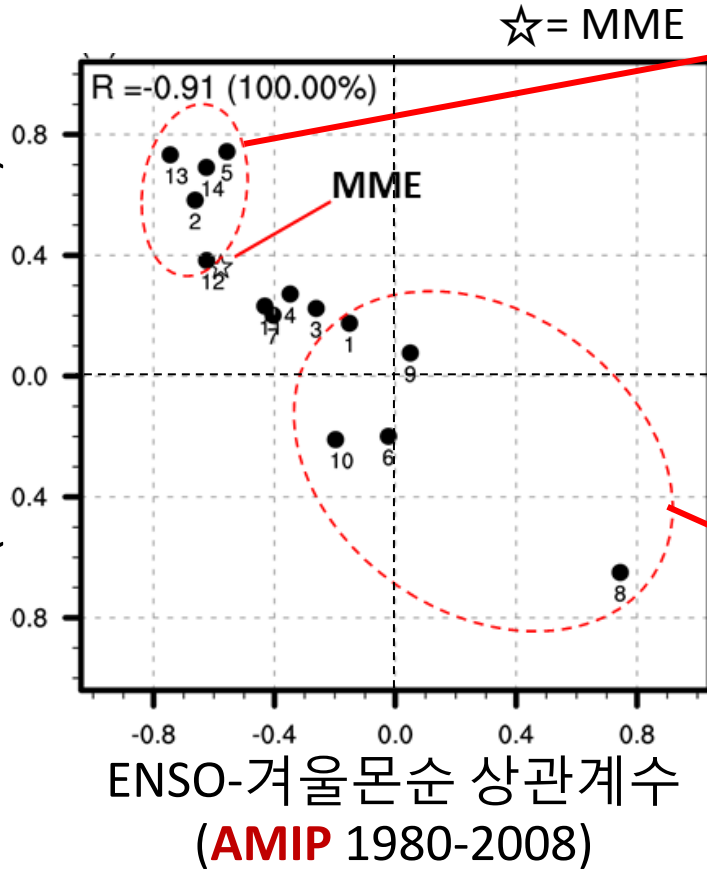
The other models

Weak ENSO relationship (GEOS-5 is marginal), jet variability is much stronger near dateline (180E)

CMIP5 ENSO-EAWM 관계 (CMIP5 AMIP)

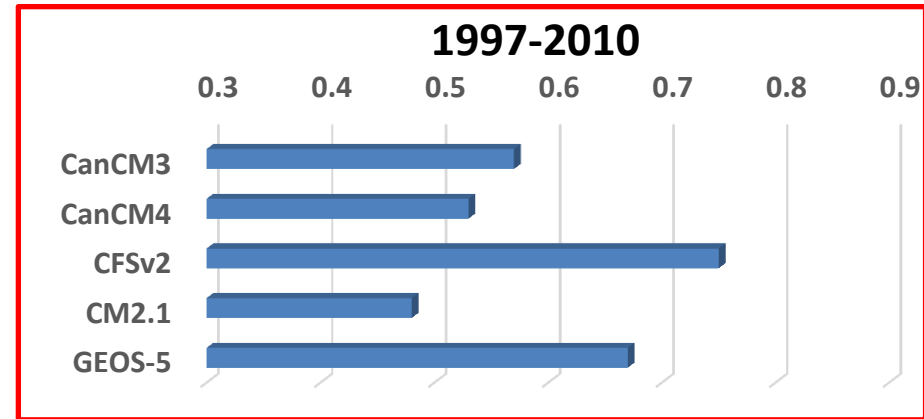
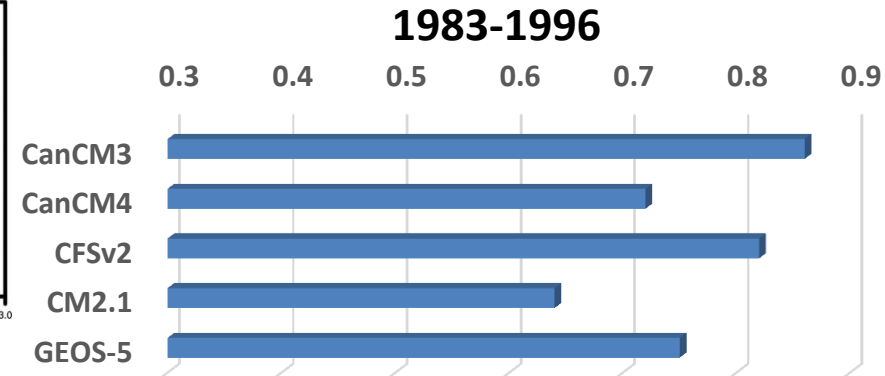
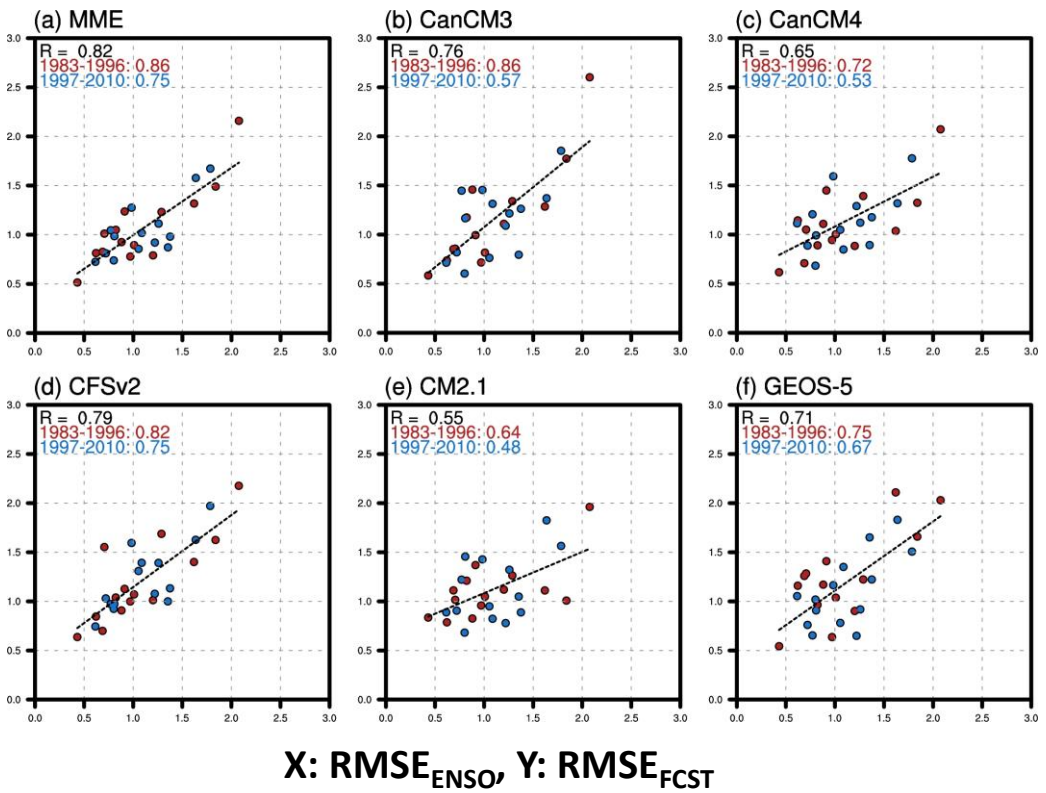
Precip. ENSO Regression

겨울몬순 예측성능
(AMIP 1997-2008)



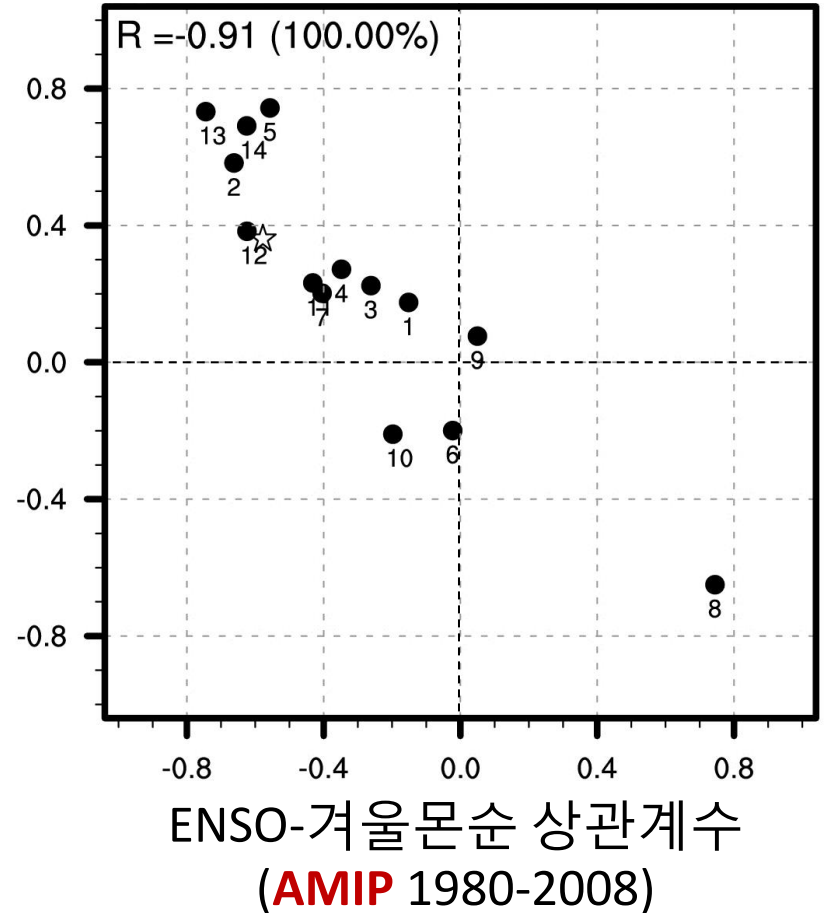
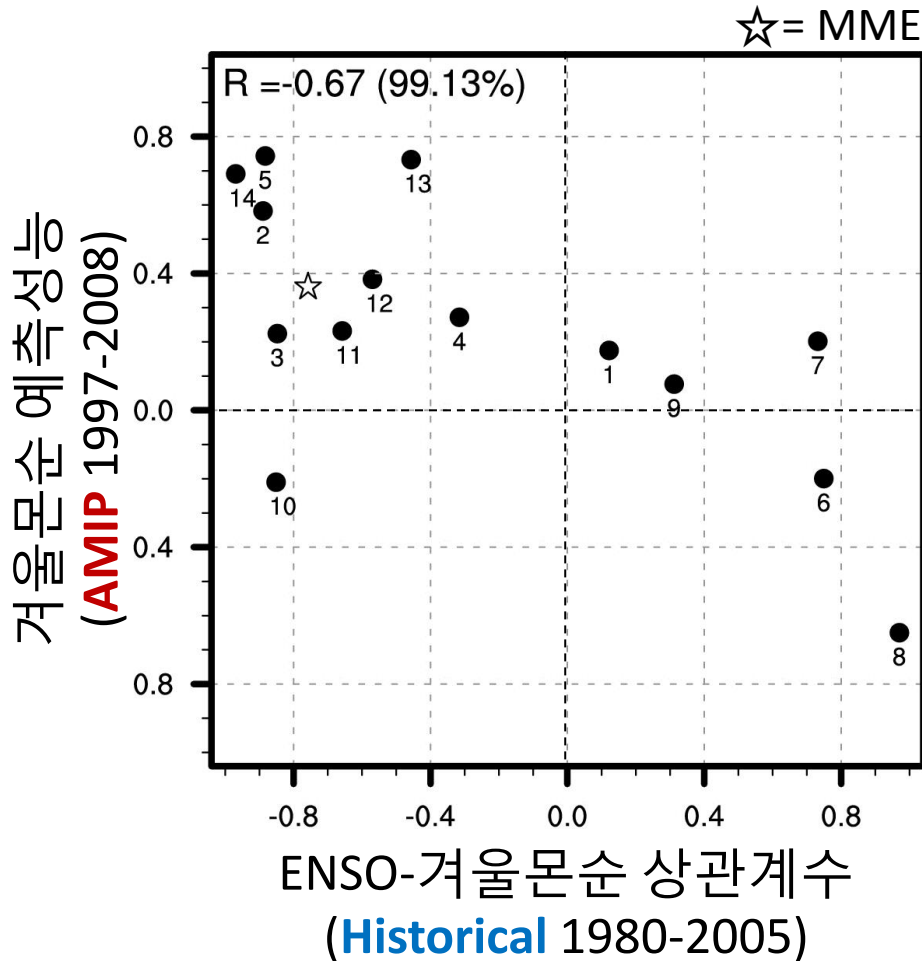
* 1:CCSM4, 2:CMCC-CM, 3:CSIRO-Mk3-6-0, 4:FGOALS-g2, 5:FGOALS-s2, 6:GFDL-CM3, 7:HadGEM2-AO, 8:inmcm4, 9:IPSL-CM5B-LR, 10:IPSL-CM5B-LR, 11:MIROC5, 12:MPI-ESM-LR, 13:MPI-ESM-MR, 14:MRI-CGCM3

동아시아 지역 평균 RMSE의 시계열 (Nov. init.)



1997-2010: ENSO teleconnection을 잘 예측하는 모델과 아닌 모델의 차이가 뚜렷

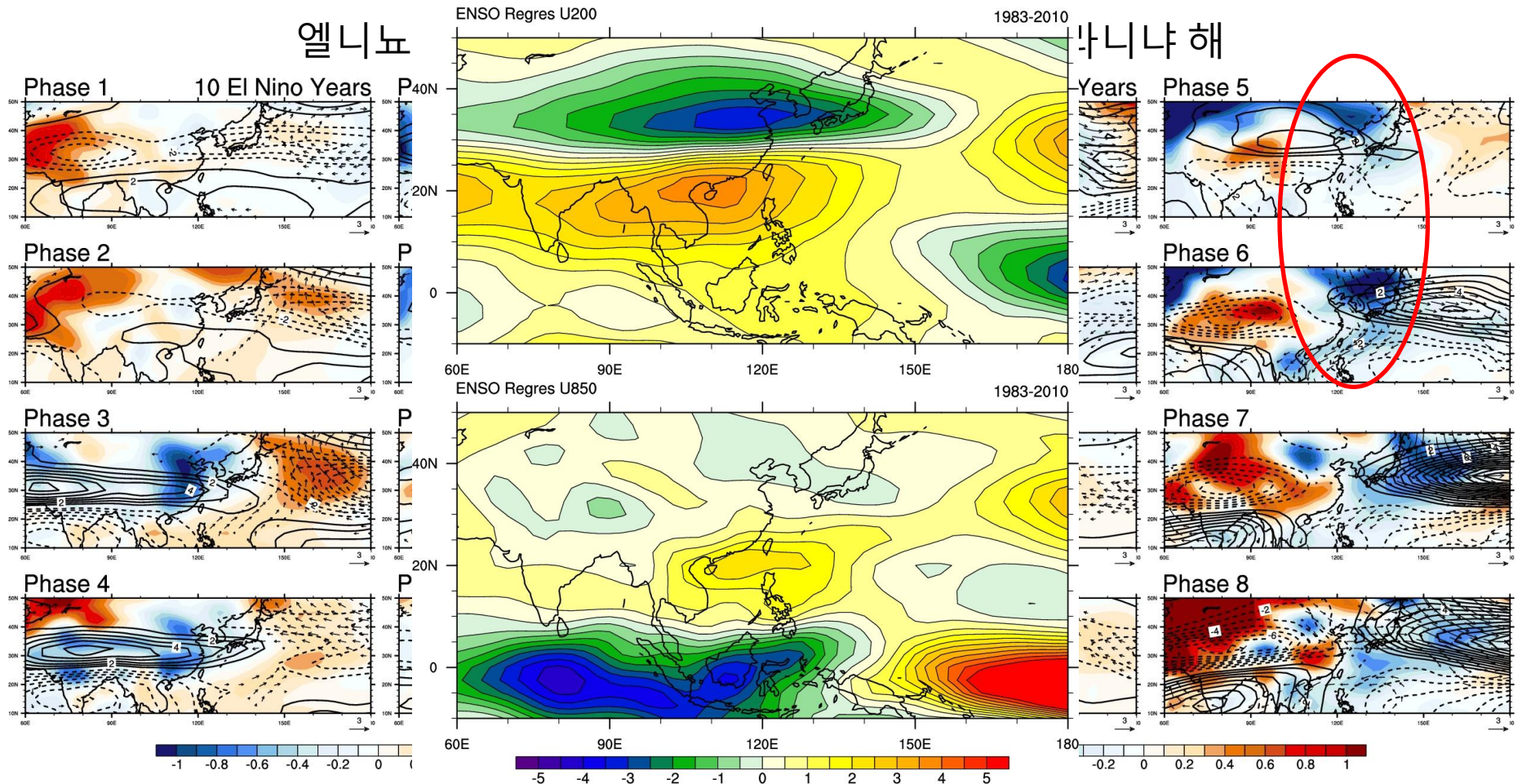
CMIP5 ENSO-EAWM 관계



결합모델 freerun (Historical) 에서 ENSO와 겨울몬순의 음의 상관관계가 강한 모델
-> 관측 SST를 처방시 (AMIP) 겨울몬순 예측성능 높음

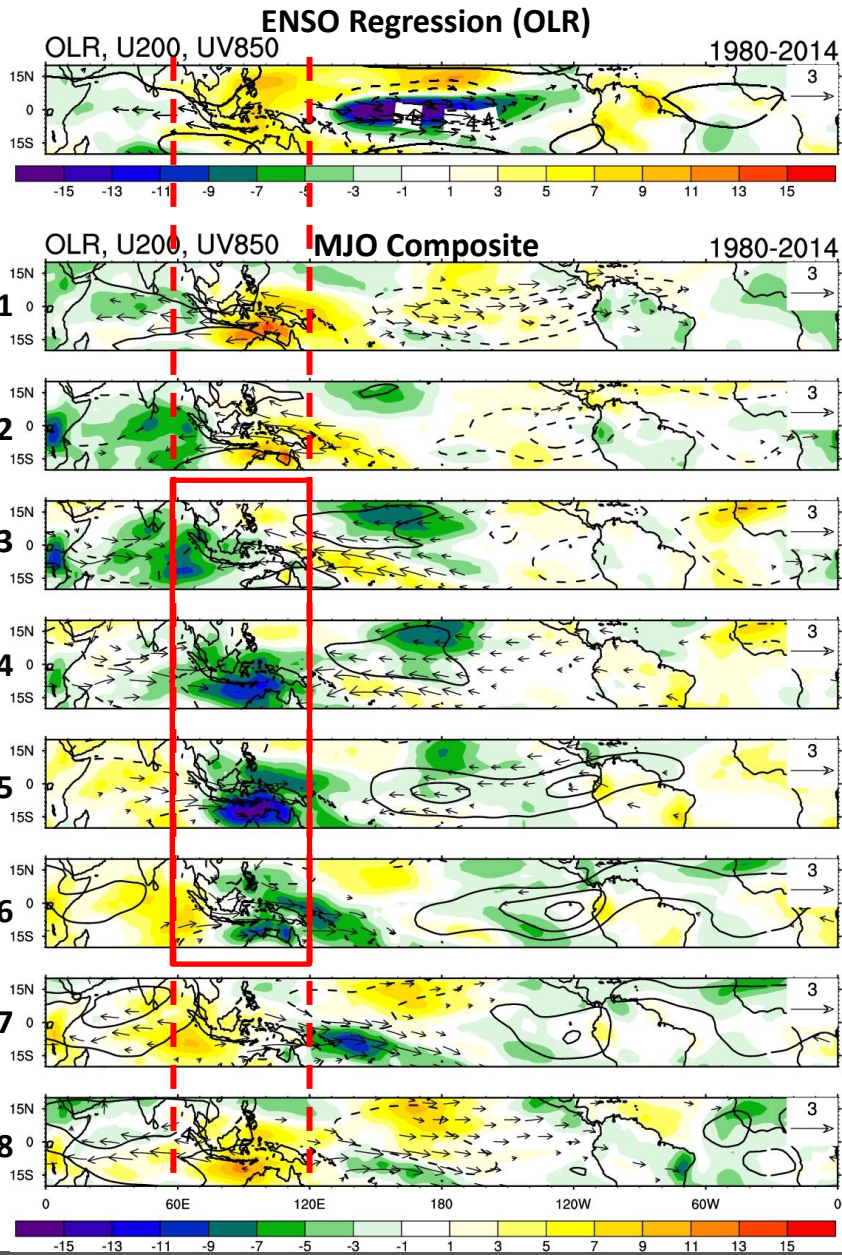
* 1:CCSM4, 2:CMCC-CM, 3:CSIRO-Mk3-6-0, 4:FGOALS-g2, 5:FGOALS-s2, 6:GFDL-CM3, 7:HadGEM2-AO, 8:inmcm4, 9:IPSL-CM5B-LR, 10:IPSL-CM5B-LR, 11:MIROC5, 12:MPI-ESM-LR, 13:MPI-ESM-MR, 14:MRI-CGCM3

ENSO에 따른 MJO와 동아시아 기후의 관계



- 대체로 라니냐 해에 한반도에 더 강한 영향 (Phase 1&2, Phase 5&6)
- 엘니뇨 Phase 3&4, 라니냐 Phase 5&6이 한반도 저온과 관련
- Phase 3-6의 엘니뇨 Anomaly가 동쪽으로 치우침 (동서 바람변화와 관련)

ENSO에 따른 MJO의 변동성



Minus OLR anomaly: more convective
(slower propagation speed)

El Nino Years: Faster during phase 3~6

La Nina Years: Slower during phase 3~6

Decadal Change

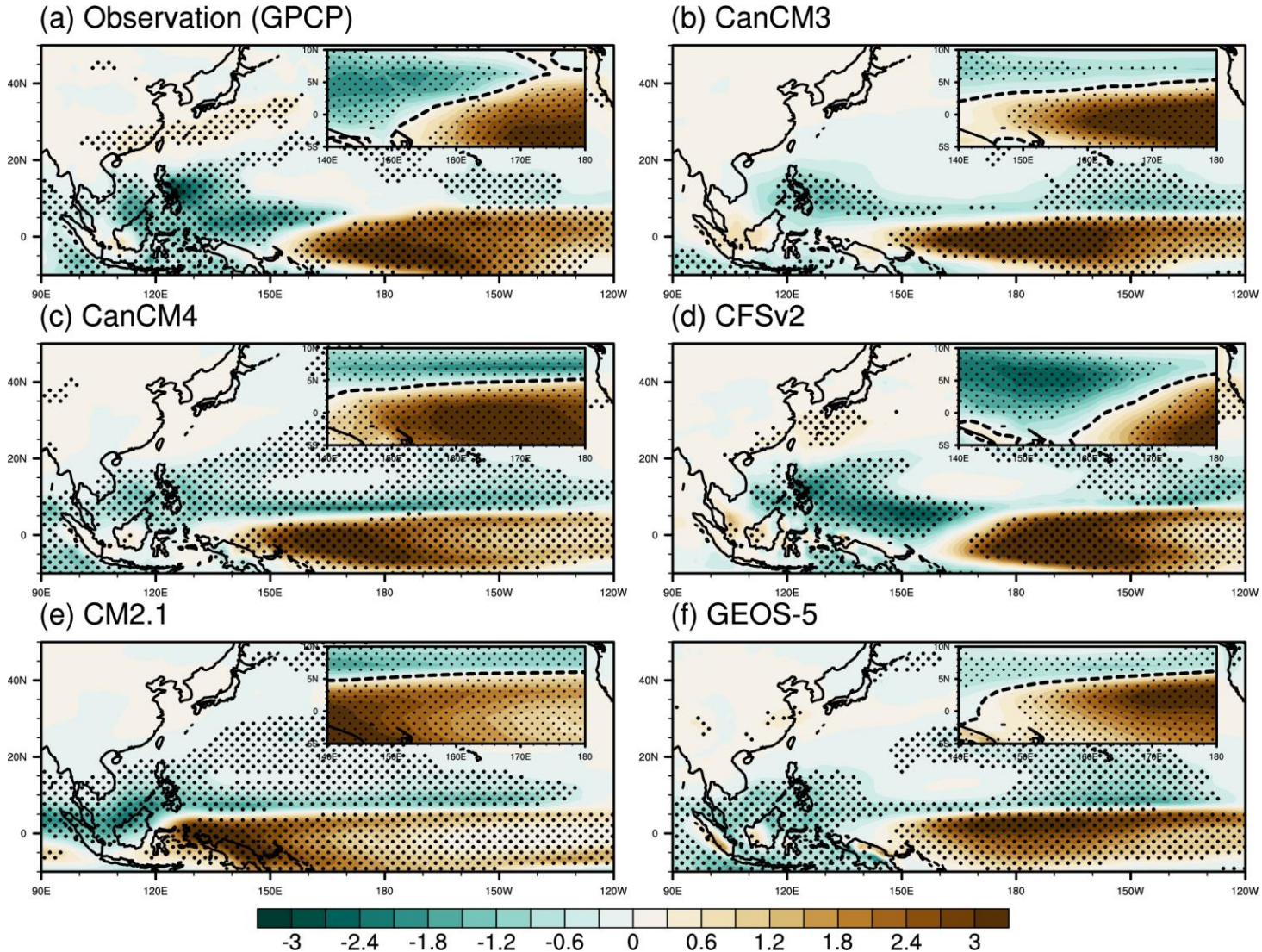
Table 3. Correlation coefficients of DJF-mean EAWM with ENSO and AO, respectively, for the observation and each forecasting system. Single and double asterisks indicate statistical significance at 5 and 1% levels, respectively.

	Correlation between EAWM and ENSO			Correlation between EAWM and AO		
	1983-1996	1997-2010	difference	1983-1996	1997-2010	difference
Observation	-0.42	-0.83**	0.41	-0.52	0.13	0.65*
CanCM3	0.29	0.61*	0.32	-0.20	-0.52	0.32
CanCM4	0.02	0.27	0.25	-0.41	-0.48	0.07
CFSv2	-0.84**	-0.77**	0.07	-0.15	-0.26	0.11
CM2.1	0.72**	0.70**	0.02	-0.75**	-0.80**	0.05
GEOS-5	-0.47	-0.27	0.20	-0.19	-0.41	0.22

ENSO Regression (Precipitation)

Precipitation Regression onto NINO3.4
(lead 1 month, 83-10, dot: 95% significant)

- Strong ENSO-EAWM models: East/West
- Weak ENSO-EAWM models: North/South



Initialization Dates

Table 1. Initialization dates of the ensemble forecasting systems investigated in this study. Each system has long-term hindcasts for 1982-2009 with different lead time from zero to five months targeting for boreal winter (December-January-February). Numbers in parenthesis indicate the number of ensemble members at each starting date.

	CanCM3, CanCM4, and CM2.1	CFSv2	GEOS-5
0-month lead	Dec 1 (10)	Nov 27(4), Dec 2(4)	Dec 2(7)
1-month lead	Nov 1 (10)	Oct 28(4), Nov 2(4)	Nov 2(7)
2-months lead	Oct 1 (10)	Sep 28(4), Oct 3(4)	Oct 3(7)
3-months lead	Sep 1 (10)	Aug 29(4), Sep 3(4)	Aug 29(7)
4-months lead	Oct 1 (10)	Jul 30(4), Aug 4(4)	Jul 30(7)
5-months lead	Jul 1 (10)	Jun 30(4), Jul 5(4)	Jun 30(7)

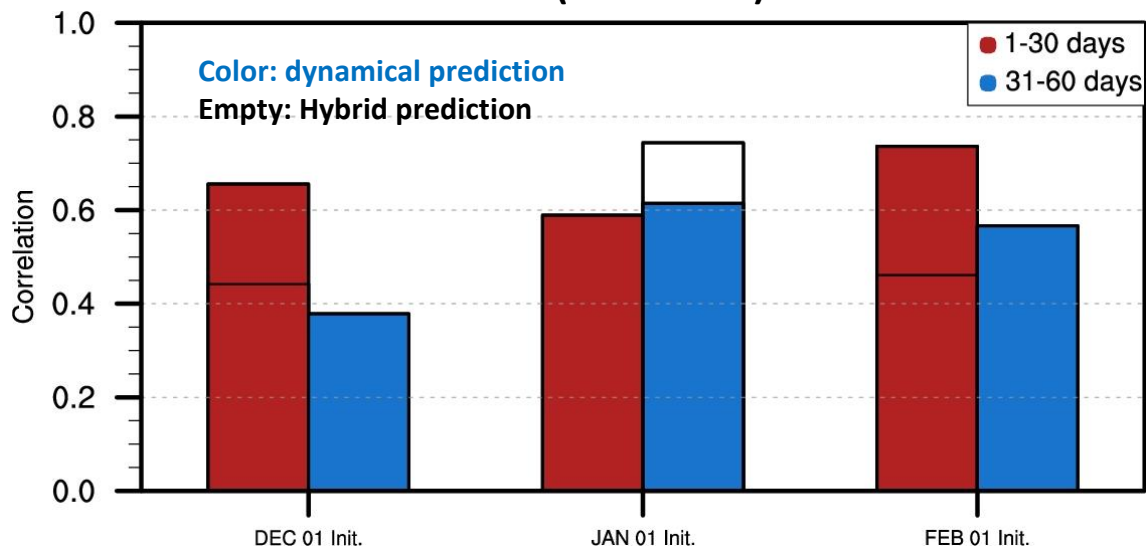


S2S 모델 겨울몬순 예측성 개선 연구 (진행중)

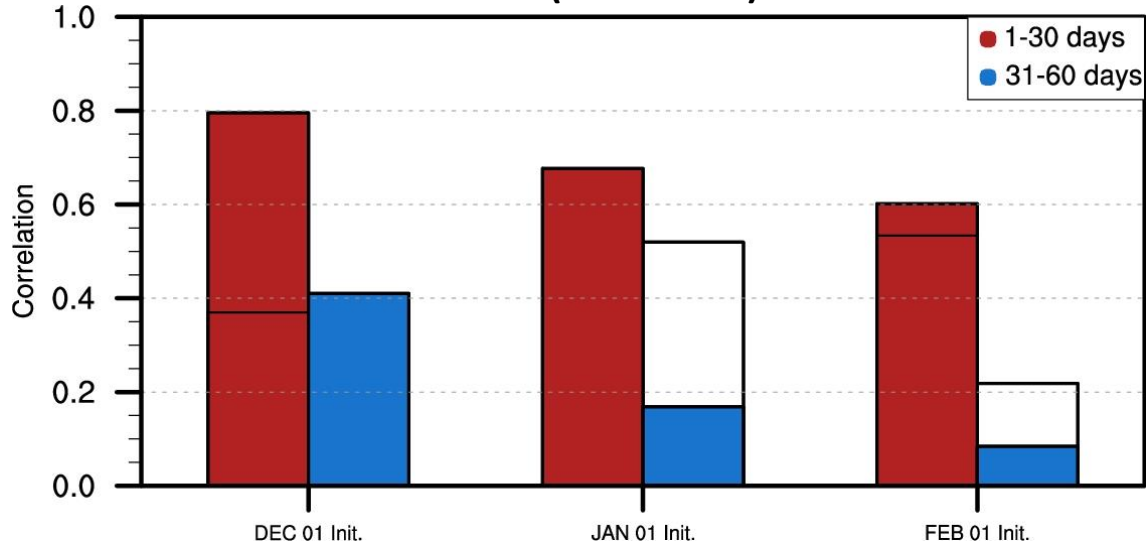
	Time-range	Resol.	Ens. Size	Freq.	Hcsts	Hcst length	Hcst Freq	Hcst Size
ECMWF	D 0-46	T639/319L91	51	2/week	On the fly	Past 20y	2/weekly	11
UKMO	D 0-60	N216L85	4	daily	On the fly	1993-2015	4/month	3
NCEP	D 0-44	N126L64	4	4/daily	Fix	1999-2010	4/daily	1
ECCC	D 0-32	0.45x0.45 L40	21	weekly	On the fly	1995-2014	weekly	4
BoM	D 0-60	T47L17	33	2/weekly	Fix	1981-2013	6/month	33
JMA	D 0-34	T319L60	25	2/weekly	Fix	1981-2010	3/month	5
KMA	D 0-60	N216L85	4	daily	On the fly	1996-2009	4/month	3
CMA	D 0-45	T106L40	4	daily	Fix	1886-2014	daily	4
CNRM	D 0-32	T255L91	51	weekly	Fix	1993-2014	2/monthly	15
CNR-ISAC	D 0-32	0.75x0.56 L54	40	weekly	Fix	1981-2010	6/month	1
HMCR	D 0-63	1.1x1.4 L28	20	weekly	Fix	1981-2010	weekly	10

NMME 모델에 적용한 방법과
 동일하게 s2s 모델에 적용
 (seasonal mean -> monthly로 변경)

BOM (1997-2010)

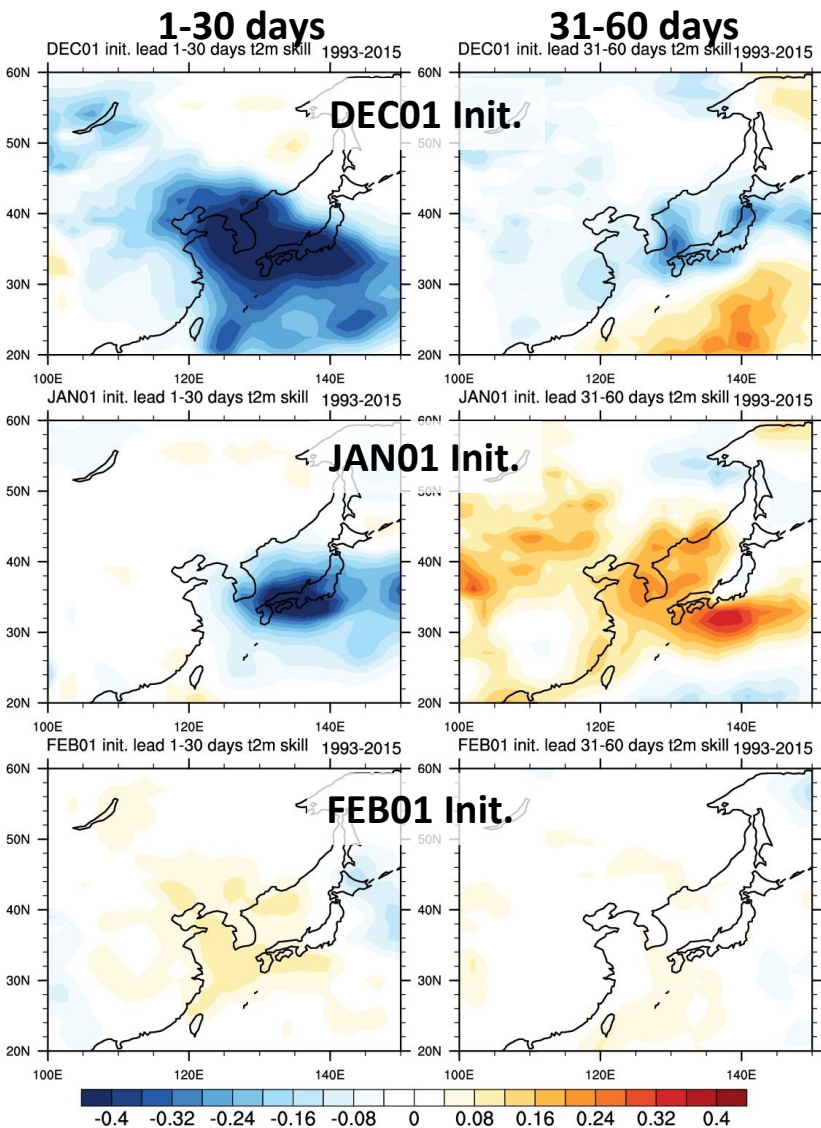


UKMO (1993-2015)



흰색 바 면적이 클 수록: 하이브리드
 예측 > 역학예측성능
 ▶ 90년대 이후 ENSO관련성 ↑,
 통계-역학 방법 예측성능 증가

T2m 예측성능 개선도, UKMO (1993-2015)



NMME 모델에 적용한 방법과 동일하게 하이브리드 T2m 예측 (seasonal mean -> monthly로 변경)

- UKMO 모델의 경우 1월 초기조건 2월 output 개선 효과가 뚜렷
- 전반적인 예측성능 개선을 위해 추가적인 연구 필요 (s2s모델자료의 적분기간, 제공 변수 한계점 존재)