

# APCC 태풍 활동 계절 예측 시스템 구축 현황 및 계획



**김 옥 연** |  
APEC 기후센터 선임연구원  
oykim@apcc21.org



**정 일 원** |  
APEC 기후센터 기후변화연구팀장  
bobilwon@apcc21.org



**유 진 호** |  
APEC 기후센터 연구본부장  
jhyoo@apcc21.org

APEC 기후센터<sup>1)</sup>에서는 아시아 태평양 지역의 이상기후 감시 및 최적의 기후예측 정보를 생산함으로써 고부가가치 기후정보를 공유하고자 관련 연구를 진행하고 있다. 특히, 2009년 다중모델 앙상블(Multi-Model Ensemble, MME) 기반 3개월 기후예측 서비스를 시작한 이래로, 확률론적 계절 예측, 6개월 계절 예측, 계절 내 진동(Intraseasonal Oscillation, ISO) 예측 등에

측 범위를 넓혀 가고 있다. APEC 기후센터에서는 최근 예측 정보 확대의 일환으로 6개월 계절 예측을 기반으로 한 태풍 활동 계절 예측 시스템(Typhoon activity seasonal forecast system)을 구축하고 있다. 본 기사에서는 APEC 기후센터의 태풍 활동 계절 예측 시스템 구축 현황 및 향후 계획에 대해 소개하고자 한다.

## 1. 태풍 활동 계절 예측의 현주소

태풍 활동 계절 예측과 관련된 연구는 최근 여러 국내·외 연구진들에 의해 진행되고 있다. 국내에서는 통계적 클러스터 기법을 이용하여, 과거 태풍의 발생 분포와 이동 경로를 분류하고, 이와 관련된 열대 해수면 온도와 대규모 순환장과의 관련성을 이용하여, 태풍 활동의 통계적 예측을 시도하였다(Kim et al., 2012). 국외에서는 열대성 저기압 변동성이 10년 이상의 장주기 기후 변동과 높은 상관관계가 있음이 밝혀지면서, 장주기 변동성을 고려한 역학적-통계적 결합 예측 모형을 열대성 저기압 계절 예측에 이용하고 있다(Wang et al., 2009; Kim and Webster, 2010). 또한, 수치모델을 이용하여 태풍의 역학

1) 아시아 태평양 지역의 기후 예측 정보의 생산 및 공유, 활동에 대한 중추적 역할을 수행하기 위해 APEC 회원국 합의에 의해 2005년 부산에 설립됨.

표 1. 각 대양 (대서양, 태평양, 인도양)에서의 태풍 활동 계절 예측 정보 생산 기관 현황 (Klotzbach et al., 2012) 및 예측 방법

기 관	북대서양	북동태평양	북중태평양	북서태평양	호주 지역	북인도양	남인도양	남태평양
CityU, China				통계				
CSU, USA	통계							
CMI, Cuba	통계							
ECMWF, UK	역학	역학		역학	역학	역학	역학	역학
IRI, USA	역학	역학		역학	역학			역학
Macquarie Univ., Australia					통계			통계
NMS, Mexico		통계						
NCC, China				통계				
NOAA CPC, USA	통계	통계	통계					
TSR, England	통계			통계	통계			

적 예보 시스템을 개발하고 장기에보 현업에 활용하기 위한 기술도 개발되고 있다. 특히, 미국의 NOAA CPC<sup>2)</sup> 와 IRI<sup>3)</sup>, 영국의 ECMWF<sup>4)</sup> 등에서 통계적, 역학적 모델을 사용하여 대서양, 태평양, 인도양 각각에 대해 태풍 활동 계절 예측 정보를 생산(그림 1)하고 있는데 이를 정리하면 표 1과 같다.

WMO 보고서에 따르면 우리나라 및 아시아를 포함하는 북서태평양 지역의 태풍 활동 계절 예측 정보를 생산하고 있는 기관은 CityU<sup>5)</sup>, ECMWF, IRI, NCC<sup>6)</sup>, TSR<sup>7)</sup> 이며, 아직 국내 전문 연구기관은 없는 실정이다.

## 2. APEC 기후센터의 태풍 활동 계절 예측 시스템 구축 현황 및 계획

### 2.1 현황

앞서 언급한 바와 같이, 태풍 활동 계절 예측

을 위한 기법을 크게 통계적 기법과 역학적 기법으로 나눌 수 있다. 통계적 기법은 과거 태풍 발생 빈도와 열대 해수면 온도 및 대규모 대기 순환장과의 지연 상관(lag-correlation)을 이용하는 것이다. 이러한 지연 상관 분석시에는 태풍 발생 빈도와 해수면 온도 및 순환장 사이의 시간차를 고려한 물리적 관계에 대한 규명이 선행되어야 한다. 반면, 역학적 기법은 해양-대기 접합 모형을 사용하여 직접 태풍을 명시적(explicitly)으로 모의하는 것인데, 이를 위해서는 태풍을 직접 모의하기에 충분한 공간분해능(spatial resolution)이 확보되어야 한다(일반적으로 50 km 이하). 통계적 및 역학적 기법은 각각 장단점이 있는데, 최근에는 이 두 기법의 단점을 극복하고 장점만을 결합한 역학-통계 하이브리드 예측 기법의 개발에 대한 연구가 시도되고 있다. APEC 기후센터에서도 하이브리드 기법을 적용한 태풍 활동 계절 예측 시스템을 구축하고 있다.

2) National Oceanic and Atmospheric Administration, Climate Prediction Center, USA

3) International Research Institute for Climate and Society, USA

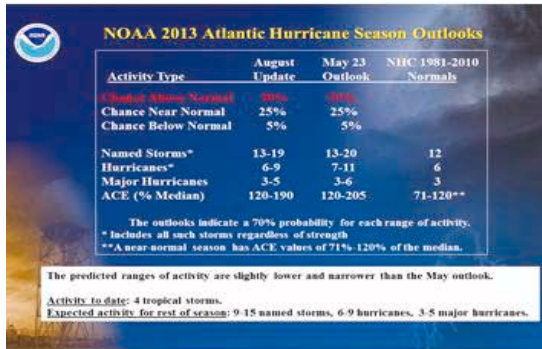
4) European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, UK

5) City University of Hong Kong, China

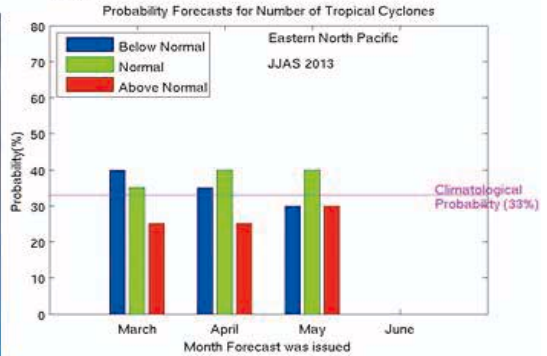
6) National Climate Center, China

7) Tropical Storm Risk, England

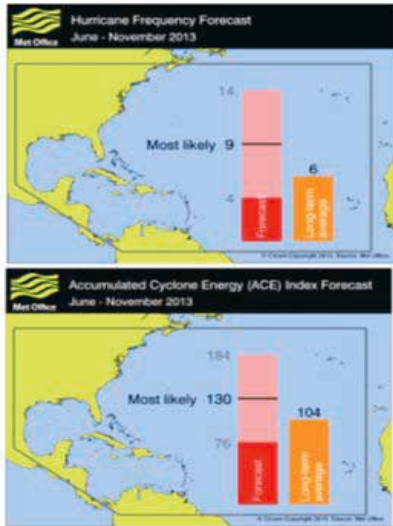
## NOAA CPC



## IRI



## MetOffice (collaboration with ECMWF)



## TSR



그림 1. NOAA CPC, IRI, ECMWF, TSR 의 2013년 태풍 활동 계절 예측 전망의 예

APEC 기후센터의 하이브리드 기법은 먼저, 6개월 MME 계절 예측(hindcast, 1982-2008) 자료로부터 태풍 활동과 관련된 해수면 온도 및 대기 순환장 정보를 예측 변수(predictor)로 하고, 실제 과거(1982-2008) 관측된 태풍 빈도수를 예측 인자(predictand)로 하여 통계적(경험적) 모형을 구축한다. 특히, 태풍을 최대 지속 속도(maximum sustained wind) 크기에 따라 열대 폭풍우(34 knots 이상), 태풍(64 knots 이상), 강한 태풍(85 knots) 으로 나누어 별도의

통계 모형을 구축한다. 이렇게 구축된 통계 모형에 실제 MME 계절 예측(forecast) 정보를 입력하게 되면, 예측하고자 하는 해당 년도의 태풍 활동 계절 예측 정보를 얻을 수 있게 된다. 이를 모식도로 나타내면 그림 2와 같다.

APEC 기후센터의 6개월 MME 계절 예측 자료를 사용하여 태풍 활동 계절 예측 정보를 생산하는 이 방법의 장점은 1) 계절 예측에 MME 예측 정보를 사용함으로써 개별 모형을 사용할 때보다 모델간의 불확실성(uncertainty)을 줄일

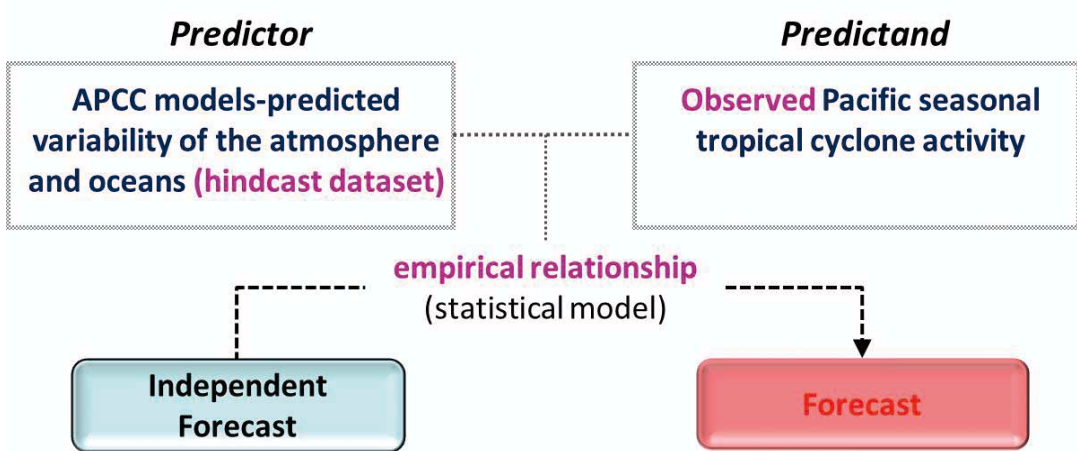


그림 2. 태풍 활동 계절 예측 시스템 모식도

수 있다는 점(Wang et al., 2009)과 2) 두 기법의 결합을 통한 추가적인 예측 성능 향상을 기대할 수 있는 점(Palmer et al., 2004)이다.

APEC 기후센터의 6개월 MME 계절 예측 자료를 사용하여 1982년부터 2008년까지 예측한 태풍 빈도수 교차 검증(cross-validation) 결과, 관측 빈도수와 예측 빈도수 사이의 0.6 이상의 상관관계( $p=0.001$ )를 나타내었으며, 특히 1998년-1999년을 기점으로 다르게 나타나는 태풍 빈도수의 변동성을 잘 예측하였다(그림 3).

## 2.2 계획

현재까지는 북서태평양의 비교적 넓은 지역에

서 발생하는 태풍 활동 계절 예측 시스템 구축에 초점을 맞추고 있다. 그러나 우리 실생활에 직접적으로 영향을 미치는 정보는 한반도와 같이 특정 지역에 내습하는 태풍 활동에 대한 예측이다. 따라서 향후 APEC 기후센터에서는 한반도 주변에 내습하는 태풍 활동 계절 예측 시스템 구축을 계획하고 있으며, 이를 위해서 태풍 발생 빈도뿐 아니라, 태풍 강도 및 태풍 이동 경로 예측에 대한 연구도 진행할 계획이다. 또한, 이러한 정보를 바탕으로 여름철 태풍 예보 전망(outlook) 자료를 생산함으로써 신뢰성 있는 계절 예측 정보를 제공할 예정이다. 태풍 예보 전망 자료에는 전구(global) 날씨 패턴 및 기후 조건 정보, 태풍 활동과 관련된 통계 정보, 태풍 활동 예측 및 신

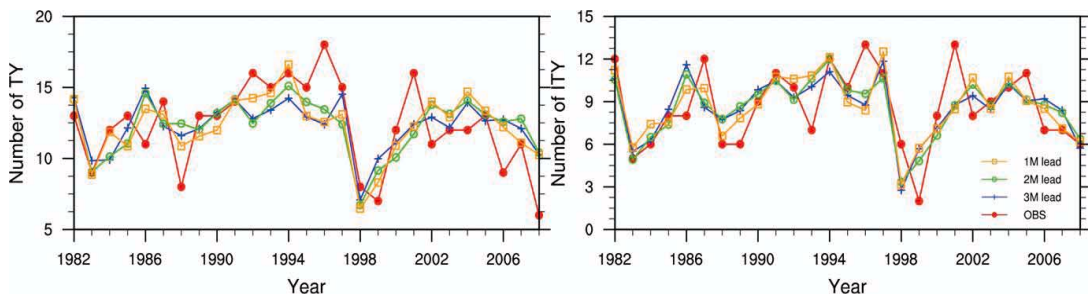


그림 3. 태풍(왼쪽) 및 강한 태풍(오른쪽)의 관측 및 예측 빈도수 시계열 비교. 붉은 실선은 관측된 태풍 빈도수를 나타내며, 다른 실선들은 lead time 별 예측된 태풍 빈도수를 나타냄 (노랑: 1-month lead, 녹색: 2-month lead, 파랑: 3-month lead)

되도 평가 정보 등이 포함될 것이다.

### 3. 맺음말

전 지구적으로 지구온난화가 가속화되면서 집중호우, 태풍, 열파 등 이상기상 및 위험기상의 출현이 빈번해지고 있다. 특히, 태풍의 경우 그

강도가 점차 커지고 있으며, 그로 인한 피해 또한 매년 증가하고 있으므로 태풍 활동을 예측하는 것은 매우 중요하다. 향후 APEC 기후센터는 MME 계절 예측 정보를 기반으로 한 태풍 활동 계절 예측 시스템을 구축하고 관련 정보를 아태 지역 국가들과 공유함으로써 태풍 발생으로 인한 인적·물리적 피해를 경감시킬 수 있기를 바란다. 🌊

### 참고문헌

1. Kim, H.-M. and P. J. Webster, 2010: Extended-range seasonal hurricane forecasts for the North Atlantic with a hybrid dynamical-statistical model. *Geophys. Res. Lett.*, 37, L21705, doi:10.1029/2010GL044792.
2. Kim, H.-S., C.-H. Ho, J.-H. Kim and P.-S. Chu, 2012: Track-pattern-based model for seasonal prediction of tropical cyclone activity in the Western North Pacific. *J. Climate*, 25, 4660-4678.
3. Klotzbach, P. J., A. Barnston, G. Bell, S. Camargo, J. C. L. Chan, A. Lea, M. Saunders, F. Vitart, 2012: Seasonal forecasting of tropical cyclones, in Global Guide to Tropical Cyclone Forecasting, WMO report.
4. Palmer, T., A. Alessandri, U. Andersen, P. Cantelaube, M. Davey, P. Delecluse, M. Deque, E. Diez, F. J. Doblas-Reyes, H. F. and R. Graham, S. Gualdi, J.-F. Gueremy, R. Hagedorn, M. Hoshen, N. Keenlyside, M. Latif, A. Lazer, E. Maisonave, V. Marletto, A. P. Morse, B. Orfila, P. Rogel, J.-M. TERres, and M. C. Thomson, 2004: Development of a European multimodel ensemble system for seasonak-to-interannual prediction (DEMETER). *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 853-872.
5. Wang, H., J. K. E. Scheme, A. Kumar, W. Wang, L. Long, M. Chelliah, G. D. Bell and P. Peng, 2009: A statistical forecast model for Atlantic seasonal hurricane activity based on the NCEP dynamical seasonal forecast, *J. Climate*, 22, 4481-4500.