

# 系集預報於台灣太陽短波輻射與風場應用之初步評估

蔡金成<sup>1</sup> 王潔如<sup>1</sup> 江宙君<sup>1</sup> 黃麗蓉<sup>1</sup> 吳明璋<sup>1</sup>  
黃公度<sup>1</sup> 謝銘恩<sup>1</sup> 張龍耀<sup>1</sup> 陳嬿竹<sup>1</sup> 蕭玲鳳<sup>1</sup> 李清勝<sup>1</sup>  
台灣颱風洪水研究中心<sup>1</sup>

## 摘要

本研究透過台灣定量降雨系集預報實驗(Taiwan Cooperative Precipitation Ensemble forecast Experiment, TAPEX)，輸出太陽短波輻射與風場預報資料並進行校驗評估，透過了解 TAPEX 對於綠色能源之預報能力表現，期待將研究成果與應用單位結合並對台灣再生(綠色)能源之開發與應用能有所貢獻。

針對再生能源之預報能力評估選取台灣北中南各一氣象局屬測站：新屋、梧棲與七股，分別進行不同預報時段及不同預報起始時間之校驗(預報時間長度為 78 小時)，其結果顯示不同預報起始時間(00、06、12 與 18Z)，在不同的模式設定下表現略有差異。太陽短波輻射校驗結果顯示，以暖啟動進行預報之成員，串接模式預報起始時間 18Z 之第 6 至 30 小時預報資料，統計兩個月之相關係數結果最佳且均方根誤差最小。冷啟動之成員，兩個月的相關係數以串接預報起始時間 06Z 之第 6 至 30 小時預報資料獲得最小之均方根誤差且相關係數較高。報告中將進一步評估風場之預報能力是否因冷或暖啟動而有所不同。此外，除進行單一成員之校驗，同時將校驗系集平均之預報表現。

關鍵字：系集預報、太陽短波輻射、風場、再生能源

## 一、前言

台灣定量降雨系集預報實驗(Taiwan Cooperative Precipitation Ensemble forecast Experiment, TAPEX)結合中央氣象局、災防中心及學界，自2010年起進行系集預報實驗。2011年起進行全颱風季之預報實驗，更於2012年起進行包含梅雨季與颱風季之全年系集預報實驗。2011至2014年之間，台灣定量降雨系集預報實驗於西北太平洋颱風路徑預報之能力有逐年改進趨勢；定量降雨預報能力則於近三年(2012-2014年)維持穩定之預報水準(圖一)。2015年台灣定量降雨系集預報實驗成員(如表一)設計以多區域模式，配合初始化方法與物理參數化進行成員擾動。本篇研究中，初步選擇6個暖啟動與5個冷啟動成員，共計11個 WRF 成員，作為初步評估系集預報技術應用再生能源之表現。

## 二、觀測資料與評估方法

### (一) 觀測資料

本研究選擇的校驗時間為2015年2月至3月，共59天。觀測資料來自中央氣象局(<http://e-service.cwb.gov.tw/HistoryDataQuery/index.jsp>)，並以局屬三個氣象站：新屋、梧棲與七股分別進行逐時資料校驗。藉由逐時全天空日射量(MJ/m\*m)觀測值，轉換為太陽短波輻射通量(W/m\*m)

與模式資料進行校驗；風場校驗以逐時觀測風速(單位：m/s)及風向(單位：360度)與模式之風場資料進行校驗。風向之原始資料為0~360度，於校驗前轉換為-180~180度，模式風向資料同樣進行轉換。

### (二) 模式資料

11個WRF成員模式皆為ARW-WRF V3.3.1，三層巢狀網格水平格點距離分別為45/15/5公里，模式每日間隔6小時啟動一次，初始時間分別為00Z、06Z、12Z與18Z，每次預報78小時。

模式變數輸出地面短波輻射通量(SWDOWN)為模式之太陽短波輻射(單位：W/m\*m)，亦輸出包含：風速與風向，皆為逐時預報資料。模式輸出資料來自於最高解析度5公里水平網格格點距離所解析之氣象場，網格輸出範圍在北緯21.42至26.54度、東經117.75至122.34度。網格資料以克利金法將太陽短波輻射通量與風速內插至三個測站點(新屋、梧棲與七股)，風向資料則以最近點之格點代表該測站。取相同之初始時間(00Z、06Z、12Z與18Z)，但串接不同預報時段，包含：預報第6-30小時(第一天)、第30-54小時(第二天)與第54-78小時(第三天)。因此可評估，不同預報初始時間的不同預報時段之預報能力。

### (三) 評估方法

短波輻射與風速，皆計算平均誤差(Mean Biased Error, ME)、相關係數(Correlation Coefficient,

CC)與均方根誤差(Root Mean Square Error, RMSE)。風向則應用空氣污染之風場評估表準，以標準化偏差(Wind Normalized Mean Bias, WNMB)與標準化絕對值偏差(Wind Normalized Mean Error, WNME)評估風向之預報能力。藉由2至3月逐時觀測資料，與模式串接不同初始及預報時段對應之2至3月逐時預報資料進行比對，分析上述之相關統計變量。

### 三、結果與討論

校驗有效時間為2015年2至3月，以統計中央氣象局屬測站：新屋、梧棲與七股等三個站進行評估測試。

太陽短波輻射校驗結果顯示，統計以2次6小時預報作為暖啟動之成員，串接模式預報初始時間18Z之第6至30小時(第一天)預報資料，統計2個月之相關係數結果最佳且均方根誤差最小，6個暖啟動成員平均相關係數可達到0.9、平均均方根誤差為154(W/m\*m)。冷啟動成員，兩個月的相關係數以串接預報起始時間06Z之第6至30小時預報資料獲得最佳之相關係數(0.89)且均方根誤差為162(W/m\*m)。進一步分析，11個成員之系集平均於短波輻射之預報表現，其結果顯示，系集平均在相同的初始時間(00Z,06Z,12Z,18Z)仍以預報第6-30小時(第一天)表現最佳。系集平均在第6-30小時的預報時段，以18Z初始時間之預報表現最佳，局屬之三個測站平均相關係數為0.91，平均均方根誤差為149(W/m\*m)。此外，短波輻射2個月的校驗結果顯示，系集平均之預報能力通常優於單一成員之預報能力，該結果與系集颱風路徑之預報表現結果接近(圖二)。

風速校驗結果顯示，暖啟動成員以06Z或12Z初始時間串接預報第6-30小時(第一天)之三個測站平均相關係數最高為0.81，均方根誤差則以12Z較小為2.42(m/s)，06Z為2.47(m/s)。冷啟動成員於風速之預報表現略優於暖啟動之成員，其中冷啟動成員以預報初始時間06Z進行串接相關係數為0.81,12Z次之為0.8，均方根誤差則以12Z為初始時間之預報結果最佳為2.19(m/s)。11個成員之系集平均風速預報校驗結果顯示，系集平均在相同的初始時間(00Z,06Z,12Z,18Z)仍以預報第6-30小時(第一天)表現最佳。系集平均在第6-30小時(第一天)的預報時段，則以12Z之預報表現最佳，局屬之三個測站平均相關係數為0.83，平均均方根誤差為2.37(m/s)。風速校驗結果同時顯示，系集平均之風速預報可以獲得最佳之相關係數，優於多數單一成員。然而，均方根

誤差之校驗結果顯示系集平均未顯著優於單一成員，於11個系集成員當中以冷啟動成員有較佳之預報表現(圖三)。

風向校驗結果顯示，暖啟動成員以00Z及06Z預報初始時間串接預報第6-30小時(第一天)之三個測站平均絕對誤差最小為36度，均方根誤差為56度。冷啟動成員於風向之預報表現略差於暖啟動之成員，冷啟動成員之中在風向預報能力上變化幅度較大。冷啟動成員以初始時間12Z及預報第6-30小時進行串接，其平均絕對誤差為37度，均方根誤差則為57度。11個成員在不同的預報初始時間的平均絕對誤差與均方根誤差顯示，暖啟動之成員在風向之預報能力略為穩定，冷啟動之成員針對三個測站的預報能力差異性較為顯著。系集平均風向之預報能力，透過均方根誤差分析顯示系集平均未有優於單一成員之優勢。若以風向標準化偏差及標準化絕對值偏差評估方向之預報能力，本篇研究所選定之三個中央氣象局屬測站，皆滿足運用於空氣汙染評估之氣象場預報能力標準。三個測站風向標準化偏差範圍為-3~7(%)，滿足應用於空氣汙染 -10~10(%)之標準；標準化絕對值偏差落在8~14(%)同樣滿足小於30(%)之空氣汙染應用標準(圖四)。

### 四、總結與未來工作

#### (一)總結

短波輻射校驗結果顯示，系集平均預報能力優於單一成員，因此可參考使用模式初始時間為18Z且預報時間為第6-30小時之系集平均作為每日作業化應用。風場校驗結果顯示，系集平均未能優於單一成員，但可透過使用冷啟動之系集成員提升風速預報之準確度，若考量每日作業化應用，則建議選擇冷啟動且預報初始時間為12Z可獲得較小的均方根誤差。風向預報資料之每日作業化應用，則可參考使用以00Z為初始預報時間之暖啟動成員。

#### (二)未來工作

短波輻射所校驗之變數為模式地面短波輻射通量，由於僅考慮吸收效應，未來可以進一步輸出模式地面淨短波輻射量，在考慮行星反射率因素之後，模式輸出之淨地面短波輻射數值可望降低模式預報高估之情況。包含短波輻射與風場之校驗分析，未來可再增加系集成員數量、增列校驗測站與進行不同季節之校驗等，進行評估測試。

### 五、參考文獻

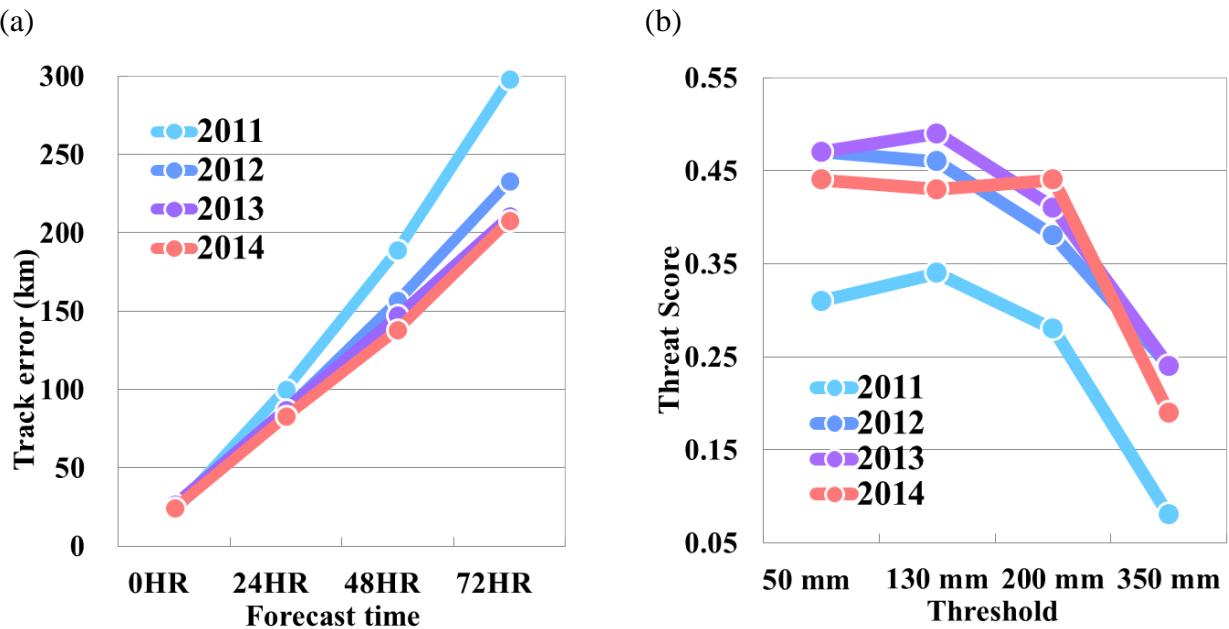
Naoto Yoshida, Katsuyuki Takitani, Norihisa Maeyama and Ryo Kodama "Development of Solar radiation estimation and forecasting method for solar power generation" , 8WeO.11.4 , WCPEC-6(2014)

Hideaki Otake, Joao Gari da Siliva Fonseca Jr., Takumi Takashima, Takashi Oozeki and Yoshinon Yamada

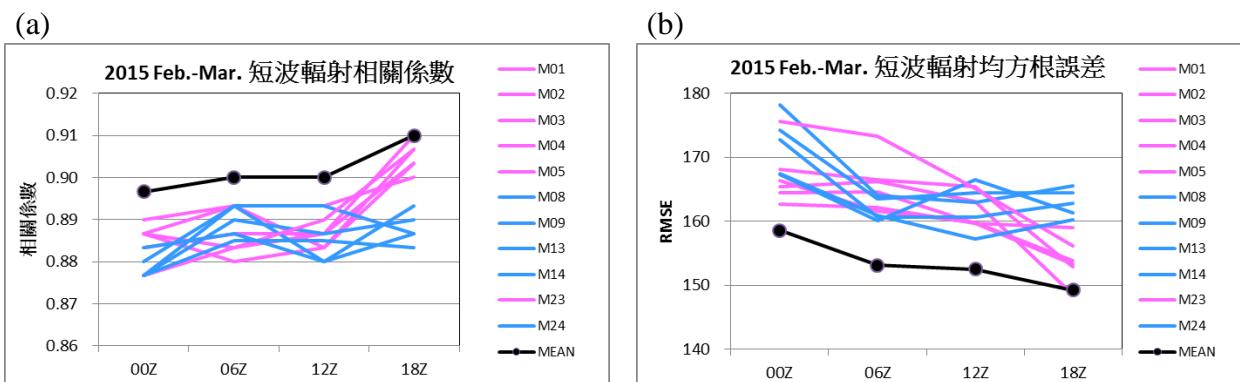
"Comparison of the forecast of global horizontal irradiance obtained from numerical weather prediction models with different horizontal resolution" , 8WeO.11.3 , WCPEC-6(2014)

表一、2015年台灣定量降雨系集預報實驗系集成員設計表

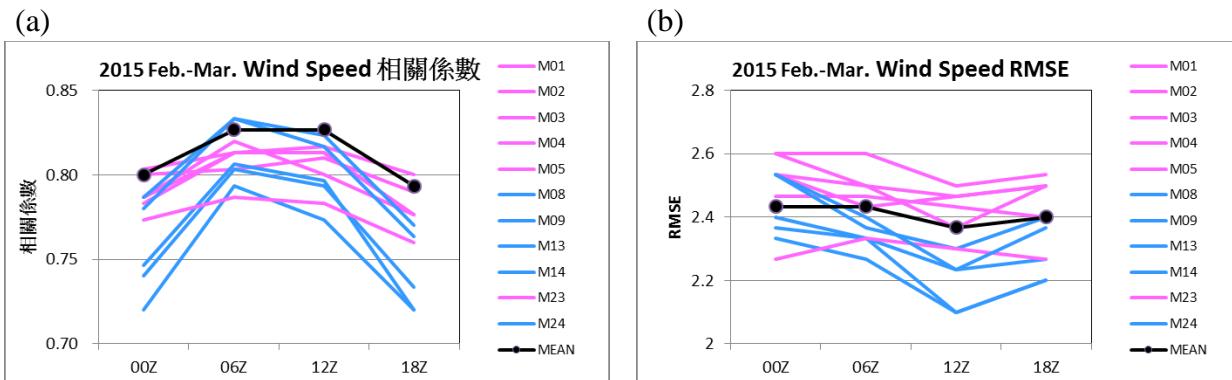
編號	model		ICs	Cu.	MP	PBL	note
01	WRF	partial cycle	3DVAR (CV5+OL)	KF	Goddard	YSU	with blending, 2way
02	WRF	partial cycle	3DVAR (CV5+OL)	GD	Goddard	YSU	
03	WRF	partial cycle	3DVAR (CV5+OL)	G3	Goddard	YSU	
04	WRF	partial cycle	3DVAR (CV5+OL)	BMJ	Goddard	YSU	
05	WRF	cold start	3DVAR (CV5+OL)	KF(1)	Goddard	YSU	
06	WRF	cold start	3DVAR (CV5+OL)	GD(3)	Goddard	YSU	
07	WRF	cold start	3DVAR (CV5+OL)	G3(5)	Goddard	YSU	
08	WRF	cold start	3DVAR (CV5+OL)	BMJ	Goddard	YSU	
09	WRF	partial cycle	3DVAR (CV3)	KF	Goddard	YSU	with blending
10	WRF	partial cycle	3DVAR (CV3)	KF	Goddard	YSU	with blending,CWBGFS
11	WRF	partial cycle	3DVAR (CV5)	KF	Goddard	YSU	
12	WRF	partial cycle	3DVAR (CV5+OL)	KF	Goddard	YSU	no RO data; VS 11 with blending, 2way
13	WRF	cold start	3DVAR (CV3)	KF	Goddard	YSU	
14	WRF	cold start	3DVAR (CV5)	KF	Goddard	YSU	
15	WRF	cold start	3DVAR (CV5+OL)	KF	Goddard	YSU	no RO data; VS 06
16	CreSS	cold start	NODA	No CPS	Cold rain	Mellor and Yamada	grid size 5km
17	CreSS	cold start	NODA	No CPS	Cold rain	Mellor and Yamada	grid size 2.5 km
18	WRF	cold start	NODA	KF	WSM5	YSU	e_vert=28,two way,d03cu
19	MM5	cold start	NODA	Grell	Goddard	MRF	
20	MM5	cold start	4DVAR	Grell	Goddard	MRF	
21	HWRF	cold start	NODA	SAS	Ferrier	NCEP GFS	27/9/3
22	HWRF	cold start	NODA	SAS	Ferrier	NCEP GFS	27/9/3, moving nested
23	WRF	partial cycle	3DVAR (CV5+OL)	Tiedtke	Goddard	YSU	cu=Tiedtke
24	WRF	cold start	3DVAR (CV5+OL)	Tiedtke	Goddard	YSU	cu=Tiedtke
25	WRF	cold start	3DVAR (CV5)	KF	Goddard	YSU	Radar, 30 hrs, d03NOcu
26	WRF	cold start	NODA	KF	Goddard	YSU	Large d03:301*241
27	WRF	cold start	3DVAR (CV7)	KF	Goddard	YSU	Radar, 30 hrs, d02NOcu,CV7,15/3km
28	WRF	cold start	3DVAR (CV5)	KF	Goddard	YSU	No Radar, 30 hrs, d02NOcu,15/3km



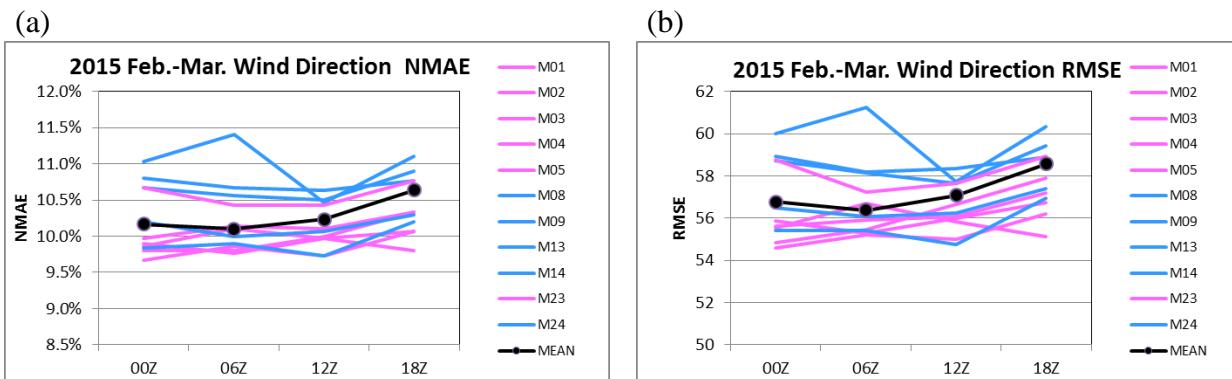
圖一、2011-2014年台灣定量降雨系集預報實驗之(a)颱風路徑與(b)降雨預報之表現



圖二、2015年2-3月11個WRF成員預報短波輻射之統計結果。粉紅色為暖啟動成員、藍色為冷啟動成員，黑粗線為系集平均。(a)為新屋、梧棲與七股三個站平均之相關係數；(b)同(a)，但為均方根誤差。



圖三、2015年2-3月11個WRF成員預報風速之統計結果。粉紅色為暖啟動成員、藍色為冷啟動成員，黑粗線為系集平均。(a)為新屋、梧棲與七股三個站平均之相關係數；(b)同(a)，但為均方根誤差。



圖四、2015年2-3月11個WRF成員預報風向之統計結果。粉紅色為暖啟動成員、藍色為冷啟動成員，黑粗線為系集平均。(a)為新屋、梧棲與七股三個站平均之標準化絕對值偏差；(b)同(a)，但為均方根誤差。