

氣象資訊綠能虛擬營運中心簡介

任俊儒 陳文軒
中央氣象局科技研究中心

摘要

中央氣象局為執行行政院國家科學技術發展基金之「綠能科技前瞻研究計畫-氣象資訊在綠能開發之應用服務分項計畫」，以經濟效益、風險評估、經營策略及廠址選擇4大面向，結合產官學研，並以綠能評估、電力調度、智慧電網及施工決策等綠能產業使用端之應用需求為導向，於氣象局內建置虛擬之「氣象資訊綠能營運中心」，以拓展氣象在綠能開發的科研及應用服務能力，創造氣象資訊應用的經濟效益。

氣象資訊虛擬綠能營運中心於綠能產值評估、綠能環境即時監測及綠能開發即時預報等產業相關需求，針對風能提供100米風速、風能密度及估計之風能發電量，針對太陽能提供地表日射量及估計之太陽能發電量。氣象資訊來源包含全球預報模式、區域預報模式、動力降尺度系統及衛星反演等。相關資訊除建置網頁供民眾參考，並以所建置系統及開發之氣象資訊能為綠能開發商採用之目標，推動產品之應用服務，達成協助促進綠色能源開發之政策目標。

關鍵字：中央氣象局, 綠能

一、前言

「綠能科技前瞻研究計畫-氣象資訊在綠能開發之應用服務分項計畫」秉承「提升氣象預報能力」、「加強人力培育及國際交流合作」工作，並透過與能源局跨部會領域的深度合作，以氣象局「發展精緻化氣象預報」、「開創多元化氣象服務管道」、「防災減災及促進經濟發展」及能源局「再生能源技術研究發展之推廣」、「能源供需之預測規劃及推動」的施政目標為依歸，開創優質氣象資訊在綠能之應用服務，以經濟效益、風險評估、經營策略及廠址選擇4大面向，結合產官學研，於氣象局內建置包含「新一代綠能評估系統」、「綠能環境即時監測系統」、「綠能即時預報系統」及「離岸風機施工決策系統」等4大系統的「氣象資訊綠能營運中心」，拓展氣象在綠能開發的科研及應用服務能力，以綠能評估、電力調度、智慧電網及施工決策等綠能產業使用端之應用需求為導向，建立相關之服務系統，以創造氣象資訊應用的經濟效益，進而提升經濟動能及達成減碳目標。

氣象資訊虛擬綠能營運中心整集綠能相關之氣

象資料，除建立網頁 <http://GreenMet.cwb.gov.tw> 供民眾參考，並收集長期面化資料以期供綠能相關產業運用。

二、綠能評估

綠能評估系統於太陽能方面提供臺灣地區3年(201508~201807)地表日射量及其推估太陽能發電量之月、季、年平均。利用日本新一代向日葵8號(Himawari-8)地球同步氣象衛星的資料，經中央氣象局局衛星中心反演出地表日射量後，透過簡易的運算式估算出太陽能發電量。

單位面積(m²)的太陽能發電量：

$$Pt = SSR \times \eta$$

SSR 地表日射量， η 為太陽電池的轉換效率。一般常見的矽晶類太陽能模組轉換效率約為14~16%；薄膜類模組效率約為9%。故在推估太陽能發電量計算中太陽電池轉換效率以15%計算。圖1為臺灣地區3年平均之太陽能發電量，發電潛力最高之區域為嘉義及臺南沿海地區。

綠能評估系統於風能方面提供臺灣地區3年

(2014~2016)100 米風速及估算之風能發電量。由於計畫初期中央氣象局 WRF 區域作業模式尚未輸出 100 米高度資訊，故由即時作業資料的 10 米風與 100 米風關係先推導出迴歸方程，再套用到歷史資料的 10 米風中，推導出 100 米風。未來待 WRF 作業模式 100 米產出累積 3 年後，再更新相關評估資訊。

風能即為空氣流動所產生的動能，當空氣流動越快，其蘊含的動能越高。風力發電機的原理是利用風的動能轉動發電機來產生電力，目前發電機的有效利用風速範圍大約是 3~25 m/s，因此風能計算方法，亦加入有效風速的限制條件，來計算有效風能密度。而根據貝茲極限理論，在物理上風力發電機是無法百分之百擷取風能，因此從風中取出的能量有一個極限值大約 59%。

簡易的風能計算可由下式表示：

$$P = C_p \times \frac{\rho}{2} \times A \times V^3$$

C_p 為風機功率係數；目前設定為 40%； ρ 為空氣密度； A 為風機葉片掃掠面積，目前設定為 1 m^2 ； V 為有效風速， $3 \text{ m/s} \sim 25 \text{ m/s}$

藉由上述方法取得風能密度，而風能發電量則從風力發電機的啟動風速至切出風速之功率曲線(圖 2)做計算，依現有設定風機於風速大於 3m/s 開始發電，於風速 12m/s 大最大發電量 5000kW，風速超過 25m/s 則切出停機。圖 3 及圖 4 為 3 年平均之冬季及夏季 100 米風能發電量，可發現臺灣海峽區域風能發電潛力於冬季明顯高於夏季。資料相關說明如表 1。

三、綠能監測

綠能監測系統提供即時環境資訊，網頁除顯示二維風能及太陽能資訊外，亦可選取單點顯示該區域過去 7 天的監測結果。

現階段太陽能監測提供每日 06-19 時(LST)逐時之向日葵衛星反演地表輻射量及其推估之太陽能發電量，並預計於今(2019)年中提升至每 10 分鐘產出。由於離岸風力發電機的輪轂高度約在離地 80~120 米，過往中央氣象局數值模式並未有相近高度的產品，透過計劃

支持於 2018 年起全球模式 GFS 及區域模式 WRF 皆開始產出 100 米高度之產品，如 WRF 透過模式輸出層場中，最接近 100 米高度的兩層內插而得，若是低於模式最低層，則由地面場和模式最低層線性內插。由於現階段於 100 米高度觀測資料有限，風能監測提供中央氣象局 WRF 區域作業模式及 GFS 全球作業模式每日 4 次作業之 100 米風分析場及其換算之風能發電量供參考。預計今(2019)年底將以中央氣象局中尺度動力分析系統(Mesoscale Dynamic Analysis System, MDAS)(王等，2018)將觀測資料於三維變分分析後所得之高解析度氣象場作為 100 米高度風場監測之主要產品。資料相關說明如表 2。

四、綠能預報

綠能預報系統為因應各種不同時間與空間解析度之需求，收整中央氣象局全球模式 GFS、區域模式 WRF、中尺度動力降尺度系統 MDDS(王等，2017)、等產品，提供地表太陽能及 100 米風能預報資訊。

氣象資訊於綠能產業有諸多面向之需求，目前提供 CWB/WRF 及 CWB/WRF/MDDS 每日 4 次 84 小時逐時預報，CWB/GFS、CWB/GFS/MDDS 及 NCEP/GFS/MDDS 每日 4 次 7 天逐 6 小時預報，空間解析度方面 CWB/WRF 為 3 公里，CWB/GFS 約為 25 公里，MDDS 相關產品則為 2 公里。以上資料皆自 2018 年起開始保存，將持續累積資料供長期分析使用，資料相關說明如表 3。

氣象資訊虛擬綠能營運中心成立以來，已與綠能產業界有所交流，為回應對氣象預報快速更新之需求，預計於今年(2019)起提供 CWB/WRF 逐時預報之太陽能及風能產品，CWB/WRF 逐時預報為每小時啟動預報，每次預報 13 小時希望提升預報頻率，供應更即時的預報資訊。此外為提供類似風險預報之產品，預計於今年提供 CWB/WRF 及 CWB/GFS 系集預報產品之預報平均及預報分歧資訊，CWB/WRF 系集預報為每日 4 次 84 小時逐時預報，每報包含 20 組系集成員，CWB/GFS 系集預報則為每日 1 次 45 天逐 6 小時預報，未來將提供業界作為長期預測評估之參考。

五、結論與展望

氣象資訊虛擬綠能營運中心收整綠能相關評估、監測及預報產品，除建置網頁供使用者查詢外並建立資料庫供綠能業界應用。

本年度除新增中尺度動力分析系統監測資訊、WRF 逐時預報資訊及系集預報產品外，亦將建置離岸風機施工風險專區，提供浪高、週期等海氣象預報資訊，以因應逐漸增加之離岸風機海事工程需求。

參考文獻

王建勛、鄧仁星、簡榮佑、湯寶君，2017，”中央氣象局中尺度動力降尺度系統(MDDS)之發展及測試結果”，106年度天氣分析與預報研討會，A6-4。

王建勛、邱炳魁、鄧仁星，2018，”中央氣象局中尺度動力分析系統(Mesoscale Dynamic Analysis System, MDAS)引入觀測資料種類與品質控制”，107年度天氣分析與預報研討會，A6-8。

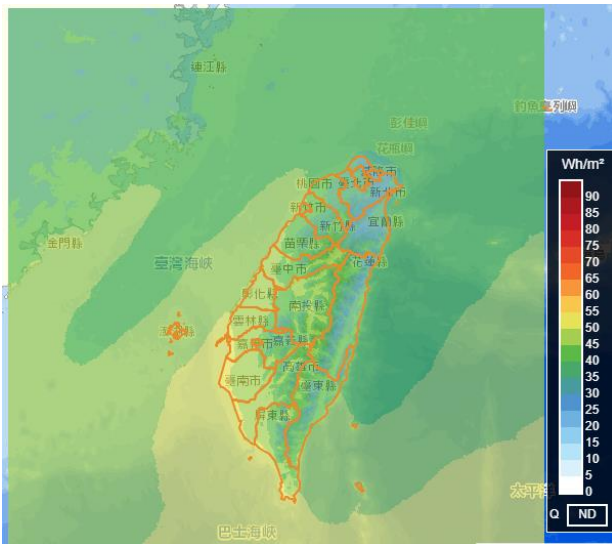


圖 1. 3 年平均太陽能發電量

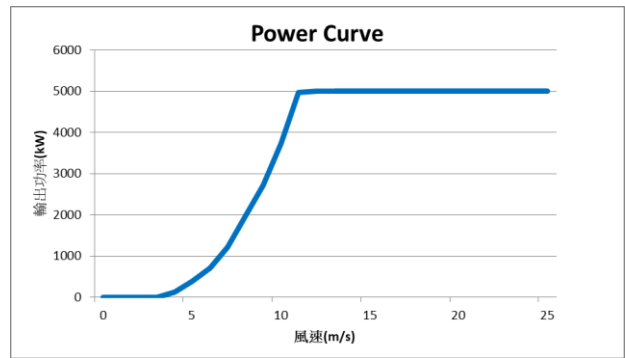


圖 2. 目前使用之風機功率曲線

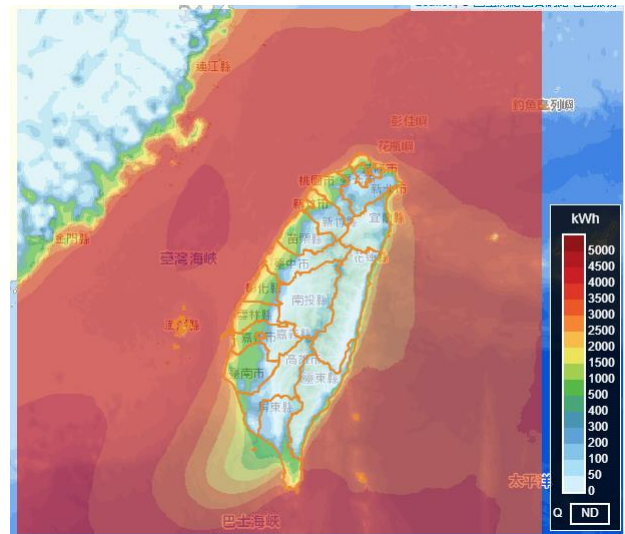


圖 3. 2014~2016 年夏季平均風能發電量

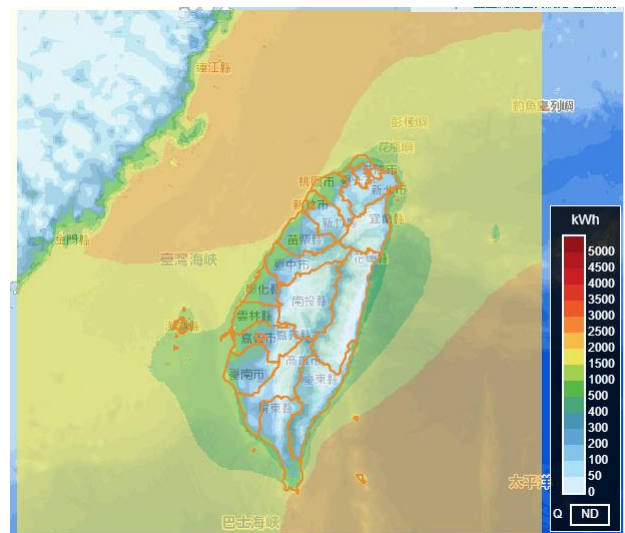


圖 4. 2014~2016 年冬季平均風能發電量

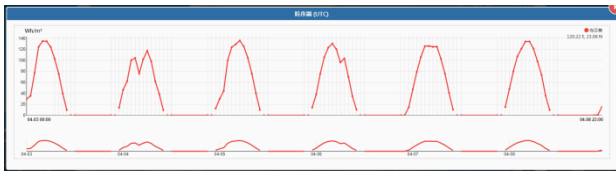


圖 5. 單點太陽能發電量時序圖

產品名稱	資料來源說明	投影方式及水平解析度	時間解析度	範圍
地表日射量(W/m^2)及太陽能發電量(Wh/m^2)	向日葵衛星反演(2015年8月至2018年7月之逐時資料計算)	等經緯網格 間距 0.01° (約1公里)	月、季、年平均	經度: $117.78^\circ \sim 123.52^\circ E$ 緯度: $21.48^\circ \sim 26.72^\circ N$
100米風速(m/s)及100米風能密度(W/m^2)	CWB/WRF(2014年至2017年共3年之逐時資料計算)	等經緯網格 間距 0.01° (約1公里)	月、季、年平均	經度: $117.78^\circ \sim 123.52^\circ E$ 緯度: $21.48^\circ \sim 26.72^\circ N$
100米風速(m/s)及100米風能密度(W/m^2)	CWB/WRF/MDAS(2015年2017年共3年之逐6時資料計算)	蘭伯特投影 間距1公里	月、季、年平均	經度: $118.28^\circ \sim 123.16^\circ E$ 緯度: $21.55^\circ \sim 26.01^\circ N$

表 1. 綠能評估資料說明

產品名稱	資料來源說明	投影方式及水平解析度	時間解析度	範圍
地表日射量(W/m^2)及太陽能發電量(Wh/m^2)	向日葵衛星反演	等經緯網格 間距 0.01° (約1公里)	每日06-19逐時(LST)	經度: $117.78^\circ \sim 123.52^\circ E$ 緯度: $21.48^\circ \sim 26.72^\circ N$
100米風(m/s)及100米風能密度(W/m^2)	CWB/WRF	蘭伯特投影 間距約3公里	每日逐6小時	經度: $117.46^\circ \sim 125.55^\circ E$ 緯度: $19.48^\circ \sim 27.83^\circ N$
100米風(m/s)及100米風能密度(W/m^2)	CWB/WRF/MDAS	蘭伯特投影 間距1公里	每日逐時	經度: $118.28^\circ \sim 123.16^\circ E$ 緯度: $21.55^\circ \sim 26.01^\circ N$

表 2. 綠能監測資料說明

產品名稱	資料來源說明	投影方式及水平解析度	時間解析度	範圍
地表日射量(W/m^2)及太陽能發電量(Wh/m^2)	CWB/GFS	高斯網格 間距約25公里	每日00、06、12及18UTC預報192小時，逐6小時輸出	經度: $114.60^\circ \sim 126.32^\circ E$ 緯度: $17.68^\circ \sim 29.39^\circ N$
地表日射量(W/m^2)及太陽能發電量(Wh/m^2)	CWB/WRF	蘭伯特投影 間距約3公里	每日00、06、12及18UTC預報84小時，逐時輸出	經度: $117.46^\circ \sim 125.55^\circ E$ 緯度: $19.48^\circ \sim 27.83^\circ N$
地表日射量(W/m^2)及太陽能發電量	CWB/WRF逐時	蘭伯特投影 間距2公里	每日逐時預報13小時，逐時輸出	經度: $116.371^\circ \sim 125.568^\circ E$ 緯度: $19.5483^\circ \sim 27.8446^\circ N$

(Wh/m ²)				
100 米風(m/s)及 100 米風能密度(W/m ²)	CWB/GFS	高斯網格 間距約 25 公里	每日 00、06、12 及 18UTC 預報 192 小時，逐 6 小時輸出	經度:114.60°~ 126.32°E 緯度:17.68°~ 29.39°N
100 米風(m/s)及 100 米風能密度(W/m ²)	CWB/GFS/MDDS	蘭伯特投影 間距約 2 公里	每日 00、06、12 及 18UTC 預報 192 小時，逐 6 小時輸出	經度:118.28°~ 123.16°E 緯度:21.55°~ 26.01°N
100 米風(m/s)及 100 米風能密度(W/m ²)	NCEP/GFS/MDDS	蘭伯特投影 間距約 2 公里	每日 00、06、12 及 18UTC 預報 192 小時，逐 6 小時輸出	經度:118.28°~ 123.16°E 緯度:21.55°~ 26.01°N
100 米風(m/s)及 100 米風能密度(W/m ²)	CWB/WRF	蘭伯特投影 間距約 3 公里	每日 00、06、12 及 18UTC 預報 84 小時，逐時輸出	經度:117.46°~ 125.55°E 緯度:19.48°~ 27.83°N
100 米風(m/s)及 100 米風能密度(W/m ²)	CWB/WRF/MDDS	蘭伯特投影 間距 2 公里	每日 00、06、12 及 18UTC 預報 84 小時，逐時輸出	經度:118.28°~ 123.16°E 緯度:21.55°~ 26.01°N
100 米風(m/s)及 100 米風能密度(W/m ²)	CWB/WRF 逐時	蘭伯特投影 間距 2 公里	每日逐時預報 13 小時，逐時輸出	經度:116.371°~ 125.568°E 緯度:19.5483°~ 27.8446°N
100 米風速及風能密度的系集平均與分歧	CWB/GFS 系集	高斯網格 間距約 37.5 公里	每日 00UTC 預報 45 天，逐 6 小時輸出	經度:112.125°~ 130.87°E 緯度:14.79°~ 33.52°N
100 米風速及風能密度的系集平均與分歧	CWB/WRF 系集	蘭伯特投影 間距約 3 公里	每日 00、06、12 及 18UTC 預報 84 小時，逐時輸出	經度:117.46°~ 125.55°E 緯度:19.48°~ 27.83°N
地表日射量及太陽能發電量的系集平均與分歧	CWB/GFS 系集	高斯網格 間距約 37.5 公里	每日 00UTC 預報 45 天，逐 6 小時輸出	經度:112.125°~ 130.87°E 緯度:14.79°~ 33.52°N
地表日射量及太陽能發電量的系集平均與分歧	CWB/WRF 系集	蘭伯特投影 間距約 3 公里	每日 00、06、12 及 18UTC 預報 84 小時，逐時輸出	經度:117.46°~ 125.55°E 緯度:19.48°~ 27.83°N

表 3. 綠能預報資料說明