

### 冬季臺灣中尺度低壓個案探討

黃國禎 李昌運

空軍氣象聯隊氣象中心

#### 摘要

本文主要探討2016年2月10日至11日在臺灣海峽所發生之中尺度低壓系統，其發展及南來水氣移入配合，造成中部機場有能見度與雲幕下降情況，文中運用WRF模式比對模擬結果與觀測資料，討論此低壓及偏南風系統對臺灣地區機場天氣之影響。經分析結果顯示，臺灣附近海域水氣通量及可感熱通量為臺灣低壓初期之重要環境特徵，再分析2月11日南方水氣向臺灣地區輸送，低層水氣輻合，使水氣向上堆積，在質量累積過程中，水氣堆積上升，並釋放潛熱，增加低壓強度，使環流風場強度增強，加速水氣聚集，形成一正回饋，建立對流系統，使臺灣地區中南部產生大範圍降水，且臺灣海峽氣旋式環流風場將底層水氣帶往臺灣中部一帶，致清泉崗機場能見度及雲幕有明顯下降至危險天氣情形，由上述過程中可發現冬季臺灣地區中尺度低壓發展及南來水氣供應與對機場能見度及雲幕影響，藉由此低壓增進機場天氣預報。

關鍵詞：中尺度低壓、低層噴流

#### 一、前言

臺灣為一海島地形，因地理特性特殊，對天氣系統的生成發展與結構改變均會形成極大的影響，故難於24小時前發現臺灣低壓發生或轉變之徵兆，由過去個案可知，新生的臺灣低壓或氣旋往往會帶來天氣劇烈變化，常會形成局部地區降雨、低能見度及低雲幕等現象。因此，臺灣附近地區新生氣旋的研究與分析，對提高天氣預報準確率及飛安維護均相當重要且有意義。

過去的臺灣低壓研究主要偏向梅雨季及颱風季所帶來豪雨，甚少涉及其他季節的新生氣旋，並針對個案的氣流特性做分析，以討論新生氣旋的熱力結構及動力過程，然就機場天氣預報方面，不僅豪(大)雨會形成危安因素，而本文就主要針對冬季臺灣低壓形成及對飛航安全產生的影響，執行個案研析。

#### 二、研究方法

本文針對2016年2月10日至11日臺灣地區受到海峽北部中尺度低壓及偏南風系統影

響，於臺灣中部地區產生低雲幕，由清泉崗與嘉義機場能見度及雲幕變化時序(圖1及2)中可發現11日為能見度及雲幕高偏低的危安天氣，清泉崗機場於11日0600UTC出現低雲幕，顯示出該個案對飛安已形成一危安因子。是以本文針對此次個案之大氣環境結構、水氣分布進行診斷分析，期藉以分析發生機制和熱力結構變化。

本文預計使用WRF V3.4.1 版，就2016年2月11日降水為個案，以NCAR的NCEP Global Final Analyses 1.0°×1.0° (簡稱FNL) 解析度為全球模式初始場進行模式預報，初始時間為2月9日1200UTC，預報時間共72小時，其運算流程示意圖如圖3所示。模式會因其物理參數設定不一，進而產生不同的結果；因此在模式物理參數設定，簡等(2006)提出在WRF敏感度測試中，模式設定參數法搭配以WSM5、Kain-Fritsch scheme與 YSU等三種參數法的搭配為最佳，因此本研究在進行個案模擬時，所採用之參數搭配為WSM5

、Kain-Fritsch scheme與 YSU，相關模式設定請參閱表1。

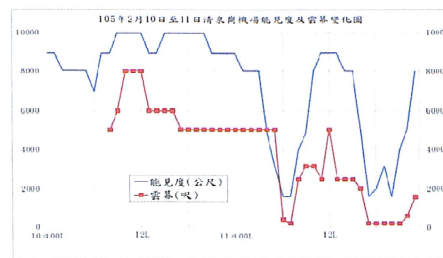


圖1：105年2月10日至11日清泉崗機場能見度及雲幕變化圖。其中2月11日03L起至07L能見度自8000公尺下降至1600公尺，且雲幕自5000呎下降至2000呎。

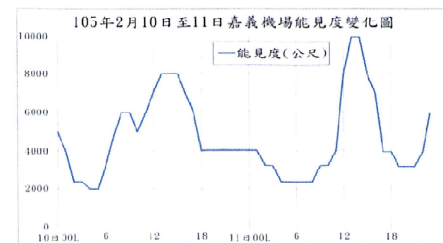


圖2：105年2月10日至11日嘉義機場能見度變化圖。

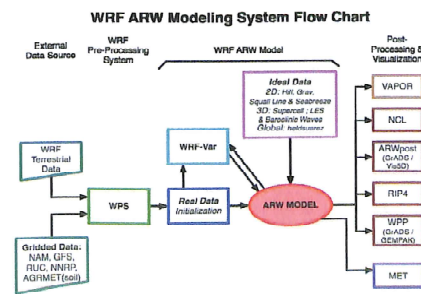


圖3：WRF 模式運算流程示意圖。

	D01	D02	D03
水平解析度 (公里)	27	9	3
水平網格點	300×200	196×196	208×226
垂直解析度	27	27	27
大氣垂直穩定度	靜力	非靜力	非靜力
微物理	WSM5	WSM5	WSM5
邊界層	YSU	YSU	YSU
積雲參數法	KF	KF	KF

表1：個案 WRF 相關參數設定

#### 三、綜觀環境場

分析個案海平面氣壓場(hPa)、溫度場(°C)及風場得知，105年2月9日1200UTC(圖4)分裂高壓中心位於琉球群島一帶，於臺灣北部外海之風場有逆時針繞流現象。將溫度場對照美國國家大氣海洋局(NOAA)海表面溫度分析圖顯示(圖5)，臺灣海峽南部之氣溫為16~18°C，而海溫則約為20~22°C，海氣間溫差達4°C以上，顯示水氣通量及可感熱通量為此個案初期之重要環境特徵。另分析10日及11日天氣系統，臺灣地區分別受高壓迴流及偏南風影響，其中10日屬於較弱綜觀的環境場，由10日0000UTC至11日1200UTC地面分析圖(圖6)顯示，臺灣海峽為微弱東北風，在海峽南部與西南外海的東南風有輻合現象，直至11日1200UTC時臺灣海峽風場始轉為南風。925hPa空層分析圖(圖7)顯示，10日1200UTC臺灣海峽為微弱東南風，至11日1200UTC時轉為西南風，相對溼度上升至80~90%。850hPa空層水氣輻合及風場圖(圖8)則顯示，10日0000UTC臺灣海峽已有水氣輻合情形，並持續到11日1200UTC；10日至11日風場則由微弱東南風轉為西南風，風速達到25~35KT，相對溼度上升至80~90%。700hPa空層分析圖(圖9)則顯示，10日1200UTC起臺灣海峽相對溼度上升至80%以上，11日0000UTC西南風明顯增強達30~40KT。500hPa空層分析圖(圖10)則顯示風場以西南西風至西風為主，臺灣及周邊海域為負渦度區。



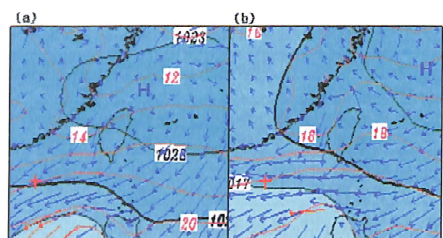


圖 4：海平面氣壓、溫度及風場 (a)2月8日 1200UTC (b)2月9日 1200UTC。

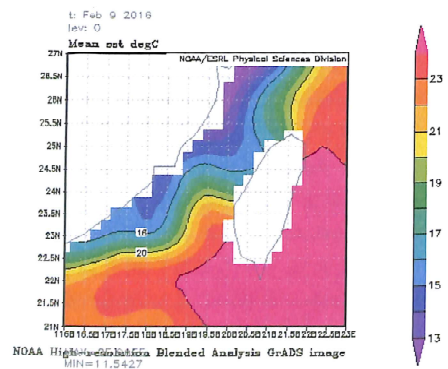


圖 5：2月9日美國國家大氣海洋局(NOAA) 海表面溫度分析圖。

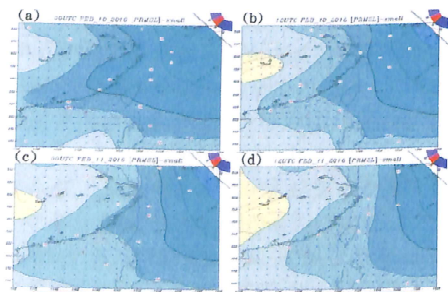


圖 6：海平面氣壓、溫度及風場 (a)2月10日 0000UTC (b)2月10日 1200UTC (c)2月11日 0000UTC (d)2月11日 1200UTC。

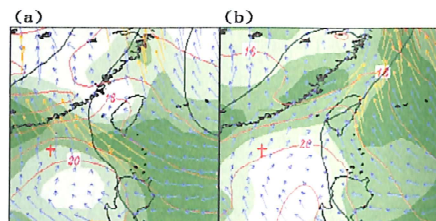


圖 7：925hPa 空層重力位高度、溫度、相對濕度及風場 (a)2月10日 1200UTC (b)2月11日 1200UTC。

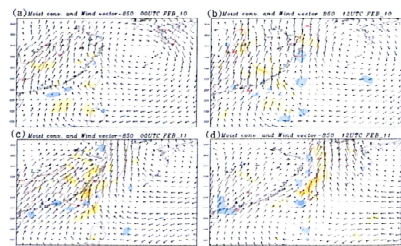


圖 8：850hPa 空層水汽輻合及風場圖 (a)2月10日 0000UTC (b)2月10日 1200UTC (c)2月11日 0000UTC (d)2月11日 1200UTC。

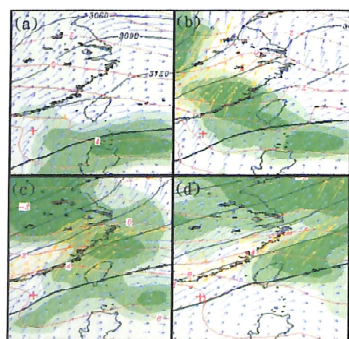


圖 9：700hPa 空層重力位高度、溫度、相對濕度及風場 (a)2月10日 0000UTC (b)2月10日 1200UTC (c)2月11日 0000UTC (d)2月11日 1200UTC。

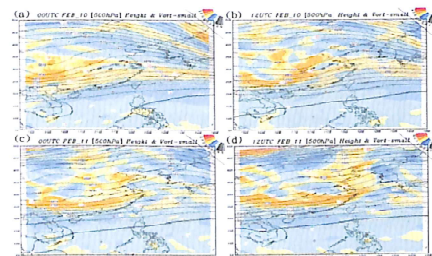


圖 10：500hPa 空層重力位高度、溫度、渦度及風場 (a)2月10日 0000UTC (b)2月10日 1200UTC (c)2月11日 0000UTC (d)2月11日 1200UTC。

進一步分析地面可降水量分布圖(圖11)，9日高可降水量區位於菲律賓及南海一帶，並隨時間逐漸北移，11日臺灣地區及其海域可降水量增加至 $37.5\text{kg/m}^2$ 以上，12日高可降水量區移至臺灣東北部外海，說明水汽由南向北輸送。另由10、11日之850hPa空層比濕分布變差圖(圖12)顯示，比濕增加最大區位於安徽及東海一帶，增加量達 $0.007\text{kg/kg}$ 以上，比濕減少最大區則位於菲律賓東方外海一帶，減少量達 $0.002\text{kg/kg}$ 以上，亦符合上述。再針對10、11日之850hPa空層風速分布變差圖(圖13)顯示，11日相較於前日，臺灣海峽及福建一帶風速明顯增強，差異量達8KT以上，說明低層噴流已建立。10、11日之700hPa空層垂直風速分布變差圖(圖14)顯示，11日相較於前日，臺灣北部外海有向上之垂直運動，差異量達 $0.3\text{Pa/s}$ 以上，說明此個案期間對流發展旺盛。

由臺灣海峽區域水汽及風場變化時序(圖15)比較發現，自10日0000UTC起，850hPa空層已出現水汽輻合特徵；1200UTC後，850hPa及700hPa空層相對濕度亦明顯增加；11日0000UTC 850hPa及700hPa空層之強西南風始開始增強。說明此個案初期水汽輻合，形成質量累積，於水汽堆積上升運動中，水汽凝結並釋放潛熱，加強熱力作用機制，

後續低層噴流建立，加強動力機制，形成對流系統。

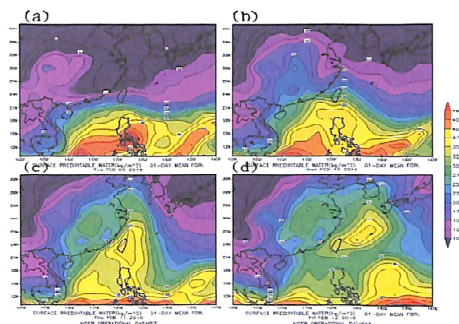


圖 11：地面可降水量分布圖( $\text{kg/m}^2$ ) (a)2月9日 (b)2月10日 (c)2月11日 (d)2月12日。

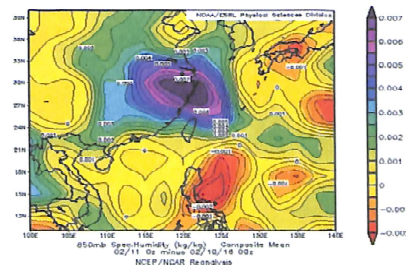


圖 12：2月10、11日 0000UTC 850hPa 空層比濕分布變差圖。

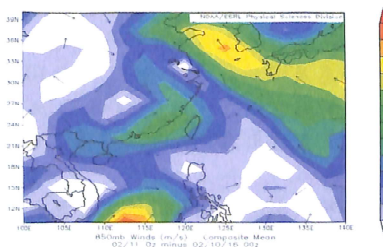


圖 13：2月10、11日 0000UTC 850hPa 空層風速分布變差圖。



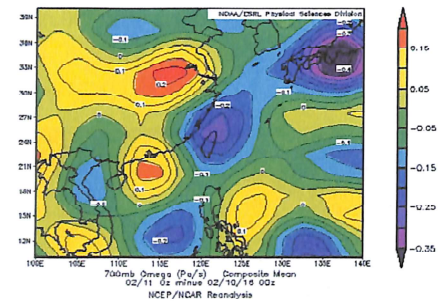


圖 14：2 月 10、11 日 0000UTC 700hPa 空層垂直風速分布變差圖。

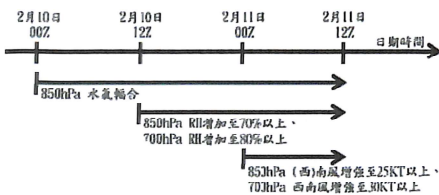


圖 15：臺灣海峽水氣及風場變化時序圖。

#### 四、個案分析與檢討

本個案系統發展影響臺灣局部地區天氣，檢視以2月9日1200UTC為初始場之WRF模擬結果，地面相對濕度及風場分布圖(圖16)顯示，10日0000UTC臺灣海峽北部海域有氣旋式環流，1200UTC氣旋高相對濕度區自氣旋南側移至北側，11日0000UTC高相對濕度區隨風場再向南移動，並移入臺灣中部一帶，對照清泉崗機場能見度及雲幕變化(圖1)，此時都有明顯下降情形。WRF模擬925hPa空層相對濕度及風場分布圖(圖17)顯示10日臺灣海峽相對濕度偏低，11日0000UTC大陸華南地區水氣東移出海，1200UTC移至臺灣西半部地區。

WRF模擬850hPa及700hPa空層相對濕度及風場分布圖(圖18、19)顯示，11日0000UTC起臺灣海峽南部海域之風向不連續帶轉為氣旋式環流；與700hPa空層總雲混合比分布圖(

圖20)比對，說明此區水氣聚集、總雲混合比高，對流系統發展顯著。

由雷達回波圖(圖21)亦可發現臺灣海峽南部海域有明顯回波生成並逐漸移入臺灣地區，造成降水情形。由11日16~24L逐時累積雨量分布圖(圖22)顯示，臺灣南部地區受850hPa及700hPa空層水氣移入影響，自雲嘉南沿海一帶開始降水，並逐漸擴展至中南部地區；此期間臺南機場能見度下降至3200公尺(圖23)，累積雨量達10.8毫米。

另由圖18及19中可看出11日0000UTC臺灣北部外海於850hPa空層無明顯相對濕度，而700hPa空層則有較高相對濕度。搭配紅外線衛星雲圖(圖24)及板橋探空站斜溫圖(圖25)顯示，此區水氣主要分布於700hPa至550hPa之垂直空層，並未對臺灣北部地區造成降水。

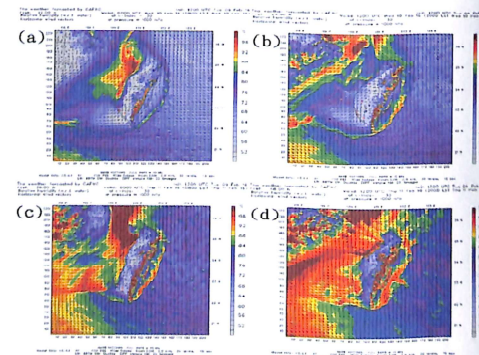


圖 16：WRF 模擬地面相對濕度及風場分布圖 (a)2 月 10 日 0000UTC (b)2 月 10 日 1200UTC (c)2 月 11 日 0000UTC (d)2 月 11 日 1200UTC。

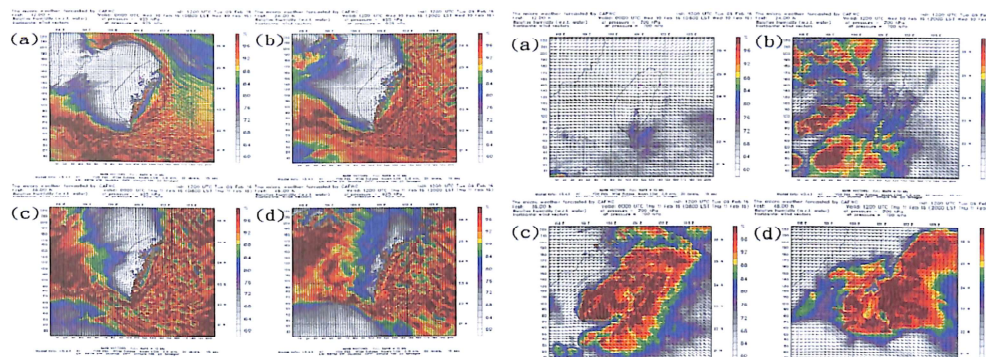


圖 17：WRF 模擬 925hPa 空層相對濕度及風場分布圖(a)2 月 10 日 0000UTC (b)2 月 10 日 1200UTC (c)2 月 11 日 0000UTC (d)2 月 11 日 1200UTC。

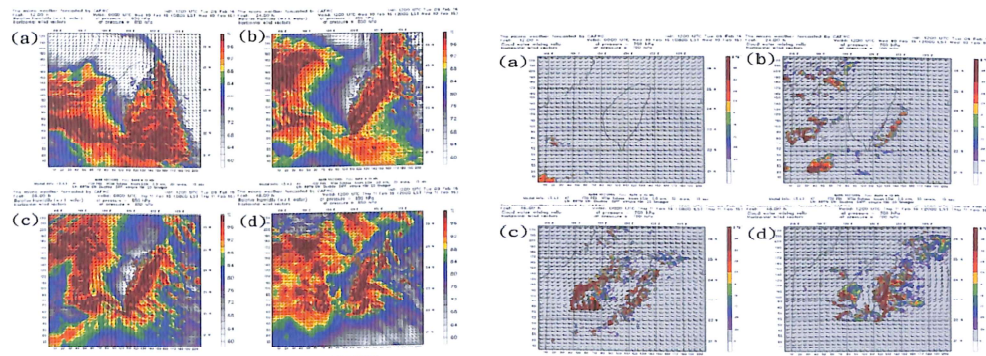


圖 18：WRF 模擬 850hPa 空層相對濕度及風場分布圖(a)2 月 10 日 0000UTC (b)2 月 10 日 1200UTC (c)2 月 11 日 0000UTC (d)2 月 11 日 1200UTC。

圖 19：WRF 模擬 700hPa 空層相對濕度及風場分布圖(a)2 月 10 日 0000UTC (b)2 月 10 日 1200UTC (c)2 月 11 日 0000UTC (d)2 月 11 日 1200UTC。

圖 20：WRF 模擬 700hPa 空層總雲混合比及風場分布圖(a)2 月 10 日 0000UTC (b)2 月 10 日 1200UTC (c)2 月 11 日 0000UTC (d)2 月 11 日 1200UTC。



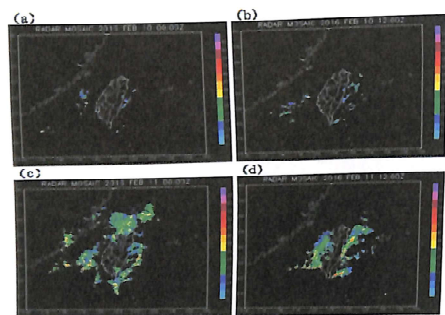


圖 21:雷達回波圖(a)2月10日 0000UTC (b)2月10日 1200UTC (c)2月11日 0000UTC (d)2月11日 1200UTC。

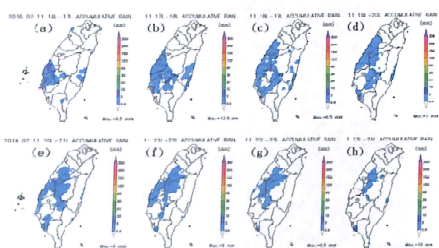


圖 22：2月11日逐時累積雨量分布圖(a)16~17L (b)17~18L (c)18~19L (d)19~20L (e)20~21L (f)21~22L (g)22~23L (h)23~24L。

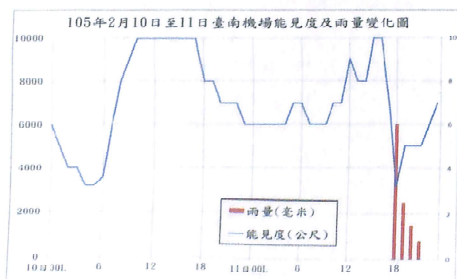


圖 23：105 年 2 月 10 日至 11 日臺南機場能見度及雨量變化圖。

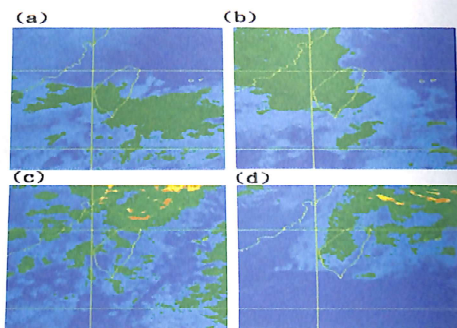


圖 24:紅外線衛星雲圖(a)2月10日 0000UTC (b)2月10日 1200UTC (c)2月11日 0000UTC (d)2月11日 1200UTC。

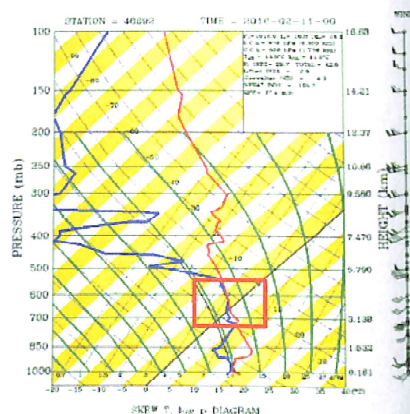


圖 25：2月11日 0000UTC 板橋探空站斜溫圖。700hPa 至 550hPa 空層相對濕度偏高。

五、結論與建議

綜合分析此次個案，2月9日 1200UTC 臺灣北部外海有逆時針繞流風場及臺灣海峽南部海氣溫差顯示水氣通量與可感熱通量為此個案初期之重要環境特徵；10日至11日臺灣海峽南部海域有輻合現象；850hPa空層臺灣海峽有水氣輻合情形。進一步分析地面高可

降水量區自菲律賓及南海一帶逐漸北移至臺灣東北部外海，說明水氣由南向北輸送。11日 850hPa空層臺灣海峽風速增加，低層噴流建立；700hPa空層臺灣北部外海向上垂直運動增加，對流發展旺盛。

比較臺灣海峽區域水氣及風場變化發現，自10日 0000UTC起，850hPa空層已出現水氣輻合特徵；1200UTC後，850hPa及700hPa空層相對濕度亦明顯增加。11日 0000UTC 850hPa及700hPa空層之強西南風開始增強。顯示此個案初期水氣輻合，於上升運動中水氣凝結並釋放潛熱，並伴隨熱力系統，引發對流系統發展，形成一正回饋，後續因低層噴流建立，加強動力機制，引發更多的對流效應。

檢視本文 WRF 模式對此中尺度氣旋發展模擬結果與機場實際觀測資料比對發現，臺灣海峽一帶之氣旋式環流配合高相對濕度區移入，引發對流系統，並移入臺灣中部一帶，對照清泉崗機場能見度及雲幕都有明顯下降情形。分析 11日 0000UTC起 850hPa及700hPa空層臺灣海峽一帶海域因風場不連續，形成一氣旋式環流，致水氣聚集，加強低壓強度，水氣更易聚集，形成一正回饋循環，使對流系統發展顯著，造成臺灣海峽一帶對流系統發展，生成並逐漸東移，使臺灣地區產生大範圍之顯著降水。

本文使用 WRF 模式模擬冬季臺灣地區中尺度低壓發展及南來水氣供應，並與觀測資料比對結果大致相符。藉由此個案分析及模擬，期使未來對於預報冬季臺灣地區機場低能見度及低雲幕現象有實質上之幫助。

六、參考文獻

簡芳菁、洪景山、張文錦、周仲島、林沛練、林得恩、劉素屏、繆璿如、陳致穎，2006：“WRF 模式之敏感度測試第二部

份：定量降水預報校驗”，大氣科學，第 34 期，第 1 號，第 261-276 頁。

洪景山、林得恩、簡芳菁、劉素屏、周仲島、林沛練、張文錦、繆璿如、陳致穎、雷銘中，2006：“WRF 模式之敏感度測試 第一部分：探空測站上的校驗”，大氣科學，第 34 期，第 1 號，第 241-260 頁。

俞家忠，1980：“臺灣低壓的研究，氣象預報與分析。

許武榮、黃麗玟，1991：“臺灣低壓的數值模擬，大氣科學，19，131-147。

江珮羽、江火明，2002：“臺灣附近新生氣旋的特性分析，中央大學大氣物理研究所碩士論文，79 頁。



## Case Study of a Wintertime Mesoscale Low Pressure in Taiwan Area

Guo-Jhen Huang, Chang-Yun Lee

Weather Wing, Air Force

### ABSTRACT

We discuss the mesoscale low pressure system of the Taiwan Strait that occurred among February 10 to 11 in 2016. Its development and moisture that come from southerly flow result in the decreased visibility and lower ceiling in the airport of central Taiwan. The Weather Research and Forecasting Model (WRF) was used to compare the simulation results and observations, and investigate the impact of this low pressure and southerly flow system to the weather of Taiwan airport. The analysis results show that the moisture flux and sensible heat flux near Taiwan is an important environmental characteristics of early-stage low pressure in Taiwan. In February 11, the Southern moisture transport to Taiwan. Because of the low-level moisture convergence, the water vapor accumulates upward. In the mass accumulation process, the water vapor accumulates, rises and releases latent heat to increase the strength of the low pressure. The wind circulation enhances, and the moisture gathers more and more to form a positive feedback. That establishes a convection system and results in a wide range of precipitation in central and southern Taiwan. The cyclonic circulation in Taiwan Strait takes the bottom-level water vapor to central Taiwan area, causing the visibility and ceiling to decrease significantly to dangerous weather in Ching Chuan Kang (CCK) airport. By the above process, we can find that the development of wintertime mesoscale low pressure in Taiwan and the moisture supplies from southerly flow affect the airport-visibility and ceiling. With this study, we will improve airport weather forecast.