

2015年1-5月臺灣金門、馬祖(南/北竿)與桃園機場成霧時之天氣診斷分析

許秀妮

交通部民用航空局飛航服務總臺臺北航空氣象中心

摘要

每年冬末春際之際臺灣西半部地區(包括離島金門及馬祖)常受霧天氣影響，霧發生時伴隨低能見度與低雲幕等惡劣天氣影響機場起降作業，因此有效掌握臺灣地區霧日預報，對於飛航安全有莫大助益。本研究藉由2001-2015年期間各機場觀測資料進行統計分析，結果顯示金門、馬祖南竿、馬祖北竿及桃園機場之年平均區域霧日分別約27、30、16及9天，離島(金門、南竿及北竿)和本島桃園機場霧日分別呈現2-3年和3-4年之年代際變化特徵。桃園機場霧日高峰期為2月，盛行弱西北風。離島機場霧日以4月最多，金門機場盛行西南風，南竿及北竿機場則有東北風和西南風二種風場特徵。另利用數值模式客觀分析資料，了解過去15年來霧日之變化趨勢。研究亦進一步分析2015年1-5月每日成霧時段，根據綜觀環境特徵及天氣要素分類，顯示成霧天氣型態以高壓迴流及鋒前暖區類型為主。

此外交通部民用航空局飛航服務總臺臺北航空氣象中心為配合連續假日疏運計畫，於疏運期間發布天氣大勢預報，提供各民用機場疏運期間天氣預報資訊。本文針對2015年農曆春節疏運期間，二次因霧影響機場運作之天氣個案進行綜觀天氣型態診斷分析，了解天氣系統空間配置和時間演變特徵。期能透過事後個案分析檢討，使預報員更能掌握成霧之天氣型態及發生區域，以提升霧日預報之準確率和提供準確即時的航空氣象服務。

關鍵字：霧、飛航天氣、疏運計畫

一、前言

根據交通部民用航空局飛航服務總臺臺北航空氣象(本)中心針對台北飛航情報區內各民航機場有霧日數的月平均數記錄結果(見各民航機場氣候統計特徵報告1997年-2006, 2009)，顯示臺灣北部及西部地區(包括離島的金門馬祖)自每年1月至5月為冬末至春季之一明顯霧期，以發生平流霧與輻射霧為主。霧是空氣中懸浮着非常小的水滴，其使地面能見度降低，影響飛機之起降作業及飛航安全。按照世界氣象組織規定，當水平方向的能見度低於1公里為霧。霧的形成有其環境先決條件，在春季時，華南沿岸陸地和海面溫度仍然較低。在特定之環境條件下，例如水氣充足，風速微弱，大氣穩定下，接近地面之空氣冷卻，空氣中之水氣凝結成小水滴懸浮於空中，而使地面水平方向能見度下降，則此天氣現象稱為輻射霧。當低層大氣轉吹偏南風時，溫暖和潮濕之空氣北上接近沿岸地區，溫度受較冷之地面或海面而下降，溫度下降水氣凝結成平流霧。霧發生的時間主要為傍晚、夜間及清晨時，此時溫度降低有利霧之形成。白天的霧多為清晨霧之延續，或因吹海風而把海面形成的海霧吹入陸地。而鋒面霧或梅雨鋒霧則為地面鋒或850百帕呈東西向之微弱風切線出現，鋒面滯留於金馬或金澎一帶，臺灣地區

位於1008-1011hPa低壓帶，此時亦會造成低能見度及低雲幕之情形。

霧發生的空間尺度小，因此要準確掌握其發生、持續及消散時間，在天氣預報上仍有相當大的努力空間。目前霧日預報方法僅為定性分析加上主觀經驗判斷，由本中心資深預報人員所發展之「霧季檢查表」(臺灣地區春季大霧經驗預報之量化，2014)，透過有利起霧的氣象因子作定量比對運算，再以客觀條件自動判斷未來6-12小時內各機場起霧狀況，對於實際飛航天氣預報作業有相當大之輔助作用。另外，本中心亦分析各數值模式預報結果，配合地面與高空分析圖、衛星雲圖、探空資料等等作綜合判斷後，而發布各民航機場霧日天氣預報資訊。

當天氣出現霧之現象時，常因伴隨低能見度與低雲幕等惡劣天氣而影響機場起降作業。2015年2月份涵蓋農曆春節假期，部分霧日對航班正常運作造成影響。民用航空局空運組針對假日疏運問題，需依據最新之氣象預報資料和機場開闢場機率高低等採取最佳之疏運計劃決策，適時準備疏運運能，協調各航空公司、港務局或國防部啟動輸運應變機制計畫，以減低返鄉旅客之不便。由此可見，有效掌握臺灣地區霧日之預報，對於飛航安全與效益有莫大助益。

本文針對2015年2月份農曆春節疏運期間，二次因濃霧而影響機場運作之天氣個案進行綜觀天氣型態診斷分析，探討天氣系統空間配置和時間演變特

徵。期能透過事後個案分析檢討，使預報員更能掌握成霧之天氣型態及發生區域，以提升霧日預報之準確率和提供準確即時的航空氣象服務。另本研究藉由2001年至2015年1-5月份桃園、馬祖北竿、馬祖南竿與金門機場觀測資料進行統計分析，以了解各機場成霧之區域特性、發生頻率、季節分布和年際變化。同時研究亦利用客觀分析資料，針對偏多霧年與偏少霧年，分析其月平均綜觀環境場特徵。另針對起霧時段，各機場出現之風場及風場變化趨勢作探討。

二、資料來源及研究方法

(一) 機場觀測資料

針對臺灣易起霧之民航機場包括桃園、馬祖北竿、馬祖南竿與金門等4個機場，蒐集各機場之整點與半點例行定時觀測(部分機場夜間無觀測)及特別觀測資料，以進行統計分析檢討。資料分析期間為桃園、馬祖北竿與金門機場自2001年至2015年1-5月份，馬祖南竿則因測站為後期建立營運啟用，觀測資料僅從2003年2月份開始。當機場水平盛行能見度 ≤ 1 公里時，則為霧之發生。由此分別計算各機場所有觀測起霧時間之總和稱為霧之持續分鐘數，跨日無觀測時則不累積而重新計算。

(二) 數值模式的客觀分析資料

蒐集2001年至2015年1-5月份NCEP/NCAR Reanalysis地面、925百帕及850百帕之月平均資料，其水平解析度為2.5度x2.5度之經緯網格點。研究利用東亞地區之風場、水氣場、氣壓場及高度場，分別針對偏多霧年與偏少霧年份之月平均綜觀環境場特徵，討論過去15年來霧日變化趨勢的原因。

三、濃霧個案天氣型態分析

(一) 個案一: 2015年2月15-16日

於1500Z時(圖一)，地面鋒面位於長江口向西南延伸至湖南，鋒面伴隨對流雲系向東北移動，925-500百帕皆有槽線，槽線從地面至高層呈斜壓性，此低-中層天氣系統之垂直配置有利系統之發展。925-500百帕槽前有濕區及伴隨顯著西南噴流，為華南一帶帶來豐沛的暖溼氣流，使鋒面雲系隨之發展。自1506Z起，臺灣北部桃園及馬祖皆受鋒面雲系東移影響，出現局部雨勢。另受高壓迴流影響，臺灣地區盛行海陸風或偏南風。於1512Z時(圖二)，地面鋒面低壓移至黃海，華南有斷裂槽線，槽前在金門附近有局部高壓形成。此時，臺灣地區位於鋒前暖區位置，925-500百帕低層鋒前有明顯西南氣流但已較前12小時前減弱，925-700百帕華南濕區範圍也縮小。

臺灣地區受此華南潮濕氣流影響，金門、馬祖北竿、馬祖南竿機場能見度開始下降，金門機場能見度在1512Z下降至800公尺，雲幕高低至500英呎。金馬兩地以及北部機場持續發生降雨直至1522Z，桃園機場能見度和雲幕高最低至2500公尺及4000英呎，臺灣西半部地區降雨則集中於下半夜。另在夜晚衛星雲圖IR4-IR1亦觀測到低雲發生在華南及大陸沿岸一帶。

於1600Z時(圖三)，臺灣及華南地區低層為兩個相對高壓的勢力範圍中，地面槽線上游仍有風變線存在。臺灣位於鋒前，其西南氣流明顯減弱，但從地面風場可分析出一淺短鋒面向華南延伸，此為受臺灣中央山脈地形所影響。由於北方鋒面低壓已脫離本區，華南形成之短波槽沒有明顯天氣系統導引槽線移動，加上華南至大陸沿岸盛行東南-西南風，低能見度及低雲幕之情況持續。當鋒面16日白天位於金門附近時，金門於0853UTC到11UTC期間觀測到50公尺之低能見度以及100英呎雲幕，馬祖南/北竿清晨亦有濃霧出現。於1612Z時(圖三)，大陸冷高壓開始漸漸南下，華南短波槽東移減弱，金門局部高壓也減弱消失，天氣轉為穩定。

在此個案中，本區北方鋒面低壓向東北移動，低層較明顯的槽線已通過本區，本區降雨趨緩；華南地區低層大氣存在兩高壓間的風變線，地面天氣分析圖於華南地區可分析出槽線，925-850百帕環境場相當潮濕，金門處於相對穩定之高壓區內，造成金門機場出現長達15小時(1522Z-1612Z)之低能見度天氣而暫停起降作業。待北方大陸高壓南下後，迫使華南槽線東移及金門局部高壓減弱，天氣才轉為穩定，金門機場能見度及雲幕瞬間上升(1208Z-1217Z)，能見度由500公尺上升至1200公尺，雲幕由200英呎到無雲幕)。

(二) 個案二: 2015年 2月22-23日

於2200Z時(圖四)，鋒面正經過臺灣，2212Z時(圖五)在東部外海移速減慢並以滯留鋒形式停留多天，而地面天氣圖可分析出臺灣海峽上有脊線通過。鋒面從地面至高層斜壓性佳，槽前為西南風，低層持續性之西南風帶來暖溼氣流，850百帕以下華南有大範圍濕區。於2300Z(圖六)，在鋒前暖區分析出脊線，地面天氣圖呈現槽-脊-槽排列，2306Z脊線加深，臺灣海峽及北部出現低雲、低能見度及降雨之情形。中層槽線減弱，但華南出現濕區及西南風增強。925-850百帕槽線附近氣旋式環流結構完整，使雲帶持續發展。於2312Z(圖七)，地面天氣圖持續呈現槽-脊-槽排列，華南滯留鋒面持續發展，配合850-700百帕之西南風噴流，本區位於鋒前暖區，且低層至700百帕皆為潮濕區，700百帕及500百帕有槽線配合，且較前12小時加深。臺灣地區位於槽前，有顯著的正渦度平流作用，配合高層位於噴流入區之右後方，

有利低層地面天氣系統之發展。臺灣海峽及北部桃園機場自2306Z-2318Z出現低雲和低能見度，2318Z時華南有一波垂直發展的對流雲系向東移出，並在接近臺灣北部陸地時迅速加強，於2319Z時影響桃園及松山機場，桃園機場在濃霧中亦伴隨雷雨之發生。

滯留鋒通過臺灣南部，臺灣地區西半部皆伴隨低雲幕及低能見度，為穩定之濃霧天氣型態。後期鋒面通過本區之時，在鋒面不穩定帶及有利對流性天氣環境條件（高相當位溫，西南風之厚度與強度及底層為暖區，其上有冷平流）之下，促成對流性降水現象之發生。

交通部民用航空局飛航服務總臺臺北航空氣象中心為配合連續假日疏運計畫，於疏運期間發布天氣大勢預報，提供各民用機場於疏運期間之天氣預報資訊。透過事後濃霧個案分析檢討，使預報員更能掌握成霧之天氣型態及發生區域，以提升霧日預報之準確率和提供準確即時的航空氣象服務。

四、統計分析結果

(一) . 2015年1-5月份期間霧日分類統計

由2015年1-5月各機場起霧逐時趨勢圖來看(圖八)，霧常發生於早午六點至十點，午後至下午四點各機場發生霧之頻率較低。金門機場起霧發生頻率最高，早午六點共有18次。本研究後續將霧日時間定義為自當日地方時下午五點至隔日下午四點，區域霧日為單獨測站起霧，而霧日則為至少一個測站有起霧現象。統計2015年1-5月份之資料，結果顯示共有32天區域霧日，其中霧日佔14天，可見霧發生的空間尺度霧發生的空間尺度小，常為局部區域性之天氣現象。另將2015年1-5月期間各機場發生的(區域)霧日個案，依據其綜觀環境特徵及天氣要素進行分析並歸類，顯示成霧天氣型態以高壓迴流及鋒前暖區兩大類型為主。

(二) . 2001年至2015年起霧期間內各機場觀測之風場分布

利用各機場起霧期間所記錄之十分鐘平均風向風速資料(圖九)，統計結果顯示：1. 桃園機場於起霧期間盛行弱西北和東北風約7海里/小時，偶有較強之東北風約15海里/小時。2. 金門機場盛行西南風，風速約10海里/小時。若吹東南風或西北風，則風速較弱約5海里/小時。3. 馬祖南竿及北竿機場則有東北風和西南風二種風場特徵，其風速分布範圍較廣，東北風較強可達25海里/小時，西南風可達20海里/小時。若為偏南風，則風速較弱約5海里/小時。另分析起霧期間內，其風速風向變化不大，僅以馬祖北竿及馬祖南竿在霧散時，風速稍有增強趨勢。而當發生平流霧時，需有風向的轉變使中斷暖濕空氣來源及雲層散開，霧才會消散。

(三)季節及年際變化

從霧持續分鐘數逐年1到5月份之分布圖來看(圖十)，桃園機場霧日高峰期為2-3月，馬祖北竿、馬祖南竿與金門機場霧日以4-5月最多。過去15年(2001-2015)來，金門、馬祖南竿、馬祖北竿及桃園機場之年平均區域霧日分別約27、30、16及9天，可見金門及馬祖南竿為多霧影響之機場。由總霧日與霧持續分鐘數逐年分布圖(十一、十二)，可發現：1. 桃園機場霧日分別呈現3至4年之年代際變化，偏多霧年為2005及2012年。2. 馬祖南竿/北竿與金門機場呈現2至3年之年代際變化特徵，偏多霧年出現在2003及2010年。3. 另2009年對各機場皆為偏少霧年之年份。4. 離島(金門、馬祖南竿/北竿)和本島桃園機場霧日年際差異頗大，2002、2006及2014年為本島機場霧日趨勢大致呈下降，但離島機場為上升趨勢。而2011及2012年為本島機場霧日趨勢大致呈上升，但離島機場則有下降趨勢。

五、客觀資料分析

為了解過去15年來霧日年際變化差異，本研究針對偏多霧年及偏少霧年之月份作分析，資料顯示2005年2月份及2012年3月份為桃園機場多霧時期，而2010年2月份及2003年4月份為馬祖北竿、馬祖南竿與金門機場多霧時期。2009年3月及4月份則為各機場少霧時期。

(一) . 2012年3月份

850百帕高度脊通過臺灣陸地(圖十三)，氣溫較高，高壓迴流在臺灣附近地面-925百帕出現東風槽，水汽偏多。金門地區地面為偏北風。

(二) . 2003年4月份

從850百帕月平均環境場來看(圖十四)，高度脊位於臺灣南部至巴士海峽約北緯20-22度，位置較氣候值偏北。臺灣南方海面附近為弱偏南風，華南至臺灣北部海面轉為西南風。由於臺灣地區脊場北偏，盛行西南風，低層偏暖，可以造成平流霧影響的日數較多，而使當月為馬祖北竿、馬祖南竿與金門機場多霧時期。

六、結論

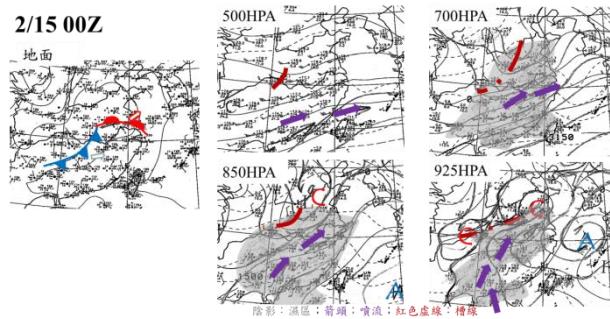
本文透過兩個濃霧個案之分析，討論當時之天氣型態及演變，提供日後天氣守視和預報之參考。個案一金門高壓影響局部地區，金門機場的風向隨高壓移動位置改變，西半部機場多為南風及海陸風；個案二則是因海峽脊線的關係，西半部多為偏北風。個案一及二鋒面位於東部外海，若未仔細分析地面天氣圖，容易誤判為因前段鋒面已過天氣好轉，但後方華南一帶有殘留之槽線存在，可進一步促發起霧現象，因此在天氣診斷分析上須特別小心。

從季節、天氣條件的配置上，可定性評估發生霧的可能性。起霧有其環境先決條件，從綜觀天氣形態來看，多為鋒前暖區和高壓迴流兩類。霧之形成或成長階段，需有相對應的風變線、高壓脊線配置，而低層西南風噴流及暖濕空氣則為霧維持階段所需之充分條件。雖然霧的生成已歸納出數種型態，但因其時空尺度相對較小，實務上需要搭配衛星雲圖、地面觀測資料、模式等輔助工具，以利判斷天氣的發展。

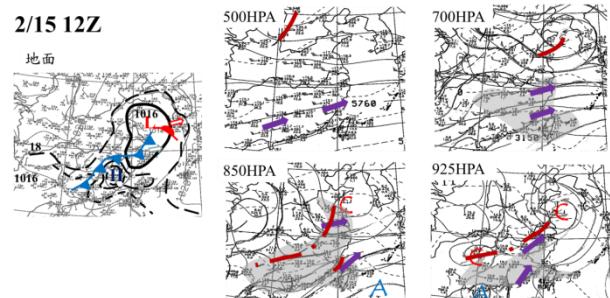
本研究藉由2001-2015年期間各機場觀測資料進行統計分析，結果顯示金門、馬祖南竿、馬祖北竿及桃園機場之年平均區域霧日分別約27、30、16及9天。霧發生的頻率於清晨時段最高，一般午後霧較為消散，直至晚間又出現一相對高峰值。桃園機場霧日高峰期為2月，盛行弱西北風。離島機場霧日以4月最多，金門機場盛行西南風，南竿及北竿機場則有東北風和西南風二種風場特徵。針對2001-2015年過去15年間霧日數之變化，可發現2005及2012年為桃園機場偏多霧年，2003及2010年為馬祖南/北竿與金門機場偏多霧年。而2009年則為各機場偏少霧年。離島(金門、南竿及北竿)和本島桃園機場霧日分別呈現2-3年和3-4年之年代際變化特徵。透過數值模式客觀分析資料探討霧日之年際差異，對於本島桃園機場為850百帕高度脊通過臺灣陸地，地面臺灣北部有生波或渦旋存在，使轉為較弱之東北風。而離島(金門、南竿及北竿)機場則需有溫度場及風場之配合，且若在臺灣海峽及大陸沿岸有西南風之輻合，則帶來較大之水氣通量，為離島多霧之明顯特徵。

七、參考文獻

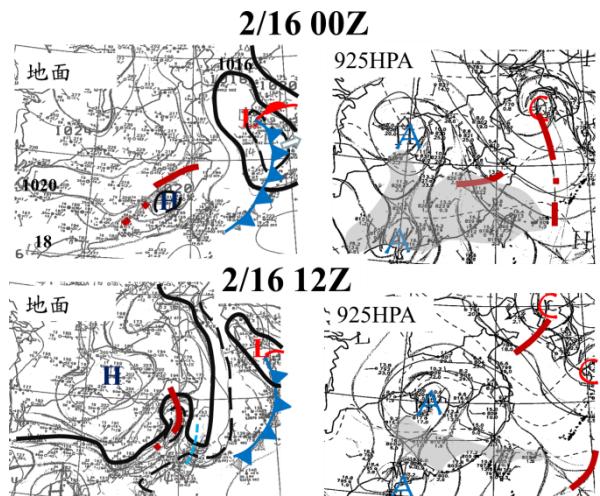
- 各民航機場氣候統計特徵報告(1997 年~2006 年)，2009:
交通部民用航空局飛航服務總臺，民國98 年4 月。
臺灣地區春季大霧經驗預報之量化，交通部民用航空局研究
計劃，2014。
謝明昌、鄭師中、黃椿喜、謝曼耕，2010: 臺灣地區成霧預
報指引之建立，臺灣警察專科學校警專學報，民
國99 年10 月，第四卷第八期：143-162 頁。
閻健婷，2013: 2013 年2 月濃霧個案預報檢討，第八屆海峽
兩岸航空氣象與飛行安全研討會-中華航空氣象協
會，2013。
卓智祥，2013: 霧形成的過程，飛航天氣第十九期。
藍嘉偉，2013: 桃園機場霧季地面觀測資料分析，飛航天氣
第二十期。



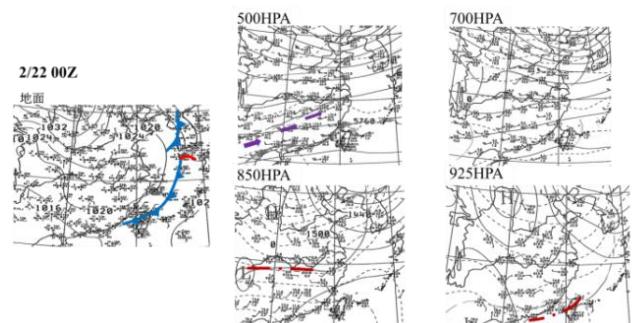
圖一 2015年2月15日00Z地面及高空天氣分析圖。



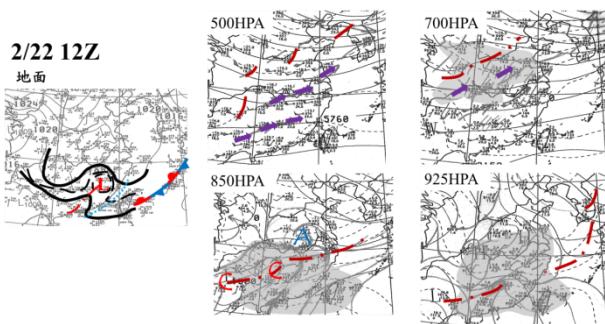
圖二 2015年2月15日12Z地面及高空天氣分析圖。



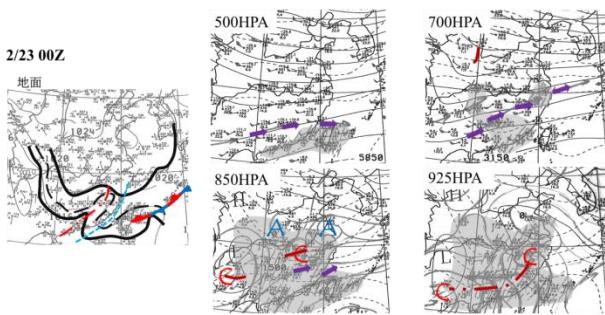
圖三 2015年2月16日00Z及12Z地面及925百帕天氣分析圖。



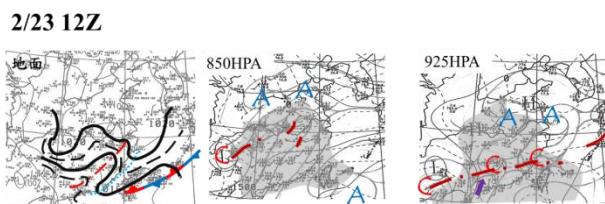
圖四 2015年2月22日00Z地面及高空天氣分析圖。



圖五 2015年2月22日12Z地面及高空天氣分析圖。

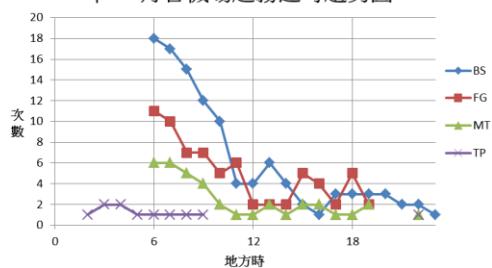


圖六 2015年2月23日00Z地面及高空天氣分析圖。

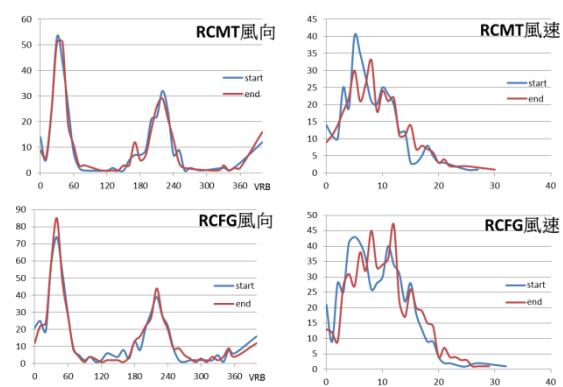
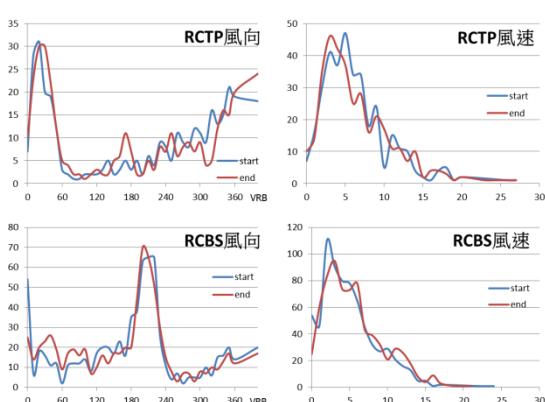


圖七 2015年2月23日12Z地面及高空天氣分析圖。

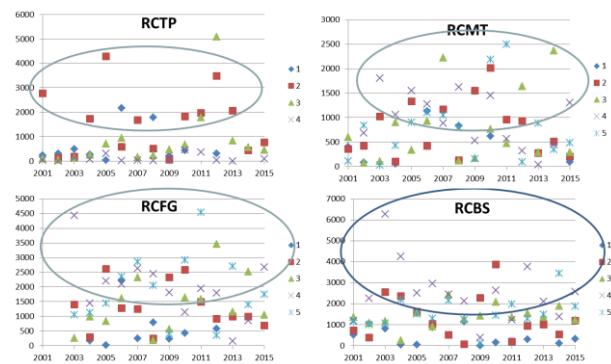
2015年1-5月各機場起霧逐時趨勢圖



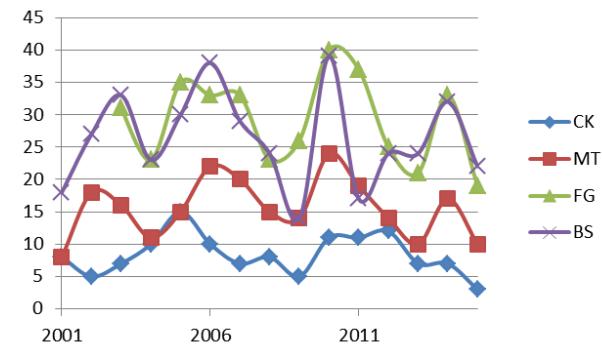
圖八 2015年1-5月間各機場起霧之逐時趨勢圖。



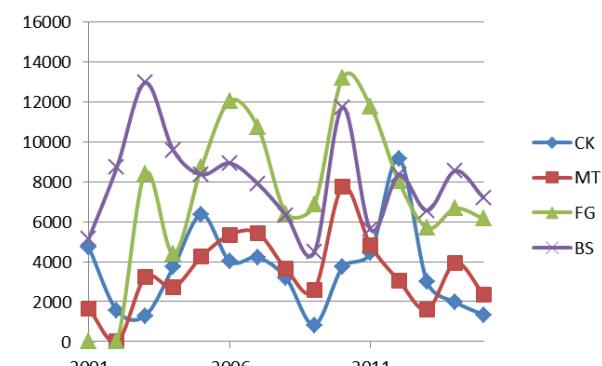
圖九 各機場起霧時段期間風場分布，藍色線為能見度下降至1公里時，紅色線為能見度上升達1公里或以上時。



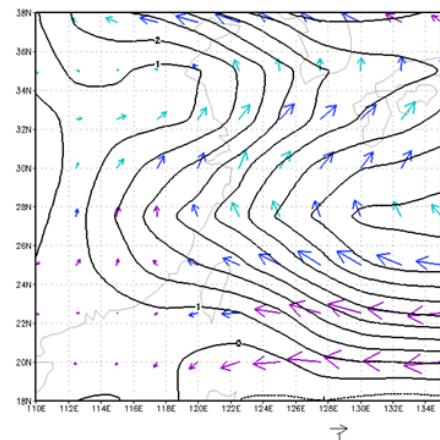
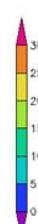
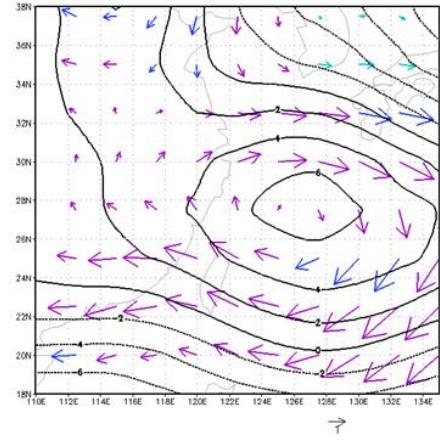
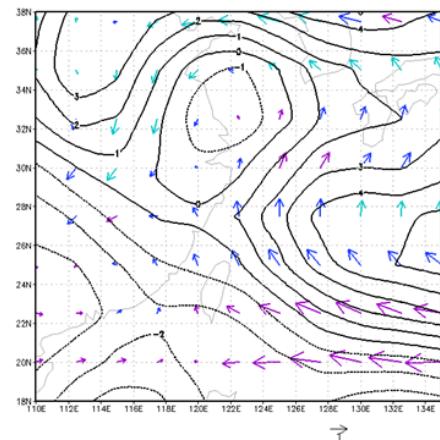
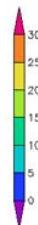
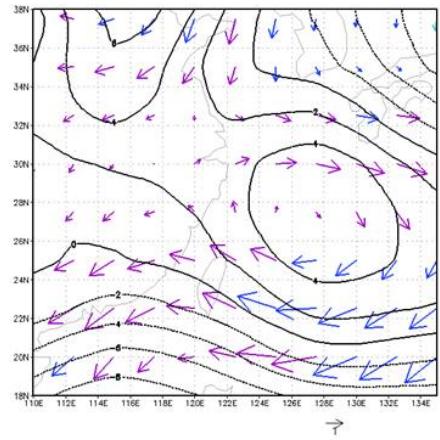
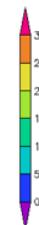
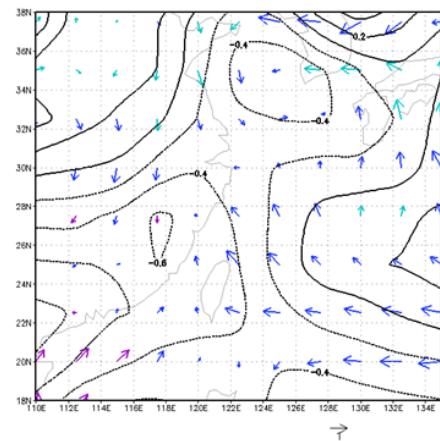
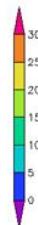
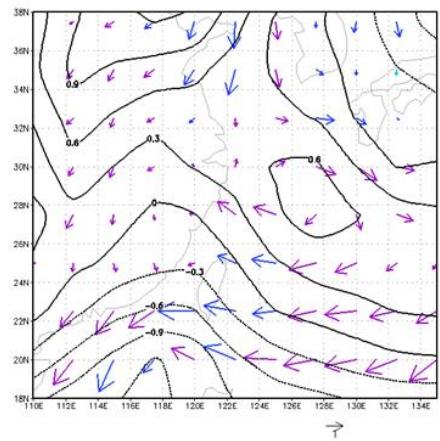
圖十 各機場觀測到霧之持續分鐘數逐年分布圖，藍、紅、綠、紫色分別為1、2、3、4、5月份。



圖十一 各機場霧日數逐年(2001-2015)趨勢圖。



圖十二各機場持續分鐘數逐年(2001-2015)趨勢圖。



圖十三 2012年3月份距平圖（月平均扣除氣候平均值），上、中、下分別為地面、925百帕及850百帕之風場(風標)、水氣場（色階）、地面氣壓場及高層高度場。

圖十四 如圖十三，但為2003年4月份。