

臺南地區有霧日成霧氣象因子統計分析 及其綜觀天氣分類

陳家餘 易聖博 彭定弘
中央氣象局臺灣南區氣象中心

摘 要

本研究利用2010年至2016年冬季臺南(南區氣象中心)有霧日時之氣溫、露點的時間序列，分別與各該月之平均氣溫、露點的時間序列作比較，發現有霧日時大部分在清晨其氣溫高於該月平均，即大部分霧日發生於高溫的環境中。

除了研究霧日所處在的綜觀環境、氣溫和露點時間序列、水平風場時間序列以進行分類和了解霧之成因外，更進一步利用北寮、新市這兩個自動氣象站(高度差約100公尺)計算各該月每日的垂直風切，發現有霧日時垂直風切在清晨及夜晚明顯較小，故此計算量可以做為客觀成霧氣象因子。期待透過有霧日的綜觀天氣型態及氣溫露點差、水平風場、垂直風切的統計特徵，讓地方氣象觀測人員對於當地霧的形成有更進一步的了解。

關鍵字：霧

一、前言

霧是由懸浮於近地面空氣中肉眼不易分辨極細微而密集的水滴所組成，根據世界氣象組織的定義，有霧時水平方向之能見度必須不足一公里(WMO 2011)。過去的研究認為霧的形成因素相當複雜，依其成因大致可分為輻射霧、平流霧、平流輻射霧、鋒面霧、蒸氣霧、上坡霧等。臺灣之霧以輻射霧、平流霧、平流輻射霧及鋒面霧最為常見，且於冬、春季發生的機會最多。

戚(1956)指出，臺灣之氣團霧以平流輻射霧最為重要，所占比例亦最多，中南部的霧季以此為主角。嘉南平原之多霧也具有平流輻射霧的特性。他也認為臺南離海稍遠，日間海風輸入潮濕空氣搭配夜間輻射冷卻，成為平流輻射霧。

謝等(2010)利用1990至2005年的觀測資料統計結果指出，臺灣本島成霧好發於11月至次年4月，並且歸納出成霧期間綜觀天氣型態，可區分為東北季風類、高壓出海類、高壓迴流類、鋒前類、鋒面類及呂宋低壓類等6類。

本研究利用2005至2016年臺南(南區氣象中心)地面觀測資料進行統計分析，進一步了解臺南有霧日的年際變化、季節分布及發生頻率等，以及針對冬季霧日發生時氣象要素進行分析，諸如氣溫、露點、風向風速及垂直風切，了解其統計特徵，並搭配天氣圖進行成霧個案之綜觀天氣分析。

二、資料來源及研究方法

本研究使用的資料為南區氣象中心的逐日視障資料及日期檔資料，研究年份是從2005至2016年。分析步驟如下：先從逐日資料挑出發生霧的日期，再從霧的發生日期分析當日及前一日的逐時資料，包含霧的發生時間、持續時間、結束時間、氣溫、露點、地面風場資料，並以當日 and 前一日之地面及低層天氣圖進行天氣型態的輔助分析。

垂直風切的部分，我們採用新市(臺南市新市區永就里53號，標高18公尺)和北寮(臺南市南化區北寮里48-4號，標高127公尺)這兩個自動氣象站的風向風速資料，兩者皆有資料之時間為2014年開始。計算方式是先把兩者的風向風速轉成東西和南北的分量後相減，得到分量差取平方相加後開根號，即為垂直風切。

三、統計分析

由表1臺南(南區氣象中心)2005年至2016年的總霧日數年際變化得知，其中以2012年之霧日天數22天最多，而2008、2010、及2016年則僅有5天，霧日數年際差異頗大。由圖1知霧日數之逐月變化也顯著，11月至次年3月霧日數較多，之後減少，5至10月較少，甚至無霧日發生，推測可能之原因為臺南緯度偏低，夏季日間地面太熱，易產生對流雲，而夜晚冷卻不足以使下層空氣接近露點，因而夏季極少有霧。隨著季節轉冷，地面為冷源或陸地輻射冷卻效應影響而霧發生頻率增加，所以就季節而言，臺南以冬季(12月至次年2月)發生霧日數最高。

表1 2005-2016年臺南霧日月份年際統計

年份/月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總合
2005	2	4	4	1	0	0	0	0	0	0	3	3	17
2006	11	4	2	0	0	0	1	0	0	0	0	3	21
2007	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	5	10
2008	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5
2009	2	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	6
2010	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5
2011	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	3	1	11
2012	5	11	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	22
2013	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	8
2014	0	3	2	0	2	0	0	1	0	0	2	0	10
2015	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	3	6
2016	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5
總合	28	37	21	3	2	0	1	2	0	0	12	20	126

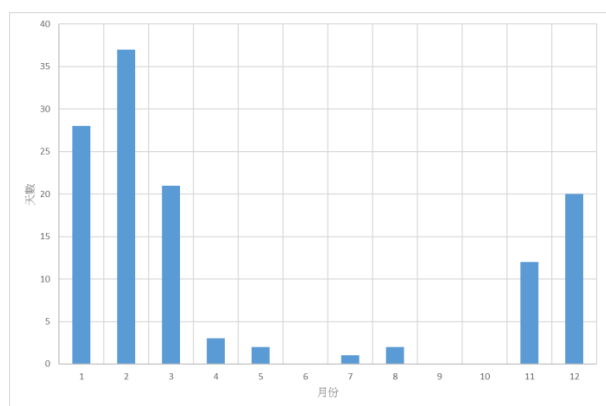


圖1 2005-2016年臺南年內霧日之月份統計。

圖2為2005年至2016年臺南冬季12月至2月霧時發生時間之統計次數日變化。由圖2得知，霧發生時刻以清晨5至8時最多，9至10時後逐漸消散，至於起霧時間自16時就有之。以氣溫之日夜變化來說，清晨通常是一天當中氣溫最低的時刻，如果風速配合，加強夜間的輻射冷卻作用，使地面氣溫愈靠近露點溫度，外加清晨空氣穩定，對流較少發生，所以以清晨出現霧的頻率最高，下午最低。典型的平流霧均相當厚，較能承受日間加熱而較不易消散，且能持續較久，少部份下午就有霧發生者以平流霧為主因。

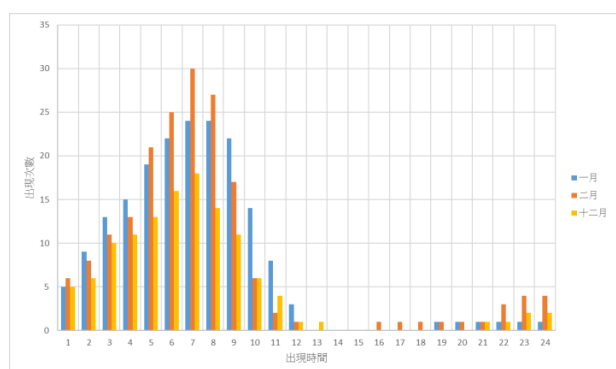


圖2 2005-2016年臺南冬季霧時發生時間之統計次數日變化。

依據圖2霧時統計特徵，我們選擇1-8時作為成霧時間，計算出2010年至2016年之冬季有霧日(共38日)1-8時平均氣溫和氣溫露點差平均(因天氣類型分類是採用2010年之後的資料)，畫出其分布(圖3上)，另也作成霧時平均氣溫與氣溫露點差平均分布圖(圖3下)，我們發現這兩者差異不大，所以接下來皆以1-8時的平均特性來討論。從圖3也可以看到有霧日時氣溫在13至23°C間，氣溫露點差主要在3°C以下。

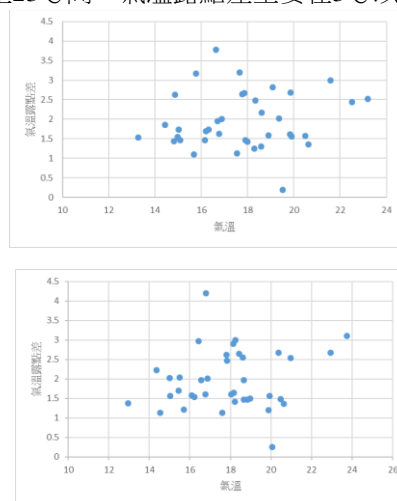


圖3 2010-2016年有霧日1-8時(上)及成霧時(下)之平均氣溫和氣溫露點差平均的分布。

圖4呈現有霧日1-8時平均氣溫與平均露點分布圖。其中大於最高溫平均的霧日數(紅色虛線右側)有22天，占了總霧日數的57.8%，顯見霧日較多發生在高溫的清晨。

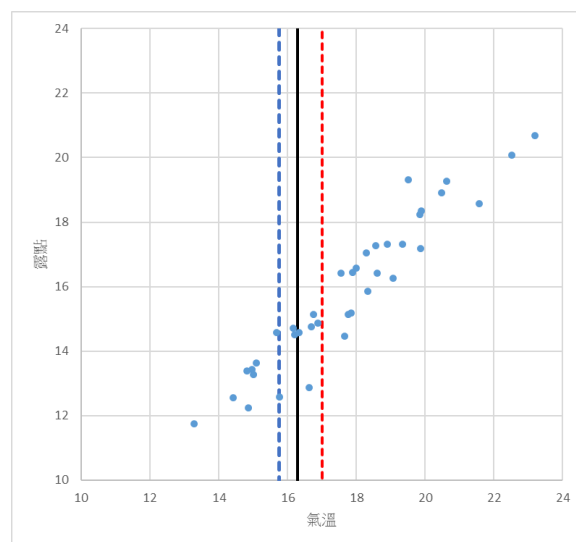


圖4 2010-2016年有霧日1-8時平均氣溫與平均露點分布，黑色實線為2010-2016年冬季1-8時之氣溫平均(~16.29°C)，紅色虛線為1-8時之最高溫平均(~17°C)，藍色虛線為1-8時之最低溫平均(~15.75°C)。

四、臺南成霧期間綜觀天氣型態

利用地面天氣圖、925及850百帕高空天氣圖，分析2010年至2016年所有成霧期間的綜觀環境特徵，將臺南有霧日的類型區分為鋒前暖區類、鋒面類、高壓迴流類、高壓出海類、東北季風類、副冷鋒類等六種類型(表2，橙色格為高溫有霧日，霧之成因如第五節個案分析)。結果顯示前五類之綜觀天氣型態和謝等(2010)提出的類似，故不再贅述，僅說明副冷鋒類。此外，分析結果顯示臺南霧日類型，並沒有發現謝等(2010)提出的呂宋低壓類。

表2 2010-2016年臺南霧日綜觀型態分類及成因

日期	1-8時平均氣溫	1-8時平均氣溫與月平均差	成霧時間	分類	霧之成因
2010/1/2	15.7625	-0.1125	7-10	副冷鋒類	平流輻射霧
2010/1/5	16.6375	0.7625	7-9	東北季風類	平流輻射霧
2010/1/29	18.325	2.45	5-9	東北季風類	平流輻射霧
2012/1/14	17.55	2.3375	2-9	東北季風類	平流霧
2012/1/15	18	2.7875	6-9	鋒面類	鋒面霧
2012/1/19	16.7625	1.55	7-9	鋒前暖區類	平流輻射霧
2012/1/20	16.325	1.1125	9-10	東北季風類	平流輻射霧
2012/1/28	14.825	-0.3875	2-9	高壓出海類	平流輻射霧
2013/1/23	16.875	1.6	1-8	東北季風類	平流輻射霧
2013/1/30	14.8625	-0.4125	5-8	高壓出海類	輻射霧
2016/1/4	19.5125	3.7375	1-12	高壓迴流類	平流霧
2011/2/4	14.425	-1.0125	6-10	高壓出海類	輻射霧
2011/2/10	17.85	2.4125	6-9	東北季風類	平流輻射霧
2011/2/18	16.7	1.2625	5-7	東北季風類	平流輻射霧
2011/2/25	17.6625	2.225	5-8	東北季風類	平流輻射霧
2011/2/27	17.775	2.3375	3-8	高壓迴流類	平流輻射霧
2012/2/5	15.6875	0	23-24, 1-8	高壓出海類	平流輻射霧
2012/2/13	15.1	-0.5875	22-24, 1-9	高壓迴流類	平流輻射霧
2012/2/15	19.075	3.3875	5-8	鋒前暖區類	平流輻射霧
2012/2/22	18.575	2.8875	16-24, 1-8	高壓迴流類	平流霧
2012/2/23	22.5125	6.825	7-9	鋒面類	鋒面霧
2012/2/25	18.3	2.6125	3-8	東北季風類	平流輻射霧
2012/2/29	13.275	-2.4125	22-24, 1-7	高壓出海類	平流輻射霧
2013/2/5	21.575	3.4625	8-12	鋒前暖區類	平流霧
2013/2/19	23.2	5.0875	6-9	鋒前暖區類	平流霧
2013/2/25	16.1625	-1.95	7-10	高壓出海類	平流輻射霧
2013/2/28	17.9	-0.2125	5-9	高壓出海類	平流輻射霧
2014/2/23	14.975	-1.1125	7-9	高壓出海類	輻射霧
2014/2/25	15.0125	-1.075	5-8	高壓出海類	輻射霧
2014/2/28	18.6	2.5125	6-9	高壓迴流類	平流輻射霧
2015/2/24	18.9	2.35	5-8	高壓出海類	平流輻射霧
2010/1/25	19.8625	2.9875	7-9	高壓出海類	平流輻射霧
2011/2/29	16.2125	-0.625	3-7	東北季風類	平流輻射霧
2015/1/22	19.9	1.4375	7-9	高壓出海類	平流輻射霧
2015/1/23	19.8375	1.375	21-24, 1-3	鋒前暖區類	平流輻射霧
2015/1/25	20.4875	2.025	3-7	東北季風類	平流輻射霧
2016/1/20	19.35	0.5	5-7	高壓迴流類	平流輻射霧
2016/1/22	20.625	1.775	1-8	鋒前暖區類	平流輻射霧

本文以2010年1月2日個案說明副冷鋒類，從2010年1月2日8時的地面天氣圖(圖5上)有一冷鋒位於臺灣西北方近海，臺灣位於鋒前暖區，但當天2時的地面天氣圖(圖5中)，北方分裂高壓剛出海不久，未完全變性，且從表2知該日氣溫比該月平均氣溫略低，分裂高壓後方的冷鋒應為分開前涼和後冷之空氣，所以其前緣應不屬於鋒前暖區而是屬於涼空氣區，在本研究中定義為副冷鋒類。

根據表2進行分類統計(表3)，發現高溫(大於17°C)霧日發生的類型除了大致上為高壓迴流類、鋒前暖區類、鋒面類以外，尚有東北季風類及高壓出海類。發生東北季風類或高壓出海類時臺灣天氣型態應屬於偏低溫，但實際上發現臺南當地氣溫並未

明顯降溫，推測原因為東北季風尚未南下至影響臺南地區。

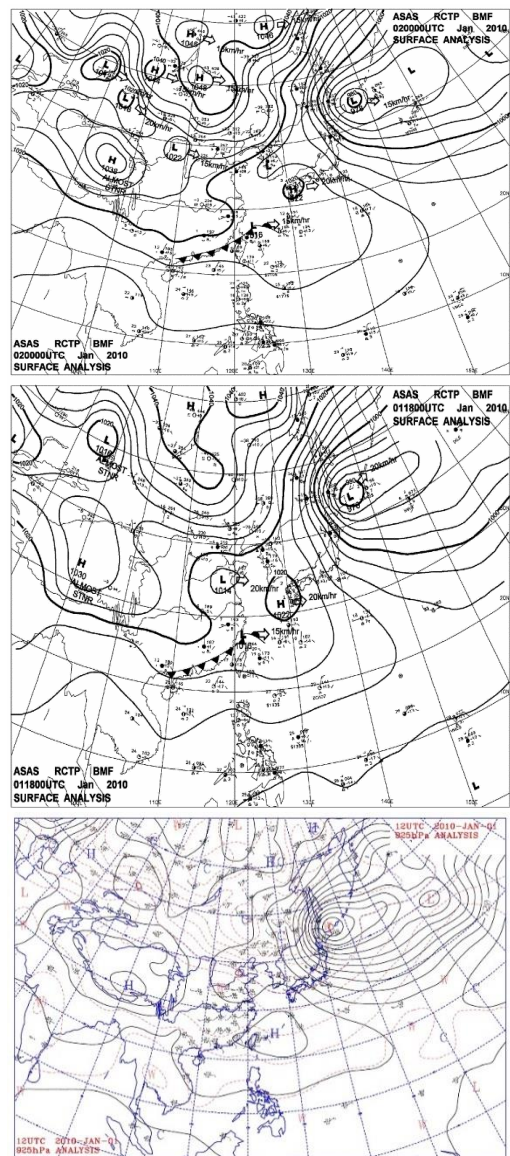


圖5 上為2010年1月2日8時之地面天氣圖，中為2010年1月2日2時之地面天氣圖，下為2010年1月1日20時之925百帕的高空天氣圖。

表3 2010-2016年臺南霧日類型統計

類型	鋒前暖區類	鋒面類	高壓迴流類	高壓出海類	東北季風類	副冷鋒類
出現天數	6	2	6	12	11	1

五、個案分析

為進一步分析霧日所處在的綜觀環境，本研究挑選三個個案，以霧日當天和前一天之氣溫、露點、風向、風速時間序列，分別說明不同霧成因如下：

(一) 平流霧：

案例時間：2013年2月19日(圖6)。

臺南位於鋒前暖區，地面至925、850百帕為西南風，雲量偏多。臺南當地前一日白天地面有明顯西南風，最大平均風速6.6 m/sec，帶來潮濕空氣。白天露點升高，夜晚之後風速減弱改為吹東北風之陸風，風速較月平均風速小，成霧的1-8時氣溫接近露點，且氣溫無輻射冷卻效應，或可視為雲量多足以克服夜間輻射冷卻效應，為平流霧型態。

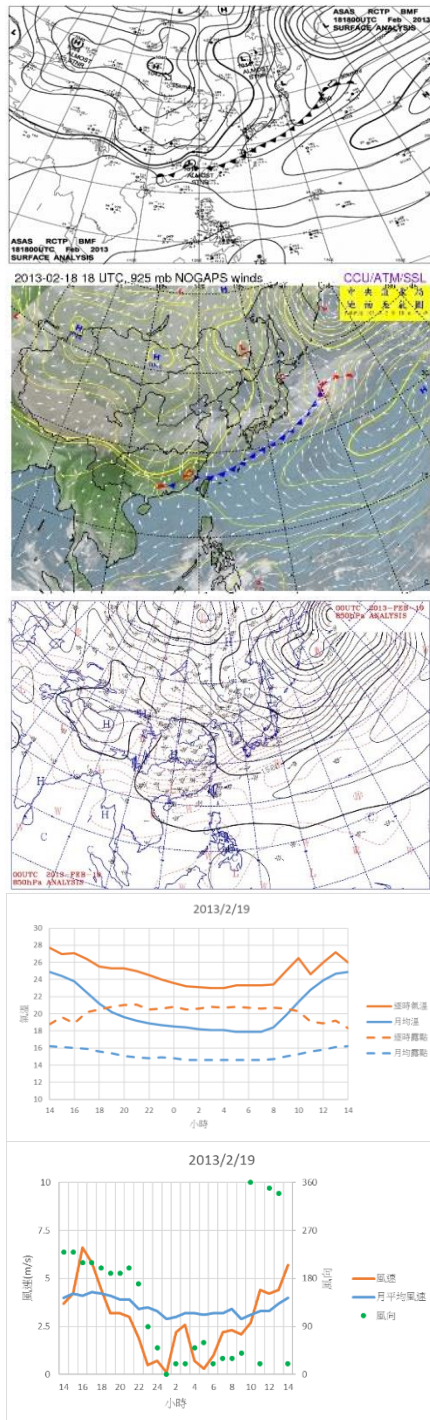


圖6 2013年2月19日霧日地面天氣圖、地面及925百帕風場圖、850百帕高空圖、氣溫及露點時間序列、及風向風速時間序列。此為平流霧案例。

(二) 平流輻射霧：

案例時間：2011年2月25日(圖7)。

臺灣位於東北季風的綜觀環境之下，但臺灣附近等壓線較疏，925百帕仍為東北風作用下，為多雲的天氣。從氣溫露點風向風速的時間序列可以發現，臺南前一日白天吹偏西至西北西的海風(平流)，夜晚過後吹北至東北風方向的陸風，大部分風速遠小於月平均風速，夜間4-7時有明顯的輻射冷卻，為平流輻射霧型態。

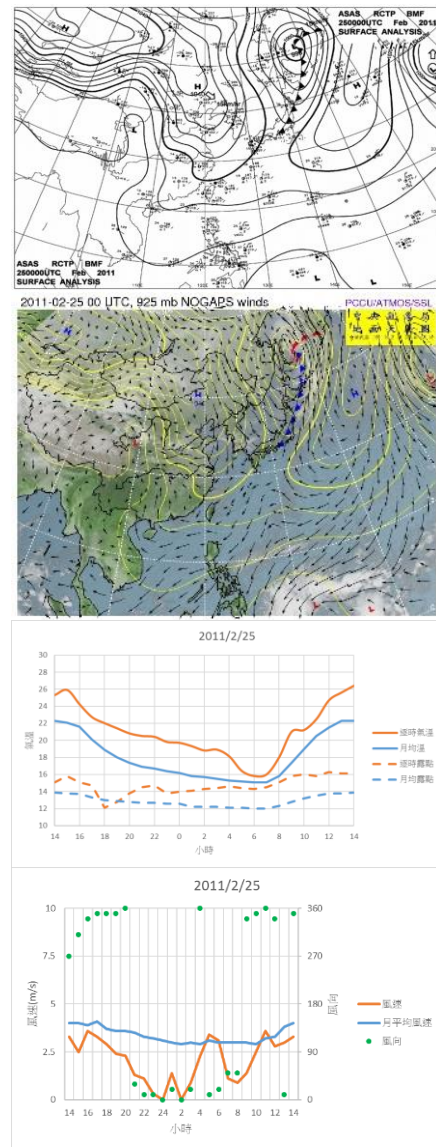


圖7 2011年2月25日霧日地面天氣圖、地面及925百帕風場圖、氣溫及露點時間序列、及風向風速時間序列。此為平流輻射霧案例。

(三) 輻射霧：

案例時間：2013年1月30日(圖8)。

從地面天氣圖來看臺灣的綜觀環境為高壓出海類，前一日(1月29日)的氣溫露點時間序列於16時起

至24時遞減得很快(約-0.8°C/hr)且很乾,於成霧時間(5-8時)氣溫露點靠得最近,風向變化不大,為吹東北風,風速也夠小(約1-2級風),為輻射霧型態。

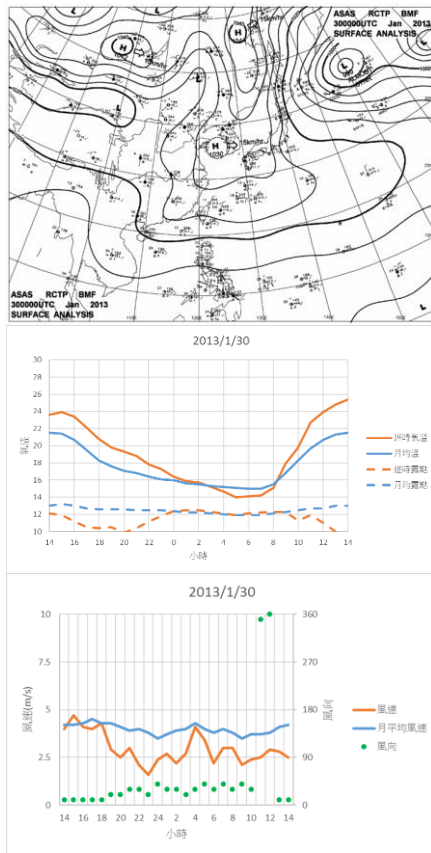


圖8 2013年1月30日霧日之地面天氣圖、氣溫及露點時間序列、及風向風速時間序列。此為輻射霧案例。

依據霧之成因(表2最後一欄)進行統計(表4),發現臺南發生霧日之成因以平流輻射霧居多,占了71%,符合戚(1956)的論點。

表4 2010-2016年臺南霧日成因統計

成因	平流輻射霧	平流霧	輻射霧	鋒面霧
出現天數	27	5	4	2

六、垂直風切之應用

2014至2016年冬季共有10個有霧日個案有北寮和新市自動氣象站的風場觀測資料,可供垂直風切應用。10個有霧日平均垂直風切之時間序列皆小於季平均垂直風切時間序列(圖9),且此10個個案中有8個其垂直風切分別小於該月平均垂直風切,僅2個略大於該月平均垂直風切。

更進一步,利用以上成霧時的特性去了解為何有些時候氣溫露點差很小卻沒有成霧之原因。首先

選取氣溫露點差小於1.5°C,但卻是霧日者,於2014至2016年共有12天,其中因為下雨而沒有霧發生共9天,僅3天無下雨也沒有觀測到霧的紀錄。這3天裡有2天(分別為2016年1月30日及1月31日,能見度分別為4公里和2公里)風切風速相似或略大於月平均(圖10、圖11);另有一日(2016年1月5日)其水平風速及垂直風切均適合霧生成(圖12)但無觀測到霧,查閱當日之日期檔,其能見度也僅1.1公里。以上例子說明交相利用水平風速與垂直風切大小也可以輔助判斷在氣溫露點差小的情況下有無可能發生霧的情況。

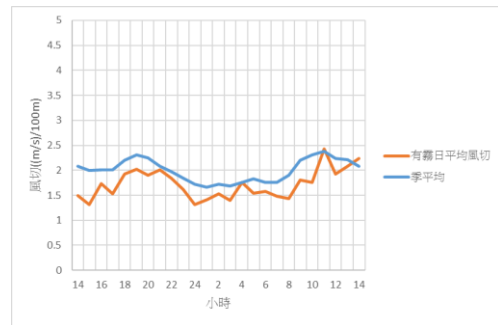


圖9 2014-2016年垂直風切平均之時間序列,期間10個有霧日個案的平均皆小於季平均。

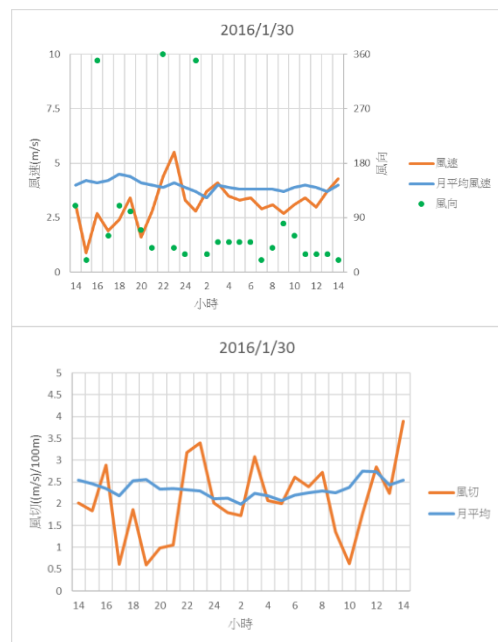


圖10 2016年1月30日水平風場(上)及垂直風切(下)。

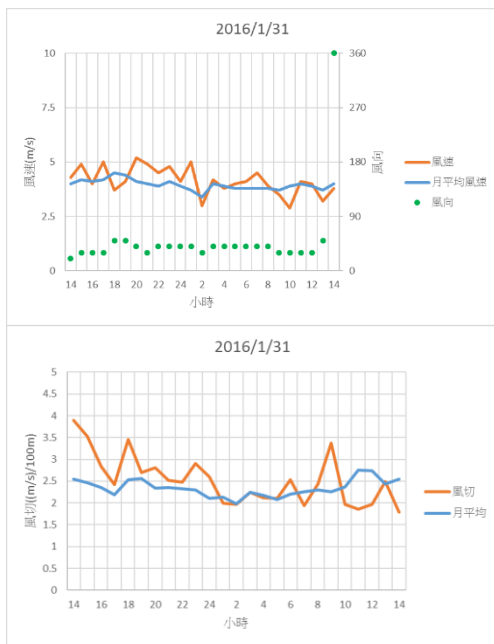


圖11 2016年1月30日水平風場(上)及垂直風切(下)。

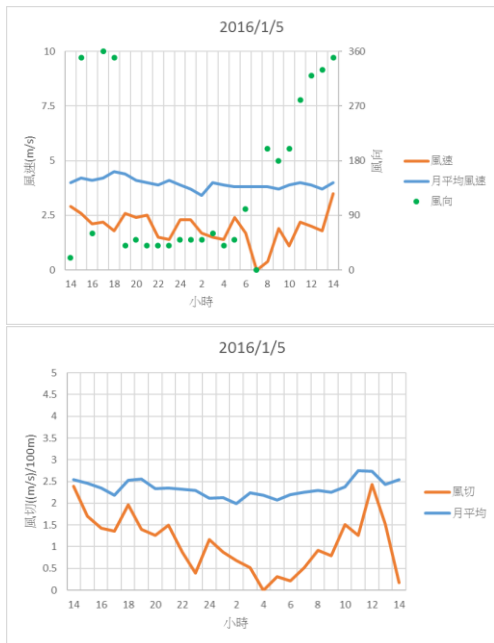


圖12 2016年1月5日水平風場(上)及垂直風切(下)。

七、結論

- (一) 臺南年總霧日數之年際變化差異大。就季節而言以冬季霧日數最高，夏季最少。霧發生時刻以清晨最多，日出後逐漸消散，少部分下午就發生或能持續至中午才消散者即以平流霧為主。
- (二) 霧日發生時大部分個案清晨逐時氣溫高於該月清晨逐時平均氣溫，所以高壓迴流、鋒前暖區

類綜觀天氣型態出現時應當注意霧之發生與預報。可是檢視臺南有霧日時的綜觀天氣型態卻以東北季風及高壓出海為大宗，在東北季風類11個案中有7個是明顯正值(大於 1.5°C)，高壓出海類12個案中有3個是明顯正值，顯見此時東北季風尚未下來影響臺南，所以除注意綜觀天氣型態外也應一併考慮當時氣溫與月平均溫差關係。

- (三) 臺南發生的霧確實以平流輻射霧為主，大陸冷高壓出海變性增溫的高壓迴流或鋒前暖區之西南風盛行下輸入暖濕空氣，或者在綜觀風場不大，白天有海風輸入暖濕空氣，夜間輻射冷卻，成為平流輻射霧。
- (四) 臺南有霧日平均垂直風切整體小於季平均垂直風切，似乎也可以作為判斷霧日指標。

八、致謝

本研究使用之部分地面天氣圖、925百帕和850百帕的高空天氣圖參考中國文化大學劉清焯副教授的網站：<http://twister.atmos.pccu.edu.tw/ssl/sslbank>。

九、參考文獻

- 戚啟勳，1956：“臺灣的幾種氣團霧”，氣象學報，2卷，3期，15-24。
- 謝明昌、鄭師中、黃椿喜、謝旻耕，2010：“台灣地區成霧預報指引之建立”，台灣警察專科學校警專學報，第4卷第8期，143-162。
- 陳孟青、戚啟勳，1988：“初步探討台灣之霧”，氣象學報，34卷，4期，308-318。
- 劉復誠、蔣為民，1985：“松山及桃園地區成霧之分析與預報研究”，氣象學報，31卷，4期，174-191。
- World Meteorological Organization, 2011: *Manual on Codes International Codes Volume I.1.* (WMO-No. 306). Geneva.