

探索焚風及龍捲風的形成與地形的相關性

王玉蘭

一、前言

筆者於2007年10月因公前往美國航空氣象中心AWC(Aviation Weather Center)受訓研習，其位於密蘇里州的堪薩斯市，正是龍捲風常發生的美國中部地區。研習期間從資料中見識到美國兩個因地形所引發出的天氣現象，真是令人印象深刻，並彼此互相交換心得，談及台灣也有一樣因地形而產生的特殊天氣，以下就來分享當時從各種氣象資料中研判出的焚風和龍捲風與美國當地地形的密切相關性。

二、探討過山的聖塔安那風(Santa Ana Wind；如同台灣的焚風)

10月22日見習時，AWC的預報員談起這幾天的加州森林大火，已造成64萬人撤離家園，起因於來自沙漠的強烈冷高壓(Strong High Pressure)，其氣壓梯度相當密集，當其越過Tehachapi Mountain高度約為4000ft至8000ft的高度後造成下沉絕熱增溫，此即頗富盛名的聖塔安那風，此風為一既乾且熱的風，使位於此山西南邊的南加州在秋末冬初的季節出現95°F(33°C)的高溫，如再遇到有人為不慎引起的小火苗時，將可如星星之火般的燎原，並引發不可收拾的森林大火。

經了解得知美國的法律規定，其相當保護森林，不能以砍伐森林隔出防火牆來抑止火勢，當火勢無法有效控制時，也只能祈禱並等待老天下一場大雨，以及儘快修改法令來積極有效的阻止森林大

火的延燒了。

乾熱的聖塔安那風不但可助長火勢使之不易控制外，還可產生的亂流和垂直風切對航空器操作造成危害。另外，這種乾暖的風也會使蔬果乾枯不易生長，更使人產生皮膚異常乾癢的不舒服症狀。圖一為美國 AWC 的西部區域預報席對聖塔安那風發佈的顯著危害天氣資訊(SIGMET)有關強烈亂流出現的區域。

這種環境條件使得南加州的洛杉磯屬於乾燥的地中海型氣候，豔陽高照的日子居多，下雨的日子少之又少，應當是常供水不足的情形，但旅遊時經移民洛杉磯的台灣同胞告知多虧賽拉山(Sierra Mountain)的冬日積雪所提供呢！後來查資料得知其水主要來自三處：其一是抽取當地地下水(佔 15%)；其二是截取科羅拉多河的水源(佔 30%)；其三是經由加州供水渠道，將「北水南調」由北加州賽拉山區山上的降雪融化後供應給南加州(佔 50% 以上)。

類似的情形也可在台灣見到，在夏天颱風季時，當有颱風接近在台灣東北部時，因颱風外圍環流接近影響使氣壓梯度密集，造成強的西北風越過中央山脈，而使位於台灣東南方的台東吹起過山的焚風，其高溫可達 38^oC，造成當季的農業損失，尤其以著名的水果釋迦損失最大，因此時為釋迦的開花結果期，致產量銳減造成果農嚴重損失。

2004 年 08 月 12 日在台東就因颱風靠近而造成焚風，以下為當時的機場飛行天氣報告(METAR)資料，從資料中看到在 0330Z 時，台東豐年機場觀測到 39^oC 的高溫，而且相對濕度也由原本的 70% 降至 30%，焚風的時間持續約 5 個小時之久。

METAR RCFN 120300Z VRB05KT 9999 FEW012 SCT030
BKN250 32/28 Q0991(A2929)WS RWY04 NOSIG RMK QFF
992.2HPA=

**METAR RCFN 120330Z 32012G23KT 240V020 9999 FEW012
SCT030 BKN250 39/21 Q0991(A2929) WS ALL RWY NOSIG=**

METAR RCFN 120400Z 33017G31KT 250V020 9999 FEW012
SCT060 BKN250 39/21 Q0991(A2929) WS ALL RWY NOSIG
RMK QFF 992.2HPA=

焚風的情形不僅發生在台東市區，也發生在台東縣(大武、成功)、台中、花蓮、和新竹，圖二說明颱風的中心位置、強度及 30KT 風力半徑等關係所造成各地焚風的情形。

三、探討龍捲風的形成與地形的相關性

在 10 月 17 日 AWC 預報員也從模式預報中預測未來的幾天將有利於龍捲風的形成，因為在台灣我們很少看到陸地上的龍捲風，所以好奇的請教，那些天氣條件是造成龍捲風的成因，以下是必要的天氣條件：

(1)當有來自加拿大的北方乾冷空氣遇上來自墨西哥南來的暖濕空氣，便會在地面圖上出現深的低壓(A deep low pressure)，且在冷暖鋒面中會形成一條明顯的乾線(Dry Line)，請見圖三。

(2)墨西哥南來的暖濕空氣可以提供能量來源，有利形成 CB 雲，請見圖四。

(3)500hpa 高空圖上要有 80KT~100KT 的中層噴流(Jet Stream)經過，目的在造成龍捲風逆時鐘旋轉的扭力，因為中層噴流可將正斜槽(Positive Tilted Trough)轉置成反斜槽(Negative Tilted Trough)的

形式，請見圖五。

龍捲風來自於雷暴，往往是超級對流胞雷雨系統伴隨在颶線或颶風(在台灣)而來。通常認為當冷空氣越過熱空氣層時被產生，迫使暖空氣急速上升。雷暴伴隨著龍捲風，閃電，有時還有冰雹，在雷達螢幕上可分析出一個典型的鉤狀回波(hook echo)，代表可能存在龍捲風的區域。其對飛行航空器及居民房屋農舍深具威脅性，因其瞬間的風速可達 480 公里/時，所以他們的房子大都有設置地下避難所(shelter)。

在美國龍捲風發生的季節大都在春、秋兩季，因為在冬天來自墨西哥南來的暖濕空氣不夠充沛；夏天則來自北方加拿大的強烈乾冷氣團不夠強盛，來足以產生達 80kts 的中層亂流，所以夏冬兩季缺乏必要的成因條件。而發生的區域在洛磯山(Rock Mountain)以東，此為地形的緣故，因墨西哥南來的暖濕空氣才可以吹的進來，不會被高大的山阻擋，這也就是龍捲風為何經常發生在美國中部的原因。

在台灣龍捲風發生機會較少，尤其陸上的龍捲風，目前有偵測到典型的鉤狀回波，並發生在陸地上的個案為 2007 年 4 月 18 日零晨 2 點左右發生在台南市、縣一帶的陸龍捲，為中央氣象局七股雷達站所偵測到，相關資料可上中央氣象局網頁點選龍捲風特輯。另外，在 2003 年 9 月 1 日正值杜鵑颱風接近台灣，輪值蘭嶼航空氣象臺觀測員看到水龍捲，並且拍攝下這奇特難得一見的景象，讓大家也能有幸分享（圖六）。

四、結語

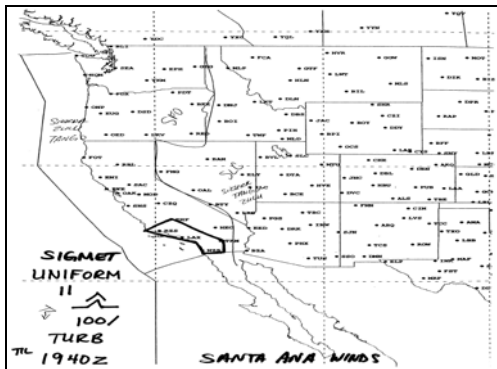
雖然龍捲風是較小尺度的天氣系統，生命期也很短，但其破壞力是不容小覷的。而因地形過山的乾熱聖塔安那風和台灣的焚風也有一定的破壞力，皆可造成農業的損失，且當有意外的火災時，更可令火勢難以控制，使消防人員疲於奔命。但美國在預報上對龍捲風的區域及聖塔安那風所引起的風切亂流的掌握是相當的不錯的，也能適時的發出警報提醒民眾注意。而台灣的龍捲風尺度小、生命期更短較難預報。焚風的成因要視颱風的位置及強度才會發生，持續也不過半天左右，而且當颱風來臨時，我們較注意在颱風未來侵台的路徑跟警報階段的發佈，但我們也仍對這些因地形而出現的天氣現象深感興趣呢！

五、參考資料

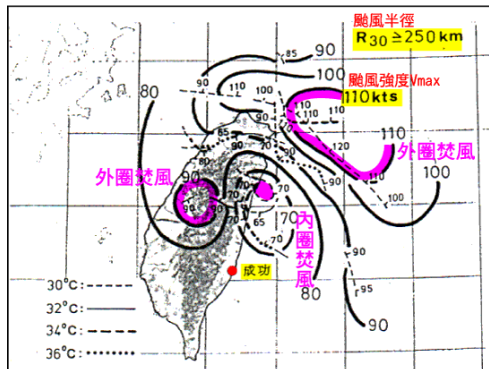
中央氣象局網頁中之台灣颱風預報輔助系統，詳細內容請參考網址 (http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/typhoon_eye/forcastuse_hotwind.htm)

中央氣象局網頁之龍捲風特輯 (<http://www.cwb.gov.tw/v5/education/special/planning/tornado.htm>)

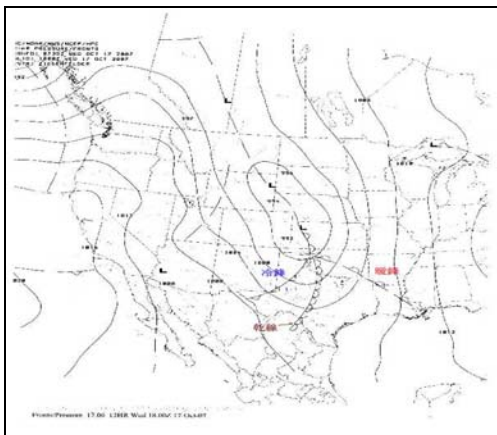
美國航空氣象中心(AWC)網頁 (<http://aviationweather.gov>)



圖一、美國 AWC 所發佈聖塔安那風之 SIGMET 圖。



圖二、颱風的中心位置與各地發生焚風的關係圖(圖引自中央氣象局)



圖三、美國 AWC 所提供之地面圖(冷鋒與暖鋒中間形成一條乾線)



圖四、500hpa 高空圖之正斜槽(紅色線)及 80kts 中層噴流(灰色線)通過的情形



圖五、500hpa 高空圖已變成反斜槽(紅色線)及 80kts 中層噴流(灰色線)通過的情形



圖六、蘭嶼海上的水龍捲(此圖為觀測員李坤城拍攝)