

賽 洛 瑪 颱 風 與 龍捲風

Typhoon, Thelma & Tornado

徐 寶 簡

Pao-chin Hsu

ABSTRACT

A study has been made of certain aspect of the typhoon "THELMA" which had caused a lot of calamity over KAOHSIUNG and PINGTUNG area during the time 9-10 A. M. on 25 July 1977.

Analyses of the surface and the upper air data as well as the radar records for that time showed that the center of Thelma was passing through the area. According to the wind and pressure data of the neighboring places over that period of time the center pressure was rising but the circulation was not weakening.

The diagnostic attempt tried was to examine the reason why this Thelma acted like a tornado with the gust velocity of 53m/s and the great suction force and caused a lot of calamity. Due to lack of more detail data, no definite and conclusive explanation for the behavior of the Thelma has been given.

some properties of tornadoes and some researches on hurricane-tornadoes, suction vortices and tornado cyclone have been introduced.

一、引　　言

本(66)年7月25日賽洛瑪Thelma颱風侵入臺灣南部高屏地區時，造成極大災害，由於風力強而有旋轉及向上引吸之性質，一些民衆及一部分報紙有稱之為龍捲風者。在美國有所謂颶風龍捲風Hurricane Tornado即在颶風中發生之龍捲風。此種龍捲風，在美國自1955年後才有較詳細之研究與結論，因為以前對此種龍捲風尚少有完善足夠之觀測紀錄(Smith 1965)。

行政院李政務委員國鼎先生，關心此次颱風曾囑臺灣省政府林務局於7月30日及8月4日在高屏地區作航空測照，以照片供給本局並囑本局協同臺大等機關協同參考研判。本局亦曾派員訪問高雄、屏東、岡山、左營、東港、萬丹等地之地方政府官員及民衆，藉以瞭解當(25)日風力最强時之風向與風力等

氣象要素之性質(此次特殊氣象情況當地人民記憶確實而深長，頗有參考價值)。茲依據以上各資料及有關氣象單位之紀錄，作綜合性之研判與分析如下：

二、災情之調查與訪問

由地方政府編寫之災害情況報告及人民親身經歷之敘述，可推知小地區氣象及風速風向之結構與分佈，此等資料為通常間距較大之氣象站網儀器，無法觀測到者。

(一) 依據臺灣省政府及有關單位發表賽洛瑪颱風災情調查報告記載，此次賽洛瑪之災害，以高屏地區最為嚴重，兩地區災情統計如下：

- 死亡及失蹤者56人，重傷者45人，輕傷者214人
- 房屋全倒者4284間，半倒者4270間。

3. 高雄港小型船隻沉沒 14 艘，半沉 4 艘，撞損 10 艘，貨櫃吊架被毀 8 個。

4. 屏東農田損失約 236 公頃，沉沒漁船 2 艘，竹筏 15 條。

此外在鐵路、公路、工廠、漁農、水利等各方面之損害，均極嚴重，為臺灣近數十年來，由颱風伴來之最大風災。

(二) 依據本局派員訪問，高雄市前鎮消防分隊稱：據事後調查報告，於賽洛瑪颱風侵入時，約早晨 8 時 40 分左右，在前鎮橋上向南行之貨櫃拖車，在橋之南端處，其上之貨櫃被風吹翻，衝壞橋欄跌落於其右前方之河岸上，有 1/2 懸垂水面，另擋在河岸路旁。嗣於 9 時 40 分左右，該貨櫃又被捲起吹至橋南馬路右側，並壓死過路騎機車者兩人，自河岸至馬路右側為斜坡道路，兩地水平相距約十公尺，高度約上升一公尺。又據市民說，於該日九時左右，曾見小港區有烏黑之柱狀雲，雲移動處，地上物被捲起。亦曾訪問屏東縣市官員及里長，據稱：25 日晨先吹東風，並不強，約 9 時後轉為南風，風力强大，烏雲滿天，地面上雨水捲起，瓦片及鐵皮飛舞於空中，農作物、樹林及農舍均遭破壞，印象深刻，為罕見之颱風中天

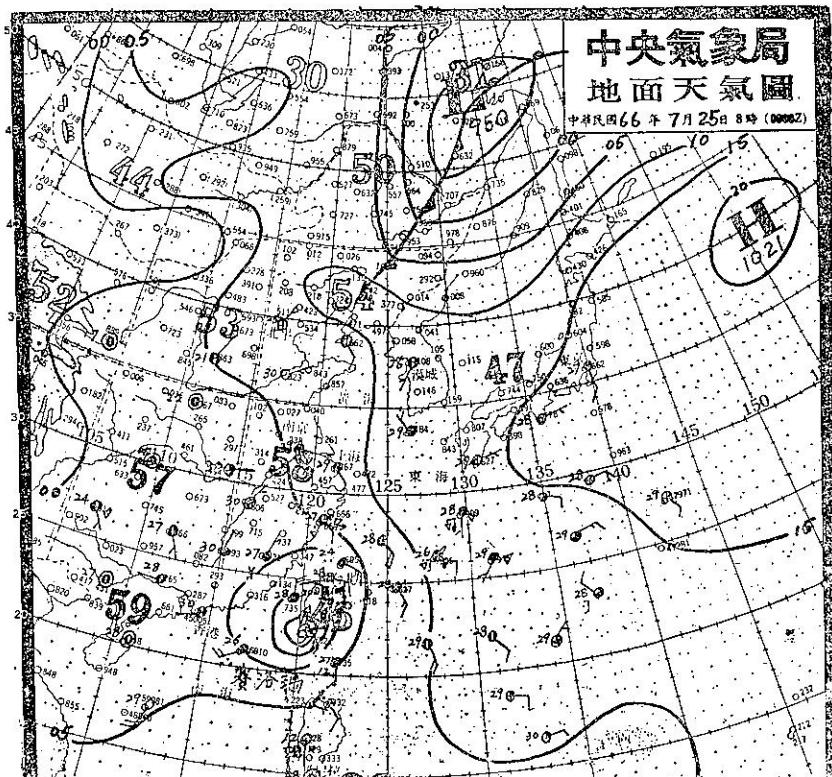
氣象現象云云。

(三) 依據臺灣省林務局在屏東地區之航測照片研判，若干椰子樹均朝向北或北北西方向傾倒，若干房舍亦均以向南一方者損壞較重，可推知強風之方向為南或南南東。由房舍樹木損壞地區之分佈研判，屏東之災情以西部比較東部為嚴重，此亦可推知西部之風力比較東方者為大。

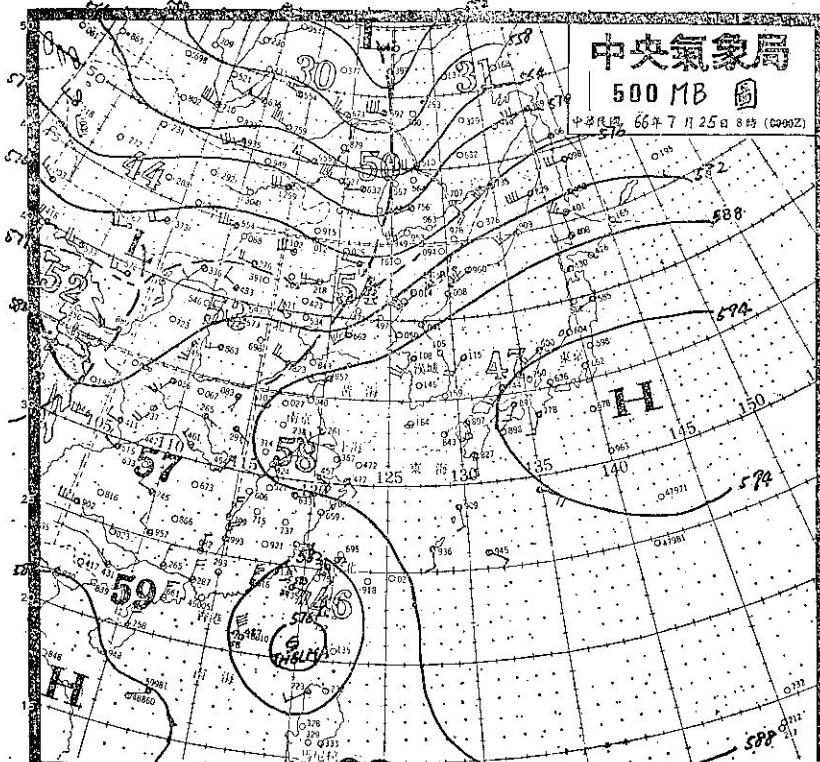
三、氣象資料分析

(一) 天氣圖

第一圖為 7 月 25 日 00Z 地面天氣圖，賽洛瑪颱風中心在北緯 22.5 度，東經 120.3 度，即在高雄南方附近之海面上。同日同時之 500 mb 天氣圖，如第二圖所示，除可見賽洛瑪在臺灣 SSW 方附近海面外，在日本之東方海面有副熱帶高壓，又在渤海及黃河下游一帶有一槽線，此兩個高空氣壓系統，其中心距離臺灣較遠，且其四週之梯度不大，對賽洛瑪之導引作用當不顯。氣象局曾於前一日（24 日）開始每 12 小時發佈陸上警報一次，並於當日（25 日）早晨再加發警，以此颱風將在高雄附近登陸，臺灣南部地區應嚴密戒備。



第一圖



第二圖

(二) 探空紀錄

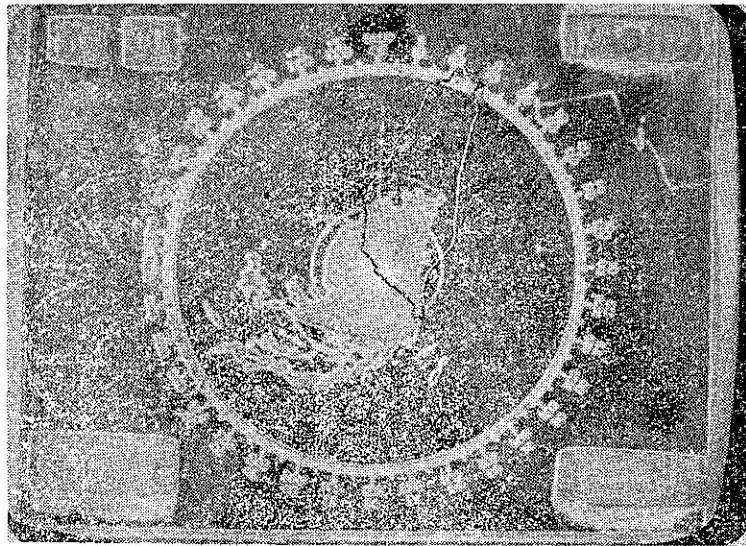
第一表為 7 月 24 日 1800 Z 東港觀測之壓溫及風紀錄，亦即高屏地區出現強風時間（約當地時間早晨九點四十分）前約 8 小時之紀錄，空氣係屬伴隨颱風而來之溫暖而潮濕之海洋氣團。惟由表可知當時東港自地面至 965 mb 間之空氣層，顯然受東方山嶺之影響，不論風、濕度、及濕球位溫、露點等要素均有或多或少之向上差異，以風向風速言，在較為靠近地面之空氣層中，風向東北風速較小，在 965 mb 以上至 400 mb 風向順轉均盛行東南東風，風速向上增強。以濕度言，相對濕度自 1000 mb 之 89 % 向上到 965 mb 減為 81 %，濕球位溫 (Wet-bulb potential Temperature) 亦向上減小 $\frac{\partial \theta_w}{\partial Z} < 0$ ，具有對流性不穩定之性質，露點之向上遞減，亦較大。此等現象，當為空氣自東方山地下降之結果，東港東方之最高山為大里力山，高 1990 公尺；次高山為姑子崙山，高 1629 公尺，惟此等山嶺尚不太高，且距東港約有 35 公里，故影響尚不算極大。屏東地區受其東方山嶺之影響必較大。因為屏東東方有較高之山嶺，北大武山高 3090 公尺，南大武山高 2841

公尺，且此等山嶺距屏東較近，僅約 25 公里。如以東港之紀錄推斷屏東靠近地面之空氣層，當必有較深厚及更為乾燥及更具有對流性不穩定等性質。

第一表

東港 1800Z/24					
P(mb)	T(°C)	Td(°C)	RH(%)	θw(°A)	W(D & A)
1000	24.4	22.8	89	296.5	↙
965	23.8	19.7	81	295.5	↖
894	19.8	18.8	92	295.5	↖
850	17.2	15.5	89	295.0	↖
800	14.0	11.9	86	294.5	↖
700	9.0	6.3	86	294.0	↖
600	1.8	0.5	86	294.0	↖
500	—	1.9	5.3	296.0	↖
461	—	3.5	8.0	297.0	↖
400	—	11.1	16.1	296.5	↖

第二表為 7 月 25 日 0000 Z 桃園觀測之壓溫及風紀錄，由第一及第二兩表之風紀錄及第二圖可推知



第三圖 66年7月25日 0100Z 賽洛瑪雷達照片

當日早晨全臺灣當盛行東南風，由於中央山脈之阻擋，臺灣西區當多越山而下之空氣，由第二表之桃園紀錄可知 800 mb 以下之空氣層與其上方者有顯著差異，在 890 mb 至 800 mb 之間，露點及相對濕度均銳減，濕球位溫亦隨高度減少。此等現象，均可以說明該日早晨桃園有來自東方之下降氣流存在，此外颱風外圍因動力原因而生下沉氣流當必亦有助益。

第二表

桃園 0000Z/25					
P(mb)	T($^{\circ}$ C)	Td($^{\circ}$ C)	RH(%)	$\theta_w(^{\circ}A)$	W (D & V)
1000	27.2	20.2	64	295.5	↖
965	23.0	16.0	64	292.8	↖
890	20.2	14.8	69	293.5	↗
850	18.8	4.5	39	290.0	↖
800	14.2	2.4	41	289.8	↗
700	14.2	4.1	52	294.8	↗
605	5.0	— 2.0	60	294.0	↗
575	1.8	0.2	56	295.5	↗
500	— 3.3	— 13.3	46	293.8	↖
400	— 12.5	— 16.4	68	296.0	↖

(三) 雷達紀錄

第三圖為氣象局高雄雷達站於 7 月 25 日 01Z，攝照賽洛瑪颱風之照片，（此照片係由礦業研究所之明暗度切取儀所攝，用當時雷達負軟片，以其明亮度

表示）由照片顯示，其降水範圍約有四十海浬，中間比較亮之區域約 20 海浬約與最大暴風範圍之直徑相符合。由照片顯示，賽洛瑪颱風之中心已在極接近高雄之南方海上。

四 7 月 25 日 9 時至 10 時之天氣分析

第三表為 25 日 9 時至 10 時之間，本局高雄測站、高雄雷達站，及空軍岡山及屏東基地之氣壓及風紀錄。按照高雄測站（地址高雄前鎮）之氣壓紀錄顯示，賽洛瑪颱風中心約於該日上午 9 時 25 分經過高雄該站。再由該表各地前後之風向變化及最低氣壓出現之時間，可推知該颱風自高雄附近登陸後，係經過屏東與岡山之中間地區向北方移行。由風速之變化，可知該颱風登陸後，各地之風速仍有短暫時間之增強，高雄雷達站，最大瞬間風速已超出儀器紀錄範圍，出現時間為 9 時 40 分。高雄測站之最大瞬間風速為每時一百零六海浬，出現時間為 9 時 25 分，岡山最大瞬間風速為每時七十海浬，出現時間為 9 時 50 分。屏東最大瞬間風速為每時一百海浬，出現時間為 10 時 1 分。此種情況，或可說是由颱風中心移近之結果，依據本局前往屏東南方之東港等地區訪問災情之結果，發現東港等地之災情遠較屏東地區為輕，似東港地區 9 時至 10 時之風速並不比屏東 10 時者為大，可推此颱風之強風區範圍不大。

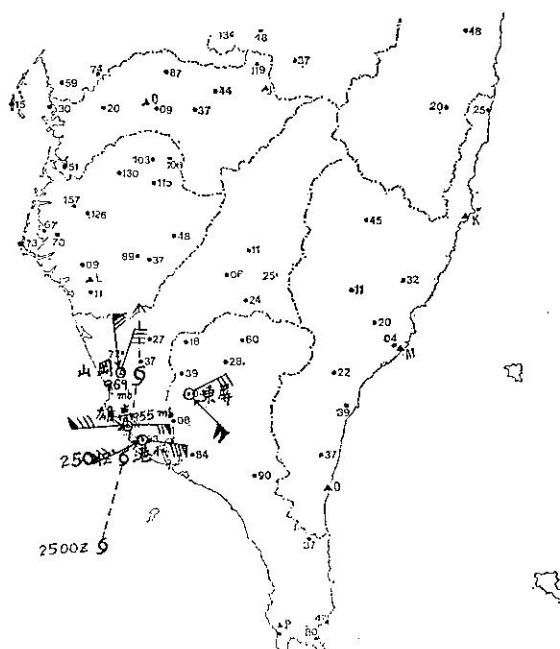
第四圖中颱風中心符號表示 25 日 8 時及 9 時賽洛瑪颱風中心在海上之位置，其路徑箭矢所示之位置係估計該颱風 10 時所在之位置，圖中無箭矢之風符

第三表 66 年 7 月 25 日 9 ~ 10 時臺灣南部氣壓及風

	高 雄 測 站	高 雄 雷 達 站	岡 山	屏 東
9 時 瞬 間 風	ENE 85kts	ENE 108kts	NNE 32kts	NE 30kts
10 時 瞬 間 風	W 70kts 76kts	N 70kts	SE 010kts
最 大 風 及 出 現 時	W 106kts	9h 40m 70kts	9h50m
最 低 氣 壓 及 出 現 時	954.8mb	9h24m	968.5mb 9h55m
				965.4 mb 10h1m

號表示 9 時之風向風速，有箭矢之符號表示 10 時之風向風速，由此兩時間風之分佈，及第三表高雄、岡山及屏東三地最低氣壓值及其出現時間而言，可知賽洛瑪颱風登陸進入岡山地區後其中心氣壓已在填塞中惟其環流仍未減小，而具有極大吸引及破壞力，此種現象似非完全由於颱風移近，尚需要其他原因幫助予以解說。

賽洛瑪繼續北行，因遇來自東方深厚之乾空氣及暖濕空氣來源減少與受陸地等影響，其下層組織，必可迅速趨於消滅。故該日 10 時以後，臺灣南部各地區已不見風災。



第四圖 66 年 7 月 25 日 9 ~ 10 時 風 分 布 圖

四、龍捲風簡介

龍捲風英文名 Tornado，由拉丁文 Tornare 轉來，其意義為「旋轉」。龍捲風為一種最猛烈之旋風，具有極大向上吸力及毀滅性，利於發生龍捲風之情況張鏡潮先生曾作綜合介紹⁽⁴⁾ (1972) 其主要條件如下：

1. 低層有暖濕熱帶海洋氣團約厚 5000 尺，在美國之龍捲風帶，此暖濕區尚須與低層噴射氣流相符合，且地面露點須在 15°C 以上。
2. 中層須有乾空氣舌，約在 850-700 mb 之間，龍捲風常發生於乾舌越過低層濕舌之地區。
3. 2000 公尺處有一逆溫層，熱帶海洋氣團越過洛磯山後，其逆溫增強，使逆溫層上下之空氣乾濕情形更形懸殊，如此使空氣層更有潛在不穩定。
4. 有起動機制，此一種機制或為氣旋、線颶、颶風或為間熱帶輻合帶。

龍捲風可分為普通龍捲風與颶風龍捲風 hurricane tornado 二種，茲分述如下：

(一) 普通龍捲風

1. Snowden D. Flora⁽⁵⁾ (1958) 所著 Tornadoes of the United States 中記載有龍捲風各種特性如下：

1) 風速：普通龍捲風之風速，可在每時 450 至 500 哩之間，當然較弱之風速亦有。在旋風之中心，因動力作用，可造成部分真空，具有向上吸引力，故當其經過一地時，極具毀滅性，可造成極大之災害。

2) 漏斗雲：漏斗雲為龍捲風招牌特徵，一般人均以見到漏斗雲才認定其為龍捲風，其狀似漏斗，上大下小向下垂，有時亦似蛇狀或索狀，細而長，此種雲於移行途中，可前後左右擺動，或捲來捲去懸於空中

有似蛇行。因為高空風較大，其上部常較下部移行較快。有些漏斗雲可在進行途中消失，然後又再出現。有些龍捲風甚至無漏斗雲，惟由其天氣性質及風之特性，可證明龍捲風之存在。

3) 龍捲風之直徑：通常其直徑不超過一百英尺，但亦有達一或二英里寬者，在進行途中其粗細大小常有變化，據 J. R. Martin 統計 1000 個龍捲風紀錄之結果其直徑平均約 396 碼。

4) 龍捲風之路徑長度：依照 J. R. Martin 之調查統計，每個 1000 個龍捲風之平均路徑長約為 13.4 哩。在美國中西部出現之龍捲風，路徑比較其他地區者較短，此或因中西部之空氣中濕氣較小，能力不足之故，惟亦有曾移行 293 哩而不消失者。

5) 電：龍捲風有時伴有電，1917 年 6 月 5 日美國 Kansas 州之 Topeka 城曾有龍捲風降下大型圓電，其直徑約 6-10 吋，厚約 2-3 吋。

6) 龍捲風之眼：龍捲風之範圍不大，欲在其中心觀測其眼，機會極少。以下為兩個實例：Milton Tafor 為美國 Kansas 州某日報之編輯，於 1913 年 3 月 23 日傍晚親眼見到一個龍捲風之眼，他記載說當他正與一羣學生野餐時，忽見有極大旋風出現其頭頂，他向上看，見有一很大中空之雲柱，內部因閃電而明亮，惟四週則黑漆如夜，並有類似百萬隻蜜蜂發出顫翼之聲。

另一例為一目睹之農夫 Mr. Will Ketter 轉告 Kansas Dodge City 測候所主任之情景，Ketter 說：1928 年 6 月 22 日下午 3 至 4 時，看見天上暗綠雲底之下方懸有三個龍捲風，其中一個移向我處，其體積較其他二者為大，後該漏斗雲之尾部直接移於頭頂，此時覺得有一種氣味，及呼吸困難，在漏斗雲之尾部有嘶嘶尖叫聲，向上看，驚奇萬分，竟見漏斗雲空心之眼，其直徑約 50 至 100 呎，上部向外伸展至少有半哩廣，圓柱之牆為旋轉之雲，因不停之閃電故極明亮，中間尚有上下運動之雲塊，在此大渦旋之外緣，有小型龍捲風發生及離去或消失。大旋渦係反時針方向旋轉，有些小旋渦成順時針方向旋轉。

2. 關於大龍捲風外緣發有小龍捲風係由大龍捲風分離作用而來曾有 Daries-Jones⁽³⁾ 等 (1973) 研究及作實驗：

Fujita⁽¹⁾ 也曾於 1972 年作出一個模式，該模式指出，在龍捲風四週圍繞有若干吸引區 Suction spots 或吸引渦旋 Suction vortices, Fujita 並於 1967 年許予證實，在若干龍捲風經過之軌道中，其渦旋有極大風速，造成極大災害。

3. Agee⁽¹⁾ (1975) 曾利用 1974 年 4 月 3 日發生於美國 Indiana 州之 Parker 龍捲風影片，作分析研究，對於上述吸引渦旋發現有若干特性，以下為其中之二個主要特性：

1) 吸引渦旋對主龍捲風成反時針方向繞行，自前緣發生，到達左翼時增強其勢力，至尾部時勢力最强，行至右翼時渦旋減弱，再回至前緣時可能趨於消失。

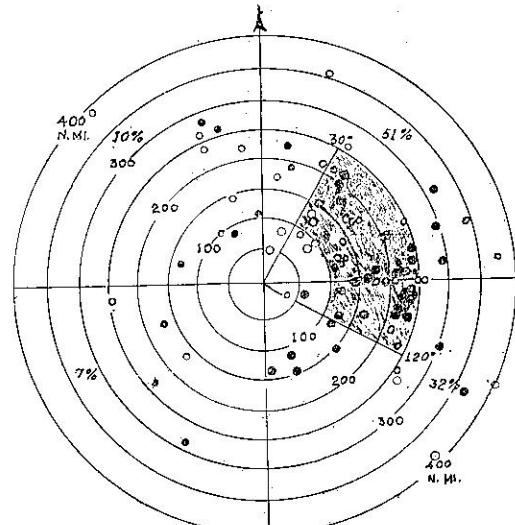
2) Parker 龍捲風，同時會生有四個吸引渦旋，根據圖片分析，吸引渦旋之中心對主龍捲風之切線速度為 50m/s，如加上其移位速度 25m/s，即其最大風速應在 75m/s 以上。

4. John Mc Carthy et al⁽⁵⁾ 1974 曾報導：美國 Oklakoma 大學曾與國家猛烈風暴研究所 National Severe Storms Laboratory 合作實驗及研究所謂龍捲風氣旋 Tornado Cyclone 之風與熱力構造，此種氣旋之直徑約 3~8 公里，能發生直徑為 30 至 300 公尺漏斗雲之龍捲風，該項母體環流通常位於大型雷雨之右後方。此項實驗研究曾應用二具都普來雷達 Doppler radar 及特殊裝備之飛機測量各種氣象要素，並於無雲之上空散放雷達反射物 "Chaff"，以研探其整體環流。

(二) 颶風龍捲風

美國有所謂颶風龍捲風 Hurricane Tornado，係指在颶風中所生之龍捲風，龍捲風如果發生於東亞或西太平洋地區之颶風中，當可稱之為颶風龍捲風，按照 John S. Smith⁽⁷⁾ (1965) 之資料，颶風龍捲風之性質如下：

1. 颶風龍捲風與颶風之關係位置



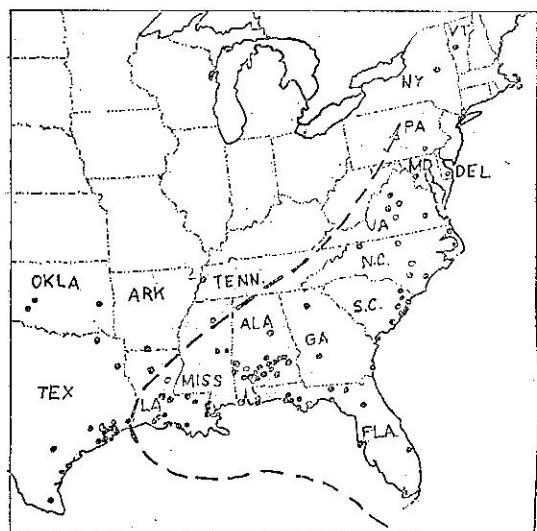
第五圖 颶風龍捲風在颶風中分佈 (錄自Smith原文)

第五圖為 1955 年至 1962 年之颶風中出現龍捲風之統計資料，穿過中心之箭矢方向表示颶風移行之方向，圖中之陰影扇形區為颶風龍捲風出現最多之地區，此區位於颶風進行方向右方 30° 與 120° 之間，離颶風中心約 100 至 250 哩之間，稱之為易生龍捲風區 Significant Sector。圖中黑點表示颶風在陸上時，發生之龍捲風，空白小圓表示颶風在海上時，發生之龍捲風，由圖可知，在陸上發生者較多。

2. 易生龍捲風之颶風路徑

根據 1955 年至 1962 年之紀錄，最易發生龍捲風之颶風路徑，如第六圖中之虛線所示。據統計颶風在墨西哥灣登陸者發生龍捲風之數量遠超過在大西洋沿岸登陸之颶風所發生者。

3. 颶風龍捲風之路徑長度及其範圍寬度均比較非颶風龍捲風為小，約 50 %。其破壞力亦較弱，有些氣象學家稱之為小龍捲風。



第六圖 容易發生颶風龍捲風之颶風路徑
依據 1955-1962 年紀錄（錄自 Smith 文）

4. 颶風龍捲風多向東北方行。
5. 颶風中心在陸地所發生之颶風龍捲風比較在海上時為多。
6. 颶風登陸後有向東行分量加速者，比較有向西行分量加速者發生龍捲風為多，在海上時，反是。

五、結論

此次賽洛瑪颶風在高屏地區造成極大災害，又因爲風之性質特殊，有向上引吸之力，使高雄有貨櫃拖車上之貨櫃在前鎮橋上，被風吹翻，衝壞橋欄落於河邊，再由河邊被捲起又吹到橋南之路邊，在屏東一帶

有若干老樹及建築物被捲起吹倒，是民間傳說與報章刊載是龍捲風之由來。

由第三圖之雷達照片，第四圖 9 及 10 時之風分佈及第三表氣壓紀錄，可知 7 月 25 日晨 9 時餘賽洛瑪在高雄登陸，其時之暴風半徑已不到十公里；自 9 時至 10 時，其中心經過高雄與屏東中間地區，當抵達岡山東方附近時，其中心氣壓已在上升填塞中，惟其環流強度並不減弱且有向上吸引性質而能造成極大災害；此等現象，必須有適當理由才能予以說明。

前四節所述有利於龍捲風之情況；即低層有暖濕空氣，高層有乾空氣侵入，使空氣層成為對流性極不穩定，在屏東地區似有可能類似之情況，或可稱之為具有龍捲風性質。又前四(一)2 節所述由大渦旋分離生小渦旋及此等小渦旋有極大風力與吸引力之說，已縮小範圍之賽洛瑪環流分離而生小渦旋，致引生高屏地區之風災，或亦有可能，前者為熱力因素，後者為動力因素。究竟實情如何？前述二種推想是否適宜？及地形對風之影響如何？進入陸地多少距離才影響其濕氣之供應而使其強度減弱諸問題，因限於資料，尚待再研究。

參考文獻

1. Agee, E., Church C., Mavis C., and Snow J. 1975: "Some Synoptic Aspects and Dynamic Feature of Vortices Associated With the Tornado Outbreak of 3 April 1974." Mon. Wea. Rev. Vol. 103 318-332.
2. Davies-Jones, R. P., 1973: "The Dependence of Cone radius on Swire Ratio in a Tornado Simulator." J. Atmos. Sci., 30 1427-1430.
3. Flora, S. P. 1958: Tornadoes of the United States, University of Oklahoma
4. Jen-Hu Chang. 1972: "Atmospheric Circulation Systems and Climates." University of Hawaii
5. Mc Carthy, John. Heymsfield, G. M. Nelson, S. P. 1974: "Experiment to deduce tornado cyclone inflow characteristics using chaff and NSSL Dual Doppler radars." Bull. Amer. Meteor. Soc. 55, 1130-1131.
6. Pearpon A. D. and Sadowski A. F. 1965: "Hurricane-Induced Tornadoes and Their Distribution." Mon. Wea. Rev. Vol. 93 No. 7
7. Sadowski, A. F. 1966: "Tornado With Hurricanes." Weather Wise, Vol 19, pp. 71-15.
8. Smith J. S. 1965: The Hurricane Tornado Mon. Wea. Rev. Vol. 93 No. 7.
9. Skidmore, R. W. and Purdon J. F. W. 1973; Supplement #2 to ESSA Tech. Rep. NESC 51.

氣象學報徵稿簡則

- 一、本刊以促進氣象學術之研究為目的，凡有關氣象理論之分析，應用問題之探討，不論創作或譯述均所歡迎。
- 二、本刊文字務求簡明，文體以白話或淺近文言為主體，每篇以五千字為佳，如長篇巨著內容特佳者亦所歡迎。
- 三、稿件請註明作者真實姓名、住址及服務機關，但發表時得用筆名。
- 四、譯稿請附原文，如確有困難亦請註明作者姓名暨原文出版年月及地點。
- 五、稿中引用文献請註明作者姓名、書名、頁數及出版年月。
- 六、惠稿請用稿紙繕寫清楚，並加標點。如屬創作論著稿，請附撰英文或法、德、西文摘要。
- 七、本刊對來稿有刪改權，如作者不願刪改時請聲明。
- 八、惠稿如有附圖請用墨筆描繪，以便製版。
- 九、來稿無論刊登與否概不退還，如須退還者請預先聲明，並附足額退稿郵資。
- 十、來稿一經刊登、當致薄酬，並贈送本刊及抽印本各若干冊。
- 十一、惠稿文責自負、詳細規定請據本學報補充稿約辦理。
- 十二、惠稿請寄臺北市公園路六十四號中央氣象局氣象學報社收。

(請參閱補充稿約)

實踐三民主義。
光復大陸國土。
復興民族文化。
堅守民主陣容。