

# 台灣東南海域劇烈天氣探討-水龍捲

曾俊傑<sup>1</sup> 陳永強<sup>1</sup> 劉振甫<sup>1</sup> 劉清煌<sup>2</sup> 黃紹欽<sup>2</sup>  
空軍氣象聯隊第十基地天氣中心<sup>1</sup>  
中國文化大學地學研究所<sup>2</sup>

民國 92 年 11 月於台灣東南海域，曾發生航空器遭遇冰雹及雷擊事件，另於民國 93 年 2 月 19 日在台東空軍志航基地鄰近海域曾觀測到水龍捲現象，顯示該區域潛藏著影響飛航安全的危險因素。然受限於觀測網的建置與相關資料及研究的不足，致使作業單位於天氣預警上，著實面臨相當程度挑戰。本文以作業單位的需求，就所見天氣現象，進行分析研究，以尋求此次水龍捲發生的可能大氣條件，及可資爾後實務作業上參考應用的參數。初步結果顯示：水龍捲的母雲是位於地形附近的積雲（近似塔狀積雲），水龍捲出現的位置位於積雲向南延伸的雲層中，期間間歇出現三個漏斗雲，前後持續時間約 15 分鐘。此積雲雲系係於弱綜觀環境條件下，於地形附近海域發展。

關鍵字：水龍捲、飛航安全

## 一、前言

水龍捲／龍捲風一般可分為超級胞龍捲風（supercell tornado）及非超級胞龍捲風（non-supercell tornado）（Wakimoto and Wilson 1989），後者一般不伴隨中尺度氣旋。這起水龍捲應屬後者。就發生水龍捲的說法可分為兩派：1）Wakimoto and Wilson（1989）認為界面（如鋒面、海陸風鋒面、或陣風鋒面）與環境場間水平風存在很強的水平風切，這些水平風切提供渦度的來源，透過強烈的積雲對流上升運動將水平渦度轉成垂直渦度，再經由扭轉項的抽拉作用，使得渦度在短時間內增強。2）Simpson（1986、1991）則認為水龍捲乃伴隨強烈積雲尺度的旋轉核心往下伸展至地面所形成，而陣風鋒面的作用是用來改變環境場，使得積雲尺度的旋轉增強為水龍捲。從觀測的證據顯示，前一理論較受到支持。Golden（1974b）指出界面存在的重要性，大約不到 5% 的水龍捲是發生於獨立的積雲系統裡。由探空資料可知產生水龍捲的雲底高度只有 5~6 公里（約 15000~18000 呎）左右，而且約 10% 地水龍捲伴隨有弱回波區（weak echo region）。當積雲的強回波（降雨）降至地面時，切斷了上升氣流，使得水龍捲消逝（Wakimoto and Lew 1993）

過去台灣地區出現水龍捲／龍捲風的情形以六、七月份次數較多，似乎與鋒面的接近及南來暖濕空氣有密切關係。因此民國 93 年 2 月 19 日出現於台東空軍基地東方海面的水龍捲，實屬特殊。因此，本文嘗試分析該日地面與高空天氣圖、綠島探空與台灣區中尺度天氣資料，及氣象衛星雲圖及綠島都卜勒氣象雷達資料，作為水龍捲診斷，期望在類似情況下能引為有效之預報參考。

## 二、資料與分析

### （一）觀測紀實：

民國 93 年 2 月 19 日 1700LST，台東志航基地觀測到海面上近似塔狀積雲（TCu）的雲系存在（圖 1），此時並無明顯發展，雲體朝南移動，雲頂高約 12000-15000 呎，雲底高約 1000 呎，有降雨現象。1702LST 在雲系前沿出現 2 道漏斗雲（圖 2），漏斗雲出現持續時間分別約為 3 分鐘（1702-1705 時）及 4 分鐘（1702-1706 時），左邊水龍捲的漏斗（鼻狀雲）曾伸展到海面（約於 1704LST），接觸海面的時間約持續 10 秒鐘，隨即消散。1707LST 又有一水龍捲出現（圖略），此漏斗雲的位置較接近母雲雲底，存在時間較長約 8 分鐘（1707-1715LST）。

### （二）綜觀天氣圖與綠島探空資料分析

2 月 19 日地面天氣圖顯示，大陸變性高壓係高緯度出海，台灣地區受弱綜觀天氣系統的影響（圖 3），台灣東南海域為偏東氣流所控制；850 hPa 高空圖顯示台灣地區在高壓脊的控制下，白天為偏東南風，晚間轉為東風（圖 4）；700 hPa 與 500 hPa 的風場均為西南風氣流（圖 5、圖 6）。

綠島探空顯示，高層較低層大氣乾燥，700 與 600 hPa 有微弱逆溫層。晚間高層雖仍乾燥，但 830 至 700 hPa 間的水汽含量增多，700 至 600 hPa 間的逆溫層明顯增強（圖 7）。風場顯示強烈垂直風切位於 870hPa，由於潮濕低層加上垂直風切，東南海域大氣存有潛在不穩定。分析 0600 至 2100LST 台灣地區中尺度天氣資料，從東南地區的風向變化情形的（如圖 8），可知在弱綜觀天氣系統下，台灣東南部地區局部環流盛行。另就綠島高空探測資料、中尺度天氣圖與綜觀天氣圖三者進行比對，發現台灣東部地區 700 hPa 以下的環境風場受台灣地形影響，而有分流現象。天氣現象即出現在此分流與局部環流附近。

### （三）衛星與雷達資料分析

衛星雲圖顯示，2 月 19 日台灣地形上的雲系自 1100LST 起發展（圖略），而台灣東部近海存在略與台灣地形平行的南北向條狀雲帶則始於 1600 至

1830LST (如圖9)，在 1730LST時有明顯的雲系發展，此雲系卻不易由衛星雲圖來分辨是否來自地形移出，或是海面上發展而來。藉由 2 月 19 日 1600 至 1740LST 綠島氣象都卜勒氣象雷達回波及徑向風場圖分析可知 (如圖 10)，此雲系係形成於海面上 (距離海岸約 10~15 公里)；1640LST 回波發展，最強回波強度約 15 dBz，至 1700LST 回波向西南方移動，並出現兩個強回波中心，最強回波強度達 40~45 dBz。此海域陸續有回波發展，最後組織成對流線，朝太麻里及大武鄉一帶移行。

### 三、結果與討論

- 一、大氣環境及水龍捲特徵：雖大氣條件穩定，但在弱綜觀環境下，局部環流的發展與地形對綜觀流場的影響，共同觸發東南沿海地區的雲系發展。水龍捲的母雲為此發展雲系中的一獨立積雲，水龍捲出現在向前延伸的雲層中，此雲層在雷達回波上顯示為一弱回波區 (圖 10)；雲層高約 12000~15000 呎，雲底高度僅 1000 呎左右。朱等 (2001) 發現台灣東部沿海的對流線，大多個案出現在弱綜觀環境下，另有些個案是在移近地形後出現較深的對流且伴隨劇烈天氣現象。然本案非移近地形才發展，且水龍捲出現於對流線發展初期，此時期的對流線僅存在零星積雲。
- 二、在水龍捲被激發的探討上：由於綠島雷達在空間及時間解析度的不足，因此從探空及中尺度天氣圖上雖發現此地區存有水平與垂直風切，但在母雲的發展不高下 (衛星水汽頻道)，水

龍捲渦漩的產生原因仍無法明瞭。

- 三、台灣東南部地區複雜的地形，尤其在弱綜觀天氣型態時，局部環流的發展演變，及其與縱觀環境間的交互作用，雖有綠島實驗的研究成果，但由此個案可知，在作業實務應用上仍稍嫌不足，作業單位確實無法掌握此地區的天氣變化。因此，對此地區的劇烈天氣現象的掌握，仍有待努力。

### 參考文獻

- 朱良斌、劉清煌，2001：台灣東部對流線之分類。第七屆全國大氣科學學術研討會論文集編，pp. 564-567。交通部中央氣象局。
- Golden.J.H.1974b：Scale-interaction implication for the waterspout life cycle.，J.Appl.Meteor. 13, pp693-709。
- Simpson.J.,B.R.Motton.M.McCumber.and R.Penc. 1986：Observations and mechanisms of GATE waterspouts. J.Atmos.Sci. 43,pp.753-782。
- Simpson.J., G.Roff., B.Motton. , k.Labas., G.Diettachmayer., M.McCumber., and R.Penc.1991：A great Salt Lake waterspout., Mon.Wea.Rev 119, p.2741-2770。
- Wakimoto.R.M. and J.W.Wilson.1989：Non-supercell tornadoes. Mon.Wea.Rev. 117, pp.113-1140。
- Wakimoto.R.M. and J.K.Lew.1993：Observations of a Florida waterspout during CAPE. J.Appl.Meteor. 8, pp412-423。

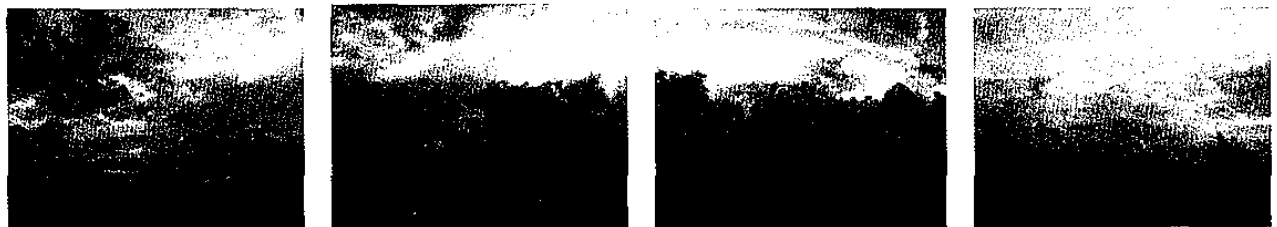


圖 1：93 年 2 月 19 日 1700LST 從台東空軍基地向東方海面眺望，並無明顯積狀雲系發展，卻是在 2 分鐘後出現了 2 道鼻狀雲系之水龍捲。

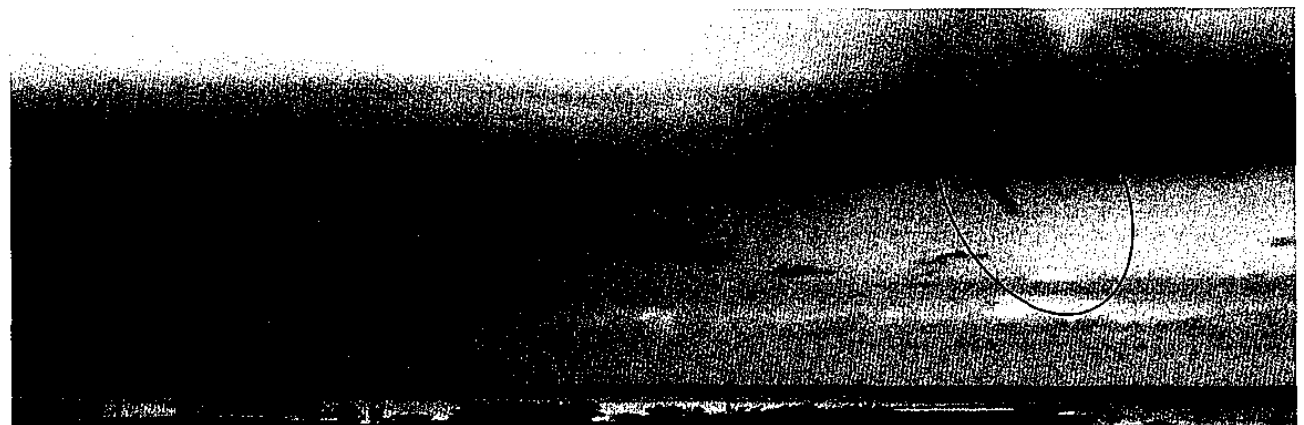


圖 2：93 年 2 月 19 日 1702LST 台東空軍基地東方海面出現漏斗雲，右邊漏斗雲至 1705LST 消失，左邊漏斗雲則至 1706LST 消失。

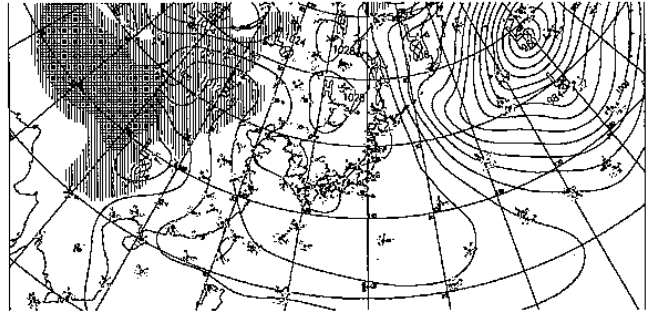
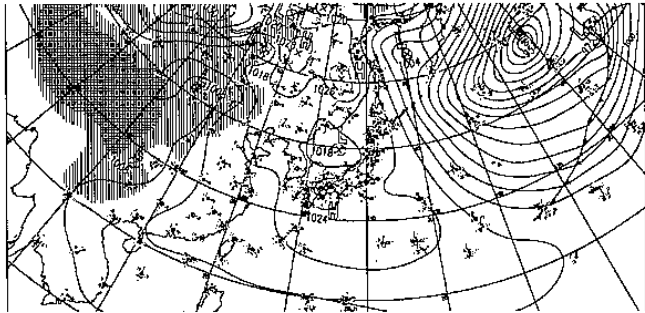


圖 3：93 年 2 月 19 日 08 時（圖左）及 20 時（圖右）之地面天氣分析圖，引自日本氣象廳。

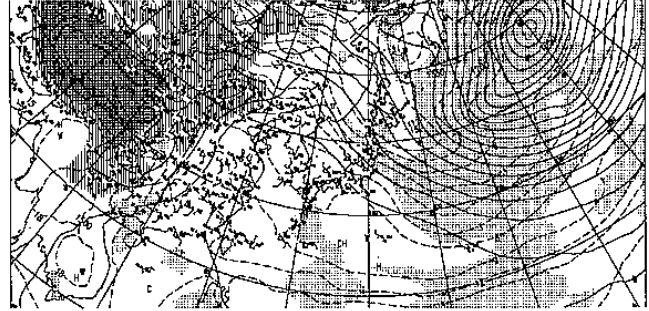
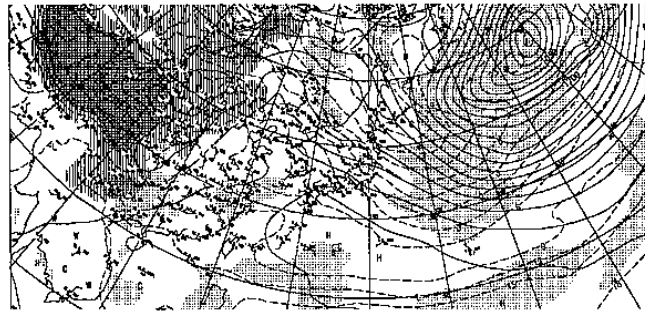


圖 4：同圖 3，但為 850 hPa 高空圖。

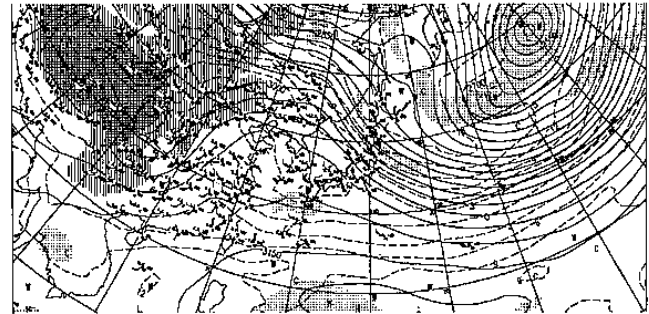
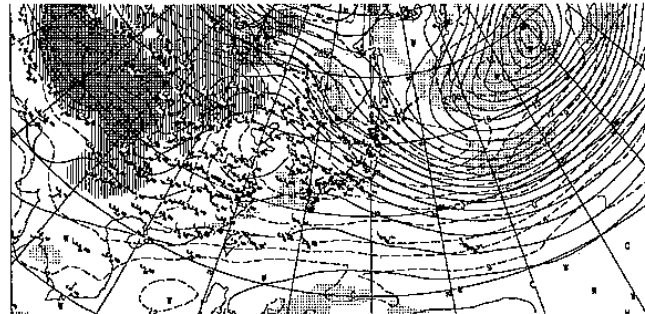


圖 5：同圖 3，但為 700 hPa 高空圖。

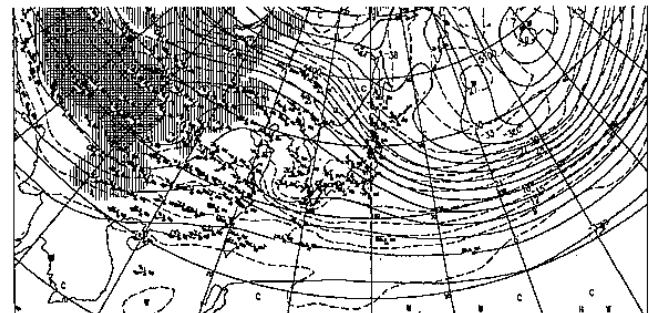
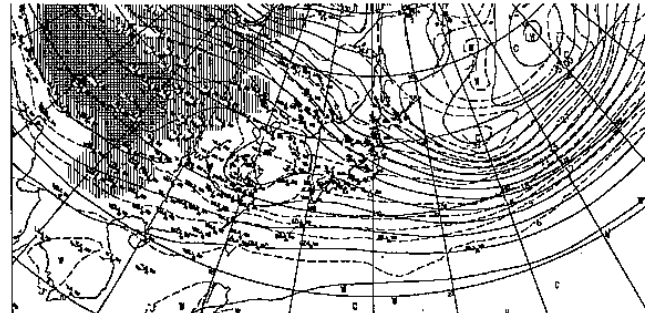


圖 6：同圖 3，但為 500 hPa 高空圖。

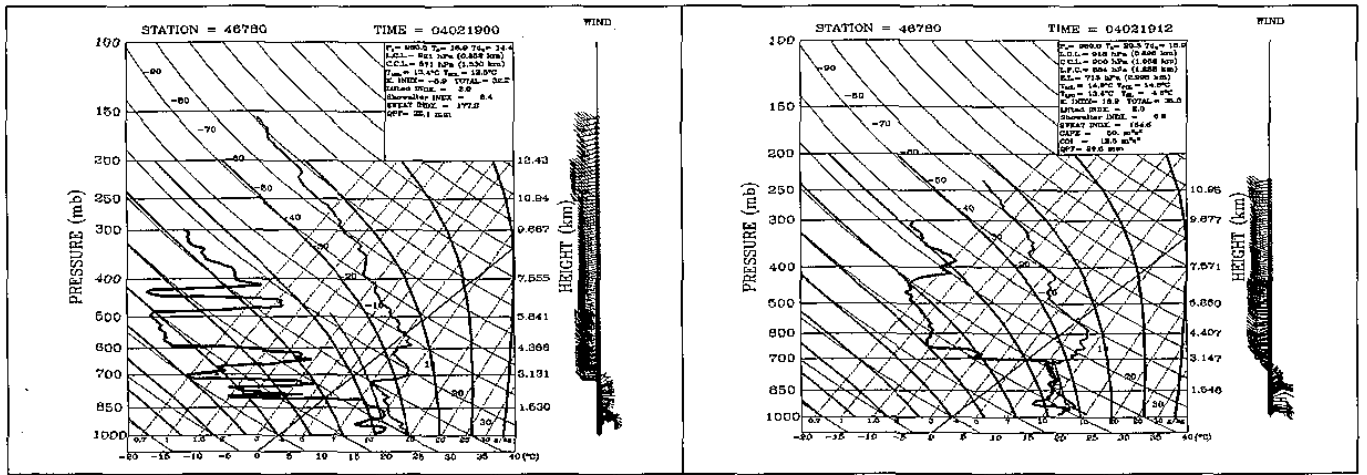


圖 7：93 年 2 月 19 日 0800LST（圖左）及 2000LST（圖右）綠島測站斜溫圖。

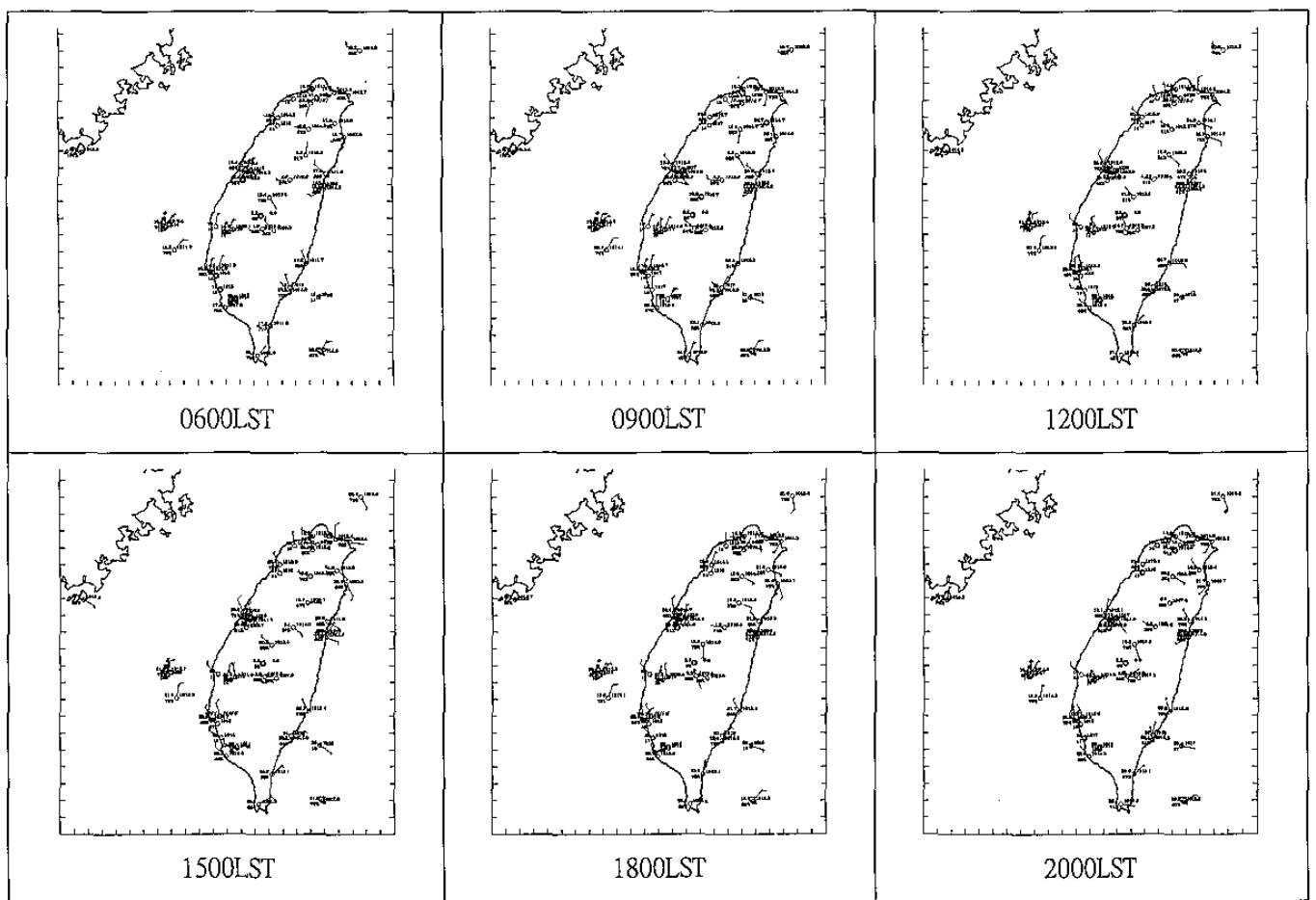


圖 8：93 年 2 月 19 日 0600 至 2100LST，3 小時間隔之台灣地區中尺度天氣資料。

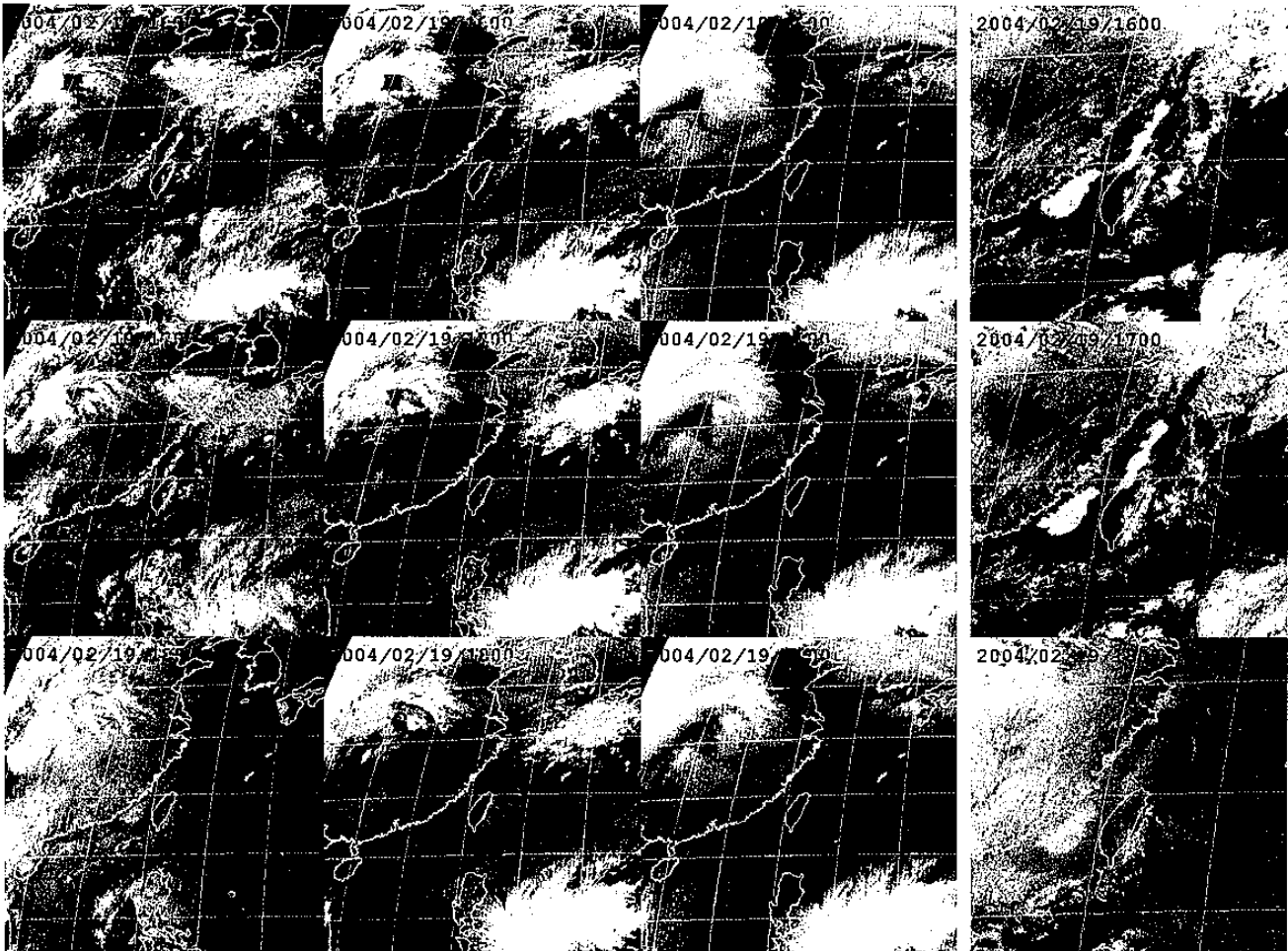


圖 9：93 年 2 月 19 日 1600 至 1800LST，1 小時間隔之衛星雲圖（自圖左依序為可見光、紅外線、水汽頻道及台灣區域可見光）。

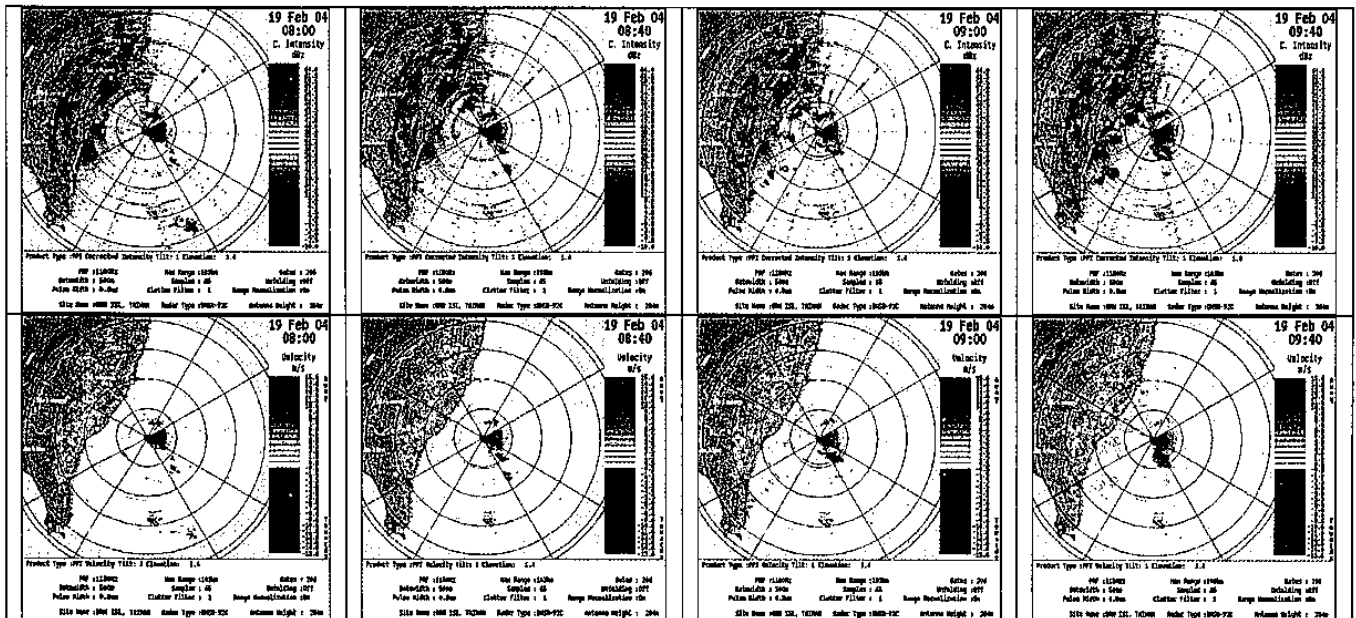


圖 10：93 年 2 月 19 日 1600 至 1800LST，綠島都卜勒氣象雷達觀測資料（上圖為 1.4 度仰角的降雨回波，下圖為徑向風場）。