

# 台灣地區中小尺度系統

——2002年10月至2004年5月所蒐集之重要個案——

王時鼎 鄧仁星 鄭明典

## 氣象科技研究中心

中央氣象局

### 摘要

自2002年10月起，觀察本局氣象網頁，並作登錄，計分兩部分。其一為台灣豪大兩個(日)案，迄至2005年9月止，已有286案。另一為較有意義之「不同尺度系統」，至2004年5月底止，計整理出88個個案。本文為就後者中選出較有興趣並較特殊中小尺度系統，包括：小尺度對流系統，焚風下坡流，山風密度流雲線，平流霧，水汽輸送帶，鋒面地形扭曲。鋒上之切力與重力波之混合波雲，冷鋒面上小渦動，各式(冷平流)胞狀雲，雙都卜勒所得地形性擾動，及特殊內重力波雲等，以提供認識，並供進一步研析參考。

關鍵字：中、小尺度系統，台灣地形

## 一、前言

由於氣象網站的蓬勃發展，除了傳統地面與高空天氣圖之外，增加了很多無論時間、空間解析度均甚高的非傳統資料，而使過去很難獲得的中小尺度系統形貌，經由網站搜索隨手可得(不若過去，說不定一個系統的資料蒐集、繪製、分析需花甚長時間)。特以台灣地形特殊，有中央山脈縱貫其間，山坡陡峭，兼之陸地與海洋物理條件各異，常可發現甚多甚饒興趣與甚具意義，但未為人所注意及討論的系統。我們於2002年10月開始，即曾就中央氣象局網站等作有系統的逐日圖表之登錄。迄今我們整理了88個與本區域有關，諸如綜觀、中、小尺度以及對流系統；及以本局「四類」豪大雨，自2003年11月開始迄今(9月底止)作有系統蒐集，共286次(日)個案。而且均有製成光碟片，應用與參閱均甚方便。而本文即為該88個天氣系統中就中小尺度系統的討論。此處目的在問題的「提出」，對各個案之「詳細分析」即非屬本文之範圍。

## 二、資料

- 本項中小尺度系統個案資料時間為2002年10月至2004年5月。共88個子目錄，而每一子目錄不限一個個案，每一子目錄所用之圖，常近百張，並均各見所錄之光碟片。
- 本項個案資料內容詳見附錄2中 read me-legend(此處略)。內分：資料類別、標記、名稱、備註等。亦即為子目錄之「資料內容」。

標記符號50多種，例：氣象局之地面圖標記為“104”，日本地面天氣圖標記各為15、16、17、18，逐時合成雷達回波圖(MOS)，東亞及台灣區逐時紅外線雲圖(slp, s3p)，強化紅外線雲圖(slq, s3q)，及可見光雲圖(sao, sbo, 限白天)，具有眾多遙測站觀測之台灣區逐時降雨分布圖(hk)，台灣區域溫度逐時分布圖(GTP)及24小時溫差變化圖(GTD)，各機場及氣象局各測站逐時天氣一覽圖(METAR)等。

- 本項資料內容係分為五類。其中，「台灣豪大雨」共有72(2003年)個個案。因其重要性不同，已另立專題。其他分別歸類為：(1)大規模(大尺度)天氣系統，(2)中、小尺度天氣系統，(3)顯著或特殊天氣現象，(4)其他。各項分類，即(1)、(2)、(3)、(4)均分別置於各類子目錄之首。因本項天氣分析資料，不但可供預報之應用，且亦可供教學與研究分析應用。作此項劃分，俾參用方便。
- 在該四類分類中的「中、小尺度天氣系統」，藉助於衛星雲圖，特別是強化紅外線雲圖(slq、s3q)及可見光雲圖(sao、sbo)，可以解析出極詳細結構及其時間演變過程，而且甚多尚未見有在氣象書籍及其他文獻中論及(Peter, 1986)，深值注意。
- 必須說明，此處各個例之討論，限於論文篇幅，僅挑選少數之圖，詳細資料登錄各見光碟片中該「編號」之子目錄(王、鄧、鄭, 2005)。

### 三、中小尺度系統初步分析

首先要說明的，此處所述台灣地區12種中、小尺度系統(見表1)，由於本文篇幅所限，每一系統僅能給出在其最關鍵時間之一張最顯著、且能代表其特徵之圖。必須特別說明的，每一系統生成、發展、環境條件、探空特徵等等，均牽涉到很多圖表及資料。關於此，上已述及可參看我們各子目錄之光碟片。我們尚有另一版本，將在我們中央氣象局網站「颱風」項目中「專業查詢」內「颱風預報輔助系統」首頁之「專題討論」中刊出。但亦由於「內容」上「量」的限制，也僅能就每一個案選出較重要之圖，數張不等，這將是本文作實際報告時的依據。甚至本文主要部分也是根據該版本。僅不過是將很多之圖略去，並刪去部分內容而已。特在此表明。

#### 1. 局部雷雨——在翡翠水庫(子目錄之 42)

(1)為午後雷雨，時間在2003年5月6日。最著降雨在13-15地方時(L)，總雨量(hk)大於80毫米(見圖1)。其MCS(中尺度對流系統)的水平尺度略為30公里。可能為較諸森林山區，午後翡翠水庫湖面更易受熱增溫所致。

(2)預報問題：色調強化圖(enh)易造成誤導，需與雷達回波圖(mos)綜合研判。該MCS有隨上層風東移出海，而後消失。

#### 2. 破歷史紀錄之台東焚風(子目錄之 40)

(1)此藉2004年5月9日13L台灣區域逐時溫度分布(圖2)，明顯可見焚風發生時間與地區及其隨時間變化。該日焚風發生時間為12-14 L，15 L因鋒面南下而消失。

(2)因素：由衛星VIS(sbo)、Enh(S3q)等圖，可見中央山脈山脊上有雲層發展，因有凝結絕熱釋放而增強焚風強度。係發生於梅雨鋒之前。

(3)資料：屏東之探空資料深有助於台東區焚風之分析。

#### 3. 一些有關台灣地形誘生的特別之例(子目錄之 66)

(1)冷鋒上地形渦旋之例：圖3為2002年10月22日9時35分1.5公里高度上之雙都卜勒雷達風場分析。於鋒面南下時，明顯可見於龍潭鄉一帶在低層有地形性渦旋。其渦旋中心區域，雷達回波有見增強(該項五分山與中正機場雙都卜勒雷達分析為即時之分析，後因中正雷達換裝而中止)。

(2)台灣地形對鋒面運動所造成的阻滯與變形：此藉2003年1月27日11-15L台灣區「可見光」雲圖(sbo)，明顯看出鋒面上雲線(cloud line，或稱rope cloud)(Anderson and Oliver,1974)。在山脈東側因地形影響，雲線有明顯阻滯與扭曲(11-15地方時)發生(可參見圖4)。

#### 4. 平流霧及山風造成之雲線(子目錄之 3)

春間，在鋒前，由於暖空氣北移經過冷海面，「平流霧」常出現於台灣海峽中。比較紅外線(s3p)及強化紅外線(s3q)雲圖，僅「可見光」雲圖可見，其他兩類圖均難辨析。另外，當海峽與台灣沿海有平流霧發生時，台灣常有好天氣，夜間輻射冷卻，由於山風之較冷空氣與盛行東風「輻合」，致造成之「雲線」，或可稱之為穩定之「海岸鋒」(coast front)，屬於「密度流」的一種，春季好天氣時最為常見，可參見圖5之2004年3月10日10時(L)可見光雲圖。

#### 5. 另類內重力波(子目錄之 5)

此屬山脈誘生的小尺度現象。本項子目錄中類此之例有二。此處特錄其中之一，即，2004年3月15日之例，如圖6之15日10地方時台灣區可見光(VIS)雲圖(sbo)。由該圖及連續各圖，台灣中央山脈東方海上顯見有「波狀雲」存在。水平範圍在400公里以內，波長略在30-40公里之間。由該日08地方時(00Z)台北與花蓮之探空圖(skw)，顯見該飽和雲層約在1000-1200公尺之間，並在下層東北風與上層高空西風變換層之處，並顯見有溫度與濕度不連續。由同時間之地面圖，台灣區在鋒後之東來風層中。基於以上討論。該波狀雲可能為「切力與重力波混合波」(mixed shearing and gravitational waves)雲，係由「Kelvin-Helmholtz不穩度」所產生。現在我們在作進一步之研究。以上各圖係摘自該子目錄之眾多有關之圖中。

#### 6. 南半球至北半球的水汽輸送帶(子目錄之 15)

此處僅取全球紅外線(IR)雲圖(s0p)以為例，時間為2004年3月25日10L，見圖7。藉圖該輸送帶係沿印尼、蘇門答臘往中南半島、台灣、日本南方、至中太平洋。長近數千公里，寬約500公里，並持續十數小時。係以持續的卷雲帶表出，本例給出一甚佳之例。

#### 7. 冷鋒雲帶上的小渦旋(子目錄之 64)

有關冷鋒雲帶前緣上的小尺度渦旋，此處可參見圖8之2004年12月26日11L之(sbo)可見光雲圖。由圖顯見台灣東南冷鋒前緣出現有尺度極小，約20-30公里大小渦旋雲系。又由東亞(sao)之VIS圖可見均有甚多之擾動(渦旋)發生於約近20個緯度(2千公里)長之鋒面雲帶上(圖略)。

#### 8. 台灣近海不同尺度與形式之冷平流胞狀雲系、切力重力波雲與背風波(子目錄之 13)

類此之例甚多。圖9為2003年2月5日12L之例。極有興趣的，在台灣東北方海上，空胞(open cell)狀之雲系極見顯著，其雲型水平尺度為向東擴大。同時可見靠西方海上，雲型有反映氣流自

北向南之走向，至台灣北方近海雲型方見消失。同時在台灣南方巴士海峽及以東一帶有鋒面上之近似「切力與重力混合波」(mixed shearing and gravitational waves)雲存在。11-12L之時均無例外，此在漸行消散之鋒面上常可見之。另外極有興趣的，台南、高雄外海有見「重力波」雲之存在，波源似在阿里山山區(Lin, 2005)。2003年2月5日12Z之台北與花蓮之探空，均可用以印証此處所述之「重力波」(圖略)。2003年2月20日為另外一例(圖略)。本例之冷平流之胞狀雲系，又與圖9所示者不同。其胞狀雲的尺度又較圖9者為小。但它們均有一項共同特徵，即均發生於海上，係由較冷空氣平流於較暖的洋面上所形成。另一項共同特徵為胞系雲大小係隨緯度之降低而增大，因與柯氏參數變化有關。

另外為2003年2月21日給出一不同情況中尺度對流雲系之例。發生區域在台灣東北方至東方海上。其中在台東東方近海已由「空胞」狀之雲系轉為「閉胞」狀(closed cell)雲系，惟其他海上仍屬「空胞」狀雲。「空胞」狀雲為「胞狀對流雲」(cellular convective clouds)中二類主要雲系之一。所謂「空胞」係指該對流胞中間部分之氣流為下降，為無雲帶，外圍為上升氣流，而構成「空胞」對流雲。「閉胞」雲即反是，對流胞中間為上升氣流，外圍為下降氣流。胞狀雲系的水平尺度約數公里至二、三十公里不等。

#### 9. 風切線與春雨(子目錄之 69)

本次春雨型特徵為：(a)850mb風切線或稱輻合線發生在華南及台灣，(b)高緯阻塞在77°E，(c)高空西風帶偏南，呈緯流狀，(d)有來自南半球之水汽輸送帶。此處僅附2004年2月4日00Z日本氣象廳850mb(標記為38)之圖如圖10及同日00Z地面圖(圖略)。由圖可見在春雨型時，雖然850mb層華南區有擾動，但地面無蹤跡(有稱「冷空氣墊」上之擾動)。

### 四、討論與摘要

本項各88個子目錄資料蒐集曾花了近二年的時間。我們幾乎無遺漏的登錄了CWB網頁上每日有關天氣現象的資料。在本文中我們主要僅就甚多甚有興趣、發生在台灣周遭的中尺度重要系統作一簡單的討論。有關中央山脈影響方面，我們有記錄(document)及分析：(1)台灣最強的「焚風下坡流」；(2)兩類內重力波，內含「切力與重力混合波」個案；(3)山脈東方海上，因山風與盛行風所造成之雲線(淺對流)；(4)鋒面南下台灣區下層發生地形性「中壢」渦旋；(5)鋒面南移因中央

山脈造成的「變形」。在「深對流」方面，我們有作翡翠水庫區午後「熱力」作用所造成「熱雷雨」。在大規模流場中之中尺度現象，我們有給出春季的平流霧的偵測，與冬季寒冷天氣預報密切相關的「開胞」與「閉胞」狀的小尺度「淺對流」雲系。以及造成「春雨」現象之華南地區「冷空氣墊」(冷高壓)上的輻合線及其上之擾動。

以上共12例，均屬中、小尺度系統之例(參見表1)。其中第1例資料主要得自遙測站降雨分布。第2例亦是得自遙測站溫度觀測。第3例得自雙都卜勒風場分析。最後第12例得自天氣圖分析。其餘第4至11例均得自衛星。其中第6例獲自全球紅外線雲圖(SOP)，其餘7例均得自台灣區可光(sbo)雲圖。此處僅選擇各例最重要之圖，以作顯示。各個例均有每小時變化之圖，以為引証，又其他更詳細資料，有興趣者可參見我們所錄計共88例的光碟片中所列舉之子目錄(王、鄧、鄭，2005)。

### 五、誌謝

本項天氣分析與預報子目錄之編撰與完成，首先要謝謝中央氣象局各中心，包括預報中心、衛星中心、資訊中心及科技中心等，由於其等所共同製作之網站資料，而使此項以「中小尺度系統」分析為目標的拙文成為可能。特在此向本局各中心同仁，歷屆氣象局局長暨各級主管等致以最高的敬意與謝意。又本項天氣個案子目錄的編撰，部分內容曾與洪秀雄教授、彭立博士，林玉郎教授、郭英華博士等討論，獲益良多，又本文蒙吳朝富先生、李金蓮、于茜小姐等協助，並均在此深致謝忱。

### 參考文獻

- 王時鼎、鄧仁星、鄭明典，2005：台灣及有關地區2002年10月至2004年5月各種不同尺度天氣系統88次個案光碟片。中央氣象局科技中心。
- Anderson, R.K. and V.J. Oliver, 1974: Application of Meteorological Satellite Data in Analysis and Forecasting. ESSA Technical Report NES-51.
- Lin Yuh-Lang, 2005: Mesoscale Dynamics. To be published by the Cambridge University Press.
- Peter S.R., 1986: Mesoscale Meteorology and Forecasting. American Meteorological Society, Boston, 793PP.

表 1 本文所討論台灣地區中尺度系統現象之摘要

系統名稱	發生日期	發生地區	邊界層		個別系統尺度 <50km	與台灣地形關係	大氣穩定度	圖號	光碟子目錄編號
			內	上					
局部雷雨	2003.5.6	翡翠水庫		√	√	√	U	1	42
強焚風	2004.5.9	台東區	√		√	√	U	2	40
季風內地形渦	2002.10.22	龍潭附近	√		√	√	S	3	66
鋒面地形扭曲	2003.1.27	恆春附近	√		×	√	S	4	66
山風造成雲線及平流霧	2004.4.29	台灣東方近海	√		√(寬)	√	S	5	3
迎風面重力波	2004.3.15	台灣東方近海	√		√	√	S	6	5
南半球輸送帶	2004.3.25	經過台灣		√	×	×	S	7	15
冷鋒上小渦旋	2004.12.26	台灣東南方近海	√		√	×	S	8	64
冷平流胞狀雲	2003.2.5	台灣北方海上	√		√	×	U	9	13
重力與切力混合波雲	2003.2.5	台灣東方海上	√		√	×	S	9	13
背風面重力波	2003.2.5	高雄及以南	√		√	√	S	9	13
850mb風切線	2004.2.4	台灣北部及華南		√	√(寬)	×	U	10	69

5/06 00:00 至 5/07 00:00

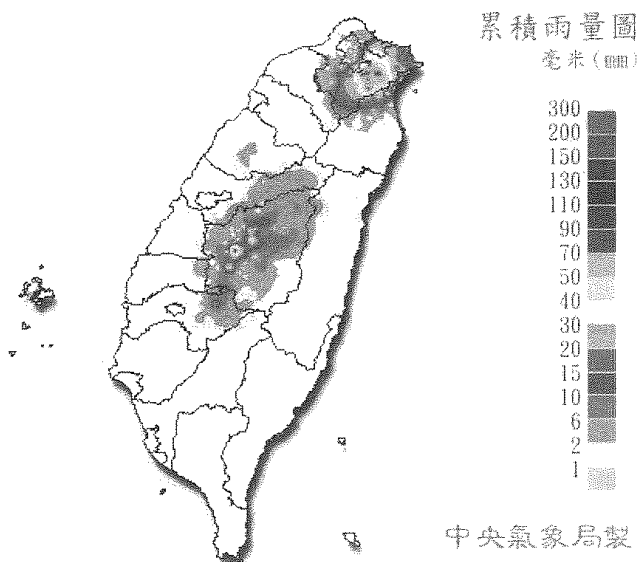


圖 1 2003 年 5 月 6 日累積雨量(hk)圖(毫米),示翡翠水庫區有一明顯雨量集中區。

5/09 13:00

溫度分布圖

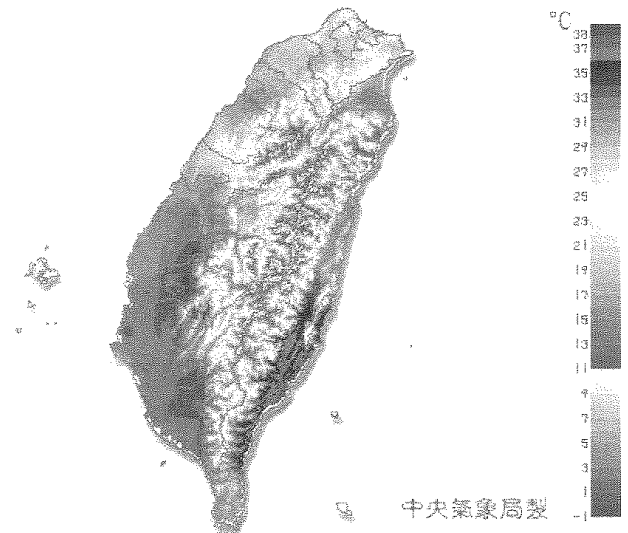


圖 2 2004 年 5 月 9 日 13L 台灣區地面溫度分布(GTP)圖。溫度值以不同顏色表示,間隔為 1°C。由圖明顯可見,台東區縱谷一帶出現之「焚風」,最高溫度達 40.2°C。

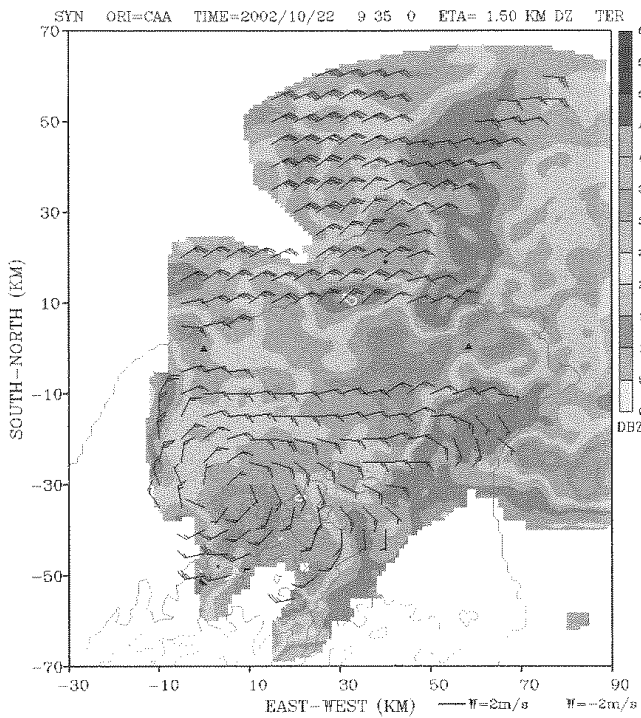


圖 3 2002 年 10 月 22 日 9 時 35 分高度 1.5 公里上，雙都卜勒雷達風場分析。示鋒面過境時在龍潭鄉一帶因地形所造成的局部渦旋。

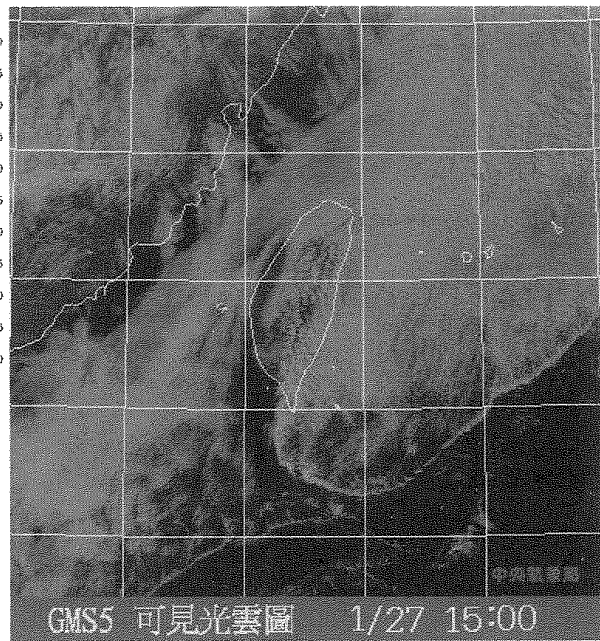


圖 4 2003 年 1 月 27 日 15L 台灣區可見光雲圖 (sbo)，示台灣區地面鋒處「雲線」(cloud line or rope cloud)因地形影響所造成的阻滯與扭曲現象。

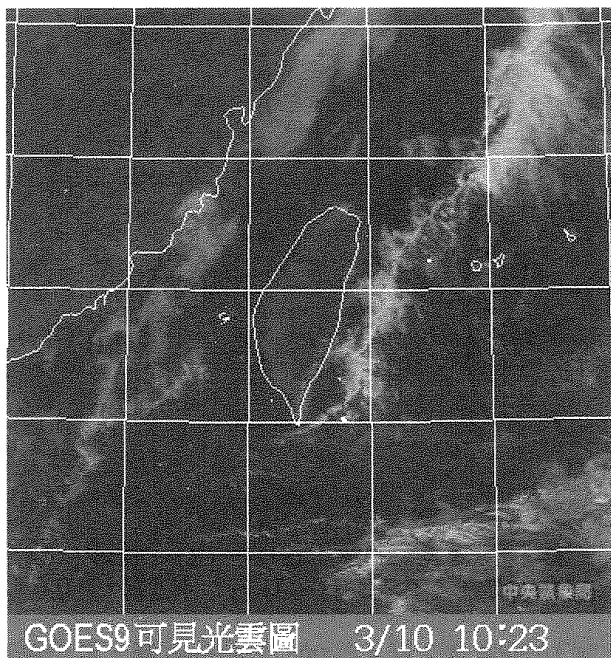


圖 5 2004 年 3 月 10 日 10L 之台灣區可見光(sbo)雲圖，示台灣海峽與浙江之東海上之平流霧，及台灣東方近海山風所造成之雲線。

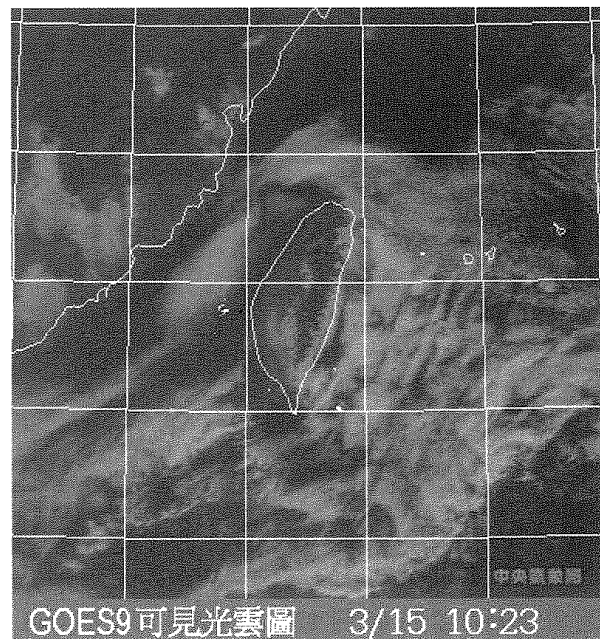


圖 6 2004 年 3 月 15 日 10L 可見光雲圖。示台灣東方近海有「波狀雲」存在，水平範圍在 400 公里以內，波長略為 30-40 公里。

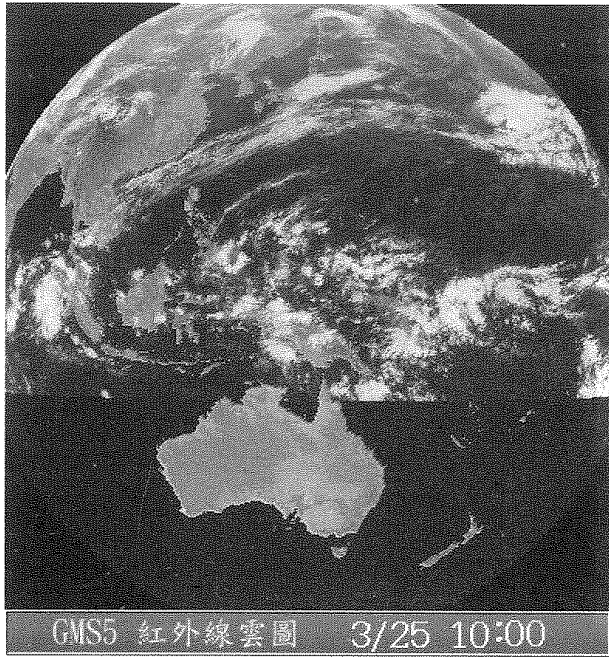


圖 7 2003 年 3 月 25 日 10L 全球紅外線雲圖，示來自南半球的水汽輸送帶，並經過台灣。

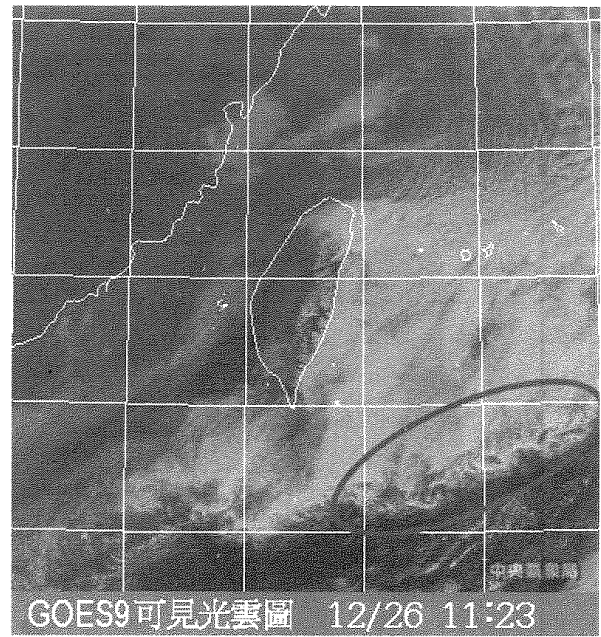


圖 8 2003 年 12 月 26 日 11L 之台灣區可見光(sbo)雲圖，示鋒面前緣上，藉雲帶可見甚多小尺度渦旋存在。

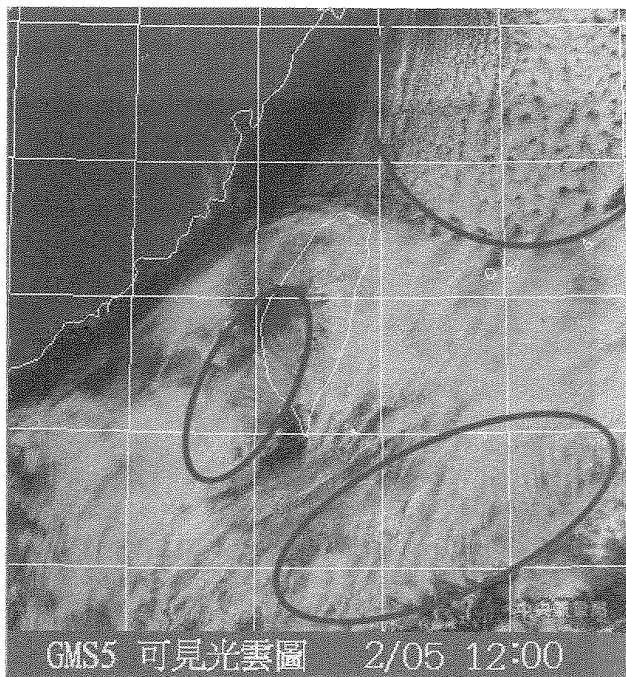


圖 9 2003 年 2 月 05 日 12L 之台灣區可見光(sbo)雲圖。示台灣東北方海上有「空胞狀」(open cell)對流雲系，另外巴士海峽一帶鋒面雲系上有疑似「切力與重力混合波」之發展。又台南、高雄一帶似有「重力波」雲存在。

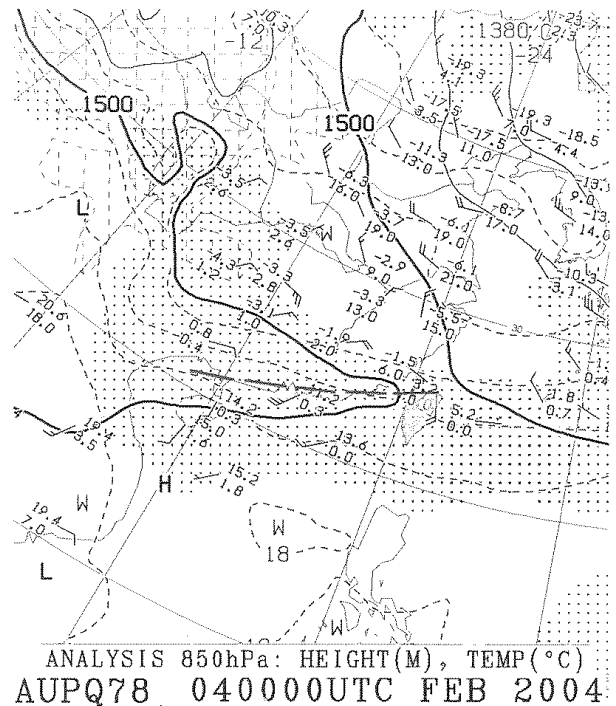


圖 10 2004 年 2 月 4 日 00Z 之 850mb 圖。示「春雨型」在 850mb 圖上之特徵——華南區有氣流之輻合線。