

華東華南急速旋生對台灣天氣之影響研究

劉廣英

徐天佑

鄭俠

陳文恭

空軍氣象聯隊

中央氣象局

摘要

快速旋生在東亞地區形成後經常影響本省地區，而東亞地區之快速旋生大部分在大陸東南沿海及日本海一帶，生成之月分因地域不同以一月及四月較多，而東亞地區之急速旋生與黑潮提供之水汽及熱量有密切相關。

本文利用衛星雲圖、雷達及天氣圖探討在華南迅速移動之旋生對台灣地區產生劇烈天氣之關連，發現此快速旋生通過台灣地區時，再由於受到太平洋海洋氣團之交互作用造成台灣西部地區發生強烈降水。

由急速旋生個案，發現在大陸東南沿海有一股冷空氣沿大陸沿海經台灣海峽向西南伸展，而此股冷空氣正好使得太平洋之暖溼空氣爬坡而上，此時正好巧遇由華中華南移入之氣旋波，使得台灣地區大氣不穩定度增加，再由於台灣地區之地形影響，更增加台灣西部地區之降水。

雷達回波及衛星雲圖，亦証實在台灣北部及南部有不同之回波及雲系在發展，且各地之降水與上述地區之雷達回波及雲系甚配合，此南北不同雲系及雷達回波所造成台灣相關地區之強烈降水，更証實當快速旋生移至台灣地區時若有太平洋溫溼空氣相配合容易造成台灣地區之豪雨。

一、前言

快速旋生到達台灣地區有時造成台灣地區之惡劣天氣，1991年4月6日在華中區生成鋒面，當其通過本省地面造成本省北部及南部地區豪雨，台灣西部地區幾乎均有雷雨產生，圖1為本省各地4月6日逐時之天氣現象，除恆春地區外，全省各地都有降水或雷雨之產生。

造成此次台灣西部惡劣天氣，鋒面通過為一主要因素，而底層之低緯冷空氣由台灣海峽侵入本省，而太平洋之暖溼空氣受此冷空氣之抬升為另一主要因素，台灣南部之惡劣天氣更由於熱帶系統與冷鋒之交互作用，加強南部地區之降水，此與劉等(1990)分析TAMEX之個案甚為相似，亦為鋒面及熱帶系統交互作用，增加台灣地區之降水。

中緯度氣旋之生成已經逐漸為人們所瞭解，且有多人研究，但近年來人們對爆發性(Sanders and Gyakum, 1980)旋生逐漸重視，此種爆發性旋生發展快速，所經之處常常有狂風豪雨，在冬季更造成嚴重風雪，且往往因為預報失敗，造成生命財產的損失。

根據Robber(1984)之統計，主要的爆發旋生大部份在太平洋及大西洋之最西部與亞洲大陸、美洲大陸之沿岸，且均位於暖洋流之中或暖洋流之北，因此黑潮與墨西哥灣流所提供之水汽及熱量與爆發性旋生有密切之關連。

爆發性旋生在美洲有三個較著名的個案研究，Queen Elizabeth II氣旋1978年9月9日，此個案有甚低之氣壓中心，強風

、巨浪、強對流、暖心，氣旋中心無雲（Gyakun, 1983a, 1983b）與熱帶地區之颱風特性相類似。美國總統口氣旋1979年2月18、19日，此氣旋雖然沒DE II 驚人，但使得Virginia, Maryland及Delaw各州積雪達60公分。東太平洋海上旋生1981年11月13日，此氣旋中心風速達到90kts, Kao etc. (1988)利用數值模式發現降水過程對此氣旋有甚大影響。

國內劉(1980)分析顯示在台灣近海到日本地區有較大的旋生率(圖2)，Chen and Yeh(1982)研究也指出在冬半年副熱帶中國與鄰近海域有二處為主要旋生地區，其中黑潮所經地(124°-127°E)為主要旋生之一。呂(1986)研究西北太平洋爆發性旋生之綜觀氣候研究指出，爆發旋生在每年1月份產生之頻率最大。而 Hanson and Baosen(1985)研究東海氣旋生時發現，每年4月旋生之頻率最大。

另本文更利用雷達、衛星及傳統觀測資料作進一步之分析，以探討急速旋生對台灣天氣之影響。

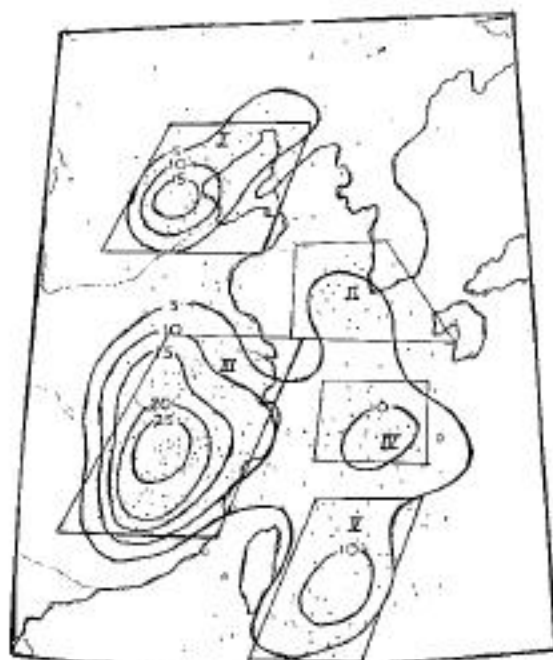


圖2 亞洲沿海地區旋生分佈及分區圖
(摘自劉1980)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
松山	▽	•	•	☉	☉	☉	•	•	••	☉	☉	•	☉	•	•	▽	▽	▽	▽	▽	•	☉	▽	▽
桃園	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉
新竹	☉		☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉
台中	☉	☉	☉	☉	☉	☉	•	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉
嘉義	☉	☉	☉	☉	☉	☉	•	☉	☉	☉			•	•	•	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉
台南	☉	☉	☉	☉	☉	☉	•	•	•	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉
岡山	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	•	•	☉	•	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉			
屏東	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	•	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉		
恆春					☉																			
花蓮	☉	☉	☉	☉	☉	•	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉
台東	☉	☉	☉	☉	☉	☉	•	•	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉				
綠島																		•	•	•	•	☉		

圖1 1991年4月6日台灣地區同時天氣變化圖，天氣符號為氣象通用符號，空白處代表無天氣現象。

二、天氣圖分析

本個案由地面天氣圖顯示在華南地區氣旋生成後快速東移，並影響本省天氣，圖3為80年4月5日00Z天氣圖，太平洋勢力由日本南方海面一帶向西伸展至大陸沿海一帶，5日12Z在江西附近有氣旋波生成，如圖4所示，圖5所示為6日12Z，此氣旋波發展甚為強烈形成一封閉完成之鋒面低壓，同時向東北移動，造成本省各地強烈降水。

850mb之天氣圖在5日00Z在華中一帶育平淺之溫度槽，在槽線之尾端有明顯之風切出現，如圖6所示，5日12Z風場之結構形成甚為明顯之低壓環流如圖7所示，6日00Z等高線與風場甚配合均形成封閉式低壓環流如圖8所示，6日12Z繼續東移接近本省。

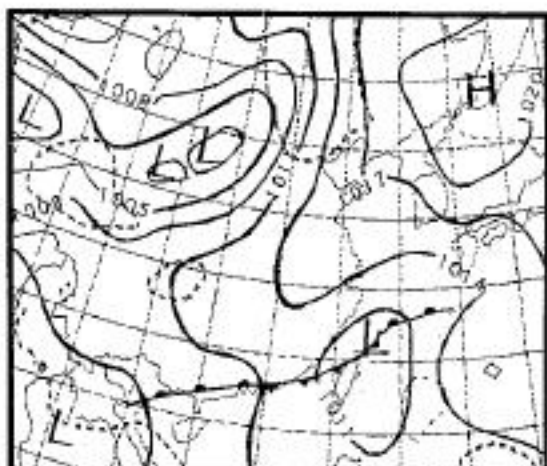


圖5 1991年4月6日12Z地面天氣圖

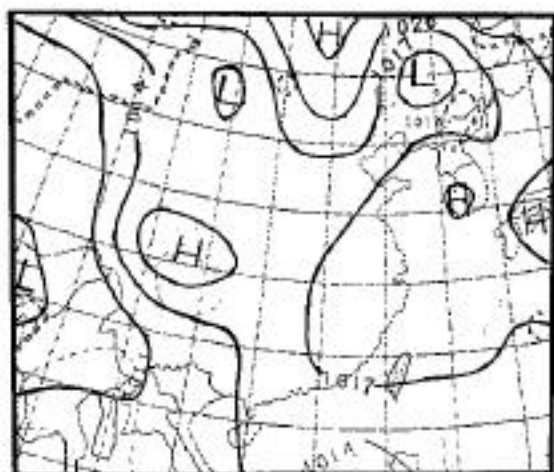


圖3 1991年4月5日00Z地面天氣圖

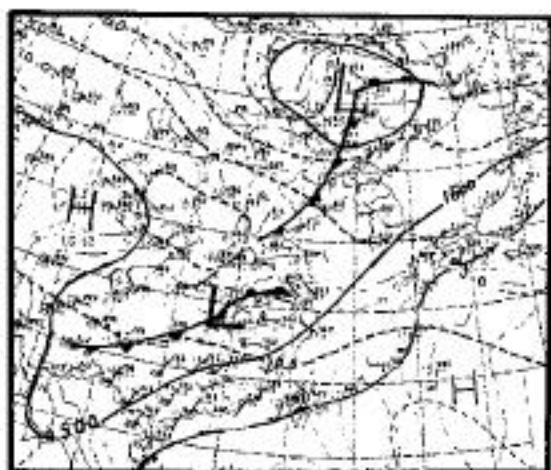


圖6 1991年4月5日00Z 850MB天氣圖

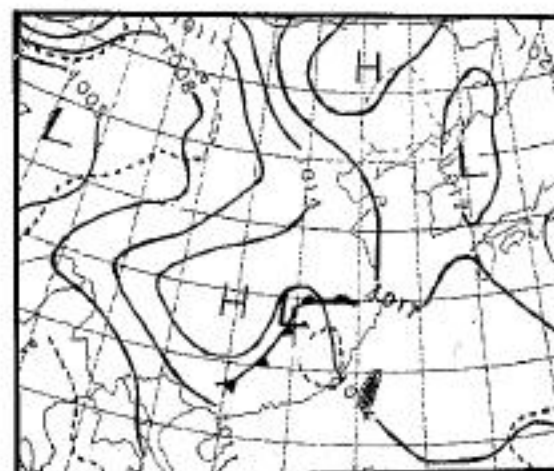


圖4 1991年4月5日12Z地面天氣圖

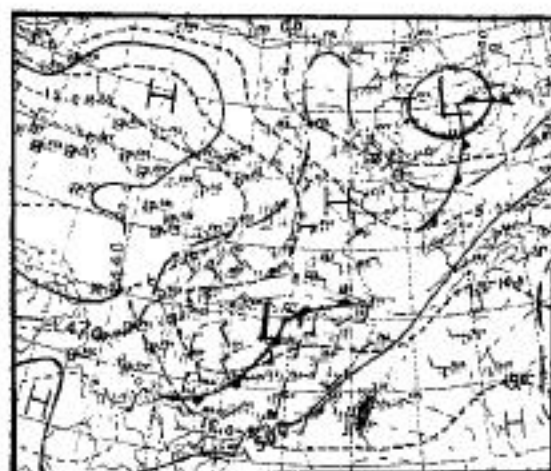


圖7 1991年4月5日12Z 850MB天氣圖

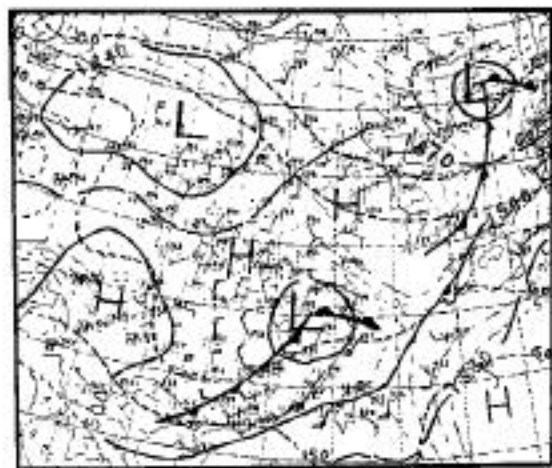


圖8 1991年4月6日00Z 850MB天氣圖

700mb天氣圖在4月4日有一低壓槽正醜醜，位置在西藏高原之西南方，5日此低壓槽迅速發展，變成一封閉低壓，其位置正好在西藏高原的西南方，此封閉低壓形成後移動非常迅速，6日已經移至大陸沿海，後移速逐漸減緩再向東北方向移動。

三、溫度場分析

700mb之溫度變化與低壓之移動方向相配合，5日冷空氣中心亦成封閉形式，與700mb之低壓位置相配合如圖9，6日低壓向東移冷空氣變為冷槽亦配合向東移。

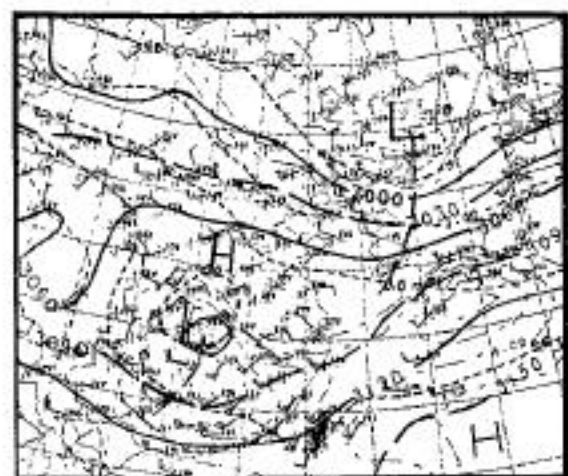


圖9 1991年4月5日12Z 700MB天氣圖

700mb之24小時溫度變差從5日至7日如圖10所示，正區代表升溫，負區代表降溫，5日00Z之降溫區由青康藏高原東側逐漸東移，順著青康藏高原之山麓斜坡向東南移動，中心最大降溫有 6°C 中心位置在四川附近6日00Z之中心最大降溫隨為此冷心低壓之移動降溫達 10°C ，中心位置在湖北附近，7日00Z之降溫區繼續向東南移動，因與太平洋高壓之暖空氣混合，雖然有降溫但所降之溫度僅有 1°C 左右，700mb之降溫路徑及降溫之變化，可顯示出700mb之冷低壓在大陸地區移動時因為與太平洋高壓之暖空氣混合不顯著故向東移降溫率未改變，但此冷低壓移出大陸而進入海洋時，降溫已不明顯，但從降溫之路徑移動變化，可以發現700mb之冷空氣順著冷低壓之移動向東移動，到達大陸之沿海又向東南移動，冷空氣之邊緣通過本省。

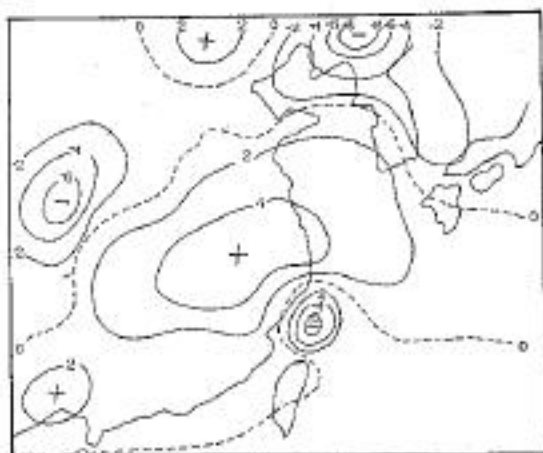


圖10-1 1991年4月5日00Z 700MB 24小時溫度變差圖

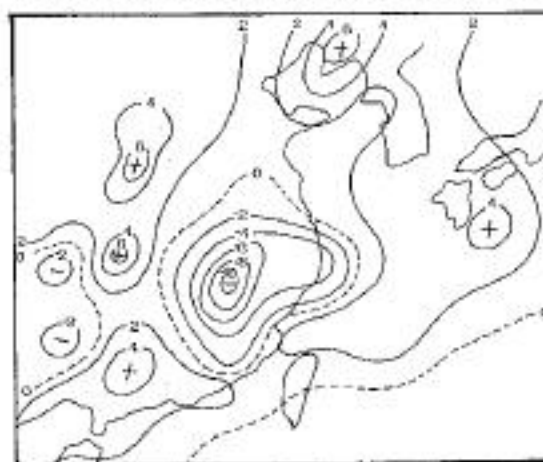


圖10-2 1991年4月6日00Z 700MB 24小時溫度變差圖

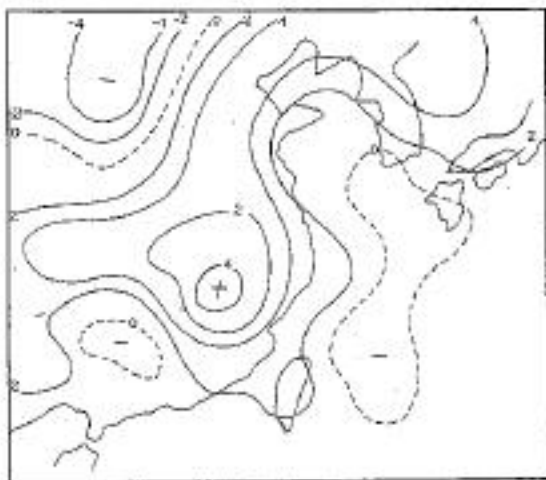


圖10-3 1991年4月7日00Z700MB24小時溫度變差圖

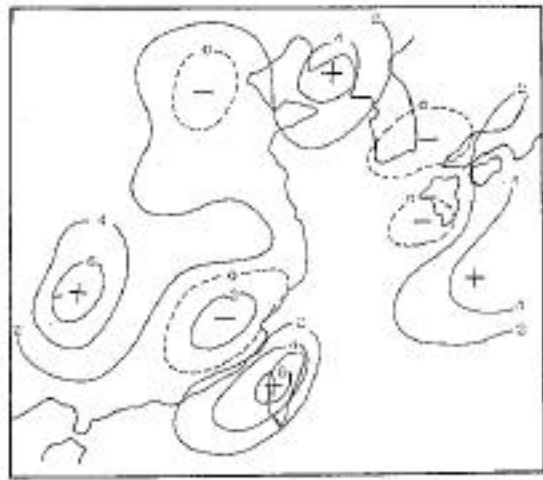


圖11-2 1991年4月6日12Z850MB24小時溫度變差圖

850mb之24小時溫度變差從5日至6日如圖11所示，5日12Z降溫區由我國東北沿著地形向西南伸展經河北、山東向西南延伸至兩湖盆地一帶，與5日12Z之溫度槽相配合，且降溫區隨著系統及地形向西南移動，6日12Z之降溫區移至大陸東南沿海，但台灣區850mb在5日及6日均為升溫區。

圖12為5日21Z之地面溫度走向，從等溫線之變化顯示冷空氣順大陸沿海及地形向南移動。

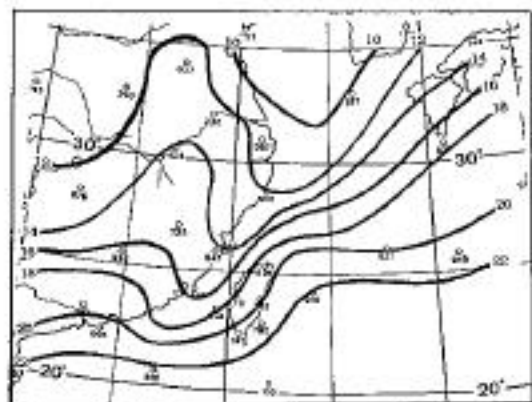


圖12 1991年4月5日21Z地面溫度分析圖

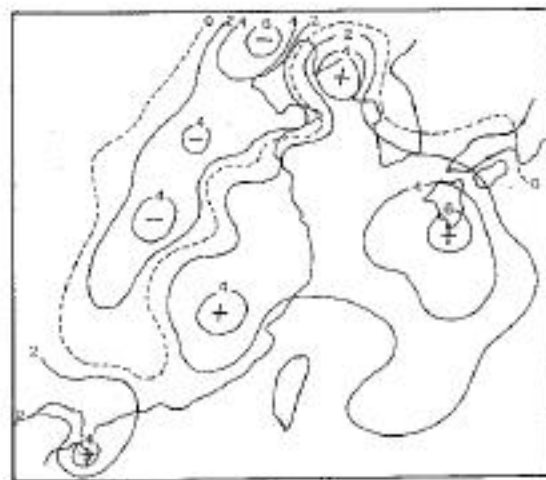


圖11-1 1991年4月5日12Z850MB24小時溫度變差圖

圖13為6日恆春、台中及台北之溫度日變化，南部之恆春地區溫度最高溫為 29°C 、最低為 22°C ，台中最高 23°C 、最低 19°C ，而台北最高 21°C 、最低 19°C ，從地面溫度日變化顯示南北之溫度日變化差異非常大，配合天氣系統及以上之溫度探討，台灣北部地區受北方冷空氣之移入及降水之影響溫度日變化不大，而恆春地區受太平洋高壓之影響且幾乎無降水，因此最高溫度比台北高出 7°C 。

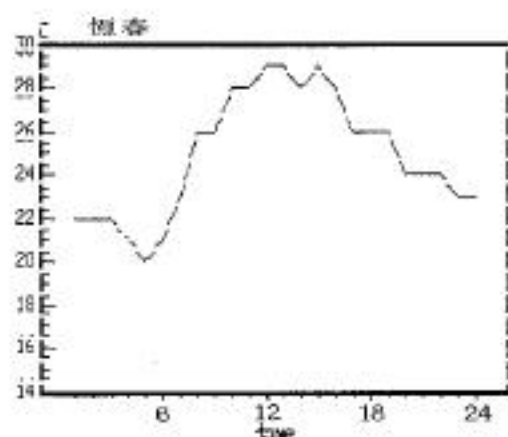


圖13-1 1991年 4月 6日恆春溫度日變化圖

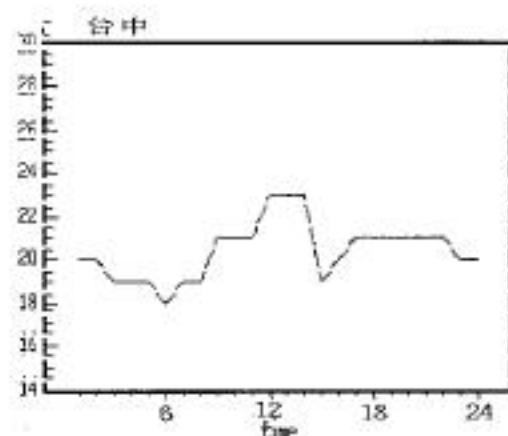


圖13-2 1991年 4月 6日台中溫度日變化圖

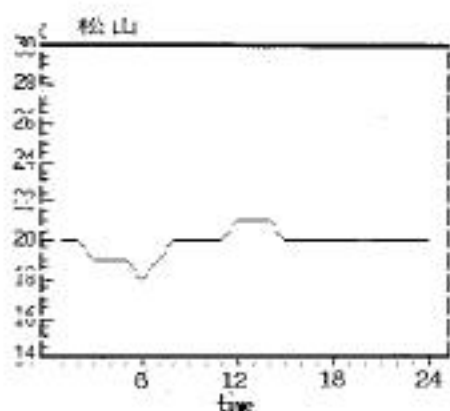


圖13-3 1991年 4月 6日松山溫度日變化圖

四、雲圖分析

衛星雲圖中之雲系變化，明顯現出影響台灣地區之系統所導致台灣之惡劣天氣，其雲系有二，一為鋒面雲系，一為台灣西南之帶狀雲系，此兩種不同性質之雲系在台灣地區交互作用，使得台灣西部地區有強烈之降水，陣雨、雷陣及冰雹等現象。

圖14所示為由 4月4日至6日之衛星雲圖，4月6日 00Z在青康藏高原有一渦旋狀雲系在發展，渦旋狀中心為中空狀，且成南北向發展，中心在東經 100度，主要較旺盛的雲系在 105度發展，移動速度非常快，以上為雲系之初期發展，當此雲系向右方移動時，右前方之雲系逐漸消失，整個雲系移動甚為快速。

4月4日 18Z此雲系只有左半邊在發展，而初期在右方之雲系幾乎消失，此後左方雲系成南北伸展，移動速度更為快速，4月5日 03Z當雲系向東移過110度時，雲系之南方迅速發展，而此時在中南半島與大陸南方各省之沿海地區也有微弱之雲系在發展並向北或向東移動。

4月5日 18Z整個雲系已經移至台灣北部上空，爾後此雲系之尾端在台灣地區發展加強，在台灣地區西部地區平原造成大雷雨。

值得注意的是在 4月5日 21Z台灣西南方出現條形線狀雲，此雲線逐漸向西南部移動，4月6日 00Z時其前線已經到達台灣西南沿海且變為兩條，6日 03Z此雲線與北方之雲系相接合並繼續發展，6日 06Z雖然北方雲系逐漸東移，但在台灣地區雲系仍然繼續發展。

從以上雲圖之發展顯示出，在青康藏高原之雲系形成後向東移動，移出青康藏高原後發展成為鋒面雲系，此鋒面雲系之南端在進入兩湖盆地及鄱陽湖盆地迅速發展，當鋒面雲系之南端通過台灣時，正好與由南海向北移動之熱帶雲系相會合，在台灣地區交互作用，因而引發台灣西部地區之大雷雨。



圖14-1 1991年 4月 4日00Z GMS 衛星雲圖



圖14-4 1991年 4月 5日18Z GMS 衛星雲圖

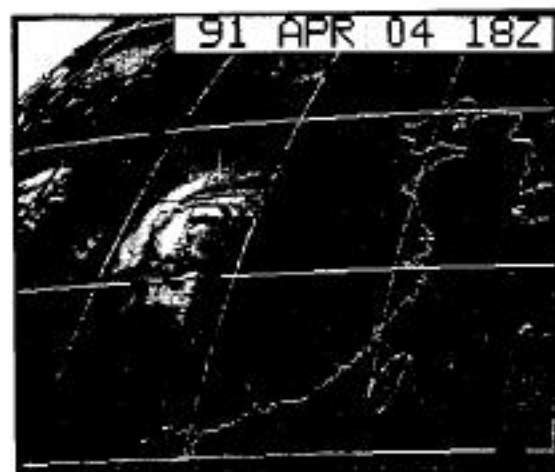


圖14-2 1991年 4月 4日18Z GMS 衛星雲圖



圖14-5 1991年 4月 5日21Z GMS 衛星雲圖



圖14-3 1991年 4月 5日03Z GMS 衛星雲圖

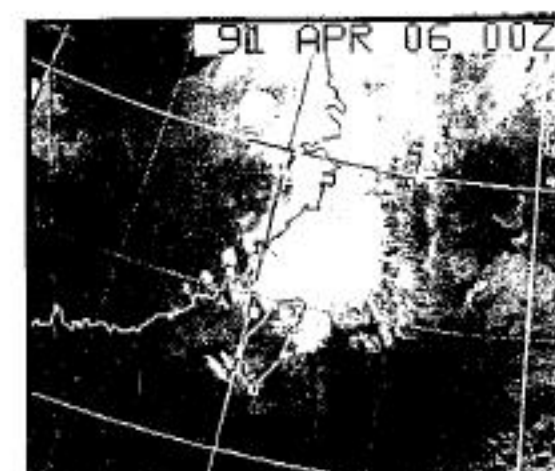


圖14-6 1991年 4月 6日00Z GMS 衛星雲圖



圖14-7 1991年 4月 6日03Z GMS 衛星雲圖



圖14-8 1991年 4月 6日06Z GMS 衛星雲圖

五、雷達回波分析

雷達回波可測較小且較清楚之天氣系統，本文同時採清泉崗之傳統雷達與部卜勒雷達資料加以分析探討。

1. 傳統雷達

圖15為 6日之清泉崗傳統雷達回波資料，圖15-1為 4月6日7時37分51秒之雷達回波圖，此時在台北及海峽北部有強烈之回波，圖15-2為6日8時38分52秒雷達回波，此時在台南地區也出現回波，圖15-3為 6日12時42分08秒之雷達回波，此時南部回波強度逐漸增加且向南伸展，圖15-4為 6日13時43分27秒之雷達回波，因角度抬高至 0.3度此時可以發現南部之回波向南發展回波範圍已到達高雄地區，圖15-5為 6日15時35分13秒之雷達回波，此時回波稍減弱，至 6日16時39分17秒時將觀測角度降至 0.1度，可以發現地形效應回波範圍較小，但南部地區之回波仍然非常清楚如圖15-6。

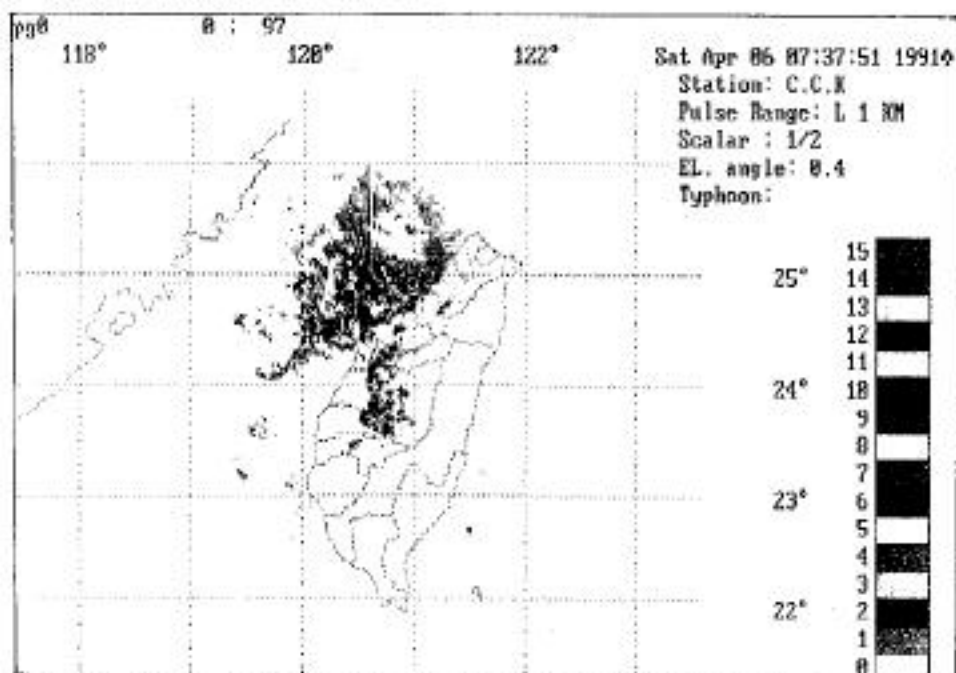


圖15-1 1991年 4月 6日 7時37分51秒清泉崗傳統雷達回波圖

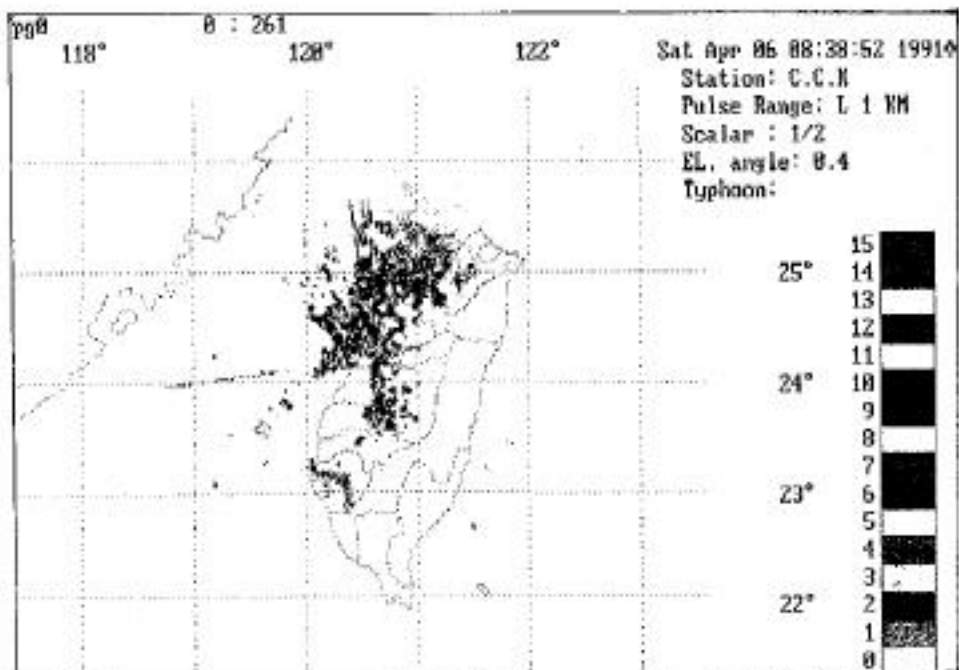


圖15-2 1991年 4月 6日 8時38分52秒清泉崗傳統雷達回波圖

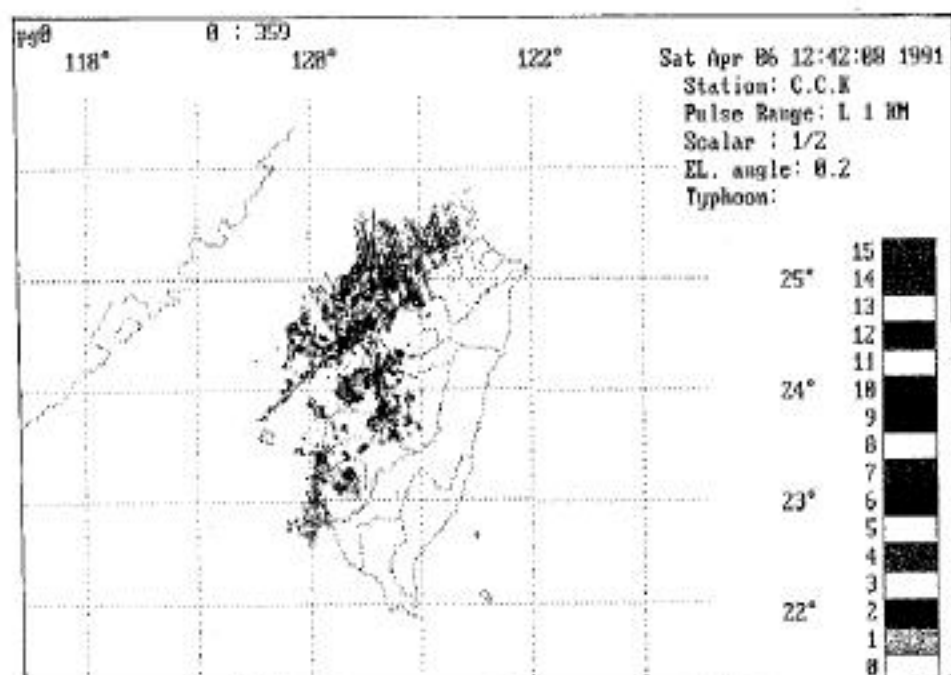


圖15-3 1991年 4月 6日12時42分00秒清泉崗傳統雷達回波圖

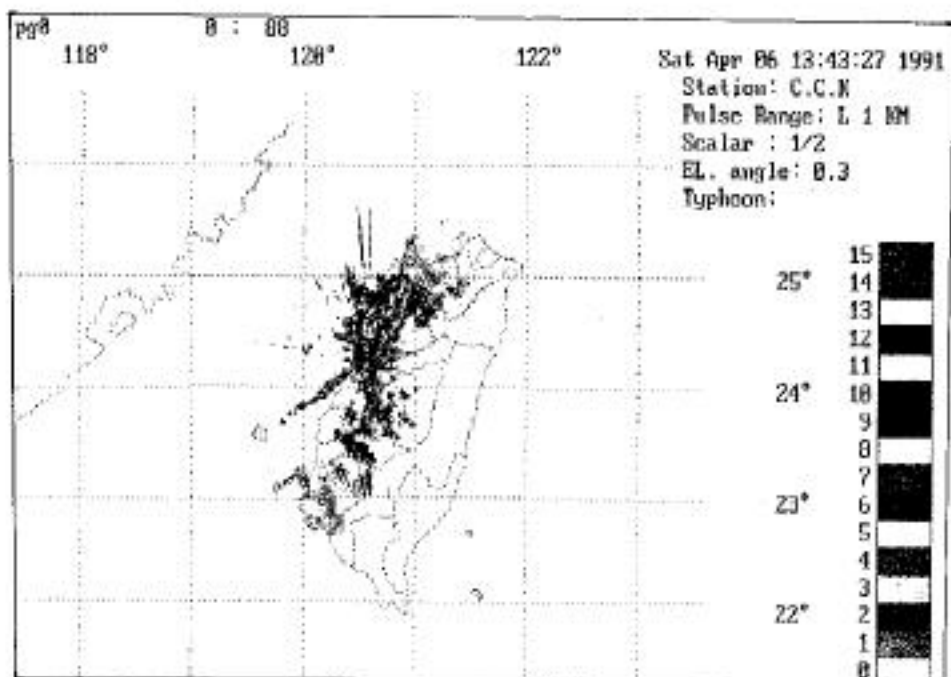


圖15-4 1991年 4月 6日13時43分27秒清泉崗傳統雷達回波圖

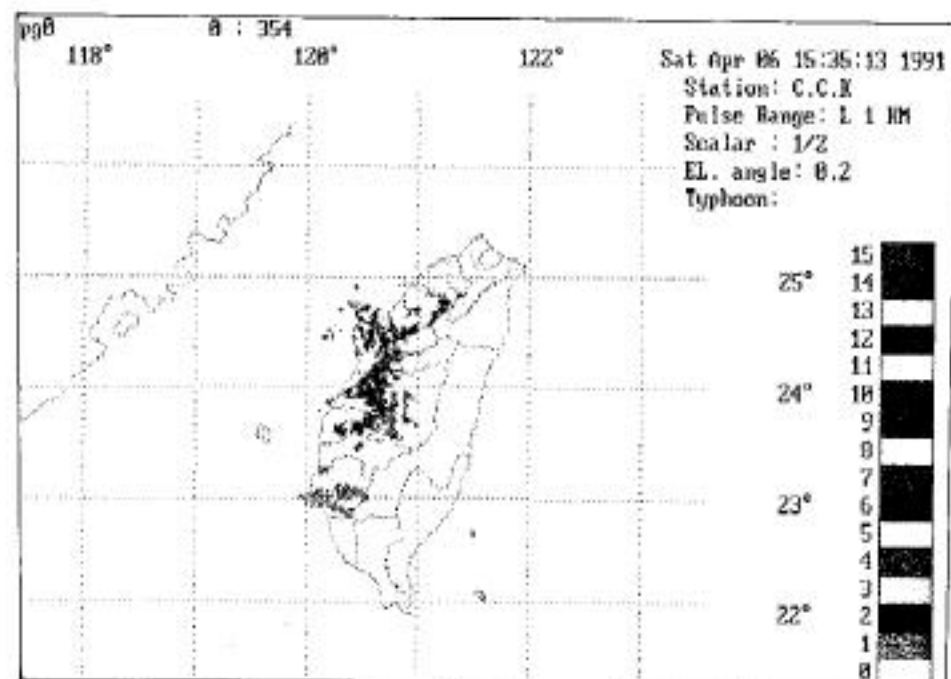


圖15-5 1991年 4月 6日15時35分13秒清泉崗傳統雷達回波圖

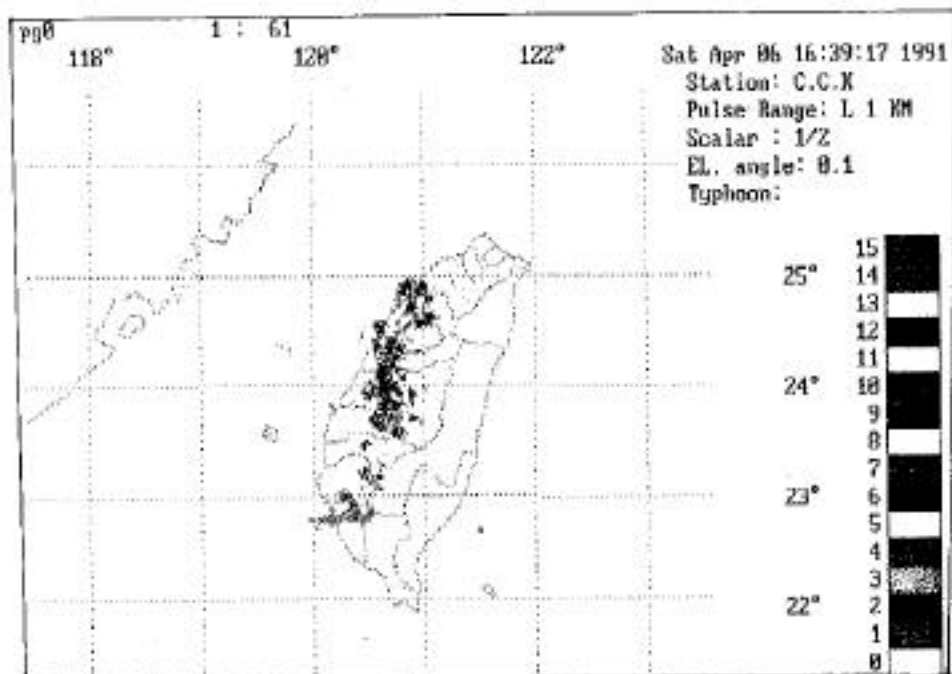


圖15-6 1991年 4月 6日16時39分17秒清泉崗傳統雷達回波圖

2. 都卜勒雷達

圖16為 6日之清泉崗都卜勒雷達觀測之回波，從6日3時30分圖16-1發現在北部外海雲系發展非常旺盛，在台南地區有局部之回波在發展，6日8時30分南部雲系擴大，6日09時10分12秒圖16-2，北部雲系向東北緩慢移動，但在南部之回波逐漸變為兩條，9時10分50秒圖16-3分裂為二條線狀雲系與衛星雲團 6日08時之雲系相符合，圖16-4為16時07分之回波圖，圖中可

以發現南部之回波甚強。

由以上之雷達回波資料分析，不論是傳統雷達或是都卜勒雷達，都顯示台灣北部之雲系與台灣南部之雲系為不同之雲系，雖然本省西部均有下雨，北部及中部地區之雷雨為鋒面所引起，而南部地區似乎由海上移進之一小塊雲系移至台灣南部，而後受其他因素而長大逐漸影響南部地區。

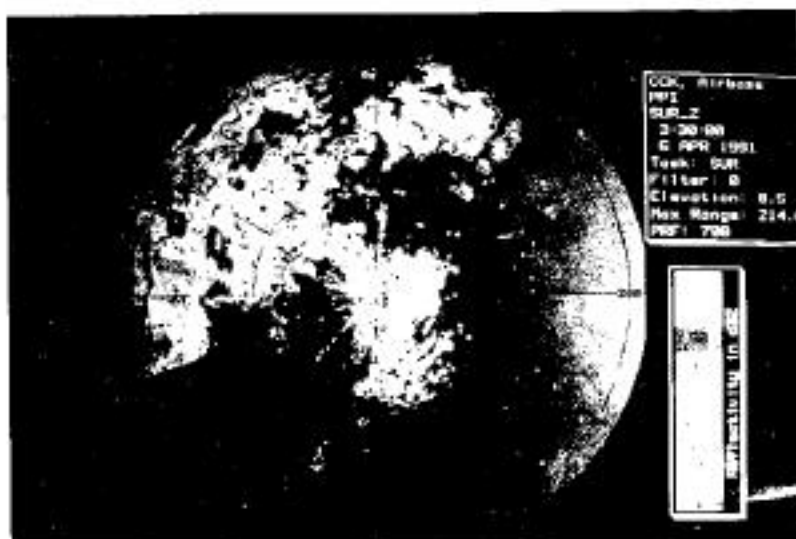


圖16-1 1991年
4月6日 3時30分
清泉崗都卜勒雷達
回波圖

圖16-2 1991年
4月6日 08時10分
12秒清泉崗部下勒
雷達回波圖



圖16-3 1991年
4月6日 08時10分
50秒清泉崗部下勒
雷達回波圖

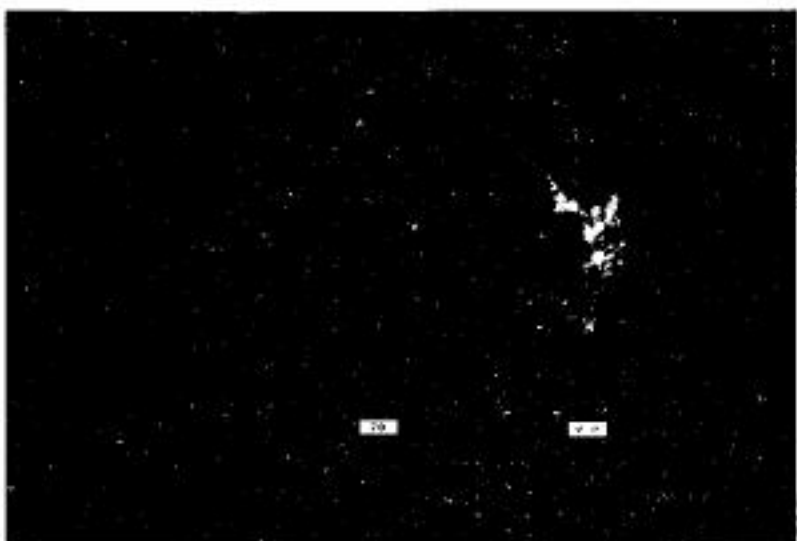
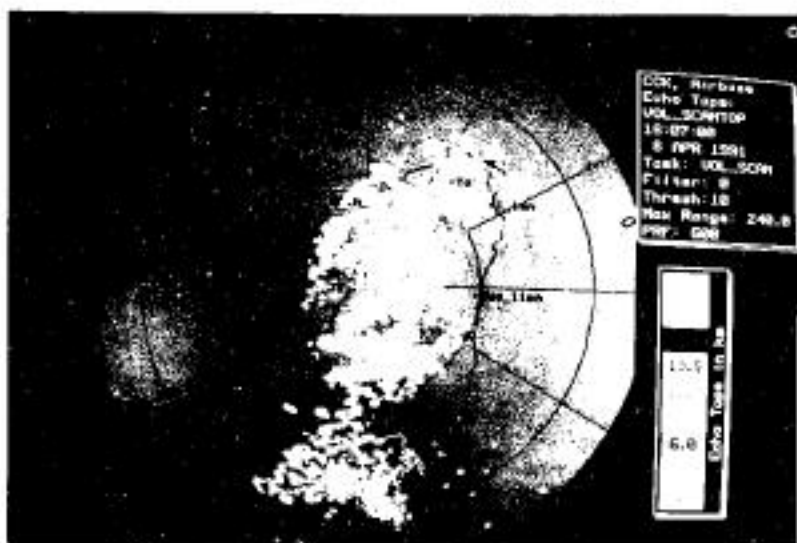


圖16-4 1991年
4月6日 16時07分
清泉崗部下勒雷達
回波圖



六、降水分析

4月6日之雨量以台灣西部地區最顯著，東部地區降水量較小，平均在10mm以下，而西部地區降雨量較不平均，北部地區之新竹桃園為一大雨區，雨量超過50mm，中部地區以梧棲之雨量最大為59mm，南部地區雨量集中於台南以南屏東以北地區，其中以岡山地區雨量最大為110mm，西部地區之嘉義雨量最少為10mm。

降水分佈與雷達回波相吻合，雷達回波也集中兩地區分別為台灣北部地區及台灣南部地區，北部地區為移動性回波，而南部地區之回波幾乎停留當地，僅回波強度之變化。

各地降雨時間大部份集中在1400時以後，從衛星雲圖顯示，6日1400時，主要之鋒面雲系已經通過本省，本省地區之雲系在鋒面尾端，為另新發展之雲系，造成本省西部地區之大量降水。

本個案由於鋒面移動迅速，全省各地天氣幾乎全受其影響，從全省各地4月6日極值溫度變化如表一，可以發現北部地區之松山測站溫度最低溫度19°C，最高溫度21°C。桃園地區最低溫18°C，最高溫20°C。新竹地區最低溫16°C，最高溫20°C。且變化差距不大，顯示幾乎受同一氣團之籠罩。

中部地區台中溫度變化亦不大，最低溫18°C，最高溫度為23°C。清泉崗最低溫18°C，最高溫22°C。由溫度變化之情形中部地區溫度日變化亦不大與北部

地區幾乎相同，顯示幾乎與北部處於同一氣團。

南部地區溫度日變化差距較大，嘉義地區最低溫18°C，最高溫27°C，高雄地區最低溫22°C，最高溫27°C，恆春地區最低溫21°C，最高溫29°C，恆春地區幾乎整日無降水記錄。從南部地區之溫度變化可以發現與北部地區及中部地區有明顯之不同，南部地區最高溫度均在27°C以上，尤其在高雄以南之地區，其最低溫度幾乎是北部地區之最高溫度。

由以上溫度變化可以發現北部地區受北方冷氣團之影響，溫度日變化不大，中部地區亦相同，但南部地區似乎受熱帶環流之影響，溫度日變化較大，因此從溫度變化可瞭解4月6日台灣地區在台南以北之地區受大陸冷空氣之影響，溫度日變化較小，而台南以南之地區則受太平洋暖氣團之影響，溫度日變化較大，4月6日台灣地區一方面由於鋒面通過，另一方面受熱帶海洋之系統所影響在台灣地區形成相當惡劣的天氣，幾乎整部西部地區均有受雷雨之侵襲。北部地區之降水係鋒面通過所引起。高雄地區在6日13時以前風均為偏南風，14時之陣雨轉為偏北風且陣風達51 KTS，以後幾乎變為偏北向之風，而14時以後雨量突然開始增大，因此南部地區之降雨由雲圖分析，雷達回波分析，可以發現其與北部之降水係受不同天氣系統之影響。

表一、台灣地區1991年4月6日各地最高、最低溫

	松山	桃園	新竹	台中	清泉崗	嘉義	高雄	恆春
最高溫 (°C)	21	20	20	23	22	27	27	29
最低溫	19	18	16	18	18	18	22	21
溫差	2	2	4	5	4	9	5	8

圖17至圖18為4月6日05時及11時之地面溫度分佈圖，地面溫度分佈圖中之等溫線走向可以發現在6日5時及11時非常類似，兩者共同之處為在大陸沿海地區至台灣海峽一帶為一明顯的溫度槽，此溫度槽之梯度非常大，且溫度槽由東海沿著大陸地形向西南流動。

圖19為4月6日石垣島、台北、廈門三地8時垂直溫度剖面圖，在底層溫度變化較大，廈門與石垣島之溫度在地面幾乎相差 10°C ，垂直變化至850hPa以上溫度幾乎相同，顯示整個溫度變化幾乎在大氣之底層較明顯。

由圖17及18之溫度分布與圖19之垂直溫度分析，可以瞭解造成台灣地區4月6日台灣西部各地之惡劣天氣以及強烈降水，在台灣、台灣海峽以及大陸沿海，大氣底層有一層甚薄之冷空氣順著大陸沿海地形向西南迅速流動。

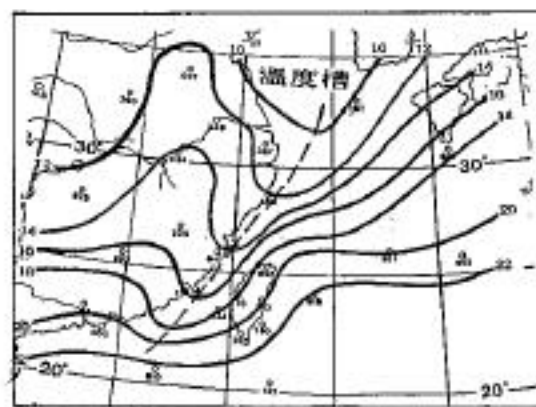


圖17 1991年4月6日05時地面溫度分析圖

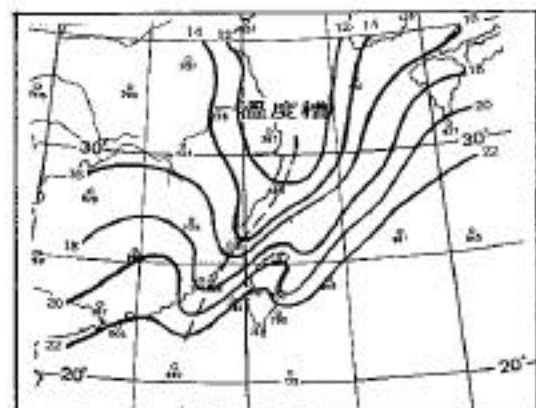


圖18 1991年4月6日11時地面溫度分析圖

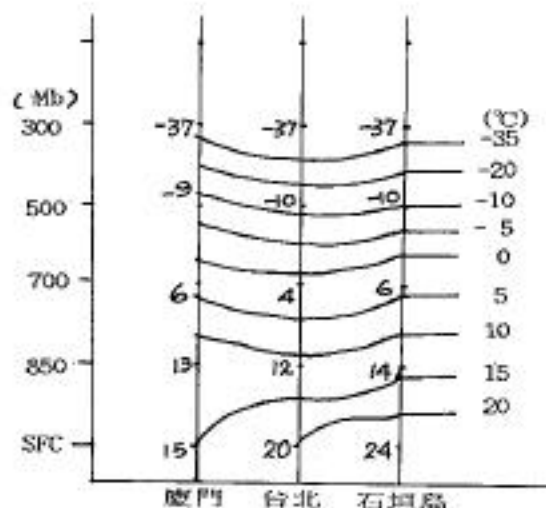


圖19 1991年4月6日08時石垣島、台北、廈門三地垂直溫度剖面圖

七、結論

華南華東急速旋生，其移動速度有些快有些慢，到達台灣地區時是否造成台灣地區之惡劣天氣，根據本文之初步分析，鋒面本身之強弱固然為一主要因素，但地面之分裂高壓東移，當其前線移至大陸東南沿海時，因其為冷氣團之屬性，此時其冷空氣順著大陸東南沿海之地形，向南移動，由東海進入台灣海峽，而台灣海峽左右兩側一為福建之嶺南及東南丘陵，一為中央山脈，造成冷空氣如楔形般衝向台灣西部地區，若此時台灣正好有熱帶系統移入時，一方面由於鋒面本身之不穩定，冷空氣由底層迫使暖空氣沿地形爬坡更加明顯，再由於熱帶系統之暖溼空氣，更易使不穩定之大氣增強降水作用。

雷達及衛星觀測可以追蹤系統之移動與發展，而大氣底層之冷空氣仍有賴地面之觀測，尤其地面分裂冷高壓移至大陸東南沿海其形成之楔形冷空氣，若此時再有熱帶海洋系統相會和極易導至台灣西部地區之惡劣天氣。

致謝

本計畫在中央氣象局專案 CMB79-01-07 支援下及空軍氣象中心人員共同協助下，得以順利完成，謹致誠摯之感謝。

參考文獻

- 呂振福，1986：西北太平洋地區爆發性旋生的綜觀氣候分析，國立台灣大學碩士論文，66。
- 劉廣英，徐天佑，1990：熱帶與熱帶外氣流交互作用與台灣梅雨之關係，氣象雷達與飛航安全研討會，255-266。
- 劉廣英，1980：東亞沿海地區冬季旋生及發展之綜觀分析，空軍氣象中心研究報告17號。
- Chen G. T. J., and F. W. C. Yeh, 1982 : The climatology of winter over subtropical China and adjacent oceans, *Paper Meteorol. Res.*, 5, 85 -- 98.
- Gyakum J. R., 1983 a : On the evolution of the QE II storm I. Synoptic aspects. *Mon. Wea. Rev.*, 111, 1137 -- 1155.
- Mon. Wea. Rev., 1983 b : On the evolution of the QE II storm II. Dynamic and thermodynamic structure. *Mon. Wea. Rev.*, 111, 1156 -- 1173
- Hanson H. P. and Baosen L., 1985 : Climatology of cyclogenesis over the east China sea. *Mon. Wea. Rev.*, 113, 697 -- 707.
- Roebber P. J., 1984 : Statistical analysis and update climatology of explosive cyclones. *Mon. Wea. rev.*, 112, 1577 -- 1589.
- Sander F. and J. R. Gyakum, 1980 : Synoptic - dynamic climatology of the " Bomb ". *Mon. Wea. Rev.*, 108, 1589 -- 1606.

The Weather Phenomena of Explosive Cyclogenesis
in Taiwan Area Formed in East China and South China

Koung-Ying Liu

Tian-Yow Shyu

Weather Wing CAP

ABSTRACT

The Weather Phenomena of Explosive cyclogenesis in Taiwan area formed in East China and South China, That caused severe weather frequently in Taiwan area. In this study we used radar, satellite and conventional data to analysis the explosive cyclone.

In 6 April 1991 an explosive cyclone moved rapidly from Southeast China to Taiwan area, a flash flood was caused in west part of Central Mountain. the result of analysis showed that a shallow cold surge intruded from East China Sea to Taiwan Strait, the moist warm current of pacific high moved from South China Sea encountered with cold surge in Taiwan area that intensified the heavy rainfall in Taiwan area.