

台灣北部冬半年異常降水之氣候分析與研究

劉廣英

空軍氣象聯隊氣象中心

陳泰然

台灣大學大氣科學系

摘要

台灣北部地區冬半年在東北季風影響下，常會發生雨量較平均值大一或兩個標準差之異常降水現象，有些伴隨明顯綜觀系統，有些則無系統可尋，致常使天氣預報發生嚴重的誤差。本文分析民國 58 至 68 年計 10 個冬半年（10 月至 3 月）資料，將降水量大於平均值一個或兩個標準差之所有個案選出，而後檢查其伴隨之天氣形勢，發現東北季風為重要的綜觀特徵。經合成分析後得知，東北季風經暖海變性連續不斷將水汽輸送至陸地，並因海陸摩擦效應差異與局部環流變化所形成之局部輻合，以及低對流層動力與熱力強迫作用使水汽上傳凝結，是發生異常降水的主要原因。

選擇東北季風控制下的個案 34 個，並根據巴士海峽有無滯留鋒存在，以及台灣西部鄰近 700 mb 短槽之有無，分為鋒面型及迴流型兩類。對於二者間的異同文中亦討論及之。

一、前言

台灣地區冬季「北濕中南乾」的現象是大家所熟知的事實，然在此氣候特徵之下突發性的大雨仍常為氣象預報人員帶來很大的困擾。如民國 68 年 12 月中旬北部地區就曾發生持續 2—3 天的異常降水，16 日基隆雨量且達 100 公厘，台北亦有 26.5 公厘，均約 5 倍於氣候值。該個案經初步分析研究（陳等，1980）發現，強勁持續的東北季風經黑潮而獲得水汽，當其到達台灣東北部時，近地層空氣可能因海陸摩擦效應的差異以及局部環流與盛行風的交互作用所形成的局部輻合而上升，並在下對流層暖平流與隨高度向上增加之正渦度平流的強迫上升運動之下，形成雨勢較大的持續性降水。本文目的即在透過氣候調查以區別北部地區冬半年異常降水所伴隨的綜觀天氣形勢，以確定東北季風在此類降水中所扮演的角色；並分析其熱力及動

力過程，以檢定上述個案分析結果之正確性與代表性。使用資料包括中央氣象局與空軍氣象聯隊各測站自民國 58 年至 69 年的觀測報告，以及地面至 500 mb 天氣圖。

二、異常降水分析

降水分析範圍為花蓮與新竹以北地區，包括 14 個地面測站（68 年起增加為 17 個）。其中有一站或以上的日雨量較其氣候值大一個標準差或以上者即稱為北部地區有異常降水。首先以此標準將歷次個案選出，而後分析其伴隨之綜觀形勢。所得結果如表一與表二所示。

表一所示冬半年各月大於兩個標準差日數以宜蘭 12 月最多有 23 次，鞍部 2 月最少僅發生一次。冬半年各地大於兩個標準差之總日數分別為花蓮 83、宜蘭 107、基隆 92、竹子湖 95、鞍部 80、台北 85、新竹 80。冬半年東北季風盛行之下向

表一 民國 60 年至 69 年冬半年 (10 月—3 月) 北部地區主要測站月降水量大於一個標準差與兩個標準差之日數與百分比

項 目	花 蓮			直 隴			基隆			竹 子 湖			鞍 部			台 北			新 竹																							
	10	11	12	1	2	3	10	11	12	1	2	3	10	11	12	1	2	3	10	11	12	1	2	3																		
總 降 水 日	197	173	195	241	204	226	242	253	239	230	188	223	238	242	242	207	232	220	248	220	248	224	230	172	206	234	264	245	198	217	188	213	202	200	175	208	112	115	128	169	140	184
異 常 降 水 日 數	13	8	18	12	10	23	16	18	18	22	15	21	16	32	31	37	21	26	18	32	32	19	28	19	21	13	29	29	7	25	7	16	19	14	14	16	10	11	14	10	17	15
水 日 數	15	13	13	8	16	17	15	20	23	19	16	14	13	16	18	14	12	19	17	19	19	22	12	10	15	11	21	19	14	13	11	4	17	20	15	18	8	12	12	18	16	14
異 常 降 水 日 數	6.5	4.6	9.2	5.0	4.9	10.1	6.6	7.1	7.5	9.6	8.0	9.4	6.7	12.4	12.8	15.3	10.1	11.2	8.2	12.9	8.5	12.2	11.0	10.2	5.6	11.0	11.8	9.4	3.5	11.5	3.7	7.5	9.4	7.0	8.0	7.7	8.9	9.6	10.9	5.9	12.1	8.2
總 降 水 日 數	8.1	7.5	6.7	3.3	7.8	7.5	6.2	7.9	9.6	8.3	8.5	6.3	5.5	6.2	7.4	5.8	8.2	7.7	7.7	9.8	5.2	5.8	7.3	4.7	8.0	7.8	6.6	0.5	6.0	5.9	1.9	8.4	10.0	8.6	8.7	7.1	10.4	9.4	10.7	11.4	7.6	
異 常 降 水 日 數	15.5	9.5	21.4	14.3	11.9	27.4	14.5	16.4	16.4	20.0	13.6	19.1	9.8	19.6	19.0	22.7	12.9	16.0	13.1	23.4	13.9	20.4	13.9	15.3	10.6	23.6	23.6	16.3	5.7	20.3	8.1	18.6	22.1	16.3	16.3	18.6	13.0	14.3	18.2	13.0	22.1	19.5
總 異 常 降 水 日 數	19.3	15.7	15.7	9.6	19.3	20.5	14.0	18.7	21.5	17.8	15.0	13.1	14.1	17.4	19.6	15.2	13.0	20.7	17.9	20.0	23.2	12.6	10.5	15.8	13.9	26.6	24.0	17.7	1.3	16.5	12.9	4.7	20.0	23.5	17.6	21.2	10.0	15.0	22.5	20.0	17.5	

表二 民國 58 年至 68 年多半年（10月—3月）伴隨各類綜觀形勢之異常降水（日降水量大於平均降水量一個標準差）次數

原 因	東北季風			東 海 波			台 灣 波			鋒 面 過 境			颶 風 (含 熱 帶 低 壓)			其 他			合 計	備 考						
	10	11	12	1	2	3	10	11	12	1	2	3	10	11	12	1	2	3			10	11	12	1	2	3
58	1	2	1							1	1	1	1	1	1	1	2					1	1		17	其他成因中包括： (一) 850mb 輻合， (二) 東北風+850mb 輻合+LLJ (三) 華南連續波動及 (四) LLJ 等四種影響。 一 颶風與熱帶低壓包括 與東北季風共伴環流 影響，是以凡有颶風 至台灣附近且主觀上 可認定其有影響者均 屬之。 二 其中大於兩個標準差 者 146 次
59	4	2	2	1	1		1			4	1	1	3						1	1					24	
60	2	2	1	2	1		1						2	1		2	1					1	1		17	
61	2	1	4	1						2	2	2	1	1	1	1	1					1			18	
62	3	2	2	2	1		1			1	1	3	1	2	1	1	2	1				1			23	
63	1	4	2	2						2	1	4	2	4	3	3	3					1	1		30	
64	1	2	2	2	1		1			1	2	2	3	3		3	3					1	1	2	29	
65	1	2	2	4	1					1	1		2	1	2	2	1	2							17	
66	1	2	4	4			1			1	2	1	1	2	1	1	2	1				1	1		22	
67	4	2	1	2						2	1	1	2	2		2	2					1	1		23	
68	2	2								1	1	1	1	1	1	1	1							2	16	
合 計	3	23	25	20	11	10	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	236	
各 成 因 總 計	92			13			24			57			31			19			~21 次/年							

風面之宜蘭達最大值，顯示地形舉升可能為導致異常降水之一個因子。新竹與花蓮位於中央山脈兩側，而異常降水日數却相若，指示除了地形效應之外尚有其他動力或熱力過程導致異常降水。

表二為所選研究期間伴隨各類綜觀天氣形勢所發生異常降水之次數。次數之計算以大於一個標準差為條件，並在連續多日降水達標準時，按其伴隨之綜觀形勢分段計次。譬如民國 59 年 3 月降水達 28 天，其間異常降水有 5 個階段，分別為東海生波 1 次，台灣近海生波 4 次，因此在本表相關項下分別各記 1 及 4 次。表二可見北部地區冬半年造成異常降水主要綜觀形勢為東北季風，在 10 個冬半年中共有 92 次，佔全部異常降水的 39 %。其次是鋒面過境有 57 次，約佔 24 %。此二類主要差別為前者鋒面帶至少已南下至巴士海峽，而後者則指鋒面通過台灣地區當日所發生的異常降水現象。若以各月分佈狀況來看，10 月份異常降水主要由颱風或熱帶低壓而來，11 月至次年 1 月間則以東北季風類最多；2 及 3 月間則除颱風外，其他類的重要性以東北季風與鋒面過境兩者居多。台灣波導致之異常降水機會以三月最大，此時亦為台灣波發生最頻繁季節（劉，1980）。

在以上各類中，伴隨東北季風者次數最多，但預報上困難最大。根據個案分析研究（陳等，1980）結果得知，此種異常降水系統範圍較小，為中幅度的連續性強烈降水，在地面天氣圖上僅為伴隨高壓環流而已，因此正確的預報十分困難。以下謹將此類異常降水做進一步的分析。

三、東北季風影響下異常降水的合成分析

合成分析可充份顯示類型之特徵。以下僅將此類異常降水時之平均天氣圖、降水量、暖平流及降水開始時間等要項分別加以討論，以找出其特徵。

(一)平均圖分析

在所有東北季風影響下異常降水個案中挑選降水範圍較廣的個案 34 個計 108 天做為進一步分析的對象。又將它們分為兩大類型。第一類為鋒後的東北季風，此類之特徵有二，一為鋒面過境後在巴

士海峽滯留，即在天氣圖上鋒面自琉球東南至巴士海峽西方十分明顯。此時大陸高壓軸線呈西北東南走向，本省及東南沿海氣壓較高且南北方向氣壓梯度亦較大；一為 850 mb 圖上地面鋒後有較明顯之輻合帶或溫度梯度。此類伴有明顯鋒面故稱鋒面型。第二類的特徵亦有二，一為低壓中心偏東約在日本東北部外海，鋒面尾端經琉球南方巴士海峽部份已不存在；一為 850 mb 圖上有弱高壓在本省東北與琉球之間。在此類型中本省及東南沿海氣壓略低，南北向氣壓梯度亦較小。由於鋒面不顯，我們稱之為迴流型（此名稱可能不甚妥當，但為預報降水時常用者）。

圖 1 及 2 分別為此兩類型由地面至 500 mb 之合成天氣圖。圖 1 為鋒面型包括 15 個個案共計 50 天之合成，圖 2 則為迴流型包括 19 個個案共計 58 天之合成。比較此兩組合成圖可發現地面氣流兩者均來自東方暖洋面上，但綜觀形勢則有差異，鋒面型無分裂高壓，台灣在大陸主高壓控制下，而迴流型則在長江口附近有分裂高壓。另外，鋒面型在中央山脈西側有背風槽、巴士海峽有滯留鋒後梯度明顯。在 850 mb 圖上鋒面型西風槽自日本海經東海至本省北部外海；而迴流型則有東風槽在中央山脈西側至東南沿海之間，另有一小型高壓在台灣東北至琉球之間。在 700 至 500 mb 間鋒面型在台灣鄰近沒有短波槽而迴流型則在 700 mb 甚為明顯。

(二)降水量分析

表三為東北季風影響下兩類型各主要測站歷次個案之平均日雨量及總平均日雨量。顯見除新竹外其他各站都是迴流型的雨量較大，其中又以花蓮與台北的差異較顯著，分別約較鋒面型大 3 及 2 倍。迴流型各地總平均日降水量（27.9 公厘）較鋒面型（20.3 公厘）略大，約為 1.33 倍。

圖 3 為各地迴流型與鋒面型各降水速率（公厘/時）等級所發生的百分比。各地此兩類分佈形式相似，時雨量越小之出現頻率趨高，在 1 公厘/時以內佔最大百分比。迴流型以宜蘭、花蓮之分佈波譜最寬，基隆次之，其他各站均在 5 公厘/時以下。鋒面型宜蘭與花蓮之分佈波譜均較迴流型窄，新竹者

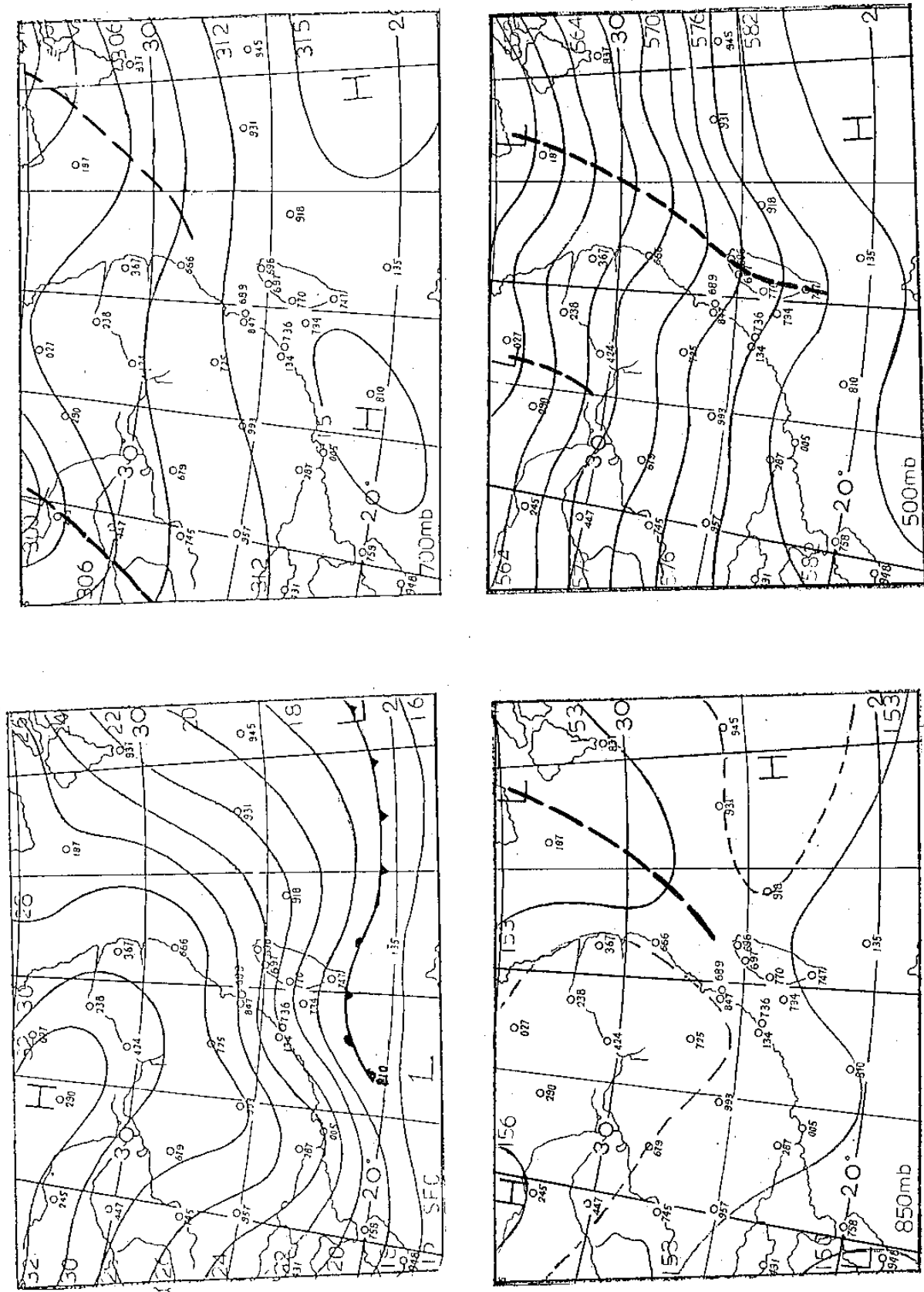


圖 1 民國 58 至 68 年冬半年 (10 月至 3 月) 台灣北部鋒面型異常降水個案中選定之 15 個個案共 50 天的合成天氣圖。地面圖以 2 mb 為間距。高空圖以 30 動力公尺為間距 (實線) , 輔助線以 15 動力公尺分析 (虛線) 。粗虛線為槽線。

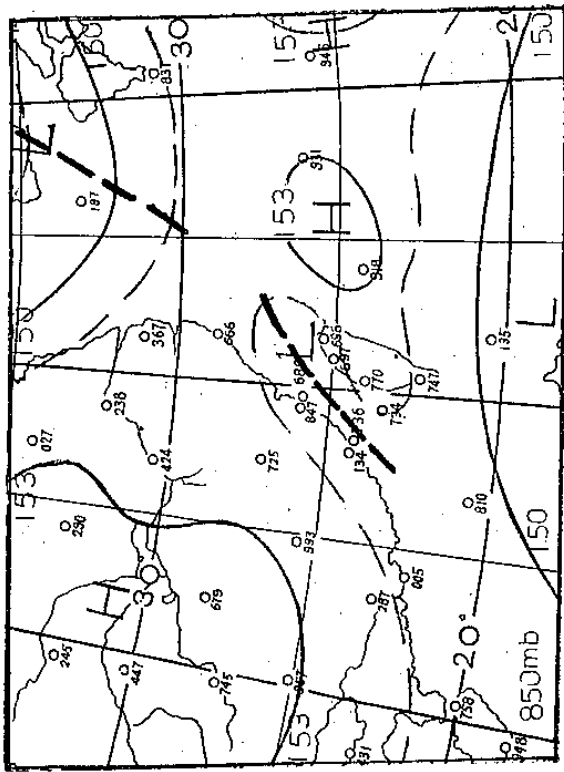
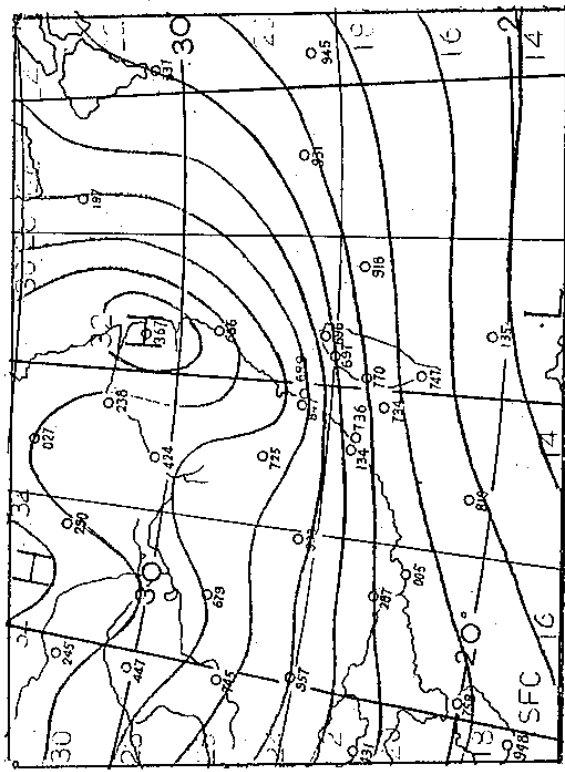
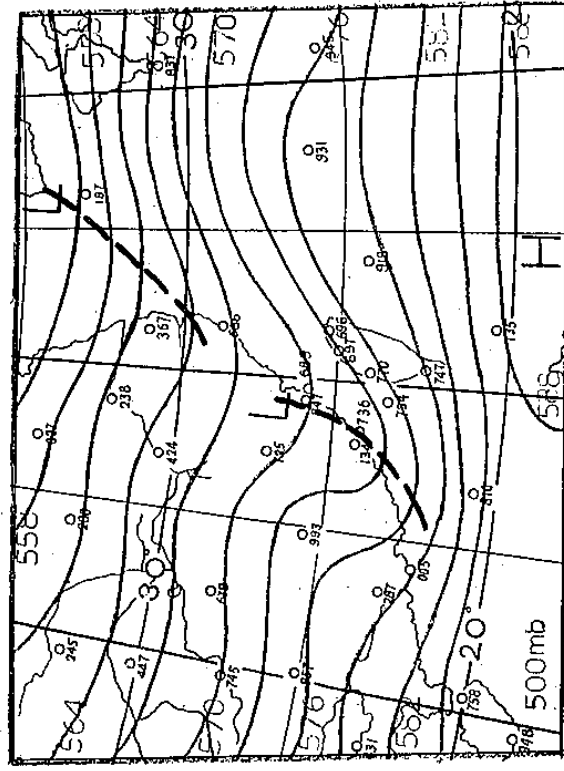
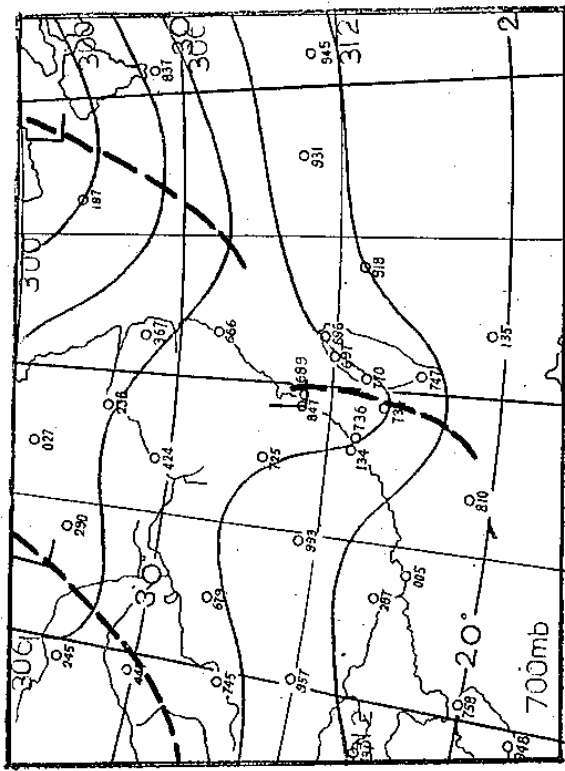


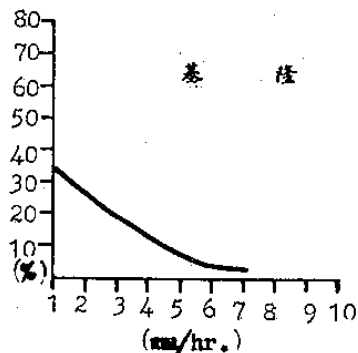
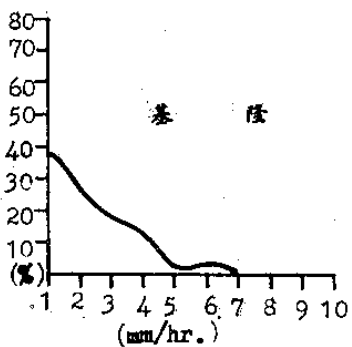
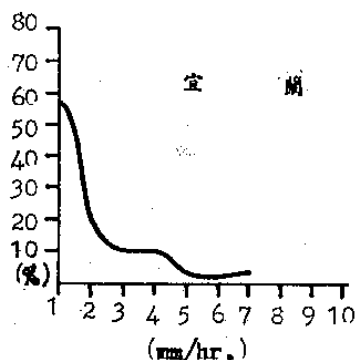
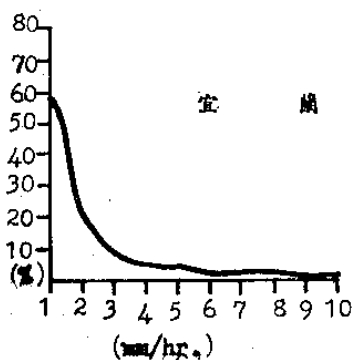
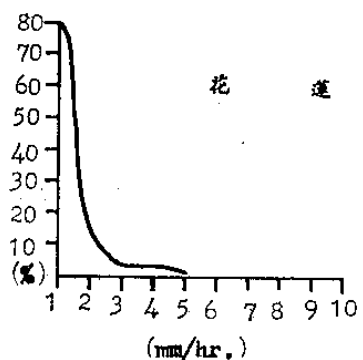
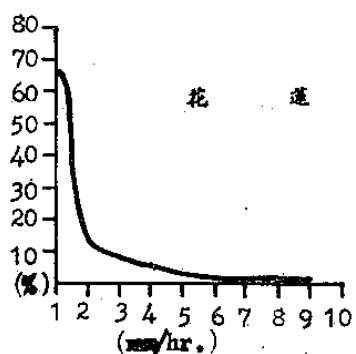
圖 2 同圖 1，但為迴流型個案中選定之 19 個個案共 59 天的合成。

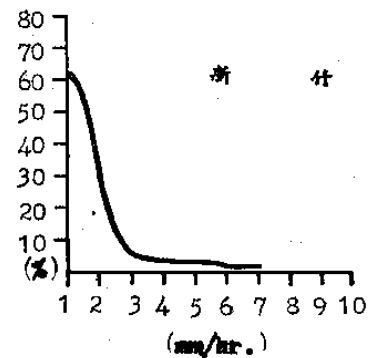
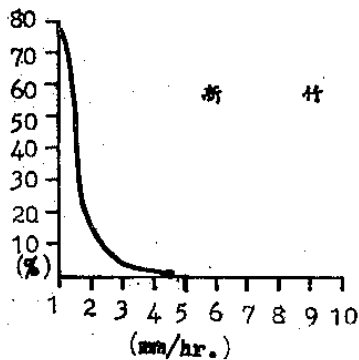
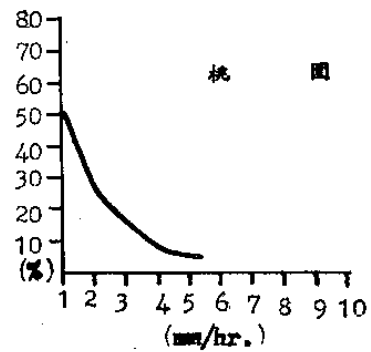
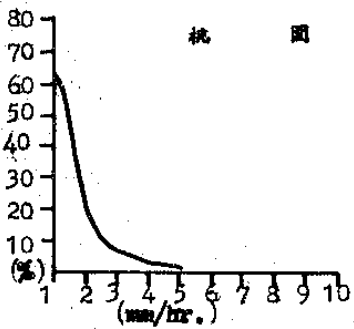
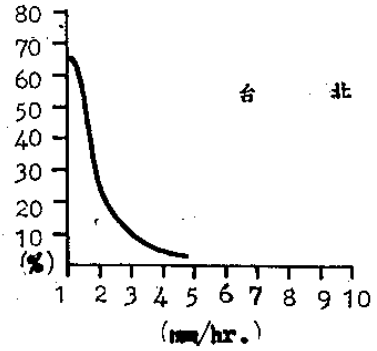
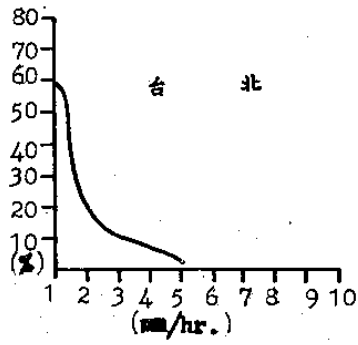
度增大。基隆在此兩類型大於2公厘/時之發生機
率一般較其他各地為高，但未發生超過7公厘/時

以上者。

表三 東北季風類異常降水之鋒面型與迴流型各地平均日降水量(公厘/日)

平均雨量 類別	測站	花蓮	宜蘭	基隆	竹子湖	台北	新竹	總平均
鋒面型		4.5	21.0	34.1	42.9	9.5	9.5	20.3
迴流型		14.2	34.7	39.2	51.2	18.7	9.2	27.9





A. 迴流型

B. 鋒面型

圖3 各地迴流型(A)與鋒面型(B)異常降水各時雨量(公厘/時)等級發生次數百分比。

(三) 暖平流分析

爲了解異常降水時的熱力作用，特分析各個個案中雨量最大一天的暖平流狀況，即利用最大降水時板橋探空資料由地面至10,000呎的風徑圖分析暖平流的強弱以及起止高度。分析時間係根據日降水量而定，如前後兩天雨量相近則分析1200 GMT資料，如僅一天的雨量突出則分析0000及1200 GMT的資料，以配合降水終止時間，例如民國68年11月18日0000 GMT有強盛之暖平

流，而1200 GMT已轉爲冷平流，其強度約爲前者的三分之一。經查當時北部地區降水於0900 GMT已全部停止。在34個個案中計使用1200 GMT資料27個，0000 GMT個時間資料者7個。

就兩類型異常降水平均狀況來看，迴流型的暖平流約爲鋒面型暖平流的1.52倍。此一比值較二類型平均降水量的比值(表三)大。再就各類型中

暖平流最大三個個案與最小三個個案的平均比值來看，迴流的暖平流比為 5.42，降水量比為 1.28；鋒面型的二比值則分別為 3.55 與 0.85。此均顯示暖平流與雨量間的關係不是單純的正相關，其他條件的配合對於決定降水量大小有時可能更重要。兩種類型的暖平流差異，可以民國 65 年 1 月 16

日 0000 GMT (迴流型) 及 61 年 1 月 5 日 0000 GMT (鋒面型) 的風徑圖代表之 (圖 4)。迴流型的暖平流盛行於地面至 8,000 呎之間，而鋒面型在近地 1,000 呎以下為冷平流，自此高度以上暖平流可維持至分析高度 10,000 呎。

(四) 降水開始時間分析

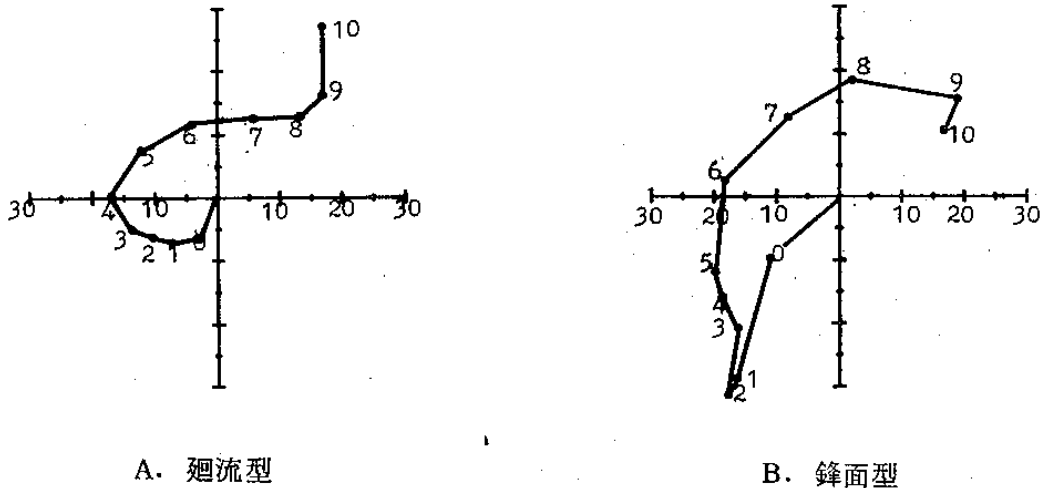


圖 4 民國 65 年 1 月 16 日 0000 GMT 迴流型風徑圖(A)與 61 年 1 月 5 日 0000 GMT 鋒面型風徑圖(B)。風速單位為浬/時，高度為千呎。

在全部 34 個個案中，選取資料最完整且降水開始時間明確的個案 30 個。所謂降水開始時間是指各選定之異常降水個案中各主要 (花蓮、宜蘭、台北、桃園、新竹) 測站該次降水之開始時間，它需要滿足兩個條件，一為此時間以前該站無降水，另一為局部地區兩測站開始時間之差別不能太大，後一條是輔助用的，以免引入不合理的資料。譬如宜蘭有中央氣局及空軍氣象聯隊兩個測站，如其開始時間相差在兩小時或以上時，即參考基隆的開始時間來選定較合理的一個。次數計算以單站各別計次，如六測站同時開始下雨時，該開始時間即記錄為六次。

圖 5 是降水開始時間的百分率分佈。雙高峯與雙低槽的分佈形式十分明顯。降水在清晨 06—08 LST 與黃昏 18—20 LST 二時段內開始的頻率最大，在正午 12—14 LST 與午夜前 21—23 LST 二時段內開始的頻率最小。清晨最大值之發生與個案分析所得結果 (陳等, 1980) 局部輻合之加強

時間一致，唯此種局部輻合作用是否為主要或唯一激發降水於此時間發生機制，有待進一步之研究。當然，雲頂夜間輻射冷卻產生之不穩定度有利於降水於此時發生。黃昏之最大值可能係冬半年太陽白天加熱陸地之速率較夏季慢，致降水時間較夏季午後雷陣雨發生時間落後約 4—6 小時。

圖 6 是兩種類型異常降水開始時間的比較。可見兩類型降水開始時間分佈形狀十分相近，均為雙高峯型，但有些細節差異：(1) 迴流型最不易開始降水的時段為 00—02 LST 之間，而鋒面型則在 09—11 LST 時間內；(2) 迴流型及鋒面型最易開始降水的時間分別在 06—08 LST 與 03—05 LST 二時段內；(3) 00—05 LST 間鋒面型降水開始的機率比迴流型的機率大，其他時間反是；(4) 21—23 LST 內二者機率相同且均較小。以上差異顯示日間不利降水的條件對鋒面型的影響較對迴流型的影響大。

由以上諸項可見，合成分析的結果與個案分析的結果相當一致，顯示台灣北部多半年的東北季風

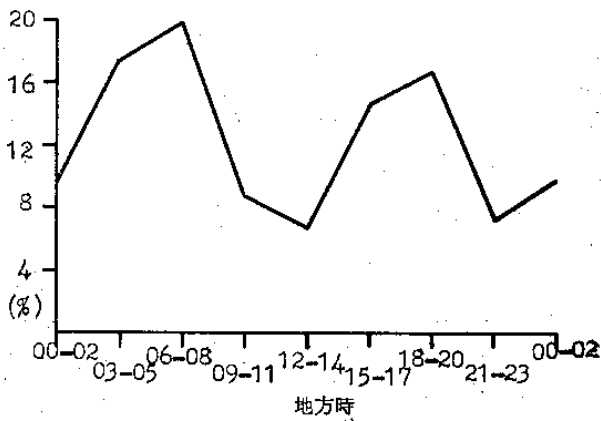


圖5 全部(30個)個案降水開始時間(地方時)頻率分佈。

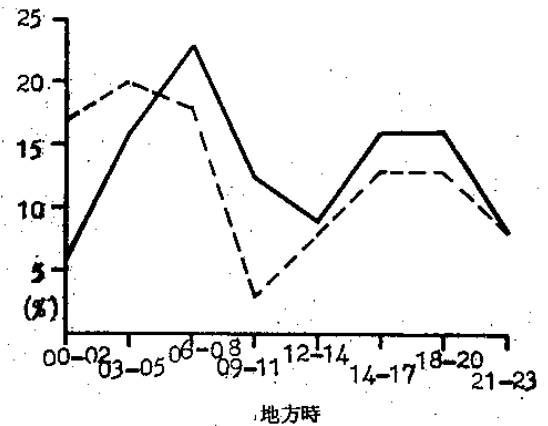


圖6 迴流型(實線)與鋒面型(虛線)降水開始時間(地方時)頻率分佈比較。

型降水特徵頗為一致，為天氣預報不可勿視的類型。

四、結 論

綜合以上有關東北季風影響下台灣北部地區異常降水的各項分析結果可知，此種連續性的中幅度強烈降水現象，是多種因素配合下所造成的。第一種因素是有利的地理條件，台灣北部冬半年正當東北季風經暖海變性後的下風區，到達陸地之空氣本身穩定度就小，且水汽相當充沛，所以只要風場的形勢不變，海陸摩擦效應差異所造成的局部輻合及地形抬升，就能為該地區帶來持續且豐沛的雨量。由於中央山脈的影響，上述降水現象在東北部較西北部明顯。第二種因素是適當的動力作用，本研究之合成分析顯示，當地面無明顯可辨的天氣系統存在時（迴流型），下對流層在中央山脈西側至台灣海峽西部的短槽會使北部地區的正渦度平流隨高度向上增加，因而導致空氣的上升運動。在鋒面型中此槽線不存在，但有鋒面在巴士海峽滯留，此時下對流層斜壓帶多在台灣北部上空，可能提供了鋒面輻合。第三種因素是低層大氣有適當的暖平流存在，在選定的34個個案中此暖平流均甚明顯。大致說來，迴流型的暖平流約自地面至8,000呎，而鋒面型者則約自1,000呎以上至10,000呎的高度。第四種作用是局部效應，包括雲頂輻射冷卻所帶來的穩定度減小與局部輻合之增大作用。這些合成分析所獲得的結果皆與個案分析結果十分一致（陳等，

1980）。

以上結果只是定性的，各種過程的重要性雖可由降水空間分佈狀況以及與其他參數間的關係略見端倪，但定量的估計應為我們進一步面對的問題。另外，由於熱量與水份的垂直輸送取決於二者的垂直分佈狀況（參閱Kraus, 1972），因而出海氣團之秉性與當時海面溫度的狀況，以及海面與大氣間溫濕的對比，對氣團變性及水汽獲得的多少有很大的影響，也就直接影響到當時台灣北部地區的降水量，所以國際間重視的東海氣團變性問題（參閱陳，1979）亦正是本研究需要進一步探討的另一個問題。除此以外，東北季風的風向風速，厚度及寬度等狀況有所改變時，地形效應就隨之改變，對此種關係在後續研究中無異亦應考慮及之。

一般來說，綜觀尺度天氣系統的預報較易，但當有中尺度的因素在內，或天氣現象本身就是一中尺度系統時，預報就容易發生很大的誤差，如民國68年12月中旬那次異常降水在預報時就未能掌握到，此現象在預報迴流型異常降水時常會發生，從事天氣預報的人員應特別注意，而前述本研究的一些結果應對我們有些幫助。

五、致 謝

本文是國科會補助專題「台灣北部冬季異常降水之研究」中的一部分，該計劃目前正在國立台灣大學大氣科學系與空軍氣象聯隊氣象中心合作執行

中。我們感謝中央氣象局及空軍氣象聯隊所屬各測站所提供的資料。對於易安成、楊宏宇兩位研究助理，空軍氣象中心李紀恩、林國斌、劉聰信、黃幸彥等先生，在資料整理、圖表繪製及其他有關工作上的努力與辛勞，在此一併致謝。

參考文獻

- 1 陳泰然，1979：東海氣團變性實驗（AMTEX）之科學成就。氣象預報與分析，80，10—21。
- 2 陳泰然，李金萬，劉廣英，1980：東北季風影響下台灣北部降水異常之個案分析。大氣科學，7，73—84。
- 3 劉廣英，1980：我國沿海地區冬季旋生及其對台灣北部天氣之影響。科學發展，8，2，171—183。
- 4 Kraus, E. B., 1972: Atmosphere-Ocean Interaction. Oxford Monographs on Meteorology: Oxford Univ. Press. 275 pp.

A Climatological Survey of the Abnormal Rainfall over Northern Taiwan in the Cold Half Years

George Tai-Jen Chen Koung-Ying Liu
National Taiwan University Weather Central, CAF

ABSTRACT

All the cases of heavy rainfall (daily total is one standard deviation greater than climatological mean or more) over northern Taiwan in the months of October through March, 1969- 1980 , are summarized. Synoptic conditions of the abnormal rainfall are classified based on the surface charts. 92 out of 236 cases were associated with NE monsoon type. It is the major type of the considered phenomenon.

34 cases of typical NE monsoon type are selected and divided into two sub-types, one with a quasistationary front (front type) and the other without it (return flow type) in the Bashi Channel. Composite analysis is carried out for these two types. Results show that orographic effect, dynamic and thermodynamic forcings are the main causes of the abnormal rainfall.