

琳恩颱風豪雨研究

曲克恭 陳正改

中國文化大學氣象系 中央氣象局預報中心

摘要

從民國76年10月23日至26日，琳恩(LYNN)颱風之外圍環流與東北季風共伴造成台灣北部及東北部地區之豪雨及洪水災害。此次持續性大雨($R \geq 10 \text{ mm/hr}$)第一次約為44小時，第二次持續約8小時，二者相隔25小時，可能是東風波動使輸送水汽之氣流改變方向及強度，減弱地形抬昇作用所致，經比較分析過去相同類型颱風個案，發現此類路徑之颱風形成豪雨原因中最具效力者為颱風外圍環流與東北季風輻合氣流輸送水汽受地形之舉升作用，故豪雨量分布有較為固定的空間型態，常由大雨中心向外擴展，與500mb層以下風向風速及600mb層以下飽和水汽間之關係密切，而且台灣北部海面上低層風亦為有力的決定因素。

琳恩颱風形成之最大單點累積雨量，延時30分鐘以上者均大於民國70年「九三」水災者，但仍低於48年「八七」水災者。此外，在大雨區中，10分鐘的最大雨量並不一定含有一分鐘的最大雨量，但最大的一小時雨量中却常含有10分鐘的最大雨量。同時10分鐘雨量之雨峯出現頻率較一小時雨量者為高，形成雨峯之原因可能是輸送水汽風速之增強，或為中尺度對流系統中雲細胞消逝及新生而形成。

一、前言

從民國76年10月23日至26日，琳恩(LYNN)颱風越過巴士海峽時，由於其外圍環流與東北季風之共伴作用，形成台灣北部及東北部部份地區長時間之豪雨，導致山崩及基隆河水暴漲氾濫，台北縣市遭受極嚴重的災害損失。根據中央日報發佈的初步統計，死亡51人，失蹤16人，輕重傷8人，房屋損毀200餘間，警方救出災民103人，漁船流失76艘，損失估計為400億元台幣。

關於颱風環流與東北季風共伴影響台灣北部及東北部天氣之研究，葉文欽(1977)曾統計1956-1976年之颱風資料，在21年中竟有37次，多發生於9-11月間，而以10月出現次數最多。尤其當颱風臨近台灣時因鋒面介入，在山脈的阻擋下，為害之嚴重性常非仲夏颱風登陸所能及。葉氏僅從天氣學的觀點探討對台灣地區天氣之影響，並未涉及風

雨分布之詳細狀況。王時鼎(1970)亦曾選取冬季影響台灣區連續三至六天惡劣天氣之颱風路徑，稱之為極地高壓與西行颱風複合類之天氣圖型式。魏元恒等(1971)亦曾以颱風路徑分析台灣各地日雨量之變化(應用距平方法)，認為氣壓分布非對稱型之颱風雖遠離台灣仍可形成大雨，惜當年雨量資料稀少，台灣地區日雨量之分布亦只有概略的狀況。潘大綱等(1984)曾分析裘依颱風通過呂宋島進入南海時形成宜蘭地區豪雨之個案，認為綜觀尺度之有利條件為水汽供應充足，低層逆溫、正渦度平流隨高度向上增大、暖平流、不穩定度配合及地形等，而造成局部地區豪雨則是因為中尺度對流系統疊加在綜觀尺度系統上，並有適當地形配合所致。

颱風環流與東北季風(或有鋒面)共伴在台灣北部及東北部形成豪雨個案，往者甚多，本研究除選取個案並與琳恩颱風比較，探究豪雨空間分布之異同外，並因中央氣象局在淡水河流域及桃竹地區

之遙測雨量站於民國76年5月前完成，我們可以較詳盡的分析此次豪雨量之時空分布特性，並初步探究各大雨區對基隆河暴漲洪水之貢獻。

二、共伴型颱風雨量分布通性

根據葉文欽(1977)及王時鼎(1970)之研究，9—11月間颱風外圍環流與東北季風共伴形成豪雨之路徑概可分為兩條，一為越過菲律賓北部之呂宋或巴士海峽進入南海(或台灣海峽南部)，另一為從台灣東方海面向北或東北移進的颱風。我們選取較顯著者如56年10月之解拉，57年9月之艾琳，58年10月之芙勞西，62年10月之娜拉，63年10月之貝絲及67年10月之姆拉等六個颱風，並與琳恩颱風比較此7個颱風對台灣北部發生豪雨時之總雨量分布狀況。附圖一為其路徑圖，關於過去7個颱風除琳恩颱風外，中央氣象局均有調查報告，分別發表於氣象學報(1968, 1969, 1970, 1974, 1975, 1979)，並有詳細的檢討，雨量分布用日雨量及總雨量圖表示，當年由於可用雨量資料少，故除解拉颱風在基隆河上游火燒寮附近分析有一大雨中心及大屯山區竹子湖有另一中心外，其他5個颱風僅分析出竹子湖的大雨中心。我們又詳細的再予分析以後，發現此7次颱風在台灣北部均有兩個大雨中心區，一在大屯山區的竹子湖，另一在基隆河五堵至火燒寮間。附圖二為颱風艾琳、芙勞西、娜拉及琳恩對台灣北部之總雨量分布圖，由圖可以看出共伴型在台灣北部豪雨分布有極為近似的型態，而過去我們確曾忽略了基隆河上游的大雨區。此外當然另一個大雨區在蘭陽平原西方之山區牛鬥及雙連埤一帶。表一列出7次颱風時竹子湖、鞍部、瑞芳、五堵及火燒寮之總雨量以茲比較。由表中之資料已可以初步概略的看出此類颱風發生豪雨的時期較長，通常在三日以上，因而累積的總雨量亦最大，所以在豪雨中期極易形成災害，由於土壤、河道等之蓄水量皆早達飽和之故。在七次颱風中以芙勞西及琳恩颱風之災害最為嚴重，基隆河均曾氾濫成災。芙勞西颱風之路徑雖與琳恩不同，但發生共伴作用却皆相同，二者之洪災亦均發生於大雨之中期，芙勞西發生於10月3日，琳恩颱風發生於25日，關於芙勞西之氣象

情況與災害，中央氣象局有很好的檢討(氣象學報，1970)，圖三為此二次水災地區示意圖，水災地區之形勢相似，但芙勞西之災區更向台北市的南及西區伸展，範圍較大。

三、基隆河流域地形與市鎮分布

基隆河是一條奇異的河流，溪長84 km，流域面積502.3 km²，平均比降1/212，但是在南港以下幾乎在一平地上流經台北市的東區，由圖四我們可以看出基隆河的另外幾個特點：

1. 在瑞芳東方未曾入海，但折返流經台北市東區而匯入淡水河，是一條不出海的河流。
2. 從瑞芳至南港一段，有大小11條溪流匯入基隆河；上游也有7條溪流匯入。
3. 基隆河有兩條平行的河谷地帶：由源流至瑞芳東方以及瑞芳至汐止，分水嶺的高度平均在500 m，分水嶺的山峯如圖四所示。
4. 大屯山區成另一水系，在其南方有雙溪、磺溪等，但皆注入基隆河將與淡水河交匯之處，且大屯山分水嶺呈一環狀，水系以其中心成輻射型，山之坡度陡峭，故常形成梯度極大的雨量分布。

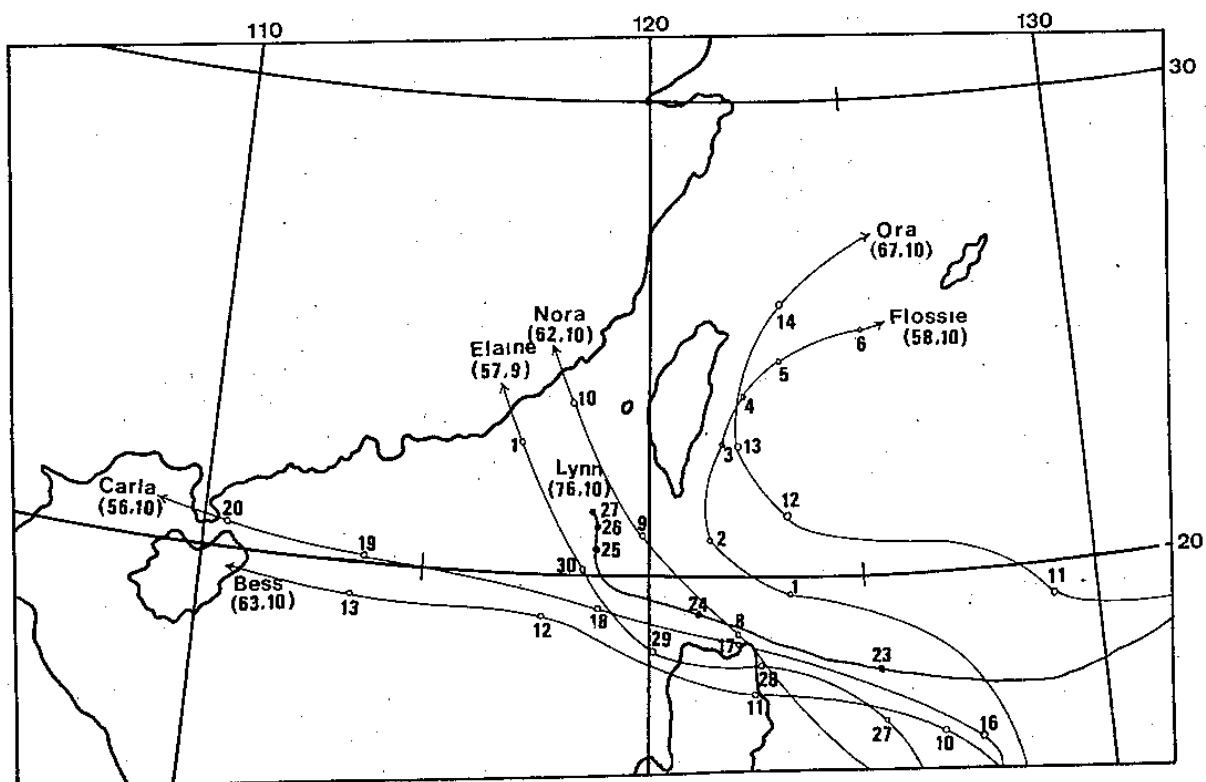
基隆河流域以及大屯山區的特殊地形為形成共伴型颱風豪雨量有較固定型態分布的主要原因。同時也是造成基隆河氾濫的因素，但是大屯山區的豪雨却非洪流的直接供應者，僅由雙溪及磺溪注入基隆河下游的河道，唯一可能為阻隔中上游洪水量之順利排入淡水河，而基隆河主要的集水區如圖四中B及C所示。

四、琳恩颱風形成豪雨原因的探討

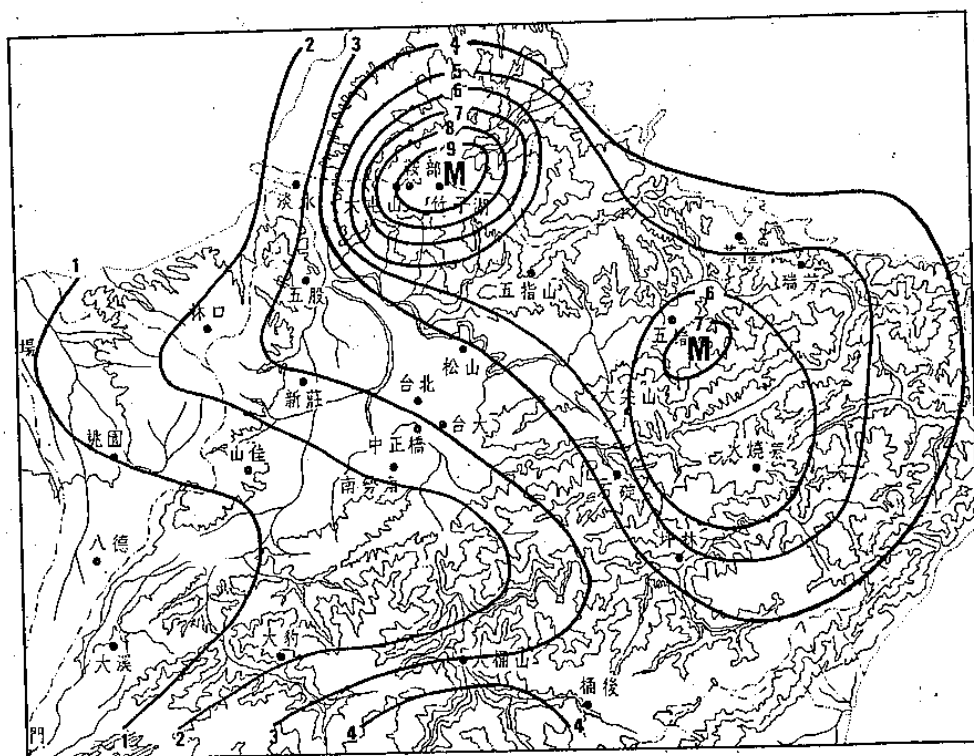
(一)地面與高空概況

圖五為我們選出一些特定時間的地面天氣圖，表明此次共伴之特性：

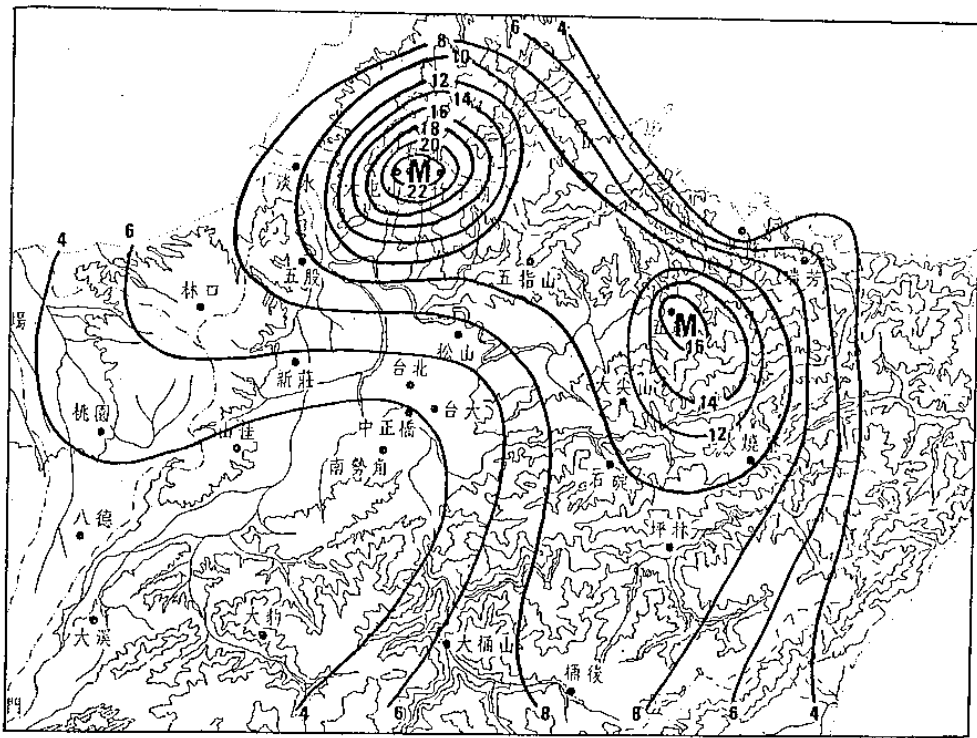
1. 很明顯的在台灣東北方海面有兩種秉性不同的氣團在激蕩，由圖五(a)至(b)，可以看出一條滯留鋒之生成，而在圖五(c)中(25日02L)台灣北部海面有近50 kts之強風向台北地區輸送業已飽和的水汽。
2. 25日10時以後，此鋒向北略退縮，台灣北部



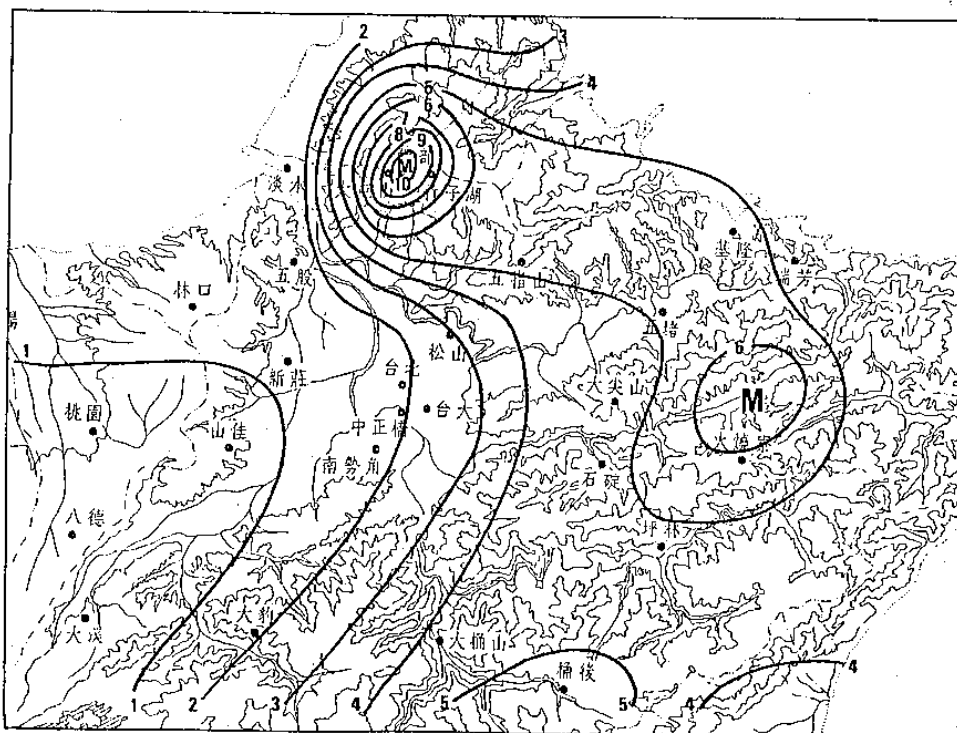
圖一 琳恩颱風與其他六個 颱風之路徑圖
00z 位置 (0)，旁邊數字表日期，颱風名稱下方為年 (民國) 及月份。



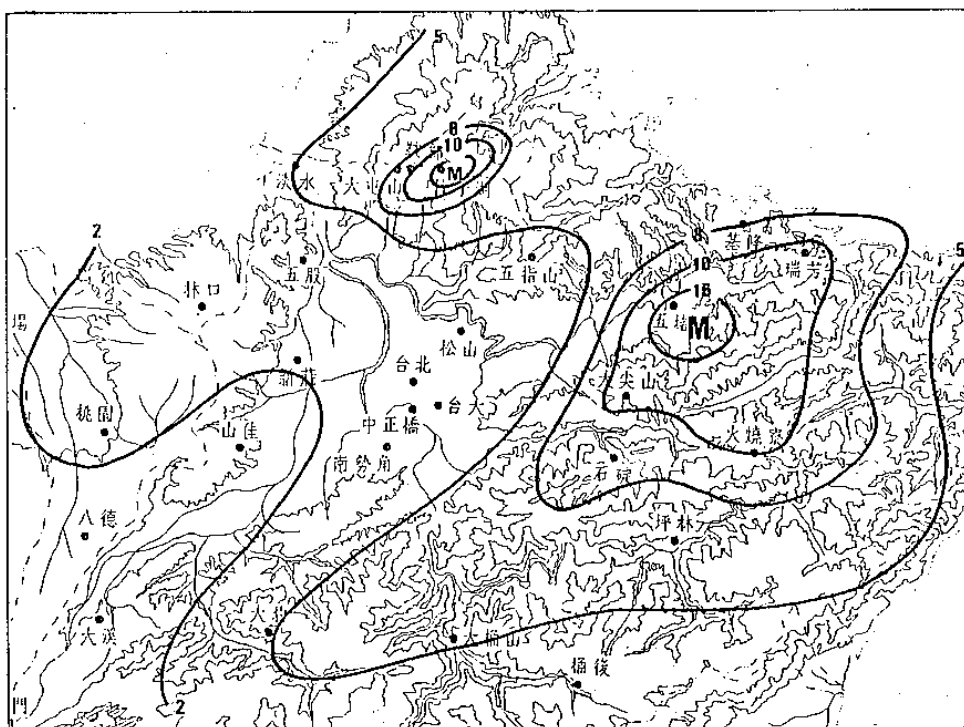
圖二 (a) 民國 57 年 9 月 28 ~ 30 日，艾琳颱風三天總雨量
，圖中所標數字單位為 100 mm / 3 day、竹子湖
939.4 mm / 3 day、五堵 696.9 mm / 3 day。



圖二 (b)民國 58年 10月 1 ~ 5 日，芙勞西颱風五天總雨量
，單位 100 mm / 5 day，竹子湖 2207.9 mm / 5 day
鞍部 2370.2 mm / 5 day、五堵 1697.1 mm / 5 day



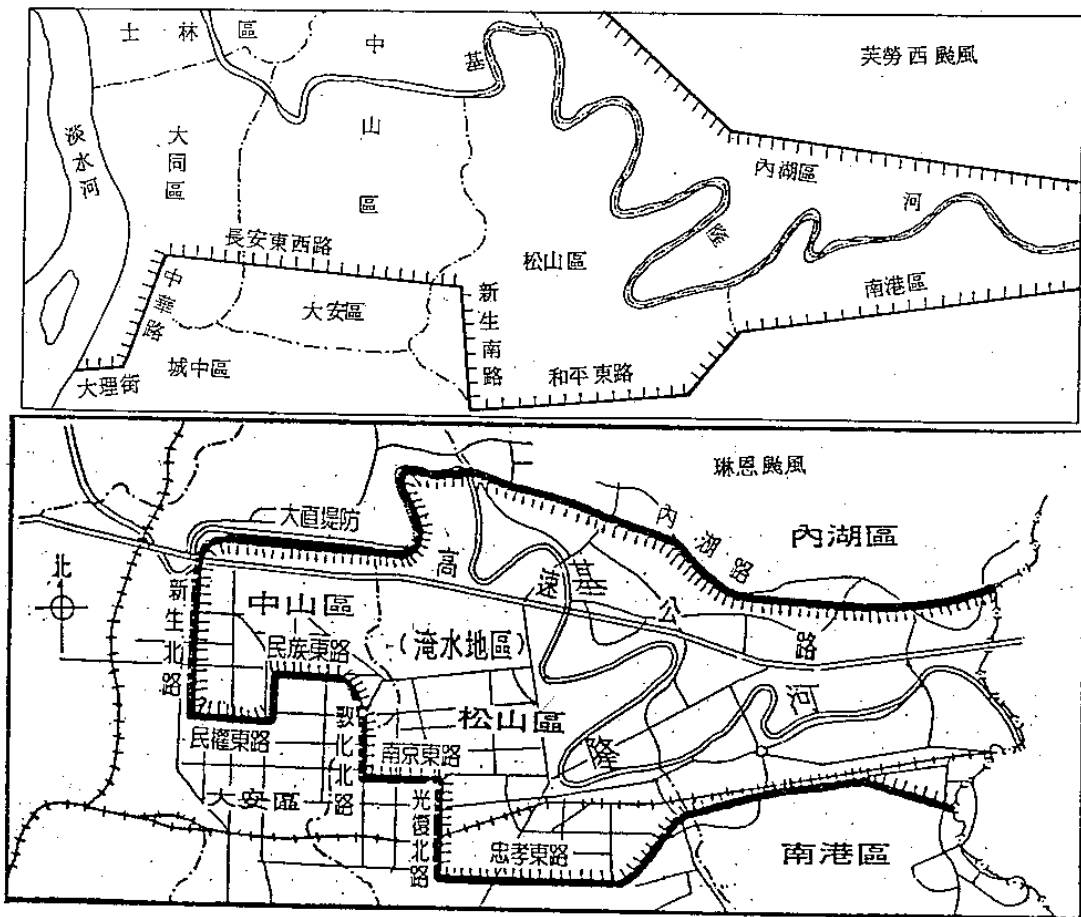
圖二 (c)民國 62年 10月 7 ~ 10 日，娜拉颱風四天總雨量，
單位 100 mm / 4 day，竹子湖 892.6 mm / 4 day，
鞍部 1055.8 mm / 4 day、五堵 508.5 mm / 4 day



圖二 (d)民國76年10月23~26日，琳恩颱風四天總雨量，
單位100 mm/4day、竹子湖1833.8mm/4day
，五堵 1623.0 mm/4day。

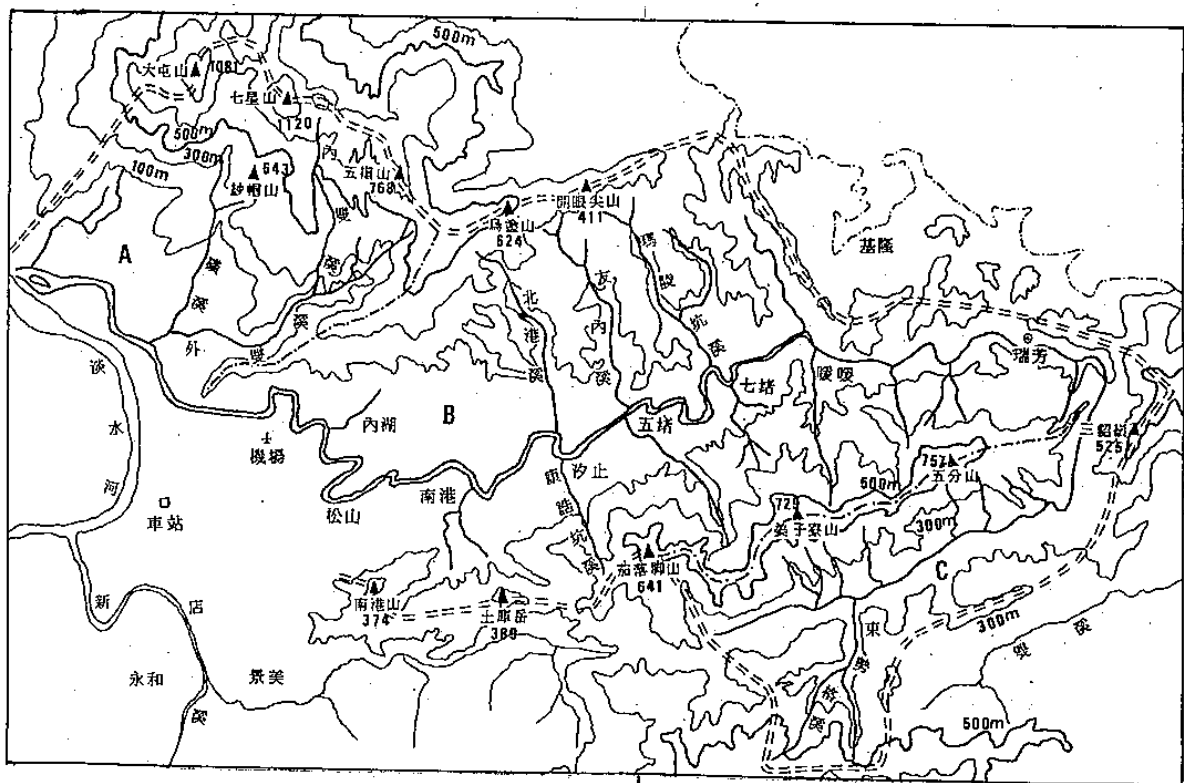
(表一) 各颱風影響下選擇測站之總雨量 (mm)

測站	解拉	艾琳	英勞西	娜拉	貝絲	炯拉	琳恩
	56年10月 17-19(三日)	57年9月 28-30(三日)	58年10月 1-5(五日)	62年10月 7-10(三日)	63年10月 10-12(三日)	67年10月 10-13(四日)	76年10月 23-26(四日)
竹子湖	943.2	937.4	2207.9	892.6	1044.3	1637.8	1833.8
鞍部	1108.1	908.4	2370.2	1055.8	855.0	1445.6	1345.8
瑞芳	824.9	529.9	710.4	432.5	174.6	418.3	1098.5
五堵	524.3	696.9	1697.1	508.5	433.7	766.1	1623.0
火燒寮	1088.0	651.5	1015.3	580.1	365.3	862.9	1099.0

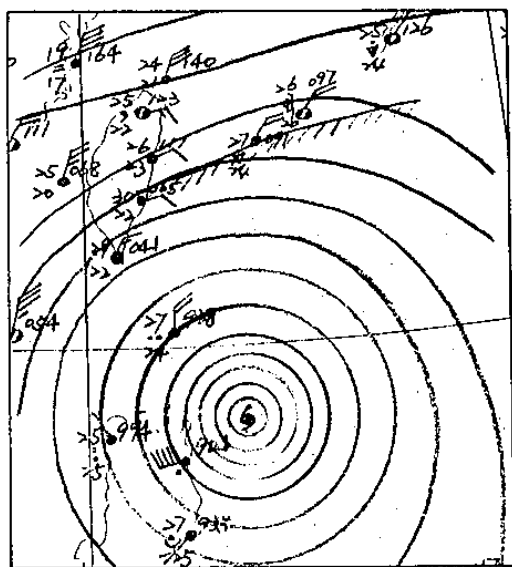


圖三 「琳恩」與「美勞西」颱風水災地區示意圖

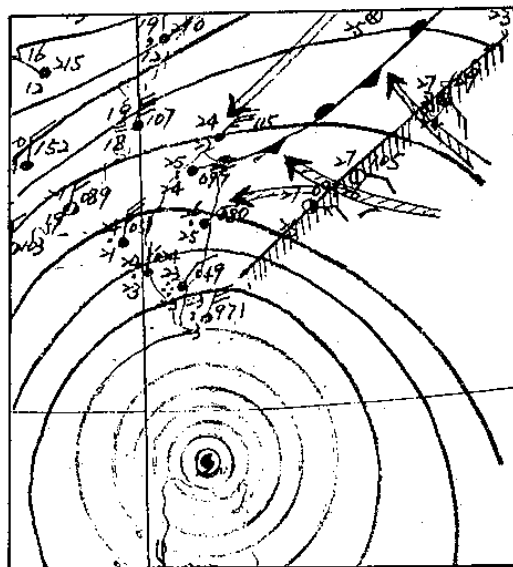
(琳恩示意圖取自76年10月27日中央日報，美勞西示意圖根據中央氣象局氣象學報(1970)檢討災區繪成)



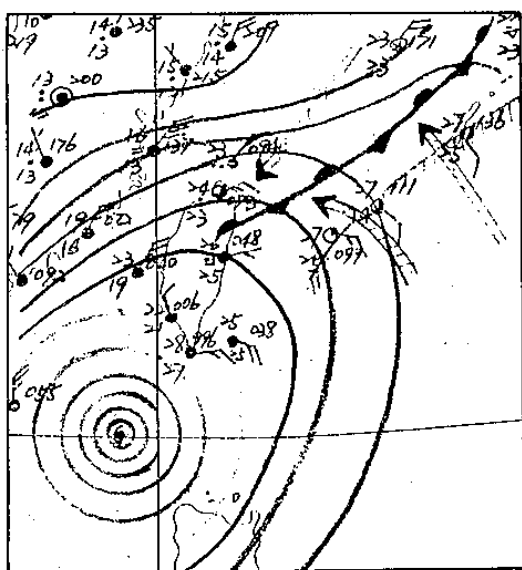
圖四 基隆河流域地形圖(溪長84 km, 平均比降1/212, 流域面積502.3 km²)



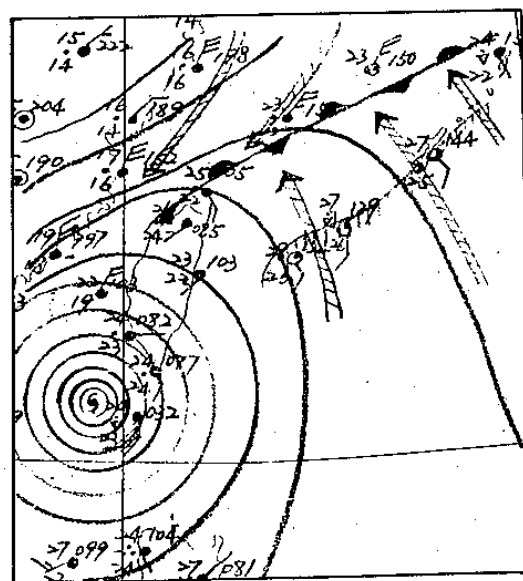
(a) 76年10月23日 14 L



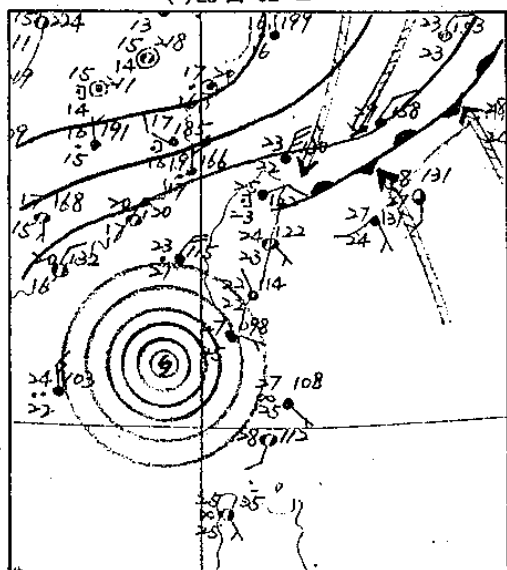
(b) 24日 02 L



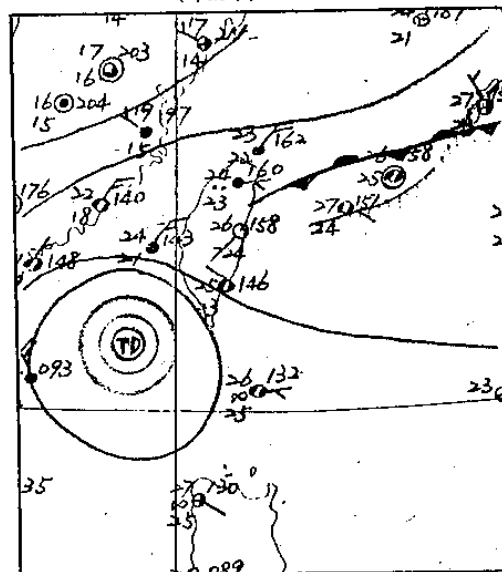
(c) 25日 02 L



(d) 25日 20 L



(e) 26日 08 L



(f) 27日 08 L

圖五 琳恩颱風豪雨期間地面天氣圖形勢概況
(圖中箭頭示流線方向)

之風向有很明顯的改變(圖五(d))，這也是當時豪雨停止25小時的原因之一。彭佳嶼與基隆地面風之改變與豪雨有密切的關係(如圖六所示)，尤其是風向的改變，由圖可知90度風向似為一分界點，但豪雨發生較風向轉為NE時間落後一段時間(如第二次豪雨開始時間)，基隆之東北風較彭佳嶼者亦落後5小時。

3. 26日08時，此鋒又向南推移，形成另一次的豪雨，但什麼力量形成鋒發生如此的擺動，我們認為可能是高空的東風波動。
4. 值得注意的是27°C的等溫線，伴隨有高達24—26°C的露點，從23日14時起一直維持至27日8時以後，位置一直無明顯的改變(圖五中之陰影區)，顯示兩種不同性質之氣團形成滯留鋒之穩定性，亦為形成長時間豪雨的原因。

圖七為我們選出一些特定時間之850 mb 及700 mb 圖，表明此次共伴之特性：

1. 在850 mb 圖上，彷彿最初只有在颱風的北方有一東風槽的形式，最後演變為配合地面系統的鋒面系統。
2. 在850 mb 鋒之西方有強烈的NE氣流，圖七(b)及(c)為2500Z及2512Z時台灣北部第一次大雨開始停止及已經停止時的情況，可以看出鋒向北退移而台灣北部風向改變與風速減小的情況。
3. 700 mb 已經不再顯示地面鋒面系統，但是值得注意的是地面鋒上空在700 mb 層(東海至黃海)的分流區，資料太少不易精確計算其輻散量，但以鋒上及台灣地區之降雨狀況與衛星雲圖研判，鋒上未發生雷陣雨，台灣地區雨量雖大，但亦無雷雨出現，而衛星雲圖上亦無明顯的強烈MCS，則可見此中低層之輻散量已足夠抑止更高的垂直對流雲發生。
4. 附圖八為2412Z、2500Z及2512Z之中央氣象局接收的三次GMS雲圖，在颱風北方雲帶的邊緣上只有一些碎小的對流雲包，值得

注意的是第一張雲圖中在雲帶內的(台灣東北方)大範圍空隙，此空隙於25日8時以後接近台灣北部，亦可能為指示豪雨停止的原因。

(二)板橋無線電探空資料所顯示的特性

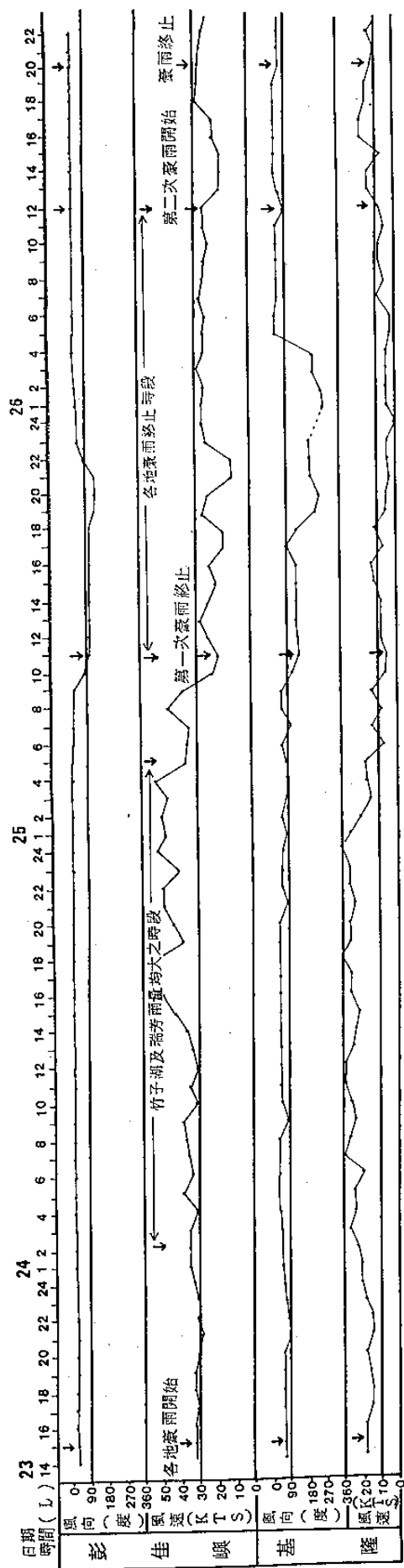
板橋已處在發生豪雨地區之下游，探空所測低層大氣已經是大量釋放水汽及不穩定度以後的秉性，我們分析的一些特性可能不克充分代表形成豪雨地區的低層大氣秉性，但中高層特性分析結果却可能仍有相當的代表性。以下是我們分析的結果，都是在日常預報作業時極容易分析獲得的資料。現在我們仍還不能肯定其一定是形成共伴型豪雨的主要因素，當然猶待以後的證實。

1. 中低層的強風帶

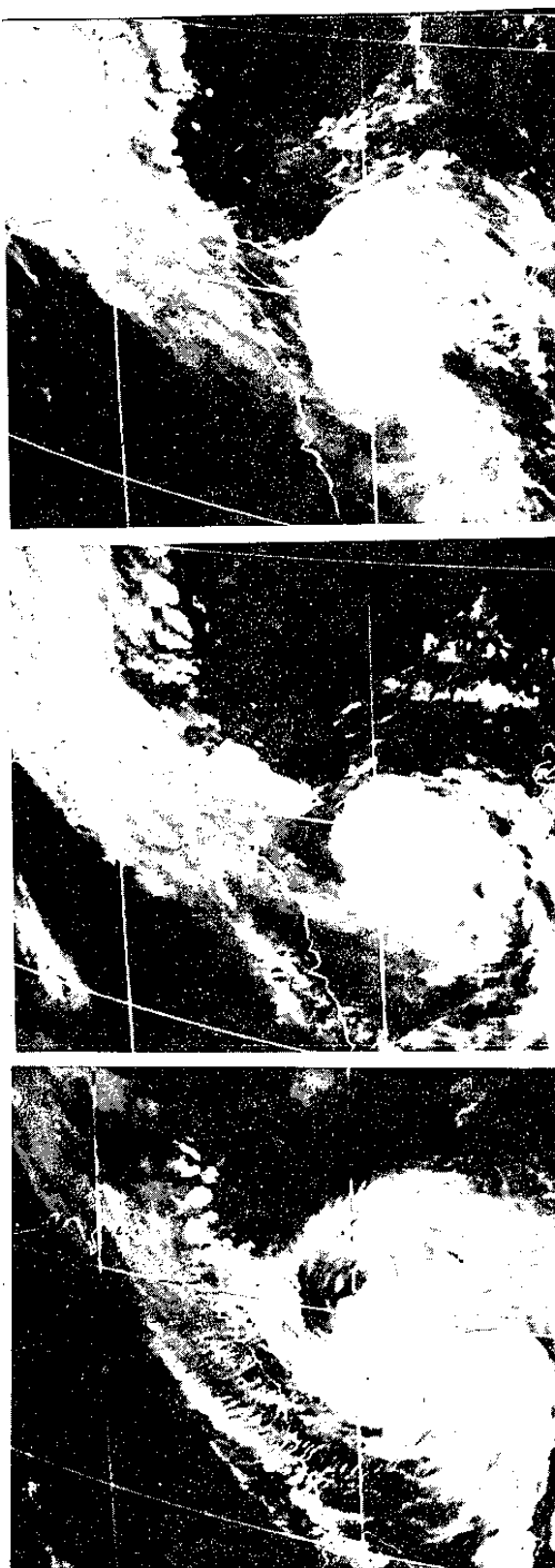
圖九為板橋探測風向風速之時間剖面圖，重要的兩點指示為第一次豪雨時中低層的東來強風帶，颱風侵襲台灣地區時常有發現，此強風帶不但形成垂直與水平方向的強烈風切，同時亦為水汽輸送的主流(曲克恭，1977)，民國62年10月娜拉颱風豪雨(葉文欽，1977)及民國72年10月裘依颱風豪雨時(潘大綱等，1984)均有此現象。第二次豪雨時仍有低層之東來強風，但風速較弱。另外一點指示為豪雨停止24小時之中低層風向風速的改變，我們認為可能是東風中一次波動的槽與脊的通過(如圖中斷線與彎曲線所示)。

2. 中高層之高氣溫與高露點溫度及低層之低氣溫個別探空之分析不易看出其特性，我們採用劉廣英等(1985)分析之桃園10月份探空基本資料氣候值做為準平均值，然後比較豪雨期間板橋個別探空資料之距平值，發現均有高氣溫與高露點之情況，圖十為兩次豪雨時及豪雨暫時終止時之平均狀況，從平均值的狀況尚看不出豪雨終止與豪雨時有何重大的改變，但是從圖十一及圖十二，距平值之時間剖面圖中却有一些指示：

- (1)豪雨時高層氣溫遠高於準平均值，但中低層近於準平均值。這可能是中低層為東北季風空氣而高層為颱風環流之空氣特性；



圖六 彭佳嶼及基隆地面風向風速與琳恩豪雨開始與終止之關係,最大的豪雨量發生於二地東北向風速最大之時,豪雨終止於風向轉為偏南風後

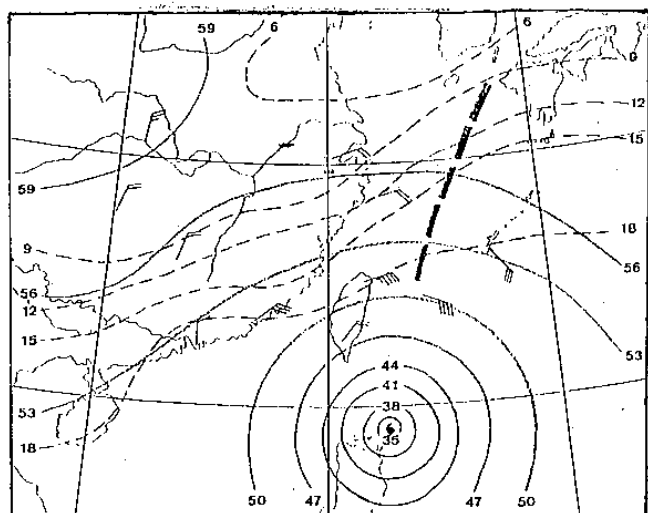


(c) 251218 Z (252018 L)

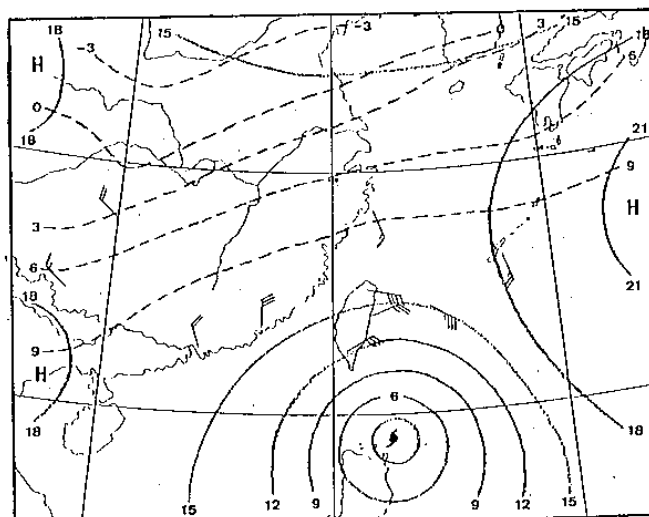
(b) 250018 Z (250818 L)

(a) 241235 Z (242035 L)

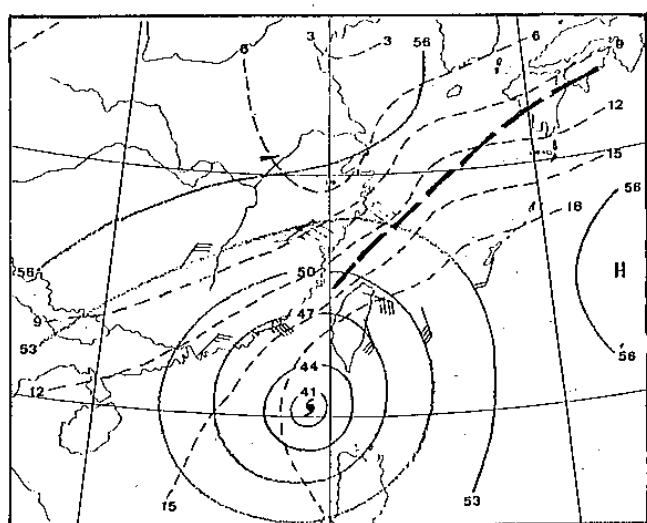
圖八 琳恩颱風豪雨期間及豪雨暫停時之GMS 衛星雲圖



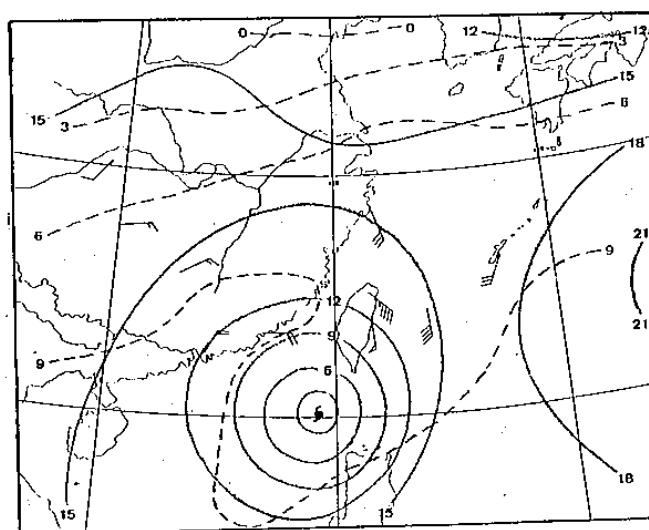
(a) 2312 Z



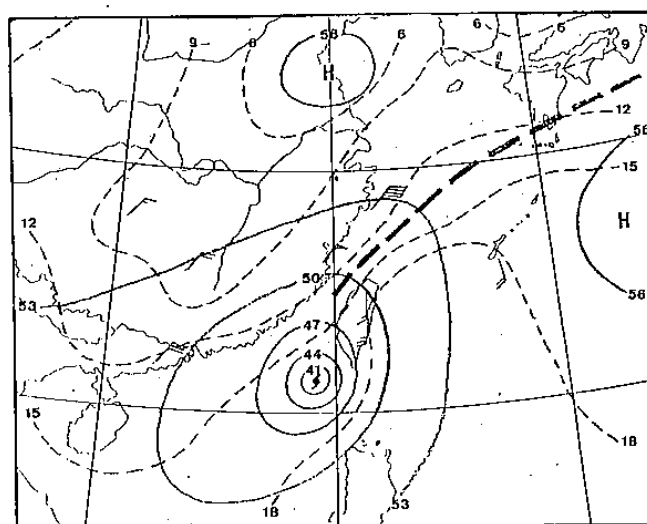
(d) 2312 Z



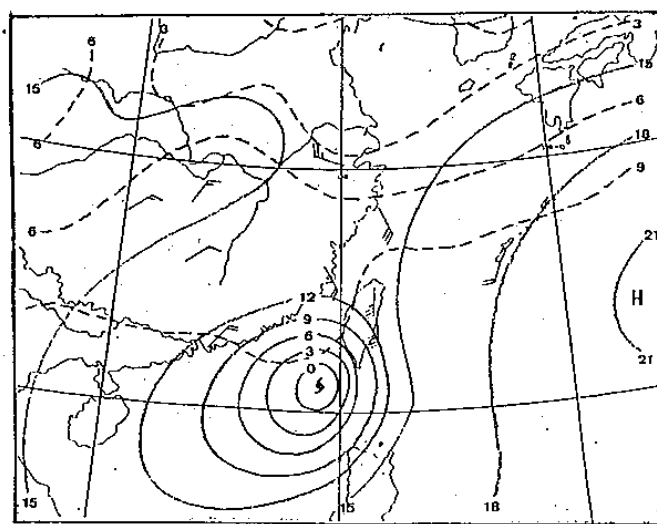
(b) 2500Z



(e) 2500Z

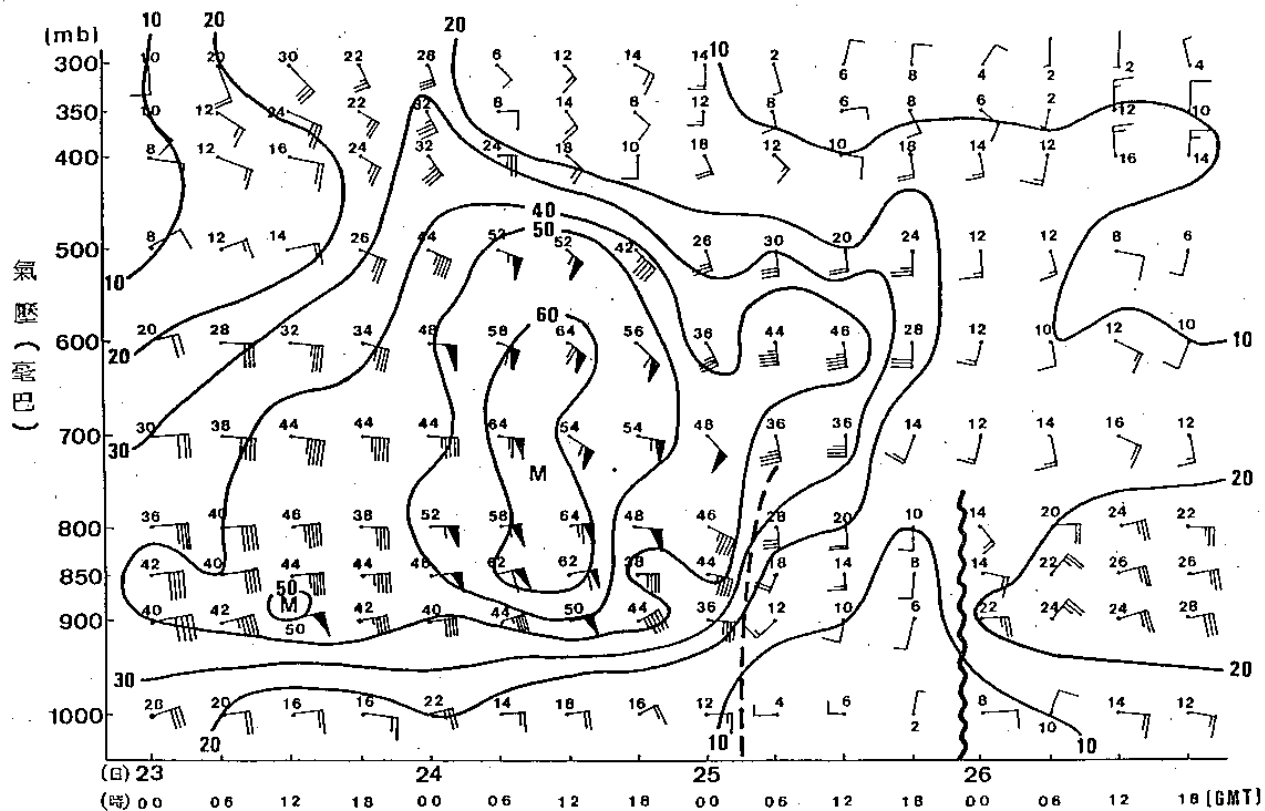


(c) 2512Z
(850mb)

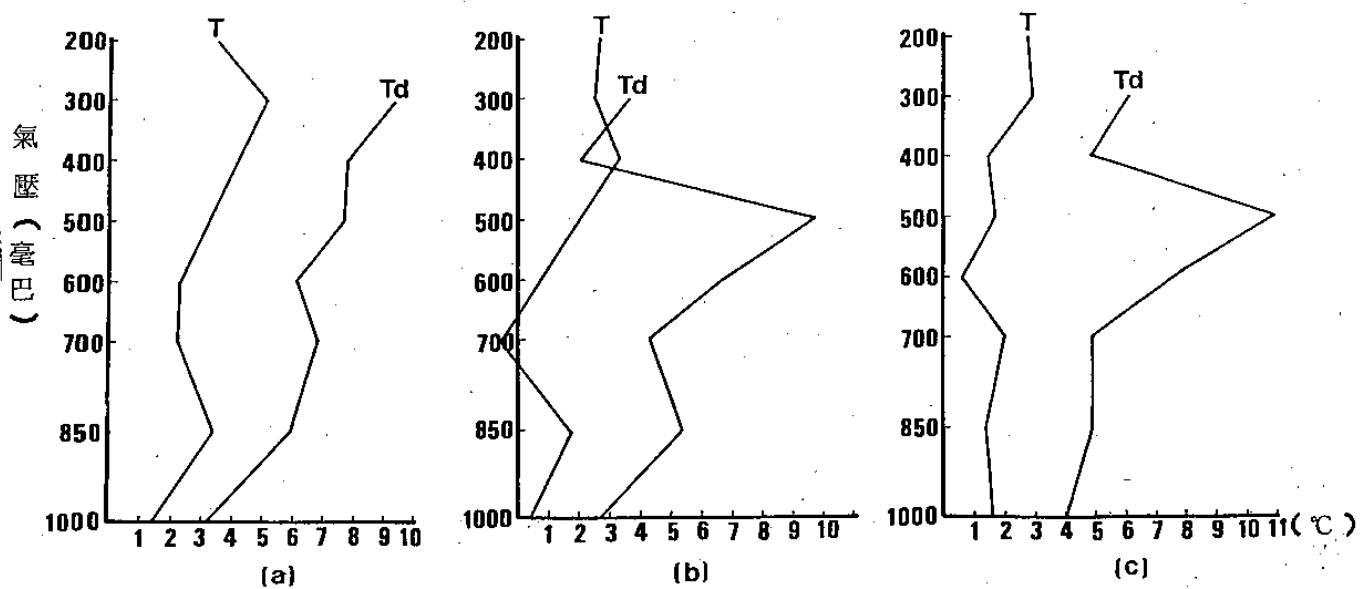


(f) 2512Z
(700mb)

圖七 琳恩颱風豪雨期間850mb及700mb天氣圖形勢概況



圖九 板橋風向風速時間剖面圖 (數字表風速KTS)



圖十 板橋探空曲線距平值之平均狀況

(a)第一次豪雨時之平均 (231800 Z - 251200 Z)

(b)第二次豪雨時之平均 (260600 Z - 270000 Z)

(c)豪雨暫時終止時之平均 (251800 Z - 260000 Z)

但當豪雨暫止時，中低層氣溫增高（見圖十一中25日00Z—12Z間高距平區），示颱風環流空氣向北推移，台灣地區不受其伴作用之影響。

(2) 豪雨時各層之高露點距平（圖十二）。

露點示空氣實際所含水汽量，中低層之高露點距平值較高層者更有實質意義。換言之，豪雨時，中低層為水汽主要之供輸管道，而且中低層之氣溫距平值低，亦顯示此層空氣相當飽和之程度。此外，23日06Z以前700—500mb間之高氣溫距平與極低露點距平（圖十一及圖十二之左方）乃是颱風環流範圍外空氣下沉作用所致，豪雨暫止時溫度升高，但露點卻降低，此亦當然之現象。

(3) 中低層水汽含量豐富。Bell(1973)計算平均颱風探空資料所獲水汽含量平均值地面為18.8，850mb為14.5，700mb為10.0，500mb為5.0，400mb為2.5，300mb為0.9（單位g/kg），雖然曲克恭（1975）曾研究台灣各地降雨量之多寡與水汽含量並無關聯，其原因是地形作用所致，但是在同一地區水汽含量，當然為降雨量多寡之先決條件，而且此次琳恩颱風外圍之水汽含量，在各層竟很接近於颱風之平均值，相當豐富（如圖十三所示）。圖中小於1g/kg之處乃配合下沉空氣而生。

(4) 豪雨期間近飽和水汽層在600mb以下。圖十四為溫度露點差時間剖面圖，由圖可以明白看出豪雨期間近飽和之空氣層分布，同時顯示豪雨期間在板橋地區雲層並未伸展太高，23日06Z以前的乾區為下沉空氣所致；25日06Z至12Z之乾區可能為豪雨終止，雲層消散所致，為結果，非為原因。

(5) 對流不穩定度。在地形作用極大之時，尤其在其不穩定度可能已釋放之後，彷彿應用板橋探空所計算者對豪雨發生時以及豪

雨暫時終止皆無很好的相關，尤其25日00Z至26日00Z豪雨已經終止，但在板橋却仍有對流不穩定層之存在，因缺乏地形抬升之激發機制，所以無強烈對流（如圖十五所示）形成豪雨。

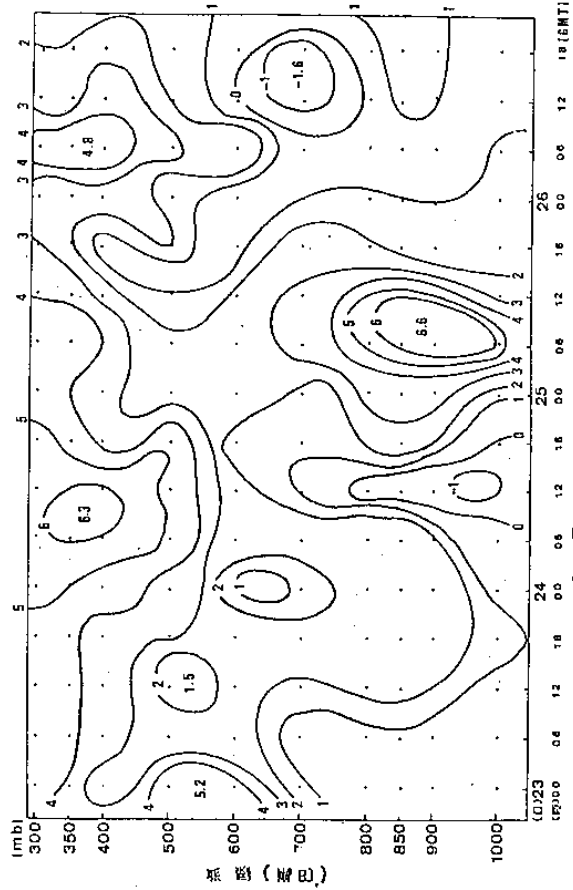
五、琳恩颱風豪雨量時空分布特性

我們蒐集的雨量資料有彭佳嶼等44測站之每小時雨量，其中瑞芳、火燒寮、石碇、松山、公館、木柵、南勢角及山佳等8站並有每分鐘雨量資料，竹子湖資料用人工從記錄紙上讀取每10分鐘雨量，各測站之分布如圖十六所示。我們應用日雨量及時雨量分析豪雨空間分布特性，應用時雨量及分鐘雨量分析時間分布之特性。

(一) 豪雨空間分布特性

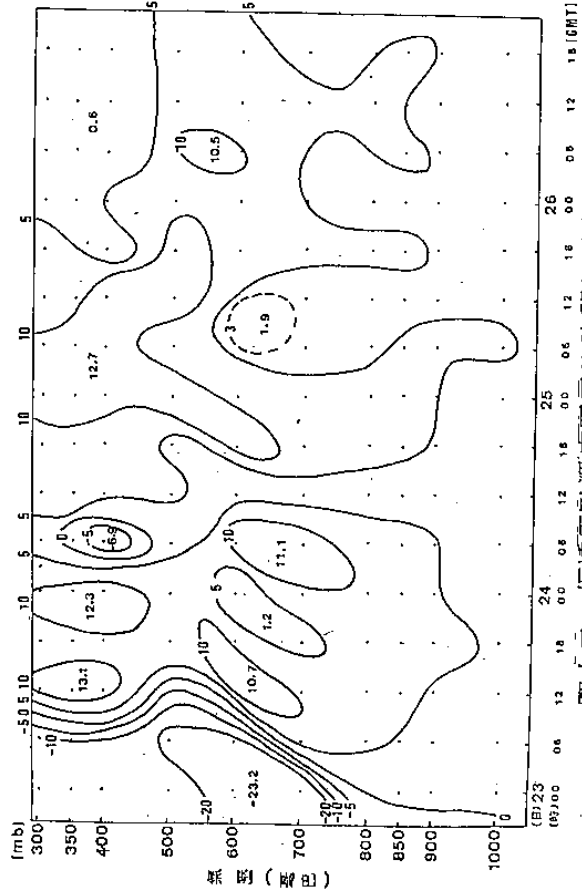
表二為我們所選部份測站之日雨量統計，由表中資料之分布與圖二(d)琳恩颱風四天總雨量可知此次豪雨侷限在三個地區，一在大屯山區以竹子湖為中心；一在基隆河中上游，以五堵為中心，另一在蘭陽平原西方山區，以牛鬥為中心。我們曾分析23日1時至25日10時及26日11時至27日24時每小時的雨量圖，仔細研究此次豪雨究竟是如何的分布，結果發現以其雨量在空間的分布情形判斷，主要是地形阻隔與抬升作用而成，因為大雨中心固定在三個特殊的地點，大雨範圍只有擴展與縮小的變化，按我們在第四節中所研討的結果，則大雨範圍的擴展可能與輸送水汽之地面與高空氣流之強度有較密切的關係。由圖六可知豪雨時彭佳嶼及基隆之地面風速均強勁，由圖九知高空風速該時亦為最大。

據我們分析的每小時雨量圖，台灣北部及東北部地區從23日1時至9時止已經有局部性的降雨，但雨量不大。10時起大雨（ $R \geq 10 \text{ mm/hr}$ ）開始在竹子湖持續發生，形成第一個大雨中心，但範圍只包括大屯山區，另外二大雨區之雨量仍小於 10 mm/hr ，23日16時起五堵之大雨中心形成，且持續（如圖十七(a)所示），至20時已經擴展為圖十七(b)之情況（蘭



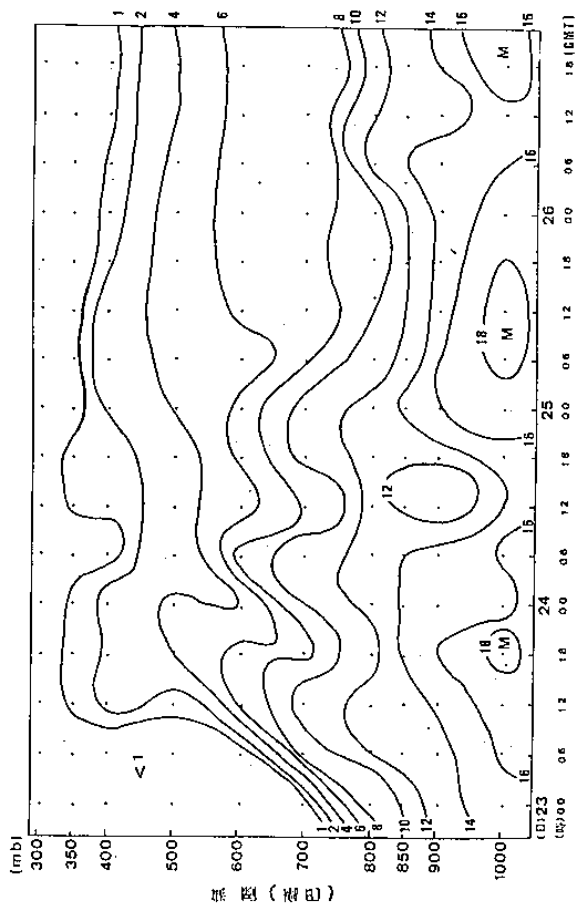
圖十一 板橋氣溫距平值時間剖面圖 (°C)

(數字表示最大值)

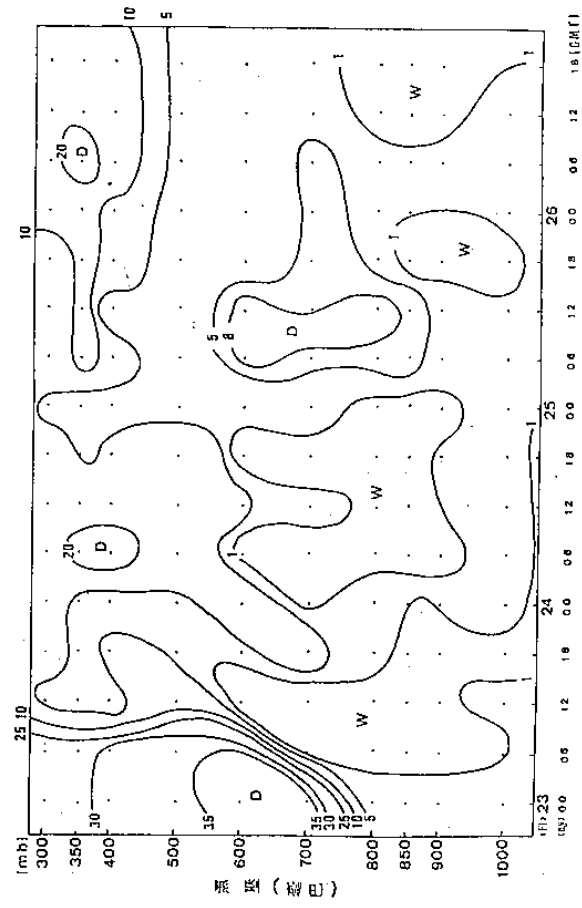


圖十二 板橋露點溫度距平值時間剖面圖 (°C)

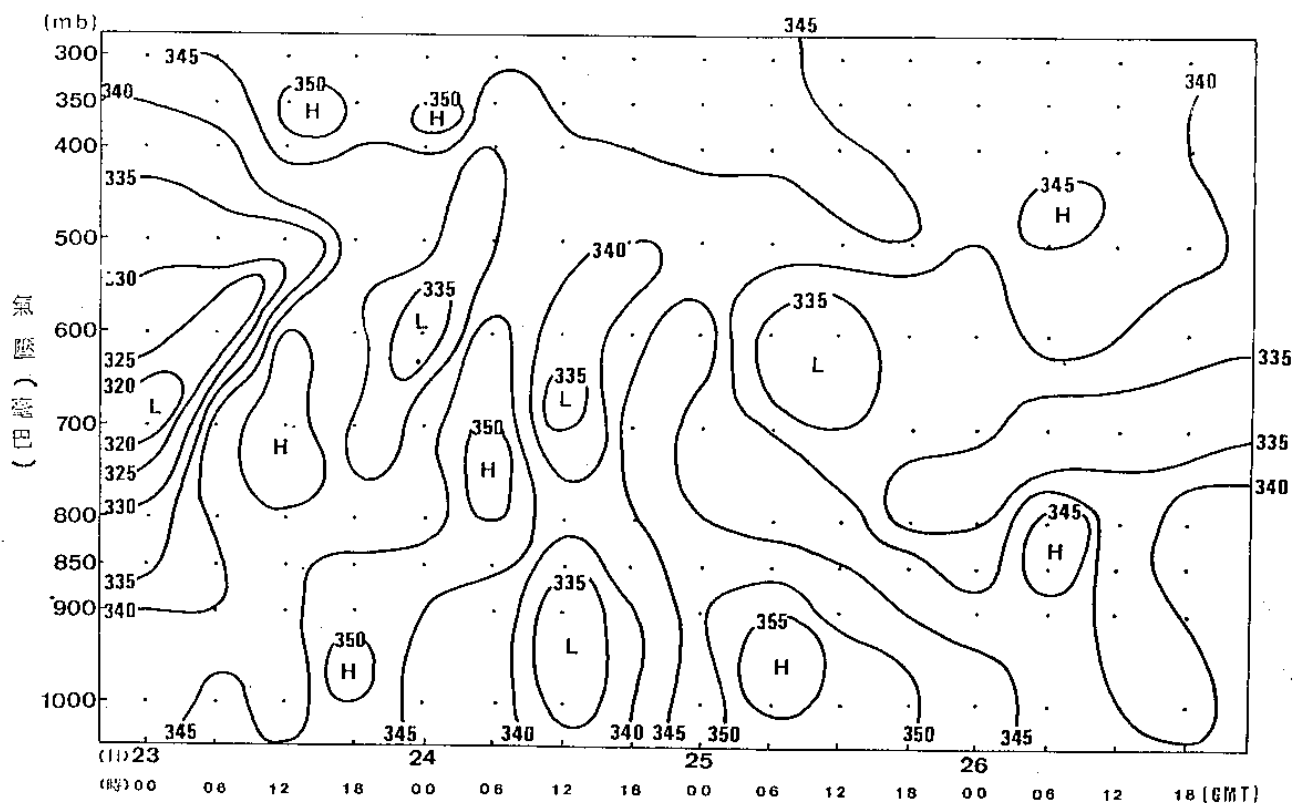
(數字表示最大值)



圖十三 板橋水汽含量時間剖面圖 (混合比 g/kg)



圖十四 板橋 (T - Td) (°C) 時間剖面圖



圖十五 板橋相當位溫 θ_e ($^{\circ}$ K)時間剖面圖

(表二) 琳恩颱風豪雨時測站日雨量統計 (mm)

測站 日期	彭佳嶼	基隆	大屯山	鞍部	竹子湖	淡水	台北	五指山	桃園	新竹	瑞芳	五堵	大尖山	火燒寮	石碇	宜蘭	蘇澳	雙蓮埤
23	8.0	30.6	214.5	274.9	336.4	103.2	22.7	22.5	26.0	2.3	43.5	196.0	149.0	122.5	122.0	33.3	21.5	43.5
24	60.0	249.5	508.5	696.4	1135.5	313.9	222.0	244.5	162.5	72.5	354.5	912.0	624.5	562.0	501.1	129.3	92.0	144.5
25	110.0	301.2	49.0	225.1	204.7	41.1	54.0	125.0	30.0	6.4	303.5	258.0	174.5	228.5	161.5	38.9	78.4	57.0
26	18.0	221.4	10.0	149.4	157.2	43.6	31.3	19.5	11.0	1.0	397.0	257.0	166.5	186.0	82.5	17.2	65.0	93.5
總計	196.0	802.9	782.0	1345.8	1833.8	501.8	330.0	411.5	229.5	82.2	1098.5	1623.0	1114.0	1099.0	867.0	218.7	256.9	338.5

測站 日期	牛鬥	木柵	公館	松山	南勢角	山佳	林口	五股	新莊	大桶山	桶後	坪林	福山	大豹	新屋	中壢	湖口	楊梅
23	150.0	81.0	65.5	42.5	35.5	31.0	13.5	8.0	5.0	73.0	54.0	91.0	25.0	79.0	29.5	23.0	21.5	37.0
24	900.5	263.0	262.0	263.0	195.5	181.0	188.5	102.5	175.5	282.0	161.0	309.0	247.0	255.0	102.0	104.5	106.0	68.0
25	51.5	81.5	44.5	94.5	25.0	26.5	24.0	17.5	20.0	44.0	33.5	157.0	125.0	115.0	39.0	45.0	16.5	17.5
26	15.0	43.5	32.5	21.0	34.5	28.5	20.5	27.5	2.0	109.0	73.5	128.0	39.0	46.0	2.5	5.5	2.0	2.5
總計	1126.0	469.0	404.5	421.0	290.5	267.0	246.5	155.5	202.5	508.0	322.0	685.0	436.0	495.0	173.0	178.0	146.0	125.0

* 大屯山之記錄可能有誤，但不能確定。

橫線所示為大雨區及大雨中心之雨量。

陽地區之大雨不予檢討)。直至24日13時以前，其範圍尚無顯著的擴展，大致保持如圖十七(c)之分布，甚至竹子湖發生最大雨量(102.4 mm/hr)時亦如圖十七(d)所示之分布形式，24日13時起大雨區開始向外擴展(如圖十七(e)所示)此時台灣地區板橋上空之高空風速已增強為 50 KTS 以上(見圖九)，彭佳嶼與基隆之地面風速亦增強，擴展之範圍最大為24日16時(如圖十七(f))，正為板橋高空強風中心通過之時，亦為彭佳嶼地面風速最大之時，最遠擴展至新竹，但是注意五股、新莊至南勢角一帶却為小雨區，只有 $6-7\text{ mm/hr}$ ，此為雨蔭作用，而大雨範圍乃由五堵、石碇、石門水庫伸向新竹地區，西部沿海地區亦無特大的雨量，而新竹地區也只有這一小時的大雨，以後就逐漸減小，但從23日00L時起至24日24時止，48小時內在兩個豪雨區(大屯山及基隆河中上游)內已經累積驚人的雨量，大屯山區平均為 $1055.4\text{ mm}/48\text{ hrs}$ (竹子湖、鞍部及大屯山三站之算術平均)，基隆河中上游為 $741.0\text{ mm}/48\text{ hrs}$ (大尖山、火燒寮、五堵及瑞芳四站之算術平均)，最重要的還是豪雨受地形影響有極大的小範圍集中性(如圖十七(g)所示)，但集中於以五堵為中心的基隆河中游，這種情況我們過去未曾注意分析，圖十七(g)之形式與圖二(d)23—26日之四日總雨量形式已經很相似。表三為第一次豪雨(23日15時起至25日11時止，共44小時)，選擇測站之雨量。第二次豪雨起始於26日12時，終止於20時(按我們的定義)，但主要的大雨區在瑞芳、五堵一帶，選擇測站在此8小時內之總雨量亦列入表三中。

圖十八(a)為第二次大雨開始時之雨量，圖十八(b)為雨量最大時之雨量分布，圖十八(c)為8小時總雨量，由此可知豪雨之集中性。由於輸送水汽之風速較第一次豪雨時為弱，且所達高度只限於 800 mb 層內(如圖九)，故大雨量未能再沿基隆河谷向內陸推進，大雨中心形成在瑞芳地區。

第二次大雨停止後，一直到27日24時止，在火燒寮地區仍有零星的大雨($R \geq 10\text{ mm/hr}$)，但

侷限於山谷之小地區，只是局地性的影響。

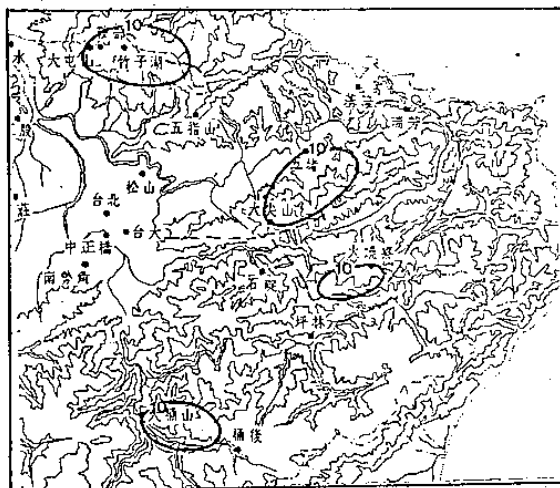
我們用彭佳嶼(受地形影響極微)的雨量與受地形影響的竹子湖、瑞芳及五堵雨量比較；亦可用受雨蔭影響的五股、新莊、林口等地的雨量與受地形影響地區的雨量比較(參閱表二)除發現雨量差異極大外，主要可說明此次豪雨乃受共伴作用強烈氣流輸入水汽豐富之飽和空氣及受地形抬升作用而生，而且可能並未有強烈對流形成之MCS從彭佳嶼地區移向台灣北部。

(二)豪雨時間分布特性

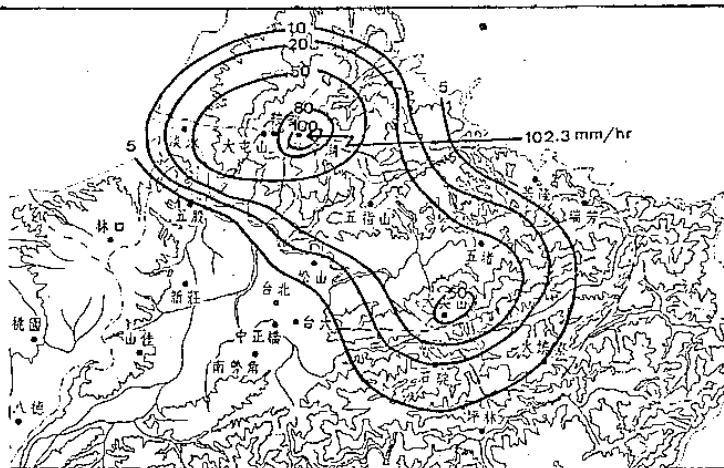
我們定時雨量等於及大於 10 mm/hr 為大雨量，由於竹子湖大雨發生較早，且侷限於大屯山區，故定大屯山區及其他任一地區之測站均有此雨量發生，始稱之為基隆河流域各地豪雨開始。豪雨以後，若只有一測站有此標準之大雨，我們則認為各地豪雨業已終止，圖十九為選定測站各雨量階段發生時間。各地第一次豪雨約始於23日15時，終於25日11時，持續44小時，第二次豪雨開始於26日12時，終止於20時，持續8小時，中間25小時僅有局部小雨量，此次豪雨，發生雨量 50 mm/hr 及以上者有火燒寮、竹子湖、鞍部、基隆、瑞芳、五堵、大尖山、石碇、牛鬥、雙蓮埤等測站，發生 100 mm/hr 及以上者有瑞芳(113.5 mm/hr)、竹子湖(102.4 mm/hr)及牛鬥(103.5 mm/hr)及 116.0 mm/hr (我們未將全部測站繪於圖十九中)。關於此次豪雨時間分布的特性分析結果如下：

1. 最大單點(測站)延時雨量之比較

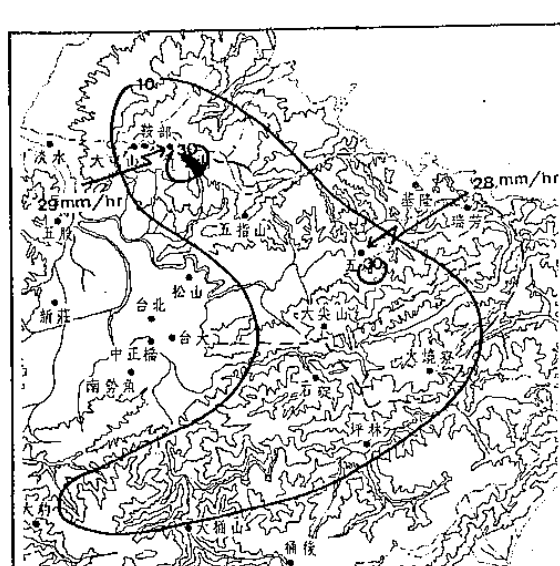
選取琳恩豪雨期間最大單點各延時雨量(非一測站者)如表四所示，我們沒有五堵及竹子湖每分鐘雨量，故十分鐘以下雨量只有在瑞芳及火燒寮記錄中選取，十分鐘至60分鐘雨量由火燒寮、竹子湖及瑞芳記錄中選取，小時以上雨量則由以上五站中選取，將此值與曲克恭(1986)之過去記錄比較，繪如圖廿。可知此次豪雨在延時30分鐘以上之最大值均高於1981年「九三」水災者，但小於1959年「八七」水災者，此包線在2小時



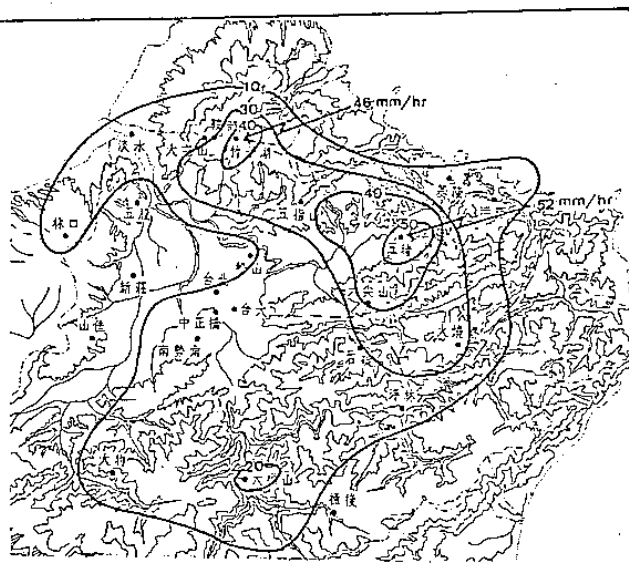
(a) 23日 15 - 16 L



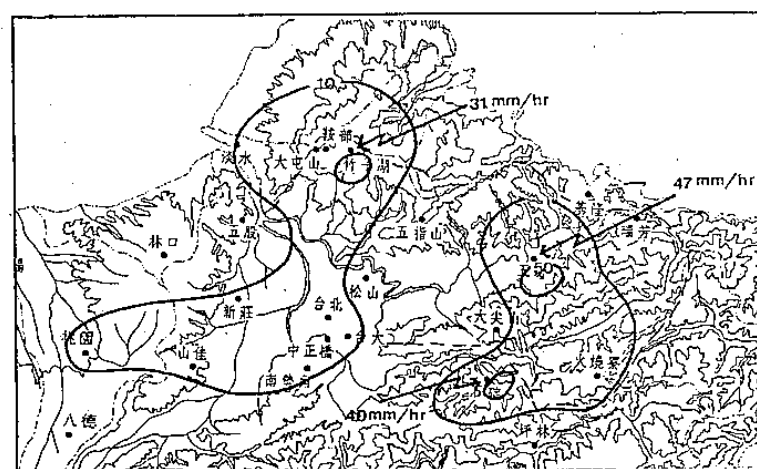
(d) 24日 06 - 07 L



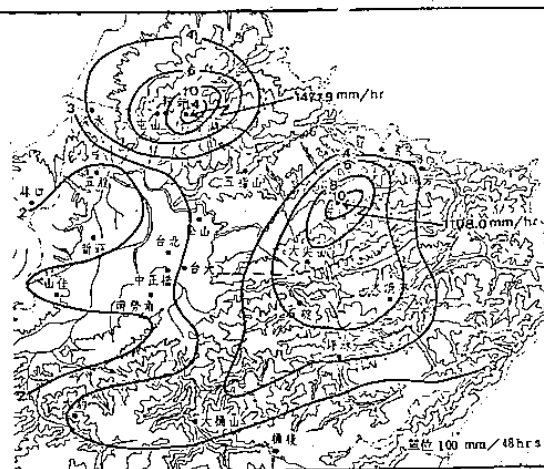
(b) 23日 19 - 20 L



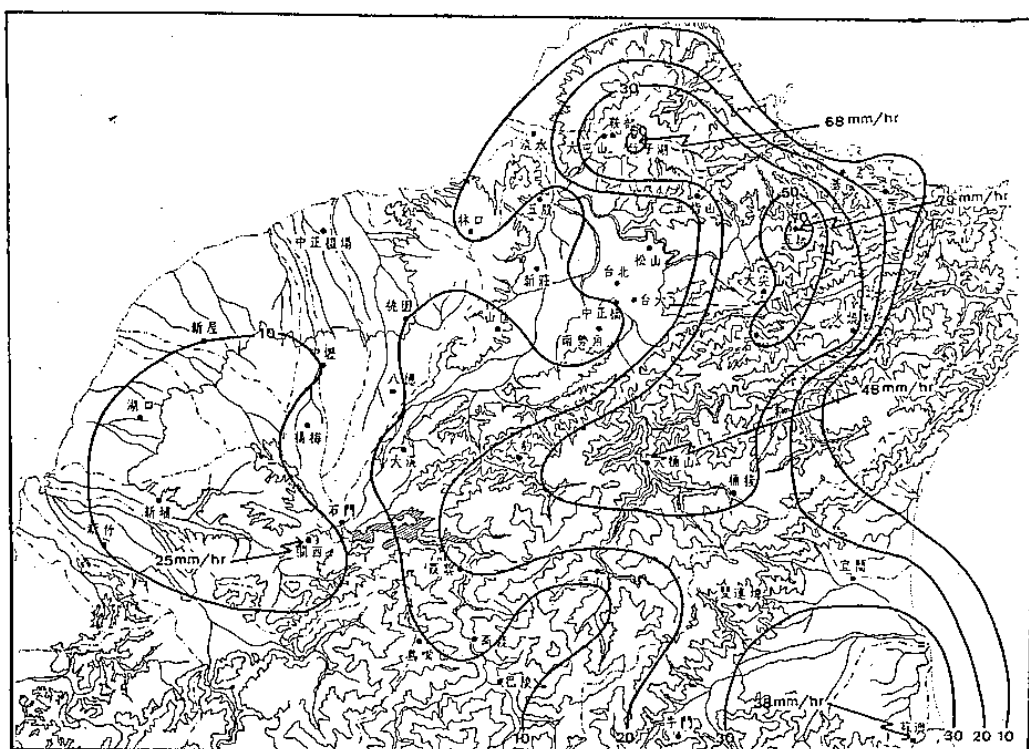
(e) 24日 12 - 13 L



(c) 24日 01 - 02 L



(g) 23日 00 L - 24日 24 L (48小時雨量)



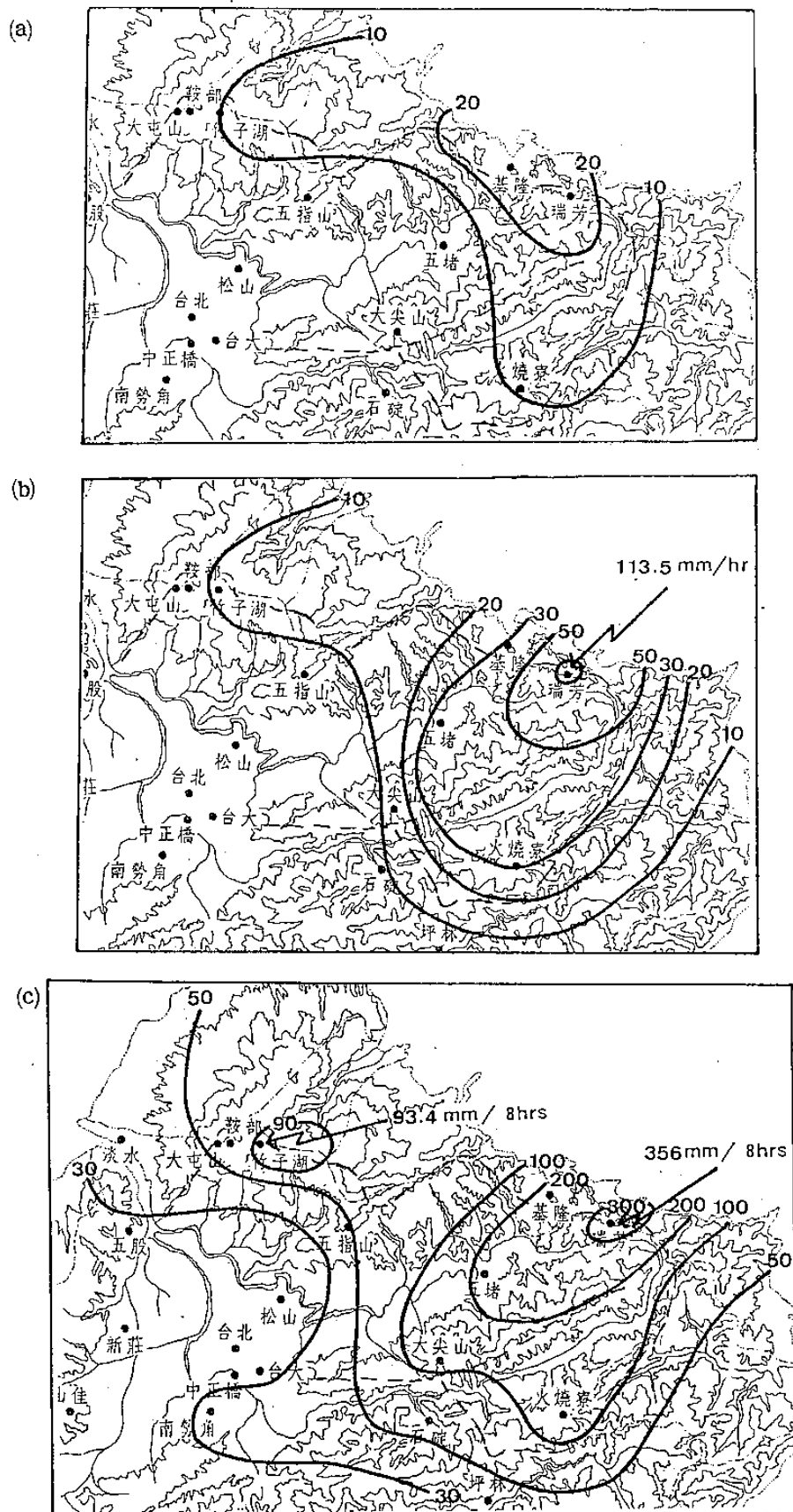
(f)24日 15 — 16 L

圖十七 琳恩豪雨期間第一次大雨時，基隆河流域逐時及48小時雨量圖

(表三) 琳恩颱風第一次及第二次豪雨時選擇測站總雨量 (mm)

測站	竹子湖	五堵	鞍部	火燒寮	大尖山	石碇	瑞芳	基隆	淡水	木柵	松山	公館	台北	南勢角	山佳
第一次豪雨	1545.1	1325.0	1095.4	874.5	872.0	752.0	677.5	564.6	399.3	392.5	387.5	330.0	289.5	245.5	220.5
第二次豪雨	93.4	221.0	67.1	137.5	141.0	74.5	356.0	203.7	39.9	37.5	19.5	27.0	29.0	32.5	19.5

(第一次豪雨 23日 15時至 25日 11時，44小時；第二次豪雨 26日 12時至 20時，8小時)

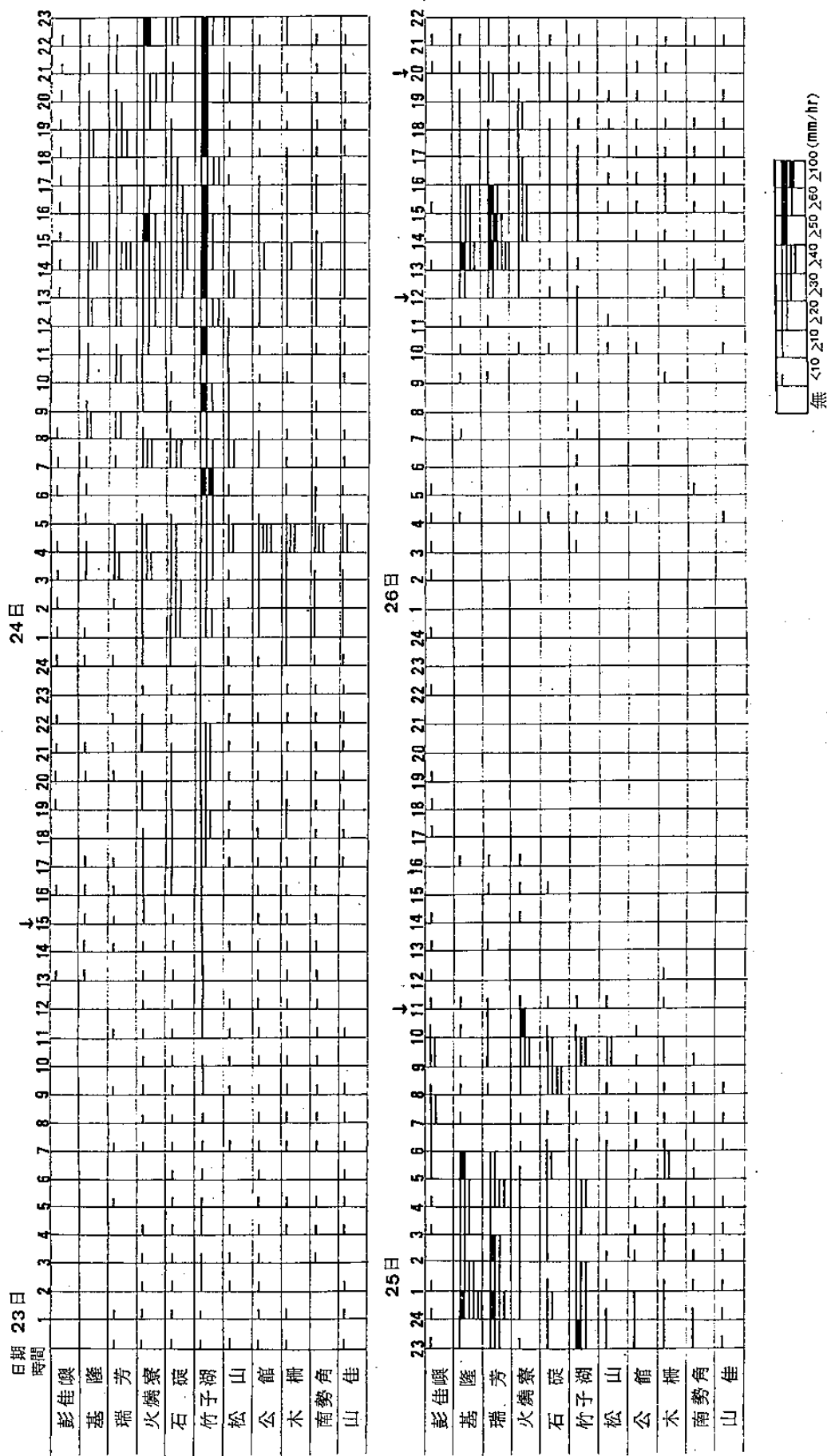


圖十八 琳恩豪雨期間第二次大雨時，基隆河流域逐時及8小時雨量圖

(a) 26日 12-13 L, 一小時雨量

(b) 26日 14-15 L, 一小時雨量

(c) 26日 12-20 L, 八小時雨量

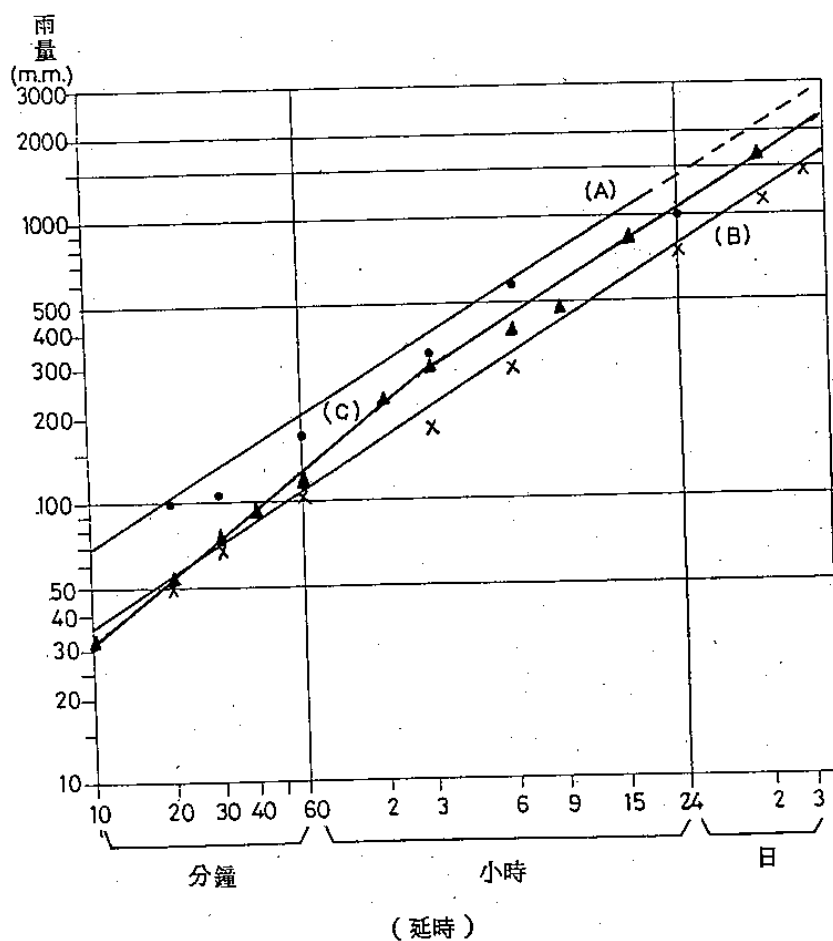


圖十九 選定測站各雨量階段發生時間（箭頭所指為豪雨開始及終止時間）

(表四) 琳恩颱風豪雨最大單點雨量記錄 (mm)

分鐘	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	50	60
雨量	5.0	7.0	10.0	12.5	15.0	18.0	19.5	22.0	23.5	30.2	55.2	69.9	84.7	97.0	113.5
測站	↑ _____ 瑞 芳 _____ ↑ ↑ 竹子湖 _____ ↑ 瑞芳														

小時	2	3	6	9	12	15	18	21	24	30	36	42	48
雨量	213.0	280.0	333.2	487.6	655.7	807.1	898.9	1070.0	1151.9	1285.4	1437.1	1533.9	1587.4
測站	瑞 芳 ↑ _____ 竹子湖 _____ ↑												



圖二十 琳恩豪雨最大單點延時雨量(C)與 1959 年「八七」水災(A)及 1981 年「九三」水災(B)比較，點為「八七」記錄，x 為「九三」記錄，三角為琳恩記錄。

以下及二小時以上似不易繪成直線，其原因不明。

2 豪雨雨量與總雨量之比較

琳恩豪雨前後為期四天，各測站之總雨量如表二所示，但以本研究之定義，第一次豪雨為時44小時，第二次為8小時，各時段總雨量如表三所示，我們計算其比值，顯示豪雨之集中性，計算結果如表五所示，由表五中之值可知第一次豪雨時，範圍較廣，故無論大雨區或大雨區外（雖然四天總雨量較少），豪雨時所佔之雨量比值均極大，第二次豪雨範圍較小，故有較大之差異，但各測站二次豪雨之總和所佔四天總雨量皆在0.86以上，更有高達0.95以上者，而降雨之時數按二次豪雨共為52小時，只佔全部時間之0.54，此比值幾乎與委內瑞拉（熱帶地區）雨暴之平均狀況相同（Riehl, 1979）。

3 豪雨時選擇測站之分鐘雨量分布

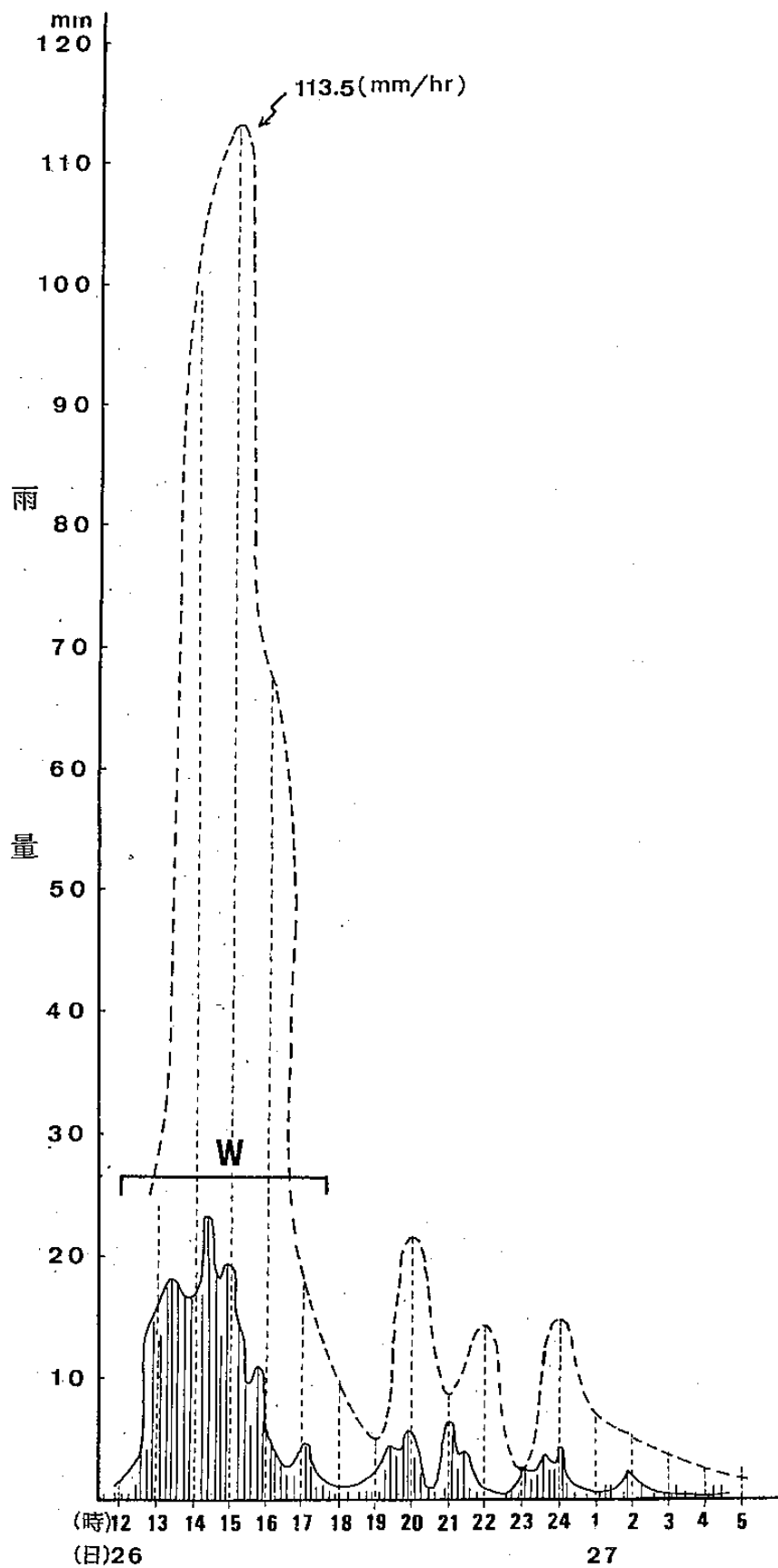
我們首次接觸每分鐘的雨量，由之累積而成每10分鐘雨量，對其仍然認識不清，經分析瑞芳等8測站之每分鐘雨量，發現每分鐘雨量分布之雨峯隨時間之出現極不規則，豪雨時幾乎在數分鐘內即出現一次雨峯，此種振

盪的解釋不知道，但是由每分鐘雨量累積成每10分鐘之雨量分布，其雨峯之出現則較有規則，大概在豪雨量最大時，雨峯出現之時距較短，在20至30分鐘間，豪雨量漸減時，雨峯出現之時距增長，而這些變化在分析時雨量時不能發現，是否與對流雲團之生命過程有關，我們僅分析豪雨區中瑞芳及火燒寮二測站之資料，不敢斷定，希望以後繼續研究。附圖廿一為瑞芳第二次豪雨之時雨量分布，每小時雨量間之直線代表每10分鐘雨量，我們並且選取26日12時至17時50分，最大豪雨之一段時間（如圖中表W者）分析其每分鐘雨量之分布（如圖廿二），圖中有三角符號之處為最大一分鐘雨量（5 mm），彷彿10分鐘雨量最大時一分鐘雨量也最大，但是此種關係在其他時段並不完全存在。如果我們能獲得一小時雨量中每10分鐘雨量之分布關係，以及每10分鐘雨量變化與對流雲團之發展過程之關係，也許對小區域防洪及設計有所助益。表六為8測站各分鐘最大雨量與10分鐘最大累積雨量之比值，似乎其比值在豪雨區（如瑞芳）或非豪雨區（如山佳）有顯著的不同，尤待進一步分析研究。

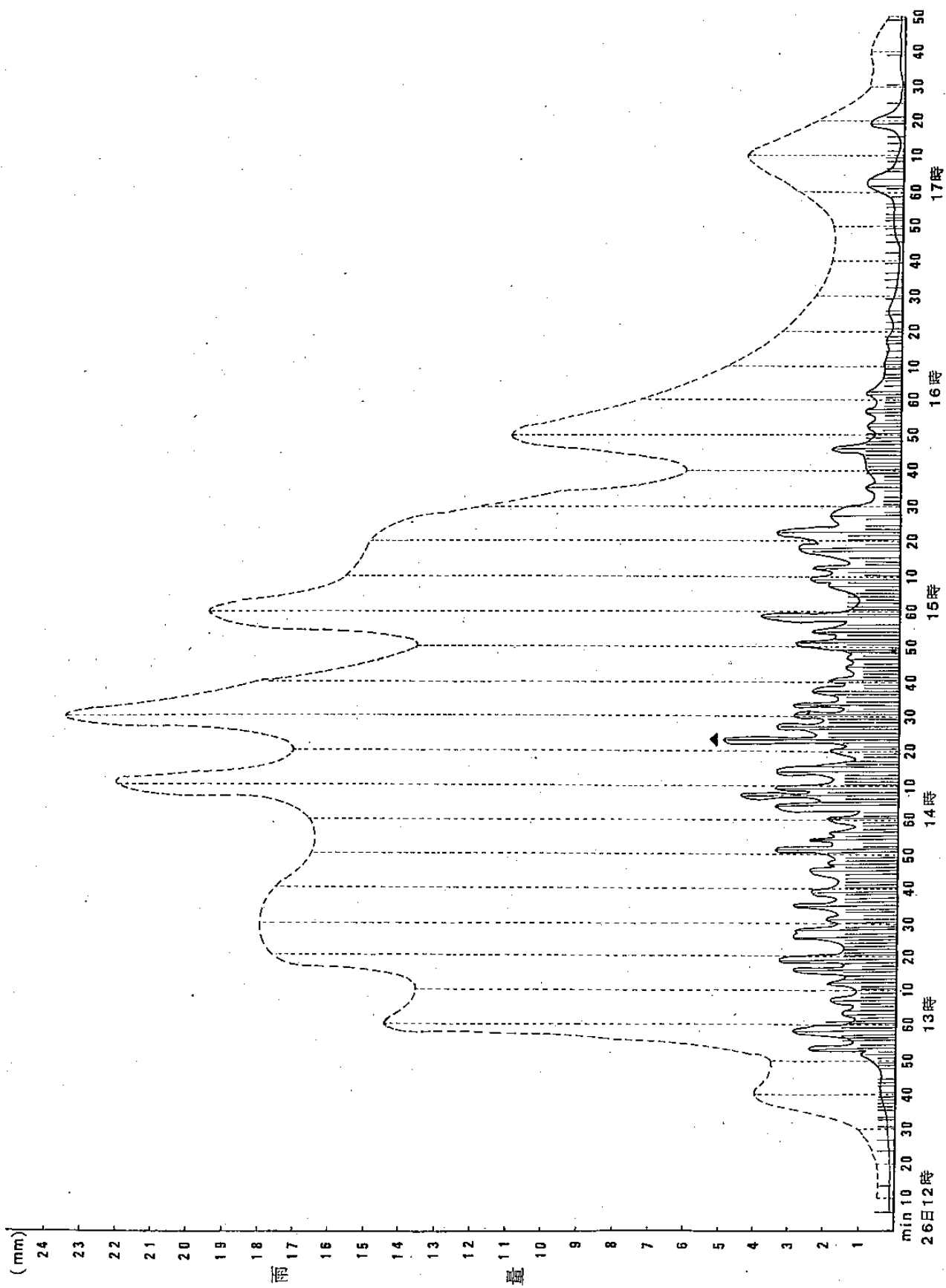
（表五）琳恩颱風兩次豪雨時總雨量與四天總雨量比值

測站	竹子湖	五堵	鞍部	火燒寮	大尖山	石碇	瑞芳	基隆	淡水	木柵	松山	公館	台北	南勢角	山佳
R_{44} / R_{96}	0.84	0.82	0.81	0.80	0.78	0.87	0.62	0.70	0.80	0.84	0.92	0.82	0.88	0.85	0.83
R_8 / R_{96}	0.05	0.14	0.05	0.13	0.13	0.09	0.32	0.25	0.08	0.08	0.05	0.07	0.09	0.11	0.07
R_{52} / R_{96}	0.89	0.96	0.86	0.93	0.91	0.96	0.95	0.95	0.88	0.92	0.97	0.89	0.97	0.96	0.90

R旁數字表示兩次豪雨之時間， R_{52} 為兩次豪雨之總雨量。



圖廿一 瑞芳測站豪雨之時雨量及10分鐘雨量分布，W時段之每分鐘雨量繪如圖廿二，圖中所繪曲線只表示雨峯之變化，對雨量數值無意義。



圖廿二 圖廿一—中W時段每分鐘及每10分鐘雨量分布。三角形示最大

每分鐘雨量 (5mm/min), 圖中所繪曲線意義同圖廿一。

(表六) 琳恩颱風豪雨時選擇測站各分鐘最大雨量與10分鐘最大雨量比值

分 鐘	測 站							
	瑞 芳	火 燒 寮	石 碇	松 山	公 館	南 勢 角	木 柵	山 佳
1	0.20	0.21	0.19	0.18	0.25	0.15	0.20	0.29
2	0.28	0.32	0.32	0.27	0.38	0.23	0.28	0.43
3	0.40	0.41	0.43	0.39	0.46	0.31	0.36	0.53
4	0.50	0.50	0.51	0.48	0.54	0.42	0.48	0.64
5	0.60	0.56	0.57	0.55	0.63	0.54	0.56	0.67
6	0.72	0.62	0.65	0.64	0.71	0.69	0.68	0.71
7	0.78	0.71	0.78	0.76	0.79	0.77	0.76	0.86
8	0.88	0.82	0.89	0.85	0.88	0.85	0.84	0.93
9	0.94	0.91	0.95	0.94	0.96	0.92	0.88	0.96
10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

六、總 結

颱風與東北季風共伴型豪雨對台灣北部及東北部造成災害乃由於豪雨量大，豪雨時間長及大雨區有較固定的分布型態。艾琳颱風不過為其中之一，但災害之嚴重不亞於民國58年10月之芙勞西颱風。形成艾琳颱風豪雨最具效力者為兩種不同氣團之輻合氣流輸送水汽受地形之舉升作用，故與大氣中層以下之風向風速及水汽含量與飽和程度之關係較為密切。在輸送水汽之東來氣流中若有波動生成，將可能影響其風向風速，因而使豪雨發生變化，由於地形的抬升作用，雖然對流雲系發展不高，仍可形成長時間的豪雨量。

共伴型豪雨多發生在整個降雨期間的中期，其原因可能是因颱風逐漸接近台灣地區，其外圍環流加強輻合氣流（台灣北部中層以下之高空風速增強）及水汽量之供輸，以琳恩為例，兩次豪雨之總雨量幾佔四天總雨量之86%以上，而降雨時間只佔全部的54%，當輸送水汽之風速增強時，大雨區且可由大雨中心向外擴展，但只限於北部及東北部地形影響之範圍內，雨蔭作用特強，使豪雨侷限於山區及迎風地區。

每分鐘雨量分布之雨峯隨時間之出現極不規則，但累積成10分鐘之雨量，則雨峯出現較有規則，

豪雨時約在30分鐘左右，是否與對流雲團之生命過程有關，尚待繼續研究。

致 謝

本研究承中央氣象局、水利局、空軍氣象中心、台灣電力公司及石門水庫管理局等機構提供資料，並由文大研究生林春長及陳維良先生協助計算雨量與分析圖表，中央氣象局預報中心林燕璋及彭明政先生分析每小時雨量圖，劉淑珍及黃素昭小姐繪製印刷圖表，特此致謝。

參考文獻

- 葉文欽(1977)：熱帶氣旋與極地高壓共伴環流對台灣天氣之影響，氣象預報與分析，70期，30—39。
- 王時鼎(1970)：台灣區域冬半年連續三至六天惡劣天氣型研究，氣象學報16卷2期，18—31。
- 魏元恒、謝信良及林民生(1971)：颱風特性與台灣雨量之研究，氣象學報17卷3期，1—17。
- 潘大綱、張凱軍及徐天佑(1984)：民國72年10月12日宜蘭地區豪雨個案之分析與探討，天氣分析與預報研討會論文集編，中央氣象局，63—73。

劉廣英、葉文欽及張儀峯(1985)：台灣區探空氣象因子量氣候值之分析，國科會專題研究 NSC-74-0202-M72-05, PP 132。

曲克恭(1977)：台灣地形與颱風環流之分析研究，氣象預報與分析，68期，9-26。

曲克恭(1975)：颱風部份特性之分析研究，氣象預報與分析，64期，1-12。

曲克恭(1986)：台灣地區測站最大雨量探討，華岡氣象九期，8-14。

氣象學報(1968)：民國56年第三號颱風解拉調查報告，14卷1期，49-58。

氣象學報(1969)：民國57年第三號颱風艾琳調查報告，15卷3期，55-65。

氣象學報(1970)：民國58年第四號颱風英勞西調查報告，16卷1期，54-64。

氣象學報(1974)：民國62年第二號颱風娜拉調查報告，20卷1期，62-78。

氣象學報(1975)：民國63年第三號颱風貝絲調查報告，21卷2期，52-57。

氣象學報(1979)：民國67年第三號颱風炯拉調查報告，25卷2期，21-40。

Bell, G, J, and Tsui, K, S, (1973) Some typhoon Sounding and their comparison with sounding in hurricane, J. of Applied Meteo. 12-1, 74-93.

Riehl, H (1979): Climate and Weather in the tropics, 106-112.

A Study of Heavy Rainfall Caused by Typhoon Lynn

Ko-Kung Chu

Department of Meteorology
Chinese Culture University

Cheng-Kai Chen

Weather Forecast Center
Central Weather Bureau

ABSTRACT

From October 23 to 26, 1987, the combined effects of the flow in the outskirts of typhoon Lynn and the North-Eastern Monsoon caused heavy rain and flash flood in the northern and north-eastern Taiwan. The continuously heavy rain ($R \geq 10$ mm/hr) happened two times. The first one held about 44 hours, and after the passage of a ridge of easterly wave, the second one occurred and lasted about 8 hours. Because the topography-lifting mechanism of moist air which was brought by the convergent current dominated the occurrence of heavy rain, it was found that there were relatively fixed patterns of the spatial distributions of heavy rainfall in the northern and north-eastern Taiwan when they were affected by a typhoon such as Lynn. The domain of heavy rainfall extended outwardly from a heavy rainfall center which almost held at the same location for the whole period of heavy rain. The magnitude of the extension might be closely related to the winds below 500 mb level and the moisture content in the layer below 600 mb level, and the low level winds over the sea to the north of Taiwan also might be one of the determinative factors. The cumulated maximum point rainfall above the duration of 30 minutes of Lynn case was greater than that of the Agnes case, September 3, 1981, and it was less than that of the Ellen case, August 7, 1959. The occurrence frequency of one-minute rainfall peaks was very high and irregular. The possible reason was that it were formed by changes of the intensity of the moist-transporting winds and some physical processes within the clouds. But the occurrence frequency of 10-minute rainfall peaks was more regular, especially during heavy rain, and its period was about 30 minutes.