

西行侵台路徑連續過山颱風降雨特性研究

王時鼎 謝信良 鄭明典 葉天降
中央氣象局

摘 要

侵台颱風之降雨特徵，地形扮演關鍵性之角色。本文主要為對西行侵台「路徑連續」過山之第二類(HERB, 1996)與第四類(ANDY, 1982)颱風之降雨特性研究。首先指出在本項路徑影響下，颱風流場特徵之典型變化。類此連續過山颱風之路徑，相對於中央山脈長軸方面而言，其交角略均為 90° 之大小，故類此侵台颱風之流場主要以「沿山流型」為其特徵。惟由於颱風流型之曲率變化，又可分為「內圈」、「外圈」兩區。其「內圈」部分可「自由過山」，而使颱風路徑為「連續」，但「外圈」部分則仍可出現五種流型(flow regime)，即：(I)「沿山流」，(II)「繞山流」，或稱「阻擋流」，(III)「爬山流」、(IV)為(II)、(III)兩者之「組合成流」，以及(V)為I、III兩者之「組合成流」。可發現類此路徑颱風降雨，在「內圈」部分地形影響較小，而主要發生在「外圈」。因「外圈」部分，颱風之流型在其中心過山期間可經歷上述多種型式，因此雨量亦然，遭受極顯著之多種變化。其中並顯著遭受颱風環流過山時之「副流」(secondary flow)影響，包括：風切線、輻合線、尾流等。本研究基本上仍屬此類「自由過山」、路徑為連續颱風降雨特性之初步研究。

關鍵詞：內圈，外圈，流型(制)，地形雨，山脈稜線，副流。

一、前言

侵台颱風降雨的重要性，不言而喻。故歷來就此一方面，甚多作者已作了頗多之研究，例如：魏等(1971)，魏等(1972)，戚等(1972)，徐等(1972)，王等(1982)，蔡與周(1982)，吳與王(1985)，王等(1986)，張等(1987)，林與徐(1988)，陳等(1993)，以及葉等(1999)。本文基本上屬觀測研究，但均有別於過去有關者，即：在引入我們(謝等，1998及，1995)所發展對侵台颱風各種「流型」(flow regime)觀念(並參見本研究之「第一部分」，以後均稱(一))，就其所伴隨之降雨特性，對此處之兩類「自由過山」颱風之例，作一分析。其一為1982年之ANDY颱風，該颱風中心經過中央山脈南段，屬我們分類(例如，謝等1999)的西行「第四類」颱風；另一為1996年眾所均知之HERB颱風，該颱風中心經過台灣北部，屬我們分類的「第二類」路徑颱風。該兩類颱風中心過山時均為「自由過山」，亦即過山時「路徑連續」者。吾人均知颱風過山時，其基本路徑可分為兩類：一為「自由過山」，一為「分裂過山」(亦即過山時路徑不連續，由山脈西側之副中心取代山脈東側原中心之颱風，可參見王，1980)。此處之研究為屬「自由過山」颱風類，俾可將問題簡化。又我們在(一)

中，已引入颱風遭遇中央山脈，可分成「內圈」與「外圈」兩部分之觀念，且兩部分均可作頗定量之定義，即：「外圈」之流場為，曲率小(曲率半徑 >100 公里，參見(一))，風切小，在準穩定(quasi-steady)狀態；「內圈」為颱風之「核心」(core)部分，氣流軌跡曲率大，風切大，且在不穩定(unsteady)狀態中。故無論颱風趨近山脈，「外圈」部分不斷擴大，但其「核心」部分以氣流軌跡曲率小，甚少受山所破壞，例如登陸颱風在登陸之地自記紀錄中，仍可顯示標準颱風之型式。至於「外圈」氣流過山，反應於等壓線圖上為「迎風脊」與「背風槽」；反應於流場圖上，為次第出現不同之「流型」(或稱「流制」，如(一)中所討論者)，如：流型I—沿山流(parallel flow regime)，流型II—阻擋流(blocked flow regime)，流型III—非阻擋流(unblocked or upsloping flow regime)，流型IV—I與III之組合成流(comlined flow regime，下層氣流為阻擋，上層為爬山)，以及流型V—I與III之組合成流。且「流型」變化可以預報，基本上用二個參數即可：其一為氣流進入角(α)值，另一為夫如數值(Froude number, Fr ， $Fr=U/NH$ ，參見(一))。而上述所謂，「阻擋流型」(流型II)，「非阻擋流型」(流型III)，亦即甚多專家所謂之「低夫如數」，「高夫如數」流型(參見(一))，利用 α 與

Fr 所作流型圖可參見(一)之圖 5, 及王等(1998)。回頭再說到, 由上述各「流型」之特徵, 亦可知其對各流型所伴隨之「雨型」, 應亦有一定。此為本研究之目標, 亦為本項研究之緣起。又本研究為我們「台灣地區颱風預報輔助系統建立之研究——第三階段: 侵台颱風降雨預報之應用研究(二)」中的一部分。

二、資料與分析方法

有關侵台颱風降雨資料, 我們有完整保存了徐晉淮等(1972)以及徐晉淮、林雨我(1987)的利用民用測站近一千處日雨量紀錄, 所作的侵台颱風日雨量與總雨量分析圖。另外有關時雨量部分, 自 1960 年以後氣象局已建立極完整之各測站之時雨量資料。本計畫並就颱風部分再向前建立了 1949 年至 1959 年侵台颱風之該項資料。

我們亦深知侵台颱風各地之風對降雨之影響。如無風場資料, 較準確之颱風降雨定量預報, 幾乎很不可能。故我們自行建立了自 1949 年以來氣象局各測站「逐時」風之資料, 其中並包括 1949-1974 年空軍各測站逐時風之電腦檔, 故一項風與降雨關係之研究迫有可能。

另外我們又極完整的建立了侵台各颱風逐時天氣圖, 包括空軍與氣象局之所有測站資料, 以及甚完整之探空資料。就傳統降雨研究資料言, 已堪稱相當完整。

有關分析方法方面我們已建立之圖表, 包括: (略)

三、實例分析

(一) 中心通過台灣山脈南段之 1982 年 7 月 28-29 日 ANDY 颱風(第四類颱風)之例(略)

(二) 中心通過台灣山脈北段之 1996 年 7 月 30 日—8 月 1 日 HERB 颱風(第二類颱風)之例(略)

以下為就該各項圖表之討論:

1. 總雨量分析(圖 a、b)(略)
2. 日雨量分析(圖 4a-c)(略)
3. 六小時累積雨量分析(圖 5a-e)(略)
4. 各地時雨量分布(圖 6a、b 及圖 7a-q)

此處僅作重點分析, 包括:

- (a) 迎風面「地形雨」與背風面「下坡流焚風」
- (b) 小尺度對流降雨
- (c) 風切線輻合雨——蘇澳

(d) 輻合線降雨——台灣西部

(e) 颱風中心後半部南來氣流雷陣雨

(f) 降雨隨山脈高度變化

以上自(b)至(e)均屬颱風因山脈影響所造成之「副流」(secondary flow)範疇。以下即為這些現象之降雨問題討論:

- (1) 阿里山一帶豪雨——地形雨與氣流輻合線降雨(略)
 - (2) 地形雨隨高度之分布(略)
 - (3) 颱風過山造成風切線與降雨分布(略)
 - (4) HERB 颱風過境, 近中心區降雨變化(略)
 - (5) HERB 颱風之小尺度降雨(略)
 - (6) 山脈西側迎風面「豪雨」與東側平地之焚風(略)
5. 本次 HERB 颱風過境之流型與降雨(略)
6. 地形雨時間尺度問題及地形雨之降雨強度(略)
7. 近中心(內圈)之環流雨時間尺度及其強度(略)

四、總結

本文係屬 1982 年之 ANDY 與 1996 年 HERB 等兩次西行「自由過山」颱風之例之降雨觀測研究。與過去有關研究最基本不同點, 為引入侵台颱風之「流型」觀念於台灣颱風之「外圈」環流中, 因而可建立各不同「流型」與降雨間之關係。因侵台颱風不同「流型」, 可藉氣流進入角(α)與上游夫如數(Fr)值作出預報。因之各流型之颱風降雨亦然。「外圈」與「內圈」之不同, 最主要在氣流軌跡之曲率, 一般分析, 在台灣颱風曲率半徑小於 100 公里時, 已可謂為「內圈」, 本文亦對其降雨特性作了分析。本文之結果, 可歸納之如下:

(1) 山脈地形對颱風降雨扮演絕對關鍵性角色, 但僅發生於侵台颱風之「外圈」部分。可發現東部為「迎風面」之 ANDY 颱風地形降雨, 就中央山脈之高度情形下(平均均在 3000 公尺以上), 可包括山脈全區。惟最大降雨中心平均則在迎風面的山腰, 軸線之東降雨梯度與山脈坡度密切相關。

(2) 就第二類 HERB 而言, 西部為山脈之「迎風面」。可發現, 中央山系高度一般均達 3000 公尺以上情形, 最大雨量軸線略接近山頂約三分之二之山坡之上, 即阿里山一帶。且由於東側山坡斜度較大, 故在本例於「流型 III」, 上、下坡流型時迎風面有最大降雨, 背風面並發生顯著焚風。而 ANDY 背風面(山脈西側), 坡度較小, 焚風即不著, 雖然兩者均屬強烈級之颱風。

(3) HERB 之例, 我們並就颱風接近時作出其流型隨時間變化, 可發現與降雨有作極佳之配合。例如於沿山流(流型 I)時, 北部與阿里山北側仍為迎風面, 故僅該兩區有降雨, 台灣其他各地則

無；於上坡流(流型Ⅲ)時，西部迎風面有最大雨量，阿里山 12 小時即達 1000mm 及以上，東部平地出現「下坡流」之「焚風」。至風向轉南時，北部為山脈背風面，則無雨。

(4) 可發現此兩次個例，「外圈」降雨之時間尺度，略與颱風 30kt 風半徑過境時間甚相一致。ANDY 颱風就山脈東側而言，颱風來時為「東北風」，去時為「東南風」，均屬迎風面。HERB 颱風，就山脈西側而言，來時為偏西風，去時為偏西南風，均為迎風面也。

(5) 該兩次颱風，背風面之「雨蔭」均極明顯，不但無雨，或竟至更造成「焚風」。

(6) 各山脈對颱風降雨之影響也作了調查，發現台灣東部之「海岸山脈」對降雨之重要性為較微，僅東南風時(第四類颱風)，地形影響較著。而北部近 2000 公尺或以下之山脈高度，降雨最大均為接近山脈稜線之處。又當颱風趨近，降雨區每擴展至山脈稜線後之山區，特以第四類路徑颱風為著。

(7) 可發現內圈降雨特性與外圈者完全不同，就台灣中央山脈之寬度及颱風氣流軌跡曲率，內圈曲率半徑僅限 100 公里以內。其降雨時間尺度僅數小時，僅為外圈者的六分之一至七分之一。且內圈降雨主要為氣流「輻合雨」，而非「地形雨」。

(8) 就 HERB 之例，台灣主要山脈西側之流型Ⅲ「爬山流」地形雨與上游夫如數，各有下述關係，即：夫如數 ≥ 0.65 ，有豪雨。於 ≥ 0.5 時已有明顯降雨。亦即言，就中部而言，西北風(U)需 $\geq 30\text{kt}$ ($\text{Fr}=\text{U}/\text{NH}$)，南部則 $\geq 25\text{kt}$ 之時。此情形亦可作為台灣東部平地測站是否有出現「下坡焚風流」可能性之標準。

(9) 台灣地區雨量站密度已可作颱風侵襲時之「副流」降雨分析。由於侵台 HERB 颱風環流中有出現：「風切線」、「輻合線」、小尺度型對流及「尾流」等現象，類此各副流現象均有作其伴隨降雨分析。

誌 謝

本文中甚多圖表蒙鄧仁星博士協助設計及將本計畫自行鍵入電腦中各地原始逐時觀測資料與局內原已建立之資料重作整合。研究進行時，重蒙彭立博士、洪秀雄博士參加討論，提供卓見，

又本文之完成蒙鍾孝林先生、于茜與李金蓮小姐之協助，特在此一併致謝。

參考文獻

- 王時鼎，1980：台灣近海颱風運動及強度預報法。空軍氣象中心國科會研究報告 018 號，P1-100。
- 王時鼎、趙友菱、沈秀蓉，1982：台灣颱風降水特性之研究。中央氣象局中範圍天氣系統研討會論文彙編，P175-208。
- 王時鼎、陳泰然、謝信良，1986：台灣颱風降雨特性及其預報研究(三)。行政院國科會防災科技研究報告 74-51 號，P1-152。
- 林雨我、徐晉淮，1988：侵襲台灣颱風之降雨分布研究。氣象學報第 34 卷第 3 期，P196-215。
- 吳宗堯、王時鼎，1985：進入東中國海颱風台灣北部地形強迫作用所造成豪雨之初步分析與預報。天氣分析與預報研討會論文彙編，P89-106。
- 張領孝、王時鼎、顏清連，1987：濁水溪流域颱風降雨特性及其預報研究。行政院國家科學委員會，防災科技研究報告 75-27 號，P1-55。
- 陳泰然、李清勝、王時鼎、紀水上、周仲島，1993：豪雨預報技術改進之研究——颱風部份研究計畫。中央氣象局 82 年度委託研究計畫，CWB82-2M-10。
- 戚啓勳、陳文恭、任立渝，1972：用比擬法預估颱風侵台期內之降水量。氣象學報 18 卷 3 期，P33-50。
- 蔡清彥、周根泉，1982：颱風路徑與台灣地區之風速及雨量分布。中範圍天氣系統研討會論文彙編，209-221。
- 魏元恆、謝信良、林民生、蕭長庚，1972：台灣颱風降雨預報之研究。氣象學報 18 卷 3 期，P1-21。
- 謝信良、王時鼎、鄭明典、葉天降、丘台光，1999：建立台灣地區颱風預報輔助系統之研究第三階段——侵台颱風降雨預報之應用研究(一)。中央氣象局專題研究報告，CWB87-1M-01，P1-371。

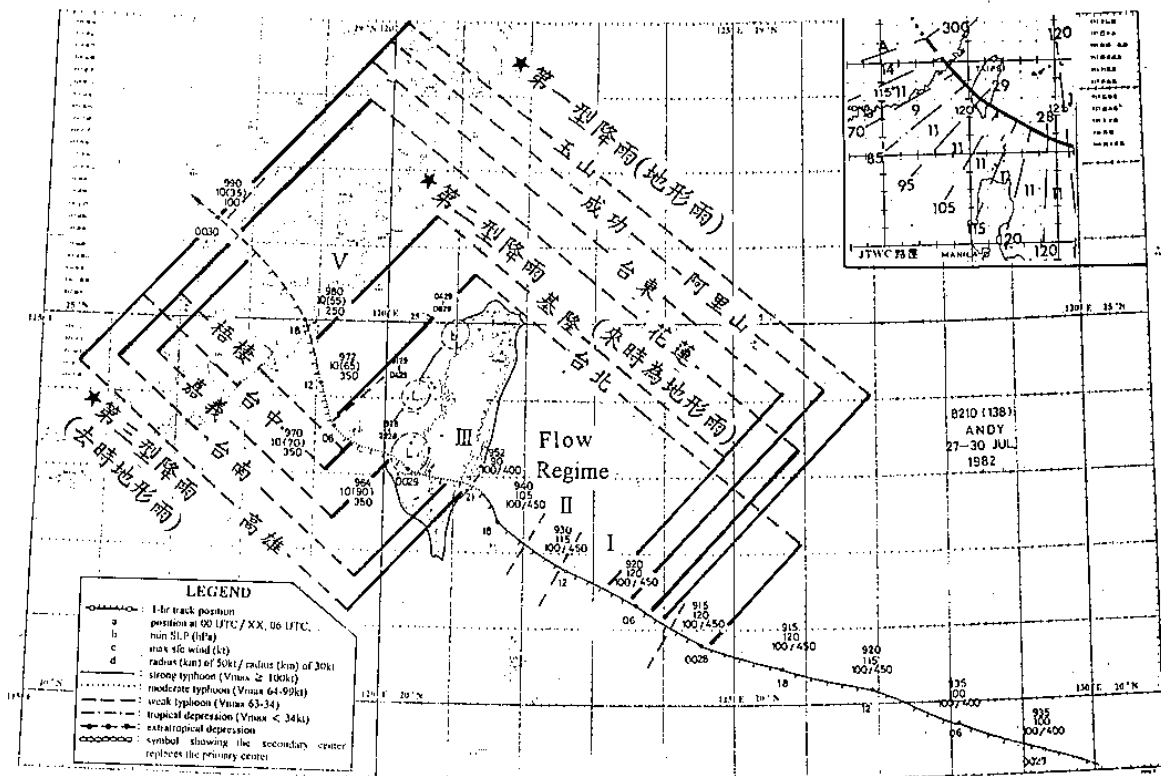


圖 1a 1982 年 7 月 28-29 日 ANDY 颱風侵台逐時路徑圖，圖中之颱風資料說明見左下角之附圖，右上角為 JTWC 之颱風 6 小時之路徑及中心風速(kt)。本圖中有繪出台灣各地颱風降雨持續時間分布，計可分為三型：第一型出現於東部及山地測站，降雨時間最長，略與颱風侵襲時間一致(屬「外圈」地形雨時間尺度)；第二型出現於北部測站，開始時與東部者時間相近(地形雨)，但中心過後雨即停止；第三型出現於西部測站，中心接近時下雨(屬「內圈」降雨)，至中心遠離後為止(地形雨)(參見圖 1d-e 及 1f-u)。圖中並附各流型代號(I、II、III、V)之出現時段(粗斷線)。

Fig. 1a Track of Typhoon ANDY and three different rain patterns by means of positioning of station.

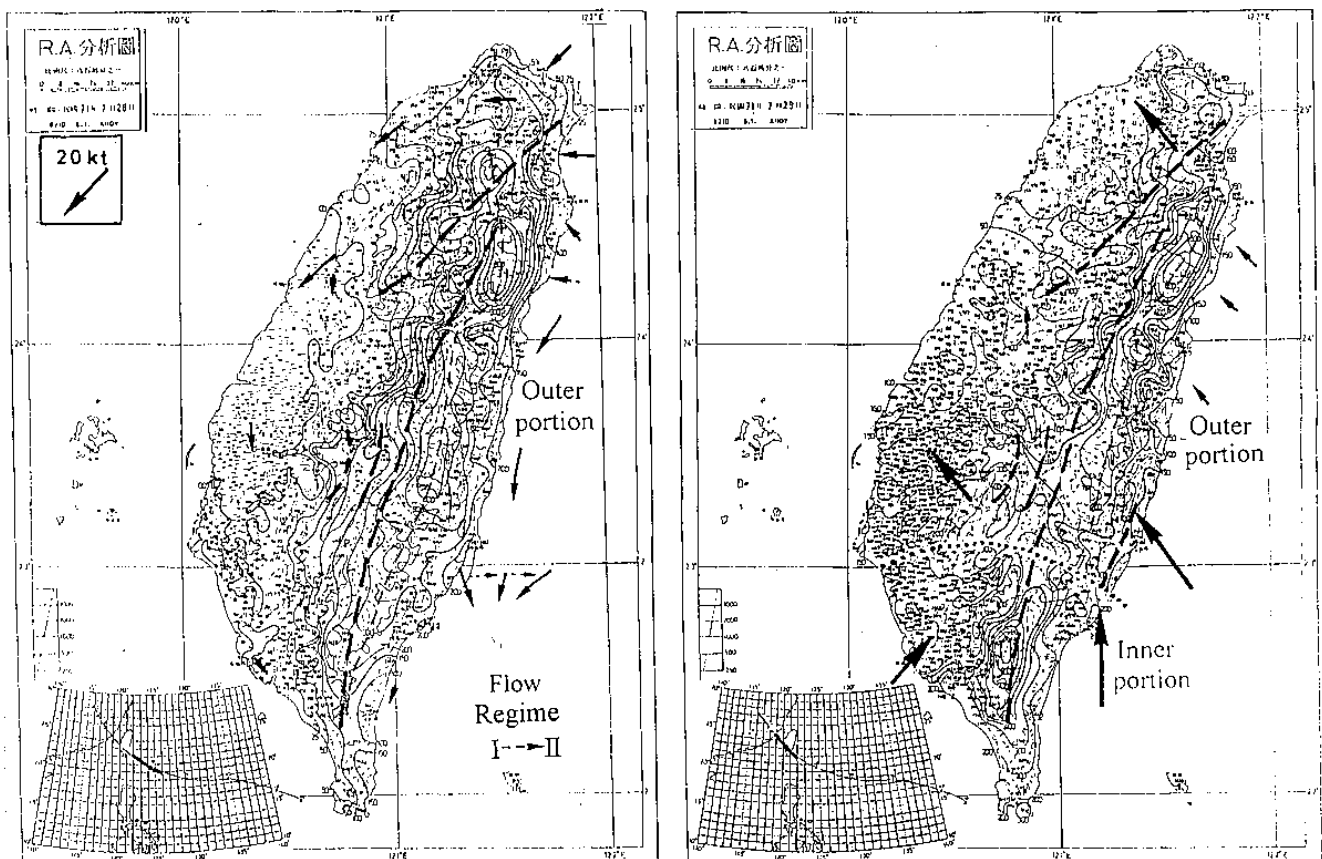


圖 1b、c 1982 年 7 月 28、29 日(01—24L)台灣全區日雨量分布圖，圖中有附各地雨量(mm)實際值(1 位小數)(林與徐，1988)，圖中並加繪山脈稜線(說明見圖 3a)及代表性風向量、颱風所在位置、颱風內、外圈範圍(粗點線)及「流型」代號。

Fig. 1b、c Daily rainfall distribution of Taiwan on July 28 and 29, 1982, also included are the wind vector at various locations and ridge line of mountain systems.

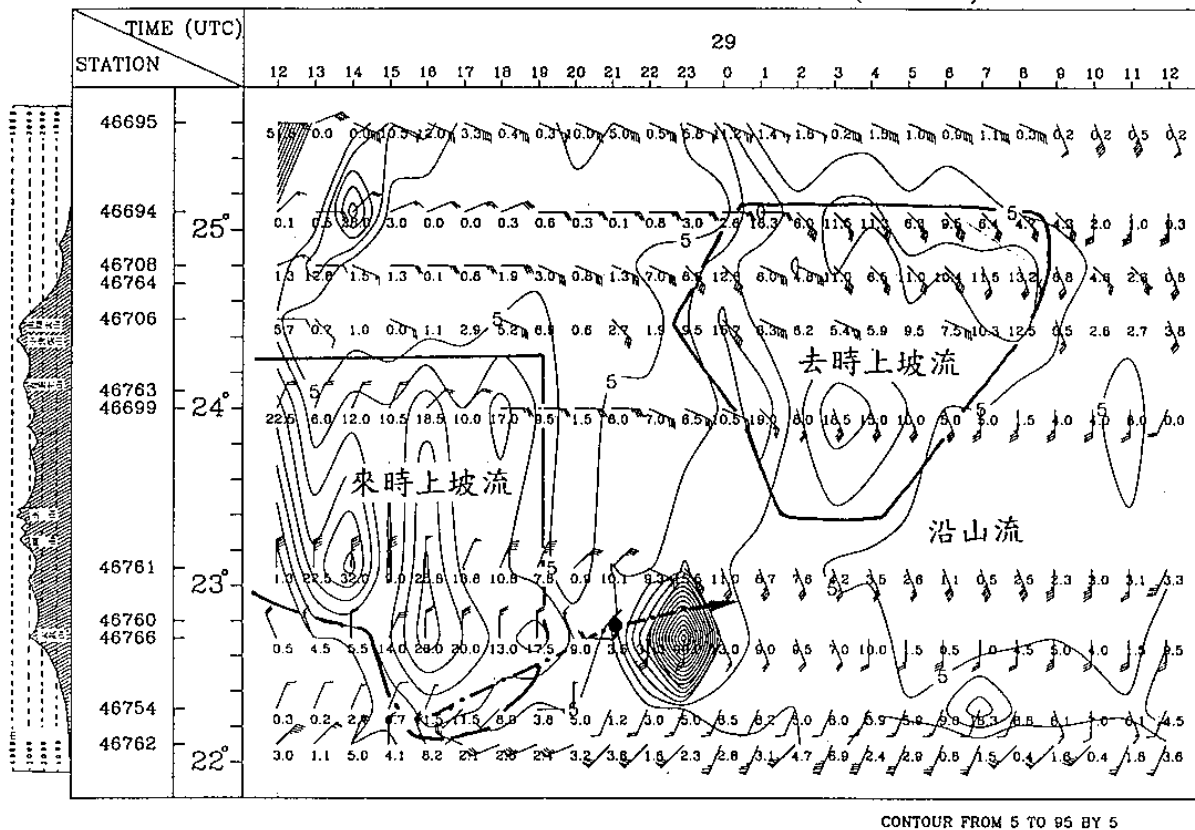


圖 1d ANDY 颱風過境期間，中央山脈東側，自北至南各測站雨量與風之時間剖面圖。圖中有繪出等雨量(mm)線、颱風位置與其移動，及降雨特性區(粗實線)等。

Fig.1d Cross sections of rain amount and wind along the east side of the Central Mountain Range (CMR).

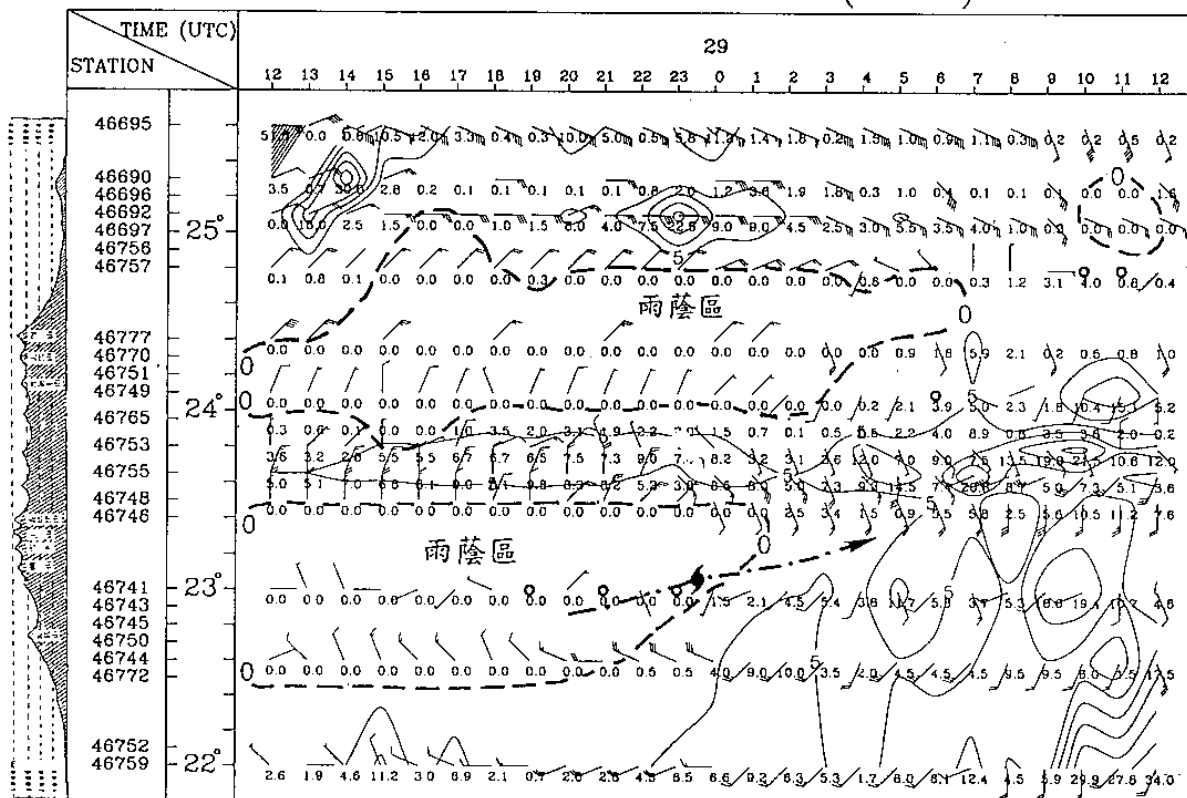


圖 1e 同圖 1d，但為山脈西側者。

Fig.1e Same as Fig.1d, except for the west side of the CMR.

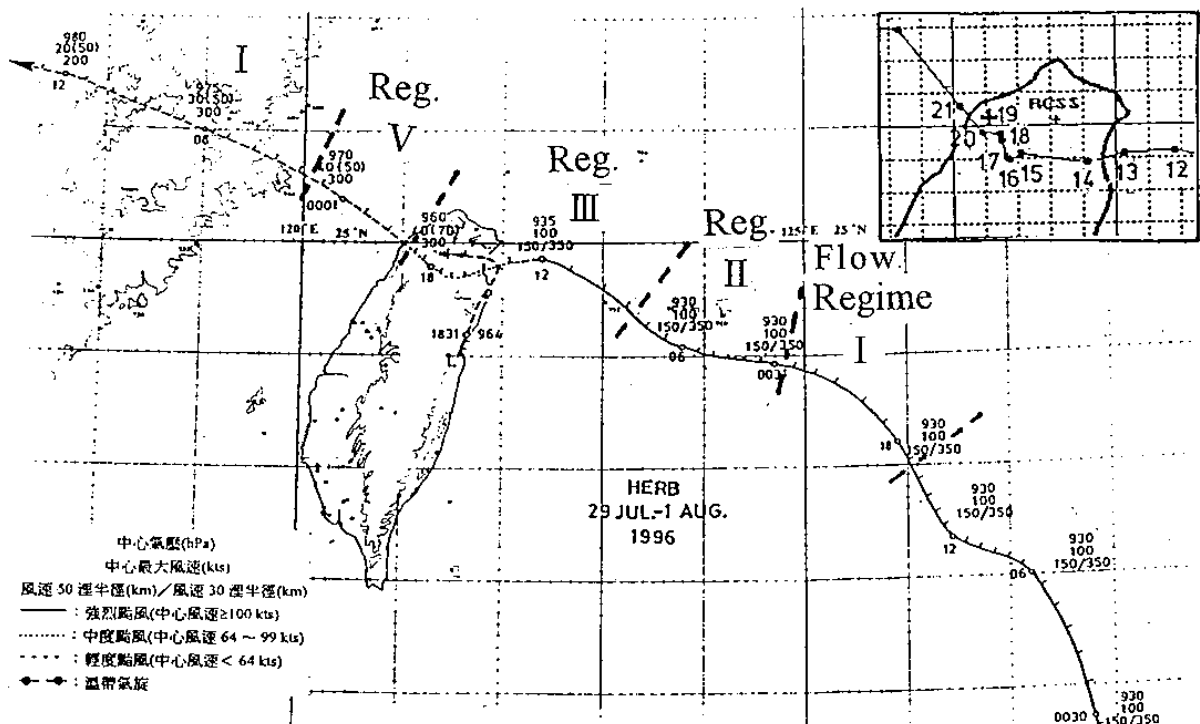


圖 2a 1996 年 7 月 30 日—8 月 1 日 HERB 颱風侵台期間逐時路徑圖(說明見圖 1a)。又圖中有作出颱風受「外圈」流場影響之各不同之「流型」「代碼」。

Fig.2a Track of Typhoon HERB and the corresponding flow regimes.

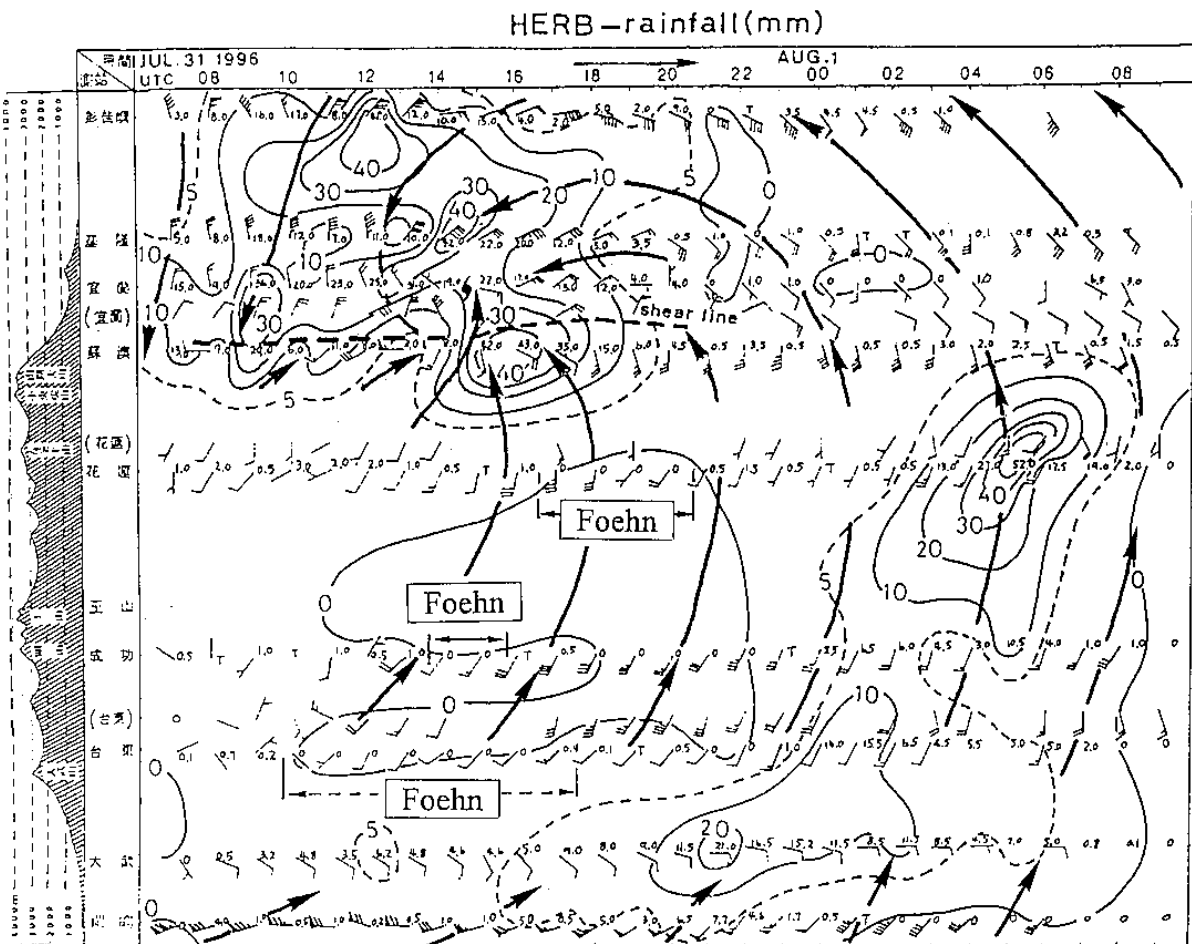


圖 3a 1996 年 7 月 30 日—8 月 1 日 HERB 颱風侵台期間之總雨量(mm)分布圖。圖中有附台灣各山系之稜線(見圖中附圖)。由圖可見，類此路徑(見圖中之附圖)之颱風降雨均發生於山脈的西側。



圖 3a 1996 年 7 月 30 日—8 月 1 日 HERB 颱風侵台期間之總雨量(mm)分布圖。圖中有附台灣各山系之稜線(見圖中附圖)。由圖可見，類此路徑(見圖中之附圖)之颱風降雨均發生於山脈的西側。

Fig.3a Total rainfall distribution of Taiwan on July 30-Aug.1, 1996, during the passage of HERB.

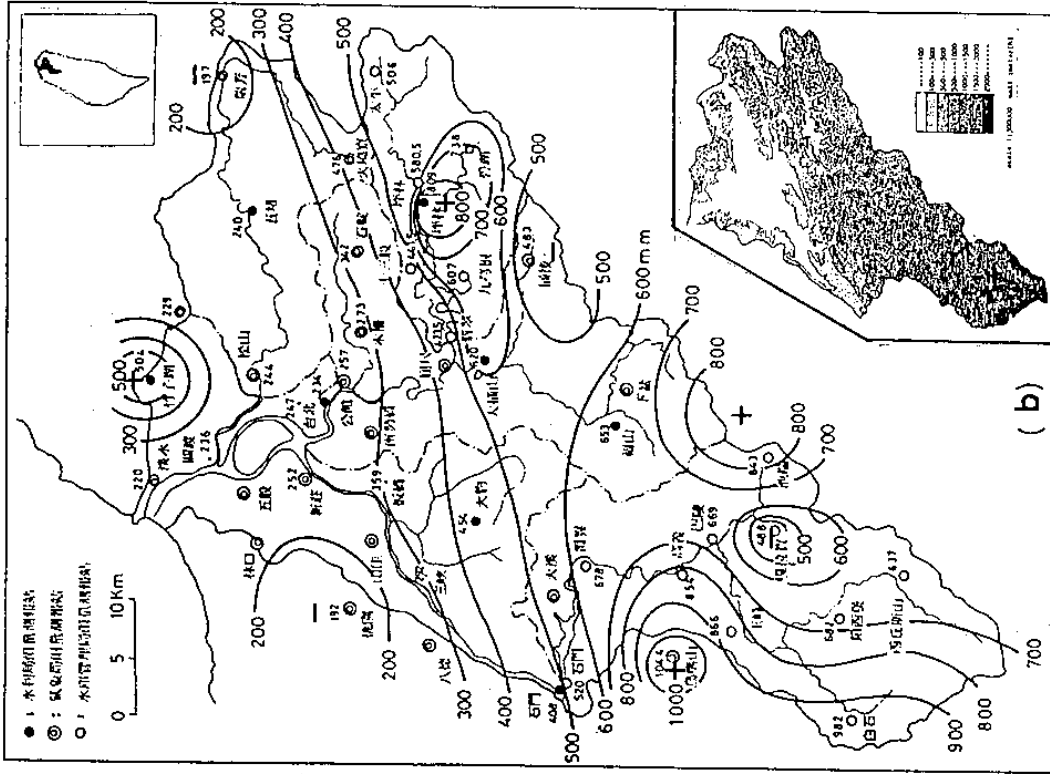
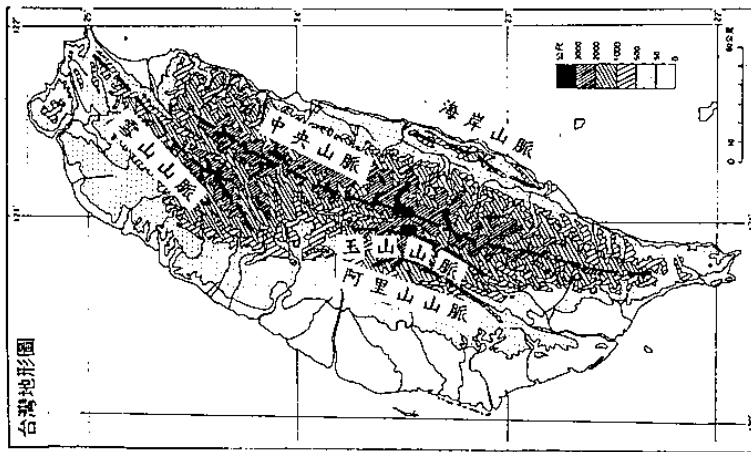
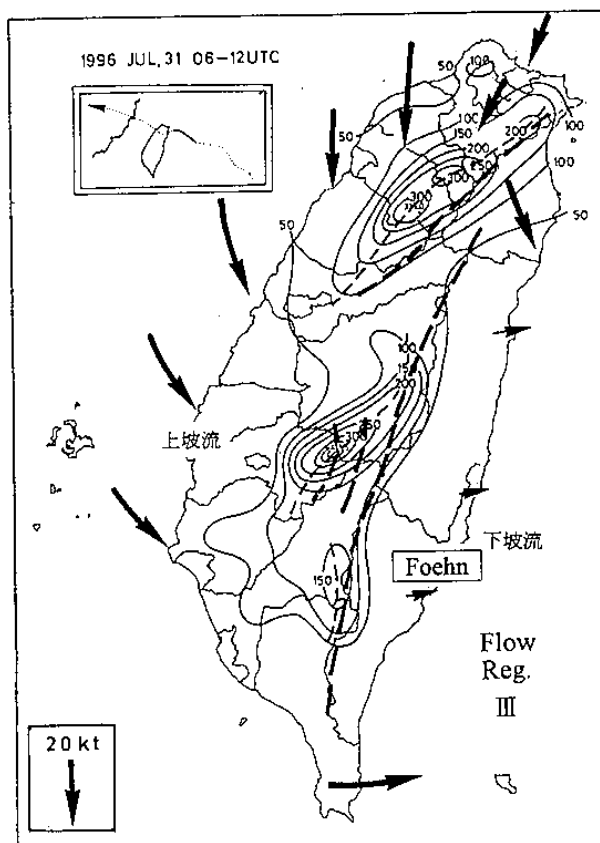


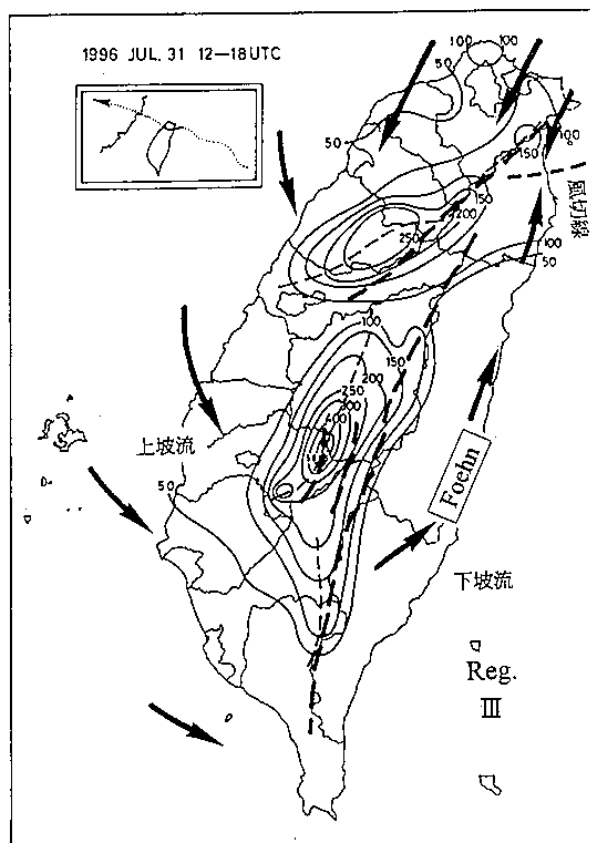
圖 3b 同圖 3a，但為淡水河流域者。

Fig.3b Same as Fig.3a, except for the Tanshui River watershed.



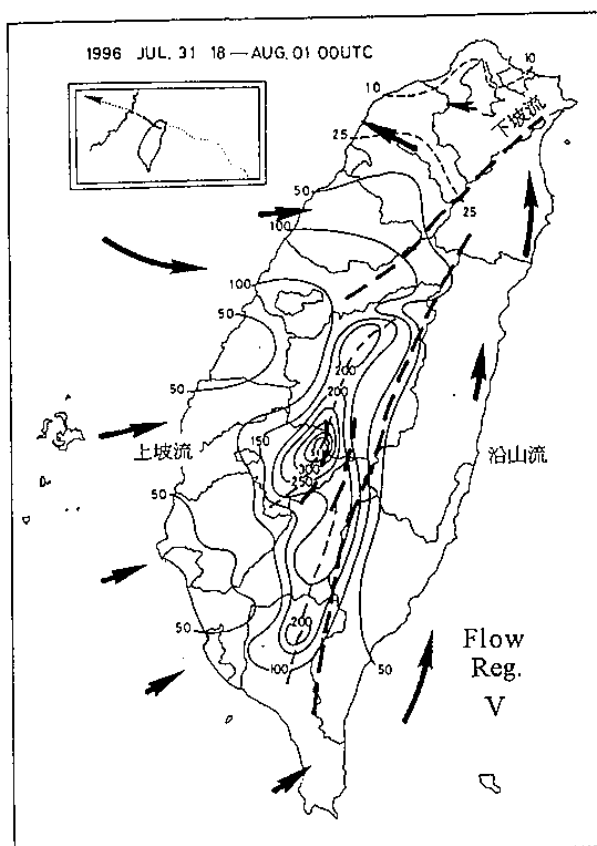
b. 7月31日 06-12 UTC(即31日 14-20 地方時)

Fig.5b Same as Fig.4a, except for 06-12UTC July 31, 1996.



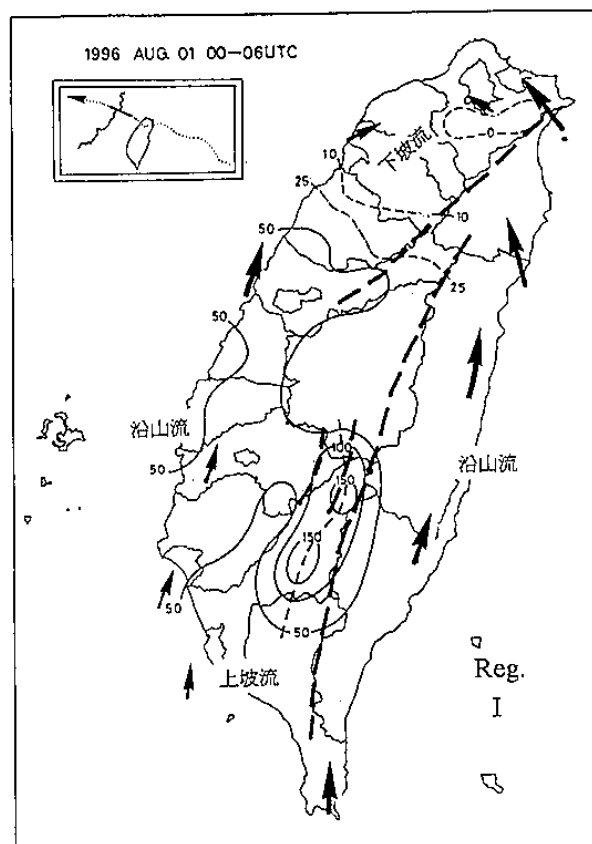
c. 7月31日 12-18 UTC(即31日 20-8月1日 2 地方時)

Fig.5c Same as Fig.4a, except for 12-18UTC July 31, 1996.



d. 7月31日 18 UTC-8月1日 00 UTC(即8月1日 2-8 地方時)

Fig.5d Same as Fig.4a, except for 18UTC July 31-00UTC Aug. 1, 1996.



e. 8月1日 00-06 UTC(即8月1日 8-14 地方時)

Fig.5e Same as Fig.4a, except for 00-06UTC Aug. 1, 1996.

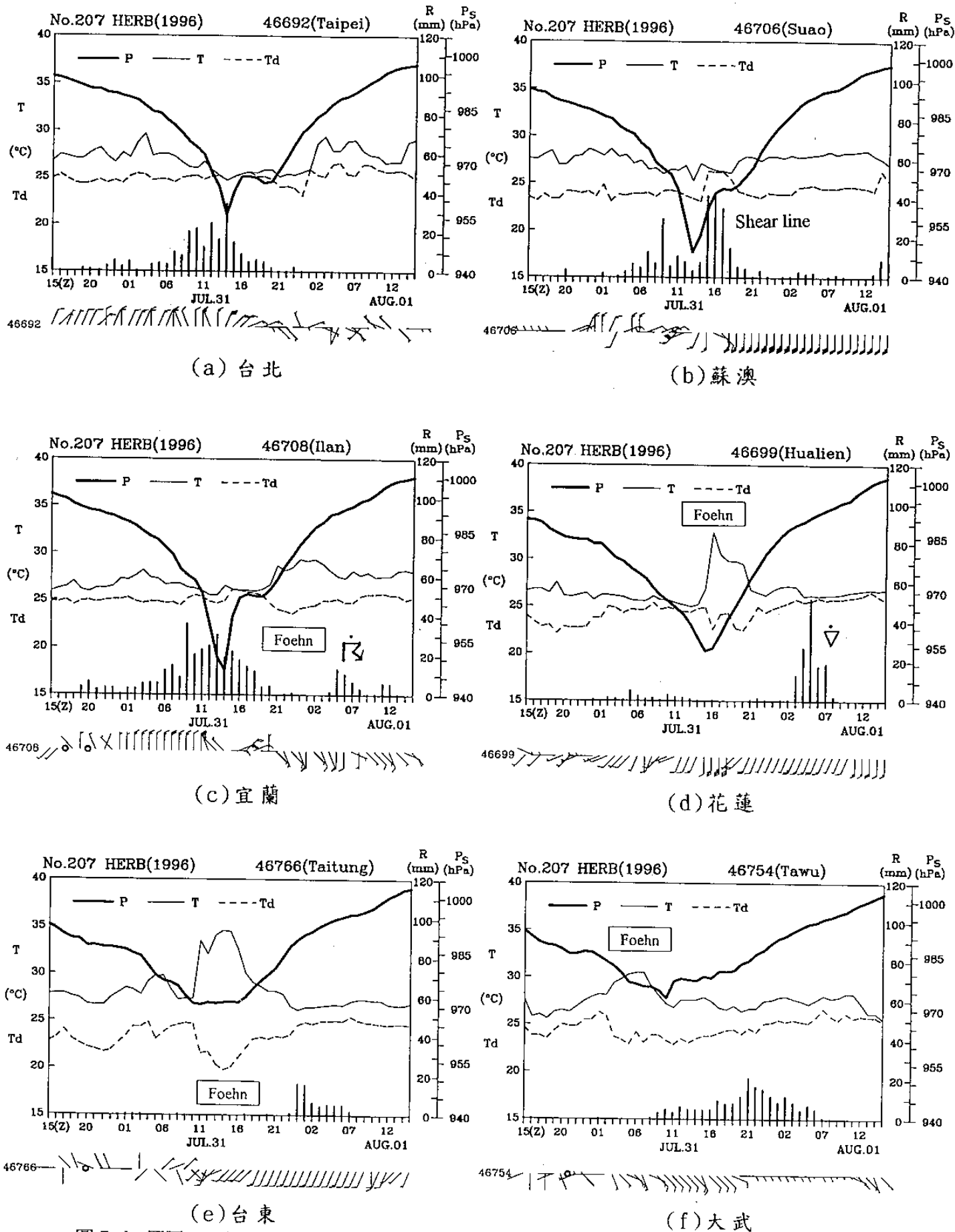
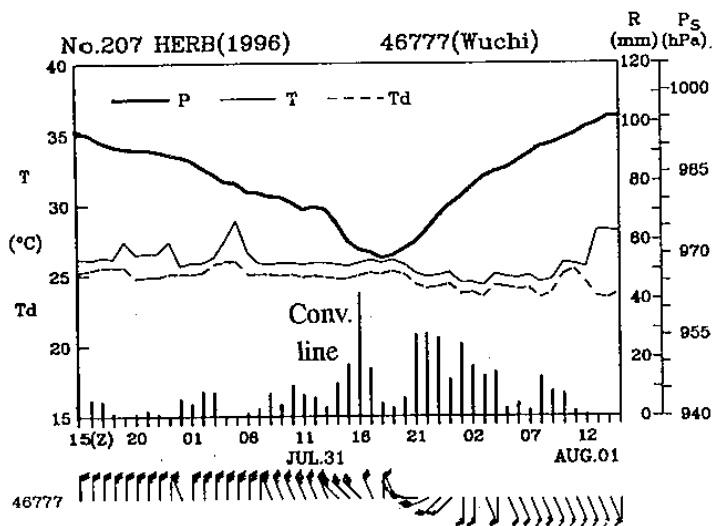


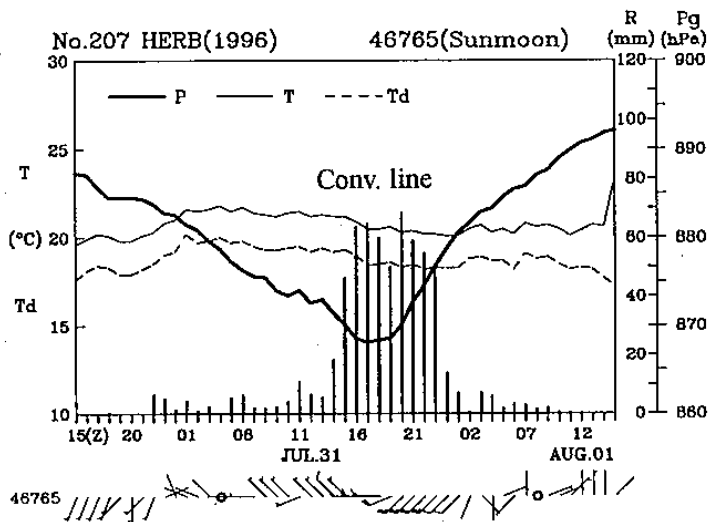
圖 7a-l 同圖 1f, 但為 1996 年 7 月 31 日—8 月 1 日 HERB 颱風各測站者。

(a)台北, (b) 蘇澳, (c) 宜蘭, (d)花蓮, (e)台東, (f)大武, (g)梧棲, (h)日月潭, (i)台中, (j)阿里山, (k)嘉義, (l)玉山。

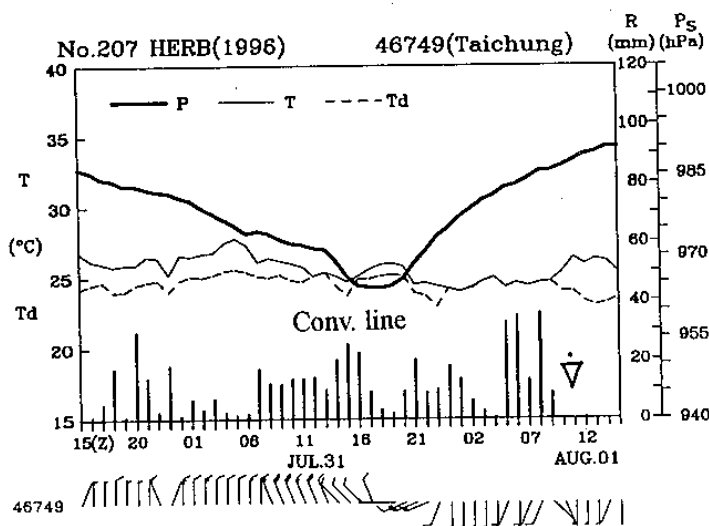
Fig.7 Same as Fig. 1f, except for HERB, 1996.



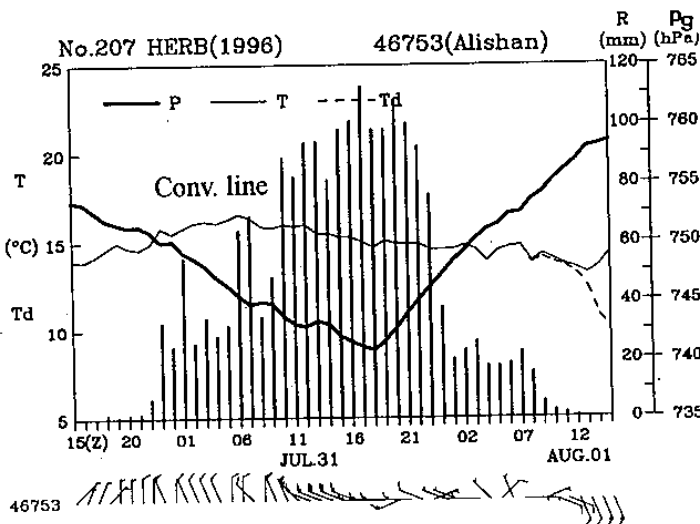
(g) 梧棲



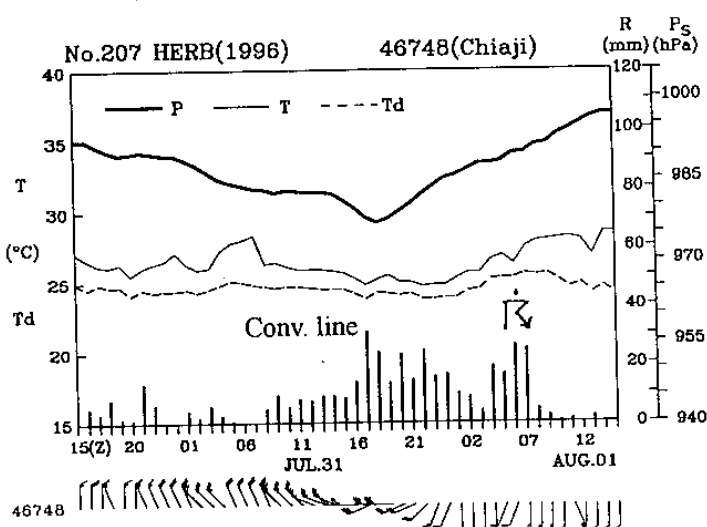
(h) 日月潭



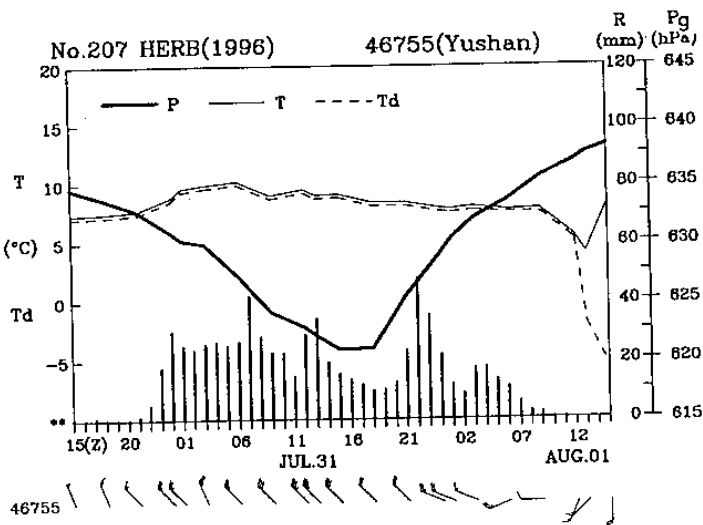
(i) 台中



(j) 阿里山



(k) 嘉義



(l) 玉山

續圖 7