

題名	作／譯者	卷期號	頁碼	出版年
多元記錄器及雨量計之設計	亢玉瑾 胡三奇 蔡木	25/01	1	1979.03
A D A P S 系統之研究與設計	胡仲英	25/01	9	1979.03
台灣地區降霜之分析研究	徐晉淮 辛江霖	25/01	25	1979.03
雷雨內帶電過程發生之研究成果（譯）	戚啓勳	25/01	35	1979.03
-----	-----	-----	-----	-----
雲林縣草嶺附近之微小地震活動	徐明同	25/02	1	1979.06
台南地區日射量之分析	唐榮澤	25/02	15	1979.06
民國六十七年颱風調查分析報告第三號侵台颱風7823號炯	氣象局	25/02	21	1979.06
-----	-----	-----	-----	-----
台灣地區水稻之農業氣候區域	郭文鑠 曾文炳 楊之	25/03	1	1979.09
台灣地區霜日頻率與霜期分析及其在農作物霜害預防之應	楊之遠	25/03	11	1979.09
民國六十七年北太平洋西部颱風概述	氣象局	25/03	24	1979.09
-----	-----	-----	-----	-----
台灣地區土壤溫度特性之初步分析	劉文俊	25/04	1	1979.12
淡水河流域颱風降水量分析	郭文鑠 蔣志才 朱曙 光 胡亞棟	25/04	9	1979.12
台灣地區溫度變化於水稻安全栽培之關係	楊之遠	25/04	21	1979.12
日射計之研製	李兆民	25/04	29	1979.12
氣候變遷的數值模式研究（譯）	戚啓勳	25/04	35	1979.12

# 氣象學報

季刊

第二十五卷 第一期

## 目次

### 論著

多元記錄器及雨量計之設計……………亢玉瑾 胡三奇 蔡木金 (1)

ADAPS 系統之研究與設計……………胡仲英 (9)

臺灣地區降霜之分析研究……………徐晉淮 辛江霖 (25)

### 譯述

雷雨內帶電過程與閃電發生之研究成果……………戚啓勳譯 (35)

# 氣象學報

季刊

第二十五卷 第一期

主編者 中央氣象局氣象學報社  
地址 臺北市公園路六十四號  
電話：三七一三一八一(十線)

發行人 劉大年  
社長 劉大年  
電話：三一一〇八四〇

印刷者 文英印書公司  
地址 臺北市三水街七號  
電話：三〇六四七二四

中華民國六十八年三月出版

# 多元記錄器及雨量計之設計

## *Design of Multi-element Recorder with Rain Gauge*

亢玉瑾\*

胡三奇<sup>△</sup>

蔡木金<sup>△</sup>

*Yu-Chin Kang*

*San-Chi Hu*

*Mu-King Tsay*

### ABSTRACT

This is a continuation project of "Device of probing instrument for atmospheric temperature measurement". The chief purposes of this project are: (1) Improve the recorder of the former project and extend it from one channel to 20 channels. (2) Develop a device to connect rain gauge to the recorder for self-recording. The results are satisfactory and we have now a workable recorder for temperature and rainfall measurements. However, major improvement could also be made and sensors other than the two mentioned above are still to be developed. It is the authors' hope that the instrument could be manufactured very soon as a domestic pioneer for manufacturing precise atmospheric instruments.

### 一、前言

為減少大氣儀器對外依賴，培植國內大氣儀器人才，奠定自製大氣儀器基石，筆者中前後二人及吳清吉先生曾於年前完成「探針式大氣溫度計之研製」(1) (以下簡稱計畫甲)。主要工作為設計氣溫探針及其記錄器。中間迭遭困難，多次改正，俾各部份之效果，尚能差強人意，但須改進之處尚多。為求益臻精密，擴大效果，乃進行本計畫，擬將原記錄器擴展為十二波道之多元記錄器，並設計能與之相接之雨量器，成為能自記之雨量計。連同計畫甲設計之溫度探針，先完成氣溫與雨量二元記錄器，其餘感應器再次第研製增接於餘留波道。故本計畫之重點為一面完成多元記錄器及與其連接之雨量器，一面改正計畫甲之缺點，使設計之儀器，漸趨理想。

### 二、製作原因

#### 一、多元記錄器

多元記錄器係將計畫甲之(一元)記錄器擴充頻道，原計畫擴展為十二波道，實際現已擴展為二十波道，並加以改進，其概要如多元打字記錄器流

程圖(附圖一)，可概分為三主要系統，予以說明。

(一) 時鐘系統 時鐘部不但可經推動部將時間顯示於顯示器，並可分送信號至類比開關控制及打字控制，前者決定類比開關應開啓之波道，以接受欲測記之氣象要素；後者控制打字時序，使打字部依序打出時間及欲測記之數值。茲再詳述如下：

1. 時鐘計數器 時鐘為控制記錄器之樞紐，其作用不僅表示時間，且控制信號來源，其線路結構如附圖二，雖與計畫甲之單波道者大致相同，但輸入脈波已改由 60Hz 之交流電整形而得，而非由晶體控制振盪器所得，線路及所用零件，均已簡化。其輸出線路分別接往：(1)時間顯示部份(附圖三之右方)顯示時間；(2)類比開關控制(附圖四)使類比輸入依序進入類比開關(附圖五)；(3)打字推動、解碼及控制(附圖六)使打字鍵依序動作。

2. 顯示器 顯示器(附圖三)分時間顯示及 A/D 顯示兩部份，可指示時間為某時某分，及 A/D 轉換器之信號。A/D 轉換器之值於整分前一秒(第 59 秒)時輸入信號，並由記憶部記憶，而在整分後立即清除之。因計畫甲已加敘述，故在此僅概括說明。

\* 國立臺灣大學大氣科學系    △ 國立中央大學大氣物理系

### 3. 類比開關控制及類比開關

(1) 類比開關控制 (附圖四) 中 SN7445 (4) 為 BCD—十進位之解碼器，SN7485 為數位比較器 (3)，二組合組為二十進位選擇器以作 20 波道類比信號輸入之選擇。控制信號係由時鐘之“分”BCD 信號輸至 SN7485 (4) 來執行，每一分可使  $C_1$  至  $C_{20}$  中之一個控制端由低位變高位，每 20 分鐘循環一次。目前第一波道接氣溫感應器。

(2) 類比開關 類比開關 (附圖五) 共有 20 個線端 ( $A_1-A_{20}$ ) 可接感應器，當接類比開關之 20 個控制端 ( $C_1-C_{20}$ ) 某一個為高位時，其同號碼之  $A_x$  ( $x$  為 1-20 中一個數目) 線路則與  $x$  相通 (6)，其餘均不通，而接受某一氣象要素之信號，輸往 A/D 轉換器 (附圖六)。

4. 打字推動解碼及控制 打字推動、解碼及控制 (附圖六) 尚包括記憶，係由 SN7475 將時鐘、雨量及 A/D 轉換器之 BCD 信號暫時予以記憶。SN74150 (4) 為多功選擇器 (Selectors/Multiplexers)，可選擇 16 個輸入端 (1-8 及 16-23 接脚) 之一與第 10 脚接通而輸送至 SN74154。SN74154 為 4/16 線解碼器 (4)，可依 BCD 之信號方式選擇 1-17 脚 (12 脚除外共 16 線) 中一個線路動作。SN74184 (3) 為打字控制線路，由  $As_1-Cs_1$  之數位信號控制打字順序，每秒鐘可打一字；照圖中 BCD 與 SN7475 之現接順序，則打字順序如下表：

打字順序表

時 間		雨 量	A/D	清除鍵
時	分			
十位個位	十位個位	十位個位	千位百位十位個位±	C

當 SN7407 之  $DS_2$  變高位時，整個線路停止動作，等另一分鐘開始時，打字控制始使其再行動作，由圖中之  $SW_0-SW_1$  接至打字系統，該項系統見計畫甲之圖十一，即可使整個系統打出記錄。

(二) 記錄系統 測得之氣象要素為類比輸入，均可按需要與類比開關之  $A_1-A_{20}$  分別相接。於類比開關可通入時，經過開關進入類比一位數 (A/D) 轉換器 (附圖七) 之 V input。

1. 類比—數位轉換器 A/D 轉換器為記錄系統之重要部份，因計畫甲所採用之  $\mu A741$  系統

長期使用其漂移電位易於變動，故改用美國 Siliconix 電子公司之 LD 系統，其穩定度甚高，輸入電壓少於 2 伏特時，誤差僅為 0.05% (2)。因此凡小於 2 伏特之類比輸入，均可準確地換為數位信號，其解離度為 1.000Hz/V。圖中 LD110/LD111 組成 A/D 轉換之中心， $\mu A741$  (3) 構成基準電壓，NE555 (5) 為脈沖產生器，其產生之 30K Hz 頻率乃作動態掃描之用。因為本式轉換器之顯示屬於動態掃描系統，故不能將 BCD 信號送至打字記錄器，而需將動態掃描轉換為並聯輸出，圖中之 SN7475 (4) 系即具有此項功能，可使 A/D 轉換器之千、百、十、個位之 BCD 同步出現。

進入 A/D 轉換器 V input 之類比信號經該器轉換為數位信號及上節所述作用後即可一面在顯示器 (圖三) 顯示其數值，一面在打字部 (圖六) 打出數值記錄。

(三) 動力系統 本儀器所需動力由電源供應器供應 (參閱圖一)，係使用 110 V 市電將之變壓為 +24V、±12V (計畫甲為 ±15V) 與 +5V 直流電，以供各部份分別應用。

### 二、雨量轉換器

雨量感應器採用傾斗式，本擬設計製作，但經洽詢製作數個亦須鑄模，所費過鉅。將來大量製造，則可將鑄模費用，由多數儀器分擔，尚屬可行。故乃利用現有雨量器，將之接至雨量轉換器 (附圖八)。傾斗式雨量器，係計算傾斗傾倒雨水次數，故不必經過 A/D 轉換器而直接以數位記錄之。雨量計數器由 SN7490 十進計數器構成二位計數器 (4)，每分鐘最高可以計算 99 次，每次代表雨量 0.5 公厘。在另一分鐘開始前，由  $Cs_2$  來之信號自動清除計數器。雨量計數器之輸入端為一接觸開關，傾斗傾倒一次，即可輸入一個脈衝，其 BCD 輸出直接送至打字記錄推動部 (圖六) 記錄傾倒次數。該項次數尚須乘以 0.5 始能獲降水之公厘數。惟以後略加修改，即可逕記雨量。目前係每分鐘記錄雨量一次。其數值並未顯示於顯示器。

此外，並將計畫甲之溫度探測系統接入類比開關之第一波道，此亦為目前接入類比開關之唯一輸入，其餘將次第設計感應器接入。因有 20 個波道，故 20 分鐘循環一次。當時間為正點 (60 分)、20 分及 40 分鐘時，溫度波道接通。故在該時，記錄器打出之記錄，先為某時某分，繼為傾斗傾倒雨水次數，再則為氣溫，最後清除。其餘整分時，亦



依次打出時間與傾斗傾倒次數及相應波道之 A/D 信號，再清除之。若其餘波道未接感應器，則須將輸入端接地，該波道打出數字為零。

### 三、儀器校驗

儀器校驗分為部份校驗及整體校驗，茲分述如下：

一、部份校驗 此項校驗係於每一部份完成後加以校驗，除計畫甲中未經改動者不予校驗外，計有下列各項：

(一) A/D轉換器—顯示器 將 A/D 轉換器與顯示器接通，接一可變電源至圖七 V. input 處，並用數位電表測定輸入電壓，則顯示器顯示相當之數字，調整附圖七之  $V_{p2}$  電位器及可變電容 C，使電源與顯示數字呈線性。最後得到之離解度為  $1,000\text{Hz/V}$ ，誤差為  $0.05\%—0.10\%(2)$ 。

(二) 類比開關 將圖五中之  $A_2—A_{20}$  接地，僅留  $A_1$  接電壓 0.5 伏特，同時  $C_2—C_{20}$  亦接地，而留  $C_1$  接 3 伏特電壓，則 x 端可測得為 0.5 伏特。若變動  $A_1$  之輸入電壓，x 端之電壓，亦作相應變動。若將  $C_1$  接地，則 x 端之電位變為零。其他  $A_2—A_{20}$  亦作同樣校驗，情況正常。

二、整體校驗 整個線路完成裝配後，將計畫甲完成之溫度感應器接於第一波道；雨量感應器接於數位波道輸入端，接上電源供應器，並倒水入雨量器，察看顯示器所示之時間及溫度，並檢視記錄紙帶上打出之時間、雨量及溫度數值，結果良好。整個儀器之操作情況正常。

### 四、儀器形貌

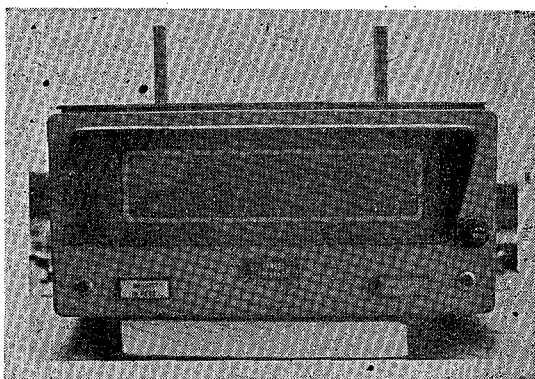
本計畫之記錄器外貌可概分為二大部份。一為在臺灣購買之計算機打字機(如照片一)，記錄即在其後方紙條中打出。其餘各部分另裝於  $30 \times 30 \times 14\text{cm}$  長方形儀器箱中，箱前有長方形小窗(如照片二)，顯示器之時間及 A/D 數值即在該處顯露。箱後外露者為二十根波道端線(如照片三)，亦即接各感應器之線端。本計畫之儀器已較計畫甲者為緊湊。將來把打字部份依需要簡化後，更可併裝入同一箱中，使本儀更為美觀與實用。

### 五、探討與展望

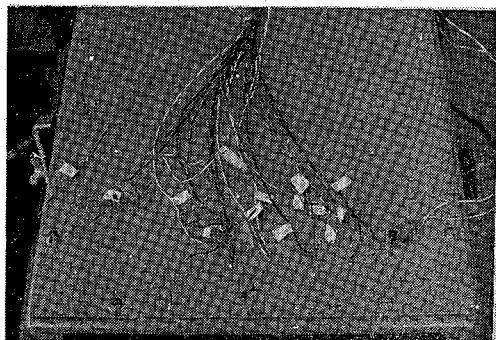
一、檢討 本計畫之主要目標為能自製大氣儀器。此項儀器必須具有應用價值，即除可用之外，尚須價格低廉。但在執行本計畫時，所購零件均為



照片一、計算機打字機



照片二、多元錄記器



照片三、多元記錄器的二十根波道端線

數甚少，故價格難望低廉，惟既使處此劣勢下，所需製造成本，已較舶來品低廉不只一半，將來如能大量製造，且有自行設計之積體電路，則儀器之成本必能減低，體積將更縮小，此外並可減少故障，易於修護。

本項計畫之 A/D 轉換器由 LD 系統構成，精密度高、穩定度大。時鐘部份線路，目前已有 LSI 可用，以減少拼裝。但因本儀器有 BCD 信號，而適合本儀器使用之 IC，目前不易購到，故仍用

分體式時鐘線路。此外本儀器雖已擴展為 20 個波道，但仍可依需要增減，此亦自製儀器之優點，可隨需要而設計製造。

此外，本儀器現有時鐘與雨量兩個數位波道，因類比 / 數位波道混在一起，控制比較困難，將來可僅留時鐘為數位波道，不但可簡化線路，降低成本，且可使儀器效果，更為優良。

再者傾斗式雨量器之準確性並非甚佳(7)，仍可設計改進。

總之，目前記錄器部份，可謂結果尚佳，但仍可稍加改進，感應器則須全力研究，以與之配合使用。

二、展望 經過前後二年之摸索，與有關專家之協助，自製大氣儀器，可謂已路基粗奠。但仍應致力之處尚多。最屬迫切者，即為各項感應器之設計或改裝，此項工作將逐漸完成之。展望將來，似應對記錄器更加擴展，可利用微處理機將記錄錄於磁帶，使記錄能逕由電子處理，不但可爭取時效，且能節省大量人力。

## 六、建 議

本計畫能否發揮其應用效果，除儀器之設計試作外，更重要者為儀器之製造。但在需用者有限銷路無把握之情況下，商人製造興趣極微，故必須由使用單位於鑑定本儀器性能認為可用後，依其需要委託製造，亦即以低於外購價格加以扶植，以使製作之設備及條件逐漸建立，將來若有廠商樂於製造，亦可轉移。目的在節省外匯，增加國內大氣儀器製造能力。至於其利潤之在公在私，均屬增加國內財富，固不必斤斤加以計較也。

作者等亦曾與使用單位交換意見，反應尚佳，甚盼能在各方支持下，以竟全功。

## 七、結 語

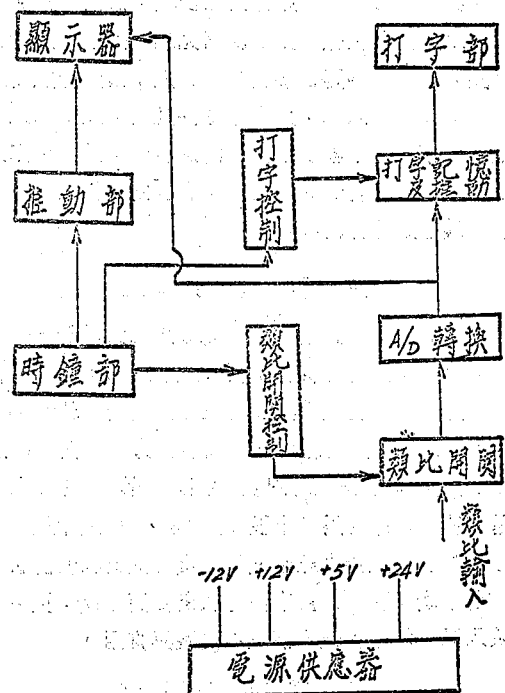
本計畫係擴大單波道記錄器為 20 波道之多元記錄器，經前後二年之時間與不斷之努力，記錄器部份可謂已發展至可用階段。今後應注意發展與其相接之感應器，並促成早日製造，以達成其應用效果。

## 八、謝 誌

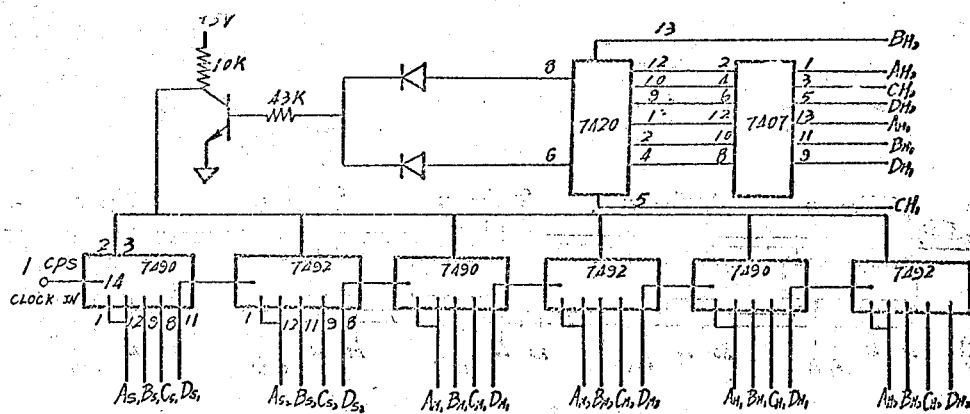
本計畫係由國家科學委員會資助完成，計畫編號「NSC-66 M-0202-01(05)」。此外林雲龍先生與沈孝基先生多方協助，使計畫得以順利完成，特申謝意。

## 九、參 考 文 獻

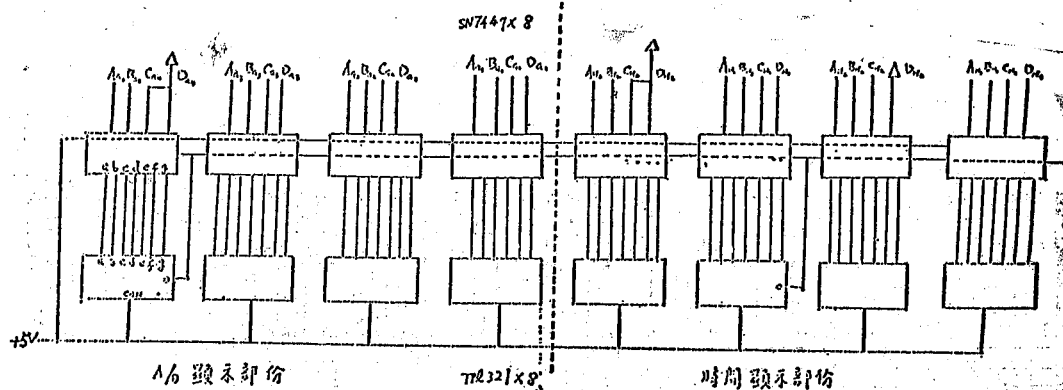
1. 亢玉瑾、蔡木金、吳清吉，1978：探針式大氣溫度計之研製，臺大大氣科學系，研究報告第二期。
2. Siniconix Incorporated, 1975, *IC Applications*
3. Fairchild Semiconductor Incorporated, 1973 *The Linear Integrated Circuit Data Catalog*.
4. Texas Instrument Incorporated, 1973 *The TTL Data Book for Design Engineers*
5. RCA, 1974. *COS/MOS Integrated Circuit*
6. RCA, 1974. *Linear Integrated Circuit*
7. 周根泉，1976：雨量收集之研究與分析，臺大大氣科學系研究報告第一期。



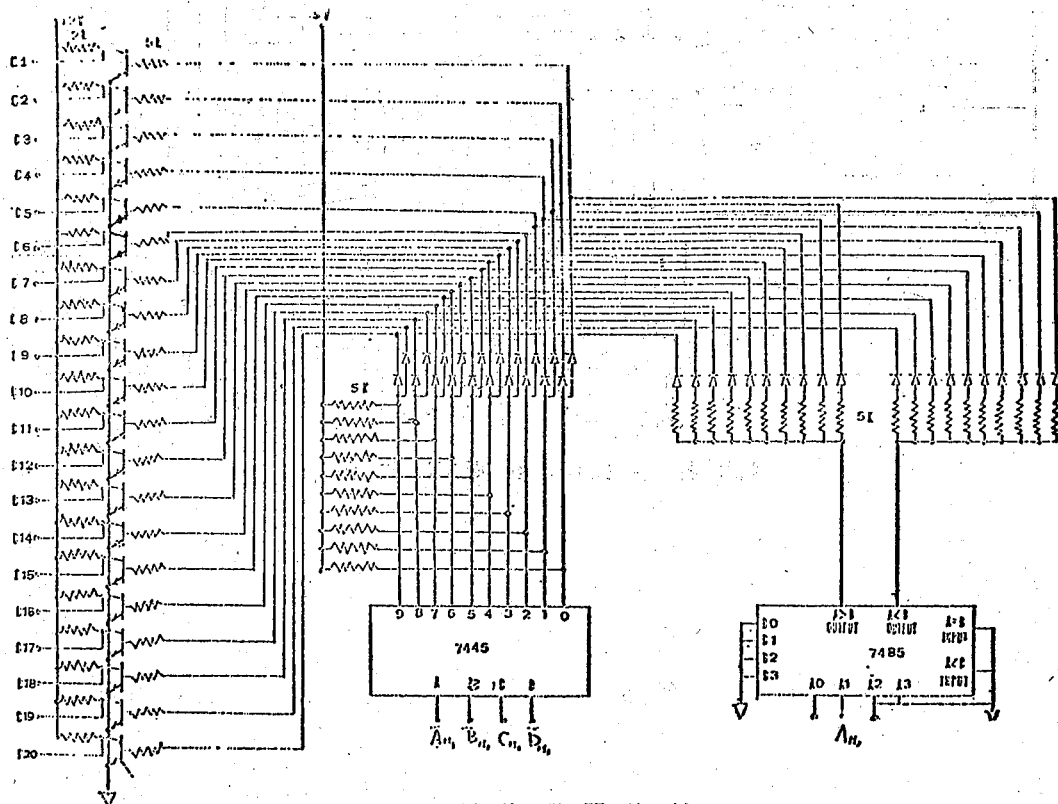
圖一 多元打字記錄器流程圖



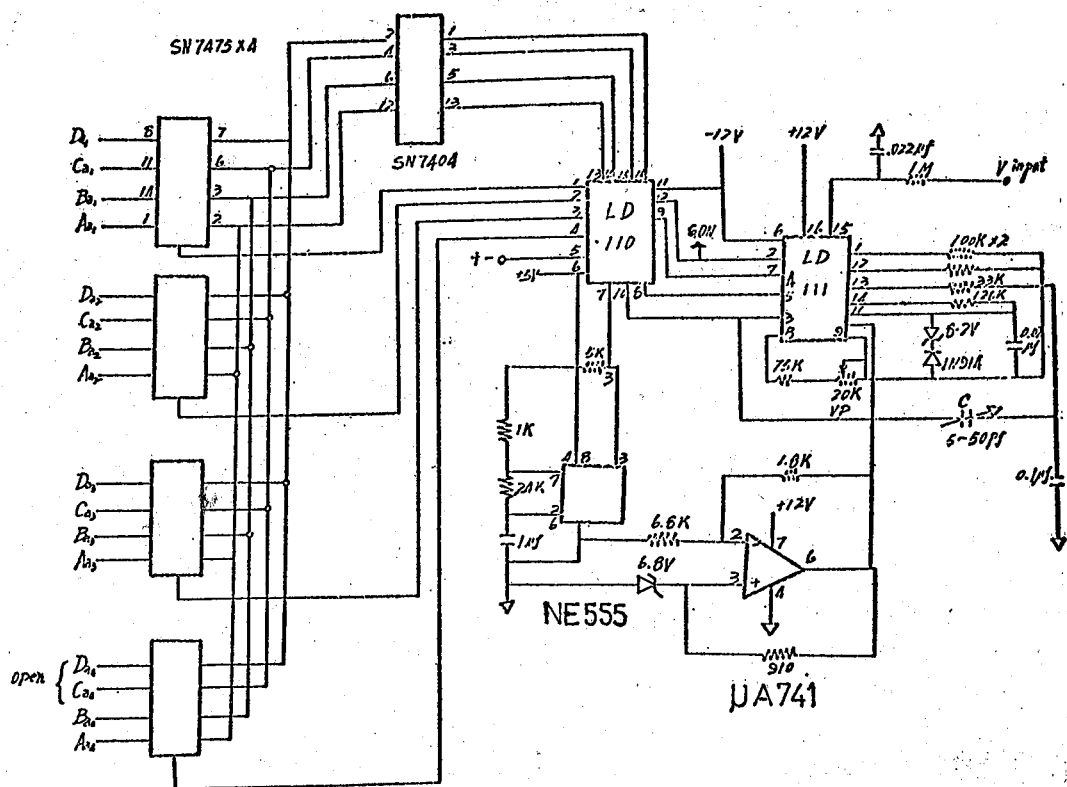
圖二 時 鐘 計 數 器



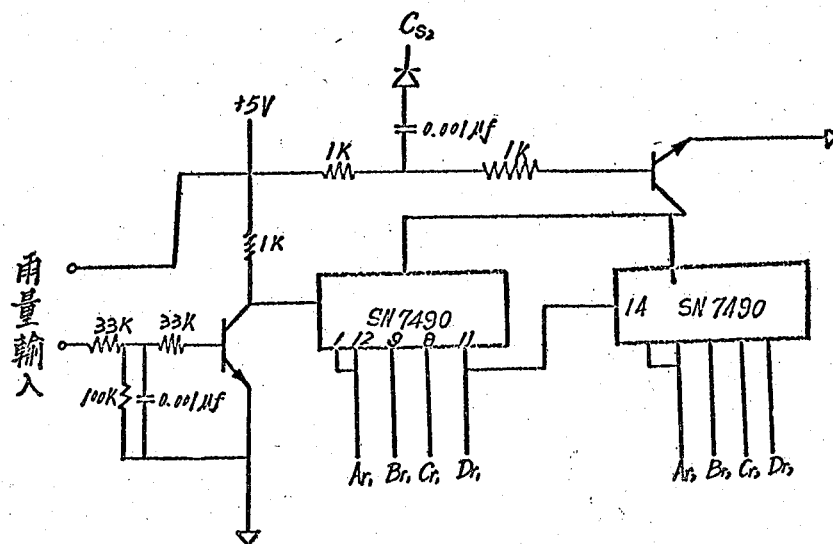
圖三 顯示器







圖七 類比 / 數位 (A/D) 轉換器



圖八 雨量轉換器

## 氣象學報補充稿約

一、來稿須用稿紙（以 $25 \times 24$ 之稿紙為原則）。

二、來稿字數以不超過 15,000 字，即連同圖、表、英文摘要以不超過 10 印刷頁為原則。

三、圖及表之分量以不超過全文之 $1/3$ 為原則。

四、英文摘要之字數以不超過 1,000 字為原則。

五、關於表格之注意點：

(一) 表格須另用白紙繕製。

(二) 表格上方須有標題，並加表 1 表 2 等冠號。

(三) 表格中之項目，內容應儘量簡化。表中不重要之項目或可用文字說明者應儘量避免列入表中。

(四) 能以文字說明之小表，請採用文字說明。

(五) 原始記錄應加分析簡化後始可列入表中。

(六) 統計分析表中顯著處，以 \* 號（顯著）及 \*\* 號（極顯著）表之。

(七) 表幅應考慮適合本刊版幅為準。（寬度勿超過 13.5cm）。

(八) 表之標題應能表示內容。

六、關於插圖之規定：

(一) 插圖應另貼於大張白紙上，註明作者及文題。

(二) 插圖下方須有標題，並加圖 1 圖 2 等冠號。

(三) 統計圖、模式圖及分佈圖一律採用 120—150 磅道林紙，以黑墨水繪製清楚。

(四) 統計圖原圖幅面應在 12—15cm，以便縮版。

(五) 模式圖原圖幅面應在 15—20cm，以便縮版。

(六) 分佈圖原圖幅面應在 30cm 左右，以便縮版。

(七) 繪製線條粗細應能供縮小至  $1/8$  之程度，但不能超過縮小  $1/2$  之程度。

(八) 數字應正寫清楚，字之大小粗細應一律，至少能供縮至  $1/8$  之程度。

(九) 已列表中之內容，勿再重複以插圖表示。

(十) 圖之標題應能表示內容。

七、關於照片之規定：

(一) 照片用紙一律採用黑白光面紙。

(二) 照片幅面應在 12—15cm，以便縮版。

(三) 照片應充分沖洗清楚，須考慮縮小至  $1/2$  時尚能清楚之程度。

(四) 照片如有特別指明點應加圈或箭頭表明。

八、文稿過長，或圖表過多過大時，投稿人得自行負擔印刷費。

九、關於參考文獻之規定：

(一) 參考文獻以經本人確曾查閱者為限，如係來自轉載之其他書刊時，須加註明。

(二) 作者姓名以後為發行年份，加以括號，然後為雜誌或書名、卷期數及頁數。（頁數必須註明）。

(三) 文字敘述中述及參考文獻時，根據文獻之號數，用斜體阿剌伯字，加以括號，如 (1) (2) (3) 等插入文中。

十、文字敘述之號次以下列為序。

中文用：一、(一) 1. (1) i. (i)

英文用：I. 1. A. a.

十一、每頁下端之腳註以小號 1, 2, 3, 等阿拉伯字表之註明於該段文字之右上角。

十二、文字敘述中之數字除十以下之數字，儘量用阿拉伯字表之。

十三、單位須用公制。單位記號例如以 m (公尺)、cm (公分)、mm (公厘)、 $m^2$  (平方公尺)、 $m^3$  (立方公尺)、cc (立方公分)、l (立升)、g (公分)、kg (公斤)、mg (公厘)、 $^{\circ}C$  (攝氏度)、% (百分之一)、ppm (百萬分之一份) 等表之，可不必另用中文。

十四、英文題目中重要之字第一字母大寫，介題詞、連接詞及不重要字用小寫。圖表之英文標系及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，其餘第一字母均小寫。參考文獻中作者姓名每字全部字母均大寫，論文名第一字第一字母大寫，其餘均小寫，雜誌名或書名每字第一字母均大寫。

十五、作者英文名以用全名為原則，名在前，姓在後。

十六、其他未盡善事項得隨時修正之。

## ADAPS\* 統系之研究與設計

*The Design of ADAPS for Real-time Meteorological Data*

胡 仲 英

Chung - Ying Hu

## ABSTRACT

Weather forecast is based mainly on real-time observation data. In order to improve the time effectiveness, accuracy and completion of the real-time observation data, we design an Automatic Data Acquisition and Processing System through the technique of database. By using of a mini-computer, this system automatically acquires the real-time data via all international and domestic teletype lines and stores the raw codes into Line File which is in computer disk. We process those raw data by decoding and checking programs and sort the output of checking program into Data File which is also in computer disk. Data File is to be applied for inquiry, plotting and the initial values of the Numerical Weather Prediction. Finally, we backup the Line File and Data File into magnetic tapes systematically for future use.

## 一、前 言

吾人預報大氣的運動與變化，主要係依據完整且正確的即時氣象觀測資料，如何迅速有效地處理與應用數量龐大的即時氣象資料，成為天氣預報成敗的關鍵。美國國家氣象中心 (NMC) 自 1958 年即開始以電子計算機作業，1974 年應用 IBM 360/40 型電子計算自動接收一百條以上的全球氣象通信電路 (Global Telecommunication System 簡稱 GTS)，其中五條與各世界氣象資料中心連接，可接收高速資料，其餘線路為低速印字電報電路 (TTY)，各種資料首先進入磁碟暫存，在固定時間由另一具 IBM 360/40 型機自磁碟內提取資料，予以整理、譯碼、審核，然後應用資料庫 (Data Base) 的技術，建立即時氣象資料檔，各有關單位可利用終端顯示器 (Terminal CRT) 自資料檔內查詢或提取所需的氣象資料。在定時 (Cut-off time) 並將部分資料送至另一具 IBM 360/195 超大型電子計算機 (Bedient,

1975) 經過客觀分析及初值化處理，然後作數值模式預報。最後將所有氣象資料存檔，供作氣候統計及建立氣候資料庫。日本氣象廳 (JMA) 係於 1969 年建立氣象資料自動編輯中繼裝置 (Automatic Data Editing and Switching System, Tomatsu 等, 1969)，應用 TOSBAC-5400 型及 DN-340 型電子計算機作氣象資料的蒐集與處理，另與 HITAC 8800/8700 大型電子計算機連線作數值模式預報。

吾國中央氣象局與空軍氣象中心兩個氣象實作單位每日接收世界各地氣象報告，計地面報告六千多站次，共有五萬多組電碼，高空報告九百多站次，共有四萬多組電碼，由於氣象電碼數量過於龐大，該兩個單位利用傳統人力方式及現有設備無法予以全部抄錄，更談不上對每一測站資料加以處理應用，對於現行預報作業的準確性與時效性影響至大。而且由於電碼係以電報紙形式印出，受空間限制所有電報紙僅保留三個月即予銷毀，三個月後如

\* 註：ADAPS 全名為 Automatic Data Acquisition and Processing System, 中文命名為「即時氣象資料自動蒐集與處理系統」。

對某一個案 (Case) 加以研討時，此等原始資料已無法獲得，即使取得三個月內資料，應用也極為困難。

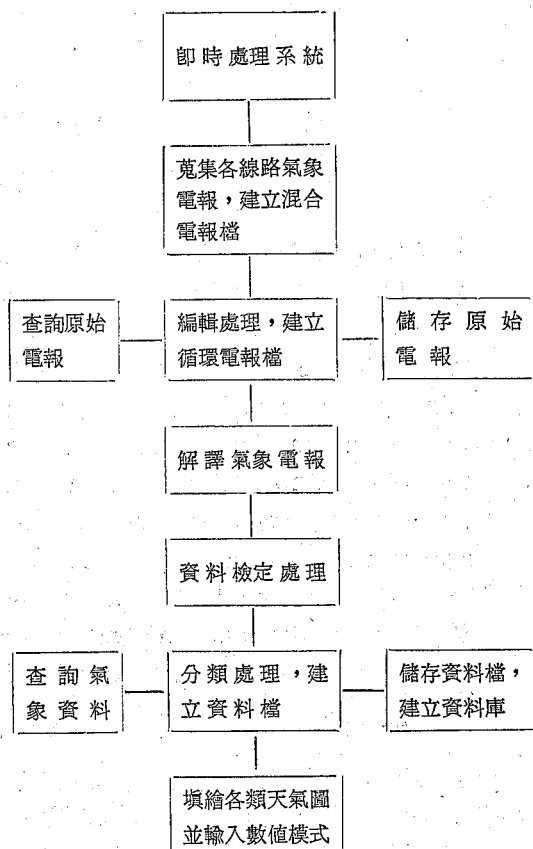
本研究的目的是在於如何完整地蒐集即時氣象觀測資料，如何迅速、正確地處理與有效的應用這些資料及如何有系統地保存這些寶貴資料。

本文所討論的即時氣象資料自動蒐集與處理系統 (Automatic Data Acquisition and Processing System, 簡稱 ADAPS) 係利用小型電子計算機二十四小時隨時蒐集國內外所有印字線路的氣象電報，當一有電報訊號立即啟動收報程式 (Receiving program)，將每個收到的電報字 (Character) 均另加一個收報線編號 (Line number) 而組成一個字元 (Word)，由中央處理機 (CPU) 送至磁碟內的混合電報檔 (Mixed File) 暫存，在混合電報檔存滿前，自動叫出另一編輯作業程式 (Editing program)，此程式將混合電報檔作第一級分類處理 (First-order Sorting)，本研究初步應用資料庫的技術 (Date, 1975)，利用相關資料模型 (Relational Data Model, Liou, 1977) 建立一循環電報檔 (Cyclic Line File)，每條電報線均有銜接點 (Link) 相連，此銜接點可供電報查詢 (Inquiry) 及存檔 (Backup) 應用。

氣象電報要作進一步的應用，必須經過解碼與檢定處理，解碼係依電報類別及格式分別用不同的副程式處理，檢定處理則考慮垂直、水平及時序四度空間檢定 (4-Dimensional Checking)，務期使氣象資料保持正確。所有經過解碼、檢定處理的資料依照時間、站號及資料類別等條件作第二級分類 (Second-order Sorting)，然後寫至氣象資料檔 (Data file)，資料檔的設計可過濾掉大量重複氣象資料並使氣象資料作最有效率的應用。存檔作業將逐日原始天氣電碼及處理過的氣象資料檔分別存錄於磁帶，供日後研究分析應用。此外，本研究考慮到電子計算機故障或檢修期間會嚴重影響即時資料處理作業，特別設計支援作業系統，在電子計算機故障或檢修時，立即切換 (Switch) 到另一套電子計算機繼續作業，使即時氣象資料保持完整。

ADAPS 系統作業流程參見圖一。本文分節說明電子計算機系統設計、資料來源與接收過程、電報檔的設計、解碼與檢定處理、資料檔的設計、

資料的查詢與存檔，並在附錄內詳細說明電子計算機硬體規格、各印字電路蒐集氣象資料內容及各種檢定資料的方法。



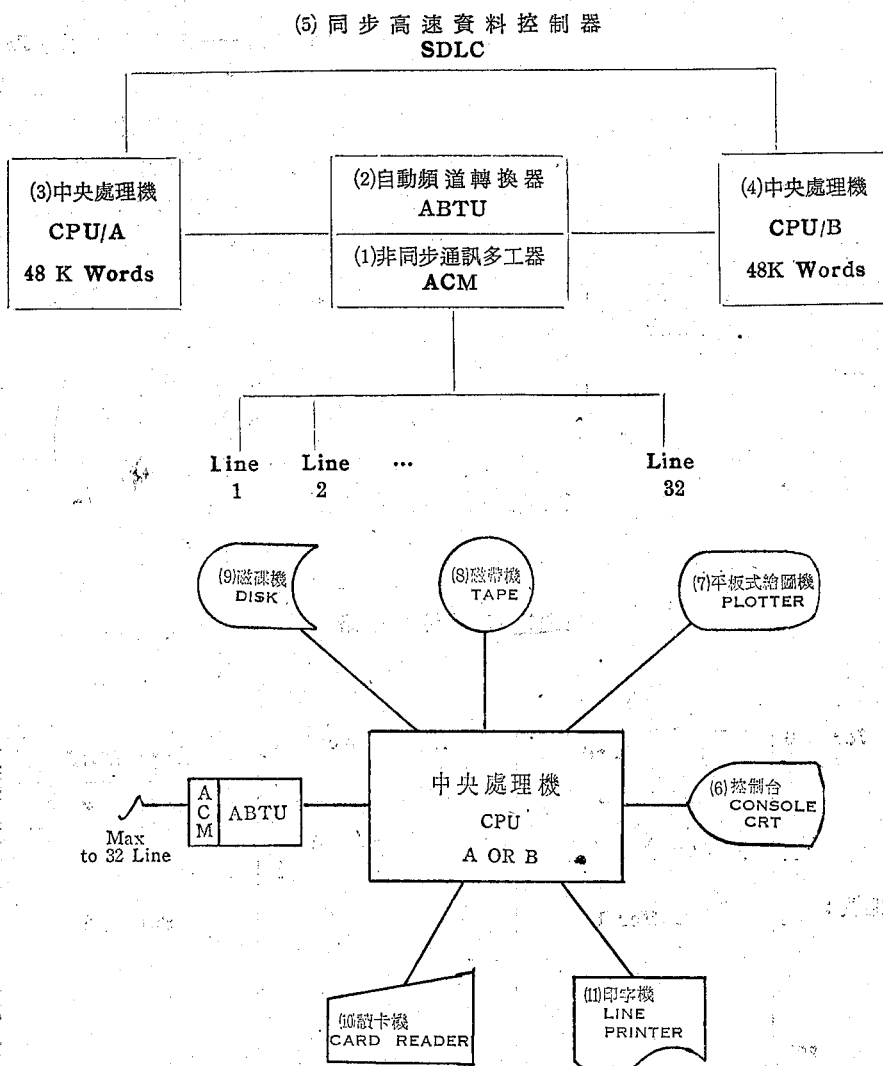
圖一、ADAPS 系統作業流程

## 二、電子計算機系統設計

由於氣象資料的自動蒐集與處理均為即時作業，所以配合本系統的電子計算機須具有下述特性 (楊, 1976)：

- (1)輸入裝置特性：全球各地氣象資料晝夜不停廣播，所以計算機須具有即時處理系統 (Real-time Operating System)，隨時接收輸入的氣象資料作適當的處理。
- (2)輸出裝置特性：大量的氣象資料在處理過程中需暫存於磁碟，處理過後則永久保存於磁帶，所以磁帶機與磁碟機是本系統不可或缺的周邊裝置。此外，大氣的狀態多以各種圖形表示，因此性能優越的平板式大型繪圖機亦為必須。
- (3)作業時效性：氣象電碼蒐集完整後，須在最短時間內完成填圖、分析、繪圖及數值模式預報，方能





圖二 ADAPS 系統硬體設備配置圖

及時提供預報作業參考，故本系統所需的電子計算機必須具備高速度計算能力。

(4)高度的可信度 (Reliability)，氣象作業關係國計民生，不可一日停止，因此配合氣象作業的電子計算機須具有高度的可信度，為萬全考慮可設計另一套備用系統，當作業的電子計算機發生故障可立即切換到備用系統，避免因機器故障而影響正常氣象作業。

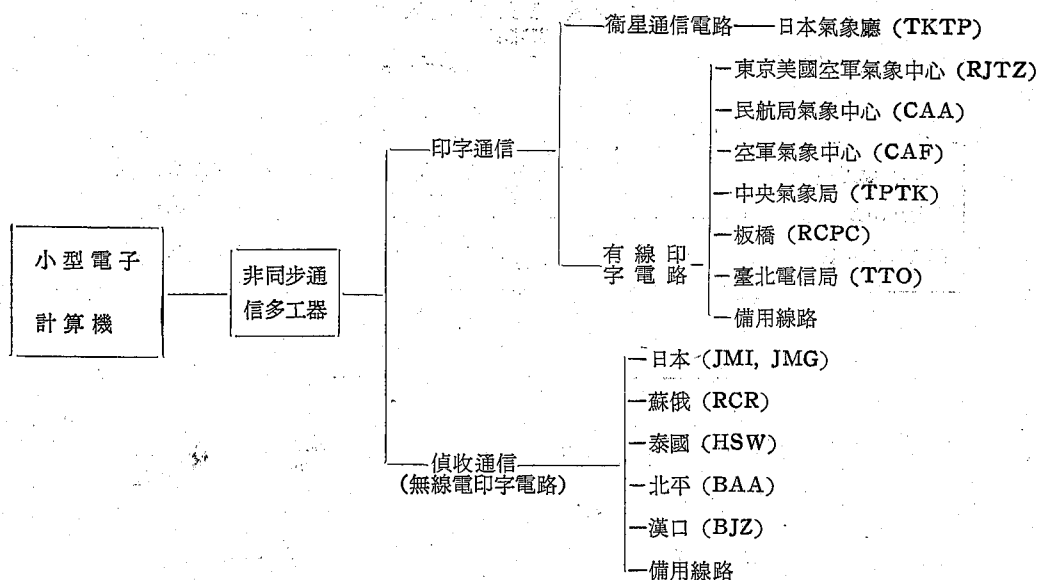
(5)中央處理機的可擴充性：考慮未來作業量的迅速增加，數值模式發展愈來愈複雜，因此未來中央處理機的需求必定愈來愈大，所以可擴性成為電子計算機系統考慮的因素之一。

近年來，鑑於小型電子計算機 (Mini-

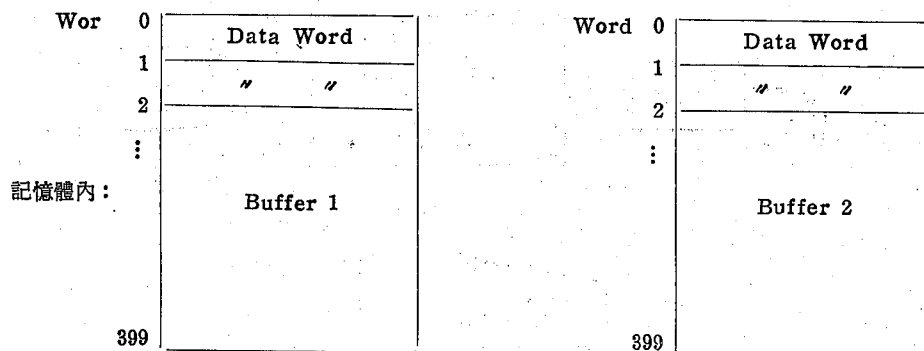
computer) 被各行各業廣泛地使用，其功能 (Function) 與可信度均足敷上述五點氣象作業要求，而且價格低廉，操作簡便，易為經費不充裕、人員不足的氣象業務單位接受，ADAPS系統即應用一套小型電子計算機作為即時氣象資料自動蒐集與處理的硬體裝置，參見圖二，各單元功能的詳細說明參見附錄 A。

### 三、資料來源與蒐集過程

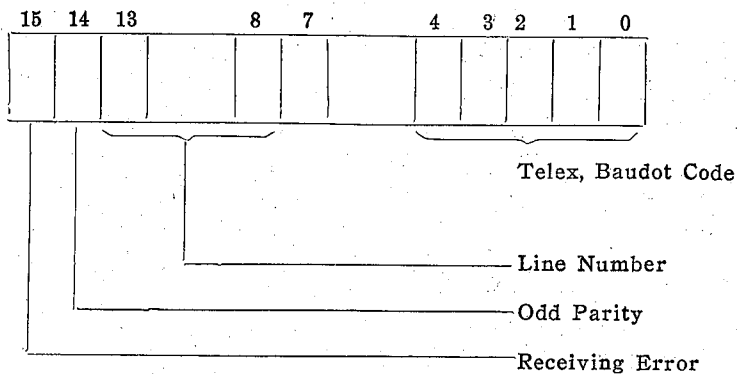
ADAPS 系統利用非同步通訊多工器 (ACM)，將中央氣象局現有 12 條印字通信與偵收通信的氣象電路直接接入小型電子計算機，資料蒐集線路如圖三。



圖三 氣象資料蒐集線路



Data Word:



圖四 Data Buffer 的結構設計

各印字電路可分別蒐集本島、東亞及北半球等不同區域的地面、高空、船舶、雷達、飛機、衛星等各類氣象電報。此外，本研究同時利用空軍氣象中心六部氣象電報機直接偵收北平、瀋陽、漢口、合肥、蘭州、成都等六處氣象廣播，空軍氣象中心將氣象廣播抄收後，另以備用專線將資料逕送本系統的中央處理機。

各印字電路所蒐集電報的詳細內容參見附錄B。

所有氣象電報均由印字電報線路進入小型電子計算機，其格式為 Baudot Code，即由1個 Start Bit，5個 Data Bit 及 1.5 個 Stop Bit 組成一個數字或文字，其傳送速度目前有三種：45.5, 50 及 75 Baud (1 Baud=1 Bit/sec)，當非同步通訊多工器接收到一個通訊信號，立即啟動即時作業的收報程式，收報程式將每個收到的電

報字均另加一個電報線編號組成一個字元。如印字線路電流不足或電訊被干擾，則令該字元第 15 個 Bit 為 1。每個字元先暫存於記憶體 (Core) 內的 Data Buffer，當 Data Buffer 存滿時立即啟動另一個即時作業的儲存程式，將存滿的 Data Buffer 一次寫至磁碟內的混合電報檔，同時另一個 Data Buffer 會立即繼續儲存字元，兩個 Data Buffer 各佔一個 Sector (400 字元)，其結構參見圖四。

儲存程式將 Data Buffer 及系統時間 (System Slow Time) 同時寫至混合電報檔，混合電報檔共有 256 個 sector，其結構參見圖五。此外儲存程式並計算每條印字電路收到字元總數及錯誤字元數目，隨時可由控制臺顯示各印字電報線路作業情況是否正常。

		Word				
		0	1	2	...	399
Sector	0	Slow Time	Data Word			Data Word
	1	Slow Time	Data Word			Data Word
	2					
磁碟內：	:					
	255					

圖五 混合電報檔的結構設計

#### 四、電報檔的設計

混合電報檔大約三十分鐘即被存滿，在存滿前自動啟動另一即時作業程式——編輯程式，編輯程式將印字電報的 Baudot Code 經過一個轉換表 (Conversion Table) 轉換成電子計算機適用的 ASCII Code (American Standard Code)，並將混合電報檔的每一字元依照印字線編號作第一級分類，然後分別寫至各印字編號線的線檔 (Line Buffer)，每一線檔各佔記憶體內 400 個字元，當線檔被存滿時，立即將印字線編號、線檔存滿時間、銜接點 (Link) 及線檔內容再一併寫至磁碟上的電報檔 (Line File)，如此利用記憶體內暫存線檔的設計可大量減少磁碟的輸入輸出 (Input/Output) 次數，提高電子計算機作業效率。電報檔的結構係參考資料庫相關資料模型所設計，參見

圖六。首先在計算機記憶體內預留 32 個字元，每個字元依序指示各印字電報線，在電報檔內的起始 Sector 序號，利用此 Pointers 吾人可迅速找到磁碟內電報檔的各印字線電報，電報檔佔磁碟內 2304 個 Sector，約可儲存所有印字線路 24 小時的電報，當電報檔存滿時，可回頭循環 (Cyclic) 使用，此時 Core 內的 Pointers 也隨之更新 (Update)，電報檔內每一個 Sector 為 400 個字元，前四個字元分別為印字線路編號，寫至電報檔時間及此 Sector 的上、下銜接 Sector 序號，其餘為 396 個電報字。吾人視電報檔內每一個 Sector 為資料庫的一筆資料 (entity)，每筆資料以銜接點來表示其相關性與連續性。以圖六舉例而言：印字線 0 號在 1200 時間存滿 Core 內線檔，並寫至電報檔內第 0 個 Sector，下一次第 0 號印

Word	0	1	2	31
	BS <sub>0</sub>	BS <sub>1</sub>	BS <sub>2</sub>	BS <sub>31</sub>
記憶體內：	0	2	1	

BS<sub>i</sub>為第 i 號印字線在電報檔內起始 Sector 的序號。

	Line No.	Rece Time	From	To	Data Word
Sector 0	0	1200	0	3	396 DATA
1	2	1214	1	5	"
2	1	1223	2	4	"
磁碟內： 3	0	1230	0	6	"
4	1	1237	2	15	"
5	2	1255	1	12	"
6	0	1259	3	20	"

Line No. : 指示此一 Sector 的印字線編號

Rece Time : 寫至電報檔的系統時間

From : 銜接點，指示此一 Sector 其上接點的 Sector 序號。

To : 銜接點，指示此一 Sector 其下接點的 Sector 序號。

Data Word : 各印字線路的電報字 (ASCII CODE)

圖六 電報檔的結構設計

字線係在 1230 時間寫至電報檔內第 3 個 Sector，再下一次則係 1259 時間寫至電報檔第 6 個 Sector，至於印字線第 1 號係在 1223 時間存滿 Core 內的線檔並寫至電報檔第 2 個 Sector，然後在 1237 時間寫至電報檔第 4 個 Sector；印字線第 2 號係在 1214 時間存滿 Core 內線檔並寫至電報檔第 1 個 Sector，然後在 1255 時間寫至第 5 個 Sector，以此類推。

本研究設計的電報檔資料模型具有下列優點：

(1) 增加新的資料最容易 (Easy of Incremental Growth)，如換大型磁碟機即可儲存更多的印字電報，而不需修改資料模型。

(2) 資料取用方便 (Convenience of Access)，利用電報檔的銜接點 (From/To, Data Stream Linkages) 及磁碟的任意抓取 (Random

Access) 特性，吾人可以迅速查詢或取用各印字電報線資料。

(3) 節省空間，採用循環電報檔不必畫分每條印字電報固定磁碟空間，可節省磁碟儲存空間。

(4) 各印字電報線可任意交換位置 (Address)，而不必修改系統程式。

此外，電報檔資料的銜接關係如遭意外破壞，則可由程式處理重新組合電報檔。

## 五、解碼與檢定處理

電報檔內儲存的原始電報，需經過譯碼 (Decoding) 過程始能成為有用的氣象資料。由於氣象電碼種類繁多，包括陸上電碼 (MMXX)、船舶電碼 (NNXX)、無線電探空電碼 (TTAA)、雷達探空電碼 (FFAA)、高空風電碼 (PPAA)、飛機偵察電碼 (RECO)、一般警報電碼 (WARNING) 及颱風警報電碼 (TYPHOON WARNING) 等等，每一類電碼均需一副程式 (Subroutine) 來特別處理，再者由於原始電碼的編排錯誤，電訊接收或無線電干擾等因素，更增加解碼程式的複雜性。

電碼經過解譯後得到地面及各層等壓面上的氣象資料，這些資料可能由於電訊傳遞、探空儀器結冰或人為因素造成錯誤，所以在分析氣象資料前，須先將所有高空氣象資料作下述垂直檢定處理：(胡，1977)

- (1) 統計檢定 (Statistical Check)
- (2) 儀器結冰檢定 (Instrument-icing Check)
- (3) 流體靜力檢定 (Hydrostatic Check)
- (4) 靜力穩定度檢定 (Static Stability Check)
- (5) 漏失資料的補充 (Missing data Supplement)

經過上述垂直檢定處理\*，吾人得到垂直一致性 (Vertical Consistency) 的高空氣象資料。接著，吾人對同一層次的高空資料作水平檢定 (Horizontal Check) 及時序檢定 (Time Sequence Check)，務期使每一個高空資料具備四度空間的合理性與一致性。各項檢定設計參見附錄 C。

\* 註：(1)至(5)項高空資料檢定均為靜力 (Static)，臺灣大學陳泰然博士建議增加考慮動力 (Dynamic) 檢定，諸如地轉風假設檢定與熱力風假設檢定等，可作進一步研究。

高空資料檢定處理後輸出為一個 Record (佔 10 個字元)，其設計如下：

Word:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	時日	報	區或	站或	氣	高	溫	溫露	風	風
	間期	別	緯	經	壓	度	度	點	向	速
			號	號				差		

第 0 字元為日期乘 100 加時間的 Pack 值，第 1 字元指示電報類別，每類電報均以兩位數字來表示，例如 MMXX 為 01，TTAA 為 02 等等，第 2、3 字元分別為測站區號與站號，如為船舶資料則分別為緯度與經度值。其餘各字元分別為一個觀測要素。

至於地面觀測資料除作水平檢定與時序檢定外，並作下述基本檢定 (Kaneshige 與 Diesen, 1970)：

- (1) 風向值必須在 0 至 360 度間，或為風向不定 (電碼為 99)
- (2) 風速值必須小於 192 海裡。
- 如果檢定(1)或(2)有一者不通過，則風速值與風向值均視為錯誤。
- (3) 露點值必不可大於溫度值。
- (4) 溫度露點差值必小於 45°C。
- (5) 現在天氣如為霧，則溫度露點差須小於 10°C。
- (6) 現在天氣如為凍雨 (Frozen Precipitation)，則溫度必小於 10°C。
- (7) 低雲量不得大於總雲量。
- (8) 現在天氣如為降雨，則總雲量必不為 0。

各項地面觀測要素如果漏失則不作上述檢定。如果某要素不通過上述檢定條件，則視該氣象要素為錯誤予以捨棄。地面資料檢定後佔兩個 Record，其設計如下：

Word:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
第一個 Record	時日	報	區或	站或	氣	降	溫	溫露	風	風
	間期	別	緯	經	壓	水	度	點	向	速
			號	號		量		差		

Word:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
第二個 Record	總	能	現在	過去	氣	氣	低	低	中	高
	雲	見	天氣	天氣	壓	壓	雲	雲	雲	雲
	量	度			趨	變	量	高	高	高
					勢	量				

第一個 Record 除第 5 字元為降水量，其餘均與高空資料輸出相同。第二個 Record 則為地面其他觀測要素。

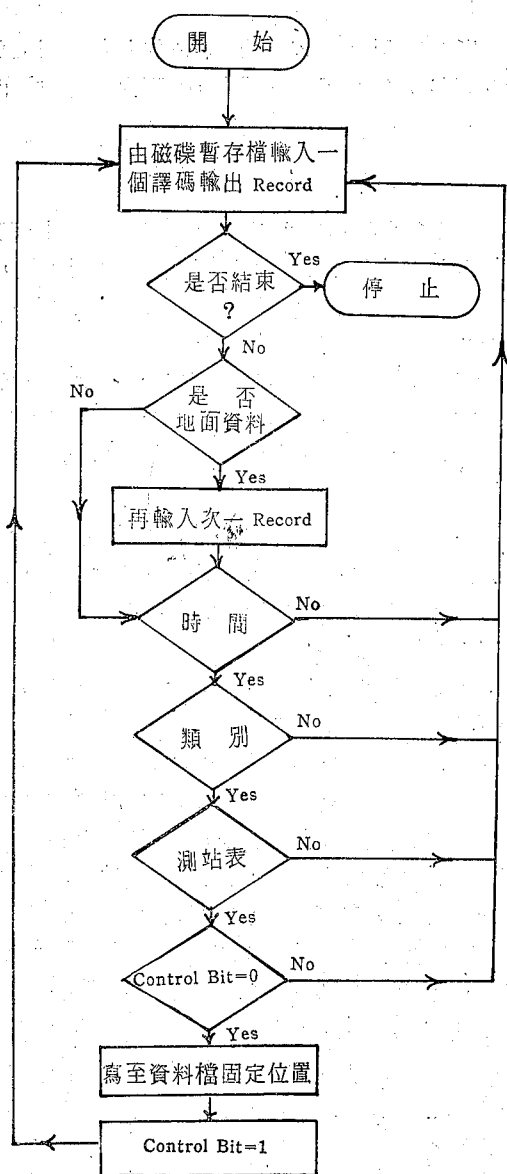
所有經過解釋與檢定的資料均依上格式輸出至磁碟暫存檔 (Working File)，再由分類程式作進一步處理。

## 六、資料檔的設計

分類程式將磁碟暫存檔上的譯碼輸出資料依時間及資料類別作第二級分類，然後寫到資料檔內，資料檔的設計直接影響到資料應用的效率及有限磁碟空間的利用。在分類處理時，本研究首先依照世界氣象組織刊印的氣象測站表 (WMO, 1975)，在亞洲地區選擇具有代表性且觀測作業良好的高空測站 300 個，地面測站 1200 個，依區號與站號 (共計五位數字) 大小排列，並將各測站經、緯度及測站高度組成高空與地面兩個測站表 (Station table)，預先儲存於磁碟內備用 (參見圖八)。由於同一組觀測電報可能由幾個不同的印字電路轉發至本系統 (參見附錄 B)，為濾掉這些大量的重複氣象資料 (Redundant Data)，吾人配合高空測站表與地面測站表分別設計兩個控制表 (Control Table)，高空測站控制表由 300 個 Bit，地面測站控制表由 1200 個 Bit 組成，每個 Bit 依序表示其對應的測站是否已有資料進入資料檔，如先前已有該站資料進入資料檔，則該站 Control Bit 令為 1，否則為 0，在每觀測時間開始時此控制表的每個 Bit 均令為 0。分類程式先行檢查每一個譯碼輸出 Record 的時間、報別，並用二分尋找法 (Binary Search) 檢查該測站是否為測站表內指定測站，如通過三項檢查，且係第一次進入資料檔 (該站的 Control Bit 為 0)，則依測站表序寫入該站在資料檔的固定位置，然後將該站的 Control Bit 令為 1，此後資料分類時如檢查該站 Control Bit 為 1，即不再寫入資料檔，如此可濾掉重複氣象資料。分類處理流程圖參見圖七。

資料檔的設計主要係考慮即時氣象資料的下列應用：

- (1) 填製地面天氣圖
- (2) 填繪地面壓力、溫度二十四小時變差圖
- (3) 填繪等壓面天氣圖
- (4) 填繪等壓面高度、溫度二十四小時變差圖
- (5) 輸入數值模式當作初始值
- (6) 繪製斜溫圖並計算各類穩定指數 (Stability Index)。



圖七 分類處理流程圖

除繪製斜溫圖外，其餘資料檔的應用均係直接抽取 (Retrieve) 同一層面的一項或多項氣象要素，而斜溫圖僅繪製臺灣地區五個探空站 (臺北站號 46692，桃園 46697，馬公 46734，東港 46747，東沙島 46810)，所以資料檔基本上為水平結構，換言之同一層面的氣象資料最好放在磁碟同一位置。基於此點考慮吾人設計資料檔，參見圖八，茲以高空資料檔為例加以說明，第 0 Record 為該資料檔的日期，記錄資料的年、月、日、時。由於氣象資料廿四小時連續不斷進入本系統電子計算機，吾人可將先進來的電報先作解碼、檢定、分

類及填圖等處理，而無需等到同一觀測時間的電報到齊後再開始處理，故在高空資料檔第 1286 至 1365 Record 間記錄 850 毫巴各測站進入資料檔的順序 (以五位數站號排列)，而在第 1 Record 指示現在分類、填圖、變差的序號 (Current Pointers)，利用此 Pointers 可隨時處理最新資料，爭取電子計算機作業時效。第 5 Record 為船舶報告的總數目，至於船舶報告資料則按進入資料檔順序分別寫至第 1206 至 1286 Record，每組船舶資料各佔兩個 Record，第一個 Record 為壓力、經度、緯度及船舶所在天氣圖位置，第二個 Record 為高度、溫度、溫度露點差、風速、風向等資料。第 6 至 305 Record 為 850 毫巴高空資料，其排列順序係依照高空測站表順序，每一測站各層高空資料各佔一個 Record，其內容與船舶報告第二個 Record 相同。第 1606 至 1625 Record 則存放 Control Bit，供分類程式過濾重複資料使用。自 1626 Record 開始分別存放臺灣地區五個探空站報告，探空報告係將標準層 (TTAA) 資料與特性層 (TTBB) 資料先作合併 (Merge) 處理並依壓力層順序排列，每層佔兩個 Record，其資料內容為壓力、高度、溫度、溫度露點差、風向、風速等。

地面資料檔的第 0, 1 Record 說明均與高空資料檔相同，第 2 至 1201 Record 存放地面資料，依地面測站表序號排列，每一測站佔一個 Record，分別存放氣壓、降水量、溫度、溫度露點差、風向、風速、總雲量、能見度、現在與過去天氣、氣壓趨勢與變量、低雲量及低、中、高雲高等 16 個要素。第 2402 至 2501 Record 為地面站進入資料檔序，第 2502 至 2507 Record 為 Control Bit 其使用法均與高空資料檔相同。

為達到填繪 24 小時變差圖的目的，高空資料檔設計存放連續兩天的 00 及 12Z 資料，地面除存放連續兩天的 00 與 12Z 資料外，並存放當天的 03, 06, 09, 15, 18, 21Z 資料，故資料檔總計有 14 組資料。

本研究設計的資料檔具有下述的優點：

- (1) 固定畫分 (Fixed Partition) 磁碟空間，由於考慮資料的最佳應用而將同一層面的資料，存放在磁碟同一位置，使資料應用的輸入輸出次數減少，減輕磁碟的工作負荷 (Loading)，增加運算速度。

高空資料檔

Record No.

0	日期 年 月 日 時
1	850 毫巴分類、填圖、變差序號
2	700 毫巴分類、填圖、變差序號
3	500 毫巴分類、填圖、變差序號
4	300 毫巴分類、填圖、變差序號
5	船舶報告的 Record No
6	850 毫巴資料
}	(依測站表序號)
306	700 毫巴資料
}	
606	500 毫巴資料
}	
906	300 毫巴資料
}	
1206	船舶資料
}	
1286	850 毫巴各站進入資料檔序
}	
1366	700 毫巴各站進入資料檔序
}	
1446	500 毫巴各站進入資料檔序
}	
1526	300 毫巴各站進入資料檔序
}	
1606	Control Bit
}	
1626	46692 探空資料
}	
1698	46697 探空資料
}	
1770	46734 探空資料
}	
1842	46747 探空資料
}	
1914	46810 探空資料
}	
2426	結 束

地面資料檔

Record No.

0	日期 年 月 日 時
1	分類、填圖、變差序號
2	地面資料
}	
1202	船舶資料
}	
2402	地面站進入資料檔序
}	
2502	Control Bit
}	
2507	結 束

高空(或地面)測站表  
(Station Table)

Record No.

0	測站總數目 (300 或 1200)				
1	測 站 號	經 度	緯 度	X	Y
2	"	"	"	"	"
3					
:					

X, Y 為該測站在天氣圖的座標位置

圖八 高空資料檔與地面資料檔的結構設計

(2)各測站資料依測站表排列，填圖作業時，可依區號填繪，使繪圖機的繪圖筆不致作無謂的跑動。

(3) Control Bit 的設計可過濾大量重複資料，Currently Pointers 則可達到資料隨時進來隨時處理的目的，兩者均可提高電子計算機作業效率。

此外，測站資料固定在資料檔內位置，使更改或刪除錯誤資料非常方便。

## 六、資料的查詢

本研究設計的資料查詢作業分為兩部分，一為電報檔內原始氣象電報的查詢，另一為資料檔內經過解碼、檢定、分類後的資料查詢，分別敘述如下：

(1)電報檔的查詢——原始氣象電報係儲存於磁碟內

的電報檔，並由銜接點來畫分各印字電報電路，使不致於混亂（參見本文第四節）。天氣預報人員如需查知某印字電路上某類電報，祇需由控制臺輸入下述參數 (Parameters)：

(a)印字電報線編號，為小於 16 的兩位整數，如打入 99 則結束查詢作業。

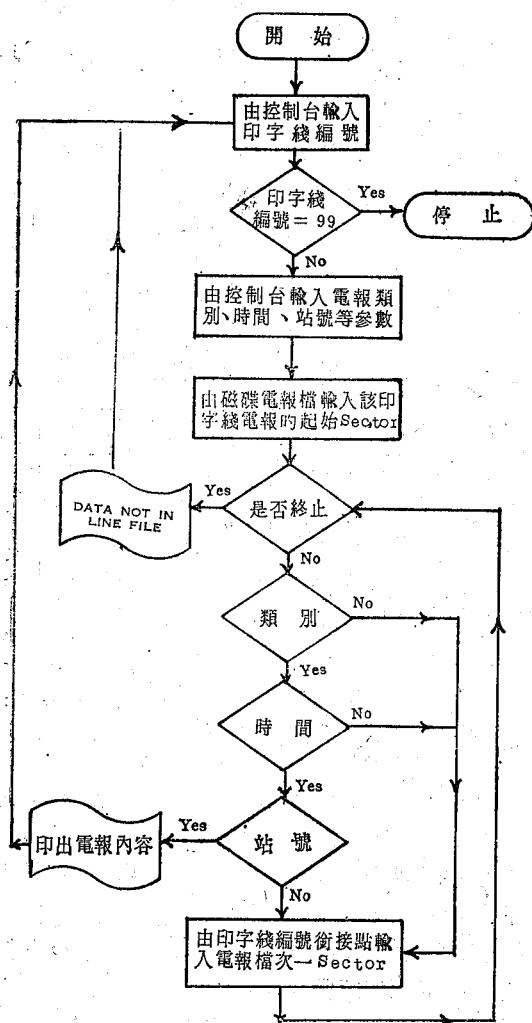
(b)電報類別，為 1 至 4 個英文字，例如 S 指地面電報，SM 指主要時間地面電報，SMCI 指中國地區主要時間地面電報（國際氣象電報，1972），如輸入空白 (Blank) 則查詢程式印出所有類別電報。

(c)觀測時間，以 4 位整數表示觀測的格林維治時間，兩位為日期，兩位為小時。如輸入空白則查詢程式印出所有時間電報。

(d)測站號碼，為 5 個整數字，例如臺北為 46692，

如輸入空白則查詢程式印出所有測站電報。

經由控制臺輸入上述參數，查詢程式會到電報檔將吾人所需的原始電報，由印字機（或控制臺）依照原來編報格式——印出。如電報檔內沒有吾人所需電報時，則控制臺會顯示“DATA NOT IN LINE FILE”。通常查詢一組電報約需6至8秒鐘。查詢原始電報程式流程圖參見圖九。



圖九 查詢原始電報程式流程圖

(2)資料檔的查詢——由於資料檔的設計為固定畫分磁碟空間，且各測站資料均依測站表順序排列於固定位置，所以應用者祇需由控制臺打入所需查詢資料的年、月、日、時及資料類別等參數，應用必要的副程式即可迅速將所需資料找到。一般而言，資料檔的查詢作業大致可分為三類：(a)查詢某測站資料，(b)查詢某層等壓面資料及(c)查詢某時間

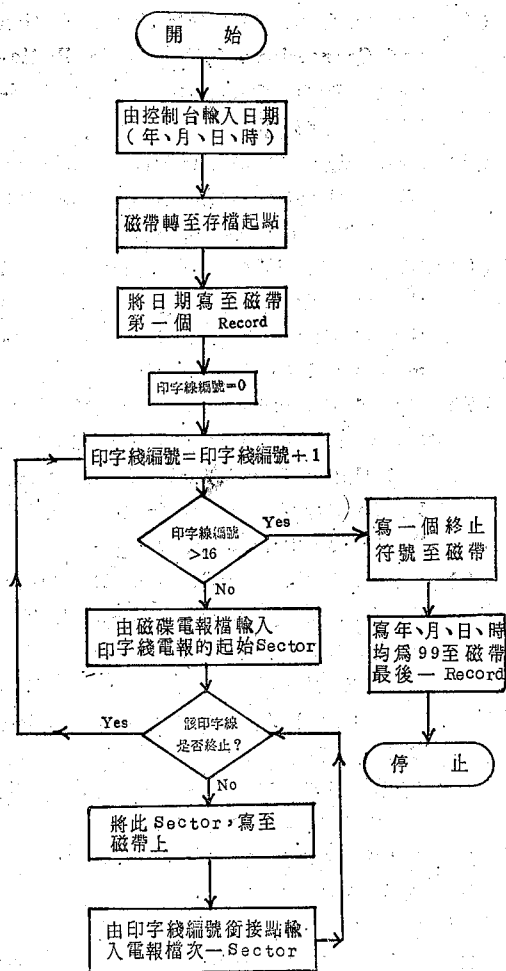
全部資料，本研究設計一些界面副程式 (Interfacing Subroutines) 供上述三類資料檔查詢使用，透過這些界面副程式，使用者即使不完全瞭解資料檔的結構，也可以很容易地找到資料檔內所需要的資料，並且在資料檔改變時，使用者程式並不需作任何改變，至於這些界面副程式的使用法參見中央氣象局電子計算機中心作業程式說明。

## 七、資料的存檔

氣象資料數量極為龐大，中央氣象局與空軍氣象中心二作業單位原有設備僅能儲存印字電報紙，且受空間限制，所有電碼僅保留三個月即予銷毀，事後如對某一問題加以研究時，此等原始資料已無法獲得。過去國內專家學者進行各項氣象研究計畫時，大多個別設法蒐集整理或向國外購買，事倍功半影響研究成果至巨。民國六十五年十二月國科會舉行全國大氣科學研討會中與會學者一致要求進行建立氣象資料庫之研究，提供今後氣象研究需要。ADAPS 系統為配合氣象資料庫的建立，特別設計存檔程式，將每日接收的所有珍貴氣象資料予以妥善保存。存檔作業分為兩部分，一為保存原始電報檔，一為保存處理過的資料檔，為便於研究者日後應用，今詳細說明如下：

(1)電報檔的存檔：為提供氣象研究人員第一手的原始氣象資料，同時鑑於解碼程式、檢定程式尚在不不斷改進中，所以原始電報必須予以長期保存。原始電報原儲存於磁碟電報檔內，並用銜接點來畫分各印字電報線，在存檔作業時，作業員先掛上待存檔磁帶，然後由控制臺輸入日期(年、月、日、時)，存檔程式比較日期然後將磁帶轉至存檔起點，並將日期寫至磁帶第一個 Record，接著利用銜接點依印字電報線編號逐線將原始電報寫至磁帶內，每個 Record 為 400 個字元，前面 4 個字元分別為印字線編號，寫入電報檔時間及銜接點，由於存檔資料已依照印字線編號排列，故此 4 個字元在讀取存檔磁帶時可跳過不予處理，其餘 396 個字元為 ASCII Code，故存檔磁帶可適用於任何型式電子計算機。待電報檔完全存檔完畢，再寫一個終止符號 (End of File Mark)，作為逐日存檔資料的畫分識別符號，最後再加寫一個年、月、日、時均為 99 的終止 Record，作為磁帶存檔的終點標示。電報檔存檔程式流程及存檔磁帶結構分別參見圖十及圖十一。





圖十 電報檔存檔程式流程圖

(2)資料檔的存檔：資料檔係經過解碼、檢定、分類等處理，且已經濾掉大量重複資料，對於某些氣象問題的研究，資料檔可提供最大的便利。資料檔也存錄於磁帶，由於原磁碟內資料檔內各測站資料的排列順序均依照測站表，考慮測站表或有更新的可能，因而造成資料檔的應用發生困難，故設計在每捲新磁帶均將地面與高空測站表同時存錄於磁帶頭，至於資料檔的日期與終止符號處理均與電報檔相同，存檔內容則係將資料檔內 14 組資料原封不動的抄寫至磁帶，日後應用時祇須將磁帶同樣方式寫回磁碟即可。資料檔存檔磁帶結構參見圖十一。

存檔作業每天執行一次，約需計算機時間二十分鐘，電報檔與資料檔分別存檔於兩捲磁帶，如採用磁帶密度為 800 BPI (Byte Per Inch)，長

度為 2400 呎，則每捲磁帶可存錄 6-7 天的原始電報或 7-8 天的資料檔，存滿資料的磁帶予以編號送入庫房作妥善保管，供日後研究者提取應用。

電報檔磁帶

終止符號
日期 (年 月 日 時)
電報檔
終止符號
日期
電報檔
終止符號
日期=99

資料檔磁帶

地面測站表
高空測站表
終止符號
日期
資料檔 14 組資料
終止符號
日期
資料檔 14 組資料
終止符號
日期=99

圖十一 電報檔與資料檔存檔磁帶結構

## 八、結 論

由於電子計算機技術不斷進步，許多資訊、設計、分析與決策均大量利用電子計算機執行。國外氣象先進國家早在 1960 年初期，即開始利用電子計算機協助氣象資料之處理。國內近年來急起直追，中央氣象局首先於民國六十五年利用小型電子計算機嘗試數值天氣預報，初步試驗已獲成功（郭與胡，1975），惟在早期設計的電子計算機作業系統，僅能自動接收臺北—東京點間通信等少數氣象印字電報電路，以致氣象資料不够完整，且東亞及中國大陸測站經過東京日本氣象廳編輯轉發，延誤寶貴作業時間，使即時氣象資料的處理無法達到預報作業的時效要求，早期作業系統對於資料模型的設計不够理想，使資料查詢相當困難，同時也未作系統性的存檔處理。針對上述缺點，本研究於民國六十六年七月開始，經工作同仁共同努力而於六十七年底完成 ADAPS 系統設計，利用小型電子計算機每天二十四小時自動直接蒐集國內、外所有印字電路的氣象電報，存放於磁碟混合電報檔，經過第一級分類處理將混合電報檔依印字電路編號存放於電報檔，為便於查詢作業及有限磁碟空間作最有

效的利用，電報檔採用相關資料模型。ADAPS系統於每天固定時間進行解碼、檢定處理，檢定處理務期使氣象資料達到垂直、水平與時序等四度空間的合理性，檢定後的資料再經過第二級分類處理，寫至即時氣象資料檔，為達成即時資料的最佳應用，資料檔的設計採用水平資料結構及固定量分磁碟空間。最後，在存檔作業中將所有原始氣象電報及資料檔均分別存錄於磁帶，供研究者日後研究與分析應用。

ADAPS 系統可大幅度提高即時氣象觀測資料使用的時效性、正確性與完整性。在極有限的經費下達到即時氣象資料自動蒐集、處理一貫作業的目的，積極地提高預報作業績效。再者，存檔作業所建立的氣象資料庫，更為全國所有氣象研究人員提供最佳的資料。本系統由國人自行研究與設計完成並經中央氣象局採用，使我國氣象事業進入新境界。

## 謝 誌

本研究在行政院國家科學委員會與交通部中央氣象局共同支助下完成，本文同時為國家科學委員會專題研究計畫「亞洲地區氣象資料之蒐集檢定與分析及程式處理系統之研究」（計畫編號 NSC-66M-0204-08(01)），有關氣象資料之蒐集與檢定程式處理部分的研究成果。作者感謝本計畫總主持人中央氣象局吳副局長宗堯的指導與支持，郭組長文鑠的鼓勵。作者對於參與本研究的紀國瑜、周祖壽、沈皓、陳熙揚、徐月娟、蕭長庚、魏伯騏、王博義等諸位同仁謹致最誠摯謝意。本研究的電子計算機系統硬體部分係由代理美國 GA 型電子計算機的泰誼公司協助，軟體部分則由該公司邱吉雄先生提供，此外，本文承美國 IBM 公司研究員謝錄璋博士於返國期間親自核閱並提供若干寶貴意見，謹此一併致謝。

## 參 考 文 獻

- (1) Bedient, H. A., 1975: The NMC Front End to the NOAA 360/195 System NOAA/ NMC Office Note 115, 9 pp.
- (2) Date, C. T., 1975: An Introduction to Database Systems. Addison-Wesley, Reading, Mass. USA
- (3) General Automation System Reference, 1974: General Automation Inc. California, USA

- (4) Inman, R. L., 1968: Objective Detection and Correction of Errors in Radiosonde Data. Tech. Memo, ERLTM-NSSL 40. 48 pp.
- (5) Kaneshige, T. M. and B. C. Diesen, 1970: Validation of Meteorological Data AFGWC Tech. Memo, 70-8
- (6) Liou, J. H., 1977: Categorization and Comparison of Data Models. Proc. of the Workshop on Database Management pp 41-58.
- (7) Masuda Y. and A. Arakawa, 1960: On the Objective Analysis for Surface and Upper-Level Maps. Proc. Symp. International Numerical Weather Prediction Tokyo. pp. 55-66.
- (8) Tomatsu K., Y. Imamura, F. Fujita, T. Mizuno, M. Sugita, Y. Oka, Y. Tamura, 1969: Automatic Data Editing and Switching System For Japan Meteorological Agency. Toshiba Review Vol 24, No. 8 pp1035-1042
- (9) WMO, 1975: Weather Reporting, Vol. A. WMO/OMM-No. 9
- (10) 郭文鑠與胡仲英, 1975: 中央氣象局預報電腦化之研究與設計。氣象學報第 21 卷第 2 期, 18-25 頁
- (11) 胡仲英, 1977: 高空天氣圖客觀分析之研究大氣科學 第四期, 1-10 頁
- (12) 楊孟晉, 1976: 計畫即時電腦系統應考慮的問題。電腦季刊, 第 10 卷第 3 期 pp. 19-23
- (13) 國際氣象電碼, 1972: 中央氣象局編印, 61 頁

## 附 錄 A

即時氣象資料自動蒐集與處理系統之硬體設備如圖二，各單元的功能分別敘述如下：(GA, 1974)

- (1) 非同步通訊多工器 (Asynchronous Communication Multiplexer) 共有四組，每組可聯接 8 條全雙工 (Full Duplex) 通訊線路，各線路通訊速度可由 45.5 Bauds 至 9600 Bauds.
- (2) 自動頻道轉換器 (Automatic Bus Transfer Unit)，聯接非同步通訊多工器與兩電子計算機之間，當資料接收電子計算機發生故障時，可立即將非同步通訊多工器切換至另一部電子計算機，繼續

資料接收作業。

(3)中央處理機 (Central Processing Unit)，具有四萬八千個字元(Word, 1 Word=16 Bits)並可擴充到十二萬八千個字元，其運算能力為每個基本指令需要 1440 微秒 ( $10^{-9}$  sec)，且具有高速資料傳送器 (High Speed Data Channel) 及多重程式同時處理 (Multiprogram) 的能力。

(4)支援系統之中央處理機，其規格與(3)相同，此機平常供研究使用，當作業系統機器故障或檢修時，支援系統立即開始繼續作業。

(5)同步高速資料控制器 (Synchronous Data Link Controller)，用於傳送兩套電子計算機間之資料。

(6)控制臺 (System Console)，為一陰極射線顯示器，可將指令由控制臺輸入電子計算機，也可顯示執行情形。

(7)平板式繪圖機 (Flat-bed Plotter)，將印有地形圖的底圖放置在繪圖機上，直接利用電子計算機在底圖上自動填、繪實際或預測天氣圖。其尺寸為 34 吋 × 54 吋，有兩枝繪圖筆可繪不同顏色的圖形，繪圖機的解析力為 0.0025 吋，軸向速度最大為每秒 16 吋。

(8)磁帶機，讀寫速度為每秒 37.5 吋，密度為 800 BPI 儲存原始天氣電碼及經過處理後的資料檔，建立氣象資料庫 (Data Base) 供氣象研究使用。

(9)磁碟機共有兩套，每套有固定型 (fixed) 及可移動型 (Removable) 磁碟各一塊，總儲存量為 10 MB (Million Bytes) 資料讀寫時間為 0.045 秒，資料傳輸速度為每秒 10 萬個字元，分別儲存原始氣象電碼、處理後的資料檔、即時作業系統程式及填繪天氣圖程式。

(10)讀卡機，為輸入控制程式的口腔，讀進 80 行的卡片每分鐘為 400 張。

(11)印字機，速度為每分鐘 200 行，每行為 132 個字，可供電報查詢或印製各類報表使用。

## 附 錄 B

各電路上所蒐集的資料內容為 (參見圖三)：

(1)衛星通信印字電路 (TKTP)——亞洲地區經過編審後的所有地面及高空氣象報告，以及地面氣象雷達報告、氣機報告、氣象衛星分析資料、天氣分

析、颱風資料、預報資料及地震海嘯報告等。

(2)東京美國空軍氣象中心 (RJTZ)——北太平洋、日本、蘇俄 (西伯利亞)、琉球、菲律賓、中南半島地面與高空氣象資料、飛機報告、颱風資料等。

(3)民航局氣象中心 (CAA)——以各民航機場實際天氣為主，以及 SIGMET 報告等。

(4)空軍氣象中心 (CAF)——亞洲及太平洋地區地面與高空氣象資料，逐時飛行天氣報告、飛機報告、颱風資料、天氣分析與預報資料等。

(5)中央氣象局 (TPTK)——臺灣地區所有地面及高空報告、地震報告、雷達報告及氣候報告等。

(6)日本 (JMI)——北半球地區之地面與高空氣象資料。

(7)日本 (JMG)——東亞地區之地面與高空氣象資料。

(8)蘇俄 (RCR)——西伯利亞地面與高空氣象資料，亞洲其他地區選擇之地面與高空氣象資料。

(9)泰國 (HSW)——東南亞地區之地面與高空氣象資料。

(10)北平 (BAA)——中國大陸地區之地面及高空氣象資料、天氣分析與預報資料、亞洲其他地區經過選擇之氣象資料。

(11)漢口 (BJZ)——中國大陸華中地區之全部地面與高空氣象資料。

(12)臺北電信局 (TTO)——臺灣地區地震報告、海岸電臺轉發船舶報告、各合作測站報告以及本局各測站遲來報告等。

除上述電路外，本系統同時利用空軍氣象中心六部無線電收報機，直接偵收北平、瀋陽、漢口、合肥、蘭州、成都等六處氣象廣播，中國大陸測站估計在六百個以上，北平之廣播係蒐集各地區之廣播經選擇後再予廣播，各地區之廣播中心則收所轄區域內之測站全部廣播，各地區中心所負責廣播地區經研析如下：

(1)北平負責中國大陸地區之選擇及華北地區之氣象資料。

(2)瀋陽負責華北地區全部氣象資料之廣播。

(3)漢口負責華中華南地區全部氣象資料之廣播。

(4)合肥負責華中華南地區全部氣象資料及長期預報資料之廣播。

(5)蘭州負責西北及蘇俄地區全部氣象資料之廣播。

(6)成都負責西南、中南半島及印度等地區全部氣象資料之廣播。

## 附 錄 C

### 一、垂直檢定 (Vertical check)

垂直檢定處理分爲統計檢定、儀器結冰檢定、流體靜力檢定、靜力穩定度檢定及漏失資料的補充五個步驟，茲分別敘述如後：

#### 1. 統計檢定 (Statistical check):

各定壓面高度應在表一範圍內，若出此範圍捨棄不用，任何層的溫度應在  $-95^{\circ}\text{C}$  至  $45^{\circ}\text{C}$  範圍內，超出此範圍則予捨棄。

表一 各層定壓面高度範圍

層 次 (i)	壓 力 (毫巴)	高 度 範 圍 (重力公尺)
1	1000	-650 ~ 650
2	850	500 ~ 1800
3	700	2150 ~ 3450
4	500	4700 ~ 6000
5	400	6100 ~ 7700
6	300	8000 ~ 9900
7	250	9150 ~ 11350
8	200	10550 ~ 13050
9	150	12150 ~ 14950
10	100	13950 ~ 17050

#### 2. 儀器結冰檢定 (Instrument-icing check):

探空儀器的溫度感應部份如遇到結冰層，或感應部分爲積冰所覆蓋，則無法繼續測出正確的溫度，所以溫度觀測值作下述檢定：(1)由底層至頂層尋找溫度在  $0^{\circ}\text{C}$  至  $-10^{\circ}\text{C}$  間第  $i$  層等壓面  $T_i$ ，(2)由  $T_{i+1}$  及  $T_{i+2}$  分別計算  $\Delta T_1 = |T_i - T_{i+1}|$ ， $\Delta T_2 = |T_i - T_{i+2}|$ ，(3)若  $\Delta T_1, \Delta T_2$  均小於  $1.5^{\circ}\text{C}$ ，則可判定結冰層位於第  $i$  層定壓面，於是在  $i$  層以上的各層溫度均須修正。若  $\Delta T_1, \Delta T_2$  兩者中有一值大於  $1.5^{\circ}\text{C}$ ，則認爲儀器未受結冰影響，其溫度觀測值可被採用。

#### 3. 流體靜力檢定 (Hydrostatic check):

吾人假設實際大氣係滿足流體靜力平衡 (Inman, 1968)，在  $i$  及  $i+1$  層定壓面應滿足下述關係式：

$$\Delta H_i = H_{i+1} - H_i = \frac{R}{2g} (T_i + T_{i+1} + 546.32) \ln \frac{P_i}{P_{i+1}} \dots (1)$$

$P_i, T_i$  分別爲  $i$  層的壓力及溫度值， $\Delta H_i$  爲依流體靜力平衡計算的理論厚度值，另定義  $\delta$  爲實際厚度與理論厚度的差值，即：

$$\delta_i = h_{i+1} - h_i - \Delta H_i \dots (2)$$

$h_i, h_{i+1}$  分別爲  $i$  及  $i+1$  層的實際觀測高度， $\delta_i$  的絕對值若小於最大容許差異 (定義爲  $\Delta_i$ )，則  $i$  層被認爲滿足流體靜力平衡。各標準層厚度的最大容許差異見表二。

表二 各標準厚度最大容許差異

層 次 (i)	定 壓 層 (毫巴)	最大容許差異 (重力公尺)
1	1000~850	$\Delta = 30$
2	850~700	30
3	700~500	35
4	500~400	30
5	400~300	30
6	300~250	30
7	250~200	30
8	200~150	50
9	150~100	50

若  $|\delta_i| > \Delta_i$ ，則判定第  $i$  層不滿足流體靜力平衡，此時作下述檢定：(1)計算  $\delta_{i+1}$ ，若  $|\delta_{i+1}| < \Delta_{i+1}$ ，即  $i+1$  層滿足流體靜力平衡，此時判別  $i-1$  與  $i+1$  層何者較滿足該平衡，如  $i+1$  層較滿足則將  $\Delta_{i+1} - 5$  取代  $\Delta_{i+1}$  (即將最大容許差異降低)，再作  $i+1$  層檢定，反之如  $i-1$  層較滿足，則將  $\Delta_{i-1} - 5$  取代  $\Delta_{i-1}$ ，再作  $i-1$  層檢定；若  $i+1$  或  $i-1$  層的  $\Delta$  值取代後的檢定仍爲滿足，則可判定係因  $i+1$  層的高度錯誤致使以上各層高度均偏高，所以自  $i+1$  層以上各高度值均減去  $\delta_i$  值，(若  $i+1$  或  $i-1$  層的  $\Delta$  值取代後的檢定變成不滿足靜力平衡，則再檢定兩相鄰不滿足層厚度是否同時偏高或偏低，若是則判定中間層溫度爲錯誤，反之相隣兩層厚度一偏高另一偏低，則顯示中間層高度爲錯誤)，(2)若  $|\delta_{i+1}| > \Delta_{i+1}$ ，即  $i+1$  層同時不滿足靜力平衡，則檢定  $i$  與  $i+1$  層厚度是否同時偏高或偏低，若是則  $T_{i+1}$  爲錯誤，反之  $h_{i+1}$  爲錯誤。流體靜力檢定流程圖見圖十二。



$$+T_{i+1}+546.32)\ln \frac{P_i}{P_{i+1}} \dots\dots\dots (8)$$

如果為頂層（100毫巴）高度漏失則用（7）式，底層（1000毫巴）高度漏失則用（8）式即可。

如果第  $i$  層的溫度資料漏失，吾人可假設有限氣層內垂直溫度分佈為  $\ln P$  的二次函數，則由：

$$T_{i-2}=a+b \ln P_{i-2}+c(\ln P_{i-2})^2$$

$$T_{i-1}=a+b \ln P_{i-1}+c(\ln P_{i-1})^2 \dots\dots\dots (9)$$

$$T_{i+1}=a+b \ln P_{i+1}+c(\ln P_{i+1})^2$$

三式聯立，可求出  $a, b, c$  值，再代入

$$T_i=a+b \ln P_i+c(\ln P_i)^2 \dots\dots\dots (10)$$

即可得第  $i$  層的溫度值。

## 二、水平檢定 (Horizontal check)

以某觀測站為圓心取一掃描半徑，則該站等壓面（或地面）每一氣象要素的觀測值與其掃描半徑內權重均值 (Weighted mean) 的差值，不得大於最大容許差異 (Maximun Allowable Discrepancy)，否則視為錯誤資料予以捨棄 (Masuda 與 Arakawa, 1960)。水平檢定首先計算：

$$\bar{x} = \frac{\sum_i w_i x_i}{\sum_i w_i} \dots\dots\dots (11)$$

$$w_i = \frac{1}{r_i^2} \dots\dots\dots (12)$$

式中  $\bar{x}$  為掃描圈內權重均值， $w_i$  為距離權重因子， $x_i$  為掃描圈內某氣象要素觀測值， $x$  為掃描中心測站觀測值， $r_i$  為掃描圈內測站與中心測站的水平距離， $\sum_i$  表示掃描圈內之總和。然後計算：

$$\Delta x = |x - \bar{x}| \dots\dots\dots (13)$$

當  $\Delta x$  值小於最大容許差異值，吾人可認為掃描中心測站值通過水平檢定，當  $\Delta x$  值大於最大容許差異值，此時可能有兩種情況：一為該掃描中心測站觀測值錯誤，另一可能為中心測站實際為正確而掃描圈內有一個或多個錯誤測站，為避免後者造成的錯誤判斷，吾人作兩次水平檢定，在第一次檢定中，將所有  $\Delta x$  大於最大容許差異值的測站均予以特別標示 (Indexing)，在第二次檢定時，僅採用未標示的正確測站值來檢定這些特別標示測站值，如特別標示的測站值仍超過最大容許差異，則被視為錯誤而予捨棄，反之，如通過第二次水平檢定則該掃描中心測站實際仍為正確值，該站第一次

不通過水平檢定係由附近錯誤測站值造成。

此項水平檢定設計可適用於所有氣象要素的檢定。作者因東亞地區夏半年（5月至10月）與冬半年（11月至翌年4月）氣壓系統顯著不同，故各氣象要素的最大容許差異值採用兩組不同值，參見附表三。

表三 水平檢定的最大容許差異值

層 次	要 素	壓力或高度		溫度 (攝氏度)	
		夏半年	冬半年	夏半年	冬半年
地 面		8毫巴	12毫巴	8 度	12度
850 毫巴		60公尺	100公尺	6 度	8 度
700 毫巴		60公尺	100公尺	6 度	8 度
500 毫巴		90公尺	120公尺	6 度	8 度
300 毫巴		120公尺	180公尺	6 度	8 度

## 三、時序檢定 (Time Sequence Check)

本檢定係假設任何氣象要素不但在空間（垂直與水平）的分佈是合理的，而且其時間變化量亦須合理且連續，換言之，在短時間內（二次連續觀測時間）不致作極大的變化，一般而言溫度、壓力與高度觀測均符合上述假設，時序檢定先計算：

$$\Delta x = |x^t - x^{t-\Delta t}| \dots\dots\dots (14)$$

式中， $\Delta x$  為觀測要素  $x$  在  $t-\Delta t$  至  $t$  時間內變量的絕對值， $\Delta t$  在地面觀測為 3 小時，高空觀測為 12 小時。 $\Delta x$  如果小於吾人定義的最大允許變量 (Maximun Permissible Variation)，則  $x^t$  通過時序檢定，反之  $\Delta x$  如果大於最大允許變量，則再進一步計算：

$$\Delta x' = ||x^t - x^{t-\Delta t}| - |x^{t-\Delta t} - x^{t-2\Delta t}|| \dots\dots\dots (15)$$

$\Delta x'$  為最近兩個觀測時間內變量差異的絕對值，如果  $\Delta x'$  小於吾人定義的最大變量差異則  $x^t$  通過時序檢定，反之如果  $\Delta x'$  仍大於最大變量差異，則  $x^t$  為錯誤觀測值須捨棄。

最大允許變量及最大變量差異需經過長時間的統計才能確定。此外，由於中尺度 (Mesoscale) 天氣現象往往使氣象要素在短時間內作相當幅度的變化，例如飈造成地面氣壓的變化，如何對這些中尺度現象的觀測作時序檢定，亦須作進一步的研究。

# 臺灣地區降霜之分析研究

## A. Study of the Frost Occurrence in Taiwan Area

徐 晉 淮                  辛 江 霖

Chin-Huai Hsu

Chang-Lin Hsin

### ABSTRACT

Although Taiwan is located in the Subtropic region, the cold weather still occurs frequently in winter time, especially in the plain and upslope land area. In average, the minimum temperature below  $10^{\circ}\text{C}$  appears two or more times a year and the frost occurs once a year, causing severe damage to the crops and the fish cultivation in ponds.

From the frost data of observation stations of Central Weather Bureau. This paper has analyzed the weather element and map. The conditions of frost occurrence have been summarized as follows:

- (1) Continental high comes directly from polar region and moves to the south of Yang-tze River between  $110^{\circ}\text{E}$  and  $120^{\circ}\text{E}$ .
- (2) The strong long wave radiation during clear and windless night, accompanied by the humidity below 70 %; is the favorable condition.
- (3) Decrease of temperature on dry land is larger than on wet land, So the frost occurs more easily in the upslope land area.

By means of the anomaly of N. H. 500MB chart to trace the southward movement of the positive anomaly and the low index it is able to see the movement of the pressure system from the polar region and thereby to predict the occurrence two or three days of the cold wave and in Taiwan area in advance.

### 一、前 言

臺灣雖地屬亞熱帶，但冬期多受大陸高氣壓之控制，偶而也有寒冷氣候。當來自極地高氣壓，受大氣環流誘導且呈低指標時，南移到低緯度，極易爆發強烈寒潮，引起氣溫激降低到攝氏十度以下，再受夜間旺盛輻射影響，平原、谷地、低窪及山坡地帶，常發生降霜（在本文指為攝氏六度以下）或低溫，不但影響一般日常生活，對於農作物亦會發生重大損害。對於近年發展之養漁事業影響尤大。例如民國 52 年 1 月發生之降霜，把全嘉南地區之

番薯、玉米、菸葉及其他農作物尤其香蕉等摧殘殆盡。民國 64 年底發生之低溫把南部之漁塢飼魚凍死達百分之八十以上。影響所及使國家經濟建設蒙受嚴重損害。本研究根據中央氣象局八十年之觀測紀錄作分析，先將降霜發生之日期及時間全部摘出，予以統計並繪分散布圖，再循降霜發生時之天氣圖類型與大陸極高氣壓之變動，追求大氣環流型態，採預報可行方法於三天前發布降霜警告，使農漁民有充分時間從事防霜，使損失減少到最低限度，提高農漁民之生產，增加收入，增益國家財富。

## 二、降霜紀錄、分布與氣象的條件

把中央氣象局所屬全省分布各地之測站八十年之降霜紀錄——找出其日期如附表 1，各測站之創立不同，故測站名後數字為紀錄期限，附表 1 包括發生時之雲量 N 以十分數計 0 為無雲，風速風向 W. V. 以每秒米計無風以 C (CALM) 及最低溫度  $T_L$  以  $^{\circ}\text{C}$  表示之。

高雄 (1931 年創立以下創立兩字省略)，恒春 (1896 年)，花蓮 (1910 年)，淡水 (1942 年)，基隆 (1903 年)，新港 (1940 年)，臺東 (1901 年)，大武 (1940 年)，恒春 (1896 年) 及嘉義 (1968 年) 與各離島測候所創立以來均無降霜紀錄，其原因分析如下：

(1) 高雄、恒春、臺東及大武各測候所均位於北緯 23 度以南，係熱帶地區且亦均在靠近海岸，故氣溫不致激降太大。

(2) 新港、花蓮、淡水及離島各測候所位於北緯 23 度以北，但同樣靠近海岸故氣溫不致激降。

(3) 上述(1)及(2)各測候所，所在地不在曠野中周圍均有樹木或建築物等之保溫環境。

(4) 嘉義測候所，所在地環境雖在曠野中，但創立未久 (1968 年)，且 1968 年以後其他測站 (平地) 亦無降霜紀錄係因暖冬之故。又嘉義所雖在曠野中，測候所周圍為濕地，也有保溫作用。尤其嘉義測候所係為氣象局唯一的農業氣象站，夜間無實際目測，故在降霜時間 (大約深夜到清晨 5 點左右) 內無法看到降霜。在此順便建議中央氣象局應增派嘉義測候所之測候人員充實觀測資料建立最標準的農業氣象站。次之希望散布在各地之民營測站或雨量站人員，如有發現降霜時，應將日期及時間記下，以供農漁業之發展參考。

有降霜紀錄之測站茲分析如下：阿里山 (1934 年) 及鹿林山 (1953 年) 高山測候所每年自 9 月至翌年 4 月均有降霜紀錄 1, 2, 11, 12 月之 4 個月每月平均有 11 天之多，鹿林山於 5 月共發生 7 次，6 月於 1194 年有 1 次。阿里山於 5 月有 9 次，6 月於 1964 年有 2 次之紀錄。上述高山地區係不適農作物生長之地區，不在本文分析討論之列，請參閱附表 1 至 8 作為參考。再次將曾有降霜之其他平地測候所之降霜紀錄——分析如下：

表 1. 中央氣象局所屬各測候所降霜統計

月別 地點	1 月	2 月	3 月	11 月	12 月
臺 北	12	14	3	1	9
宜 蘭	2	0	0	0	0
新 竹	4	0	0	0	0
金六結	3	3	0	0	0
臺 中	31	15	0	0	2
日月潭	18	3	2	0	3
臺 南	1	1	0	0	0
永 康	5	1	0	0	0
總 計	76	37	5	1	14

由表 1，在臺灣發生降霜月別 1 月 76 次 2 月 37 次，12 月 14 次，3 月 5 次 11 月只有臺北於 1922 年 11 月 27 日有乙次紀錄。可以說臺灣平地之初霜為 12 月中旬。1 月份發生次數最多，次之 2 月份，晚霜發生於 3 月初旬。因之降霜預報應該注重 12 月、1 月、2 月及 3 月計四個月。(次之請參閱附表 2—8) 臺北地區現已成為大都市，已沒有農地，對有沒有降霜問題而言，已無太大意義。反之臺中，日月潭及嘉南地區為農業寶庫，且臺中、日月潭之降霜率相當高。1897 年至 1970 年之年平均發生 0.7 次，日月潭為 1.1 次 (1942 年至 1970 年)，臺北 0.5 次 (1897—1970)。由各測站之降霜紀錄來看發生日期，90% 以上均為同年同月同日同時發生，可以明顯顯示在臺灣發生之降霜無局部性的，直接受大氣環流之大原因而發生的。從臺中及臺北紀錄顯示 1897 年至 1920 年止大都是於 2 月份發生降霜，又 1920 年至 1963 年間均於 1 月份發生。1963 年 1 月所發生的次數是臺灣有紀錄以來最嚴重的乙次。1963 年又係世界各地都被大寒潮所襲罩之一年，也是值得分析之一年。反之 1923 至 1931 年 (1 月及 2 月) 1936 年至 1962 年之 27 年間，在臺北地區未有降霜紀錄，臺中亦與臺北情況略同，較明顯的是兩站 1921 至 1929 年及 1935 至 1944 年均無降霜紀錄，為暖多年。臺灣各地有降霜紀錄之測候所，由其地理的條件來看，均離海岸稍遠不受海流之影響，不致氣溫激降。由附表 2 至 6 顯示夜間雲量少，佔 99% 以上均在朗晴的天氣時發生降霜，即晴朗天氣時受輻射作用失去之氣溫大於陰天 (有阻擋輻射作用) 之氣溫。由風力來看，降霜時 95% 以上均為無風狀態之下發生，也可以說無空氣之混合作用時容易發生。且在百葉



箱地面高度約 1.5m 之氣溫降至  $6^{\circ}\text{C}$  以下到  $0^{\circ}\text{C}$  左右時，易發生降霜。經分析結果，空中水汽含量少時比多時氣溫降得較為大，同時亦可以說乾地比濕地氣溫下降較大與理論完全一致。例如嘉義測候所四周均稻田，故為濕地所以到現在為止，成為無降霜紀錄之理由之 1。在山坡地常發生降霜，也可以說因排水好，而成為乾地，符合降霜之條件下圖（根據鈴木清太郎 1951 年著農業氣象學第八章霜害第 246 頁第 8.3 圖）實測值。表示同一氣象狀態之下不同地質上夜間為  $10^{\circ}\text{C}$  時於清晨氣溫下降之狀態。

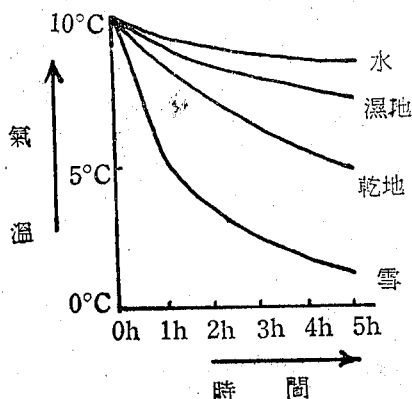


圖 1. 各種地面之輻射量

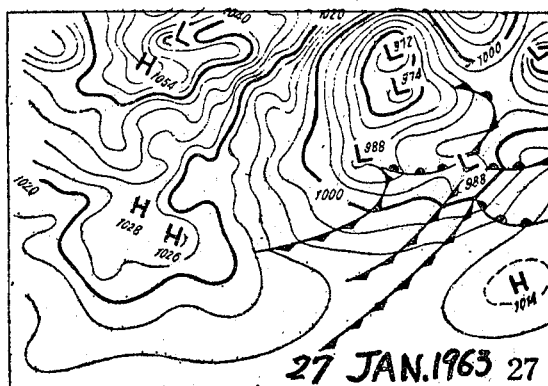
由上述已知道實際降霜之氣象的條件原因可歸納如下：

1. 根據實際紀錄 預測低溫  $6^{\circ}\text{C}$  或以下時有降霜可能。
2. 預測夜間天氣 晴朗且無風狀態時有降霜可能。
3. 預測濕度為 70 % 以下時有降霜可能。所以預測有無降霜可以與天氣圖變化對照滿足上述之 3 條件時均可正確預測之。

### 三、降霜時之地面天氣圖類型

臺北與臺中之降霜紀錄最完善，且發生次數及日期略相同，故現選臺中之發生日期與小型印刷天氣圖（印刷天氣圖自 1907 年起至 1970 年止）對照歸納如下：  
如附圖 2 為臺灣地區降霜之標準天氣圖也可以說合成圖其特性分析如下：

(1) 由極地阻塞高壓南移至西伯利亞之大陸高氣壓，且其分裂高氣壓中心位置必須在長江以南即北緯  $30^{\circ}$  以南，東經  $110^{\circ}$  至  $120^{\circ}$  之間時易降霜。



附圖 2. 臺灣地區降霜標準地面天氣圖  
(1963 年 1 月 27 日 8 時)

(2) 鄂霍次克海有發達低氣壓，寒冷氣流由北向南侵襲臺灣地區。

(3) 分裂高氣壓偏南，臺灣地區接近高氣壓中心氣流下降，天氣晴朗乾燥，氣壓梯度小風力不大。

(4) 相反的如此分裂高氣壓向東移，中心越過東經  $120^{\circ}$  以東時地面氣流由東向西移流，經過溫暖潮濕之海面後到達臺灣地區時，氣溫升高並無降霜之現象。

### 四、降霜時 500 毫巴大氣環流之類型

#### 1. 500 毫巴大氣環流之類型

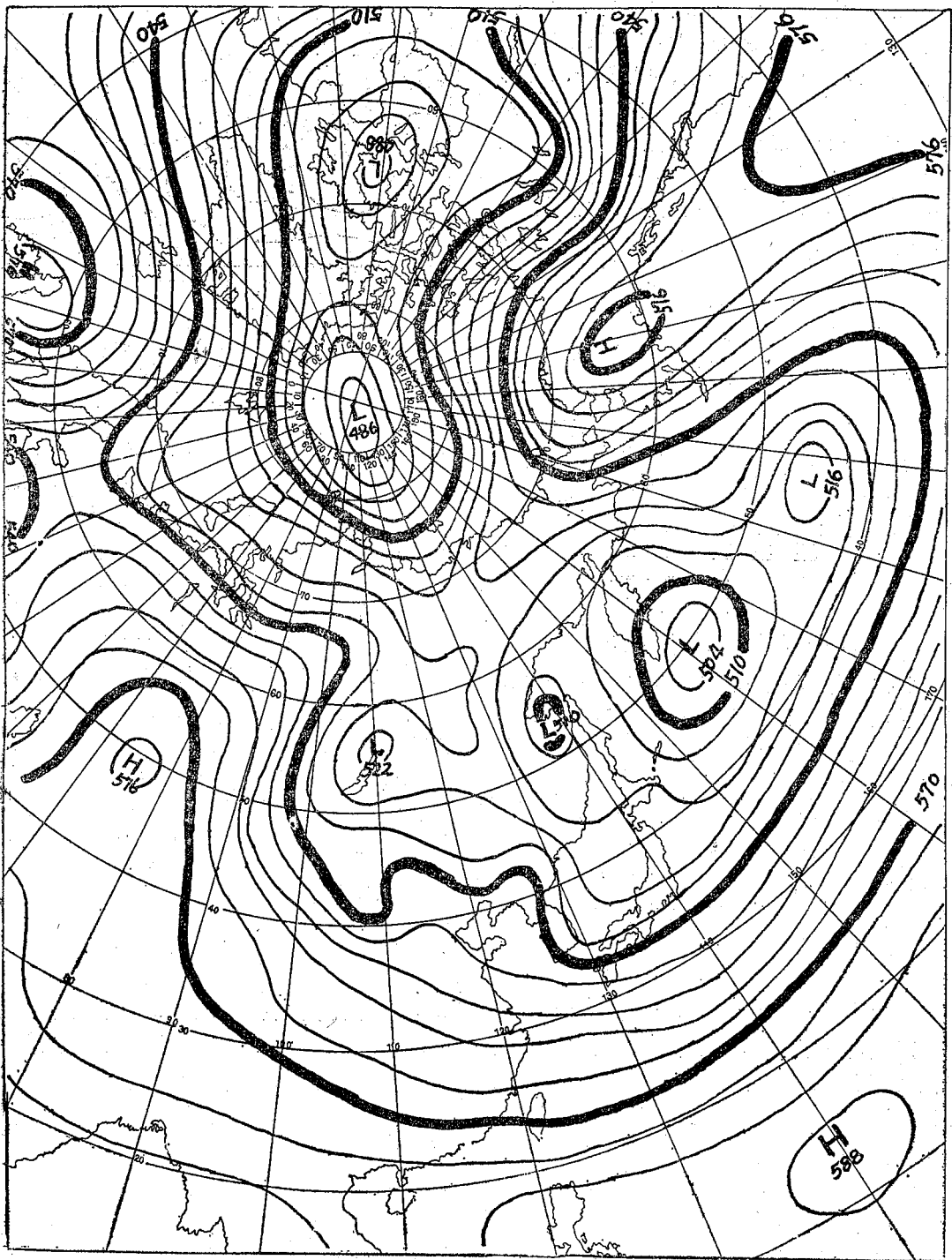
附圖 3 是 1963 年 1 月 27 日 1200Z 之 500 毫巴高空圖，為標準的寒潮爆發之類型其特性如下：

- (1) 北半球高緯度分為兩波型，中到低緯度為三波型，其活動中心偏在東亞地區。
- (2) 阿拉斯加、東歐及英國有三所發生阻塞高氣壓，東亞地區形成標準反  $\Omega$  氣壓型，且槽線在臺灣東方，極地冷氣由北，西北向南，東南不斷的侵入大陸及臺灣。

(3) 500mb 臺北探空從  $-8^{\circ}\text{C}$  以上降到  $-12^{\circ}\text{C}$  至  $-15^{\circ}\text{C}$  以下及風向偏西北風時易發生降霜，在同樣溫度下如風向偏西南西或西南時不致發生降霜。

### 五、極地高氣壓之追蹤

從第三及四節所分析及降霜發生時與實際天氣圖比較結果，發現高氣壓之發源地限於極地附近，故要預報降霜時應特別注意 11 月以後至 3 月間之北半球地面天氣圖追蹤大陸高氣壓之發源地與其動向及北半球天氣圖之正距平變化追蹤。發現上面兩項追蹤由北向南之趨勢時並注意東亞地區低指標之移動由西向東時可發布低溫或降霜預報。



附圖 3. 北半球 500 毫巴天氣圖 (1963 年 1 月 27 日 20 時)

附表 2. 新竹 (1938—1970) 降霜發生日期

年 份	一 月			二 月			三 月			十 一 月			十 二 月			年 份
	SUM. TE	DA TE	N	W. V. (m/s)	T <sub>L</sub> (°C)	SUM. TE	DA TE	N	W. V. (m/s)	T <sub>L</sub> (°C)	SUM. TE	DA TE	N	W. V. (m/s)	T <sub>L</sub> (°C)	
1949	1	10	0	C	3.9											1949
1952	2	9	0	C	3.5											1952
"		20	0	C	3.6											"
1953	1	7	2/10	E	4.7											1953
計 4 年	4			0.8		0					0					計 4 年

附表 3. 金 六 結 (1946—1970) 降霜發生日期

年 份	一 月			二 月			三 月			十 一 月			十 二 月			年 份
	SUM. TE	DA TE	N	W. V. (m/s)	T <sub>L</sub> (°C)	SUM. TE	DA TE	N	W. V. (m/s)	T <sub>L</sub> (°C)	SUM. TE	DA TE	N	W. V. (m/s)	T <sub>L</sub> (°C)	
1953	1	7	0	C	4.7											1953
1962	1	27	0	S	2.9											1962
1963	1	28	0	C	2.2	3	1	0	W 0.7	5.5						1963
"							27	0	S 3.7	5.9						"
"							28	0	C 5.7							"
計 3 年	3					3					0					計 3 年

4. 臺中 (1897—1970) 降霜發生日期

年 份	一 月			二 月			三 月			四 月			五 月			六 月			七 月			八 月			九 月			十 月			十 一 月			十 二 月			年 份
	SUM.	DA TE	N	W. V. (m/s)	T <sub>L</sub> (°C)	SUM.	DA TE	N	W. V. (m/s)	T <sub>L</sub> (°C)	SUM.	DA TE	N	W. V. (m/s)	T <sub>L</sub> (°C)	SUM.	DA TE	N	W. V. (m/s)	T <sub>L</sub> (°C)	SUM.	DA TE	N	W. V. (m/s)	T <sub>L</sub> (°C)	SUM.	DA TE	N	W. V. (m/s)	T <sub>L</sub> (°C)	SUM.	DA TE	N	W. V. (m/s)	T <sub>L</sub> (°C)		
1897						2	12	0	C	3.8						2	13	0	NF	3.4																1958	
"							13	0	C	5.2							14	0	C	2.4															"		
1898	1	26	0	C	3.4	2	11	0	C	3.7						2	17	0	N	3.7															1959		
"							12	0	C	3.2							18	0	C	1.6															"		
1901						3	7	0	C	3.4																									1960		
"							13	0	C	-1.0																									"		
"							14	0	C	0.6						1	19	0	C	3.3															1961		
1906						1	5	1/10	N	3.1						3	26	0	N	3.8															1962		
1914	1	9	0	ENE	2.7												27	0	C	1.1															"		
1917						2	10	0	C	2.4							28	0	C	1.6															"		
"							13	0	C	2.9						11	8	0	C	1.2															"		
1918	2	15	0	C	2.1	1	19	0	C	1.0							14	0	NE	4.8															1963		
"																	15	0	C	1.1															"		
1920	2	14	0	C	1.9												16	0	C	0.6															"		
"																	18	0	C	4.0															"		
1930						1	10	0	C	4.0							19	0	C	4.2															"		
1932	2	3	0	C	4.0												25	0	C	3.5															"		
"																	26	0	C	1.1															"		
1934	2	27	0	C	0.4												27	0	C	-0.4															"		
"																	29	0	C	1.9															"		
1945	2	17	0	C	3.4												31	0	C	3.4															"		
"																																				"	
1953	1	8	0	C	3.4																														計30年		
1955	1	12	0	C	2.8																																

附表 5. 日月潭 (1942—1970) 降霜發生日期

年 份	一 月			二 月			三 月			十 一 月			十 二 月			年 份					
	SUM.	DA TE	W.V. (m/s)	T <sub>L</sub> (°C)	SUM.	DA TE	N	W.V. (m/s)	T <sub>L</sub> (°C)	SUM.	DA TE	N	W.V. (m/s)	T <sub>L</sub> (°C)	SUM.		DA TE	N	W.V. (m/s)	T <sub>L</sub> (°C)	
1942																2	6	2/10	ENE 1.7	4.4	1942
"																	7	2/10	SSW 1.0	5.9	"
1944																					1944
1945	1	18	0	WNW 1.2	5.7					1	11	0	C	4.2							1945
1949	1	9	0	ENE 1.3	3.9																1949
1960																					1960
1961	1	19	0	C	5.7											1	31	4/10	C	4.6	1961
1962	2	21	0	C	4.5																1962
"		23	0	C	5.6																"
"		27	0	W 1.7	2.0																"
1963	7	8	0	WNW 1.0	2.3	2	27	0	WSW 1.0	4.3	1	1	0	C	7.2						1963
"		9	0	C	4.0		28	0	C	5.5											"
"		10	0	C	6.4																"
"		15	0	WNW 0.7	1.0																"
"		16	0	C	3.5																"
"		17	0	W 1.3	4.2																"
"		18	0	SSW 1.0	6.9																"
1965	4	8	0	C	3.0																1965
"		9	0	C	5.0																"
"		10	0	WNW 1.5	6.6																"
"		12	6/10	C	7.6																"
1970	1	31	0	SSW 0.7	1.0	1	1	0	C	5.4											1970
計9年	18					3					2										計9年

附表 6. 臺南 (1897—1970) 及永康 (1948—1970) 降霜發生日期

年 份	一 月			二 月			三 月			十 一 月			十 二 月		
	SUM. TE	DA N	W.V. T <sub>L</sub> (m/s) (°C)	SUM. TE	DA N	W.V. T <sub>L</sub> (m/s) (°C)	SUM. TE	DA N	W.V. T <sub>L</sub> (m/s) (°C)	SUM. TE	DA N	W.V. T <sub>L</sub> (m/s) (°C)	SUM. TE	DA N	W.V. T <sub>L</sub> (m/s) (°C)
臺南 1903	1	18	0 ENE 4.1	7.4											
" 1918					1	19	0 NNE 3.0	2.4							
永康 1963	5	8	0 E 1.2	0.4											
" "		16	0 C	0.5											
" "		17	0 N 1.7	2.3											
" "		28	0 NNE 1.3	0.5											
" "		29	0 E 1.3	1.6											
臺南 1970					1	1	0 C	1.8							
永康 "	1				1								0		
各計 2 年	5				1								0		

附表 7. 阿里山 (1934—1970) ) 每月降霜發生次數

年 份 \ 月 別	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	June.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1934	14	15	7	1	1	—	2	1	8	12	61
1935	16	13	7	3	—	—	2	1	7	8	57
1936	8	6	2	1	—	—	1	10	22	6	56
1937	12	8	4	2	—	—	—	13	8	10	57
1938	11	9	3	6	—	—	—	2	9	12	52
1939	14	18	2	2	—	—	—	—	2	22	60
1940	17	11	5	4	—	—	—	—	3	19	57
1941	4	2	1	—	—	—	—	1	3	5	16
1942	12	3	2	3	—	—	2	1	9	17	49
1943	18	15	3	3	—	—	—	—	8	11	53
1944	13	10	9	—	—	—	—	—	2	5	39
1945	13	1	10	3	2	—	—	11	10	12	62
1946	12	19	1	4	—	—	—	6	15	10	67
1947	14	14	6	4	—	—	—	10	6	12	66
1948	22	5	6	1	—	—	—	1	14	12	61
1949	24	12	10	—	1	—	—	3	7	3	60
1950	16	2	3	—	—	—	—	1	8	14	44
1951	5	11	2	—	1	—	—	2	3	7	31
1952	12	8	6	1	—	—	—	—	15	8	50
1953	14	7	—	—	—	—	—	—	3	12	36
1954	10	8	6	1	—	—	—	1	15	16	57
1955	9	12	6	1	—	—	—	2	9	24	63
1956	11	7	4	—	—	—	—	—	3	11	36
1957	15	6	1	2	1	—	—	3	19	10	57
1958	8	8	4	4	—	—	1	0	14	11	50
1959	12	1	6	—	2	—	4	12	11	12	60
1960	11	18	6	—	—	—	—	5	12	17	69
1961	20	3	6	2	—	—	—	7	15	15	68
1962	20	17	7	1	—	—	—	9	9	23	86
1963	24	13	12	6	—	—	—	7	6	14	82
1964	10	9	9	—	—	2	—	—	10	23	63
1965	23	9	13	—	—	—	—	2	3	13	63
1966	15	9	—	—	—	—	2	—	—	6	32
1967	6	10	6	—	—	—	—	2	9	18	51
1968	15	6	7	5	1	—	—	9	17	19	79
1969	6	10	—	—	—	—	—	3	11	10	40
1970	7	9	—	—	—	—	—	—	2	7	25
計	493	344	182	60	9	2	14	125	327	466	
平 均	13.3	9.3	4.9	1.6	0.2	0.1	0.4	3.4	8.8	12.6	

附表 8. 鹿林山 (1953—1970) 每月降霜發生次數

年 份 \ 月 別	Jau.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1953	11	5	—	1	1	—	—	—	3	11	—
1954	4	1	4	1	—	—	—	5	17	12	—
1955	13	12	3	1	—	—	—	9	14	22	—
1956	10	10	9	1	—	—	—	—	3	10	—
1957	14	7	1	2	1	—	—	4	21	8	—
1958	6	2	2	1	—	—	—	2	16	8	—
1959	—	—	9	2	—	—	5	12	15	16	—
1960	5	18	1	—	—	—	—	10	13	13	—
1961	13	7	8	2	—	—	—	13	16	10	—
1962	2	10	7	6	—	—	1	10	13	15	—
1963	14	21	14	5	1	—	—	7	13	11	—
1964	11	15	12	1	—	1	—	2	12	20	—
1965	25	15	14	—	—	—	3	3	7	14	—
1966	18	6	1	—	3	—	6	3	—	3	—
1967	5	14	11	—	—	—	4	—	15	20	—
1968	11	2	5	7	1	—	1	12	24	13	—
1969	3	4	5	2	—	—	—	—	—	—	—
1970	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

## 六、結 論

天氣預報自有史以來 由主觀 變客 觀及數值 預報。但仍無法滿足現代人之希望，但我們不要忘記最老最簡單最基本的預報方法，就是長期繼續的追蹤各要素變化，氣壓系統，距平及由數值預報所製作之預報天氣圖。因之本文重視實際降霜資料與有

關氣溫下降之原因之氣象系統之追蹤，尤其大陸高氣壓之源地與高氣壓之動向。分析結果降霜預報結論只有一個重要事實，即每年於 11 月以後至 3 月間（高氣壓移行方向追蹤）注意極地附近之高氣壓之動向及由北向南預測到長江以南，東經 110 度至 120 度之間時，即可發布低溫或降霜特報。



# 雷雨內帶電過程與閃電發生之研究成果

戚 啓 勳 譯

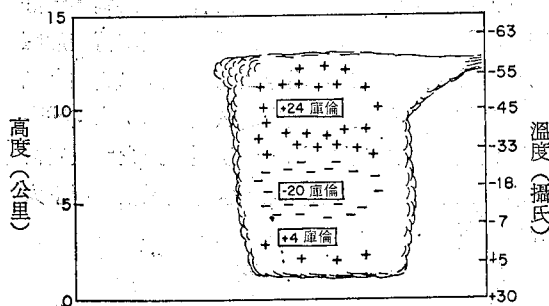
## Recent Researchs on the Charge Generation and Lightning in Thunder Cloud

Ke-Hsun Chi

雷雨內為什麼會有閃電這個問題，看起來很簡單，其實卻非常複雜，而且專家和學者到現在還沒有完全搞清楚。主要因為直接觀測幾乎不可能，實驗室內模擬試驗也很困難。本文所要介紹的是最新發展的三種學說，以及快速攝影術揭示一次閃電放電的詳細情形。

首先我們應該了解，所有雲多多少少都有電，不過在堡壘狀的積雨雲內要有足夠的電荷，而且還分佈成兩三個區域，才會發展成雷雨。

雷雨中電荷分佈的情形，曾經利用高空測電儀 (altielectrograph)，裝有特殊儀器的飛機，以及在地面上測量閃電發生時電場變化等方式加以研究。這些研究已經顯示出：雷雨雲的上部大都含正電荷（約為+24庫倫），下部則為負電荷（約為-20庫倫），但限在  $0^{\circ}\text{C}$  等溫面以上。剛在結冰高度以下，還有一處範圍很小的荷正電袋形區。此種電荷分佈的簡化模式如圖一。雷雨內電荷的產生率；一般相信大約為每分鐘每立方公里一庫倫。



圖一 雷雨雲內電荷分佈的簡化模式

暖雲（指溫度都在  $0^{\circ}\text{C}$  以上）內雖然也曾經觀測到有一些閃電；但一般雷雨雲都能伸展到  $0^{\circ}\text{C}$  等溫面以上，兼有冰晶和過冷水滴。有許多觀測顯

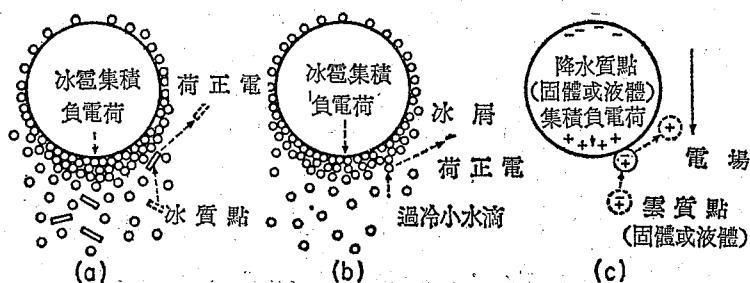
示：強烈充電一開始，雲內就有冰粒或冰雹降落，難怪以往許多產生電荷分離的學說，有一部份認為必須先有冰粒或冰雹存在。

### 雲內電荷分離的三種學說

想要了解雷雨雲內電荷分離的道理，必須先從「熱電效應」(thermoelectric effect) 說起，試設想有一支冰棒，一端受熱，另一端受冷，兩端顯然要產生一溫度差。冰內有一些水分子總會分離成正離子和負離子。溫度較高處，這種離子比較多，換句話說，冰棒的較暖一端比較冷一端含更多正離子和負離子。我們知道，高集中區的離子有移向低集中區的趨勢，可見正離子和負離子都會從冰棒的較暖一端移向較冷一端。不過在冰內，負離子的移動速度幾乎等於零，正離子卻移動得很快。於是正離子移向較冷一端，建起一正電荷區，最後還不讓其他正離子遷入此區。

由此可見，在穩定的靜態情況，這支冰棒產生一電位差，冷的一端荷正電，暖的一端荷負電。實驗室內已經求得此電位差（用毫伏特作單位）大致相當於溫度差的兩倍。假定穿過一片冰的溫度差為攝氏 2 度，產生的電位差大約為四毫伏特。

現在設想有一雹塊（或冰粒）從一朵過冷水滴和小冰晶相混合的雲內降落。雹塊因與大量過冷水滴相碰結冰，釋出大量潛熱，所以比冰晶暖。可見當一粒冰晶接觸雹塊表面時，由於此種熱電效應，雹塊變為荷負電，而冰晶則荷正電。冰晶自雹塊彈回時，仍保持此正電荷；再因它的降落速度小於雲內氣流的上升速度，所以被攜帶到雲的上部。由此使對流雲的上部充滿着微細的荷正電冰晶。相反來說，此種機制 (mechanism) 使得冰雹荷負電，加上它落速較大，才把這些負電荷帶到雲的下部。這種冰晶和雹塊碰撞的荷電過程見圖二 (a)。



圖二 表明三種雷雨電化說的簡化模式 (不按比例)

- (a) 冰晶和一雹塊相碰，冰雹表面因過冷水結霜釋出潛熱而增暖，冰晶彈同時荷正電，冰雹荷負電。
- (b) 過冷水滴和一冰雹相碰，小水滴結冰時有冰屑射出，荷正電。
- (c) 降水和雲質點被向下的電場所極化，彼此接觸時，負電荷轉移到降水質點上，雲質點則帶正電荷彈回。

簡單計算表明：假設一朵巨大對流雲內，冰晶和小雹塊每次碰撞使冰晶得到電荷大約  $-16 \times 10^{-15}$  庫倫 (約  $10^5$  個電荷)，產生的電荷率大致和一個典型雷雨 (每分鐘每立方公里一庫倫) 內的情況相當。很不幸，實驗室內設計來模擬上述過程的試驗，卻產生了矛盾的結果。有一些試驗中，冰晶和過冷水滴轟擊一冰面時，每次冰晶碰撞，使冰面上平均得到電荷  $-170 \times 10^{-15}$  庫倫；但另外一些試驗中，所得平均電荷只有  $-1.6 \times 10^{-15}$  庫倫。

冰雹從混合雲內降落，另外一種機制可能也是雷雨中荷電的主要原因之一 (見圖二(b))。當一顆過冷水滴結冰時，無數微細冰屑射入空氣中 (請參閱科學月刊 6 卷 12 期拙文「一滴水怎樣結冰」)。今假想有一過冷水滴和一雹塊相撞，這是結冰的第二階段，冰殼向內增厚。冰殼的內面和液態水相接觸，所以溫度為  $0^\circ\text{C}$ ；冰殼的外面則隨周圍溫度冷却，可能遠在  $0^\circ\text{C}$  以下。可見穿越冰殼勢必會產生一溫度差，此種熱電效應當使正電荷集積在它的外面，水滴凍結時射出的任何冰屑，大都來自冰殼外層，可見它們帶有淨正電荷，留下的雹塊則荷負電。正如前面一樣，假想微細的荷正電冰屑被帶到雲的上部，荷負電的冰雹帶到雲的下部。

根據計算所得，如要以此種機制在雷雨中產生所需的每分鐘每立方公里一庫倫，那麼半徑大於約 15 微米 (一微米為  $10^{-6}$  公尺) 的每一顆水滴碰撞一雹塊，雹塊荷電應該是  $-1.6 \times 10^{-15}$  庫倫。實驗中有些試驗顯示：這樣大小的帶電會在結霜期間被分離，但另有一些試驗都不能表示有任何帶電。這種荷電過程顯然需要作進一步的研究。

最後，我們將簡單說明雷雨中產生電荷的誘導荷電 (induction charging) 說 (見圖二(c))。如果有正常的向下晴天電場，雲和降水質點 (固體或液體) 都會被極化，它們的較低面荷正電，較高面荷負電。因此，當雲質點碰撞到向下落的降水質點時，雲質點的負電荷會轉移到降水質點上去。而後，只要雲質點彈回，荷負電的降落質點靠重力落下；荷正電的微細雲質點由雲內上升氣流帶到雲的上部，這樣就可發展雷雨內兩個主荷電中心。

這裡必須指出：此兩主荷電中心一經建立，向下的電場還會加強，碰撞時電荷的轉換也會更大。換句話說，誘導荷電是一種正的反饋機制，隨着時間而增加它的重要性。很可能起先非誘導性荷電分離機制 (例如前面所說的那兩種) 較為重要，但電場加強後，誘導荷電轉趨重要。

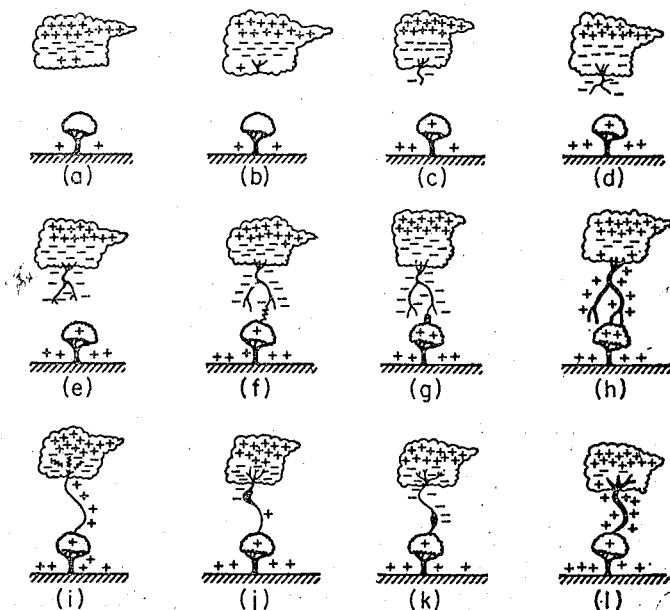
上面介紹的三種學說，足以闡明雷雨內何以有兩個主荷電中心。但有些雷雨內曾經觀測到，剛好在  $0^\circ\text{C}$  等溫面下，還有一個很小的正電荷袋形區 (見圖一)。此種現象可能是因為固體降水質點在融解時荷電的緣故。實驗室內的試驗顯示：冰質點融解時因能噴出許多小氣泡，所以能得到大的正電荷。水滴濺到融解中的冰粒上，也能使冰粒上留下大的正電荷，特別是有電場的時候。

### 閃電和雷聲

當雲內的電荷分離時，雲對地，以及雲內各部份間的電位梯度增強，最後超過空氣所能維持的數值，由此破壞非導電性，促成一次閃電。在乾空氣內，電位梯度到達每公尺三毫伏特，可破壞非導電性；如果有半徑一公厘的水滴，約為每公尺一毫伏特。

雲對地的閃電源出於雲底附近，以肉眼看不見的方式放電，稱之為「分級導流」(stepped leader)，像分離的一步一步向下到達地面，每一步維持大約一微秒(百萬分之一秒)。此段時間內，分級導流前進約50公尺，每步相隔時間約50微秒。

一般認為：分級導流是因為雷雨雲底的正電荷袋形區和負電荷區下部的局部放電所造成(見圖三(b))。這種放電所釋出的電子，原先附着在負電荷區的降水質點上。這些自由電子使得正電的袋形區中性化(圖三(c))，而後移向地面。



圖三 這些示意圖(不按比例)(a-f)表示分級導流的形成。(g)和(h)為第一次回擊，(i)為K閃流及J閃流，(j)和(k)為連射導流，(e)為第二次回擊。

當負電荷的分級導流到達地面附近時，它誘導地上的正電荷(尤其是在地面突出物上)。在離地10~100公尺時，一種移動火花(traveling spark)從地面向上和它相會(圖三(f))。分級導流和移動火花接觸後，大批電子流向地面，形成一條非常明亮，肉眼能看見的「閃擊」(lightning stroke)，循分級導流所走的路徑，從地面連續推進至雲內(圖三(g)及(h))。這一股電子流稱為「回擊」(return stroke)，也就是我們所見一次閃擊的強光通路。由於閃擊向上移動得太快(在一百微秒之內)，所以整條通路肉眼看起來像同時發光。儘管電子往下流，回擊和它打到的地點仍荷正電，雲的下部則荷負電。

第一次閃擊攜帶最強的電流(通常約 $1 \sim 2 \times 10^4$  安培)，隨後幾次閃擊能沿同一主通路發生，只要增加的電子能在電流停止後一百微秒內供應到前次閃擊的頂部。增加到通路中的電子，由所謂K閃流(streamers)或閃流供應。這些電子從

前次閃擊的頂部向上移入荷負電的更高雲區內(圖三(i))。一種荷負電的導流，稱為「突進導流」(dart leader)，繼之沿着第一閃擊通路的主路線往下移，進一步將電子降落到地面(圖三(j)及(k))。突進導流的後面是另一次肉眼能見的回擊到達雲內(圖三(l))。閃電的第一次閃擊，大都有許多向下的分枝，因為分級導流就有許多明顯的分枝。但後來那些閃擊只追隨第一次閃擊的主通路，所以並沒有分枝現象。

一次閃電通常都含有三次或四次閃擊，彼此相隔約二十分之一秒，在雷雨雲的下部可掃除電荷20庫倫。在另一次閃擊能夠發生之前，雲內的電荷發生機制必須重新建立起來。

打擊到極高建築物上的閃電，正好和上面所說的閃電相反，開始的時候在建築物頂部附近先有分級導流向上移，並向雲底分叉，避雷針之所以能保護高大建築物不受雷擊，是讓閃擊經避雷針入地，而不通過建築物本身。

雷暴內部也可以有閃電，即所謂「雲內放電」(intracloud discharges)，使正電和負電的兩個主中心中性化。它並不含幾個分離的閃擊。一次雲內放電，通常含有一個移動較慢的火花或導流，在十分之幾秒內穿越正電荷區和負電荷區之間。這一股電流在雲內產生連續而較弱的亮光，在它上面還重疊若干較亮的脈動，每次脈動維持約千分之一秒。熱帶雷雨因為雲底較高，每次雲對地放電就可有大約十次雲內放電。但在溫帶，這兩種放電型式的頻率大致相同。

回擊使空氣通路的溫度上升到絕對溫度約三萬度。由於時間太短，空氣來不及膨脹，所以通路內的壓力同時增強至大氣壓力的十倍，甚至可能一百倍。高壓通路迅速膨脹入周圍空氣，產生一種極強的震波(比聲速更快)；震波變為聲波，我們聽起來就是雷。雷也可由分級導流及突進導流產生，但這比產生回擊者弱。

(本文摘譯自 John M. Wallace, Peter V. Hobbs, Atmospheric Science 1977, p. 202 ~209)

## 氣象學報徵稿簡則

- 一、本刊以促進氣象學術之研究為目的，凡有關氣象理論之分析，應用問題之探討，不論創作或譯述均所歡迎。
- 二、本刊文字務求簡明，文體以白話或淺近文言為主體，每篇以五千字為佳，如長篇巨著內容特佳者亦所歡迎。
- 三、稿件請註明作者真實姓名、住址及服務機關，但發表時得用筆名。
- 四、譯稿請附原文，如確有困難亦請註明作者姓名暨原文出版年月及地點。
- 五、稿中引用文獻請註明作者姓名、書名、頁數及出版年月。
- 六、惠稿請用稿紙繕寫清楚，並加標點。如屬創作論著稿，請附撰英文或法、德、西文摘要。
- 七、本刊對來稿有刪改權，如作者不願刪改時請聲明。
- 八、惠稿如有附圖務請用墨筆描繪，以便製版。
- 九、來稿無論刊登與否概不退還，如須退還者請預先聲明，並附足額退稿郵資。
- 十、來稿一經刊登、當致薄酬，並贈送本刊及抽印本各若干冊。
- 十一、惠稿文責自負、詳細規定請據本學報補充稿約辦理。
- 十二、惠稿請寄臺北市公園路六十四號中央氣象局氣象學報社收。

(請參閱補充稿約)

Volume 25, Number 1

March

1979

# METEOROLOGICAL BULLETIN

(Quarterly)



## CONTENTS

### Articles

Design of Multi-element Recorder with Rain Guage

..... *Yu-Chin Kang, San-Chi Hu and Mu-King Tsay* (1)

The Design of ADAPS for Real-time Meteorological Data

..... *Chung-ying Hu* (9)

A Study of the Forst Occurrence in Taiwan Area

..... *Chin-Huai Hsu Chang-Lin Hsin* (25)

### Translation

Recent Resarchs on the Charge Generation and Lightning  
in Thunder Cloud

..... *Ke-Hsun Chi* (35)

**CENTRAL WEATHER BUREAU**

**64 Park Road, Taipei**

**Taiwan, Republic of China**

行政院新聞局出版事業登記證局版台誌字第〇九七六號  
中華郵政臺字第一八九三號登記爲第一類新聞紙類

# 氣象學報

季刊

第二十五卷 第二期

## 目次

### 論著

雲林縣草嶺附近之微小地震活動……………徐明同 (1)

臺南地區日射量之分析……………唐榮澤 (15)

### 報告

民國六十七年颱風調查分析報告

第三號侵臺颱風 7823 號炯拉…………… (21)

# 氣象學報

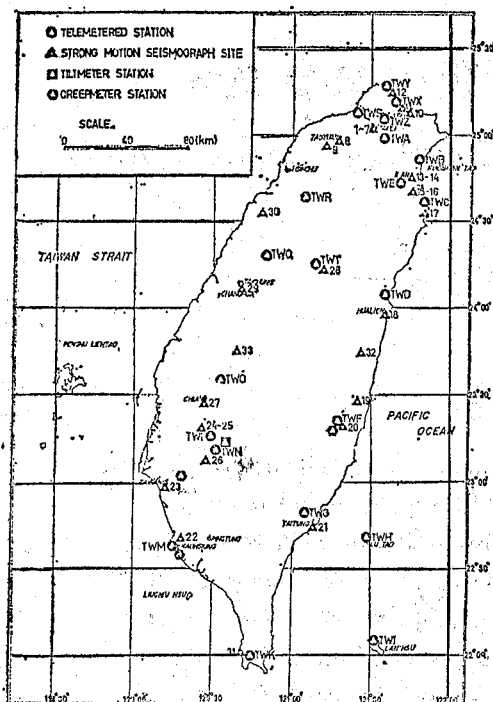
季刊

第二十五卷 第二期

主編者	中央氣象局氣象學報社
地址	臺北市公園路六十四號 電話：三七一三一八一(十線)
發行人	劉大年
社長	劉大年 電話：三一一〇八四〇
印刷者	文英印書公司
地址	臺北市三水街七號 電話：三〇六四七二四

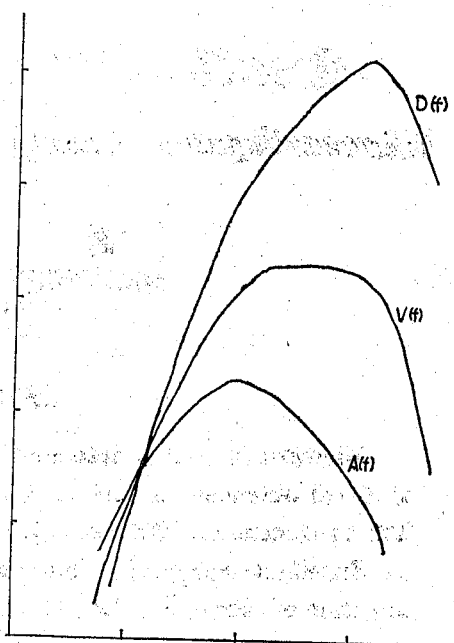
中華民國六十八年六月出版

所用儀器為美國馬克 (Mark) 公司出品，其放大係數如圖三，其靈敏度 (sensitivity) 很高，可達十萬倍以上，故適於微小地震 (microearthquake) 之觀測。該站網之檢知能約為  $M 2$ ，每年在臺灣觀測之次數約有 2,000 次。圖四為 1975



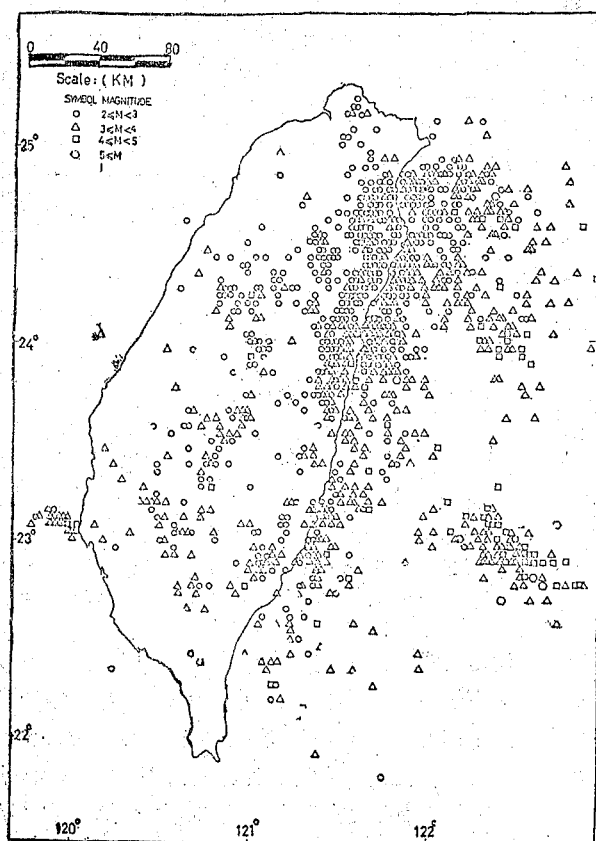
圖二：中央研究院測震網 [3]

Fig. 2. Distribution of seismological instrumentation of the Academia Sinica. [3]



圖三 位移  $D(f)$ ，速度  $V(f)$  及加速度  $A(f)$  之放大係數 [3]

Fig. 3 Sensitivity,  $D(f)$ : displacement,  $V(f)$ : velocity  $A(f)$ : acceleration [3]



圖四 1975 年臺灣地區微小地震分佈圖 [3]

Fig. 4 Distribution of microearthquakes in 1975. in Taiwan region. [3]



年一年中所記錄之微小地震分布 [3]。該自動測站網，如用攜帶式儀臨時加強，即可測得  $M 1$  以下之極微小地震 (ultra-microearthquake)。圖五係在嘉南地區觀測之一例 [4]。

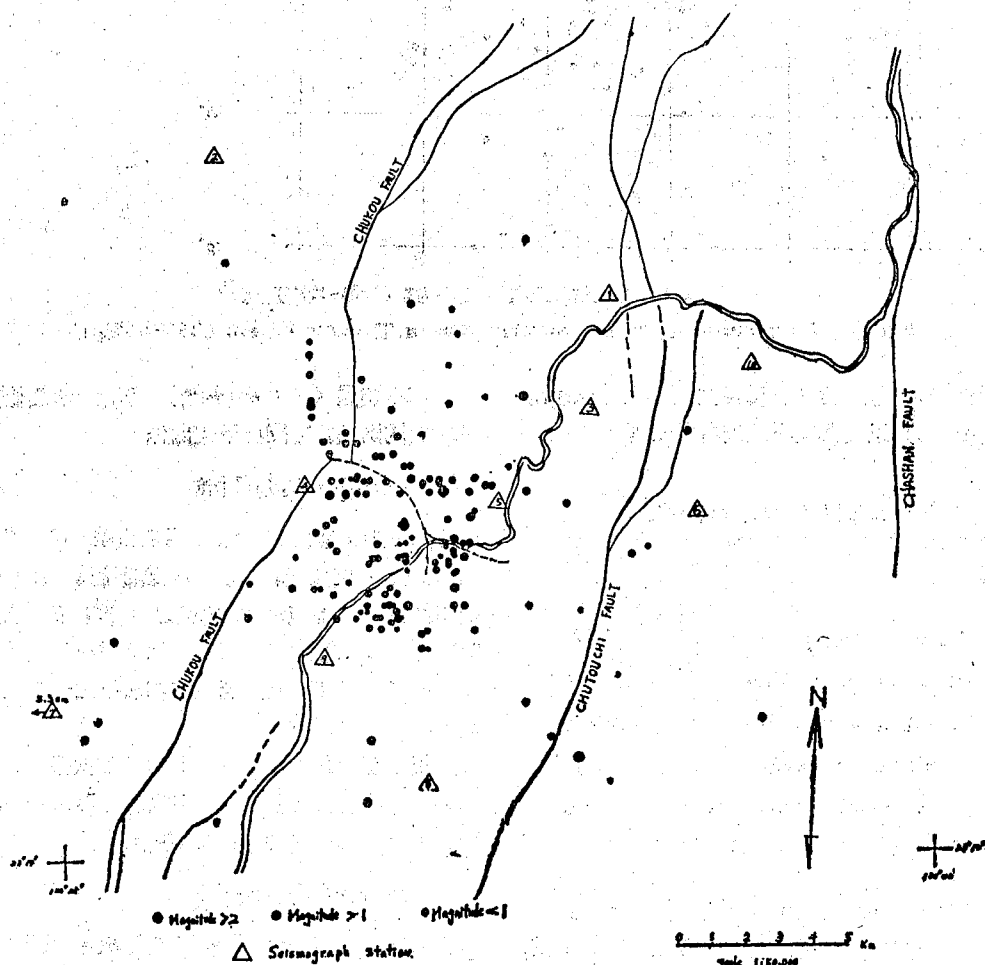
該處自 1973 年起發行季刊「臺灣地震紀錄」，已達五年，所觀測之微小地震有一萬次以上。該處一年間所觀測之地震次數 (圖四)，約相當於中央氣象局測站網在 38 年間所得之地震次數如圖五 [5]。

本文將介紹微小地震之特性，並使用中央研究院地球科學研究所籌備處地震記錄，繪製雲林縣草嶺附近之微小地震分布，而發現在此區微小地震與河流之分布間有非常密切之關係。

## 二、主要地震與微小地震

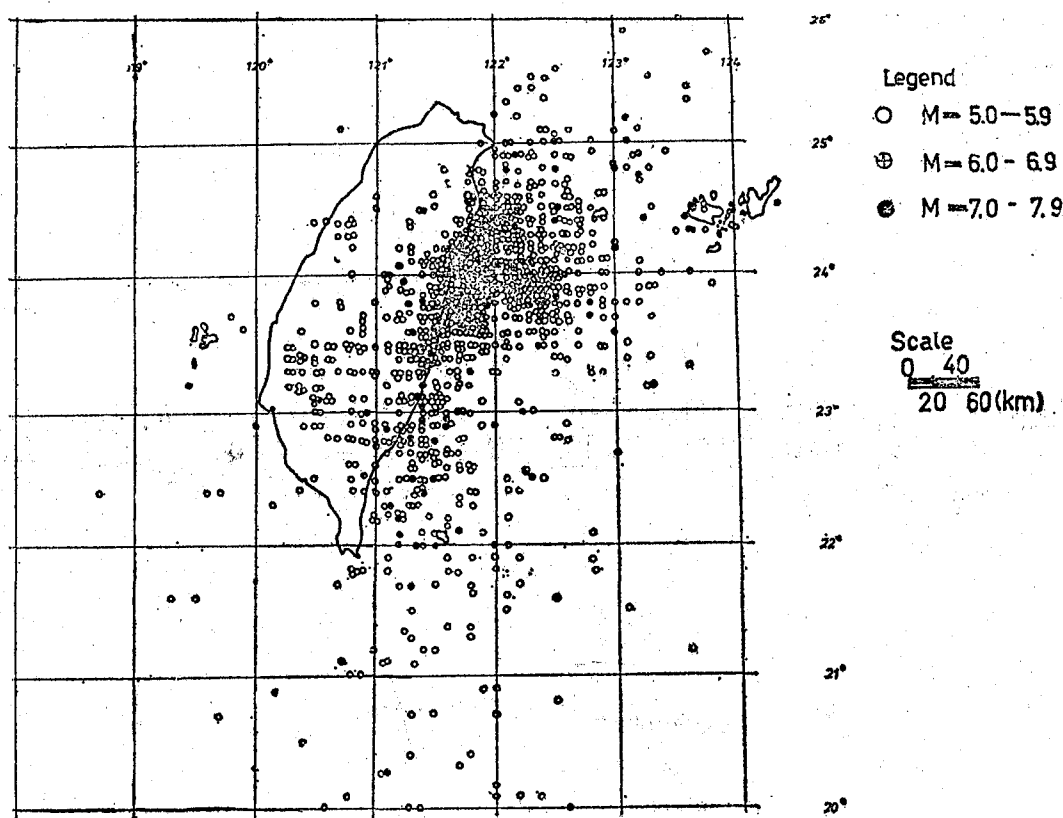
地震大小 (規模) 之範圍相差甚大，大者可引起山崩，地裂，斷層以及整個地球振動，亦可使建築物發生倒塌，破壞，使人類蒙受大災害。小者人體根本感覺不到，只有普通地震儀，甚至於超高倍率地震儀才能測到。地震之大小通常使用地震規模 (earthquake magnitude)  $M$  來表示。 $M$  為小數一位之無名數， $M$  最大者達 8.6 左右，而最小者可能達  $-2$  左右 [1]。

據萩原 (Hagiwara) [6]，以  $M$  可以定名地震如表一。通常人體能感到者，大部分為  $M 4$  至  $6$ ，而  $M 3 \sim 4$  者，僅在震央附近的人才能感覺到。爲了



圖五 1973 年 3 月 1 日至 31 日嘉南地區微小地震分佈 [4]

Fig. 5. Distribution of microearthquake from March 1 to 31, 1973, in Chiayi-Tainan area [4]



圖五：臺灣地區主要地震分佈圖 (1936-1973) [5]

Fig. 5. Distribution of major earthquakes in Taiwan region (1936-1973) [5]

方便起見， $M3$  以上之地震叫做主要地震 (major earthquake) 以便與微小地震有所區別。

據古騰堡 (Gutenberg) [7]，地震能量  $E$  與地震規模  $M$  之間有下式關係，

$$\log_{10} E = 11.8 + 1.5M \quad (1)$$

由此式可知， $M$  相差 1.0，能量相差  $10^{1.5}$  倍，即約 32 倍。例如  $M 7.0$  之地震能量為  $M 6.0$  之約 32 倍，而為  $M 5.0$  地震之 1,000 倍，而為  $M 3.0$  之 1,000,000 倍。由此可知，微小地震雖然其次數很多，但其釋放之能量總和却不比一次主要地震大。

規模在  $M$  與  $M + dM$  之間的次數  $N$  與規模  $M$  之間有古騰堡——李克特 (Gutenberg-Richter) 之有名經驗公式 [8]，

$$\log_{10} N(M) = a - bM \quad (2)$$

英文 microearthquake 有一些人，譯為「微震」，但據中央氣象局震度階級分類 [1]，微震為 I 級地震，即表示  $M 3$  以上之地震，故著者希望使用「微小地震」以便和有感地震 I 級者區別。

上式中  $a, b$  為常數。 $b$  值在臺灣為 0.95 [2]，故規模減小 1，其次數即增加約 10 倍。此式原係適用於主要地震，但對於微小地震亦可適用 [9]。徐氏 [2] 獲得在臺灣之  $M 4.0$  地震年平均次數

表一 以規模  $M$  分類之地震名稱

名	稱	$M$
大地震 (large earthquake)		$M \geq 7$
中地震 (medium earthquake)		$7 > M \geq 5$
小地震 (small earthquake)		$5 > M \geq 3$
微小地震 (microearthquake)		$3 > M \geq 1$
極微小地震 (ultra-microearthquake)		$1 > M$

為 2 次左右，由此可知  $M$  2.0 微小地震年平均發生次數約為 2,000 次。

石本——飯田 (Ishimoto-Iida) [10]，於 1939 年做微小地震觀測時，發現地震記象上最大振幅在  $A$  與  $A + dA$  之間的次數  $N(A)$  與振幅  $A$  之間有下式關係，

$$N(A)dA = KA^{-m}dA \quad (3)$$

上式中  $K$  和  $m$  為常數。

由(2)式可得，

$$N = \text{Const.} \times 10^{-bm} \\ \therefore N(M)dM = \text{Const.} \times 10^{-bm}dM \quad (4)$$

另一方面，石本——飯田公式(3)可寫做，

$$N(A)dA = \text{Const.} \times 10^{-m}dA \quad (5)$$

由規模之定義可得，

$$M = \text{Const.} + \log_{10} A \quad (6)$$

$$\therefore A = \text{Const.} \times 10^M \quad (7)$$

因此(5)式變成，

$$N(A)dA = \text{Const.} \times 10^{-mM} dA$$

(7)式代入此式可得，

$$N(M)dM = \text{Const.} \times 10^{-mM} \frac{dA}{dM} dM \\ = \text{Const.} \times 10^{-(m-1)M} dM \quad (8)$$

(4)式和(8)式相比較可得，

$$b = m - 1 \quad (9)$$

也就是說，石本——飯田公式與古騰堡——李克特公式實質上表示相同意義，故(3)式亦可適用於主要地震。即有關規模與其發生次數之關係以及最大記象振幅與其觀測次數之關係式，不分地震之大小均可適用。

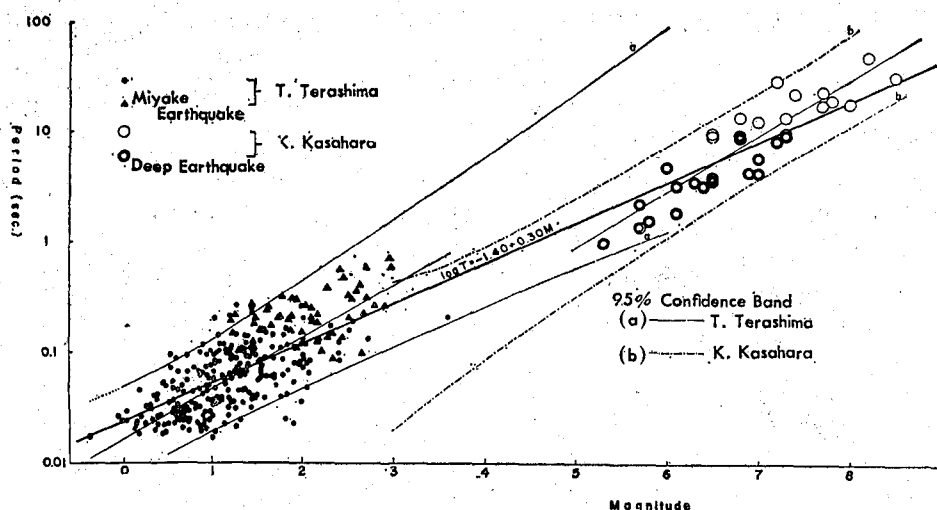
微小地震之發生次數相當於時間軸縮短情況下之主要地震發生次數。同理微小地震波動之週期也可以當做主要地震波動週期之時間軸縮短者。關於微小地震波動之卓越週期 (prevailing period)，波譜 (spectrum) 與地震規模之關係，有寺島 (Terashima) [11] 之詳細研究。

圖六表示地震規模  $M$  與 初動卓越週期  $T_p$  之關係，而亦可由下式表示，

$$\log_{10} T_p = -1.40 + 0.30M \quad (10)$$

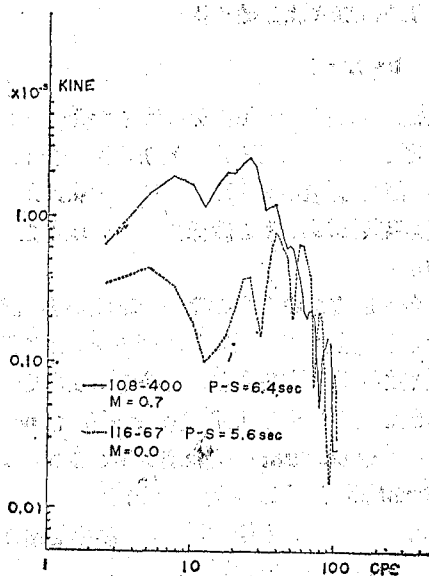
由此式可連結主要地震和微小地震 ( $M 8 \sim 0$ ) 之規模  $M$  與初動卓越週期  $T_p$  之關係。即隨着地震規模變小，卓越週期依 (10) 式變短。我們知道以一定張力支持之弦長愈短，其振動數愈高。由此可推測地震波動之卓越週期與震動源有關。

此外選擇  $S-P$  時間相差不多，而不同規模地震初動之波譜相互比較結果如圖七 [11]。 $S-P$  時間相同表示，衰減之影響相同，在短週期 (高頻



圖六： $0 \leq M \leq 8$  地震初動之卓越週期與規模之關係 [11]

Fig. 6. The relation between the prevailing period of first motion of earthquakes ( $0 \leq M \leq 8$ ) and its magnitude [11].



圖七：不同規模 S-P 時間約六秒地震初動之波譜比較[11]

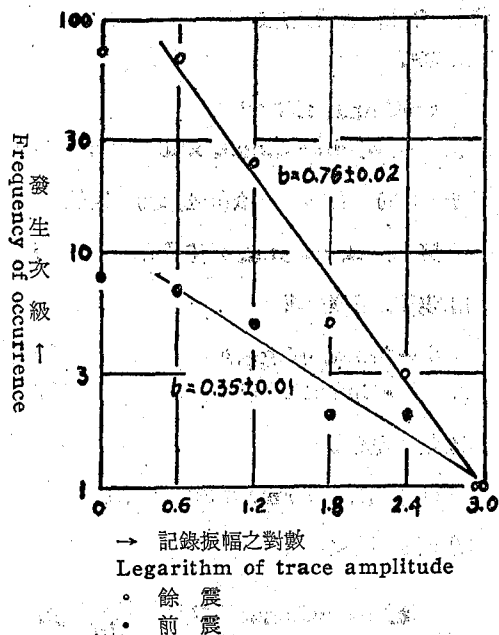
Fig. 7. The comparison of the spectra of the microearthquakes with S-P=6. sec for different M.[11]

率)部分,兩者一致,而在長週期(低頻率)部分可看出兩者之差異。即從波譜或卓越週期之觀點看,微小地震與主要地震比較,並無異質之點,故可以統一地了解。

其次關於前震(foreshock)和餘震(after-shock)發生情況,亦待微小地震之研究後,逐漸明白。前震發生次數比餘震發生次數少的很,且 b

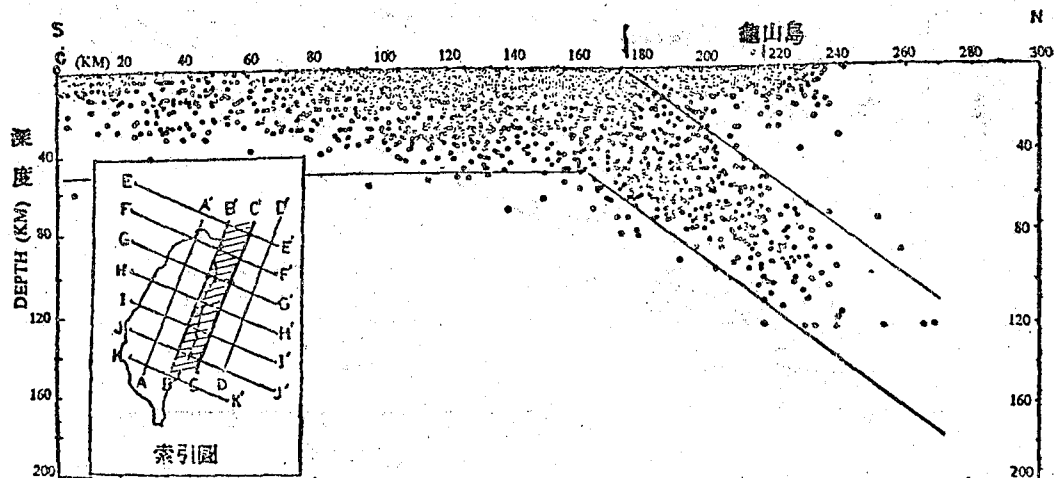
值較小,也就是說,規模較小地震次數與規模較大地震次數之比率較小,如圖八[12]。

末廣等(Suyehiro et al., 1964)[12],於1964年1月22日在松代發生之 M 3.3 小地震所伴隨之前震與餘震計算 b 值不同之情形。餘震之 b 值為 0.76 和主要地震之 b 值差不多,但前震之 b 值為 0.35,只有餘震之一半而已。這個事



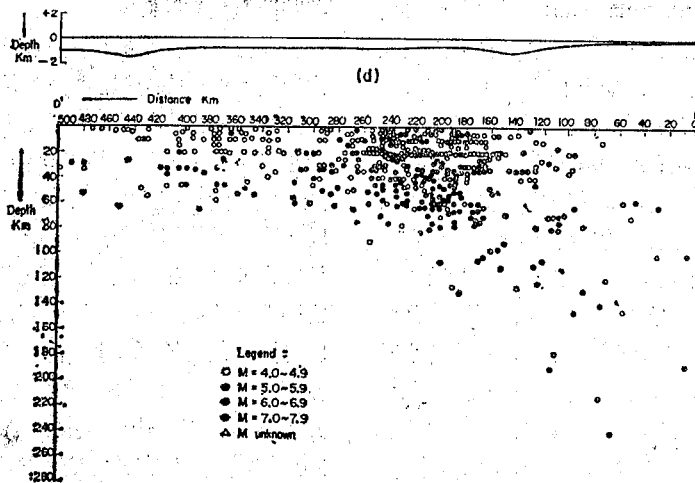
圖八：前震和餘震 b 之值比較[12]

Fig. 8. Comparison of b values of foreshocks and aftershocks [2]



圖九：微小地震震源沿東部沿海 c-c' 剖面上之投影[14]

Fig. 9. Hypocentral projection along East Seismic Zone (microearthquakes)[14]



圖十：主要地震震源沿東部地震帶垂直面上之投影[2]

Fig. 10. Hypocentral projection along East Seismic Zone (major earthquakes) [2]

實與茂木 (Mogi) [14]，所做的室內破壞實驗所獲得的結果吻合。末廣之研究如使用主要地震資料，不知要待多久才能完成，或者永遠無法研究。

關於微小地震垂直分布有蔡氏等 [14] 之研究，圖九表示沿臺灣東部沿海之剖面圖。徐氏 [2] 使用主要地震所繪的剖面圖如圖十，兩者很相似。和前面所述之水平分布（參考圖四及圖五）綜合，可以作為結論，即微小地震之空間分布與主要地震之空間分布並無兩樣。

微小地震亦和主要地震一樣，也可以解析發震機制 (focal mechanism)。據淺田 (Asada) [15] 之研究，微小地震之發震機制，其規模較大者顯示與主要地震相同機制，但其規模較小者，主壓力之方向與主要地震者不一致，而顯示紊亂。此關鍵值隨着各地方而不同，在日本松代地方，此值為  $M 2.0$ 。

綜合以上微小地震之研究結果，關於規模與其發生次數，波動之卓越週期，震源之空間分布，前震與餘震，發震機制以及地震體積 (earthquake volume) 等種種性質，主要地震至微小地震係由簡單的關係所連結。因此微小地震與主要地震相同，基於地殼或者地函 (mantle) 上部活動之構造性原因而發生，本質上沒有區別的理由。只因微小地震之規模較小，故波動不能到達較遠處，且無長週期成分，其利用價值雖有限制，但其資料集積速度較快，可以充分補償其缺點。

### 三、微小地震活動之意義

由前節我們知道，關於微小地震除了其規模較

小之外，不需要和主要地震區別。因此要了解某一地區之地震活動度 (seismicity or seismic activity)，如使用微小地震觀測網來測量，所需時間即 2~3 週就可以。與主要地震觀測相比較，時間上相差太多，可以節省許多時間，非常方便。因此十幾年來，微小地震之觀測和研究受到了重視。

例如奧利哈等 (Oliver et al.) [16]，使用攜帶型高靈敏度短週期地震儀，測量北美大陸內華達 (Nevada) 及阿拉斯加 (Alaska) 等州之微小地震。他們以一天之微小地震數做為某地點之微小地震活動度 (microseismicity)，而發現微小地震數之分布與歷史上應變釋放 (strain release) 之地理分布吻合。此外在阿拉斯加馬金雷 (Mc Kinley) 山附近觀測結果顯示，在斷層附近每天測到 20 至 30 次微小地震，但離開斷層 10 英里外就沒有發生微小地震。

浦隆和阿連 (Brane and Allen) [17] 在南加州聖安德瑞斯斷層系統 (San Andreas Fault System) 所做的微小地震測量結果顯示，其活動度與斷層之蠕動 (creep) 有相關存在。其中最值得注意的是，在此斷層線中，1857 年發生大地震部分現在沒有測到一次微小地震。

從板塊構造學 (plate tectonics or new global tectonics) [17] 觀點而論，在海嶺 (ocean ridge) 新生的板塊 (plate) (或岩石圈 (lithosphere)) 向海嶺兩邊擴張，而海嶺本身由

許多變移斷層 (transform fault) 切斷。淺層地震即發生在這些斷層上。其最顯著之例子為聖安德瑞斯斷層，其事實可以做如下的解釋。即聖安德瑞斯斷層經過一億年以上之蠕動結果產生數百公里以上之相對位移。在此斷層系統發生之主要地震與蠕動有密切關係。對於微小地震而言，亦可能有同樣密切關係存在。斷層系統整體以每年 1 公分左右的速度蠕動。如果斷層系統之一部固着，此時對於斷層整體之應力就集中在此一部分。因為斷層兩邊固着的關係，在這裡雖有應力作用，但不產生小破壞，也就是說微小地震也不會發生。在固着部分所蓄積的能量超過此地岩石所能承受的限界時，就發生大地震。1971 年 2 月 9 日聖非南都 (San Fernando) 地震就是發生在沒有發生過微小地震之地域。大地震發生以前，主要地震活動減低的情況在臺灣 [2] 或日本常常被人指出 [19]。大地震發生直前，在此地域沒有微小地震活動的事實，可以說是一重要發見。另有一例是日本關東地方南部，過去雖有過大地震發生，但現在幾乎沒有微小地震。因此微小地震在板塊構造論上，亦可扮演重要角色。

另一方面，在日本 1891 年濃美大地震發生後，在震源域微小地震尚在繼續發生之中 [19]。此外松代羣生地震發生中，微小地震繼續發生之地區，在數月以內發生了 M 5 左右之地震數次 [15]。此事實和上述美國加州觀測結果，互相矛盾。即

(i) 大地震發生直前，微小地震也沒有發生 (美國加州)。

(ii) 大地震後且餘震活動停止後，還有微小餘震之發生 (日本濃美地方)。

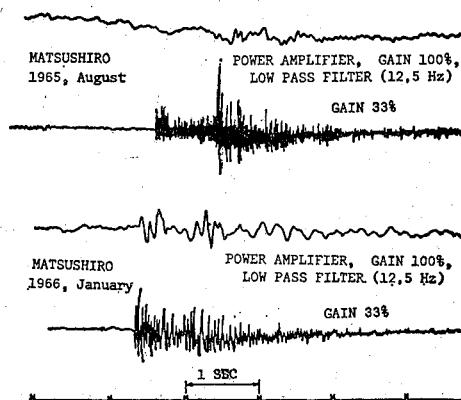
這種重大差異，目前的推測是，因地殼之性質不同而發生。據茂木 (Mogi) [13] 之岩石破壞試驗，適當不均勻之岩石試料加以力量後，就發生許多小破壞後再發生大破壞。非常不均勻時，只發生小破壞而不發生大破壞，非常均勻時，不發生小破壞而突然發生大破壞。由此試驗結果類推，松代地區之地殼是不均質，而關東南部可能較均質。

要闡明此問題，必須繼續研究微小地震活動與地體物理學 (tectonophysics)，與板塊構造學以及局地地殼構造等之關係，才會找到問題之線索。

在進行上述問題之研究以前，必須先了解局地地殼構造，Q 值 (quality factor) [20] 之局地分布，應力下降 (stress drop) 之局地分布以及

其時間變化等問題。

Q 值為一無因次參數，以彈性體表示某一物質之性質。例如完全彈性體 Q 值為  $\infty$ 。此值亦表示波動衰減之大小。應力下降是從震源斷層模型錯開理論 (dislocation theory) 之研究而發展之概念，顯示斷層產生時，「跳動」之強弱。跳動較強時，產生較高周波數之波動，而較弱時產生較低周波數之波動。也就是說，應力下降之高低表示地殼之強弱。圖十一表松代羣生地震之初期 (1965 年 8 月) 及最盛期 (1966 年 1 月) 之地震紀錄，而兩者之地震規模及 S-P 時間大約相等 [19]。由此圖可知，在初期地震波動中 100 Hz 以上之波動比較優勢，但在最盛期較低周波數之波動比較卓越而無法檢出 100 Hz 以上之波動。其後之記象逐漸回復較高周波之成分。即在松代羣生地震初期應力下降較高，而在最盛期減低，然後逐漸變高。此事表示，羣生地震發生之初期，地殼較緻密且強硬，而發生羣生地震後產生許多裂縫，而在最盛期地殼變弱，然後地殼再度固着之中。



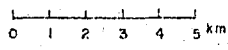
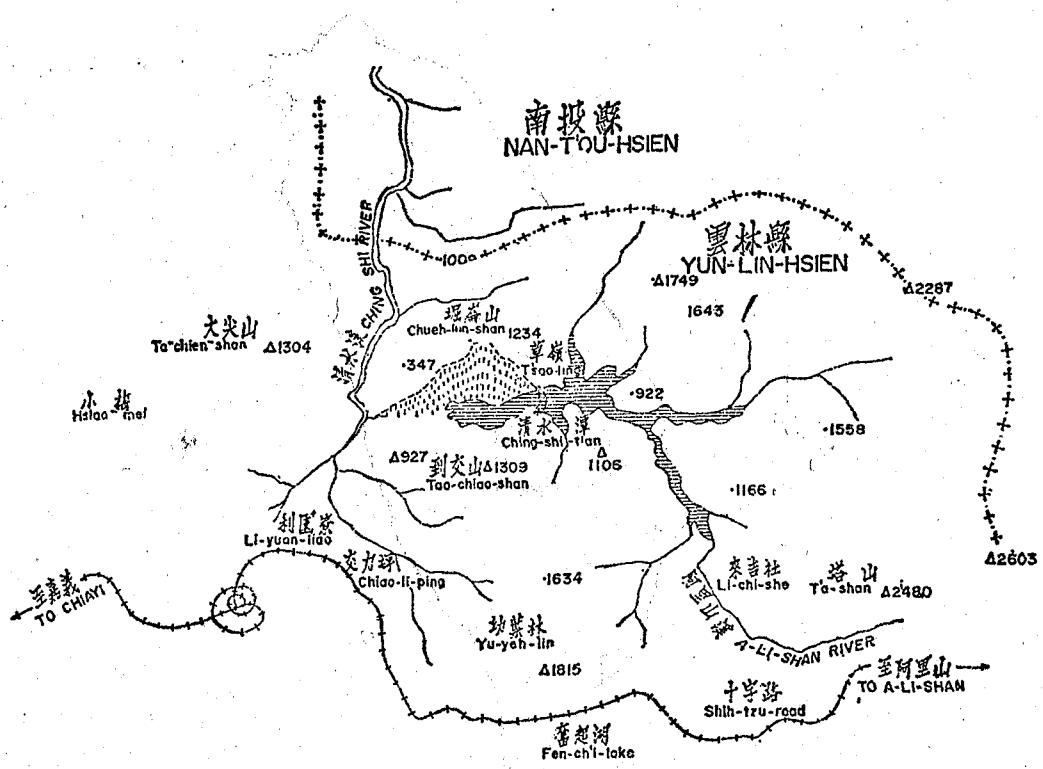
圖十一：松代羣生地震初期 (上) 和最盛期 (下) 之微小地震記象圖 [19]

Fig. 11. Seismograms of Matsushiro earthquake swarm, beginning (upper) and highest activity (lower) [19]

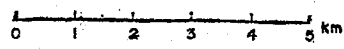
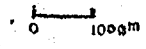
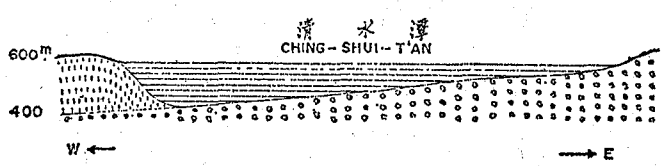
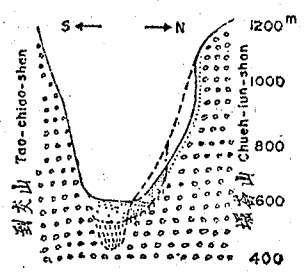
總而言之，微小地震之活動具有主要地震活動相同之意義，而與地體構造有密切之關係。

#### 四、草嶺附近之微小地震活動

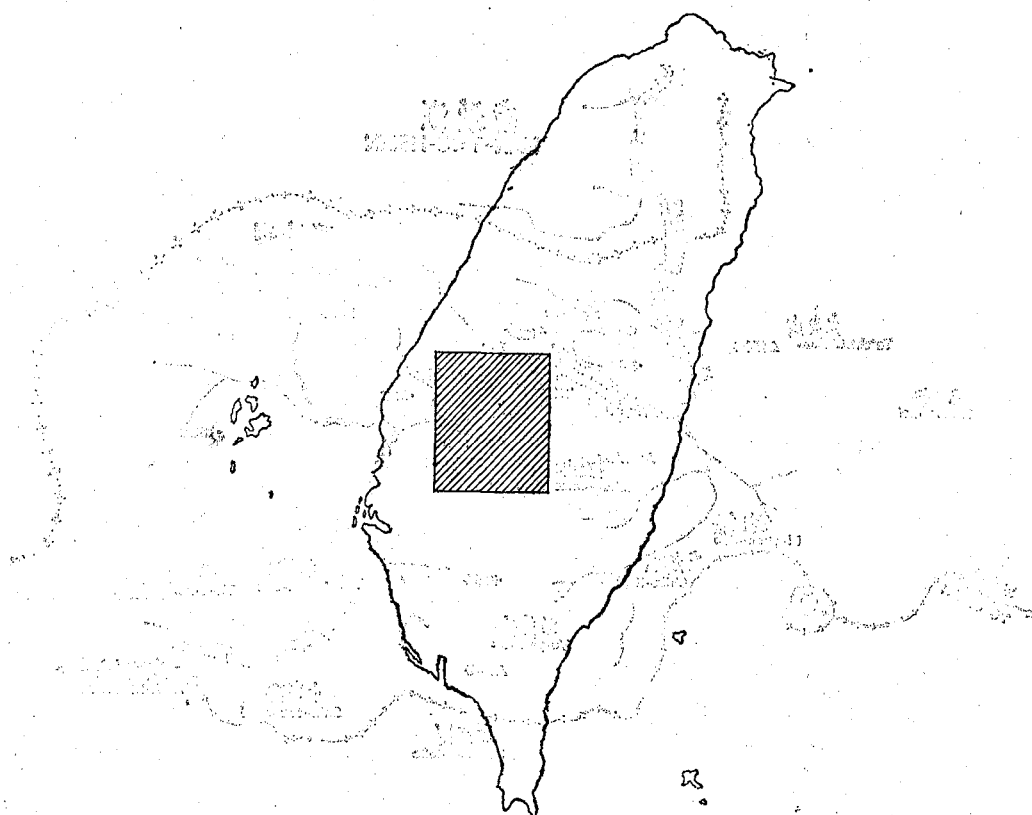
草嶺是屬於雲林縣古坑鄉的一個村，位於清水溪 (臺灣最長的濁水溪之支流) 上游阿里山溪之右岸，四周山巒環抱，略屬盆地如圖十二，十三及十四。



縣境 COUNTY BOUNDARY	崩塌 COLLAPSED SOIL
河川 RIVER	湖澤 LAKE WATER
山岳 MOUNTAIN	原谷壁 ORIGINAL VALLEY WALL
鐵路 RAILROAD	第一次谷壁 PRIMARY VALLEY WALL
砂岩基盤 SAND STONE BED ROCK	第二次崩塌 SECONDARY COLLAPSED SOIL



圖十二：1941 年 12 月 17 日嘉義烈震地變圖  
Fig. 12. Ground effects due to December 17, 1941. Chiayi Earthquake



圖十三：草嶺附近位置圖

Fig. 13. Location of Tsaoling area

從歷史記載，諸如臺灣府誌，諸羅縣誌，彰化縣誌，雲林采祥冊，淡水縣誌，澎湖縣誌，重纂福建通誌以及荷據時代荷人典籍之中，能找到崇禎十七年（1644 年）以後地震儀觀測（1897 年）以前發生之破壞性大地震及主要地震之記載〔2〕。

其中較大者為永歷八年（1654 年），乾隆四十一年（1776 年），道光十九年（1839 年），道光二十年（1840 年），咸豐十一年（1861 年），光緒十四年（1884 年）等地震。而值得注意者，其中 1840 年，1861 年，1881 年等地震時，在雲林縣內大尖發生了大山崩。

有地震儀觀測以後至 1935 年為止，以草嶺為中心半徑 40 公里內所發生主要地震計有 15 次，其中顯著地震 a（有感距離半徑大於 300 公里之地震）2 次，稍顯著地震 b（有感距離半徑為 200 公里以上 300 公里以下之地震）6 次，小區域地震 C（有感距離半徑 100 公里以上 200 公里以下之地震）7 次如圖十五所示。顯著地震為 1906 年 3 月

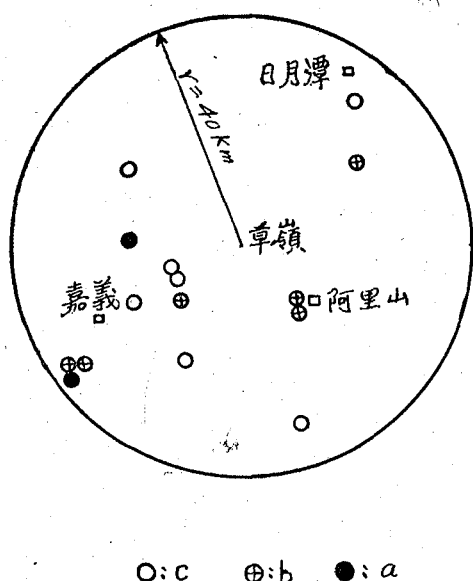
17 日嘉義裂震及同年 4 月 14 日鹽水港裂震，均引起大災害，且前者產生梅仔坑地震斷層。

其後地震設備加強，中央氣象局測震網之地震檢知能力亦提高，所觀測之地震次數就增加如圖十六所示。此圖表示地震規模  $M$  5.0 以上之地震分布，於草嶺為中心 40 公里以內計有 34 次。其中有一次  $M$  大於 7.0，一次  $M$  大於 6.0 而小於 7.0。

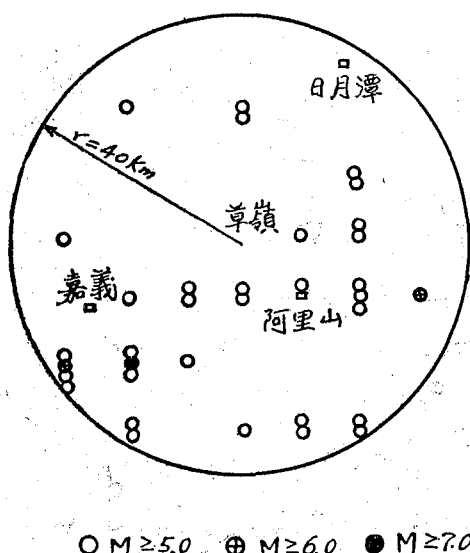
最大者為 1941 年 12 月 17 日嘉義裂震，其規模  $M$  為 7.1，造成大災害。在草嶺發生大山崩，崩落沙石將清水溪上游阿里山溪下游阻塞，形成震生湖「清水潭」。圖十二表示地變情況。更詳細地說，大山崩發生在掘崙山，海拔為 1,234 公尺與其南側對面之 1,309 公尺到交山形成「V」字河谷。阿里山溪下游，由東向西流，經此河谷與清水溪上游合流。掘崙山面對河谷一面山勢陡峻，而該地地層由綠灰岩及暗灰色砂岩所組成少夾頁岩，上覆暗色表面上，故土質較鬆，一遇激烈震動容易崩坍



**Fig. 14. Distribution of microearthquakes near Tsaoling.**



圖十五：草嶺附近主要地震之分布 (1897-1935年)  
Fig. 15. Distribution of major earthquakes near Tsaoling (1897-1935)



圖十六：草嶺附近主要地震之分布 (1936-1977年)  
Fig. 16. Distribution of major earthquakes near Tsaoling (1936-1977)

。草嶺震生湖的形成係由堀崙山崩坍下來之岩塊，泥土阻塞阿里山溪所造成之一天然水壩。其東西長達 7 公里，濶為 800 公尺，深達 160 公尺。1951 年 5 月 19 日因連日來之大雨，堤防崩壞而在二水，斗南等地造成水患。此外據古老之言，在這裡約 80 年前（即 1861 年南臺灣大地震，死者千餘

人）也因地震發生大山崩。在 1941 年大山崩發生前，東西走向的長度約一公里斷崖係其痕跡[21]。

圖十四係根據中央研究院地球科學研究所籌備處出版之臺灣地震紀錄自 1973 年至 1977 年所繪製之微小地震分布圖。其範圍為東西約 55 公里，南北約 65 公里。在此範圍內有許多河流，諸如濁水溪，北港溪，朴子溪，八掌溪，曾文溪及高屏溪等之支流。

由此圖很容易發現，微小地震之分布與河流的分布之間有非常密切之關係。尤其是清水溪，那馬憂班溪，大埔溪上游，楠梓仙溪及荖濃溪等。由此可知微小地震之活動與局地地質構造之間，也有非常密切之關係。據筆者所知到目前為止，尚無此種報告。進一步可研究臺灣其他地區，甚至於在國外其他地區之情況，然後探討其成因。

## 五、結 語

主要地震觀測在臺灣，已實施八十餘年，但微小地震之觀測，只實施六年餘。本文介紹微小地震與主要地震之關係以及其活動之意義外，使用五年記錄繪製草嶺附近之微小地震分布，而發現許多微小地震沿河谷發生，也就是說，局地地殼構造如河谷與微小地震之發生有非常密切的關係。由此可知，微小地震不但與較大幅度之地體構造最密切關係，而且與較小幅度的局地地殼構造之間也有非常密切之關係存在。過去對於微小地震與局地地質構造之間所持的疑問，已揭開了一步。進一步要做的是，繼續研究這種關係是否在其他地區亦能成立而探討其因果關係。

## 參 考 文 獻

1. 徐明同 (1966): 臺灣地區地震活動，氣象學報，第 12 卷，第 4 期，31-51。
2. Hsu, M. T. (1971): Seismicity of Taiwan and some related problems, Bull Intern. Inst. Seis. Earthq. Eng., Japan, Vol. 8, 41-160.
3. 劉忠智、蔡義本 (1978): 臺灣自動測震網及地震研究觀測系統，中央研究院成立五十週年紀念論文集，319-353.
4. Yang, J. P. (1973): Earthquake activity in the Chiayi-Tainan area, Inst. of Physics, Academia Sinica, 25 pp.
5. Hsu, M. T. (1975): Report on the regional

- seismicity of Taiwan, *Inst. of Earth Sci., Acedemia Sinica*, 131 pp.
6. 萩原尊禮 (1966): 地震の預知, 187 頁。
7. Gutenberg, B. (1956): The energy of earthquakes, *Quart. J. Geol. Soc., London*, 110, 1-14.
8. Gutenberg, B. and C. F. Richter (1954): *Seismicity of the Earth*, 303 pp.
9. Asada, T. (1957): Observation of near-by microearthquakes with ultra sensitive seismometer, *J. Physics of Earth*, 5, 83-113.
10. Ishimoto, M., and K. Iida (1939): Observations sur les séismes enregistrés par le micro-seismographe construit dernièrement (1), *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 17, 443-478.
11. Terashima, T. (1968): Magnitude of microearthquake and the spectra of microearthquake waves, *Bull. Intern. Inst. Seis. Earthq. Eng., Japan* Vol 5, 31-108.
12. Sueyichiro, S., T. Asada and M. Ohtake (1964): Foreshocks and sftershocks accompanying a perceptible earthquake in central Japan, *Pap.ain Met. and Geophysics*, 15, 71-88.
13. Mogi, K. (1963): The fracture of a semi-infinite body caused by an inner stress origin and its relation to the earthquake phenomena (2nd paper), *Bull. Earthq. Res. Inst.*, Vol. 41, 595-614.
14. 蔡義本, 余水倍, 廖鴻彬 (1978): 臺灣兩個地熱區之微震活動, *科學發展月刊*, 第六卷第二期, 122-115.
15. 淺田 敏 (1967): 微小地震, 地震。第二輯, 第 20 卷, 第 4 號, 146-150.
16. Oliver, J., A. Ryall, J. N. Brune and D. B. Slemmons (1966): Microearthquake activity recorded by portable seismographs of high sensitivity, *Bull. Seis. Soc. Am.*, 56, 899-524.
17. Brune, J. N. and C. R. Allen (1967): A microearthquake survey on the San Andreas Fault System in southern California, *Bull. Seis. Soe. Am.*, 57, 277-296.
18. 徐明同 (1978): 地震發生之機制, *科學月刊*, 第 9 卷, 第 9 期, 42-48.
19. 寺島 敦 (1971): 微小地震研究の歴史的展望と今後の役割, 主要研究論文集, 日本建設省建築研究所, 29-43.
20. 徐明同 (1979): 地震學, 國立編譯館象主編, 黎明文化事業公司出版, 388 頁。
21. 臺灣總督府氣象 (1942): 嘉義地方烈震報告, 227 頁。

## 氣象學報徵稿簡則

- 一、本刊以促進氣象學術之研究爲目的，凡有關氣象理論之分析，應用問題之探討，不論創作或譯述均所歡迎。
- 二、本刊文字務求簡明，文體以白話或淺近文言爲主體，每篇以五千字爲佳，如長篇巨著內容特佳者亦所歡迎。
- 三、稿件請註明作者真實姓名、住址及服務機關，但發表時得用筆名。
- 四、譯稿請附原文，如確有困難亦請註明作者姓名暨原文出版年月及地點。
- 五、稿中引用文獻請註明作者姓名、書名、頁數及出版年月。
- 六、惠稿請用稿紙繕寫清楚，並加標點。如屬創作論著稿，請附撰英文或法、德、西文摘要。
- 七、本刊對來稿有刪改權，如作者不願刪改時請聲明。
- 八、惠稿如有附圖務請用墨筆描繪，以便製版。
- 九、來稿無論刊登與否概不退還，如須退還者請預先聲明，並附足額退稿郵資。
- 十、來稿一經刊登、當致薄酬，並贈送本刊及抽印本各若干冊。
- 十一、惠稿文責自負、詳細規定請據本學報補充稿約辦理。
- 十二、惠稿請寄臺北市公園路六十四號中央氣象局氣象學報社收。

(請參閱補充稿約)

保密防諜。

人人有責。

匪諜自首。

既往不究。

# 臺南地區日射量之分析

## *The Analysis of Solar Radiation in Tainan Area*

唐 榮 澤\*

*Rogn-Jizer Tang*

### ABSTRACT

The purpose of this paper is to analyze the solar radiation and to explore the relation between the solar radiation and sunshine hours in Tainan Area. The annual amount of solar radiation received in Tainan is about 14,000 Langleys with a maximum occurred in May and a minimum in December. However, the amount received in summer months from June to August is less than in May because of the effect of rainy season.

Using actual solar radiation under clear sky condition instead of the theoretical value in the linear equation of solar radiation and sunshine hours, the result becomes practical to great extent that the correlation coefficient between them reaches 0.9041. Additionally Such result should be able to be applied in the Southern Taiwan Area.

### 一、前言

太陽輻射受大氣變化所主宰，是農作物生長的主要能源。作物在水分及養分供給下，接受來自太陽輻射熱能進行光合作用，自發芽，生長至成熟之生育過程均需依賴太陽能，故日射之分佈與變化對農業極為重要。近年來科學進步，觀測儀器日趨精確，各國從事輻射能的研究亦愈多，我國在這方面尚鮮研究報導。本文係就近十年來利用較精密日射計在臺南所測日射資料，分析其變化及特性以求認識該地區日射性質。

### 二、資料及方法

本研究資料係取自1967年9月至1977年8月，臺灣糖業研究所農業氣象研究室（以下簡稱本所）所紀錄之水平日射量、日照，分析日射量異動，並試從無日射量觀測而以日照來估算日射量之可行性。

日射量及日照之測定：

(1)日射量測定儀器為美國 Eppley Laboratory, Inc. 出品之電動日射計 (Eppley pyr-

anometer)，測定波長在  $0.35 \sim 2.5 \mu$  之輻射能。太陽輻射能約均在此波長範圍內。

(2)日照係以約旦日照計 (Jordan Sunshine Recorder) 測定，為利用感光紙以紀錄日照時間。

### 三、測量輻射儀器及其誤差

電動日射計係用二種色澤不同合金線為感應熱能線圈，密封於玻璃球內，水汽不易侵入，波長在  $0.35 \sim 2.5 \mu$  間之輻射均可透過玻璃球射入，此型儀器較敏感，精密而耐用，惟經長時期使用，感應黑白線圈雖原係密封而是否有衰退，值得注意。本所自1967年8月起裝用電動日射計，分析近年來日射量紀錄，似逐年下降，其中可能含有儀器衰減誤差或日射量之減少，日射減少若干，因無標準儀器檢定，頗難查證。迄至1975年7月另購裝碇電池日射計 (Solar-A-Meter)，此儀係由太陽電池感應日射產生電流，與上述電動日射計之黑白線圈熱電偶感應不同，經比較二者紀錄，設最初三年 (1968-1970 年) 平均值為  $411.8 \text{ Ly/day}$  電動日射計儀器尚無衰弱而假定其紀錄可信，則以

\*臺灣糖業研究所農藝系助理研究員

表一：電動日射計（1968—1976 年）與矽電池日射計（1975—1976 年）年平均日射量紀錄  
值比較（每年 7 月至翌年 6 月）

Table 1. Comparison of annual average daily solar radiation (From July to June of the next year) between Eppley Pyranometer (1968-1976) and Solar-A-Meter (1975-1976) in Tainan area.

	日 射 量 Solar Radiation (Ly/day)									1975	1976
	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	比 平均值	比 平均值
電動日射計	399.4	424.2	411.7	389.8	375.2	354.8	348.3	360.3	358.7	-12%	-13%
矽電池日射計								389.6	387.4	-5%	-6%

\* 1968-1970 平均值 (Mean value) 為 411.2 Ly/day

1975 年及 1976 年（每年 7 月至翌年 6 月）兩年矽電池日射計及電動日射計紀錄值，與五年前平均值比較（表一），1975 年矽電池日射計低 5%，電動日射計則低 12%，而 1976 年矽電池日射計低 6%，電動日射計則低 13%。茲設校驗合格的新購矽電池日射計的紀錄可視為準確，則藉此推斷近五年來電動日射計可能已有儀器衰減約 7%，目前全球使用輻射儀最多者為價廉簡易之魯卑支式雙金屬片型，估計約佔 40%<sup>(6)</sup>，此型係由黑白兩色雙金屬片，利用吸熱不同原理而求得日射量，感應欠靈敏，並有傳動摩擦影響，據日本大田及篠原<sup>(1)</sup>（1963 年）檢定此類儀器原已有 10% 之誤差。本所曾將雙金屬片型儀器與電動日射計觀測值比較，因雙金屬片型儀器已經使用多年，其值比後者低 34%，誤差極大，未予採用。故本文所使用電動日射計紀錄，雖估計五年以來儀器性能逐年減退，誤差可能已達 7%，但仍不失為尚可採信之可用紀錄。

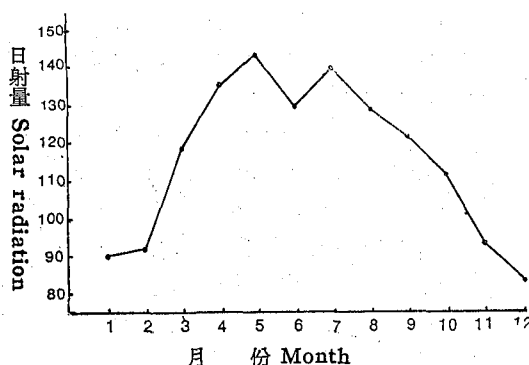
#### 四、日射量之變化

##### 1. 年變化

臺南全年日射量近十年平均為 138721.1 朗勒 (Langley, 簡作 Ly)，各月分佈（圖一）以 5 月最高，7 月次之，12 月最低。

因本所觀測站緯度 22°58' 已在北迴歸線以南，5 月已接近太陽正射（夏至 6 月 21 日太陽正射 23°27'），且為雨季始期以前，5 月平均雨日為 8.9 天，遠較 6、7、8 月每月平均之 16.0 天為少，雲量較少則減少日射透過大氣時被吸收或反射比率，致 5 月日射較 6、7、8 月為豐。12 月因近冬至（12 月 21 日），太陽角度最低，陽光斜射穿過

(100 Ly)



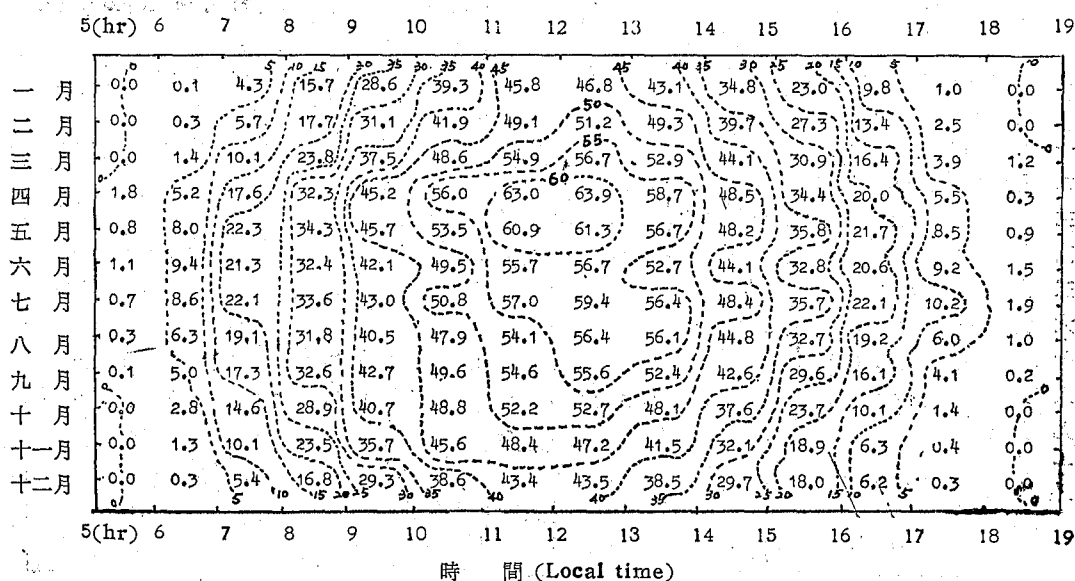
圖一 臺南平均日射量（1967年9月—1977年8月）

Fig. 1. Monthly mean solar radiation in Tainan area (Sept. 1967—Aug. 1977)

氣層最厚，故日射到達地面之日平均總量亦最小，與 5 月比較兩者相差 191.6 Ly（表二）。12 月僅為 5 月之 59%，如按各月所佔年百分率，亦以 12 月最小，5 月最高。若比較各月中某一日出現日射量最大之極端值，以 7 月最高達 704.5 Ly（1969 年 7 月 1 日），比同月日平均值高 57%，6 月極端值比平均值高 60%，但 5 月極端值 691.2 Ly，僅比 5 月日平均值高 50%，表示 5 月內日射量高，但變差小其變率為 11.0%，因臺南地區自 6 月進入雨季多雲雨，使到達地面之日射遇有雲雨時被空中水汽吸收及反射，變動較大，6 月內變率達 18.1%，為全年最高，7 月為 11.1%，8 月為 14.6%，故 6 月雖入夏季，亦為太陽正射本區，但其全月日射量反較 5 月為小，如雨季中遇無雲晴天，其日射量仍能比 5 月中一天之最大量為多，故日最大值在 7 月。

表二 臺南日射量紀錄值 (1967 年 9 月-1977 年 8 月)  
Table 2. Solar radiation (Sept. 1967-Aug. 1977, in Tainan area.

月 Month	月 平 均 Monthly mean (Ly)	百 分 率 Percentage (%)	日 平 均 Daily mean (Ly)	全月日最大 Max. per day of month (Ly)	標準偏差 Standard deviation (Ly/month)	月變率 Variability of month (%)
一 月	9071.1	6.5	292.6	481.5	718.4	7.9
二 月	9281.1	6.7	331.5	498.9	279.1	13.0
三 月	11835.9	8.5	381.5	577.5	1233.1	10.4
四 月	13530.0	9.8	450.1	642.0	1089.3	8.1
五 月	14320.1	10.3	461.9	691.9	1575.7	11.0
六 月	12903.1	9.3	430.1	687.0	2339.4	18.1
七 月	13951.3	10.1	450.0	704.5	1547.0	11.1
八 月	12829.3	9.3	413.8	638.8	1870.0	14.6
九 月	12115.5	8.7	403.9	592.0	945.3	7.8
十 月	11206.0	8.1	361.5	516.9	1040.6	9.3
十一月	9299.1	6.7	310.0	440.4	743.8	8.0
十二月	8378.6	6.0	270.3	379.2	901.2	10.8
全 年	138721.1	100.0	379.9	704.5	9391.0	6.7



圖二 臺南逐時平均日射量等值線圖 (1967年9月-1977年8月)

Fig. 2. Isopleths (Ly/hr) of hourly mean solar radiation in Tainan area.  
(Sep. 1967-Aug. 1977)

## 2. 日變化

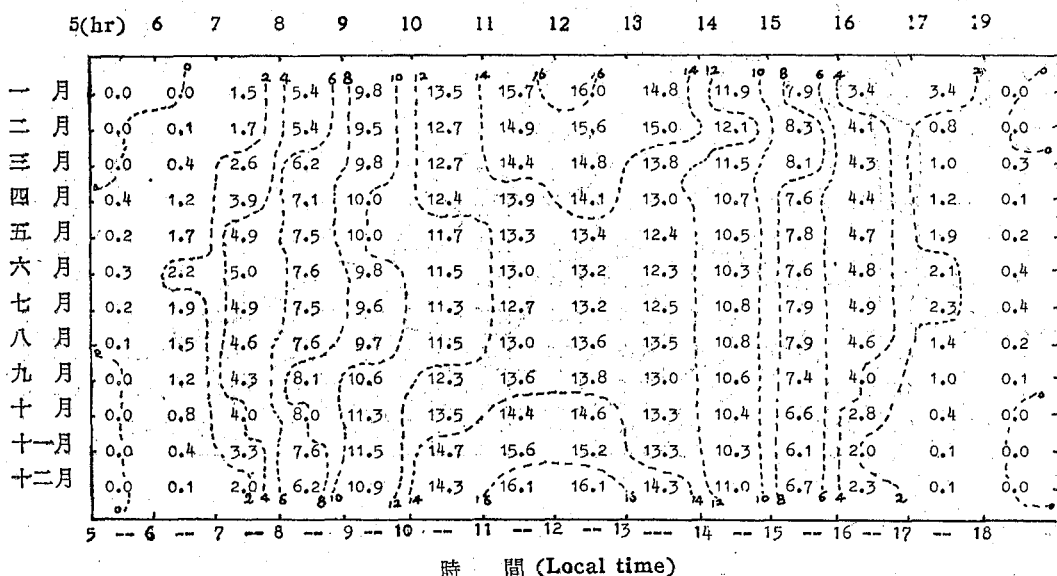
一日內日射量之變化，日出至日沒每日 6—18 時全年各月均測得有日射量，晨 5—6 間時，黃昏 18—19 時則僅在夏季有相當日射量，十年平均各月逐時日射量均以 12—13 時最強，全年中又以 4、5 月之 12—13 時為最強（圖二）。6 月正午為夏至太陽直射期，但平均值並非最高，係雨季雲量影響所致。每日逐時日射量增減變化亦不平均，冬季以 8—9 時遞增最盛，夏季提早至 7—9 時，冬季下午 15—17 時遞減最盛，夏季則延至 16—18 時，此為太陽輻射經過空氣層受空氣層厚薄差異影響。

蓋日射經過空氣層射至地面，因太陽天頂角（日射角）大小變化與所經過空氣層厚薄有密切關係<sup>(5)</sup>。假定全日 24 小時晝夜平分，12 時為正午太陽正當天頂，此時日射角為 0°，氣層厚度（Air Mass）為 1，日出為 6 時太陽正在地平線，日射角為 90°，日射經過氣層厚度極大（表三），則日出後至 6 時 30 分日射角為 82.5°，氣層厚度為 7.7。8 時日射角 60°，氣層厚度已減為 2.0，此不到二小時內日射角度變化不過 22.5°，而日射所經過氣層厚度變化已相差約四倍，8 時至 12 時日射角由 60°轉變為 0°（360°），而氣層厚度只減少一半。7、8 時

表三 日射角與所經氣層厚度之關係

Table 3. The relation between zenith angle and air mass.

日射角 Zenith angle	氣層厚度 Air mass	餘弦 Cosine	日射量 Solar radiation (Ly/min)	時間 Local time
0°	1.0	1.0	1.24	12:00 (noon)
48°11'	1.5	0.667	1.08	
60°	2.0	0.5	0.917	08:00 a. m. 16:00 p. m.
75°31'	4.0	0.25	0.533	
80°31'	6.0	0.167	0.334	06:30 a. m. 17:30 p. m.
83°12'	8.0	0.120	0.218	
90°	∞	0	0	06:00 a. m. 18:00 p. m.



圖三 臺南全日逐時平均日射量百分率等值線圖

Fig. 3. Isopleths (%) of the percentage of hourly mean solar radiation in Tainan area (Sept. 1967—Aug. 1977)



以前太陽輻射尚弱，輻射量不多，雖氣層變化大，惟影響日射總量不大，9 時以後日射雖強但氣層變差不大，其增減變化亦不如 8—9 時（冬季）或 7—9 時（夏季），故全日各小時日射量增減變化當以 7—9 時變化最大，同理下午應在 15—17 時變化最大。

分析一日內各時日射量之增減變化，下午遞減率平均較上午遞增為緩和。一日各小時日射量佔全日百分率（圖三），冬季（11 月至翌年 1 月）午間 11—13 時每小時日射量約佔全日 16%，夏季（6—8 月）平均 13%，冬季午間所佔百分率較夏季為高，因冬季日射量較夏季為少，且日出遲日落早，故午間日射所佔百分率相對增大。

### 五、日射與日照關係

日照為一日自日出至日沒一地受有陽光時間，不計光照強度，日射則為射至地面之總能量，二者雖所測單位不同，但有密切關係。1924 年 Ångström<sup>(2)</sup> 氏以日射量 (Q) 對理論日射量 (Q<sub>0</sub>) 之比與日照率 (n/N, n 為實際日照時數，N 為日長時數) 有直線關係，即：

$$\frac{Q}{Q_0} = a + b \frac{n}{N} \quad (1)$$

照①式中 Q<sub>0</sub> 為理論之日射量（即太陽射至地球大氣層以外者），僅視緯度不同而異，全球同緯度地區均為同值，臺南緯度為 22°58′，茲將 23°N 理論日射量 (Q<sub>0</sub>)<sup>(3)</sup> (表四)，與臺南十年 (1967—1977 年) 實際各月日射量 (Q)，日照率 (n/N) 代入①式求得臺南實際日射量 (Q) 對理論日射 (Q<sub>0</sub>) 之比與日照率 (n/N) 之關係式如②式，其兩者相關係數 r=0.8151 (已達 1% 之顯著標準)。

$$\frac{Q}{Q_0} = 0.3129 + 0.3138 \frac{n}{N} \quad (2)$$

事實上，各地氣候不同氣團性質亦不相同，在相同理論日射量 (Q<sub>0</sub>) 及日照率 (n/N) 情形下，所透過之實際日射量 (Q)，因各地空氣乾濕性質不同，必將有不同值，故一地之計算結果並不能應用於他地，如配合各地區氣候差異，將理論日射量 (Q<sub>0</sub>) 改為當地最大可能日射量 (Q'<sub>0</sub>)，其相關或可改善，茲以臺南地區實測十年日射資料中，逐日逐時選取完全無雲晴天之日射量作為最大日射量，由此所得日射量加以統計，代表在本地域氣候情況下可能達到之最強日射 (Q'<sub>0</sub>) (表四)，而理論上 23°N 之日射量如經過大氣層射至地面，即使空氣中完全無雲，也只有大約一部份能量到達地面，因即使完全無雲之空中仍含有水汽，二氧化碳，微塵與其他物質，均能反射，吸收與散射日射量，照臺南資料估算，大約 36%—42% 被吸收及反射，只有 58%—64% 能射達地面。

此項估算值之最大日射量 (Q'<sub>0</sub>)，與理論值 (Q<sub>0</sub>)，其各月變化趨勢略同，5 月值不及 6、7 月值，與上節討論臺南實測日射量值以 5 月最高不同，可見 6、7 月在理論上均有較大日射量。但照實際估算，其間差異變化，冬夏不同。臺南 6、7 月雖然無雲晴天，空氣中仍因含有水汽會影響 Q'<sub>0</sub> 值，而 Q'<sub>0</sub> 值係將理論 Q<sub>0</sub> 值加以當地氣候修正，故以 Q'<sub>0</sub> 值代替 Q<sub>0</sub> 值較能符合地區氣候性質，應能得較佳相關。茲將估算最大日射量 Q'<sub>0</sub> 替換②式中理論值 (Q<sub>0</sub>)，求得臺南實際日射量 (Q) 對估計最大日射量 (Q'<sub>0</sub>) 之比與日照率 (n/N) 之關係式如③式，其兩者相關係數 r=0.9041。

$$\frac{Q}{Q'_0} = 0.2745 + 1.0665 \frac{n}{N} \quad (3)$$

表四 臺南晴空日射量 (Q'<sub>0</sub>) 與緯度 23°N 理論日射量 (Q<sub>0</sub>) 之比較表

Table 4. Comparison of solar radiation between observed under cloudless sky at Tainan 22°58' N (Q'<sub>0</sub>) and the theoretical value at 23°N (Q<sub>0</sub>)

	日 射 量 Solar Radiation (Ly/day)												年平均
	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	
晴空日射量 (Q' <sub>0</sub> )	366.8	435.7	488.6	561.4	614.4	625.2	619.5	596.6	528.9	443.5	373.1	339.7	499.5
理論日射量 (Q <sub>0</sub> )	614.9	720.3	826.7	917.9	962.0	976.3	968.6	934.3	862.9	759.4	647.2	586.7	814.8
Q' <sub>0</sub> /Q <sub>0</sub>	0.597	0.605	0.591	0.612	0.639	0.640	0.640	0.639	0.613	0.584	0.577	0.579	0.613

表五 由日照時數估計民國 67 年臺南之日射量

Table 5. Estimated solar radiation (Ly/day) of sunshine hours in 1978, Tainan.

Item	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
估 計 值	276.5	294.9	284.8	314.4	395.3	470.7	465.9	365.5	356.1	260.4	268.8	247.6
實 測 值	261.7	291.8	281.7	321.5	365.4	440.0	403.9	331.0	337.5	267.4	253.1	216.9
誤 差	+14.8	+3.1	+3.1	-7.1	+29.9	+30.7	+62.0	+34.5	+18.6	-7.0	+15.7	+30.7
誤差/實測值 (%)	+6	+1	+1	-2	+8	+7	+15	+10	+5	-3	+6	+14

③式之相關係數 0.9041 比②式之相關係數 0.8151 為高，係估計最大日射量 ( $Q_0$ ) 已經含有當地氣候修正，故較用  $23^\circ\text{N}$  理論值 ( $Q_0$ ) 更具有代表性。張鏡湖<sup>(4)</sup>氏曾將夏威夷 Waipio, Makiki 的資料，按①式分別求得  $a=31.45$   $b=0.52$  及  $a=48.70$   $b=0.34$ ，此與上項②，③式所求得之臺南地區值並不一致，可說明在各地區氣候不同條件下，日射與日照率之關係亦有差異。

茲分別以 1978 年 1—12 月臺南實測之日照時數，代入③式，估算各月平均日射量值如表(五)，估計值與實測值誤差不大，全年誤差總平均值為 5.7%，故以日照時數估計日射量，尚可提供應用參考。

## 六、結 論

太陽輻射經過大氣層受到散射，反射與吸收等影響，再因各地空氣水分含量及雲層厚薄不同，致地面受到之日射量因地區與季節而有差別。臺南測得之日射量，一年中以 5 月最高，12 月最低，6、7、8 月雖在盛夏，但因值雨季多雲量，故日射量少於 5 月。一日內逐時日射量以午間 12—13 時最強，一年中以 4 月、5 月份尤強。每日各時變化率以早上 7—9 時及下午 15—17 時最大，夏季午間日射量雖多，但所佔全日日射總量之百分率反比冬季小，因冬季晝短夜長，其午間所佔全日總量之百分率反偏高，較夏季者為大。

日照可用以估計日射量，因日照觀測儀器較為簡便，價格亦低廉，資料容易獲得，目前日射量資

料極為缺乏，根據 Ångström 從日照估計到達日射量之關係式固可求得日射量，然因空中反射散射及水汽含量等影響因素，結果遠大於實際反射量。經以臺南平均最大日射量代替關係式中理論日射量所獲結果，大為改進，頗近實際，此項關係式應亦可應用於本省南部地區。

## 誌 謝

本文承蒙臺灣糖業研究所農藝系主任楊尚仁博士，農業氣象研究室主持人童文海先生鼓勵及提供寶貴意見，始克完成，謹此併致誠摯的謝意。

## Reference

- (1) 大田及篠原，氣象觀測手冊，人文書館。
- (2) Chang, J. H. 1968. Climate and Agriculture. Aldine, Chicago.
- (3) Chang, J. H. 1971. Problem and Methods in Agricultural Climatology. Orient Publish Company.
- (4) Chang, J. H. 1961. Micro-climate of Sugar Cane. Hawaiian planter's Records 56(3):3-5.
- (5) Gates, D. M. 1966. Spectral Distribution of Solar Radiation at the Earth's Surface. Science. 151 (3710):525.
- (6) George, O. G. L., John, A. D. and Clayton O. S. 1966. World Distribution of Solar Radiation. College of Engineering the University of Wisconsin.

## 民國六十七年颱風調查分析報告

### 第三號侵臺颱風 7823 號 姬拉

#### *Report on Typhoon "Ora"*

#### ABSTRACT

Ora, the 23rd typhoon originating in the northern Pacific Ocean in 1979, was a medium-scale typhoon and was listed as the 3rd one to sweep through Taiwan this year. Its center didn't enter Taiwan, but came near and moved along the east coast of Taiwan. In addition to the topographic lift, it coincidentally met with the prevailing northeast monsoon and typhoon circulation. Ora finally caused a severe flood in north and northeast of Taiwan.

Typhoon Ora initially derived from the northwest of Yap Island on the morning of Oct. 9. It developed as a tropical storm when the center arrived at  $17.2^{\circ}\text{N}$   $33.9^{\circ}\text{E}$ , then continued to pick up speed along a course of NW to NWN with speed of 20 km/hr. Ora was upgraded to a medium-scale typhoon at  $22.2^{\circ}\text{N}$   $123.6^{\circ}\text{E}$ . Being steered by the northern front system and restrained by the tropical storm—Nina staying to the west of Luzon Island, Ora's movement was almost stationary, sometimes spiral. After 02:00 P. m. on the 13th, Ora skirted slowly from the east coast of Taiwan to the north due to an upper-level trough. The pressure dipped to 940 mb and the max. speed near the center was 40 m/sec. On 02:00 p. m. of the 14th, Ora stopped at  $25.5^{\circ}\text{N}$   $123.1^{\circ}\text{E}$ , 190 km from the eastnortheast area of Taipei. It was integrated into the front system, then moved in a NW direction. Ora's intensity weakened as a tropical storm at 08:00 a. m. on the same date, and changed to the ENE. Having passed over the north of Okinawa, it dissipated into a tropical depression at 02:00 p. m. of the 15th, and ended its 126-hour lifespan.

During the period of invasion, the rainfall records observed by the observation stations of Central Weather Bureau indicated as follows: Tsoziwu 1286.5mm, Anpu 1147.7 mm, and about 600mm in Lanyoung area. The disaster reports investigated by the Taiwan Provincial Government and Taipei municipal Government were as follows: dead population 5, lost population 2, seriously injured 3, lightly injured 3, houses swamped 7, ships sunk 7, ships collided 30, destroyed dikes 290 meters, flooded farmland 40,000 hectares. Also there was much severe damage to communications.

## 一、前言

中度颱風炯拉 (ORA) 爲本年內發生於北太平洋區的第 23 個颱風，同時也是本年第三次侵襲臺灣的颱風。此颱風中心雖未直接登陸，但因中心離臺灣很近，且緊靠東部沿海進行，而當時適值東北季風盛行，形成東北季風及颱風環流雙重影響，加上受地形的抬升，造成臺灣北部及東北部地區的豪雨成災。

炯拉颱風發生於 10 月 9 日上午在雅浦島北方之熱帶性低氣壓發展而成，根據飛機偵察報告，此熱帶性低氣壓於 10 日上午發展成爲輕度颱風之後，即以每小時平均 20 公里的速度向西北至西北西進行，10 月 11 日 14 時，抵達北緯 20.0 度，東經 128.7 度，即在恒春東南方約 900 公里海面上時，其威力仍在繼續增強，而將對臺灣東部海面構成威脅，本局則於 11 日 15 時 30 分發布海上颱風警報呼籲臺灣東部海面、臺灣北部海面及巴士海峽船隻注意。當晚 20 時炯拉中心進抵北緯 21.0 度，東經 127.5 度，即在花蓮東南方約 730 公里之海面上逐漸接近臺灣東部，將對臺灣陸地有威脅趨勢，本局又於 21 時 15 分發布海上、陸上颱風警報，呼籲臺灣東部、東北部及北部地區陸上戒備。12 日下午起，此颱風由於受到在呂宋島西方海面之另一颱風妮娜的牽制作用及北方鋒面系統的影響，呈近似滯留並打轉後，於 13 日 2 時始脫離妮娜颱風的牽制，受鋒面系統導引沿着臺灣東部沿岸北上，並於 14 日 2 時抵達臺灣東北部海面時轉向東北進行，逐漸遠離臺灣，本局則於 14 日 9 時發布解除颱風警報，警報維持時間有兩天又 18 小時之久。

## 二、炯拉颱風之發生及經過

10 月 9 日上午 8 時，當 7822 號颱風妮娜 (NINA) 在呂宋島東方，即北緯 14.8 度，東經 124.8 度時，另在雅浦島西北方海面上，醞釀了一熱帶性低氣壓。此熱帶性低氣壓於 10 日 8 時抵達北緯 17.2 度，東經 133.9 度時，發展爲中心附近最大風速每秒 18 公尺，中心最低氣壓降爲 996 毫巴之輕度颱風經命名爲炯拉 (ORA)，即 7823 號颱風。此後繼續向西北至西北西平均時速 20 公里進行，威力逐漸增強，至 12 日 14 時，其中心進抵北緯 22.2 度，東經 123.6 度，即在臺東東南方約 280 公里之海面時，威力繼續增強爲中心最低氣壓

970 毫巴，中心附近最大風速每秒 33 公尺之中度颱風。當時炯拉颱風由於受到在呂宋島西方海面之另一輕度颱風妮娜的牽制作用及北方鋒面系統的導引，移動緩慢，近似滯留，而有打轉現象。至 13 日清晨兩點鐘以後，炯拉颱風脫離另一颱風妮娜的牽制受高空槽之導引沿着臺灣東岸轉向北緩慢進行，威力亦逐漸增強，其中心最低氣壓曾降至 940 毫巴，中心附近最大風速亦達到每秒 40 公尺。

炯拉颱風於 14 日 2 時中心位置在北緯 25.5 度東經 123.1 度，即在臺北的東北東方約 190 公里海面時，即納入鋒面系統轉向東北進行，其威力於當天 8 時減弱爲輕度颱風後迅速向東北東移動，通過琉球北部海面，於 15 日 14 時進入日本四國南方海面減爲熱帶性低氣壓，結束了 5 天又 6 小時的生命史。

此次颱風自 12 日 12 時起其中心則由花蓮及琉球之石垣島，宮古島等各氣象雷達所掌握。表 1 爲炯拉颱風期間各氣象雷達站之颱風中心定位比較表。圖 1 a-j 爲炯拉颱風期間由花蓮雷達所拍攝的颱風照片。表 2 爲炯拉颱風飛飛機偵察報告及衛星觀測資料。

## 三、炯拉颱風路徑與天氣

### 圖形勢之分析論

炯拉颱風於 10 日上午形成爲輕度颱風之後，即以平均時速 20 公里左右向西北~西北西進行，至 12 日上午進行速度減慢，傍晚起即呈滯留狀態，於翌(13)日清晨始，沿着臺灣東部沿海緩慢北上，並於 14 日上午轉向東北運行，當天下午即再度轉爲東北東迅速進行，15 日下午抵達日本四國南方海面時，其威力減弱爲熱帶性低氣壓。炯拉颱風之路徑爲一拋物線型路徑，如圖 2。茲將炯拉颱風期間各種天氣圖形勢與路徑之關係分析討論如下：

#### (一)地面及高空天氣圖形勢：

炯拉於 10 月 8 時形成颱風至 12 日 8 時之輕度颱風階段期間，由地面天氣圖形勢顯示，與其西側之 7822 號颱風妮娜略呈東西排列，而妮娜颱風即向西緩慢進行，炯拉之西北方，印東亞大陸一帶均爲大陸高氣壓所籠罩，其東北側即有鋒面系統，起自日本南方海面向西南延伸至臺灣東方海面，如圖 3a, b, c。單由地面之氣壓分布情形而論，炯拉隨其西側妮娜而向西進行的機率甚大，但當時之 500 毫巴高空圖形勢顯示 (如圖 4 a.)，在日本東

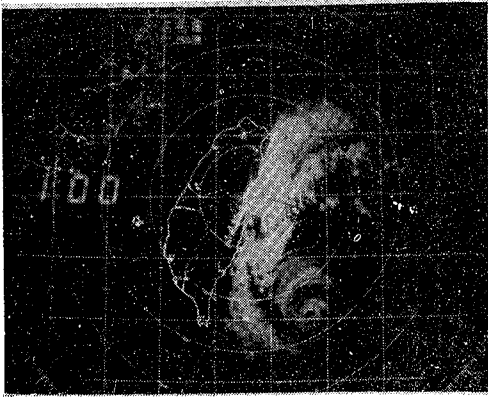


圖 1 a. 67 年 10 月 13 日 01 時花蓮雷達所拍攝  
Fig 1 a. View of Hualien PPI radar scope  
on 121700Z, OCT. 1978

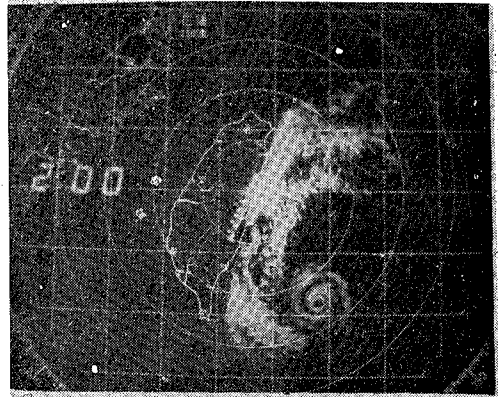


圖 1 b. 67 年 10 月 13 日 02 時  
Fig 1 b. View of Hualien PPI radar scope  
on 121800Z, OCT. 1978.

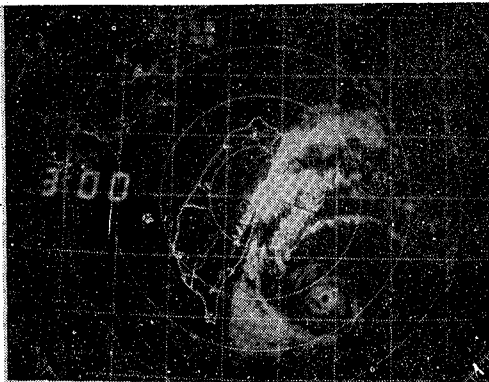


圖 1 c. 67 年 10 月 13 日 03 時  
Fig 1 c. View of Hualien PPI radar scope  
on 121900Z, OCT. 1978.

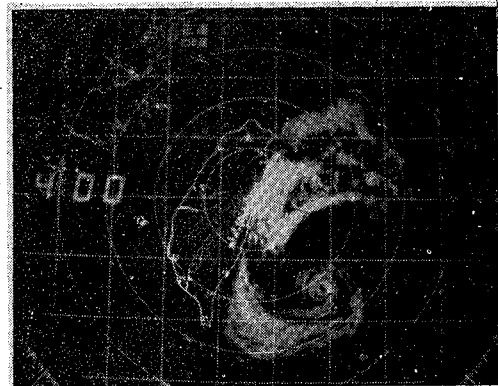


圖 1 d. 67 年 10 月 13 日 04 時  
Fig 1 d. View of Hualien PPI radar scope  
on 122000Z, OCT. 1978.

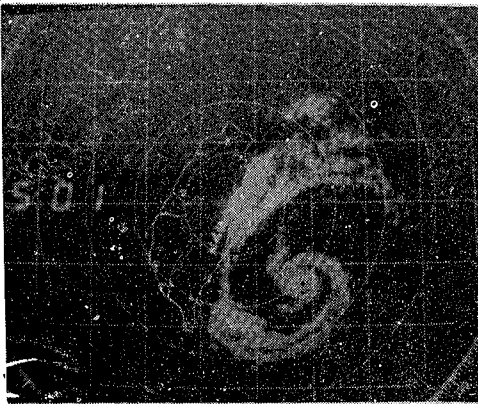


圖 1 e. 67 年 10 月 13 日 05 時  
Fig 1 e. View of Hualien PPI radar scope  
on 122100Z, OCT. 1978.

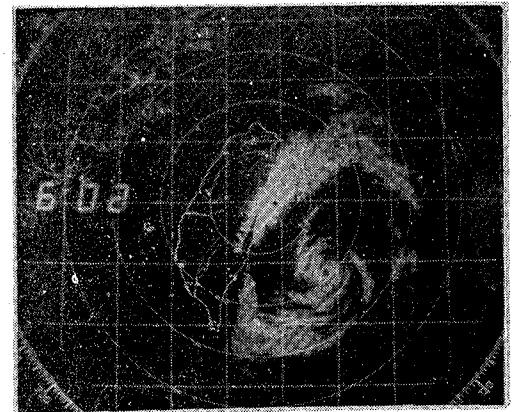


圖 1 f. 67 年 10 月 13 日 06 時  
Fig 1 f. View of Hualien PPI radar scope  
on 122200Z, OCT. 1978.

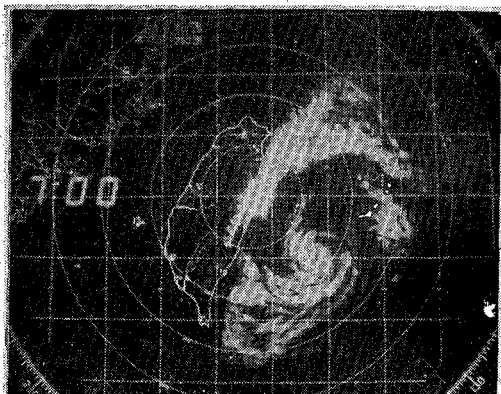


圖 1 g. 67 年 10 月 13 日 07 時  
Fig 1 g. View of Hwalien PPI radar scope  
on 122300Z, OCT. 1978

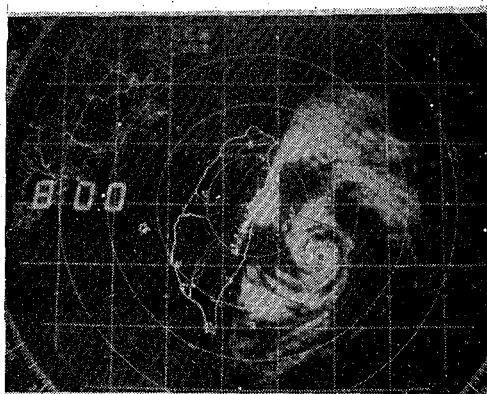


圖 1 h. 67 年 10 月 12 日 08 時  
Fig 1 h. View of Hwalien PPI radar scope  
on 130000Z, OCT. 1978.

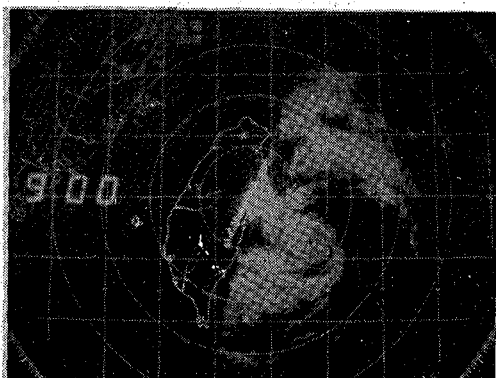


圖 1 i. 67 年 10 月 13 日 09 時  
Fig 1 i. View of Hwalien PPI radar scope  
on 130100Z, OCT. 1978

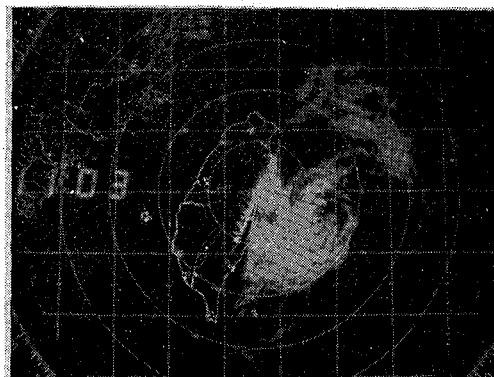


圖 1 j. 67 年 10 月 13 日 11 時  
Fig 1 j. View of Hwalien PPI radar scope  
on 130200Z, OCT. 1978.

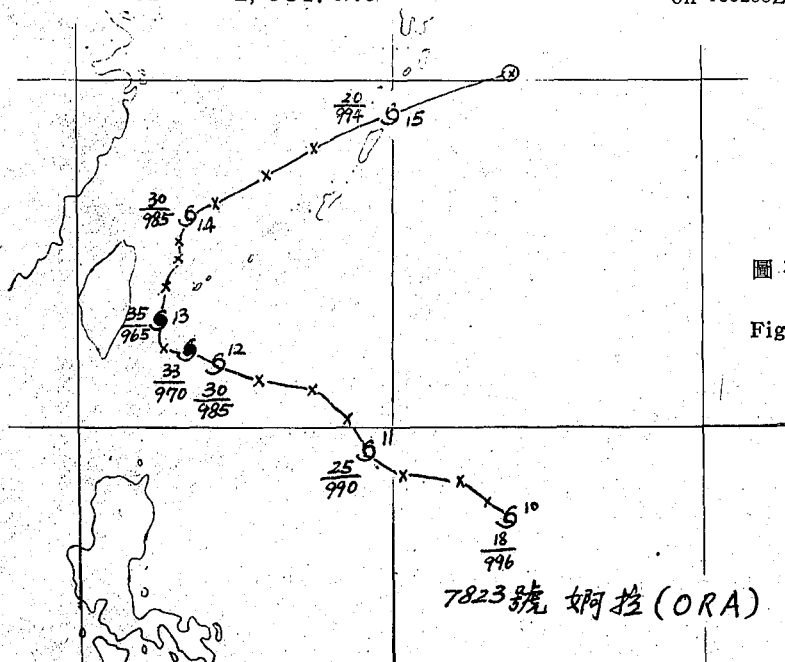
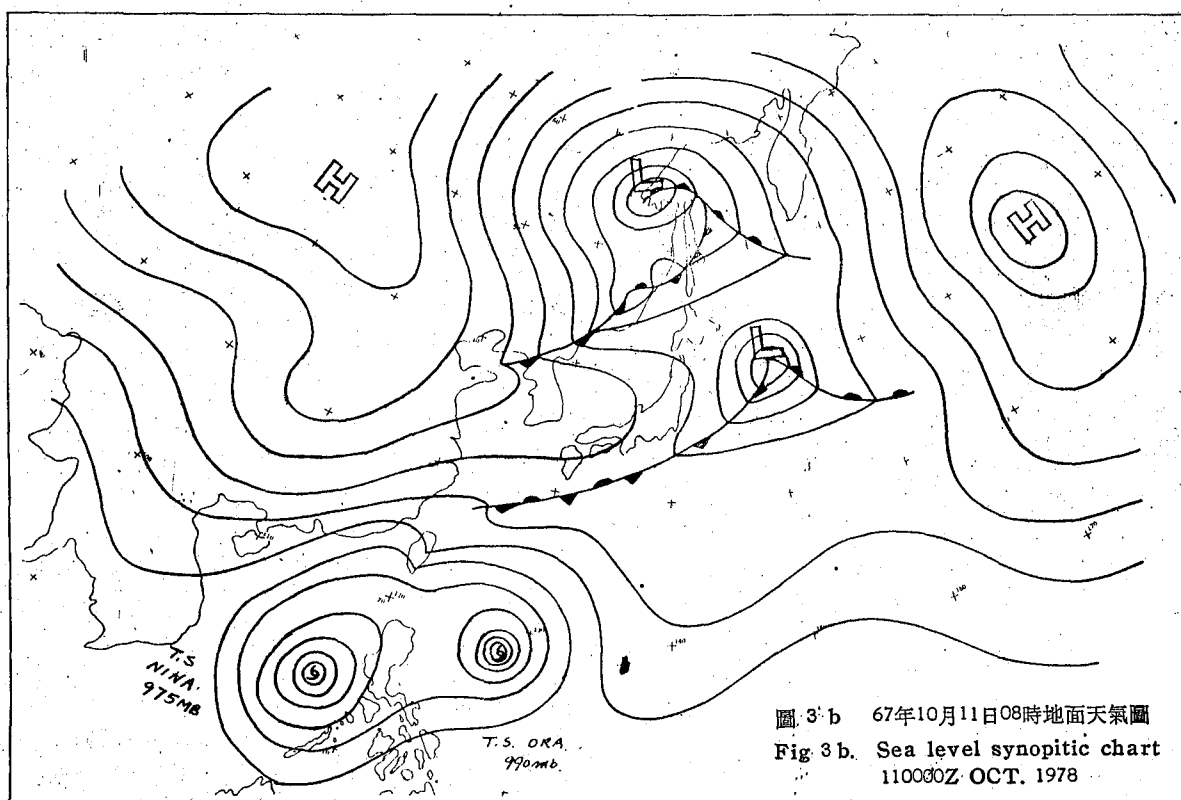
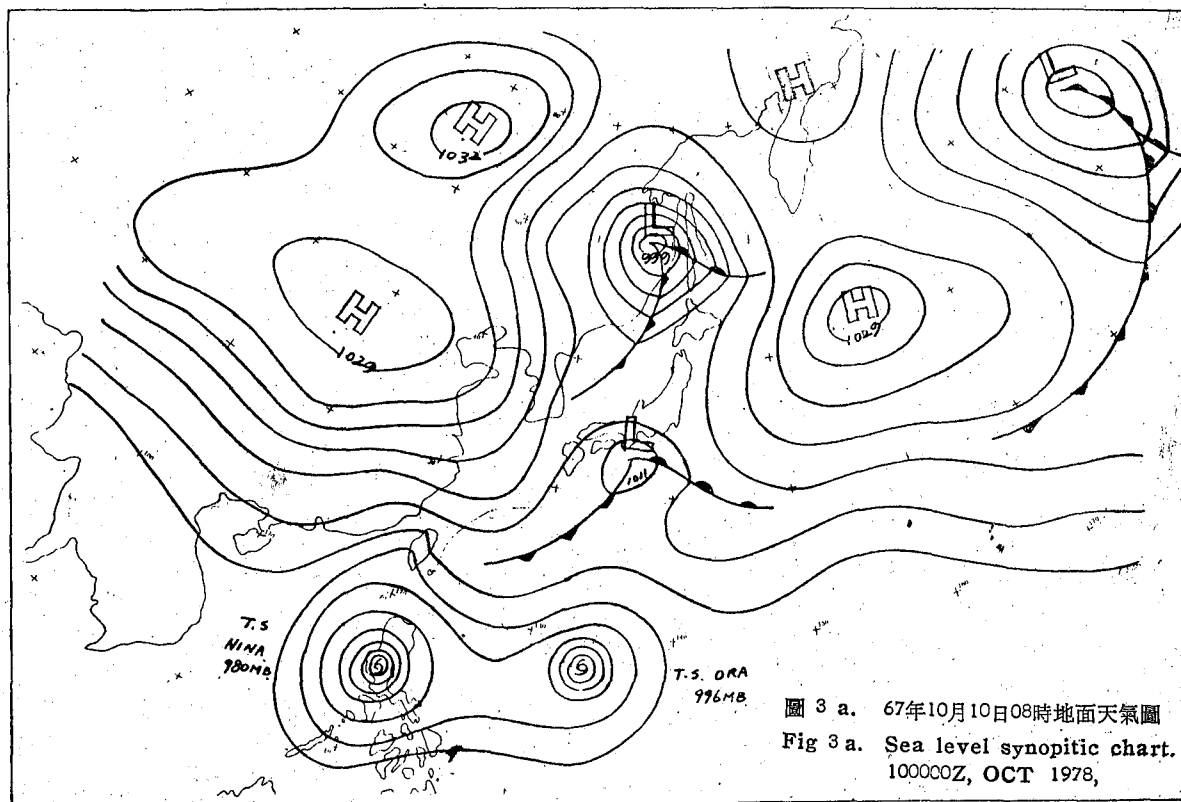
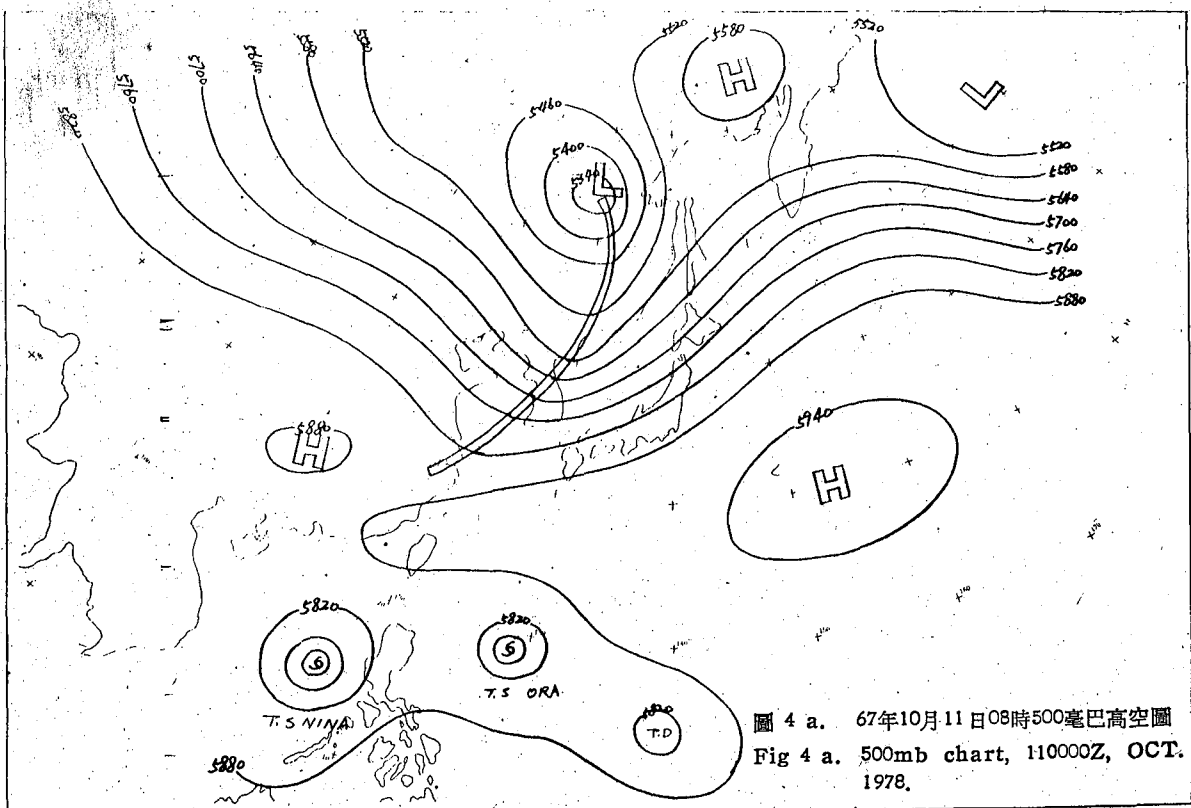
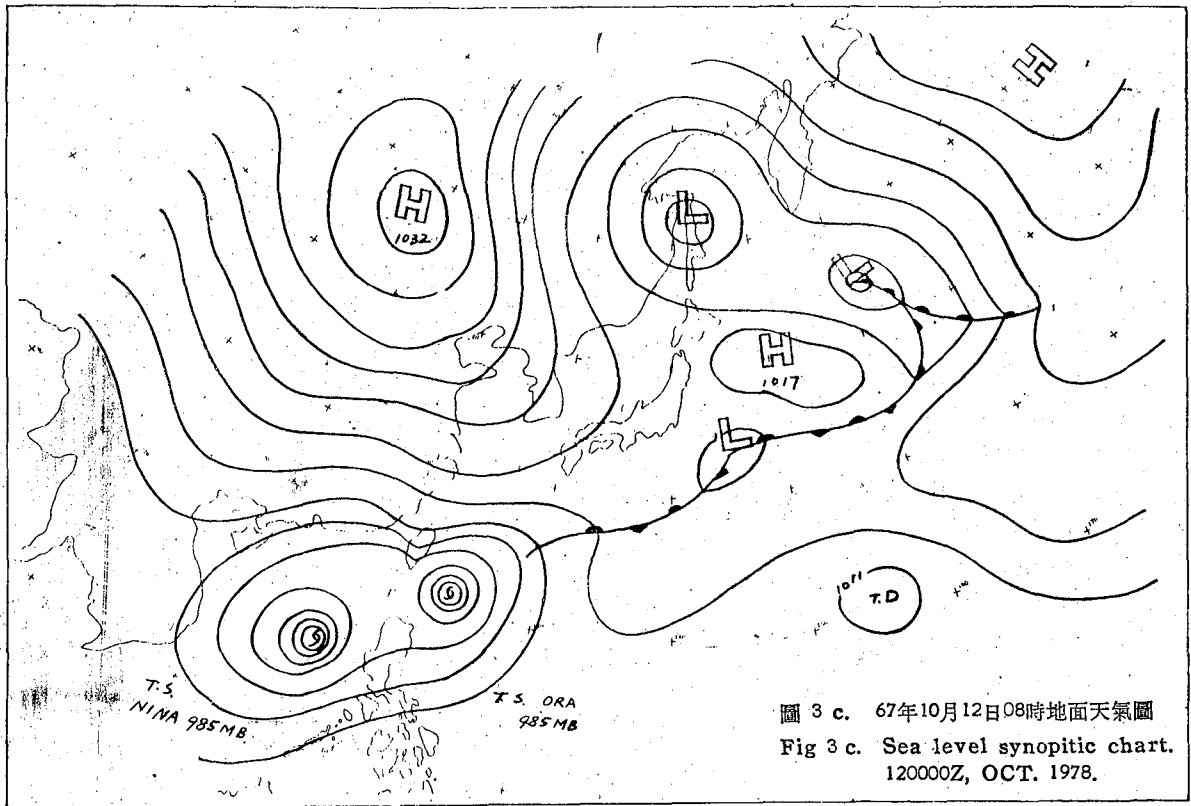
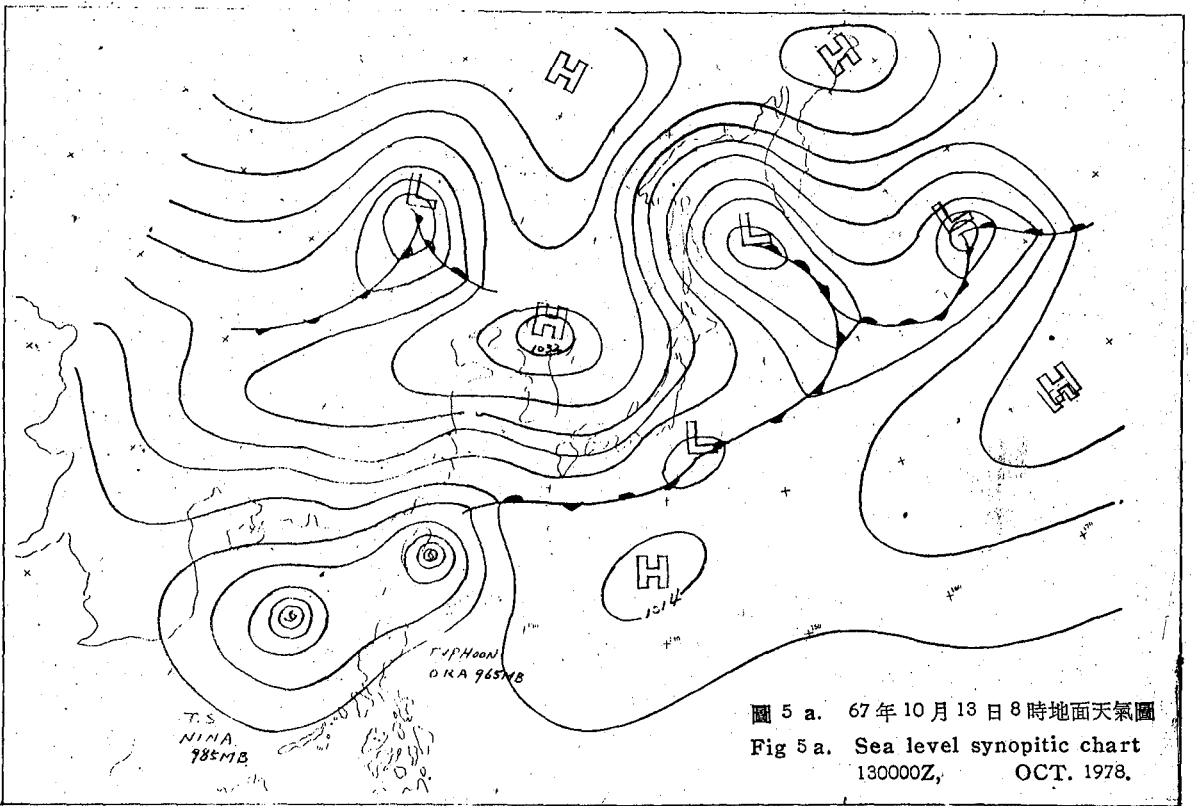
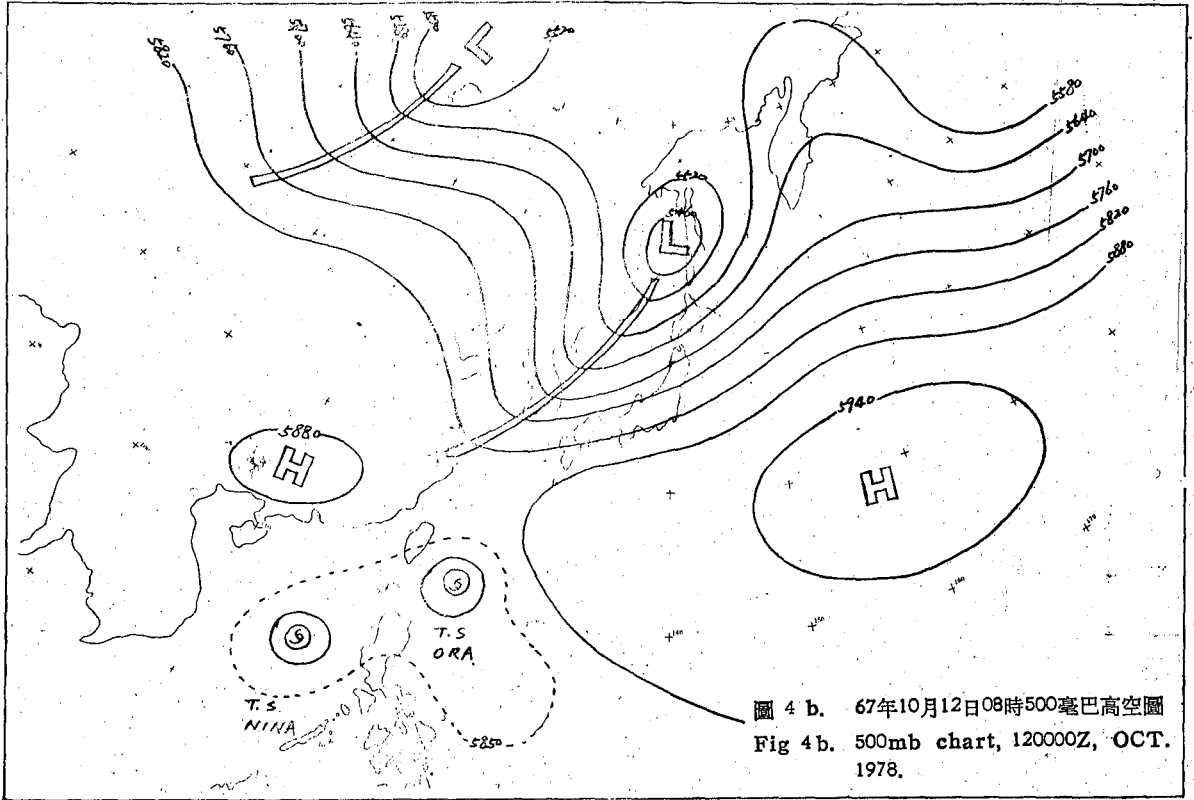


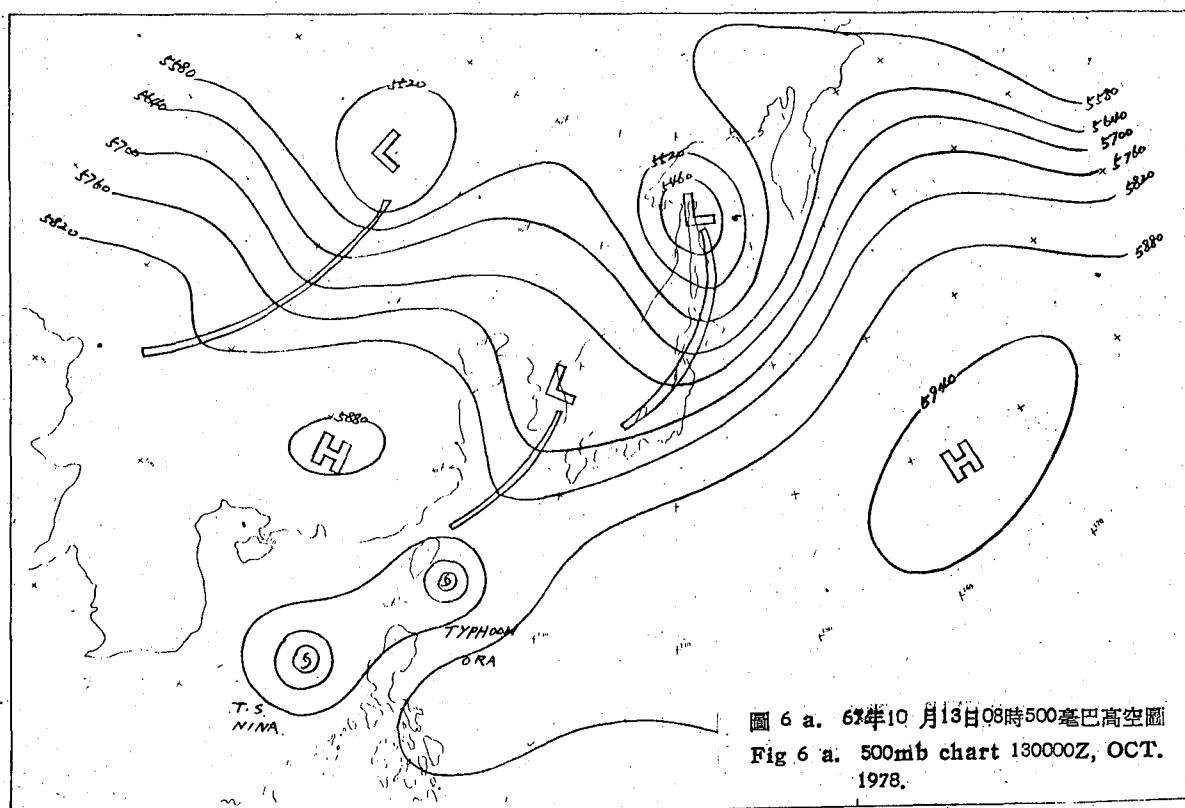
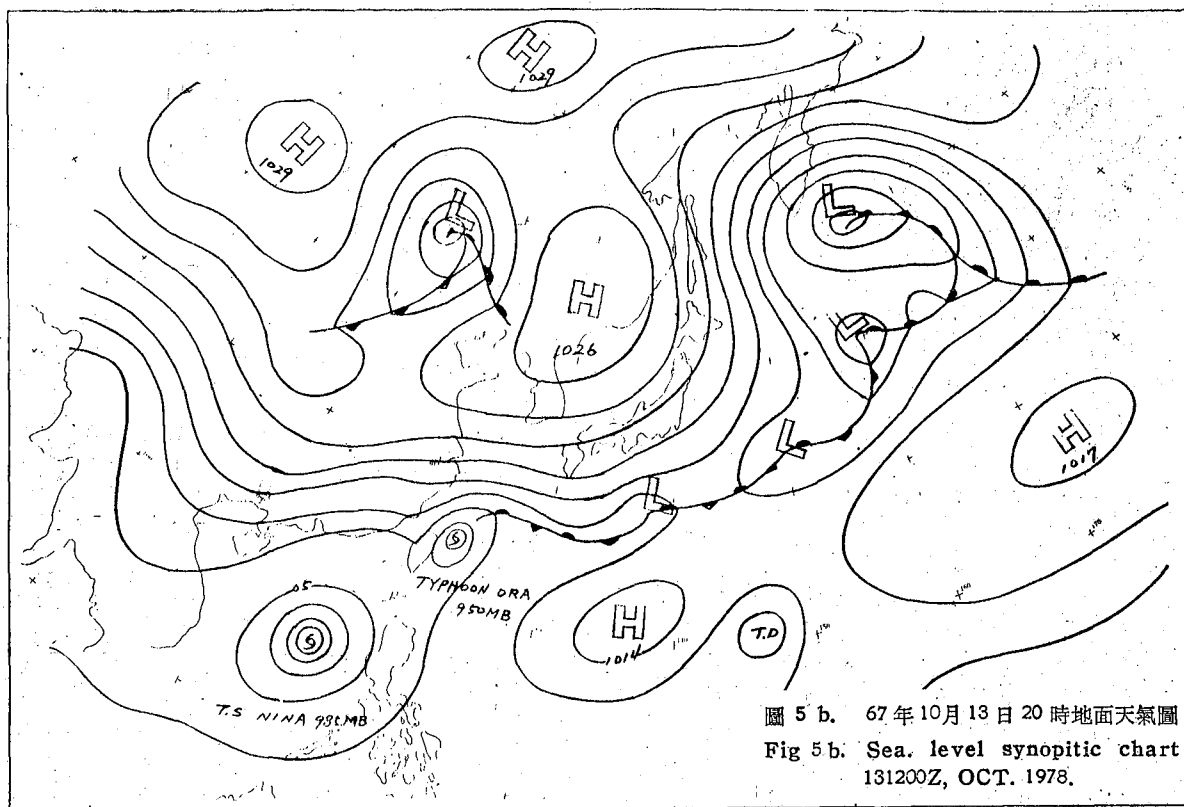
圖 2. 娜拉颱風之最佳路徑  
(67年10月10日~10月15日)  
Fig 2. The Best track of  
Typhoon Ora  
(10th~14th OCT. 1978)

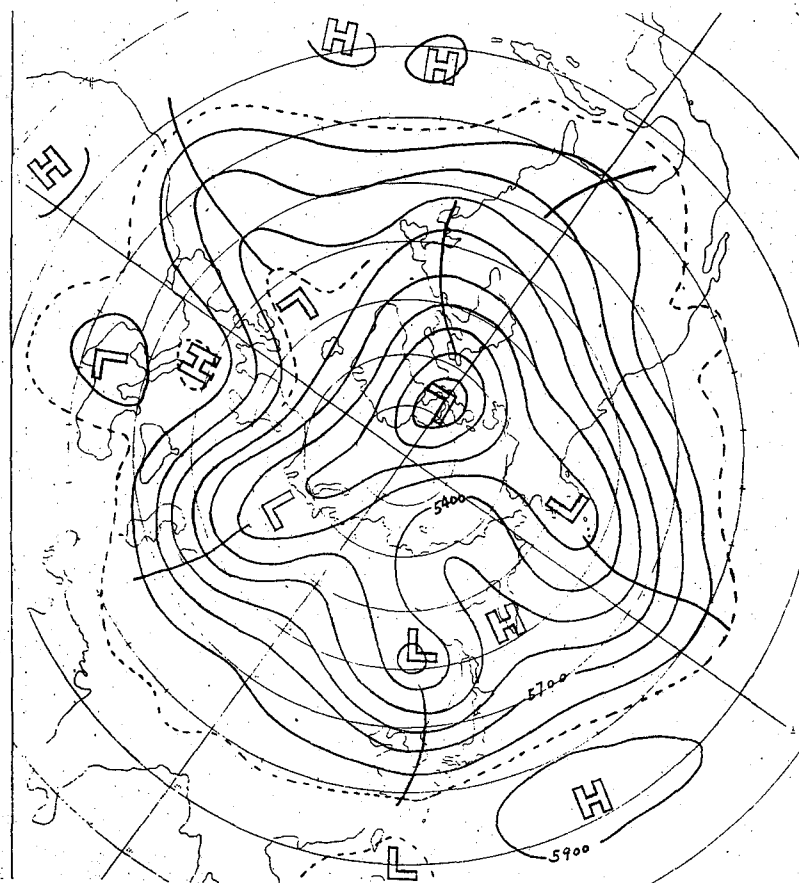
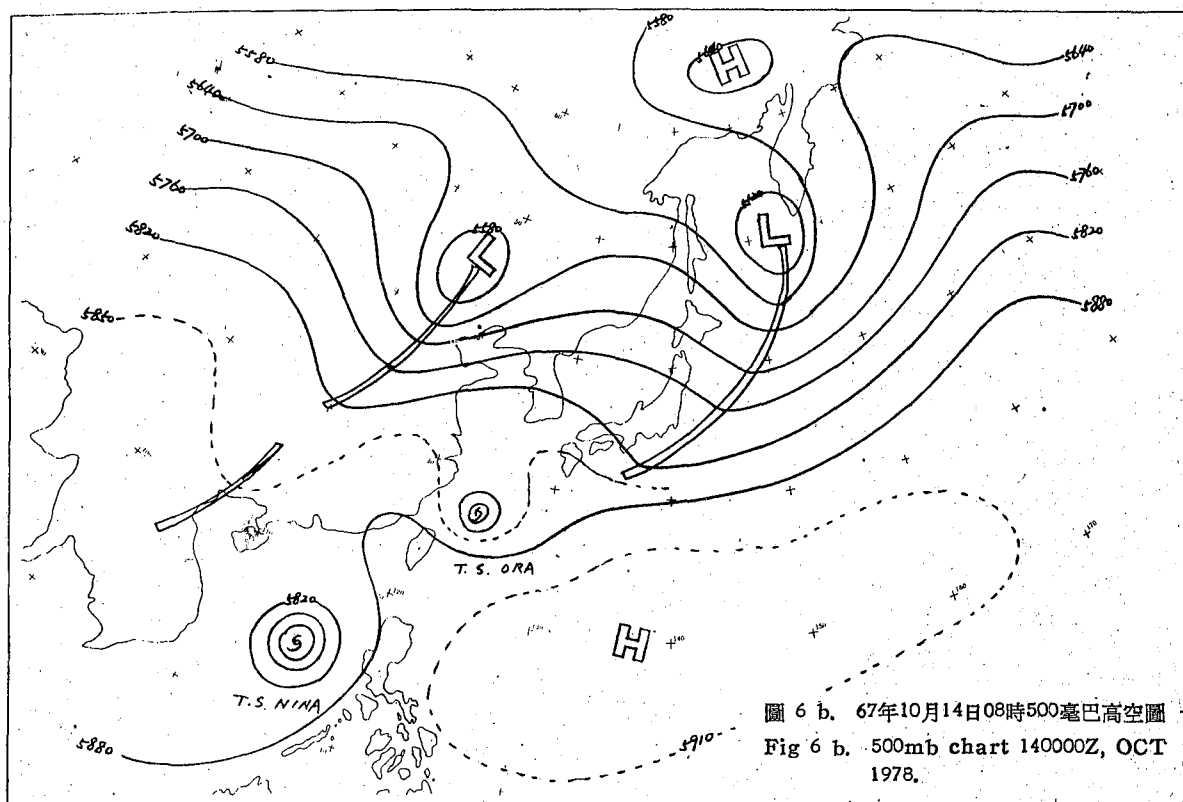












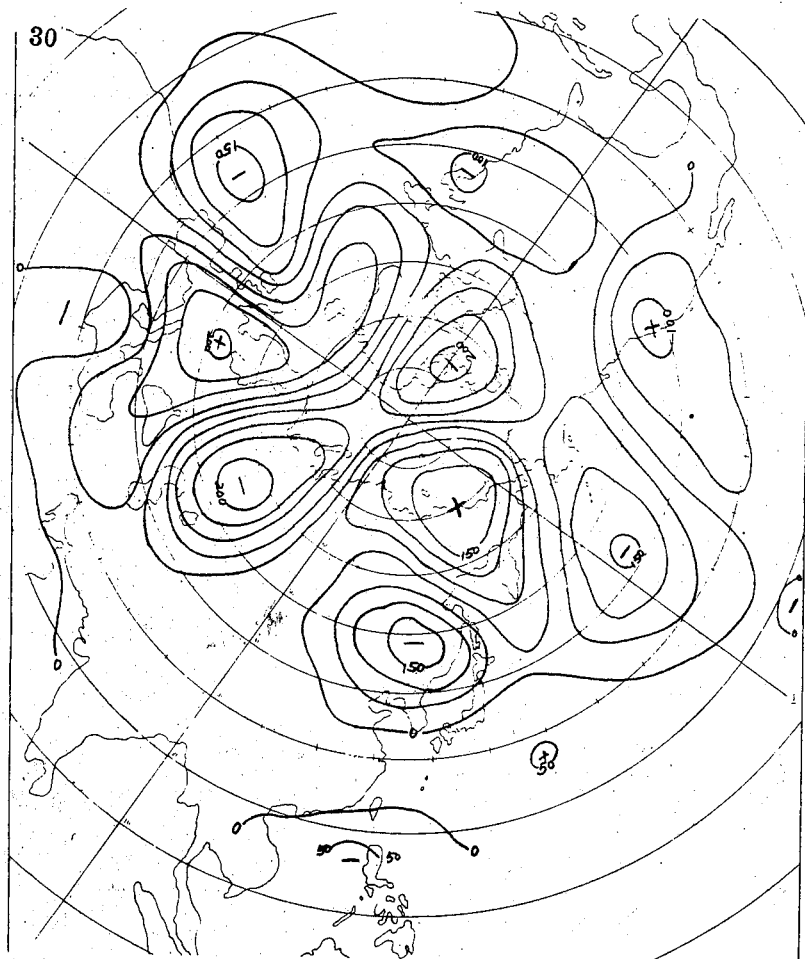


圖 7 b. 500mb 5 日平均距平圖 08~12,  
OCT. 1978,

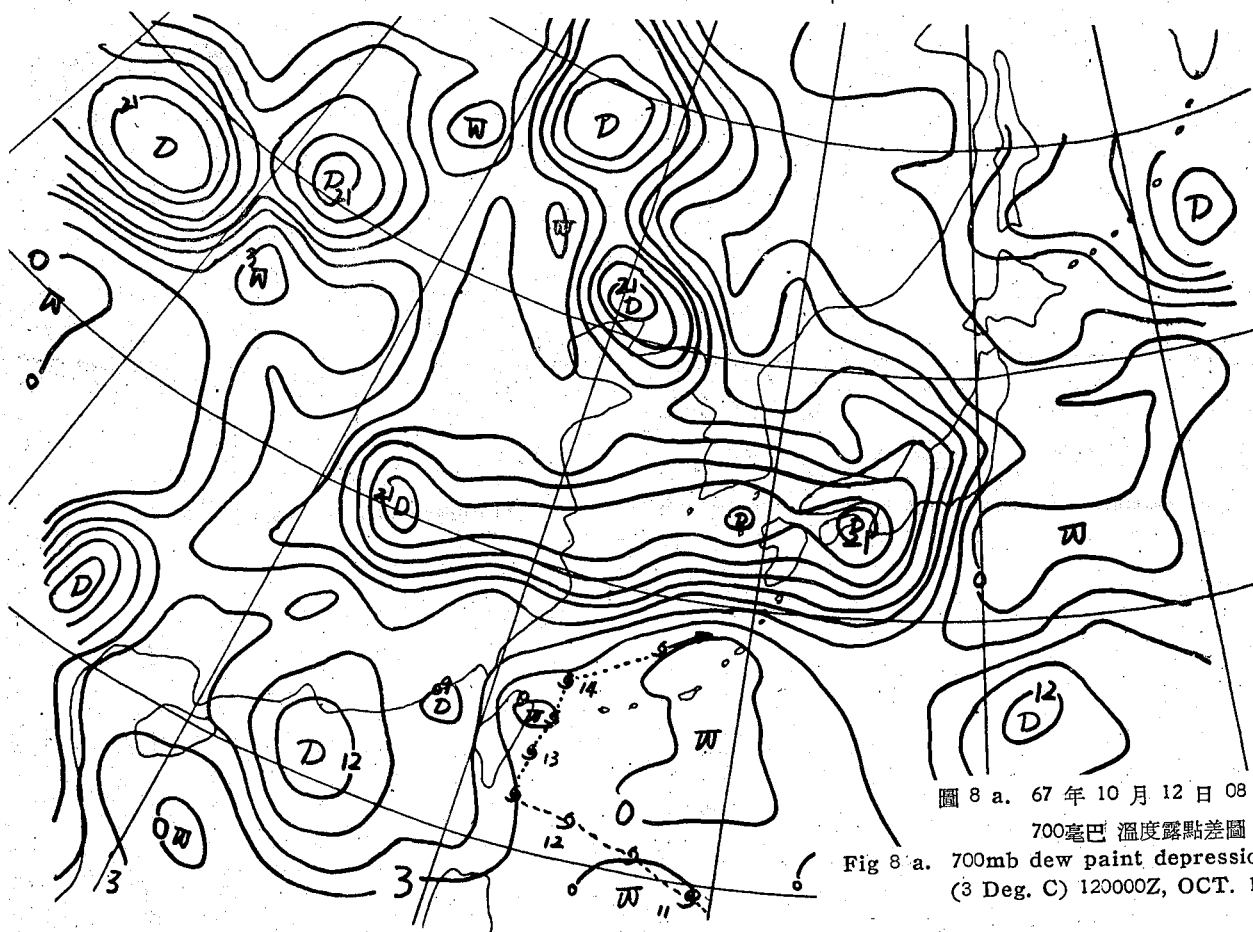
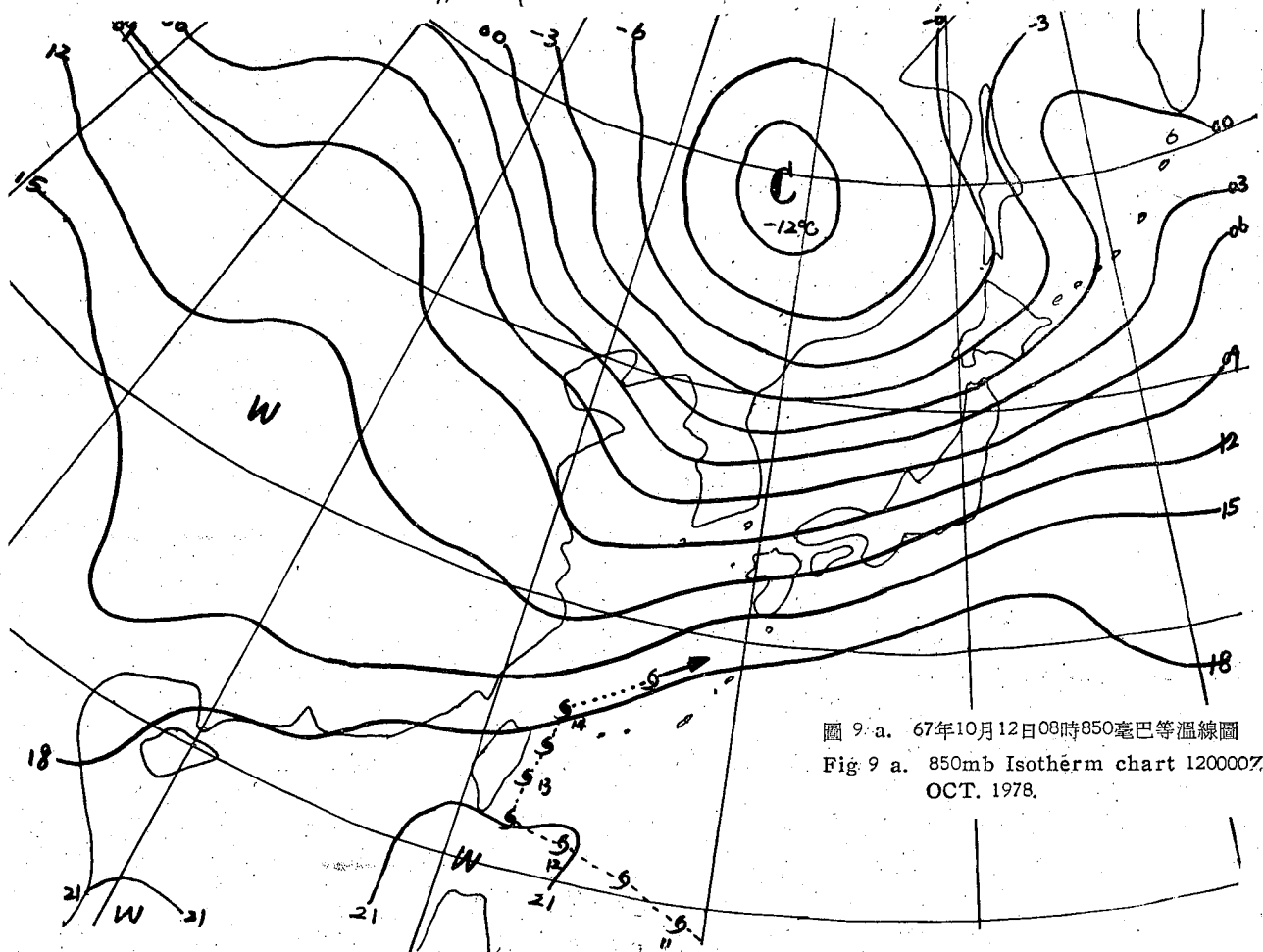
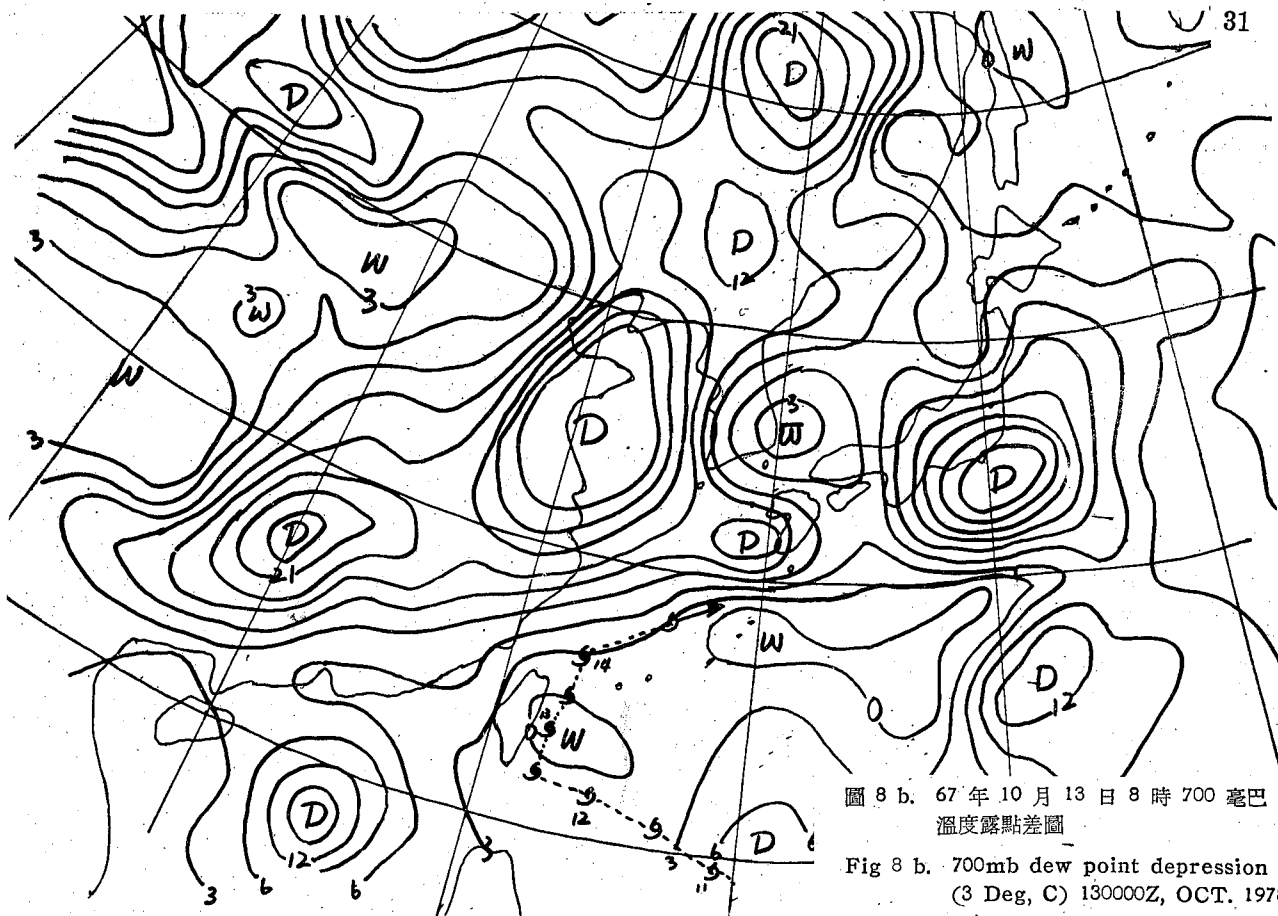


圖 8 a. 67 年 10 月 12 日 08 時  
700毫巴 溫度露點差圖

Fig 8 a. 700mb dew point depression  
(3 Deg. C) 120000Z, OCT. 1978,



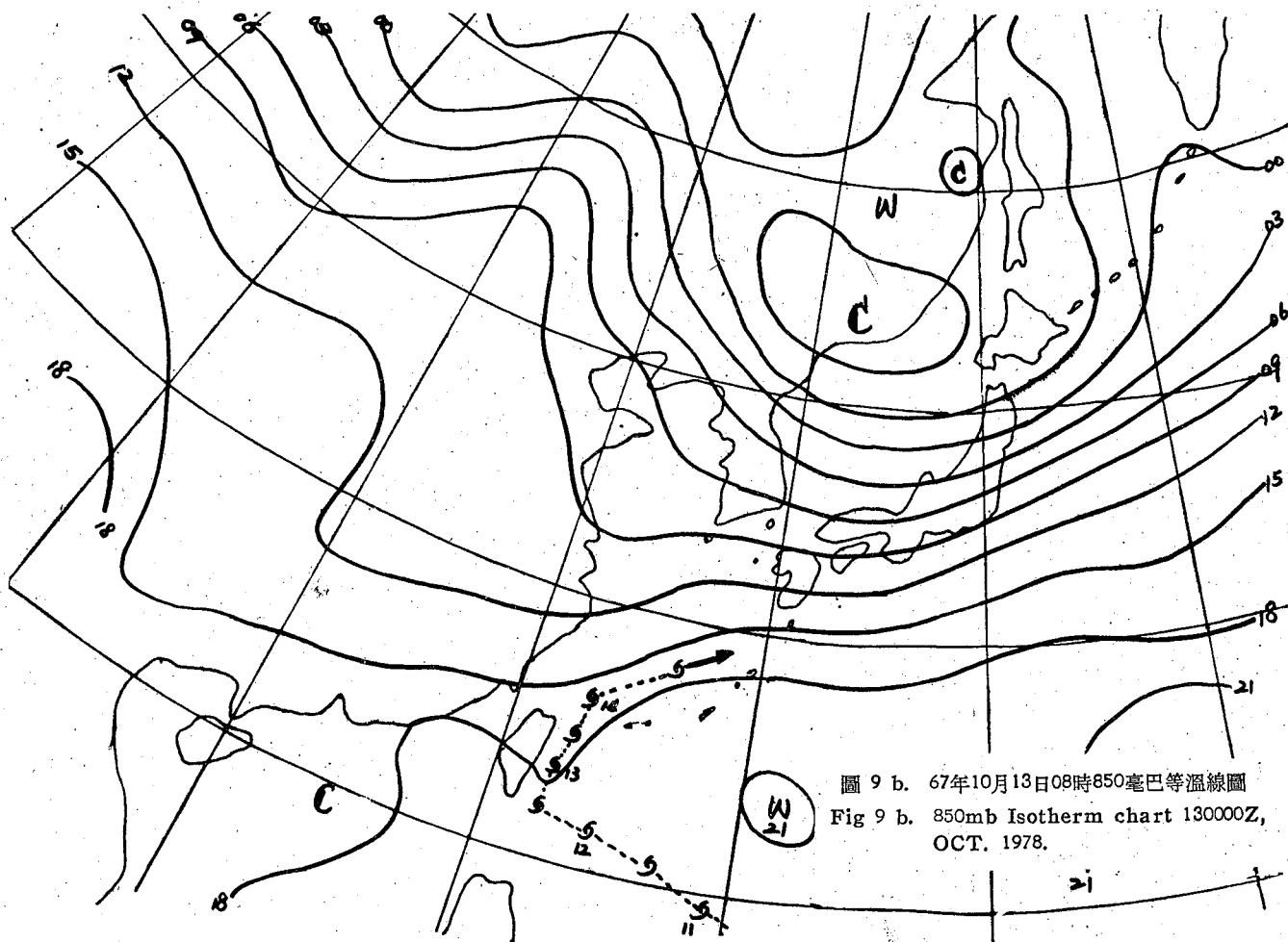


圖 9 b. 67年10月13日08時850毫巴等溫線圖  
Fig 9 b. 850mb Isotherm chart 130000Z,  
OCT. 1978.

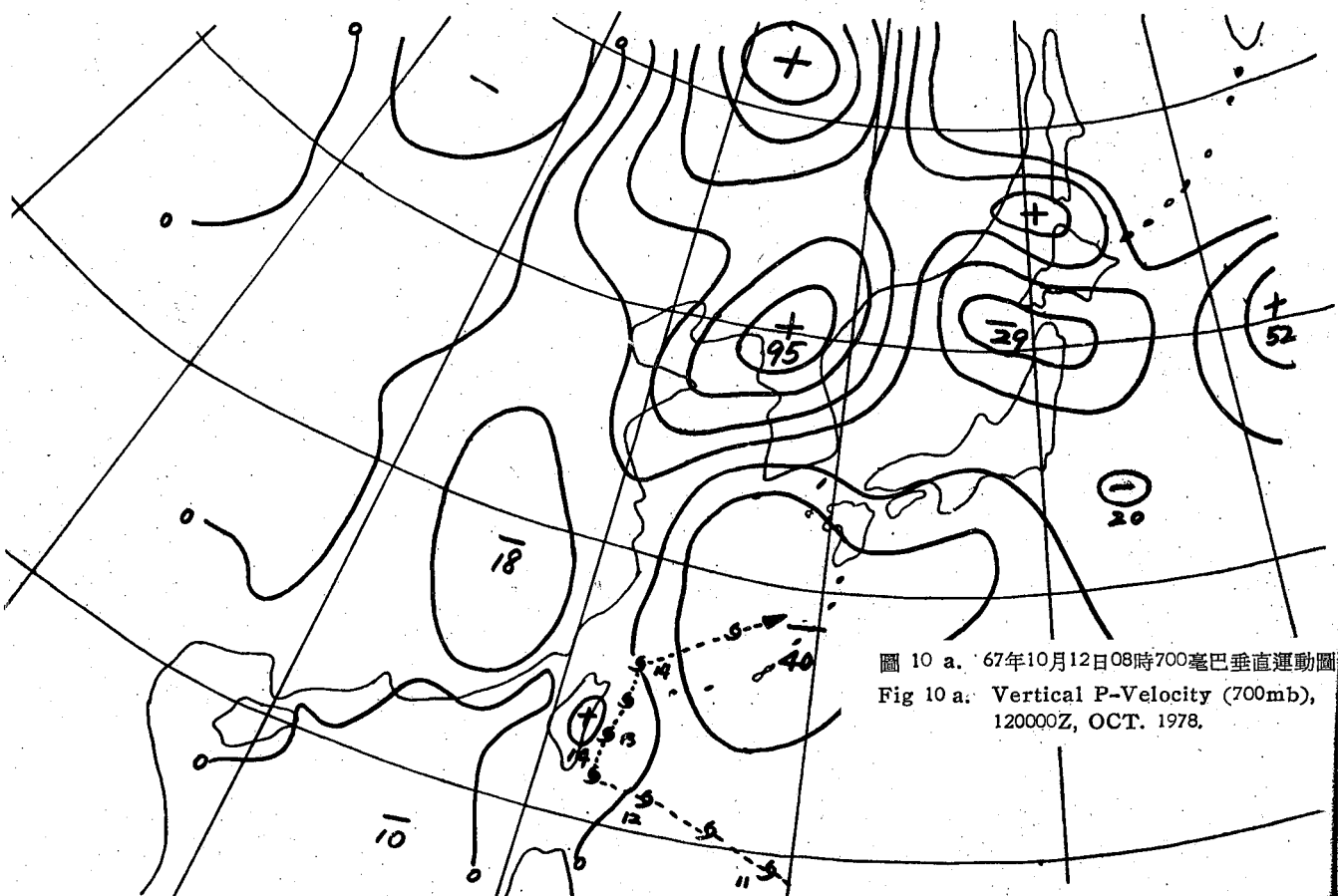


圖 10 a. 67年10月12日08時700毫巴垂直運動圖  
Fig 10 a: Vertical P-Velocity (700mb),  
120000Z, OCT. 1978.

南方海面為中心之副熱帶高氣壓邊緣伸至臺灣及華東沿海一帶，而北方有加深槽由西伯利亞東南部向南南西延伸經過韓國至長江下游，至 12 日 8 時（如附圖 4 b），由於北方之低壓槽迅速向東南移動，以致副熱帶高氣壓邊緣亦隨著東退至琉球東南方海面。故此次阿拉颱風之進行方向係受高空導引的影響，由西北西，西北，北，北北東，東北，東北東之拋物線型進行。

茲附圖 5 a, b 地面圖及圖 6 a, b 500 毫巴高空圖，圖 7 a, b 為阿拉颱風期間 500 毫巴 5 日平均圖及距平圖供作參考。

#### (二) 700 毫巴溫度露點差分布圖形勢：

12 日 8 時之 700 毫巴面之溫度，露點差分布圖上如圖 8 a 顯示，在日本本州向西南西經東海至華中一帶有  $21^{\circ}\text{C}$  的乾中心，及在華南沿海至南海有  $12^{\circ}\text{C}$  的乾中心存在，而臺灣北部及琉球海面一帶即有  $0^{\circ}\text{C}$  的濕中心，由分布圖顯示，阿拉颱風將無法西進，且有轉向北至東北趨勢，至翌 13 日 8 時之溫度露點差分布，如圖 8 b，形勢仍無多大改變，在臺灣東部海面至琉球海面一帶仍為潮濕區籠罩，阿拉即沿著此濕區北上後，轉向東北進行。

#### (三) 850 毫巴溫度場（如 1000mb~700mb 厚度圖）

由圖 9 a, b 850 毫巴溫度分布形勢亦可看出阿拉抵達臺灣東南部海面時，有冷中心在我國東北，而冷舌即向西南延伸至華南一帶，故阿拉當時即有轉向之趨勢。

#### (四) 700 毫巴面之垂直運動圖形勢：

12 日 8 時及 13 日 8 時之 700 毫巴之垂直運動（如圖 10 a, b）顯示，沿着東經  $120^{\circ}$  度線（臺灣亦在內）均為正區（即下降）氣流場，而在琉球海面則有  $38\sim 40$  的負區（即上昇氣流區），故由這兩圖顯示阿拉中心不致登陸臺灣，且將有轉向趨勢。

綜合上述除地面天氣圖外，其他各種天氣圖形勢顯示，阿拉颱風自 10 月 12 日起將有轉向的趨勢。

### 四、阿拉颱風侵台期間各地氣象情況

阿拉颱風係為一中度颱風，其中心雖未登陸臺灣，沿着臺灣東部沿海北上，因此臺灣各地出現的最低氣壓值均在 1000 毫巴左右，但臺灣東南部沿海之蘭嶼竟出現了十分鐘平均最大風速每秒 37.7 公尺，瞬間最大風速達每秒 43.3 公尺，而 11 日晚至

14 日中午臺灣北部山區之雨量均超過 1000 公厘以上，蘭陽山區亦均達 500 公厘以上之降水量。此種情形並非單純為颱風所造成的影響，顯然係大陸高氣壓產生之東北季風及颱風環流雙重影響，加上受地形的抬升而造成北部及東北部地區的嚴重水災。

茲將阿拉颱風期間之各種氣象要素演變之情形分述於下：阿拉颱風期間本局所屬各測站颱風紀錄綱要如表 3。

#### (一) 氣壓

10 月 10 日 8 時阿拉形成輕度颱風時之中心最低氣壓值為 996 毫巴。此後逐漸加深發展，至 12 日下午兩點鐘，中心最低氣壓降至 970 毫巴而成為中度颱風後，中心氣壓仍繼續下降，13 日 14 時抵達花蓮東方海面時，曾降至 940 毫巴。此後，中心氣壓即開始回升，14 日 8 時進抵臺灣東北方海面時已上升到 985 毫巴，減弱為輕度颱風之後，迅速向東北至東北東進行。15 日 14 時減弱為 998 毫巴之熱帶性低氣壓。其中心氣壓演變情況請參見圖 11。

阿拉颱風侵襲期間適值大陸高壓南下，故臺灣北部地區各地出現最低氣壓值均為 1004 毫巴以上。出現最低氣壓在蘭嶼之 994.9 毫巴，其次為東吉島之 995.0 毫巴，而最接近颱風中心之東部地區，以新港之 996.4 毫巴為最低。其他各地之最低氣壓請參閱表 3 綱要表。

#### (二) 氣溫

10 月 11 日晚至 12 日下午，當阿拉颱風接近臺灣東南部海面時，臺東地區及臺中，日月潭等地曾發現有焚風現象。以臺東之焚風持續時間較長，也較顯著。12 日上午 7 時臺東測得氣溫為  $26.3^{\circ}\text{C}$ ，露點溫度為  $21.1^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度為 73%，8 時氣溫升高為  $28.0^{\circ}\text{C}$ ，露點溫度降為  $20.9^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度為 65%，此種焚風現象持續到當天 17 時。焚風期間，臺東之地面風為東北風，風速每秒 4 至 7 公尺之間，最高氣溫竟達  $31.7^{\circ}\text{C}$ ，最小相對濕度為 55%，18 時以後，風向即轉為偏北風，焚風始告消失。18 時氣溫降至  $26.5^{\circ}\text{C}$ ，露點溫度為  $20.6^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度增為 70%，漸恢復正常狀態。如圖 12。

臺中即於 12 日 9 時測得氣溫為  $27.8^{\circ}\text{C}$ ，露點溫度為  $20.8^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度為 66%，至 10 時氣溫上升到  $29.8^{\circ}\text{C}$ ，露點稍降（ $20.6^{\circ}\text{C}$ ），相對濕度減小到 58%，此焚風現象持續到 12 日 17 時以後氣溫始趨下降，相對濕度亦同升為正常狀態。

表 1. 娜拉颱風期間各雷達站颱風風中心定位比較表

Table 1. The Comparision of Typhoon Ora's Eye-fixed by different Radar Stations

站名 中心位置							站名 中心位置								
花		蓮		(918)		(927)		花		蓮		(918)		(927)	
N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E
日期時間								日期時間							
10月12 05Z	22.2	123.7	22.1	123.7	22.1	123.7		13 00Z	23.1	122.7	23.1	122.7	23.1	122.7	
06	22.2	123.6	22.2	123.5	22.1	123.4		01	23.3	122.7	23.3	122.7	23.2	122.8	
07	22.1	123.3	22.2	123.4	22.2	123.3		02	23.3	122.6	23.4	122.7	23.4	122.7	
08	22.3	123.2	22.2	123.2	22.2	123.1		03	23.5	122.6	23.5	122.7	23.4	122.7	
09	22.2	123.1	22.2	123.1	22.2	123.1		04	23.6	122.7					
10	22.2	123.0	22.1	123.0	22.2	123.0		05	23.8	122.8	23.8	122.7	23.8	122.8	
11	22.1	122.9	22.2	122.8	22.2	122.8		06	24.0	122.8	23.9	122.7	23.9	122.9	
12	22.1	122.7	22.1	122.7				07	24.1	122.9	24.1	122.9	24.0	122.9	
13	22.1	122.6	22.1	122.6				08	24.2	123.0	24.2	123.0	24.1	123.0	
14	22.0	122.5	22.0	122.5				09	24.3	123.1	24.3	123.1	24.3	123.1	
15	21.9	122.5	21.9	122.5				10	24.5	123.1	24.5	123.1	24.5	123.1	
16	21.9	122.5	21.9	122.5				11	24.7	123.0	24.7	123.1	24.6	123.1	
17	22.0	122.7	22.0	122.5				12	24.9	123.1	24.9	123.1	24.8	123.1	
18	22.1	122.7						13	24.8	123.0	25.0	123.1	24.9	123.1	
19	22.3	122.8	22.3	122.7				14	25.1	123.0			25.1	123.1	
20	22.5	122.8	22.5	122.8				15	25.2	123.1			25.3	123.1	
21	22.7	122.8	22.6	122.8	22.7	122.6		16	25.3	123.1			25.4	123.2	
22	22.8	122.8	22.8	122.8	22.8	122.6		17	25.4	123.0					
23	23.0	122.7	23.0	122.7	23.0	122.7									

表 2. 娜拉颱風眼飛機偵察報告及衛星觀測資料表

Table 2. Eye-fixed Positions of Typhoon ora's Observed by aircraft reconnaissances and Weather Satellite.

[illegible]



表3. 阿拉颱風侵襲期間本局所屬各測站颱風紀錄網要  
Table 3, The meteorological Summaries of C. W. B. stations during Typhoon ORA'S Passage

測 站	最 低 氣 壓		瞬 間 最 大 風 (M/S)						最 大 風 速			強 風 10m/s 以上		最 大 降 水 量 (mm)						降 水 總 量	
	數值	日 時 分	風向	風速	日 時 分	氣壓	氣溫	濕度	風向	風速	日 時 分	日 時 分至日 時 分	日 時 分至日 時 分	一小時 內 值	日 時 分至日 時 分	十分鐘 內 值	日 時 分至日 時 分	數量	日 時 分至日 時 分	數量	日 時 分至日 時 分
彭佳嶼	1004.0	14 01. 45	NNE	35.7	13. 12. 58	1005.6	20.2	97	NNE	23.8	13. 11. 40	09. 05 00~15. 09. 00		7.0	13. 11. 00~13. 12 00	2.3	13. 11 00~13. 11. 10	82.1	12. 10. 20~14. 08. 10		
基隆	1004.9	13. 14. 30	NNE	27.0	13. 03. 35	1007.0	20.9	92	N	16.7	13. 18. 43	12. 08. 20~15. 20 40		25.3	13. 08 40~13. 09. 40	12.0	13. 09. 00~13. 09. 10	280.4	12. 08. 45~14. 09. 00		
鞍部	1004.4	13. 14. 00							NNW	18.5	13. 04. 00			48.0	13. 10. 30~13. 11. 30	11.2	13. 10 30~18. 10. 40	1147.7	11. 21. 00~14. 11. 00		
淡水																					
竹子湖	1004.2	13. 13. 45							NE	9.3	13. 16 20			57.0	13. 10. 10~13. 11. 10	8.5	13. 04. 40~04. 04. 50	1286.5	11 16. 00~14 09. 00		
臺北	1006.0	13. 14. 00	NE	21.2	12. 16. 56	1008.2	21.3	93	NE	7.2	12. 20. 10			10.5	13. 16. 00~13. 17. 00	2.1	13. 16 50~13. 17. 50	201.0	10. 05. 20~14. 08. 20		
新竹	1005.8	13. 04. 00	NE	17.3	12. 21. 09	1009.2	20.6	98	NE	7.7	12. 21. 50			8.7	13. 16. 20~13. 17. 20	2.0	13. 16. 20~13. 16. 30	122.1	12. 01. 20~14. 11. 05		
臺中	999.3	12. 15. 10	NNE	17.8	12. 22. 10	1002.9	22.6	77	NNE	9.2	12. 19. 30			2.0	13. 16. 00~13. 17. 00	0.7	13. 16. 36~13. 16. 46	8.3	12. 18. 30~14. 08 40		
梧棲	998.5	12. 15. 30	NNE	36.5	12. 15. 50	999.3	25.0	77	NNE	24.5	12. 15. 50	09. 10. 00~14. 06. 00		1.2	13. 16 00~13. 17. 00	0.4	13. 16. 50~13. 17. 00	6.7	13. 03. 35~14. 09. 00		
日月潭	889.4	13. 04. 00	E	5.0	12. 08. 30	893.3	25.1	74	S	3.3	12. 22. 00			5.3	13. 17. 00~13. 18. 00	2.0	13 17. 40~13. 17. 50	23.6	13. 04. 08~14. 09 00		
澎湖	1001.6	13. 04. 32	NNE	34.7	12. 17. 36	1002.4	24.1	81	NNE	13.8	12. 19. 40	09. 10. 20~14. 06. 15		0.1	13. 16. 25~13. 17. 10	0.1	13. 16. 40~13. 16. 50	0.2	13. 11 52~13. 18. 00		
嘉義	999.7	12. 15. 25	N	15.0	12. 15. 30	999.8	36.3	72	N	11.7	12. 15. 20	12 14. 20~12. 23. 40		4.0	13. 14. 30~13. 15. 30	0.9	13. 14. 50~13. 15. 00	20.8	13. 02. 10~14. 06 20		
阿里山	3064.5	13. 05. 00	NE	8.0	12. 09. 15	3101.3	17.6	72	NE	6.7	12. 07. 00			5.3	18. 13. 00~13. 14. 00	1.2	13. 13 20~13. 13. 30	61.5	12. 16. 20~14. 08. 30		
玉山	3061.6	13. 03. 50		—			—		SE	8.3	11. 22. 10			5.8	13. 14. 30~13. 15. 30	2.3	13. 14. 30~13. 14. 40	74.3	12. 06. 20~14. 08. 00		
臺南	999.1	12. 14. 47	NNE	17.7	13. 02. 15	1000.1	21.9	86	NNE	8.7	13. 00. 50			1.9	13. 10. 50~13. 11. 50	0.4	13. 08. 30~13. 08. 40	13.9	12. 23. 35~14. 05. 05		
高雄	998.9	13. 03. 10	N	8.2	13. 02. 30	999.1	21.6	85	NNW	6.8	12. 14. 30			2.7	13. 10. 00~13. 11. 00	0.7	13. 10. 00~13. 10. 10	18.6	12. 23. 47~14. 01. 40		
東吉島	995.0	13. 03. 35	NNE	38.3	13. 01. 47	995.2	21.4	87	NNE	30.0	13. 01. 40	04 日 起 繼 續 中		0.1	13. 15. 50~13. 16. 50	0.1	13 15. 55~13. 16. 05	0.1	13. 13. 40~14. 02. 50		
恒春	999.4	13. 02. 30	NE	19.2	11. 19. 36	1004.7	27.2	74	NE	10.4	11. 20. 00	11. 17. 00~11. 21. 00		6.7	13. 13. 00~13. 14. 00	1.5	13. 13. 01~13. 13. 11	65.9	12. 13. 58~13. 21. 58		
蘭嶼	994.9	12. 15. 25	NE	43.3	12. 09. 33	996.7	24.5	89	NE	37.7	12. 04. 10	11. 23. 00~13. 05. 30		64.4	13. 02. 00~13. 03. 00	14.5	13. 02. 10~13. 02. 20	327.1	12. 15. 08~13. 22. 00		
大武	998.3	12. 15. 15	NNE	15.6	12. 14. 39	999.0	29.8	68	NNE	11.0	12. 14. 40	12. 08. 00~12. 14. 40		12.9	13. 02. 10~13. 03. 00	4.2	13. 02. 20~13. 02. 30	132.2	12. 17. 15~14. 01. 40		
臺東	997.4	12. 15. 20	NE	15.8	11. 16. 20	1004.2	27.2	78	NE	7.5	11. 17. 20			29.5	10. 04. 00~13. 05. 00	7.0	13. 04. 30~13. 04. 40	180.3	12. 20. 50~14. 02. 40		
新港	996.4	13. 03. 35	NNE	22.2	13. 03. 05	996.6	24.9	73	NNE	15.0	12. 15. 30	11. 14. 00~13. 06. 00		12.3	13. 13. 00~13. 14. 00	4.3	12. 23 15~12. 23. 25	116.0	11. 14. 40~14. 03. 30		
花蓮	999.8	18. 04. 38	NE	22.0	12. 15. 05	1001.4	25.7	73	NE	10.8	12. 15. 10	12. 14. 30~13. 09. 00		13.5	13. 08. 00~13. 09. 00	3.7	13. 08. 30~13. 08. 40	83.2	11. 13. 30~13. 22. 30		
宜蘭	1003.9	13. 14. 05	NNE	11.5	12. 12. 40	1007.7	23.0	90	NNE	7.3	12. 12. 45			46.0	13. 08. 00~13. 09. 00	17.4	13. 08. 20~13. 08. 30	437.2	12. 05. 05~14. 03. 05		

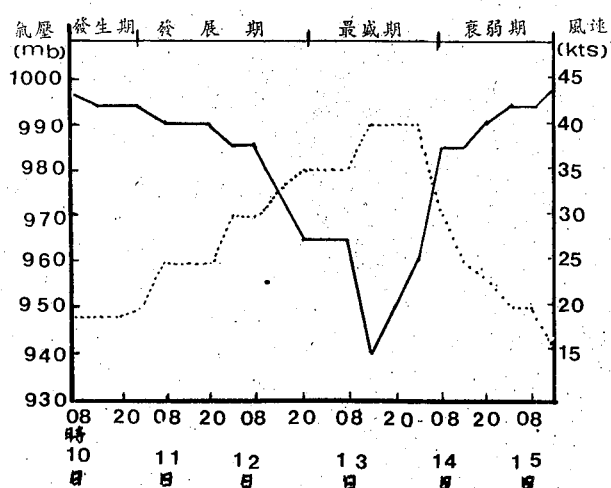
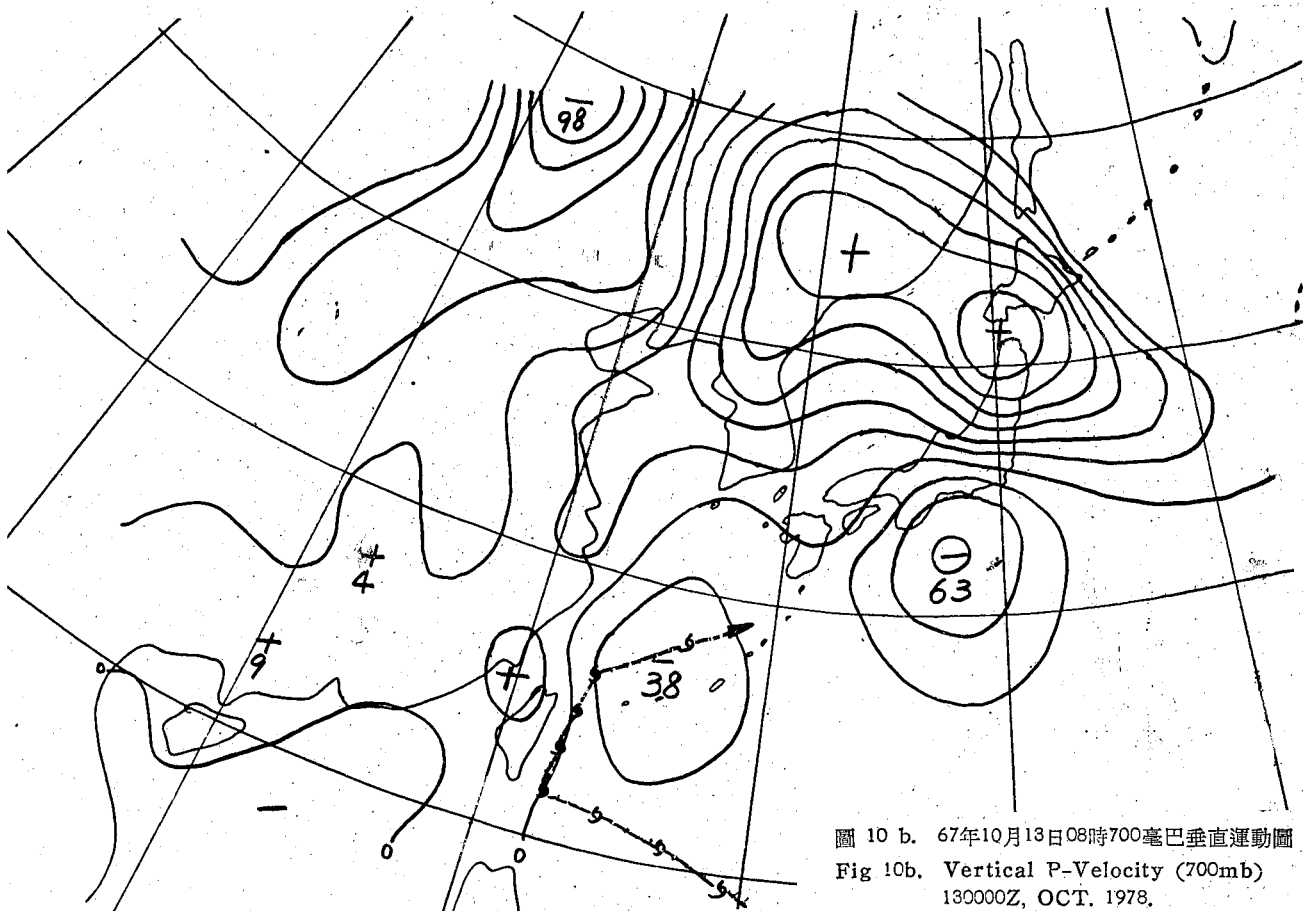


圖 11. 阿拉颶風中心氣壓及最大風速演變圖  
(實線為氣壓虛線為風速)

Fig 11. The Variation of the Central pressure and maximum wind velocity of the Typhoon Ora. (Solid line-pressure. broken line-wind velocity)

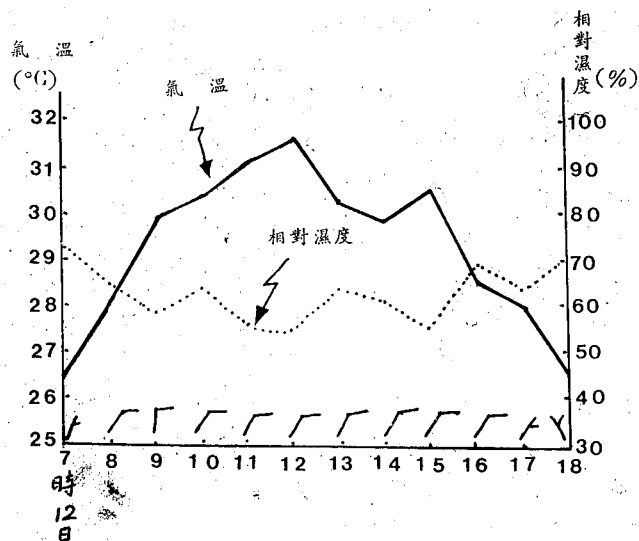


圖 12. 臺東所，焚風期間氣溫與相對濕度及風向風速之變化圖

Fig 12. Temperature and relative humidity variation during the Foehn period at Taitung. (112300Z~121000Z, October 1978.)

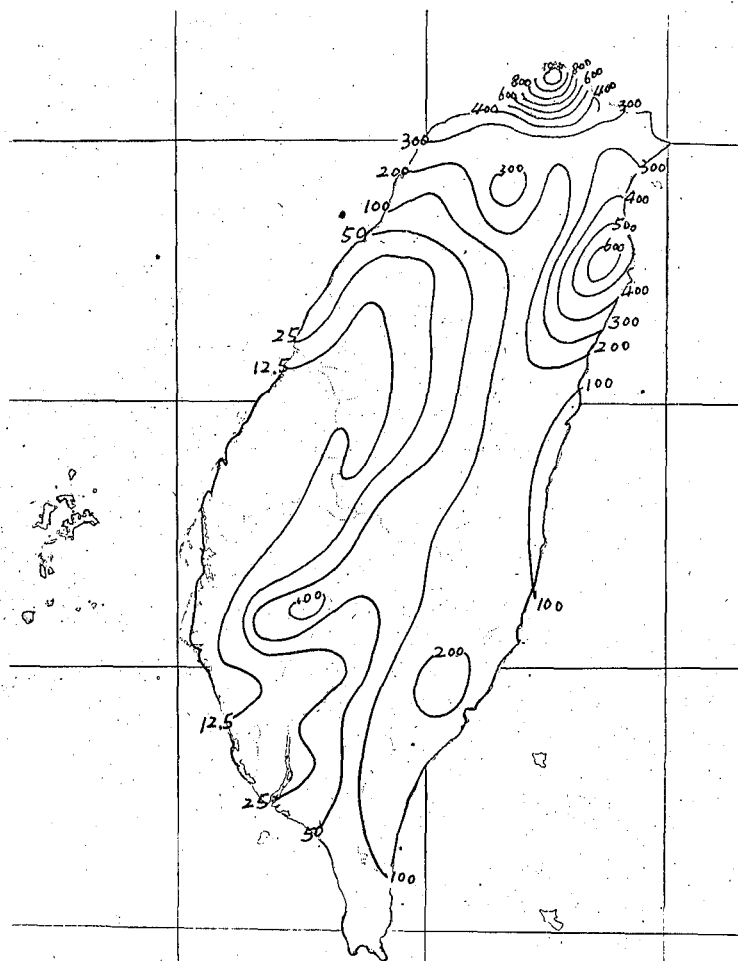


圖 13. 娜拉颱風侵臺期間總雨量圖 (單位公厘)

Fig 13. The rainfall distribution of Taiwan during Typhoon Ora's Passage. (mm)

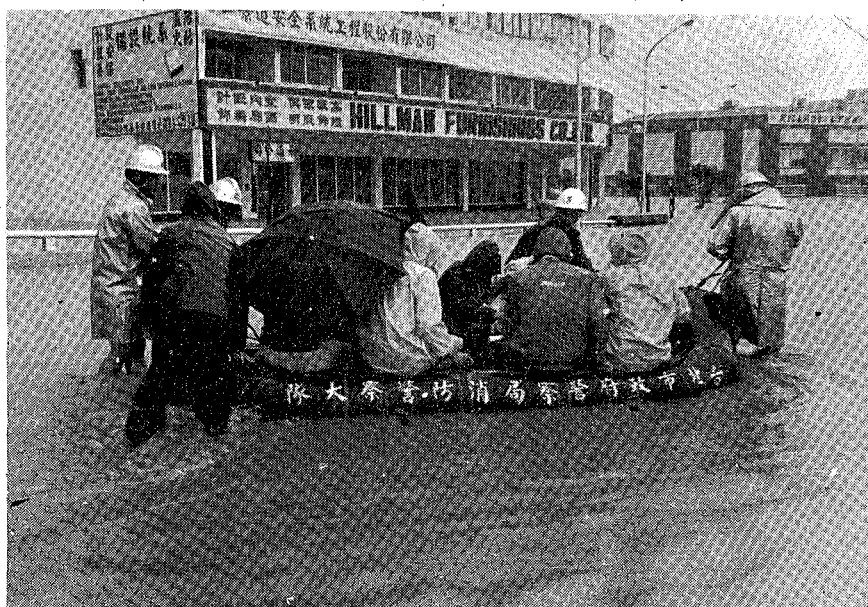


圖 14a. 臺北市中山北路六段士林區一帶，普遍積水消防大隊救生艇趕往搶救被困居民。



圖 14 b. 士林區一帶一片汪洋



圖 14 c. 士林區一帶積水很深，使汽車走避不及泡在水中，車頂亦被淹沒了。

日月潭係於 11 日 20 時測得氣溫為  $22.2^{\circ}\text{C}$ ，露點溫度為  $18.5^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度為 79%，至 21 時氣溫上升為  $23.6^{\circ}\text{C}$ ，露點降為  $16.5^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度亦減小為 63%，此後焚風現象持續到 12 日 2 時。自 3 時風向由東北轉為北北西以後，氣溫始趨下降，相對濕度亦回升為正常狀態。焚風期間最高氣溫為  $24.3^{\circ}\text{C}$ ，而相對濕度低到 49%，但其持續時間較短暫。

### (三) 風

阿拉颱風雖屬於中度颱風，但根據 13 日 12 時 30 分之飛機偵察報告獲知其中心附近最大風速達每小時 100 哩，（每秒 50 公尺）左右，由於其暴風半徑不大，且中心未登陸臺灣，因此本島幸未造成風災。

此次颱風期間本局所屬各測站測得之十分鐘平均風速以蘭嶼之每秒 37.7 公尺為最大，其瞬間最大風速高達每秒 43.3 公尺，其次為東吉島之每秒 30.0 公尺，瞬間最大風速為每秒 38.3 公尺，梧棲為每秒 24.5 公尺，瞬間最大風速為每秒 36.5 公尺，彭佳嶼為每秒 23.8 公尺，瞬間最大風速為每秒 35.7 公尺，而最靠近颱風中心之東部地區以新港之每秒 15.0 公尺，瞬間最大風速為每秒 22.2 公尺，其他地區均在每秒 15 公尺以下。（請參閱表 3）。阿拉颱風中心附近最大風速與最低氣壓之變化配合極佳，如圖 11。

### (四) 降水

此次颱風侵襲期間，由於適值東北季風盛行，形成東北季風及颱風環境雙重影響，加上地形的招升作用，致使臺灣北部及東北部地區，帶來了甚大的雨量，並造成了嚴重水災。

各地總雨量繪成等雨量圖，如圖 13。從圖中可看出雨量集中在北部大屯山一帶有 1000 公厘以上之降水中心及蘭陽地區有 600 公厘之降水中心，而臺灣西部地區之降水量則寥寥無幾，這種現象現象可證明，與東北季風及地形的影響顯然有密切的關係。

阿拉颱風期間根據本局所屬各測站所測降水總量最多者為竹子湖之 1286.5 公厘及鞍部測站之 1147.7 公厘，蘭陽山區古魯之 694 公厘及牛鬮之 648 公厘為次多。一小時內最大降雨量為蘭嶼之 64.4 公厘，其次為竹子湖之 57.0 公厘，鞍部之 48.0 公厘及宜蘭之 46.0 公厘。十分鐘內最大降雨量為宜蘭之 17.4 公厘，其次為蘭嶼之 14.5 公厘，其餘請參閱表 3。

## 五、災 情

此次阿拉颱風中心雖未登陸臺灣，但其環流與東北季風加上受地形的抬升影響，造成了臺灣北部及東北部地區之嚴重水災。

茲根據臺灣省政府及臺北市政府之災情報告彙集如下：

### (一) 人口死傷：

1. 死亡：5 人
2. 失蹤：2 人
3. 重傷：3 人
4. 輕傷：3 人

### (二) 房屋倒塌：7 間。

### (三) 堤防：決口 5 處，冲毀 290 公尺。

### (四) 農田：浸水面積超過 4,000 公頃。

### (五) 漁船

1. 翻船：5 艘。
2. 沉沒：2 艘。
3. 撞損：30 餘艘。

### (六) 交通

1. 鐵路：宜蘭線，淡水線及縱貫線臺北基隆間路線，由於多處路基與鐵軌被洪水冲毀受阻情況嚴重。
2. 其他：公路多處因坍方路基冲失，交通受阻，電訊通訊設施因電纜進水，部份用戶電話故障不通。

圖 14 a~c 各圖為阿拉颱風侵襲期間拍攝臺北市淹水情形。（羅字振執筆）

## 氣象學報補充稿約

- 一、來稿須用稿紙（以 $25 \times 24$ 之稿紙爲原則）。
- 二、來稿字數以不超過 15,000 字，即連同圖、表、英文摘要以不超過 10 印刷頁爲原則。
- 三、圖及表之分量以不超過全文之 $1/3$ 爲原則。
- 四、英文摘要之字數以不超過 1,000 字爲原則。
- 五、關於表格之注意點：

- (一) 表格須另用白紙繕製。
- (二) 表格上方須有標題，並加表 1 表 2 等冠號。
- (三) 表格中之項目，內容應儘量簡化。表中不重要之項目或可用文字說明者應儘量避免列入表中。
- (四) 能以文字說明之小表，請採用文字說明。
- (五) 原始記錄應加分析簡化後始可列入表中。
- (六) 統計分析表中顯著處，以 \* 號（顯著）及 \*\* 號（極顯著）表之。
- (七) 表幅應考慮適合本刊版幅爲準。（寬度勿超過 18.5cm）。
- (八) 表之標題應能表示內容。

### 六、關於插圖之規定：

- (一) 插圖應另貼於大張白紙上，註明作者及文題。
- (二) 插圖下方須有標題，並加圖 1 圖 2 等冠號。
- (三) 統計圖、模式圖及分佈圖一律採用 120—150 磅道林紙，以黑墨水繪製清楚。
- (四) 統計圖原圖幅面應在 12—15cm，以便縮版。
- (五) 模式圖原圖幅面應在 15—20cm，以便縮版。
- (六) 分佈圖原圖幅面應在 30cm 左右，以便縮版。
- (七) 繪製線條粗細應能供縮小至  $1/8$  之程度，但不能超過縮小  $1/2$  之程度。
- (八) 數字應正寫清楚，字之大小粗細應一律，至少能供縮至  $1/3$  之程度。
- (九) 已列表中之內容，勿再重複以插圖表示。
- (十) 圖之標題應能表示內容。

### 七、關於照片之規定：

- (一) 照片用紙一律採用黑白光面紙。

- (二) 照片幅面應在 12—15cm，以便縮版。
  - (三) 照片應充分沖洗清楚，須考慮縮少至  $1/2$  時尚能清楚之程度。
  - (四) 照片如有特別指明點應加圈或箭頭表明。
- 八、文稿過長，或圖表過多過大時，投稿人得自行負擔印刷費。

### 九、關於參考文獻之規定：

- (一) 參考文獻以經本人確曾查閱者爲限，如係來自轉載之其他書刊時，須加註明。
- (二) 作者姓名以後爲發行年份，加以括號，然後爲雜誌或書名、卷期數及頁數。（頁數必須註明）。
- (三) 文字敘述中述及參考文獻時，根據文獻之號數，用斜體阿剌伯字，加以括號，如 (1) (2) (3) 等插入文句中。

### 十、文字敘述之號次以下列爲序。

中文用：一、(一) 1. (1) i. (i)

英文用：I. 1. A. a.

### 十一、每頁下端之腳註以小號 1, 2, 3, 等阿拉伯字表之，註明於該段文字之右上角。

### 十二、文字敘述中之數字除十以下之數字，儘量用阿拉伯字表之。

### 十三、單位須用公制。單位記號例如以 m (公尺)、cm (公分)、mm (公厘)、 $m^2$ (平方公尺)、 $m^3$ (立方公尺)、cc (立方公分)、l (立升)、g (公分)、kg (公斤)、mg (公厘)、 $^{\circ}C$ (攝氏度)、% (百分之一)、ppm (百萬分之一份) 等表之，可不必另用中文。

### 十四、英文題目中重要之字第一字母大寫，介題詞、連接詞及不重要字用小寫。圖表之英文標系及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，其餘第一字母均小寫。參考文獻中作者姓名每字全部字母均大寫，論文名第一字第一字母大寫，其餘均小寫，雜誌名或書名每字第一字母均大寫。

### 十五、作者英文名以用全名爲原則，名在前，姓在後。

### 十六、其他未盡善事項得隨時修正之。

Volume 25, Number 2

June

1979

# METEOROLOGICAL BULLETIN

(Quarterly)



## CONTENTS

### Articles

Microearthquake Activity near Tsaoling,

Yunlin County ..... *Ming-Tung Hsu* (1)

The Analysis of Solar Radiation in

Tainan Area ..... *Rong-Jizer Tang* (15)

### Report

Report on Typhoon "Ora"

..... (21)

**CENTRAL WEATHER BUREAU**

64 Park Road, Taipei

Taiwan, Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版台誌字第〇九七六號  
中華郵政臺字第一八九三號登記為第一類新聞紙類

# 氣象學報

季刊

第二十五卷 第三期

## 目次

### 論著

臺灣地庫水稻之農業氣候區域……………郭文鏞 曾文柄 楊之遠 (1)

臺灣地區霜日頻率與霜期分析及其在農作物霜害預防之應用……楊之遠 (11)

### 報告

民國六十七年北太平洋西部颱風概述…………… (24)

# 氣象學報

季刊

第二十五卷 第三期

主編者	中央氣象局氣象學報社
地址	臺北市公園路六十四號 電話：三七一三一八一(十線)
發行人	劉大 年
社長	劉大 年 電話：三一〇八四〇
印刷者	文英印書公司
地址	臺北市三水街七號 電話：三〇六四七二四

中華民國六十八年九月出版



# 臺灣地區水稻之農業氣候區域<sup>(1)</sup>

## *A Study on the Agroclimatological Division of Paddy Rice in Taiwan*

郭 文 鑠<sup>(2)</sup>

Wen-shuo Kuo

曾 文 柄<sup>(3)</sup>

Wen-ping Tseng

楊 之 遠<sup>(4)</sup>

Chea-yuan Young

### ABSTRACT

Taiwan climate is of subtropical character. With longer growing season, it well satisfies the limited climatic conditions for paddy rice. However, rice in Taiwan comes in two crops annually, and the suitable climatic conditions are not all the same for both the first crop and the second crop.

Under suitable climatic conditions, not only high yield per unit area but also good quality can be achieved. Therefore, referring to the distribution of paddy rice yield per unit area and coefficient of yield variation associated with various climatic charts, the suitable cultivation areas for paddy rice are obtained. Further by means of the stepwise regression analysis to find out the related suitable climatic factors which effect the yield of rice, the suitable cultivation area for the first crop paddy rice can be divided into two grades and for the second crop paddy rice three grades respectively.

### 一、前 言

水稻係臺灣最主要的糧食作物，栽培面積最廣，達七十七萬公頃(根據六十七年度農業年報)。由於本省山地多，平原少，受地形限制，水稻栽培面積已近極限，爲了適應大眾糧食需要，近年來，各農業機構在栽培技術方面，如改良品種、利用肥料及應用殺蟲劑等，發展很多方法，以圖提高水稻之單位面積產量及擴增栽培面積，已具績效。惟影響農作物的產量，除栽培技術之外，氣象因素顯然亦屬重要。爰自農業氣候觀點，就水稻的氣候區域，研擬合理的規劃。

臺灣屬亞熱帶氣候，作物生長季節較長，遠能

滿足栽培水稻所需的氣候界限條件。惟本省水稻一年二作，各期作之氣候環境不同，其最適氣候條件，如氣溫、雨量及日照時數，亦不相同。通常在最適氣候條件下，農作物不僅可獲得最佳品質，其歷年單位面積產量應亦獲最高，且較穩定，亦即產量變動較小，因此，本研究分別根據第一期與第二期水稻歷年單位面積產量的分佈，與產量變動分佈，配合各項氣候圖，將水稻產量與生育期氣候值進行迴歸分析，以規劃本省水稻適栽區域，冀能提供農業資源規劃及設置農業生產專業區之參考。

### 二、進行政序

1.步驟：

(1)本文係「臺灣農業氣候區域研究」之一部分，此項研究計畫獲得農發會及國家科學委員之補助，始克完成，併此誌謝。

(2)研究計畫主持人。

(3)(4)協同研究人員。

(1)繪製一、二期水稻歷年平均單位面積產量分布圖。

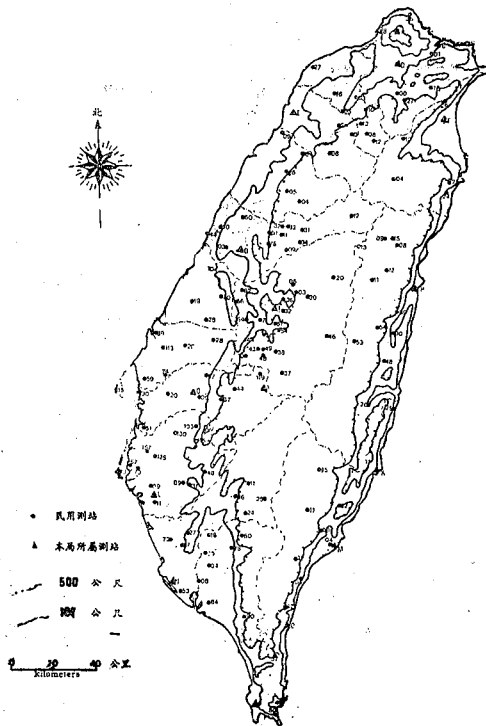
(2)繪製一、二期水稻產量變異係數分布圖。

(3)根據各地區一、二期作水稻生育期，計算主要生育期（插秧期、分蘗期、抽穗期、成熟期）之氣候值，與產量做相關分析，尋求各地區影響一、二期作產量之氣候因素，並分析各地區產量分布及產量變異係數分布與氣候之關係。

(4)參考各地區一、二期水稻歷年平均單位面積產量分布及產量變異係數分布，配合各地區水稻生育期之氣候值，綜合決定本省水稻適栽區域。

#### 2.水稻產量資料及農業氣候資料之來源：

本研究使用之水稻產量資料，係根據糧食局編印糧食統計要覽（民國 50-64 年），318 個鄉鎮之單位面積產量紀錄。農業氣候資料之蒐集，則根據本省現有農業氣象站之分布密度，選擇位置適當，觀測紀錄完整，觀測項目齊全之 133 所測站，選定測站分布見（圖一）。



圖一 選定測站分布

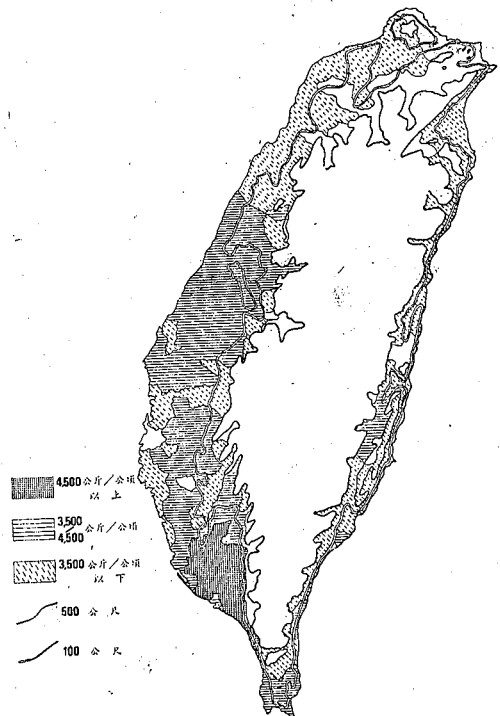
Fig 1. The distribution of the selected agro-meteorological observation stations.

各鄉（鎮）產量資料及各測站歷年逐日觀測紀錄（民國 50-64 年），包括溫度、雨量、日照時數等項目，均採用電子計算機處理，經製卡後存錄磁帶。

### 三、研究結果

#### 1.一期作水稻

由本省一期水稻（糙米）歷年平均單位面積產量分布（圖二）可看出，以高屏地區最高，超過 4,500 公斤／公頃，屏東縣里港、潮州、萬巒、竹田地區近年來產量可達 5,000 公斤／公頃以上，高雄縣鳳山、小港、林園、大寮、大樹等地區，亦可超過 4,500 公斤／公頃；其次臺南縣新營、後壁、東山、六甲及彰化縣和美、員林、田中、永靖、北斗等地區產量約 4,000~4,500 公斤／公頃；大安溪以北包括臺北縣、桃園縣、新竹縣等大部分地區產量較低，約 2,500~3,000 公斤／公頃；東部地區除臺東縣玉里、富里產量較高（約 3,500~4,000 公



圖二 一期水稻歷年平均單位面積產量分布

Fig 2. The distribution of mean yield per unit area of 1st crop paddy rice.

\*水稻產量資料係根據糧食局民國 54-64 年出版之糧食統計要覽各鄉鎮資料。

斤／公頃)以外，其餘地區產量均在 3,500 公斤／公頃以下。一般而言，本省一期水稻產量以中南部地區內陸平原各鄉鎮最高，沿海及山坡地區略低，大安溪以北及東部地區亦較低。

(表一) 列出各地區一期水稻插秧期、分蘗期及成熟期各個生育階段中，影響生育或產量較為重要的氣象因素。由表中看出本省各地一期水稻生育期之平均氣溫皆超過 20°C，日照時數亦隨生育階段逐漸增加，理論上均適於水稻生育。

為進一步了解影響各地區一期水稻產量之氣象限制因素，本研究根據糧食統計要覽民國五十年至六十四年之水稻產量資料，以逐步迴歸分析法，求取各地區一期水稻產量與各氣象因素之複迴歸關係式，結果如下：

臺北區 (三芝鄉)：

$$X_1 = 8182.3 - 40.4 \times X_3 - 189.2 X_{11}^* - 0.5 X_4 - 0.5 X_6 \quad R^2 = 0.80$$

宜蘭區 (宜蘭市)：

$$X_1 = 10020.5 - 2.8 X_6 - 423.0 X_{11}^* - 7.4 X_6^* - 1.7 X_{12}^* + 369.4 X_5^* + 176.7 X_7 + 1.0 X_9 \quad R^2 = 0.73$$

新竹區 (新竹市)：

$$X_1 = 4785.7 - 104.8 X_3 - 0.5 X_4 - 0.4 X_7 \quad R^2 = 0.52$$

臺中區 (烏日鄉)：

$$X_1 = 9451.2 - 2.3 X_7^{**} - 2.7 X_{10}^{**} + 312.5 X_8^{**} - 686.1 X_{11}^{**} + 229.8 X_3^{**} - 4.2 X_4^{**} + 0.5 X_9^* \quad R^2 = 0.96$$

高雄區 (小港鎮)：

$$X_1 = 7308.1 - 280.1 X_6 + 2.8 X_4 + 366.1 X_2^* - 685.4 X_{10}^* + 444.0 X_5 + 233.3 X_8 - 153.8 X_3 \quad R^2 = 0.66$$

花蓮區 (花蓮市)：

$$X_1 = 21014.5 - 362.6 X_8^{***} - 347.1 X_5^{**} - 67.4 X_6 + 1.2 X_{12}^* - 1.0 X_9 \quad R^2 = 0.82$$

式中  $X_1$ ：一期水稻單位面積產量

$X_2$ ：插秧期平均氣溫

$X_3$ ：插秧期平均最低氣溫

$X_4$ ：插秧期雨量

$X_5$ ：分蘗期平均氣溫

$X_6$ ：分蘗期平均最高氣溫

$X_7$ ：分蘗期雨量

$X_8$ ：抽穗至成熟期平均氣溫

$X_9$ ：抽穗至成熟期雨量

$X_{10}$ ：抽穗至成熟期日照時數

$X_{11}$ ：全生育期平均氣溫

$X_{12}$ ：全生育期雨量

上述各區一期水稻產量與氣象因素之複迴歸關係式，以臺中區之複迴歸決定係數 ( $R^2=0.96$ ) 為最高，此說明臺中區 (烏日鄉) 一期水稻產量受關係式中之氣象變數影響甚大，花蓮、臺北、宜蘭、高雄區次之，分別為 0.82, 0.80, 0.73、0.66，而以新竹區較低，為 0.52，其原因可能為新竹區 (新竹市) 之一期水稻產量受某種因素影響較大，導致各氣象因素對產量之解釋程度偏低。

各區之複迴歸關係式中，影響產量之氣象變數並不完全相同，各氣象變數之影響程度亦有差異，然而大致上可看出臺北、宜蘭、臺中等區均以全生育期平均氣溫為影響產量之重要變數，臺中、高雄區則均以抽穗至成熟期之日照時數較為重要。由於上項分析僅採用 15 年之產量與氣象資料，同時亦無適當方法，對各種技術因素之影響成分予以有效控制，因此上述各區產量與氣象因素之複迴歸關係式僅可做為參考。吾人由該等複迴歸關係式，可瞭解影響本省各地一期水稻產量的因素並不一致，無法找出共同之氣象限制因素。然而由 (圖二) 所示本省一期水稻單位面積產量分布，以高屏地區最高，嘉南及中部地區次之，大安溪以北及宜蘭、花蓮地區較低。茲根據水稻生理及生育特性，將此種產量差異與氣象因素歸納如下：

(1) 本省各地一期水稻插秧期之平均氣溫大致相同 (約 17~18°C)，而插秧期以後之氣溫變化不同。高屏地區自一月上旬插秧以後的氣溫上升較為緩慢，地上部生長較慢，根部發育比較健全，分蘗期之平均最高氣溫為 24~25°C，最適於水稻之生育；臺中及臺北地區於二月中旬及三月上旬插秧以後，氣溫上升非常迅速 (圖三)，分蘗期之平均最高氣溫達 27°C，此或可能使分蘗速度較快，但期間縮短，導致分蘗數較少。據岡、盧 (1953, 1955) <sup>(2,3)</sup> 二氏報導：水稻生長期中之溫度介於 18~28°C 之間，在此範圍內，通常分蘗數在溫度愈低時愈增加。

\* (1) 各區一期水稻生育期之劃分係本局所屬測站歷年物候觀測平均值，見 (表一)。

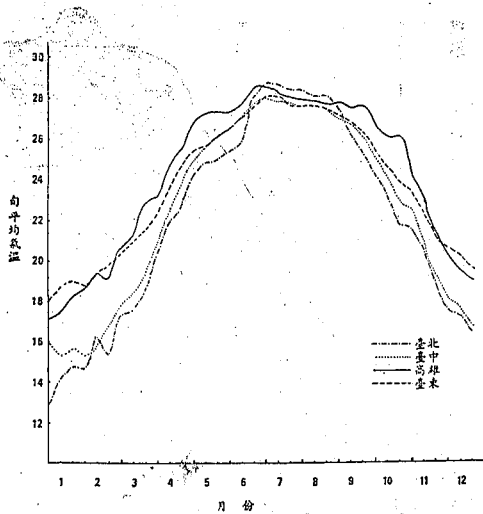
(2) 氣象變數有\*\*者達 1% 顯著水準有\*者達 5% 顯著水準

表一：臺灣地區一期水稻各生育階段之氣象環境

Table 1: The climatic environment of 1st crop paddy rice in Taiwan

地 區	單位面積產量 (公斤/公頃)	插 秧 期				分 蘗 期				抽 穗 ~ 成 熟				全 生 育 期		
		期 間	平均氣溫 (°C)	平均最低氣溫 (°C)	雨 量 (公厘)	期 間	平均氣溫 (°C)	平均最高氣溫 (°C)	雨 量 (公厘)	期 間	平均氣溫 (°C)	雨 量 (公厘)	日照時數 (小時)	期 間	平均氣溫 (°C)	雨 量 (公厘)
臺 北 區 (三芝鄉)	3010.5	三月上旬 三月下旬	17.2	13.7	154.8	四月中旬 五月中旬	23.4	27.2	160.0	五月下旬 六月下旬	26.4	318.4	149.7	三月上旬 七月中旬	23.6	856.5
宜 蘭 區 (宜蘭市)	3438.2	二月下旬 三月中旬	17.1	13.3	139.3	四月上旬 四月下旬	21.5	25.4	92.7	五月中旬 六月中旬	25.0	347.9	162.2	二月下旬 七月上旬	22.3	710.3
新 竹 區 (新竹市)	3318.1	三月上旬 三月下旬	17.1	14.0	158.8	四月中旬 五月中旬	23.4	27.5	209.3	五月下旬 六月下旬	26.5	391.9	235.9	三月上旬 七月上旬	23.0	803.8
臺 中 區 (烏日鄉)	4083.9	二月中旬 三月上旬	17.2	13.1	45.7	三月下旬 四月下旬	22.0	27.4	125.0	五月上旬 六月上旬	25.9	362.8	237.9	二月中旬 六月下旬	22.6	807.2
臺 南 區 (新營鎮)	3959.8	一月下旬 二月中旬	16.9	12.1	22.8	三月上旬 四月上旬	20.3	26.4	70.1	四月下旬 五月下旬	26.0	126.6	226.5	一月下旬 六月中旬	22.1	561.8
高 雄 區 (小港鎮)	4664.2	一月上旬 一月下旬	17.6	13.0	17.5	二月上旬 三月上旬	19.5	24.7	16.7	四月上旬 五月上旬	25.2	63.2	277.8	一月上旬 五月中旬	21.5	198.4
臺 東 區 (臺東市)	3520.5	一月下旬 二月中旬	19.1	16.0	50.4	三月上旬 四月上旬	21.5	25.4	77.5	五月上旬 六月上旬	26.3	219.2	169.7	一月下旬 六月中旬	22.9	513.6
花 蓮 區 (花蓮市)	3336.4	二月中旬 三月上旬	18.1	15.3	97.3	三月中旬 四月中旬	20.8	24.9	169.6	五月中旬 六月中旬	25.6	348.3	182.3	二月中旬 六月中旬	22.1	678.5

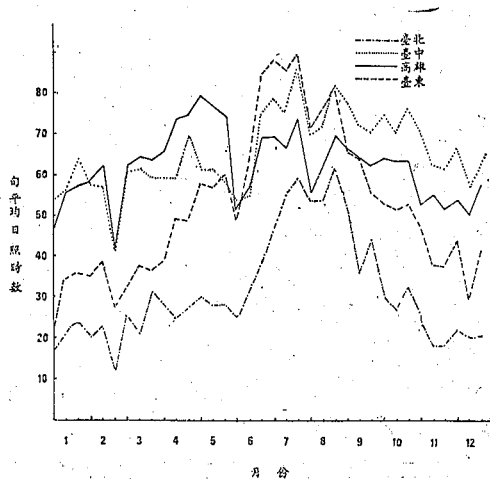
註：單位面積產量及氣象值均係（民國 50~64 年）之平均值。



圖三 臺北臺中高雄臺東歷年旬平均氣溫  
Fig 3. The distribution of mean temperature in ten days of Taipei, Taichung, Kaohsiung and Taitung.

(2)高屏地區及嘉南地區一期水稻生長之限制因素為插秧期及分蘖期之雨量過少，但是由於本省一般稻田灌溉系統良好，除特別乾旱氣候發生旱害外，其影響效果較小。

(3)高屏及嘉南地區一期水稻生育時期之日照時數較多（圖四），臺中次之，臺北最少。理論上對高屏地區水稻行光合作用及根部呼吸作用較為有利。(1)

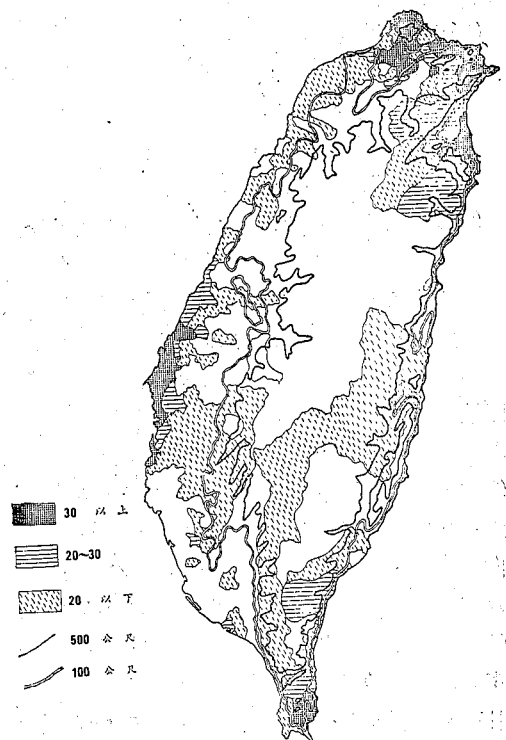


圖四 臺北臺中高雄臺東歷年旬平均日照時數  
Fig 4. The distribution of mean sunshine hours in ten days of Taipei, Taichung, Kaohsiung and Taitung.

(4)北部（臺北、新竹、桃園、苗栗）、東部（臺東、花蓮）及宜蘭地區一期水稻抽穗至成熟期間，約在五月中旬至六月下旬，往往容易遭受梅雨季節之雨害，造成授粉不良，或者發生倒伏發芽，影響產量頗鉅，高屏地區於五月上旬即可進行收穫，遭受梅雨害之機會較少。

前述本省一期水稻生育期間，雖然以中南部地區為最適合，但是（圖二）顯示高雄縣永安、湖內，臺南縣七股、將軍、北門及嘉義縣布袋、義竹、東石，雲林縣麥寮、東勢等臨海鄉鎮產量略低，約在 3,500 公斤／公頃以下。主要原因係鹽性土壤，且灌溉、排水較為困難，沿海風沙較強，影響水稻生育；嘉義縣朴子、水上、竹崎等地，因係沙質土壤，多為看天田，一般產量亦較低。上述地區如能改善水利設施，或改良土壤性質，亦或有提高產量之可能。

由本省一期水稻歷年產量變異係數分布（圖五），可知本省大部分地區一期水稻歷年產量皆非常穩定，僅臺南縣北門、將軍、學甲等臨海鄉鎮，



圖五 一期水稻歷年單位面積產量變異係數分布  
Fig 5. The distribution of coefficient of variance of 1st crop paddy rice yield

每逢雨季來臨時，海水倒灌，時常造成嚴重鹽害，同時沿海風沙較強，影響稻株生育；臺北縣泰山、樹林，宜蘭縣南澳，屏東縣春日、泰武、三地等靠山地區，每逢雨季山洪暴發，排水不良，危害稻田，並且由於缺乏灌溉設施，生育初期缺雨時，容易發生旱害，因此產量變動較大，變異係數約20左右，其餘各地均低於20。

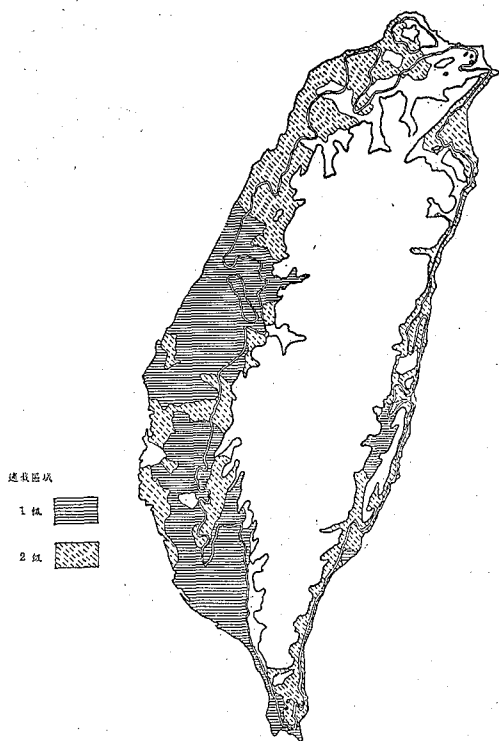
綜合上述，本省各地一期水稻生育期之氣候環境均適於水稻栽培，其中以高屏地區之各種氣候條件配合最理想。根據統計分析結果顯示，影響各地一期水稻產量之氣象因素，並不完全相同，亦表示影響各地一期水稻產量之因素甚為複雜，此點與日本不同。日本栽培水稻產量受八月份（幼穗形成期至抽穗期）平均氣溫影響，如八月份平均氣溫高，則產量亦高，所以大後氏（1957）<sup>(6)</sup> 曾根據八月份平均氣溫 23°C 等值線分布及各地八月份平均氣溫標準偏差之大小，作為規劃日本水稻農業氣候區域之依據。本研究僅能根據歷年一期水稻平均單位面積產量分布及產量變異係數分布情形，參考各地一期水稻生育期之氣候條件，將本省一期水稻之農業氣候區域初步劃分為二級：

- (1)第一級為最適合區域，係包括大安溪以南由臺中至屏東縣恒春，其歷年單位面積產量超過 3,500 公斤／公頃，變異係數低於 20 的平原地區，如高度高於 100 公尺以上，變異係數低於 10 者，亦屬此級。
- (2)第二級係指大安溪以北及宜蘭、花蓮、臺東地區，其歷年單位面積產量低於 3,500 公斤／公頃地區，大安溪以南部分地區，歷年單位面積產量低於 3,500 公斤／公頃者，亦屬此級。

（圖六）係初步規劃之本省一期水稻農業氣候區域，所規劃之界限如下：(1)500 公尺等高線為水稻栽培最高限界，亦是本省山地與丘陵地的界限。(2)在 100 公尺以下之平原地區，理論上均適合栽培水稻。100 公尺至 500 公尺之間，需視坡度、風向、灌溉系統良否，或可栽培水稻。(3)大安溪以北及東北地區多為丘陵地，受地形影響，冬季季節風較強，雨量亦較多，可視為本省西南部熱帶氣候與東北部亞熱帶氣候之分界。本省許多主要農作物如甘蔗、陸稻、香蕉、鳳梨等主要產區，皆限於大安溪以南。

## 2.二期作水稻

本省各地二期水稻歷年平均單位面積產量（糙

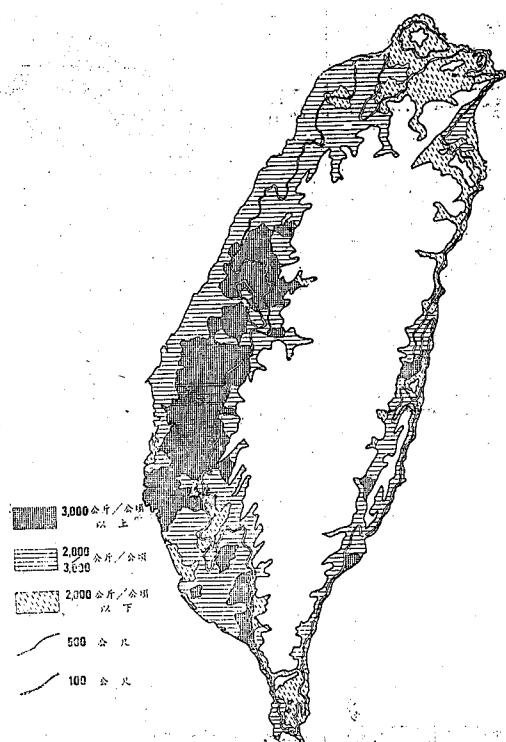


圖六 一期水稻適栽區域

Fig 6. The agroclimatic division of 1st crop paddy rice.

米) 普遍要比一期水稻減少甚多，皆低於 4,000 公斤／公頃。各地減少程度並不一致，由本省二期水稻歷年平均單位面積產量分布（圖七），可知二期水稻產量以臺中市、彰化市、雲林縣斗南、臺南縣新營、鹽水、白河、柳營、後營、東山、佳里、西港等地較高，歷年平均單位面積產量可超過 3,500 公斤／公頃，其中臺南縣柳營、後營有時超過 4,000 公斤／公頃；臺中、彰化、雲林、嘉義、高雄、屏東等縣沿海鄉鎮及大安溪以北地區產量較低，歷年平均單位面積產量均低於 3,000 公斤／公頃；臺北縣、宜蘭縣與花蓮縣之部份沿海鄉鎮，產量均低於 2,000 公斤／公頃；屏東縣除內埔、麟洛、潮州、枋寮等地外，其餘地區亦在 3,000 公斤／公頃以下。大致上本省二期水稻產量以臺中、彰化、雲林、嘉義等縣之內陸平原較高，超過 3,000 公斤／公頃。

（表二）列出本省各地二期水稻各生育階段之氣象環境。各地二期水稻插秧期之差距較小（七月上旬至八月上旬），平均氣溫約 27~28°C，平均最高氣溫約 32~33°C，雨量約 150~200 公厘；



圖七 二期水稻歷年平均單位面積產量分布

Fig 7. The distribution of mean yield per unit area of 2nd crop paddy rice.

分蘖期之平均氣溫約 27~28°C，平均最高氣溫約 31~32°C，雨量皆超過 250 公厘，以高雄區最多，約 500 公厘；抽穗期之平均氣溫以高雄區最高，約 27°C，臺北、宜蘭、新竹等區較低，約 22~23°C 臺中、臺南及臺東、花蓮等區約 25~26°C，雨量則以新竹、臺中、臺南等區較少，約 50~100 公厘，花蓮、宜蘭等區最高，超過 500 公厘，日照時數則以臺中、高雄區較高，約 277 小時，宜蘭區最低，僅 130 小時，其餘各區皆在 150~200 小時之間。

根據(表二)所列各區二期水稻歷年平均單位面積產量，以臺北區及高雄區較一期作(表一)減少最多，二期作產量僅達一期作之 55~56%，宜蘭區次之，為一期作之 72%，臺中、花蓮區為 81%，臺東、新竹二區為 87~89%，臺南區之差異最小，二期作產量達一期作之 91%。

為配合本省現行栽培制度，根據各地一、二期水稻生育期之氣候環境，分別規劃一、二期水稻之適栽區域，因此對於二期作減產原因不擬深入檢討。茲將各區二期水稻產量與各氣象因素之複迴歸

關係式列舉如下：(統計方法與資料來源與一期作相同)：

臺北區(三芝鄉)：

$$X_1 = -39735.8 + 10.2X_{10}^{**} + 497.8X_6^{**} + 1.3X_{12}^{**} + 503.2X_3^{**} + 257.2X_8^{**} + 1.4X_4^{**} \quad R^2 = 0.80$$

宜蘭區(宜蘭市)：

$$X_1 = -15282.8 - 0.3X_{12} + 1.4X_4 + 1167.3X_6 - 1164.7X_5 + 5.2X_{10} + 456.7X_2 \quad R^2 = 0.77$$

新竹區(新竹市)：

$$X_1 = 2253.6 - 303.3X_{11} + 1.4X_4^{*} - 3.4X_9^{*} + 306.4X_2^{*} - 0.3X_7 \quad R^2 = 0.67$$

臺中區(烏日鄉)：

$$X_1 = 8940.6 - 1.7X_9^{**} - 170.5X_8 - 3.7X_{10} \quad R^2 = 0.74$$

高雄區(小港鎮)：

$$X_1 = 918.6 - 0.5X_7^{*} + 139.1X_3 - 88.2X_2 \quad R^2 = 0.61$$

花蓮區(花蓮市)：

$$X_1 = 2649.2 + 0.6X_7 + 1.7X_4^{*} - 74.9X_{10} + 354.1X_3^{*} - 1.1X_{11} - 5.2X_8 - 938.3X_6^{*} + 791.1X_5 + 0.6X_9 \quad R^2 = 0.70$$

式中  $X_1$ ：二期水稻單位面積產量

$X_2$ ：插秧期平均氣溫

$X_3$ ：插秧期平均最高氣溫

$X_4$ ：插秧期雨量

$X_5$ ：分蘖期平均氣溫

$X_6$ ：分蘖期平均最高氣溫

$X_7$ ：分蘖期雨量

$X_8$ ：抽穗至成熟期平均氣溫

$X_9$ ：抽穗至成熟期雨量

$X_{10}$ ：抽穗至成熟期日照時數

$X_{11}$ ：全生育期平均氣溫

$X_{12}$ ：全生育期雨量

上述各區水稻產量與氣象因素複迴歸關係式中，以臺北區之複迴歸決定係數( $R^2 = 0.80$ )最高，宜蘭、臺中、花蓮次之，分別為 0.77，0.74，0.70 高雄區最低，為 0.61。由各區之複迴歸關係式，可知影響本省各地二期水稻之氣象因素較一期作更缺乏一致性：臺北區以抽穗至成熟期之日照時數、平均氣溫，以及分蘖期之平均最高氣溫、插秧期最高氣溫、雨量等為影響二期水稻之重要氣象因素，宜蘭區則缺乏顯著影響之氣象因素，新竹區以插秧期

表二：臺灣地區二期水稻各生育階段之氣象環境

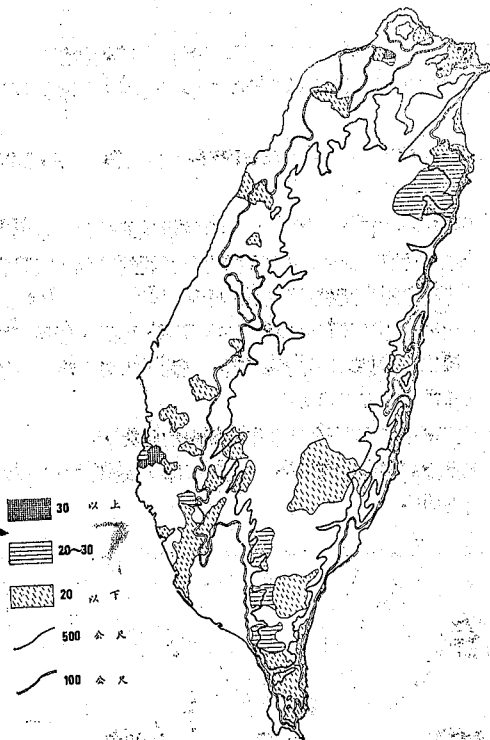
Table 2: the climatic environment of 2nd crop paddy rice in Taiwan

地 區	單位 面積產量 (公斤/公頃)	秧 期				分 蘗 期				抽 穗 ~ 成 熟				全 生 育 期		
		期 間	平均氣溫 (°C)	平均最低氣溫 (°C)	雨 量 (公厘)	期 間	平均氣溫 (°C)	平均最高氣溫 (°C)	雨 量 (公厘)	期 間	平均氣溫 (°C)	雨 量 (公厘)	日照時數 (小時)	期 間	平均氣溫 (°C)	雨 量 (公厘)
臺 北 區 (三芝鄉)	1690.5	七月下旬	28.6	32.7	147.0	八月中旬	27.8	32.0	316.5	十月上旬	23.4	267.6	184.5	七月中旬	23.4	740.8
		八月上旬				九月中旬				十一月上旬				十一月上旬		
宜 蘭 區 (宜蘭市)	2477.5	七月下旬	27.8	31.6	160.5	八月下旬	26.8	30.6	362.8	十月上旬	22.6	565.5	131.8	七月下旬	25.3	1233.3
		八月上旬				九月中旬				十一月上旬				十一月上旬		
新 竹 區 (新竹市)	2941.2	七月下旬	28.4	33.0	163.3	八月中旬	27.8	32.3	273.1	十月上旬	23.3	72.2	259.7	七月下旬	26.1	566.1
		八月上旬				九月中旬				十一月上旬				十一月上旬		
臺 中 區 (烏日鄉)	3326.6	七月中旬	28.3	33.2	144.4	八月上旬	27.9	32.7	266.3	九月中旬	25.8	103.9	277.7	七月中旬	27.2	582.3
		七月下旬				八月下旬				十月中旬				十月中旬		
臺 南 區 (新營鎮)	3665.4	七月中旬	28.2	32.4	189.5	八月上旬	27.1	32.1	326.5	九月中旬	26.1	115.2	212.1	七月中旬	27.1	648.8
		七月下旬				八月下旬				十月中旬				十月中旬		
高 雄 區 (小港鎮)	2559.6	七月上旬	28.4	31.9	209.8	七月中旬	28.1	31.5	522.8	八月下旬	27.6	345.0	274.1	七月上旬	28.0	1000.9
		七月中旬				八月中旬				九月下旬				九月下旬		
臺 東 區 (臺東鎮)	3050.6	七月下旬	28.5	32.0	238.8	八月上旬	28.2	31.9	272.9	九月下旬	25.5	425.9	182.9	七月下旬	26.4	1068.8
		八月上旬				八月下旬				十月下旬				十一月中旬		
花 蓮 區 (花蓮市)	2710.7	七月下旬	27.8	31.7	167.3	八月中旬	27.1	31.5	248.1	九月下旬	24.6	535.6	204.6	七月下旬	25.6	1187.5
		八月上旬				九月上旬				十月下旬				十一月中旬		



雨量、平均氣溫及抽穗至成熟期雨量等因素較為重要，臺中區以抽穗至成熟期之雨量等為顯著氣象因素，高雄區以分蘗期雨量等為重要氣象因素，花蓮區影響二期水稻之重要氣象因素則為插秧期平均最高氣溫、雨量及分蘗期平均最高氣溫等。上述各區複迴歸關係式雖僅做為參考，但亦顯示影響本省二期水稻產量之因素非常複雜。

(圖八) 所示本省二期水稻產量除屏東、高雄、臺南、彰化、臺中部份地區之變異係數較小，低於 10 外，其餘地區產量變動性非常高。中南部地區以彰化、雲林、嘉義、臺南等縣沿海鄉鎮之變異係數較高，皆超過 20，而彰化縣大城、雲林縣麥寮、臺西、四湖、口湖、嘉義縣東石、布袋、臺南縣北門等地皆超過 30，北部地區臺北及宜蘭二縣沿海鄉鎮之變異係數亦皆超過 30，山坡地區亦達 20。如同時參考二期水稻歷年平均單位面積產量分布(圖七)，與產量變異係數分布(圖八)，可發現中南部內陸平原平均產量較高地區(超過 3,000 公公斤/頃)，產量變異較小；沿海地區產量變異高者，其單位面積產量亦較低(低於 3,000 公公斤/公頃)。



圖八 二期水稻歷年平均單位面積產量變異係數分布

Fig 8. The distribution of coefficient of variance of 2nd crop paddy rice yield

頃)；北部地區宜蘭縣、臺北縣各鄉鎮變異係數皆超過 20，單位面積產量普遍較低，在 2,000 公公斤/公頃以下。茲將此種二期水稻產量與變異分布配合現象，及變異增大的原因，與氣候關係說明如下：

(1) 歷年颱風侵襲本省時期以七、八、九三個月最多，水稻歷年遭受風害(或豪雨沖失)，以二期作最多，此可能為歷年二期水稻產量不穩定主要原因之一。

(2) 本省二期水稻插秧期之平均氣溫約在 27 ~ 28°C 之間(表二)，中南部地區插秧較早，一般於七月中旬開始插秧，十月中旬以前即可進行收穫，抽穗至成熟期之平均氣溫約 26~27°C，較生育初期之氣溫降低幅度甚小；而臺中以北地區於七月下旬始進行插秧，往往遲至十一月上旬才收穫，抽穗至成熟期之平均氣溫已降至 22~23°C，因溫度降低，導致成谷率及千粒重減低，因此產量要比中南部地區減低甚多。

(3) 新竹、桃園、臺北及宜蘭地區抽穗至成熟期東北季風增強，雨量較多，日照時數減少，影響開花及成熟，容易發生風害及雨害，因此產量較低，變異性很高。

(4) 中部各縣沿海地區，因抽穗至成熟期季風增強，影響開花，並易發生倒伏，同時土質不良，鹽份過高，影響稻株發育，因此產量要比內陸平原地區低，變異性亦高。

(5) 高屏地區二期水稻產量頗為穩定，變異係數大部分低於 10，然而部分地區產量僅達 2,000 ~ 3,000 公公斤/公頃，可能係地下水位過高，地溫亦高，導致稻株根部發育不良，如能改善排水措施，理論上應能提高產量。

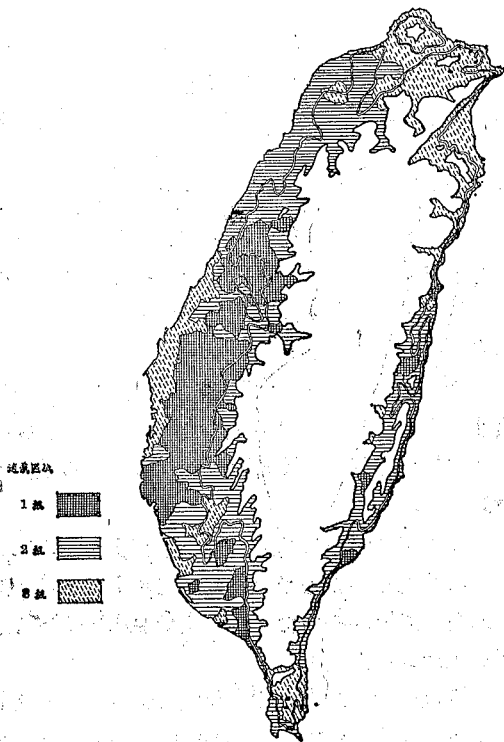
雖然本省二期水稻生育期之氣候環境比一期水稻略差，而且影響產量之因素亦較一期作複雜，但是吾人規劃二期水稻適栽區域所採之原則仍與一期作相同，以歷年平均單位面積產量分布及產量變異係數分布為規劃依據，以 500 公尺等高線為栽培最高限界，大安溪為適栽區域限界。茲將本省二期水稻之農業氣候區域劃分為下列三級：

(1) 第一級為最適合區域，係包括大安溪以南，由臺中市至嘉義之內陸平原，其歷年單位面積產量超過 3,000 公公斤/公頃，產量變異係數低於 20 之地區。

(2) 第二級係指歷年單位面積產量為 2,000 ~ 3,000 公公斤/公頃，變異係數低於 20 之地區。

(3)第三級為不適合栽培地區，係指臺中、彰化、雲林、嘉義各縣沿海鄉鎮，臺北、宜蘭及花蓮縣部分鄉鎮，其歷年單位面積產量低於 2,000 公斤／公頃，變異係數超過 20 之地區。

(圖九)為本研究初步規劃之本省二期水稻農業氣候區域分布。



圖九 二期水稻適栽區域

Fig 9. The agri-climatic division of 2nd crop paddy rice.

#### 四、結 論

(1)本省土地利用時序較為密集，水稻一年二作，每期作生育期之氣象環境不同，影響產量之氣

候要素亦異，因此必須配合各期作之氣候環境分別規劃，但是綜合各期作之適栽區域分布觀之，本省中部內陸平原（大安溪以南）地區無論一、二期作均為最適栽區域，北部及東北部地區無論一、二期作均較其他地區為劣。

(2)本研究所採水稻產量資料係各縣政府彙報農林廳之原始資料，資料紀錄以鄉（鎮）為單位，此項資料或許因人為因素偶有誤差，但是本研究係根據各地區歷年平均產量做相對比較，理論上與比較結果仍極具有參考價值。

(3)本研究所使用之水稻產量資料，含有各項技術因素之變異成分，因此欲以統計分析方法探求影響產量之氣候要素時甚為困難，故規劃適栽區域時，原則上仍以水稻歷年單位面積產量分布及產量變異係數分布為主要依據。

(4)為進一步闡明水稻產量與氣候之關係，今後各農業試驗機構應加強水稻田微氣象研究，以瞭解影響水稻產量之關鍵性氣候因素，俾便進一步將本省之水稻栽培區域做更合理之規劃。

#### 參 考 文 獻

1. 張德梅 1977 稻之生長及各重要農藝性狀對日長與溫度之反應，中華農業研究二十六卷第三期 pp 169-178。
2. 農業要覽第一輯，糧食作物第一卷，稻、甘藷，民國五十三年版。
3. 岡彥一、盧英權 1953 稻系統發生的分化 III 感光性感溫性及其基本生育日數之品種間的變異。臺灣省立農學院農林學報第二輯 pp 1-20。
4. 岡彥一、盧英權 1955 稻之分蘖、稈長、穗長對於溫度反應與其品種間的變異。臺灣省立農學院農林學報第四輯 pp 1-18。
5. 大後美保 1957 日本作物氣象的研究。
6. 臺灣省糧食統計要覽，糧食局編印，民國五十年～六十四年。

莊 敬 自 強  
處 變 不 驚

# 臺灣地區霜日頻率與霜期分析及其 在農作物霜害預防之應用

## *The Analysis of Frost Day Frequency and Frost Period in Taiwan and Its Application to Frost Protection for Crops*

楊 之 遠

*Chea- Yuan Young*

### ABSTRACT

Frost damage is one the main meteorological disasters for crops in Taiwan. The protective methods are general used by most of the farmers, such as heating, wind machine, covering, etc. By using the temperature data of 120 observation stations, this reseach analyzed the frequency of frost day and frost period throughout the island. With a view to assisting farmers in determining suitable planting dates, location and varieties as to minimize the frost damage.

If the frost day is defined by the daily absolute temperature equal to or less than  $0^{\circ}\text{C}$ , there is no obvious first (last) frost date in plain areas. But in mountain areas, the first frost date comes early with increase in altitude, and the last frost date late with increase in altitude. If the frequency of frost day in plain areas is based upon the frequency of minimum temperture between  $0^{\circ}\text{C}$  and  $5^{\circ}\text{C}$ , the frequency of frost day in January is the highest. The frost occured in the plain area of Taichung, Changhwa, Yunlin, and Nantou over 2 times. If the first (last) frost date is based upon the first (last) occurrence of  $5^{\circ}\text{C}$ , the earliest first frost late appears approximately on December 25 in Shaukung of Kaohsiung, between January 31 and February 10 in central region, and between January 31 and February 10 in northern region.

There were six frosts caused serious damage in period of 1960-1978 in Taiwan. All of these damages were in January and February. The damage areas usually covered Taichung, Changhwa, Yunlin, Nantou, and the kinds of damaged crops included sweetpotato, banana, pineapple, corn, and paddy rice. The frost damage in the mentioned areas were caused by cultivated system as well as topography. So the winter crop in these areas should select frost-resistant species. In the area where the frequency of frost over 2 days in January, crops of low production cost should be selected so as to reduce the loss of frost damage. For the spring crops which are planted after the first decade of February, the risk of frost damage will decrease.

## 摘 要

霜害是本省農作物主要氣象災害之一，一般農民平時均採用積極性之預防方法，諸如加熱法、吹風法、覆蓋法等，本研究則以農業氣象學之觀點，根據 120 所測站溫度資料，將本省各地之霜日頻率及霜期作一初步之分析，希望能提供農民參考，根據各地霜日頻率及霜期，選擇合適之種植時期、地點及作物，以減少霜害之發生。

如以當日絕對最低氣溫  $\leq 0^{\circ}\text{C}$  時定義為霜日，則臺灣平原地區無明顯之始（終）霜期，山坡地區之始霜期隨高度增加而提早，終霜期隨高度增加而延後，如以介於  $0^{\circ}\text{C}$  與  $5^{\circ}\text{C}$  間之最低氣溫出現頻率及  $5^{\circ}\text{C}$  之始（終）期來估算平原地區之霜日頻率及始（終）霜期，則平地以一月份之霜日頻率最高，彰化、臺中、雲林、南投等縣之內陸平原均超過二次（日）；始霜期以高雄縣小港及屏東縣九如、里港等地區為最晚，約 12 月 25 日，中部地區及嘉南平原約為 12 月 20 日，北部地區約在 12 月 10~20 日，終霜期以南部高雄地區最早，約在 1 月 10 日，中部地區約在 1 月 20~31 日，北部地區約在 1 月 31 日~2 月 10 日之間。

本省歷年（1960-1978）發生六次較為嚴重之霜害，發生時間多在一、二月，受害地區以中部地區之臺中、彰化、雲林、南投等縣較多，受害作物以甘藷、香蕉、鳳梨、玉米、水稻等作物較多，其原因除受耕作制度影響外，亦受地形因素之影響，因此上述地區進行秋（裡）作栽培時，應選擇耐寒，早熟之作物或品種，一月份霜日頻率超過 2 次（日）以上之地區，應選擇生產成本低之作物，以減少發生霜害時之損失，春植作物如在二月上旬以後種植，其遭受霜害之危險性亦會減低。

## 一、前 言

霜 (Frost) 之種類可依發生原因分成下列兩種：(1) 由於低於  $0^{\circ}\text{C}$  之冷空氣流入所造成的平流霜 (advection frost)。 (2) 由於地面或物體表面輻射散熱，導致溫度低至  $0^{\circ}\text{C}$  時所造成的輻射霜 (radiation frost)。Biel 氏<sup>(1)</sup> (1961) 認為二者差異在後者較易受地方性因素之影響，結霜強度隨當地之地形及周圍地物不同而異；再者當輻射霜形成時風力較弱，空氣與較冷之輻射體表面接觸時，即形成逆溫 (inversion temperature)，而平流霜則必要有風力輸送冷空氣，因此無明顯

之逆溫發生，但事實上要嚴格地區分輻射霜與平流霜往往失之武斷，因為乾冷空氣流入一地區，會使當地土壤及植物之熱量輻射散失，同時輻射亦能造成平流空氣之熱量交換，使溫度下降。

結霜對於農作物所造成之傷害，往往給各地農人帶來很大的損失，因此霜日與霜期在農業上具有很重要之意義，霜日頻率及始（終）霜期除可供給農友作為霜害預防參考外，亦可為農作物適栽區域規劃之依據，通常對於霜日之定義有許多種，狹義而言，係指觀測到地表物體有結霜現象發生；廣義言之，以觀測坪之百葉箱內最低氣溫低達  $0^{\circ}\text{C}$  ( $32^{\circ}\text{F}$ ) 時，乃算霜日<sup>(8)</sup>。

本省地處亞熱帶，一般農地所推廣種植之農作物如玉米、水稻、香蕉、甘藷、甘蔗等，對於低溫或霜甚為敏感，每年秋末至翌年初春期間，大陸寒潮爆發，極地冷氣團籠罩之下，於晴朗無風之夜，地面因輻射甚強而溫度迅速降低，常常發生結霜，對於中部及嘉南地區之上述各種農作物及山坡地之果樹常造成嚴重霜害。通常農民所採取之霜害預防方法，諸如(1)加熱法(2)吹風法(3)灌溉法(4)覆蓋法(5)噴水法等<sup>(3)(4)(10)</sup>，均係積極性之做法，對於為期短暫之寒潮所可能造成之霜害確有效果，但是對於低溫持續三天以上時，則防霜之效果減低，此等方法往往因農作物之種類，生育階段及地形不同，使用效果差異亦大；同時本省農家多屬小家農場經營形式，如採用加熱法或吹風法所使用燃料、機械裝置等所需之費用，亦無負擔能力，因此如能分析本省各地之霜期及霜日頻率，藉以瞭解本省霜害危險性高之地區及時期，提供農友及有關單位參考，以避免在霜害機率較大的時期或地區種植不適合之果樹或作物，應不失為一種長期有效之預防方法。郭文鑠等氏 (1978)<sup>(11)</sup>，蔣丙然氏 (1954)<sup>(6)</sup>、陳正祥氏 (1948)<sup>(12)</sup> 等雖然曾對臺灣之農業氣候做詳細之分析，尚缺各地之霜日及霜期分析資料，因此，根據中央氣象局所屬測站及有關單位之農業氣象站之溫度資料，分析各地之霜日頻率及始（終）霜期，繪製成圖，同時根據歷年各地農作物霜害紀錄，分析各地發生霜害之次數及受害農作物之種類，闡明本省各地霜期與農作物霜害之關係，提供參考。

## 二、研究 方 法

本研究計算始（終）霜期及霜日頻率步驟如下：

(一)選擇測站：根據中央氣象局與農復會合作之「農

業氣候區域研究」計畫所整理之歷年觀測紀錄(民國50-64年)選出102所測站,並配合中央氣象局18所測站資料,合計120所測站,分析各地溫度。測站分布見(圖一)。

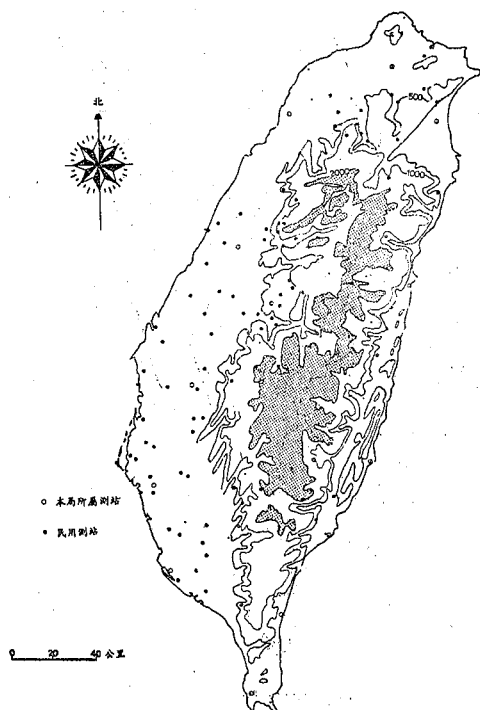
(二)計算始(終)霜期及霜日頻率:根據氣溫紀錄,以當日絕對最低溫 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 時,視為霜日,每年八月至十二月間 $T \leq 0^{\circ}\text{C}$ 最早出現之日期為始霜日( $T$ 表絕對最低溫),一月至七月間 $T \leq 0^{\circ}\text{C}$ 最後出現日期為終霜日,霜日頻率乃根據各測站15年逐月 $T \leq 0^{\circ}\text{C}$ 之霜日發生次(日)數,計算各地逐月平均霜日發生次數,並利用同樣方法,計算 $5^{\circ}\text{C}$ 始(終)期及15年逐月發生 $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$ 頻率。

(三)繪製始(終)霜期分布圖:根據各測站15年始(終)霜日,計算平均始(終)霜期,繪製始(終)霜期分布圖。

(四)繪製霜日頻率分布圖:根據各測站15年逐月平均霜日發生次數,繪製逐月霜日頻率分布圖。

(五)繪製 $5^{\circ}\text{C}$ 始(終)期及 $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$ 頻率分布圖,方法與(三)(四)相同。

(六)根據歷年農業年報之霜害資料(1960~1978年)。計算各縣各種農作物發生霜害之次數。



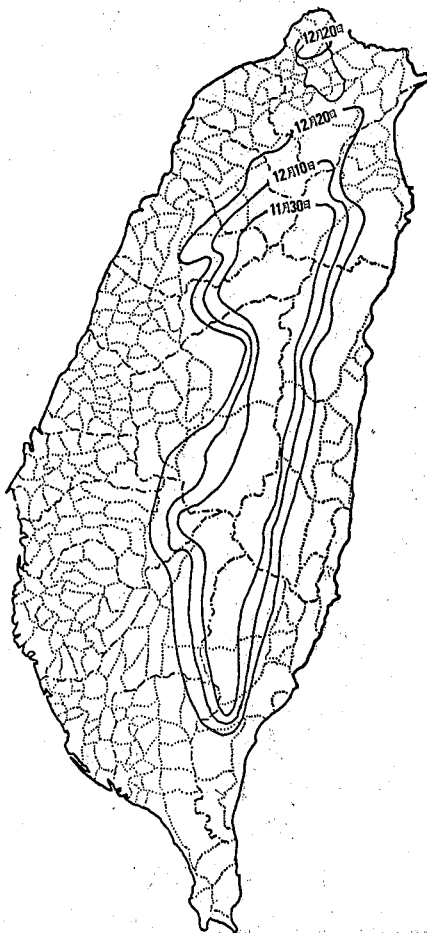
圖一 選定測站分布圖

### 三、研究結果

#### 一、始(終)霜期:

如以當日絕對最低溫 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 視為霜日,則臺灣平原地區,並無明顯之始(終)霜期,但是山坡地區始(終)霜期分布與海拔高度有密切關係,高度愈高則始霜期愈早,分布形式大致與臺灣山脈走向符合,呈封閉之曲線,內環較高處如中央山脈,雪高山脈山脊附近,海拔高度均超過2,000公尺,始霜期可提早至11月30日,阿里山測站海拔高度為2,400公尺,始霜期約在11月中旬,玉山測站海拔高度為3,850公尺,為本省最高峰,始霜期約為10月20日(6.7.8月偶有 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 發生,但機會甚小),理論上應是本省始霜期最早之地點,其餘海拔高度在1,000~2,000公尺之山地,始霜期約在12月上旬至中旬,參見(圖二)。

終霜期之分布形狀與始霜期略同,與山脈走向有相同趨勢,呈封閉曲線,海拔高度愈高處,終霜



圖二 始霜期分布

期愈晚，玉山測站終霜期往往遲至5月上旬，阿里山測站則為3月中旬至下旬，高度愈低則終霜期亦愈早，淺山坡地區之終霜期則往往早至1月下旬，參見(圖三)。

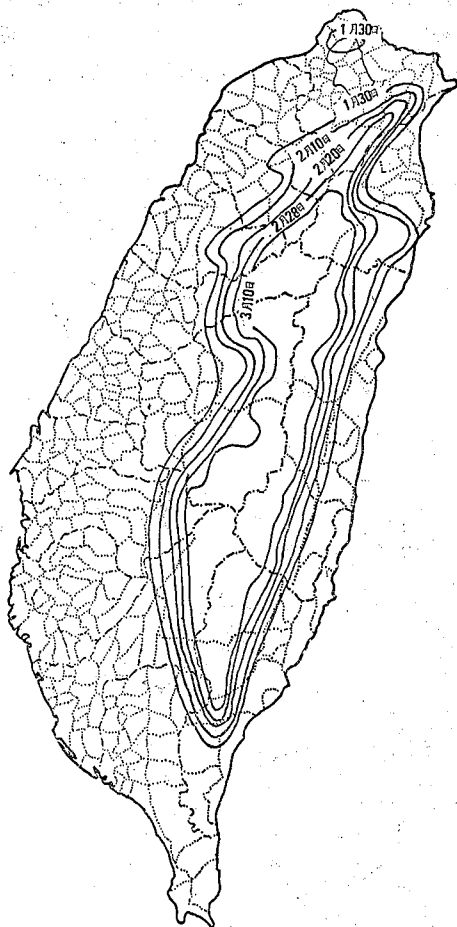
## 二、霜日頻率：

臺灣各地霜日頻率以十二、一、二等三個月份較高，山地多於平地，以十五年平均值而言，一月份平原地區除臺中市、彰化縣溪州、萬合、雲林縣同安、虎尾、嘉義縣蒜頭等地發生 0.1~0.4 次霜日，臺南及高雄縣部分平原發生 0.1 次霜日以外，其餘平原地區均無發生  $T \leq 0^{\circ}\text{C}$  之紀錄，淺山坡地區(100~500 公尺)至少有 0.1 次霜日，地勢愈高則霜日發生次數亦愈多，臺東縣海瑞沙姑山(1349公尺)有 6 次\*，宜蘭縣太平山(1930 公尺)發生 9~10 次\*\*，阿里山(2400 公尺)達 12~

13 次；二月份除彰化縣萬合，溪州及高雄縣北濱水等地發生 0.1 次霜日外，其餘平原地區尚無發生  $T \leq 0^{\circ}\text{C}$  之紀錄，山坡地區在 500 公尺以上始有發生 0.1 次以上之霜日，太平山有 6~7 次，阿里山有 7~8 次；三月份霜日僅出現於山地高度達 1500 公尺以上者，平均霜日約為 2~4 次；四月份以後各地霜日次數甚少，僅高山地區有 0.1~0.5 次，其餘地區無  $T \leq 0^{\circ}\text{C}$  之紀錄；五月至九月各山地測站除玉山測站偶有  $T \leq 0^{\circ}\text{C}$  之紀錄外，其餘測站均無；十月至十一月僅高山部分有 0.1~1 次霜日；十二月起發生霜日之範圍逐漸增加，北部淺山坡地區有 0.1 次，太平山有 6~7 次，阿里山有 9 次。參見(圖四)。

## 三、 $5^{\circ}\text{C}$ 始(終)期：

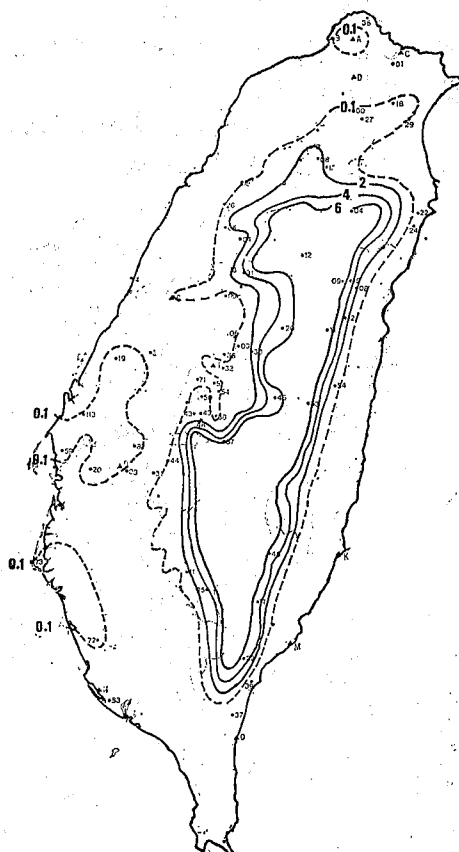
$5^{\circ}\text{C}$  始期以南部高雄縣小港、屏東縣九如、里港等地最晚，約在 12 月 25 日才有發生  $T \leq 5^{\circ}\text{C}$  之可能，中、北部平原地區及南部靠山坡



圖三 終霜期分布

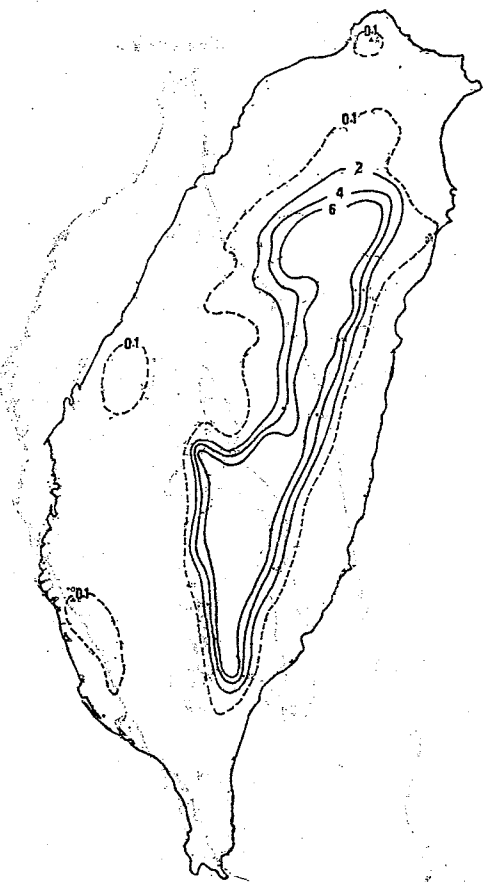
\* 林務局關山林管處里壠十三林班農業氣象站

\*\* 林務局蘭陽林管處太平山農業氣象站

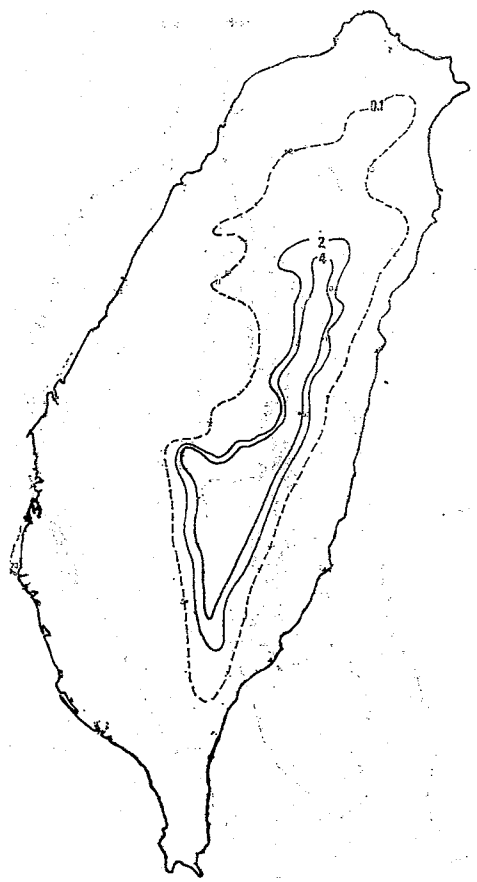


一月霜日頻率分布

圖四



二月 rainfall 频率分布



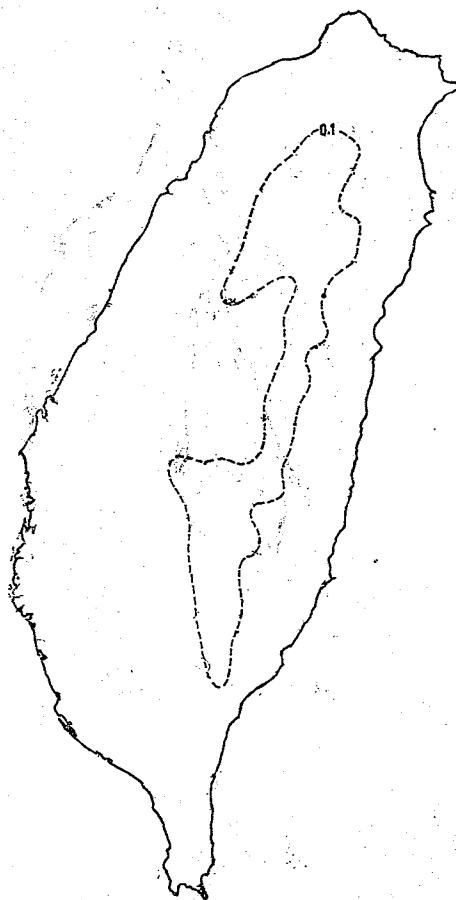
三月 rainfall 频率分布



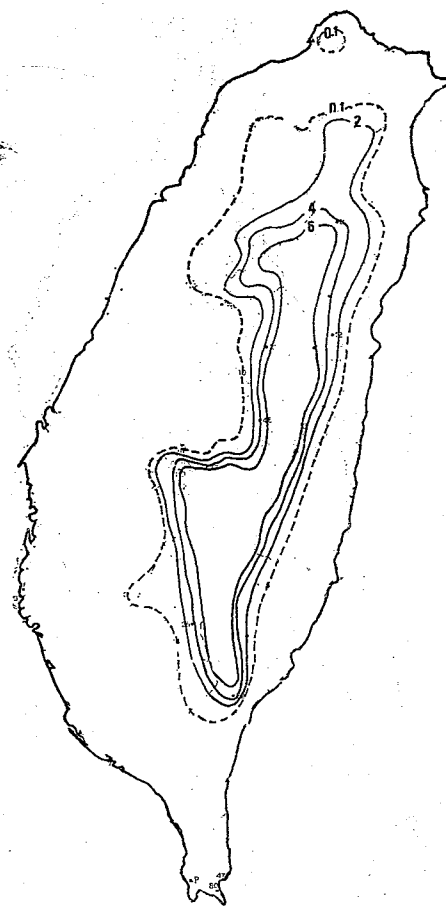
四月 rainfall 频率分布



十月前日頻率分布



十一月前日頻率分布



十二月前日頻率分布



附近稍早，約在 12 月 20 日左右，中部山坡地區  $5^{\circ}\text{C}$  始期分布則隨山地高度遞增而提前，淺山坡地區  $5^{\circ}\text{C}$  始期約在 12 月 10 日，地勢較高處， $5^{\circ}\text{C}$  始期可提早至 11 月上旬，參見（圖五）。

$5^{\circ}\text{C}$  終期以高雄沿海地區最早，約在 1 月上至中旬，中北部平原地區及南部靠山地區  $5^{\circ}\text{C}$  終期約在 1 月下旬，山坡地區  $5^{\circ}\text{C}$  終期隨高度增加而延緩，淺山坡地區  $5^{\circ}\text{C}$  終期約在 2 月上旬，阿里山測站約在 5 月上旬，參見（圖六）。

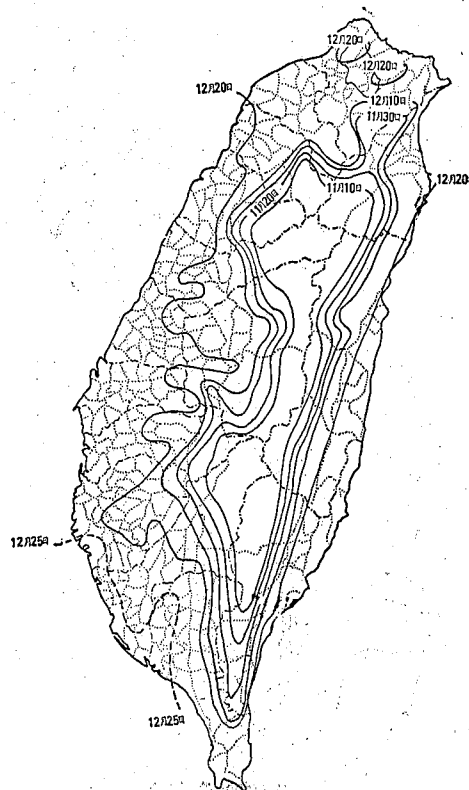
#### 四、 $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$ 之出現頻率：

臺灣各地介於  $0^{\circ}\text{C}$  與  $5^{\circ}\text{C}$  間之低溫出現頻率（十五年平均值），以十二、一、二、三月份較多，其中以一月份最多，平原地區除屏東縣南端恒春及東部地區無  $T \leq 5^{\circ}\text{C}$  之紀錄外，其餘各地均有 0.1~1 次，彰化、臺中、雲林縣之內陸平原均超過 2 次，淺山坡地區平均至少有 2~4 次，地勢愈高則次數愈多，海拔高度超過 1500 公尺以上地區均有 15 次；而於二、三月份除西部平原之沿海地區僅有 0.1 次外，其餘地區仍有 0.2~1 次，山

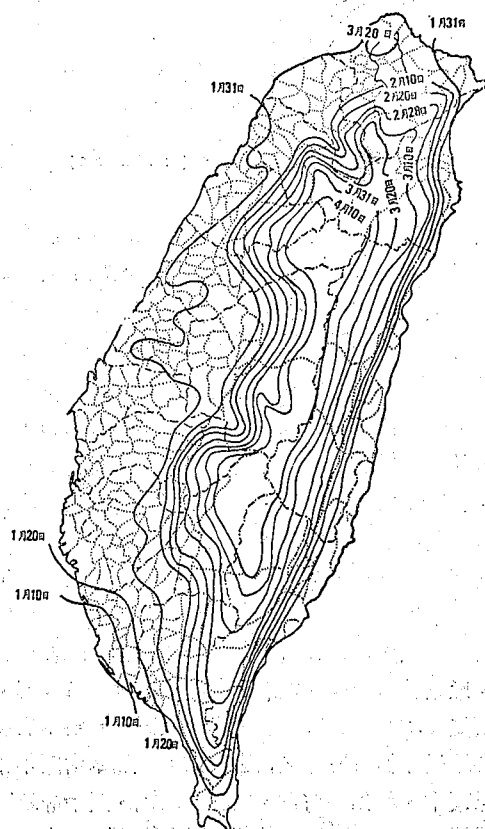
坡地區隨高度增加而增多，海拔高度達 1500 公尺以上的地區，一般約有 10~15 次；四月份時平地已無發生  $T \leq 5^{\circ}\text{C}$  之可能，惟北部淺山坡地有 0.1 次，中南部地區超過 1000 公尺者，始有 0.1 次；五月份除中央山脈及雪山山脈山脊附近高度超過 2000 公尺以上者，始有 0.1 次；六、七、八月除玉山偶有  $T \leq 5^{\circ}\text{C}$  發生外，其餘測站甚少有  $T \leq 5^{\circ}\text{C}$  之紀錄；九月份起僅高山地區發生 0.1~2 次；十至十一月份發生 0.1~2 次之範圍逐漸增加，但是平地尚無發生  $T \leq 5^{\circ}\text{C}$  紀錄；十二月份除臺中、彰化縣沿海地區及高雄縣小港、屏東縣里港等地僅發生 0.1 次外，其餘平原地區平均有 0.1~2 次，淺山坡地區亦至少發生 1~2 次。參見（圖七）。

#### 五、本省近二十年各地農作物之霜害次數：

根據 1960~1978 年間農業災害調查，本省發生六次較為嚴重之霜害\*，發生時間依次為 1962 年 1 月 27 日、1963 年 1 月 8 日、1970 年 2 月 1 日、1971 年 1 月 9 日、1972 年 2 月 10 日、1974 年 1 月 1 日，其中以 1963 年 1 月 8 日所發生寒潮持續時間較長（3~4 天），溫度特別低，臺南測站

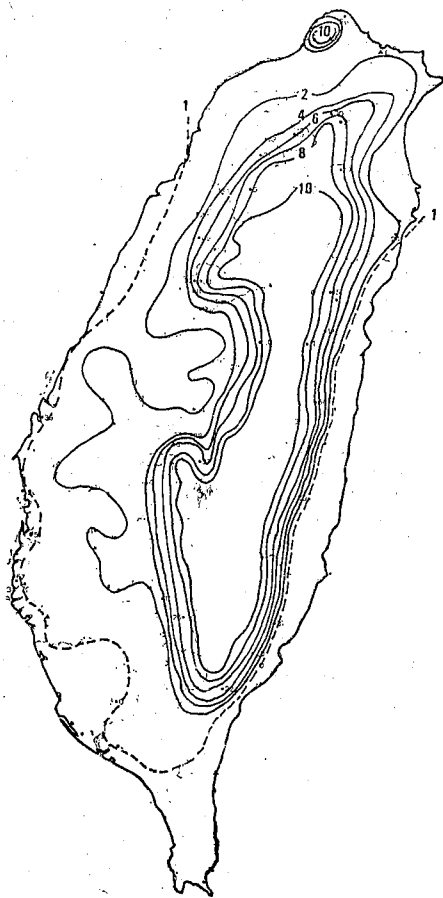


圖五  $5^{\circ}\text{C}$  始期分布



圖六  $5^{\circ}\text{C}$  終期分布

\* 係  $T \leq 0^{\circ}\text{C}$  時所造成之災害。如在  $T > 0^{\circ}\text{C}$  時，對農作物造成之低溫傷害謂之寒害，



一月  $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$  頻率分布 (T: 絕對最低溫度)

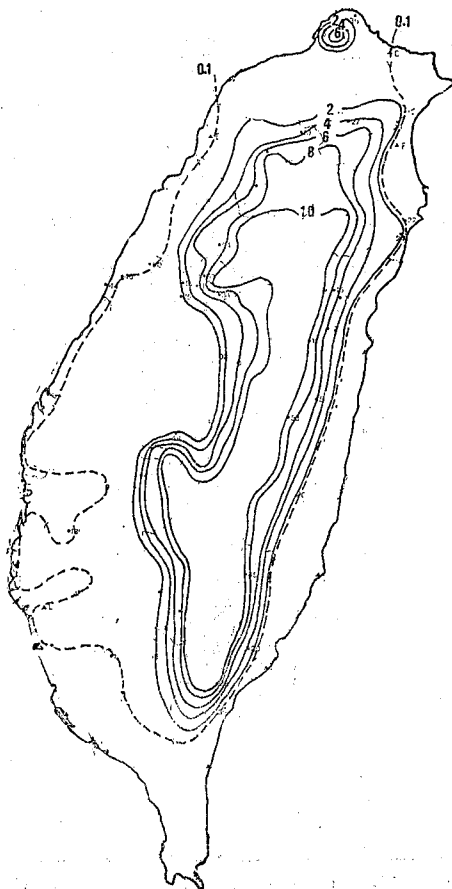
圖 七

之最低草溫為  $-0.4^{\circ}\text{C}$ ，臺中測站之最低草溫竟低達  $-8.4^{\circ}\text{C}$ ，因此所造成之霜害亦最嚴重，受害區域包括臺南、嘉義、雲林、彰化、南投、臺中、高雄、屏東、臺北等縣，其中以臺南縣受害面積最多，達38,557公頃，僅該縣之損失即達一億九千萬元之鉅，受害農作物種類包括水稻、玉米、甘藷、菸草、甘蔗、香蕉、鳳梨等，而以甘藷、甘蔗、玉米、香蕉受害較為嚴重。其次為1970年2月1日寒潮所引起之霜害，受害區域多集中於中部地區，包括臺中、彰化、南投、雲林、嘉義、苗栗等地區，其中以南投、彰化兩縣之受害面積最多，受害之農作物種類則以甘藷、玉米、大豆、甘蔗、香蕉、鳳梨較多，各地之最低草溫臺中為  $-1.0^{\circ}\text{C}$ ，臺南為  $0.1^{\circ}\text{C}$ ，嘉義  $-1.7^{\circ}\text{C}$ 。(表一)為本省歷年各地農作物所發生之霜害次數，可知本省歷年霜害以臺中、彰化、南投、雲林、嘉義、臺中等地區最為嚴重，農作物則以甘藷最易受霜害，其次為玉米、香蕉、菸草、鳳梨。

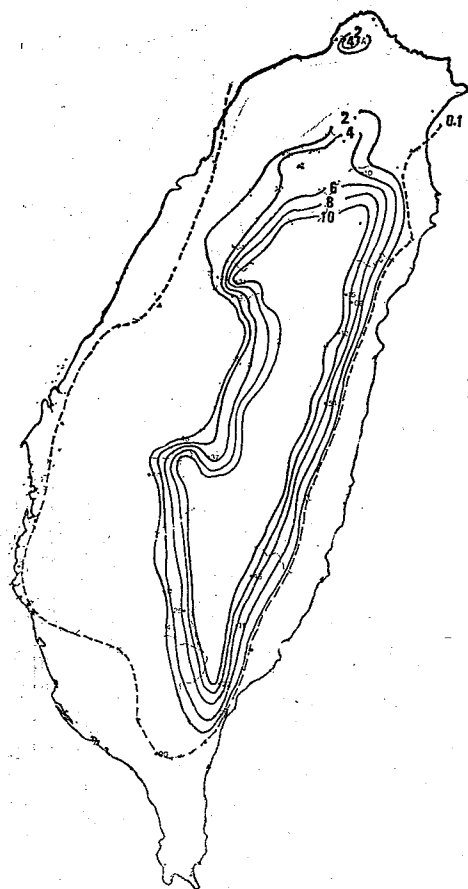
表一 本省歷年各地農作物罹受霜害次數

縣別	作物	水稻	甘藷	大豆	玉米	香蕉	菸草	鳳梨	甘蔗	蔬菜	西瓜	馬鈴薯	木梨	落花生
臺北	北園	1							1				1	1
臺中	新苗	1				1								
彰化	栗中	2	3	2	3	3	2		1			1		
南投	化	2	4	2	3	3	2	4	1	1				1
雲林	投	1	5	2	1	3	3	2						
嘉義	林	1	3		2		1							
臺南	義	1	3	1	2	1	1		1	1	2			
高雄	南	1	5		2				1	1				
屏東	雄	2	2			1				1				
宜蘭	東	1	1	1		1				1				
花蓮	蘭		1	1		1				1				
	蓮	1												

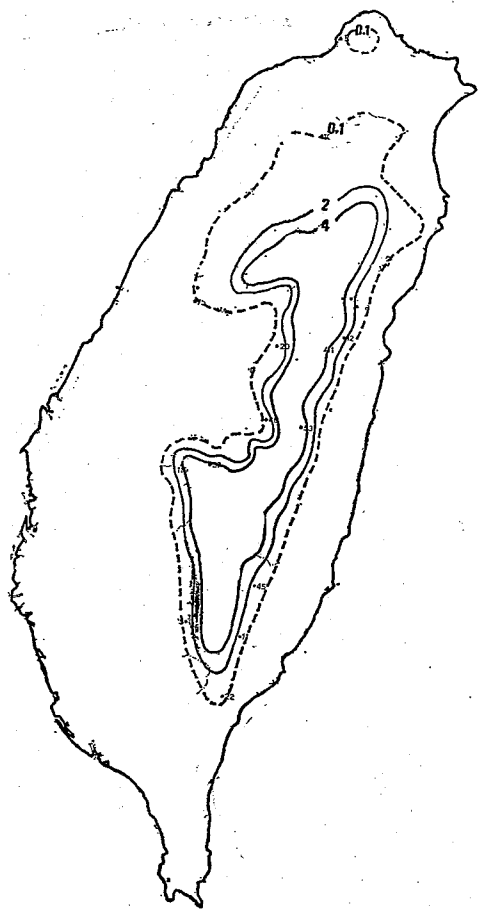
註：本資料係根據農業年報 (1960-1978年)



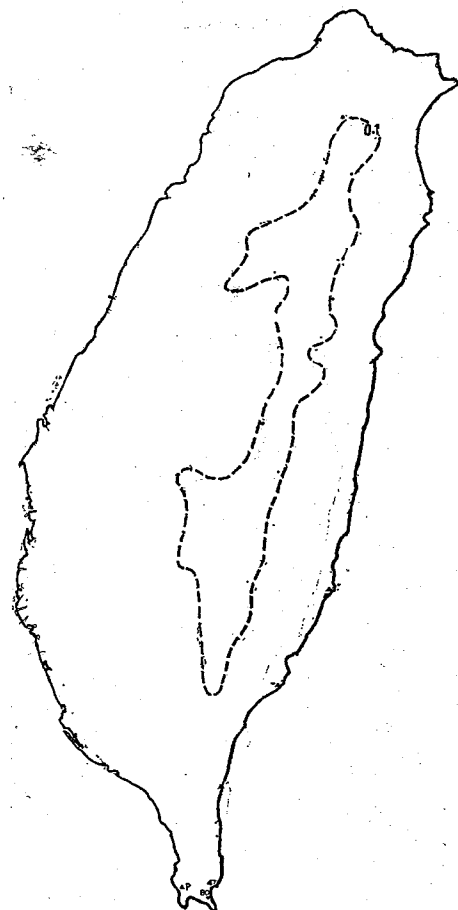
二月  $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$  頻率分布



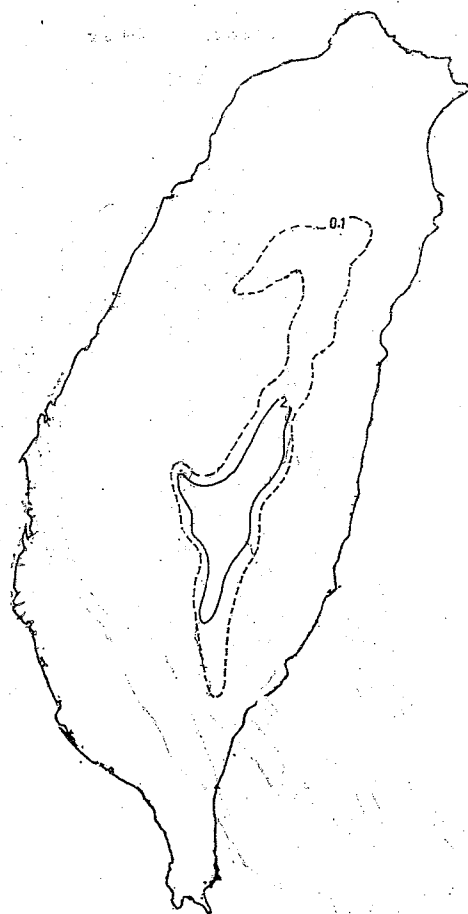
三月  $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$  頻率分布



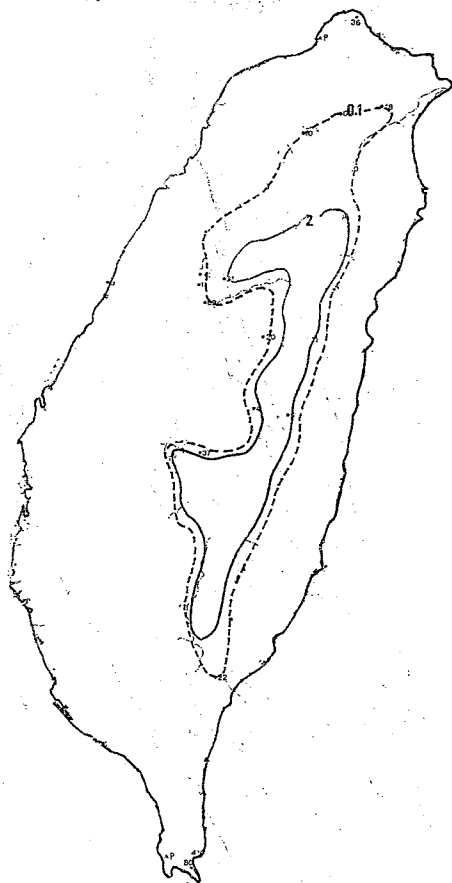
四月  $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$  頻率分布



五月  $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$  頻率分布



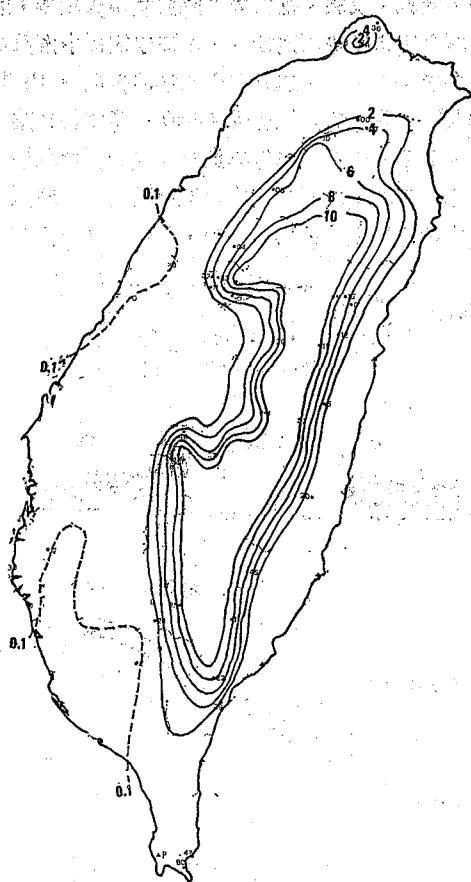
九月  $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$  頻率分布



十月  $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$  頻率分布



十一月  $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$  頻率分布

十二月  $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$  霜日頻率

#### 四、討 論

吾人對霜日之計算，就理論而言，應以實際觀測到地面結霜時為最理想，但是由於結霜之發生多在清晨，尤其本省地處亞熱帶，在平原地區所發生之輻射霜均屬輕霜，形成時間很短，但對作物所產生之霜害卻很大，一般民用測站於正常觀測時間，往往無法觀測到結霜現象，各民用測站亦缺乏霜之觀測紀錄，因此本研究計算始(終)霜期及霜日頻率，係以百葉箱內絕對最低氣溫 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 時定為霜日，而加以估算，但是當百葉箱內氣溫為 $+3\sim+4^{\circ}\text{C}$ 時，地面氣溫即有接近 $0^{\circ}\text{C}$ 之可能，因此上述估算方法所獲之結果，往往較地面實際開始發生結霜時間為落後，所估算之終霜期亦較實際發生為提前，所估算之霜日頻率理論上應較實際所發生者少，(表二)係1970年2月1日臺中、嘉義、臺

表二 臺中、嘉義、臺南測站最低氣溫與  
最低草溫差值比較

地 點 溫 度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	臺 中	嘉 義	臺 南
最低氣溫	1.7	2.6	4.5
最低草溫	-1.0	-1.7	0.1
絕對差值	2.7	4.3	4.4

南等地所觀測之最低氣溫(百葉箱120cm高)與最低草溫(地表面)之溫度比較\*\*，由上表可知當強烈寒潮侵襲臺灣，雖然臺中、嘉義、臺南發生 $T \leq 0^{\circ}\text{C}$ 之機會甚少，但是如於晴空無雲夜晚，地面輻射增強時，百葉箱內溫度低於 $5^{\circ}\text{C}$ 時，地面即有結霜之可能，因此本研究之估算方法對於中部平原地區之霜日頻率有偏低之趨勢，因此另行計算 $5^{\circ}\text{C}$ 之始(終)期，繪製成圖，藉以作為平原地區，始(終)霜期參考外，並另行計算各月 $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$ 之頻率，以間接作為平原地區霜日頻率之估算依據。

如以 $5^{\circ}\text{C}$ 始(終)期來估算平原地區之始(終)霜期，由(圖五)、(圖六)可知，臺灣平原地區自東部之臺東縱谷(包括花蓮市、壽豐、玉里、池上、臺東鎮)至屏東縣恒春地區一帶無霜期，北部平原地區始霜期稍早，約在12月10~20日之間，由新竹沿海地區至嘉南平原及高屏山麓一帶為12月20日左右，歷年發生頻率約在0.2~1次，而臺南市、高雄縣小港、屏東縣里港、九如等地始霜期最晚約在12月25日，發生頻率0.1次，終霜期以高雄縣沿海地區最早，約在1月10日~20日，由新竹沿海至嘉南平原約在1月20~31日，北部平原地區較晚，約在1月31日~2月10日，所發生之頻率亦較多，約1~2次。由上述可知，本省除東部平原及屏東縣恒春地區無霜期以外，以高雄沿海地區之霜期最短，約10~15天，嘉南平原約30天，臺中、南投、彰化地區約40~45天，北部地區則在50~60天。

本研究係以氣溫 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 定義霜日，依照氣溫直減率(lapse rate)，山地高度愈高氣溫愈低，所估算之霜日頻率有隨高度增加之趨勢，但是霜日多少未必與海拔高度成絕對之比例關係，因為冷空氣比較重，常常沈滯於山谷底，形成冷氣湖(cold air lake)，因此谷底之氣溫特別低，發生結霜所造成霜害之機會較大，在山腰斜坡地帶如無樹木、

\*\*最低氣溫發生時間臺中為清晨6:43，臺南6:35，  
嘉義6:35

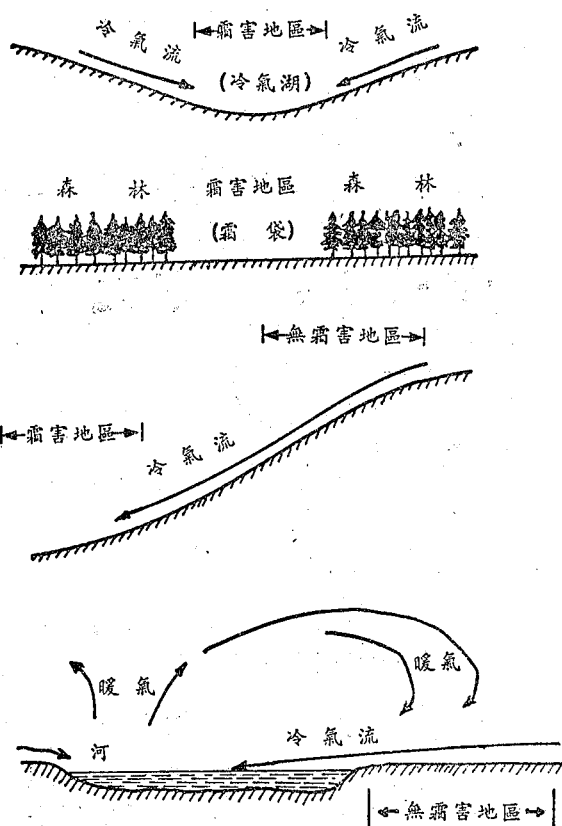
草叢等隔阻，冷空氣無法滯留，沿地面流向低處，所以發生結霜機會亦少；同時在比較暴露的位置諸如山頂，晚間空氣不穩定，亦不容易結霜；在森林內之空地，由於四周皆有樹林導致空氣不易流動，往往使冷空氣滯留於空地，形成所謂霜袋（Frost pocket），結霜的機會倍增，<sup>(5)</sup>湖邊或海濱陸地，夜晚水面溫度較高於陸地，產生溫度差，因之陸地上冷空氣不易滯留結霜機會甚低。由上述可知結霜受地形及周圍地物之影響很大，（圖八）係霜害及無霜害地區之地形說明。

根據戚啓勳氏（1969）<sup>(9)</sup>之調查，本省主要山地及鄰近測站各月之平均霜日如（表三）。由上表可知阿里山及麓林山之全年霜日最多，約有 63 天，對高岳次之，約 54 天，玉山則僅有 31 天，可能係風速太大所致，由此可知在山地之結霜頻率除受海拔高度之影響以外，亦受地形之影響，如高度愈高而地形適合冷空氣滯留，則霜日頻度會更多。

本研究使用之 120 所測站，其高度分布如下：0~100 公尺者 52 所，100~500 公尺者 26 所，500~1000 公尺者 23 所，1000~2000 公尺者 13 所，2000 公尺以上者 6 所，平地測站（1000 公尺以下者）較具代表性，支配範圍較廣，惟山地之地形變化很大，故山地測站並無特殊代表性，本研究採用之山地測站，於 2000 公尺以上者僅有 6 所，其分布密度過小，因此僅能根據有限之測站資料，按山地高度趨勢，勾劃出概略性的輪廓。

一般而言，北部地區之霜期較長，霜日頻率亦較多，但是由（表二）所列各地 1960~1978 年各種農作物罹受霜害次數比較，可知以臺中、彰化、南

投、雲林、嘉義、臺南等六縣遭受損失較多，北部地區之霜害紀錄反而較少，主要原因係中南部地區在冬季十二、一、二月之平均氣溫較高，約 16~18°C，農友爲了有效利用土地，習慣將甘藷、玉米、菸草、大豆等農作物進行秋（裡）作栽培，栽培面積很多，所遭受霜害之機會較大，同時臺中地區在地形學上屬於構造盆地，東側有雪山山脈，西



圖八 霜害地區及無霜害地區與地形、地物之關係

表三 臺灣山地及鄰近測站各月平均有霜日數

站名	高度 (公尺)	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十一 月	十二 月	全 年
陽明山鞍部	836	1.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4
南投日月潭	1015	1.5	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	2.0
南投對高岳	2270	17.0	10.3	5.4	0.7	0.1	0	0	0	0.1	2.9	4.6	12.7	53.8
嘉義玉山	3850	3.0	2.3	3.2	2.1	1.0	0	0.4	0.9	0.8	3.4	6.2	7.9	31.2
嘉義鹿林山	2780	10.0	10.5	7.7	2.0	0.2	0.1	0	0	0.9	6.3	12.9	12.5	63.1
嘉義阿里山	2460	15.0	9.1	6.8	1.5	0.3	0.2	0	0	0.5	4.5	10.2	14.9	63.4

註：各測站資料係 1956 年~1965 年統計結果。

該霜日紀錄係爲實際觀測結霜現象。

南方有大肚臺地，在冬季每當寒潮發生時，於適合輻射霜形成之條件下，冷空氣亦不斷會沿雪高山脈自東北方流入盆地，對農作物所造成之霜害程度更嚴重，南投縣埔里盆地位於羣山之中，往往形成冷空氣之集中處<sup>(7)</sup>，因此水稻、菸草、甘藷等農作物及香蕉、鳳梨、枇杷、葡萄等果樹發生霜害之機會較多。北部地區因冬季平均氣溫較低，約 $14\sim 16^{\circ}\text{C}$ ，多數農地於二期稻作收穫後，即予休閒，等到農曆春節過後再進行耕種，除零隙地偶有栽培甘藷、蔬菜以外，很少以大豆、玉米等雜糧進行秋（裡）作栽培，所以遭受霜害之機會少，同時在大安溪以北地區很少栽培甘蔗、鳳梨、香蕉等熱帶作物，發生霜害之紀錄自然較少。

## 五、結 論

本省耕地有限，由於土地利用時序較為密集，霜害成為本省農作物重要農業氣象災害之一，此項初步分析資料，可提供農友及有關單位參考，根據各地霜日頻率（霜險率）及霜期，選擇適合之品種，栽培季節或種植時期，以減少霜害之發生，同時尋求長期預防之道，特綜合為下列諸點：

1. 臺灣歷年農作物霜害多發生於一、二月，而且以中部地區受害次數較多，因此中部地區秋（裡）作栽培，應選擇耐寒、早熟之作物或品種，而且一月份之霜日頻率（以  $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$  頻率所估算者）超過2次（日）以上，二月份超過1次（日）以上地區，應選擇生產成本低之作物，如甘藷，以減少霜害發生時之損失。
2. 高屏地區之一期水稻秧苗及春植作物如在1月20日以後種植，即無罹受霜害之危險性；中部地區之春植作物如在2月上旬以後種植，幼苗罹受霜害之機會降低甚多；北部地區之春植作物如在2月中旬以後種植，其罹受霜害之機會亦會降低。
3. 在終霜期超過三月下旬及四月份且霜日頻率超過二次（日）之山坡地區種植溫帶果樹如桃、梨，應注意預防晚霜對開花期之影響，以免全年無所收穫。
4. 在山坡地區種植成本較高、利潤多之果樹、如蘋果、水蜜桃等，應考慮地形因素，選擇霜害機會較少之地點，諸如避免在山谷底部或森林內之空地冷空氣容易滯留處種植，而選擇斜坡山腰較為理想，

並就冷空氣流動方向，設置適當之阻擋籬牆，可減少每年霜害之損失。

5. 配合地形選擇適合之品種，例如在山谷底部種植果樹例如香蕉，應選擇高莖品種，可減少低層冷空氣對上部花芽或果實造成之霜害。

6. 建立完整之農業氣象預報制度，配合農情，強化氣象單位之農業氣象預報方式，藉新聞傳播工具，適時發布霜害警報，使霜日頻率較高地區之農友於寒潮來臨前，能有充分時間預做準備，以減少結霜對農作物所造成之損失。

## 誌 謝

本研究承中央氣象局資料處理科蕭科長長庚設計有關程式，農業氣象科鄭淑賢小姐協助整理資料始得順利完成，謹此致謝。

## 參 考 文 獻

1. Biel, E. R. 1961. Microclimate, Bioclimatology and note on Comparative dynamic climatology. *Amer. Scientist* 49:327-357
2. Hocevar A. & J. D. Martsolf 1971 "Temperature distribution under radiation frost conditions in a central Pennsylvania Valley" *Agr. Meteorol.* Vol. 8, p. 371-383
3. JEN-HU CHANG 1968 "Climate and Agriculture" p. 100-108.
4. World Meteorological Organization 1963 "Protection against frost damage" Technical Note No. 51
5. 大後美保 1951 農業氣象學 朝倉農業選書 p. 120-126.
6. 蔣丙然 1954 臺灣氣候誌 p. 28-30.
7. 謝覺民 1964 臺灣寶島 p. 42-43.
8. 小沢行雄、吉野正 1965 小氣候調查法 p. 85-94
9. 戚啓勳 1969 臺灣之山地氣候 臺灣銀行季刊第二十卷第四期 p. 155-206.
10. 楊之遠 1975 冬季寒潮對臺灣地區水稻栽培之影響 氣象學報 第二十一卷第四期 p. 49-60.
11. 郭文鏞 1978 臺灣農業氣候區域研究
12. 陳正祥 (1948) 臺灣農業氣候，臺大農學院研究報告第二卷一號
13. 農業年報 (1960-1978) 臺灣省政府農林廳編印

# 民國六十七年北太平洋西部颱風概述

## *A Brief Report on Typhoons in the Northwest Pacific in 1978*

### ABSTRACT

There were twenty-eight tropical cyclones generated in the Northwest Pacific area during the year of 1978. Among them fifteen reached the category of typhoon intensity. This figure is a little lower than the average of past thirty-one years, although the total number is about the same as the normal.

The tracks of typhoons in this year can be classified as follows: nine northward, eight in parabola, seven westnorthwest to northwest, one westward and one irregular.

Three storms which hit Taiwan in this year, were Rose in June, Della in August and Ora in October.

Both Rose and Della caused no damage, although they landed the island. On the otherhand, when the center of Ora passed by the near sea of Taiwan, the northeast monsoon moved down from mainland. As a result of uplifted moist equatorial air together with the topographic effect, it caused a severe flood in the north and northeast Taiwan.

Afterward, the following disasters were reported by the Taiwan Provincial Government and the Taipei Municipal Government: five dead, two missing, six injured and seven houses were leveled by flood.

### 一、總 論

(一) 本年內颱風發生之次數與侵臺之次數；

民國六十七年(以下簡稱本年)在北太平洋西部發生的颱風共有 28 次,其中屬輕度颱風(即中心附近最大風速在每秒 17.2 至 32.6 公尺或每小時 34 至 63 哩)者共有 13 次,佔總數之 46%,屬於中度颱風(即中心附近最大風速每秒 32.7 至 50.9 公尺或每小時 64 至 99 哩)者共有 12 次,佔總數之 43%,而屬於強烈颱風(即中心附近最大風速在每秒 51 公尺以上或每小時 100 哩以上)者有 3 次,佔總數之 11%。在此 28 次颱風中,由於逼近臺灣陸上或臺灣海面,預測有侵襲可能而由本局發布颱風警報者有 6 次,其中除 7811 號颱風卡門(CARMEN)僅發布海上颱風警報外,其餘 5 次則發布海上陸上颱風警報,即 4 月份之 7802 號颱風歐莉芙(OLIVE),6 月份之 7804 號颱風羅絲(ROSE),7 月份之 7808 號颱風范迪(WENDY),

8 月份之 7812 號颱風黛拉(DELLA)及 10 月份之 7823 號颱風嫺拉(ORA)等。

其中 7802 號颱風歐莉芙(OLIVE)於 4 月 24 日上午中心抵達南海,即東沙島西南方海面後,轉向東北至東北東進行,於 25 日通過巴士海峽,並於 27 日上午進入琉球東南方海面後,減弱為熱帶性低氣壓。7 月份之 7808 號颱風范迪(WENDY)於 7 月 27 日上午中心進抵琉球東南方海面向西北進行,並於 30 日上午中心抵達東海滯留打轉後轉向東北進行,至 8 月 2 日通過日本九州於 3 日進入日本海消失。上述兩次颱風本區幸未造成災害。實際登陸臺灣或受災者,計有 7804 號颱風羅絲(ROSE),7812 號颱風黛拉(DELLA)及 7823 號颱風嫺拉(ORA)等 3 次颱風。第一次登陸侵臺颱風者為 7804 號颱風羅絲,於 6 月 23 日中午在呂宋島東北方海面形成為輕度颱風之後,即向西至西北西進行,自 24 日清晨起受到太平洋副熱帶高壓的導引,即沿着其邊緣轉向北北西進



行，當晚 20 時 07 分左右登陸臺灣東部新港附近後，即告減弱消失。此颱風中心雖然登陸臺灣，但由於其威力甚弱，對臺灣未構成災害。第二次侵臺者為 7812 號颱風黛拉，初生於 8 月 11 日下午在呂宋島東方海面赤道輻合帶 (I. T. C. Z) 內，12 日下午中心抵達琉球南方海面時，發展為輕度颱風，隨後沿着副熱帶高壓邊緣，以平均每小時 22 公里速度一直向西北進行，13 日上午 10 時左右登陸宜蘭南方即告消失，此後由臺灣海峽北部之副低壓中心取代為熱帶性低壓，14 日清晨由馬祖南方進入大陸。此颱風侵臺期間臺灣各地風力雖不大，但靠近登陸地點之宜蘭山區降水量達 300 公厘以上，此颱風亦幸未造成災害。

第三次侵臺者為 7823 號颱風啊拉 (ORA)，於 10 月 10 日上午成輕度颱風之後，即向西北至西北西進行，12 日下午中心抵達臺灣東南方海面時

增強為中度颱風，且受到在呂宋島西方海面之另一輕度颱風妮娜的牽制作用及北方鋒面系統的導引，移動緩慢，近似滯留，而有打轉現象，至 13 日清晨以後，啊拉颱風脫離妮娜颱風的牽制，而受高空槽的導引沿着臺灣東部沿海轉向北緩慢進行。此颱風中心於 14 日上午抵達臺灣東北部海面時，威力減弱為輕度颱風之後，即納入鋒面系統轉向東北至東北東迅速進行。於 15 日下午進入日本四國南方海面威力再度減弱變為熱帶性低氣壓。

啊拉颱風中心雖未直接登陸臺灣，但當時適值東北季風盛行，形成東北季風及颱風環流雙重影響，加上受地形的抬升作用，致使臺灣北部及東北部地區，帶來了集中豪雨造成嚴重水災。詳情請參閱侵臺颱風報告。茲將侵臺颱風作成綱要表，如表 1 所示。

表 1. 民國六十七年侵臺颱風綱要表  
Table 1. The Summary of Typhoons Which invaded Taiwan in 1978.

颱風名稱	羅 絲 (ROSE)	黛 拉 (DELLA)	啊 拉 (ORA)
侵 臺 之 日 期	6 月 24 日	8 月 13 日	10 月 13 日
本 省 測 得 之 最 低 氣 壓 (mb)	994.6 (蘭 嶼)	994.9 (臺 東)	994.9 (蘭 嶼)
本 省 測 得 之 10 分 鐘 最 大 風 速 (m/s)	28.7 (蘭 嶼)	21.7 (彭佳嶼)	37.7 (蘭 嶼)
本 省 測 得 之 瞬 間 最 大 風 速 (m/s)	37.9 (蘭 嶼)	30.0 (彭佳嶼)	43.3 (蘭 嶼)
本 省 測 得 之 最 大 總 降 水 量 (mm)	78.7 (恒 春)	317.0 (牛 鬮)	1286.5 (竹子湖)
進 行 方 向 km/h	W→WNW→NW	NW	W→NNW
進 行 速 度	20 ~ 30	20 ~ 25	10 ~ 18
通 過 地 點	東 部	東 北 部	東 部 沿 海
登 陸 地 點 及 時 間	新 港 24 日 20 時 07 分	宜 蘭 南 方 13 日 10 時左右	

#### (二) 本年內颱風發生之月份分配：

本年內發生 28 次颱風，各月分配及其佔總數之百分比如圖 1 所示。圖中顯示：2, 3, 5, 12 等四個月內颱風發生次數為零，1 月及 4 月份各發生 1 次，分別佔總數之 4%，6 月及 11 月份各發生 3 次，分別佔總數之 11%，7 月及 10 月份各發生

4 次，分別佔總數之 14%，9 月份發生 5 次，佔總數之 18%，8 月份發生 7 次，為本年發生次數最多的月份，佔總數之 25%。圖 2 為本年內各月份颱風發生次數與過去 31 年 (1947 ~ 1977 年) 平均數之比較。圖中顯示本年 1, 4, 6, 8, 9, 11 等六個月內較過去 31 年平均發生數值為多，而其他

2, 3, 5, 7, 10, 12 等月份較過去平均發生數值爲少。

本年內所發生颱風達中度以上強度者有 4 月份之 7802 號颱風歐莉芙 (OLIVE)，7 月份之 7806 號颱風崔絲 (TRX)，7807 號颱風佛琴尼 (YIRGINIA) 及 7808 號颱風范迪 (WENDY)，8 月份之 7811 號颱風卡門 (CARMEN) 及 7813 號颱風艾琳 (ELAINE) 及 7814 號颱風費依 (FATE)，9 月份之 7817 號颱風伊瑪 (IRMA)，7818 號颱風裘迪 (JUDY)，7820 號颱風羅拉 (LOLA) 及 7821 號颱風瑪美 (MAMIE)，10 月份之 7823 號颱風啊拉 (ORA)，7824 號颱風費莉絲 (PHYLLIS) 及 7825 號颱風莉泰 (RITA)，11 月份之 7827 號颱風衛歐拉 (VIOLA) 等共有 15 次颱風，其餘 13 次僅達輕度颱風，即 1 月份之 7801 號颱風娜定 (NADINE)，6 月份之 7803 號颱風玻莉 (POLLY)，7804 號颱風羅絲 (ROSE) 及 7805 號颱風雪莉 (SHIRLEY)，7 月份之 7809 號颱風艾妮絲 (AGNES)，8 月份之 7810 號颱風邦妮 (BONNIE)，7812 號颱風黛拉 (DELLA)，7815 號颱風葛樂禮 (GLORIA) 及 7816 號颱風海斯特 (HESTER)，9 月份之 7819 號颱風克蒂 (KIT)，10 月份之 7822 號颱風妮娜 (NINA)，11 月份之 7826 號颱風蒂絲 (TESS) 及 7828 號颱風溫妮 (WINNIE) 等 13 次颱風。茲將本年內各月在北太平洋出現的颱風與過去 31 年的情況作一比較，如表 2 所示。

### (三) 本年內颱風發生地區及強度

本年內颱風發生的地區，除在馬利安納羣島 (Marianas) 附近海面上有 6 次 (佔總數之 21%)，及中國南海上有 5 次 (佔總數之 18%) 較爲集中外，其他地區甚爲分散而均勻，即琉球附近海面上有 4 次，佔總數之 14%，菲律賓附近海面上，馬歇爾羣島 (Marshall Islands) 附近海面及硫磺島 (Iwajima) 附近海面上各有 3 次，分別佔總數之 11%，加羅林羣島 (Caroline) 海面上及沖之鳥島 (Ohino Jorishima) 附近海面上各發生 2 次，各佔總數之 7%。其分布情形請參閱圖 3。以範圍而言，東西向約自東經 173 度至東經 111 度，佔 62 度之寬，較去年之 67 度稍爲狹窄 5 度，但較前年之 44 度，則寬 18 度。而南北

向自北緯 9 度至北緯 31.3 度，佔約 30 度之寬，較去年之 21 度，約寬 9 度多，較前年之 17 度則寬 13 度。

本年颱風初生地最靠東方者爲 10 月份之 7825 號颱風莉泰，即東徑 173.3 度。最靠西方者爲 6 月份之 7805 號颱風雪莉，在東徑 111.3 度。最北者爲 8 月份之 7816 號颱風海斯特，即北緯 31.3 度，最南者爲 11 月份之 7827 號颱風衛歐拉，即在北緯 9.0 度。

本年內出現的颱風以 10 月份之 7825 號颱風莉泰爲最強，列爲超級颱風，中心附近最大風速達每秒 73 公尺，中心最低氣壓竟降至 880 毫巴，7 級風 (30 哩/時) 半徑爲 500 公里，10 級風 (50 哩/時) 半徑爲 200 公里。其次爲 11 月份之 7827 號颱風衛歐拉，中心最低氣壓爲 910 毫巴，中心附近最大風速爲每秒 63 公尺，7 級風半徑爲 400 公里，10 級風半徑爲 150 公里，以及 8 月份之 7814 號颱風費依，中心附近最大風速達每秒 55 公尺，中心最低氣壓爲 930 毫巴，7 級風半徑爲 300 公里，10 級風半徑爲 80 公里，以上三次颱風爲本年度之強烈颱風。以生命史之久暫而言，維持熱帶風暴，即輕度颱風 (Tropical storm) 及以上之強度最久者，爲 8 月份之 7814 號颱風費依，其生命史達 12 天之久，其次爲 7 月份之 7807 號颱風佛琴尼及 10 月份之 7825 號颱風莉泰等颱風，其生命史各達 11 天之久，而最短者爲 6 月份之 7805 號颱風雪莉，僅維持 6 小時而已。

### (四) 本年內颱風路徑型式及轉向點：

表 3 可見，本年內之颱風路徑型式分配以北上型式有 9 次爲最多，佔總數之 32%，其次爲拋物型式有 8 次，佔總數之 29%，西北西～西北進者有 7 次，佔總數之 23%，西進及異常路徑者各有 2 次，各佔總數 8%。

本年颱風轉向點較去年及前年普遍偏北，即在北緯 25 度以北者有 7 次，在北緯 25 度至 20 度之間者有 8 次，而在北緯 20 度以南者僅有 5 次。轉向點最高，即最北者爲 8 月份之 7816 號颱風海斯特，約在北緯 31 度，其次則爲 8 月份之 7811 號颱風卡門及 7814 號颱風費依，均約在北緯 29 度。轉向點最低，即最南者爲 1 月份之 7801 號颱風娜定，約在北緯 13 度左右。

表 2. 1947 年北太平洋西部各月颱風次數統計表

Table 2. The Summary of typhoon occurrence in Western North Pacific since 1947.

年 度	月 份	1 月			2 月			3 月			4 月			5 月			6 月			7 月			8 月			9 月			10 月			11 月			12 月			全 年		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III			
1947		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	1	1	3	0	0	2	2	1	4	2	0	6	4	1	3	3	0	1	1	0	22	14	4	
1948		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	3	1	0	4	1	1	8	2	0	6	4	2	6	1	0	3	2	0	2	1	0	36	14	3	
1949		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	6	2	1	3	2	0	5	3	2	3	1	1	4	1	0	2	1	0	24	11	4	
1950		0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	2	1	5	1	0	18*	2	0	6	4	0	3	2	1	3	1	1	4	1	0	44	13	3	
1951		0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	1	0	1	0	1	1	0	3	1	0	3	2	1	2	2	1	4	3	1	1	1	0	2	2	0	21	13	3	
1952		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	3	1	1	5	2	0	3	3	1	6	5	0	3	3	2	4	3	0	27	20	5	
1953		0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	1	1	1	6	5	2	4	1	1	4	4	0	3	1	0	1	1	0	23	16	5	
1954		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	5	3	1	5	5	1	4	3	0	3	3	2	1	0	0	21	16	4	
1955		1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	2	1	0	7	5	0	7	3	1	3	3	0	3	2	0	1	1	0	1	1	0	28	19	1
1956		0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1	1	0	0	1	0	0	2	2	0	5	4	1	6	5	3	1	1	0	5**	5	0	1	1	0	24	20	5	
1957		2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	4	2	0	5	5	1	4	3	0	3	3	0	0	0	0	22	18	2		
1958		1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	0	3	2	0	7	6	1	5	3	1	5	3	1	3	3	0	2	2	0	0	0	31	21	3	
1959		0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	1	1	6	4	3	4	3	1	4	3	1	2	2	1	2	2	0	23	16	7	
1960		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	3	3	1	3	2	1	9	8	3	4	0	0	4	4	0	1	1	0	1	1	0	27	21	6
1961		1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	3	2	1	3	1	0	5	3	1	3	3	2	7	5	2	4	3	0	1	1	0	1	1	0	29	20	6
1962		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0	0	0	0	5	4	1	8	8	2	3	2	1	5	4	1	3	3	0	2	0	0	24	19	5
1963		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	4	3	0	4	3	1	3	3	0	5	4	1	4	4	0	0	0	0	3	1	0	29	24	2
1964		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	2	0	7	6	0	6	3	0	7	5	0	6	3	0	6	3	0	1	1	0	37	25	0
1965		0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	2	2	1	3	2	1	5	4	1	7	4	1	6	3	0	2	2	0	2	1	0	1	0	0	34	18	3
1966		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0	1	1	0	5	3	0	8	6	1	7	4	2	3	2	0	2	0	0	1	1	0	30	20	4
1967		1	0	0	0	0	0	2	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	6	5	1	8	4	1	7	4	0	4	3	1	3	3	1	1	0	0	35	22	4
1968		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	3	2	1	8	6	0	3	3	2	6	5	0	4	4	0	0	0	0	27	23	3
1969		1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	4	3	1	3	3	1	3	3	1	2	1	0	1	0	0	19	15	4
1970		0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3	0	0	6	4	0	5	2	1	5	4	0	4	1	0	0	0	0	26	13	1
1971		1	0	0	0	0	0	1	0	0	3	3	0	4	1	0	2	2	0	8	6	0	4	3	0	6	5	2	4	3	0	2	1	0	0	0	0	35	24	2
1972		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	1	0	5	5	0	5	3	1	5	4	0	5	4	0	2	2	0	3	2	0	30	23	1
1973		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	4	1	5	2	0	2	2	0	4	3	1	3	9	0	0	0	0	21	11	2	
1974		1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	3	1	0	5	2	1	5	2	0	5	3	1	4	4	1	4	2	0	2	0	0	32	15	3
1975		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	4	1	5	4	1	5	3	1	3	2	0	0	0	0	20	14	3	
1976		1	1	0	1	0	0	0	0	0	2	2	0	2	2	0	2	2	0	4	2	0	4	1	1	5	4	0	1	1	0	1	1	0	2	0	0	25	16	1
1977		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	3	2	2	0	1	5	2	0	4	3	0	1	1	0	2	2	0	19	11	3
總 數		16	7	0	8	2	0	13	4	0	24	17	2	33	25	3	51	34	7	127	80	18	177	103	26	148	102	28	124	93	11	80	55	7	44	23	0	845	545	102
平 均		0.5	0.2	0.0	0.3	0.1	0.0	0.4	0.1	0.0	0.8	0.6	0.1	1.1	0.8	0.1	1.6	1.1	0.2	4.1	2.6	0.6	5.7	3.3	0.8	4.8	3.3	0.9	4.0	3.0	0.3	2.6	1.8	0.2	1.4	0.7	0	27.3	17.6	3.3
1978		1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3	0	1	4	3	0	7	3	1	5	4	0	4	3	1	3	1	0	0	0	0	28	15	3

註：I. 為輕度級及以上之颱風次數（亦即包含「熱帶風暴」在內，中心最大風速在每秒 17 公尺級以上者）。

II. 為中度級及以上之颱風次數（亦即正式達於颱風強度，中心最大風速在氣秒 32 公尺級以上者）。

III. 為颱風（包括輕度）侵襲之次數（中心登陸或風暴侵襲臺灣而有災難者）。

\* 此 18 次均為小型之輕度颱風，為時短暫。其中有名稱者僅 4 次，此 4 次可能抵達颱風強度。惟根據美軍之統計資料（參閱 U. S. Asian. Military weather Symposium, 1960）該月正式達颱風強度者 2 次，故此為據。詳細情形可參閱本專題報告第 85 號。

\* 過去本局為 4 次，今考據美軍資料（同上）及颱風名稱英文字母次序更正為 5 次。

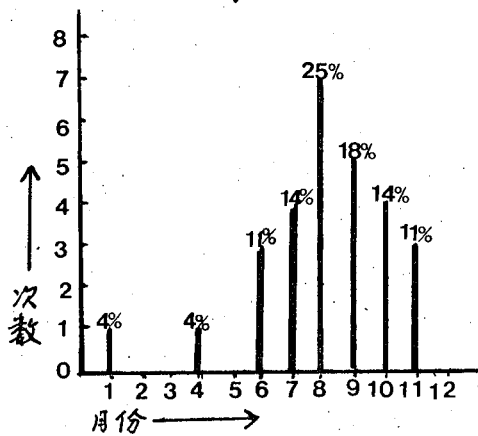


圖 1. 67 年北太平洋西部及南海地區所發生颱風之逐月分配及百分率

Fig. 1. Monthly distribution of the frequency in the North-West Pacific and South China Sea in 1978.

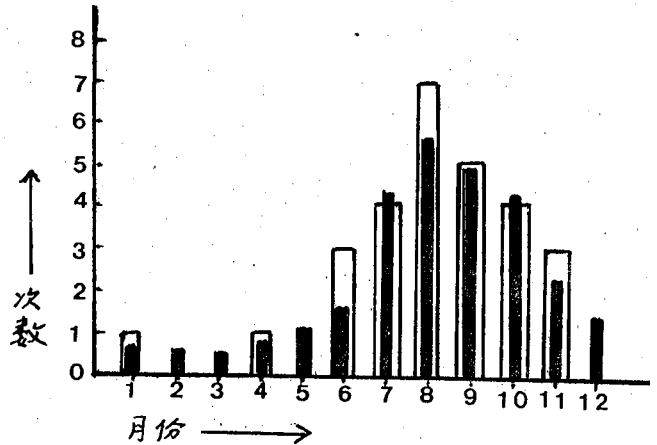


圖 2. 今年各月發生颱風次數與過去 31 年平均之比較

(■：過去 31 年平均。□：本年)

Fig. 2. The Comparison of Typhoon Monthly Occurrence Within North-West Pacific Ocean and South China Sea in 1978. With the Averages Since 1947.

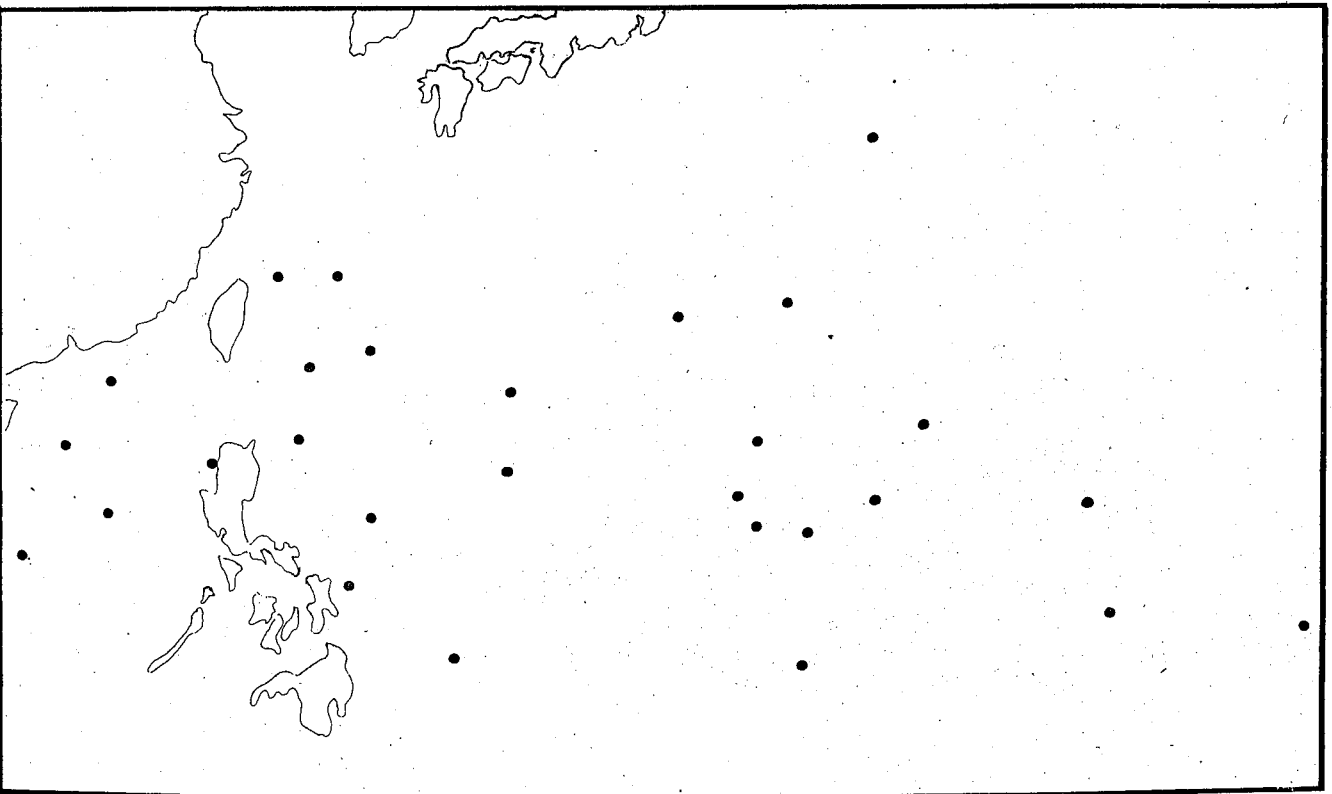


圖 3. 民國 67 年北太平洋西部及南海地區颱風初生地點之分布圖

Fig. 3. The positions of tropical storm first appeared on Surface Chart in 1978

表 3. 民國 67 年颱風路徑型式及轉向點一覽表  
Table 3. A list of typhoon tracks and recurvature points in 1978.

月份	颱風號數	颱風名稱	颱風進行方向	轉向點(北緯)	備註
1	7801	娜定 (NACINE)	西北→東北	13°	拋物線型
4	7802	歐莉芙 (OLIVE)	西北西→西北→北→東北東	17°	拋物線型
6	7803	玻莉 (POLLY)	北→北北東	26°	北上型
6	7804	羅絲 (ROSE)	西→北北西→西北	19°	西北至西北進
6	7805	雪莉 (SHIRLEY)	西		西進
7	7805	崔絲 (TRX)	西→東南→東北→西北→西	25°	異常路徑
7	7807	佛琴尼 (VIRGINIA)	北→北北西→東北	17°	北上型
7	7808	范迪 (WENDY)	西北→北→東北	23°	拋物線型
7	7809	艾妮絲 (AGNES)	西→南→東北→北	21°	異常路徑
8	7810	邦妮 (BONNIE)	西		西進
8	7811	卡門 (CARMEN)	西北西→東北→北	25°	拋物線型
8	7812	黛拉 (DELLA)	西北		西北進
8	7813	艾琳 (ELAINE)	西北西		西北西至西北進
8	7814	費依 (FAYE)	西北→東北東	29°	拋物線型
8	7815	葛樂禮 (GLORIA)	西北→北	22°	北上型
8	7816	海斯特 (HESTER)	北→東北	31°	北上型
9	7817	伊瑪 (IRMA)	北→東北	26°	北上型
9	7818	裘迪 (JUDY)	北→東北	25°	北上型
9	7819	克蒂 (KIT)	西→西北西		西北西至西北
9	7820	羅拉 (LOLA)	西→西北西		西北西至西北
9	7821	瑪美 (MAMIE)	北→東北	20°	北上型
10	7822	妮娜 (NINA)	西→北北西		西北西至西北進
10	7823	奧拉 (ORA)	西北西→北→東北	22°	拋物線型
10	7824	費莉絲 (PHYLLIS)	西北→北→東北	20°	拋物線型
10	7825	莉泰 (RITA)	西→西北西		西北西至西北
11	7826	蒂絲 (TESS)	北→北北東	19°	北上型
11	7827	衛歐拉 (VIOLA)	西北→北→東北	20°	拋物線型
11	7828	溫妮 (WINNIE)	北→東北	20°	北上型

## 二、各月颱風概述

本年內共發生 28 次颱風，其中強度達中度以上之颱風有 15 次，其餘 13 次為輕度颱風，茲將各月颱風的活動情況分述如下：

(一)、一月：本月份僅發生一次颱風，即為原在馬歇爾羣島西北部海面之熱帶性低氣壓於 10 日上午抵達北緯 11.1 度，東經 161.5 度時，發展成為本年內第 1 號颱風，命名為娜定 (NADINE)，中心氣壓為 992 毫巴，最大風速為每秒 18 公尺。此颱風生成後，即向西北西進行，至 11 日 2 時轉為北北西，中心氣壓亦降為 985 毫巴，中心附近最大

風速增強為每秒 23 公尺。當天 8 時進行方向轉為北，並於 14 時再度轉向東北進行，此颱風於 14 日 2 時抵達北緯 27.0 度，東經 177.0 度時，威力減弱為熱帶性低氣壓，結束了 3 天又 12 小時的颱風生命史。本月份颱風路徑圖如附圖 4。

(二)、四月：自 1 月中旬第 1 號颱風消失之後，至 3 月間，由於太平洋副熱帶高氣壓的位置普遍偏南，籠罩整個北太平洋西部低緯度地區，因此在這段期間裡未曾發生颱風，寧靜了三個多月之久，至 4 月 18 日上午在非島東方海面上始出現熱帶性低氣壓，此熱帶性低氣壓 19 日 2 時中心在北緯 9.2 度，東經 131.5 度時，發展為輕度颱風，經命名為歐

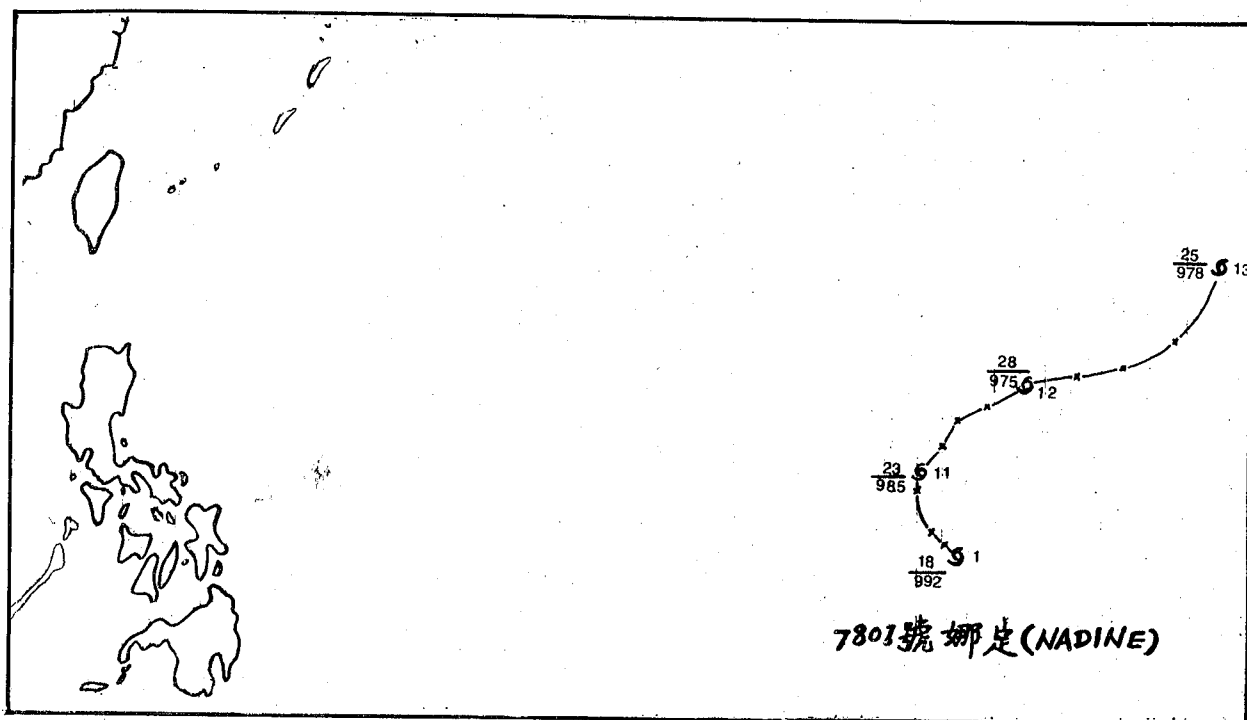


圖 4. 六十七年一月份颱風路徑圖  
Fig. 4. Typhoon tracks in January, 1978

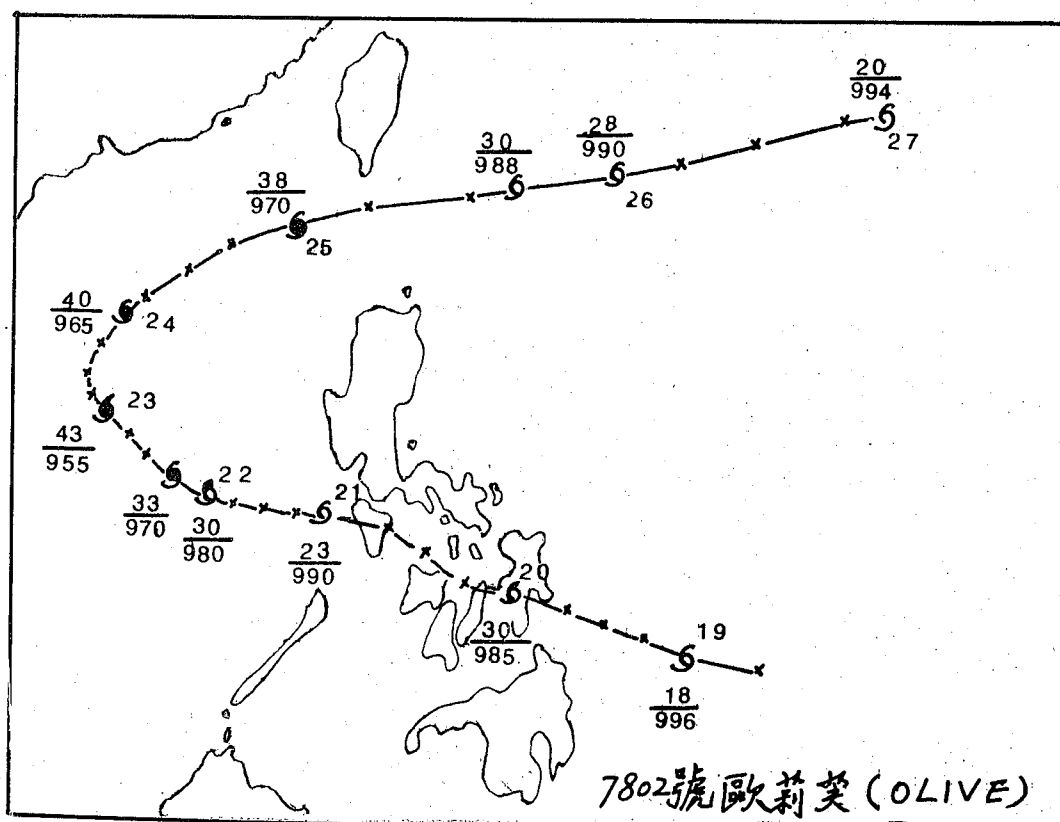


圖 5. 六十七年四月份颱風路徑圖  
Fig. 5. Typhoon tracks in April, 1978

莉芙 (OLIVE)，即為本年第 2 號颱風，向西北西進行。21 日上午越過菲律賓中部進入南海，並於 22 日下午中心氣壓降為 970 毫巴，中心附近最大風速增強為每秒 33 公尺之中度颱風，繼續向西北西偏西北進行，此颱風中心於 23 日上午抵達海南島東南方海面時，中心氣壓曾降為 955 毫巴，中心附近最大風速亦增強為每秒 43 公尺，移動方向由西北轉為北北西至北進行，有再轉為東北進行趨勢。24 日上午此颱風中心在西沙島西北方海面即轉向東北進行，當天下午其中心抵達北緯 18.9 度，東經 114.4 度，即在東沙島西南方海面繼續向東北偏東推進，形成對臺灣海峽南部及巴士海峽威脅之局面，故本局於下午 2 時 45 分發布本年第 1 次第 1 號海上颱風警報，呼籲本區海上船隻應行戒備，至當晚 8 時，此颱風中心到達恒春西南方約 620 公里之海面上繼續向東北進行，即將影響南部，澎湖及東南部地區，故本局對上述地區發布海上陸上颱風警報。歐莉芙颱風於 25 日下午通過巴士海峽後，當晚進入臺灣東南部海面繼續向東北東以每小時 50 公里的速度遠離臺灣附近海面，已對臺灣陸地無影響，本局即於當晚及 26 日清晨分別發布解除陸上及海上颱風警報。此颱風中心 26 日清晨抵達琉球石垣島南方海面時，威力減弱為輕度颱風，翌(27)日 8 時，中心進抵琉球東方海面時，減弱為熱帶性低氣壓結束了為期 8 天的生命史。歐莉芙颱風通過巴士海峽期間，臺灣南部雖在其暴風範圍之內，但幸好未造成任何災害。本次颱風期間在臺灣地區出現最低氣壓者為蘭嶼之 991.4 毫巴，其次為恒春之 998.6 毫巴，平均最大風速為出現在蘭嶼之每秒 33.2 公尺，瞬間最大風速為秒 47.0 公尺。恒春之平均最大風速為每秒 14.9 公尺，瞬間最大風速為每秒 28.6 公尺，降水量最多者為蘭嶼之 245.5 公厘及恒春之 111.8 公厘，其餘均為 100 公厘以下。圖 5 為本月份之颱風路徑圖。

(三)、六月：自 4 月下旬之第 2 號颱風歐莉芙消失於日本南方海面之後，北太平洋西部又平靜了一個多月的時間，至 6 月中旬起本年內之颱風始逐漸進入活躍期，本月份共發生 3 次颱風，均為輕度颱風，而有一次為侵臺颱風，茲分述如下：

17 日上午醞釀在琉球南方海面之熱帶性低氣壓，向西北西北移動，至 18 日下午 2 時，抵達琉球石垣島附近海面時發展成為輕度颱風，此為本年第 3 號颱風玻莉 (POLLY)，由西北轉向北進行，

此颱風中心於 19 日晚間通過東海後轉向東北，並於 20 日傍晚登陸日本九州北部，減弱為熱帶性低氣壓，結束了兩天的颱風生命史。

6 月 22 日上午在呂宋島東方海面上出現了一熱帶性低氣壓，23 日下午抵達北緯 18.8 度，東經 124.1 度，即在恒春東南方約 500 公里之海面上發展成為本年第 4 號颱風並命名為羅絲 (ROSE) 繼續向西至西北西推進，且有轉向北北西進行趨勢，對臺灣南部及東南部地區將構成威脅，故本局於 23 日下午 3 時發布本年第 2 次第 1 報海上陸上颱風警報，呼籲臺灣東南部，南部地區及巴士海峽，臺灣東南部海面及臺灣海峽南部的民衆及船隻戒備，此颱風中心於 24 日清晨根據飛機偵察報告資料，更正為北緯 20.9 度，東經 122.6 度，轉向北北西偏北進行，至當晚 20 時 07 分登陸臺灣東部新港附近，即告消失，結束了為期僅有 36 小時的輕度颱風生命史。有關羅絲颱風的詳細情況請參閱第一號侵臺颱風報告。

第 5 號颱風雪莉 (SHIRLEY) 係 30 日上午發生在南海之熱帶性低氣壓形成，當天下午 2 時，中心抵達北緯 13.4 度，東經 111.3 度，即在西沙島南方海面時，發展為輕度颱風。隨後向西北西進行至翌 7 月 1 日清晨兩點鐘進入越南南部，即告消失，結束了僅僅 6 小時的輕度颱風生命史，此颱風為本年內生命最短的颱風。圖 6 為本月份之颱風路徑圖。

四七月：本月份一共發生了 4 次颱風，其中 3 次屬於中度颱風，1 次為輕度颱風，茲將本月份颱風概述如下：

第 6 號颱風崔絲 (TRIX) 之前身為 12 日晚間發生在硫磺島東南方海面上之熱帶性低氣壓，14 日 20 時，抵達硫磺島附近海面時，威力增強為輕度颱風後，向西推進。此後威力逐漸增強，自 15 日起其進行方向轉為西南進行，16 日上午 8 時威力再度增強為中度颱風，而後即呈滯留狀態並有偏南進行趨勢，至 17 日上午起此颱風又轉向東北東至東北進行。18 日晚間威力減弱為輕度颱風，而進行方向亦逐漸轉為偏北，此颱風中心於 19 日下午起因受太平洋副熱帶高氣壓的西伸，其進行方向再度轉為向西推進。22 日上午 8 時，中心抵達那霸島北方海面時，威力一度減弱為熱帶性低氣壓，但當天下午 2 時又增強為中心附近最大風速每秒 20 公尺之輕度颱風。23 日 8 時，由華東沿岸之大陳島附近進

入大陸，減為熱帶性低氣壓，結束了為期 8 天又 6 小時的颱風生命史。此颱風由於生成當初向西偏南進行之後，轉向東北東，而後又受副熱帶高氣壓西伸之影響，再度轉向西進行，其路徑可算得上為異常路徑。

23 日上午當第 6 號颱風崙絲由華東沿岸進入大陸時，在馬利安納羣島東部海面之熱帶性低氣壓，發展為輕度颱風，即命名為佛琴尼 (VIRGINIA) 之本年第 7 號颱風，向北北西偏北進行，此颱風於 25 日下午威力增強形成為中度颱風，繼續向北北西緩慢進行，自 27 日至 28 日此颱風中心近似滯留，且有打轉現象。28 日至 29 日，威力一度減弱為輕度颱風，但 29 日下午起威力又增強為中度颱風，後來繼續向北北西偏北推進，至 8 月 1 日此颱風中

心抵達日本本州東南方近海時即轉向北北東進行。8 月 2 日，減弱為輕度颱風，以快速向東北進行，3 日下午變成溫帶低氣壓，結束了 11 天又 6 小時時颱風生命史。

本年第 8 號颱風范迪 (WENDY) 係於 24 日下午在琉球東南方海面生成，此後即向西北西至西北緩慢進行，26 日威力增強成為中度颱風繼續向西北西偏西北推進，此颱風中心於 27 日清晨抵達臺北東南東方約 1,200 公里海面時，由於其暴風半徑較大 (有 400 公里)，對臺灣附近海面將構成威脅，本局乃於 6 時 30 分發布海上颱風警報，呼籲臺灣附近各海面船隻注意戒備。28 日上午范迪颱風中心進抵臺北東北東方約 980 公里海面上時，其進行方向有自西北轉向西進行的趨勢，而其暴風圈邊緣

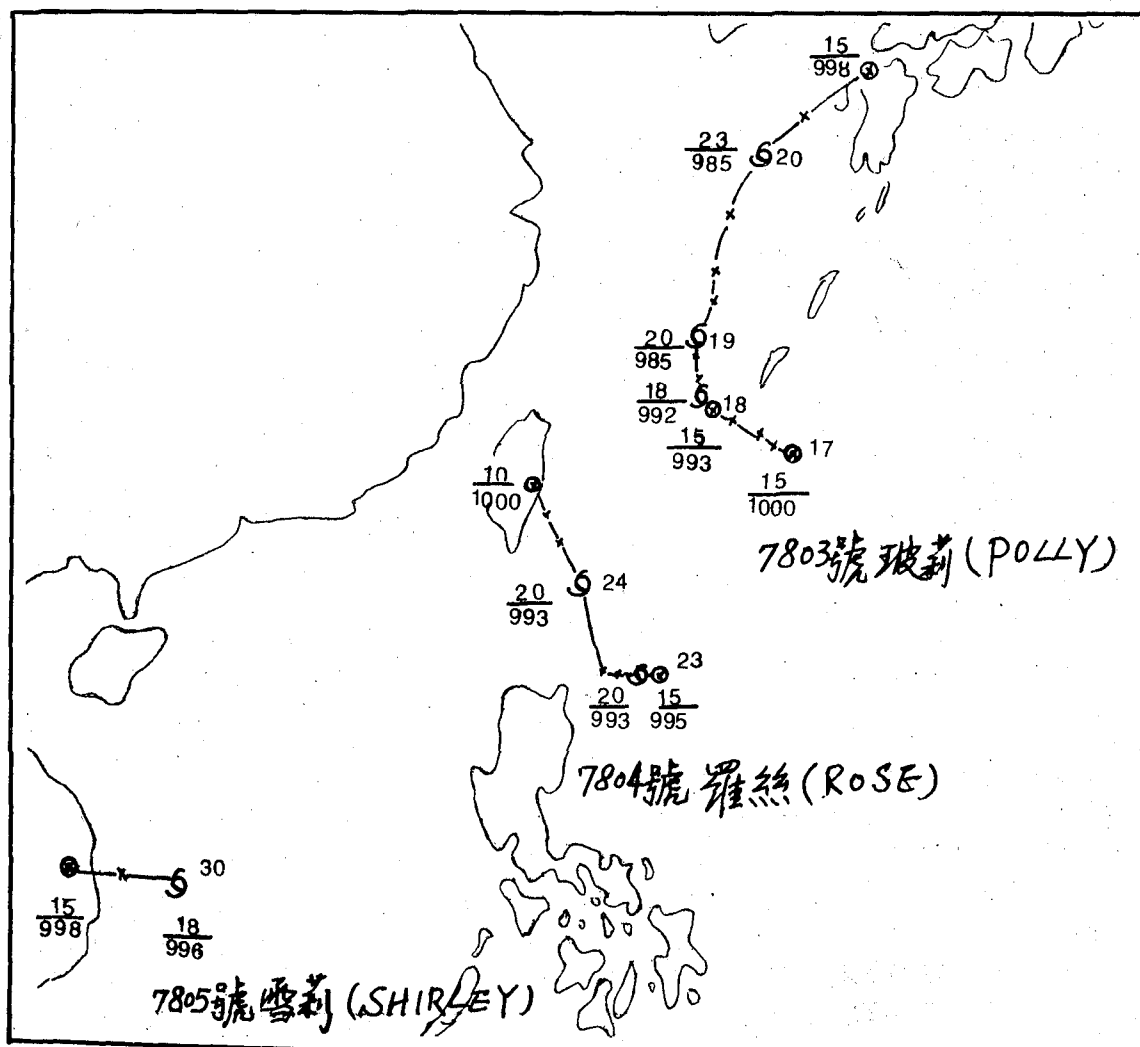


圖 6. 六十七年六月份颱風路徑圖  
Fig. 6. Typhoon tracks in June, 1978



對臺灣北部及東北部地區將可能構成威脅，本局繼於9時發布海上陸上颱風警報，此颱風中心於30日進入東海北部呈近似滯留且其暴風半徑亦縮小對臺灣陸地及附近海面已無影響，本局乃於30日5時及10時正，分別發布解除陸上颱風警報及海上颱風警報。至31日此颱風即轉向東北東進行，於8月1日威力減弱為輕度颱風後，以快速向東北推進，至2日通過日本九州北部及日本本州南部後，於3日進入日本海因鋒面系統介入，乃結束了為期9天又18小時的颱風生命史。此颱風本局鑒於暴風半徑較大，曾發布海上陸上颱風警報，但幸好未造成災害。

7月25日當第8號颱風范迪在琉球東南方海面生成颱風時，另從東沙島西南方海面上之熱帶性低氣壓亦發展成為本年第9號颱風，徑命名為艾妮絲（AGNES），向西北西進行，26日清晨抵達香港東南方海面時轉向西進行，此颱風於28~29日間打轉後，30日上午由香港附近進入大陸減弱消失，結束了4天又18小時的颱風生命史。圖7為本月份之颱風路徑圖。

四、八月：每年8月份為颱風發生最多的月份，本年較往年更為活躍，即往年本月發生平均值為5.7次，而本年之發生次數多達7次。7次中屬於強烈颱風者為1次，中度颱風為2次，其餘5次屬於輕度颱風，其中有1次為侵臺颱風。茲將本月份各次颱風概述如下：

8月10日20時，南海海南島東方海面之熱帶性低氣壓發展為輕度颱風，也就是第10號颱風邦妮（BONNIE）向西推進，11日掃過海南島進入東京灣，12日上午進入北越，威力減弱為熱帶性低氣壓，結束了為期1天又12小時的颱風生命史。

第11號颱風卡門（CARMEN）於11日上午生成在馬利安納羣島海面，近似滯留，自12日下午起始向西北進行，13日下午威力增強為中度颱風之後即轉為西北西進行。15日上午，其中心抵達琉球附近海面，即在臺北的東北東方約800公里海面上繼續向西北西進行，而其暴風半徑邊緣對臺灣北部海面及東北部海面將有影響，故本局於15日8時30分對上述海面發布海上颱風警報，此颱風中心於16日進入東海之後進行速度銳減，並有打轉現象，威力亦逐漸減弱，此時對臺灣北部海面的威脅已減小，本局乃於16日15時發布解除海上颱風警報。卡門自16日至18日之間在東海南部

呈滯留狀態，至19日始轉向北北東進行。當其呈滯留期間（即17日）威力已減弱為輕度颱風。此颱風於20日上午由韓國南部登陸後即告消失，結束了整整有9天的颱風生命史。

11日，當第11號颱風卡門在馬利安納羣島生成之際，在其西方赤道輻合帶上之非島東方海面上又醞釀了一個熱帶性低氣壓向西北移動，12日下午中心抵達臺灣東南方海面時，發展為輕度颱風，即為本年第12號颱風黛拉（DELLA），沿着副熱帶高氣壓邊緣繼續向西北進行，13日上午10時左右登陸臺灣宜蘭南方，不久即告消失，結束了為期僅有18小時的輕度颱風生命史。此颱風侵臺期間臺灣各地風力不大，但靠近登陸地點之宜蘭山區的雨量卻有300公厘左右，幸好未造成災害。有關黛拉颱風的詳細情況請參閱第2號侵臺颱風報告。

第13號颱風艾琳（ELAINE）於23日在呂宋東方發生為熱帶性低氣壓之後，即向西移動，通過呂宋島北端，於24日上午抵達呂宋島西北部時，威力始增強成為輕度颱風進入南海，至26日通過東沙島南方海面，並於27日進抵香港南方海面，威力又增強為中度颱風，當晚由雷州半島北部進入大陸，轉向西進行，28日清晨變為輕度颱風當天上午進入北越威力再度減弱為熱帶性低氣壓，結束了4天的颱風生命史。28日上午當第13號颱風艾琳進入北越減弱為熱帶性低氣壓時，在馬利安納羣島海面上又醞釀一熱帶性低氣壓，此熱帶性低氣壓當晚20時發展形成為輕度颱風，即為第14號颱風費依（FATE），向北進行，29日晚間轉向東打轉，並於9月1日下午威力增強為中度颱風之後，即向西北進行。此颱風中心於9月2日下午威力再度增強成為強烈颱風，繼續向西北推進，並於3日威力稍減弱，變為中度颱風，至5日其中心抵達日本南方海面時，進行方向轉為東北東，威力亦減弱為輕度颱風。10日上午8時因有鋒面系統穿透，乃結束了為期12天慢長的颱風生命史。此颱風為本年內維持颱風生命最長的颱風。第15號颱風葛樂禮（GLORIA）於29日生成在琉球南方海面後，即向北緩慢進行，31日下午抵達琉球名瀨島附近海面時，威力減弱為熱帶性低氣壓，結束了1天又6小時的輕度颱風生命史。

30日上午當第15號颱風葛樂禮在琉球近海面向北進行之際，在北緯31.3度，東經150.3度（即

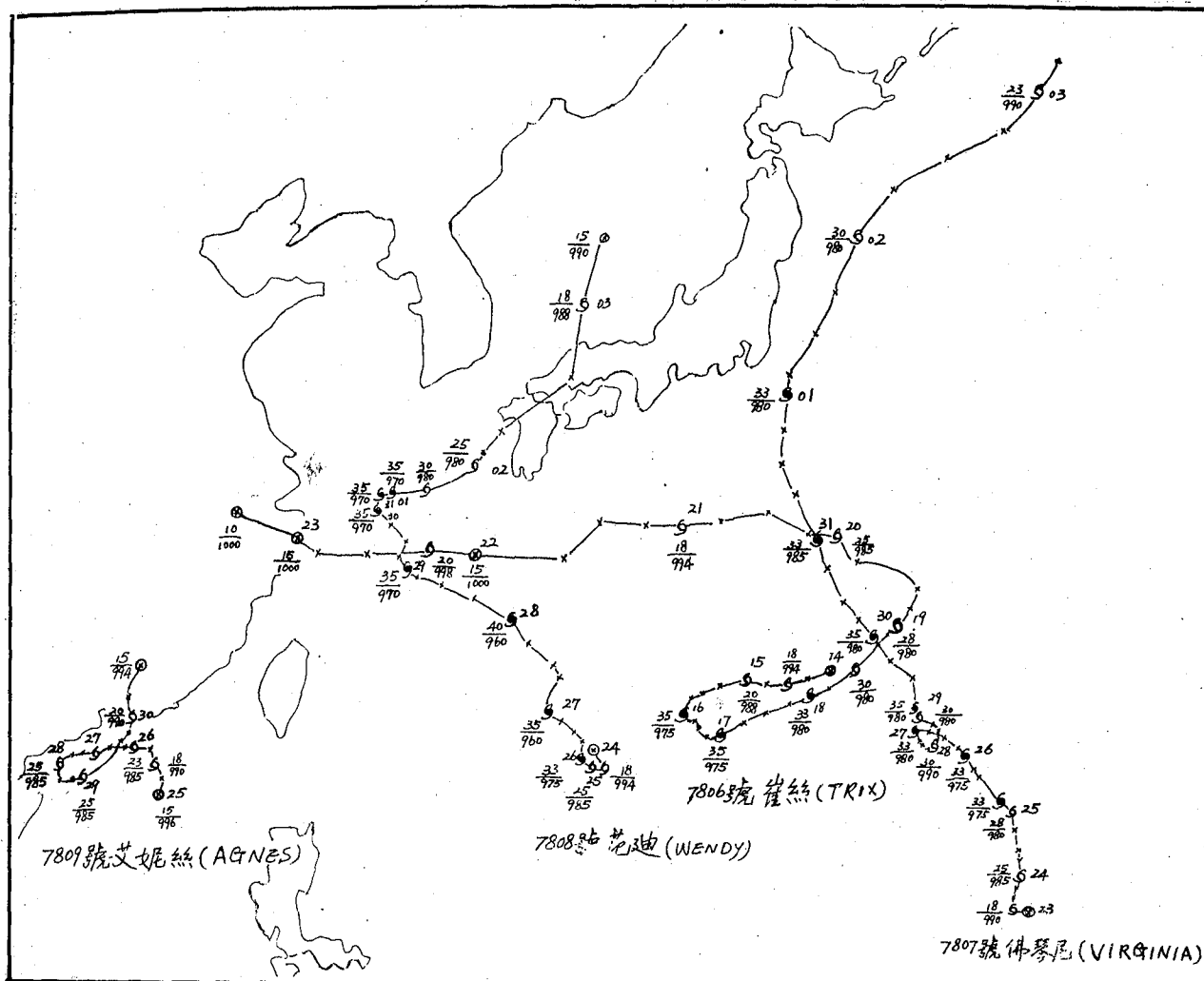


圖 7. 六十七年七月份颱風路徑圖

Fig. 7. Typhoon tracks in July, 1978

在日本本州東南方海面上) 又生成了第 16 號颱風海斯特 (HESTER)，向北至北北東進行，9 月 1 日晚間進抵堪察加南方海面時，變為溫帶低氣壓 (含有鋒面系統)，結束了為期 1 天又 6 小時的輕度颱風生命史，此颱風為本年內發生緯度最高的颱風。圖 8 為本月份之颱風路徑圖。

(六)、九月：本月份為本年內颱風活動次多的月份，一共發生了 5 次颱風，其中屬於中度颱風者有 4 次，其餘 1 次為輕度颱風，而有三次為北上颱風，兩次為西進颱風，均對臺灣地區未構成威脅。茲將本月份之颱風概述如下：

10 月 10 日上午有一熱帶性低氣壓在巴士海峽出現，沿着臺灣東海岸一直北上，至 12 日下午抵達北緯 25.5 度，東經 123.2 度，即在臺灣東北方海

面時，威力增強，成為輕度颱風，此為本年第 17 號颱風伊瑪 (IRMA)。生成後繼續向北進行，15 日清晨抵達韓國濟州島附近海面時威力增強，成為中度颱風，及後即轉向東北進行，並於當天下午掃過日本九州北部進入日本本州，威力減弱為輕度颱風。此颱風於 16 日上午在日本中部變成溫帶低氣壓，結束了 4 天又 12 小時的颱風生命史。

第 18 號颱風裘迪 (JUDY) 生成於 13 日上午在硫磺島東方海面。隨後向北北西偏北推進，14 日晚間中心到達日本本州東南方海面時，威力增強為中度颱風，繼續偏北進行，並於 16 日上午轉向東北快速移動，17 日下午中心抵達千島列島南方海面時因產生鋒面系統而成為溫帶低氣壓，結束了為期 4 天又 6 小時的颱風生命史。

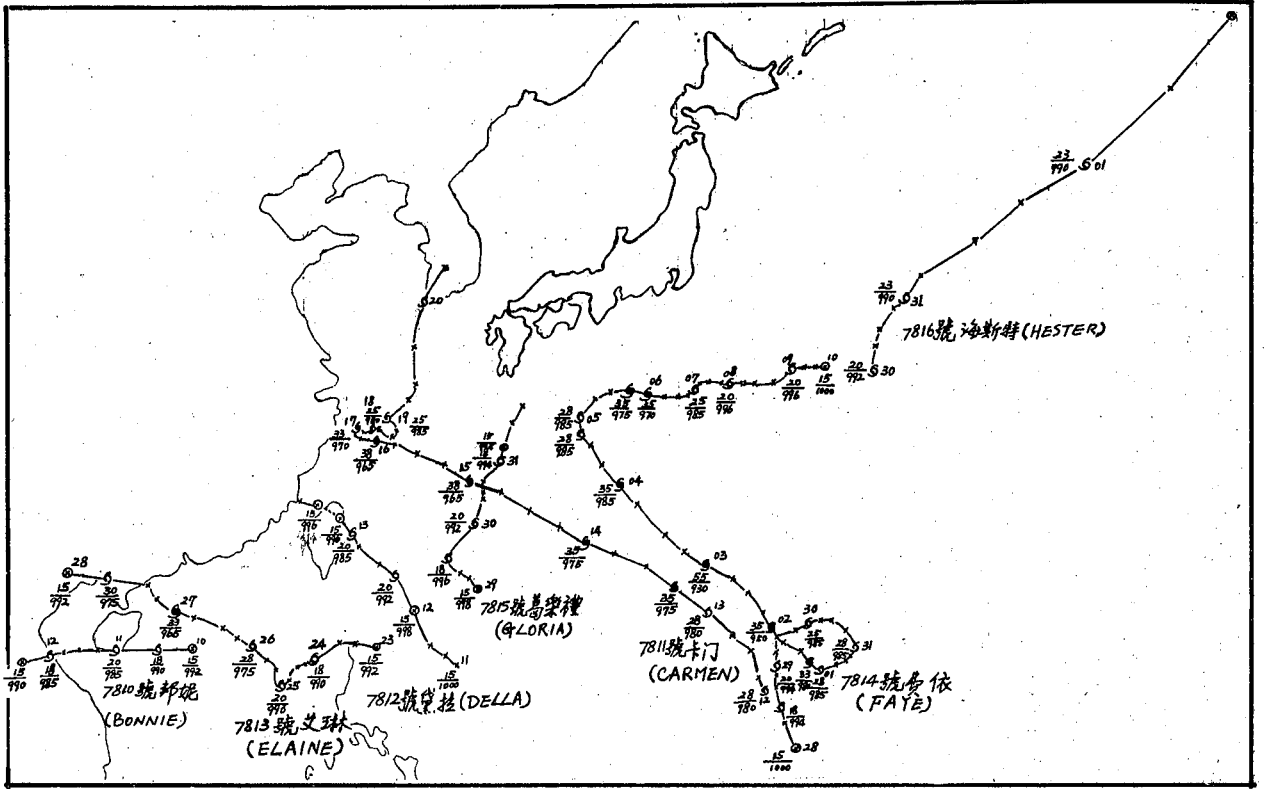


圖 8. 六十七年八月份颱風路徑圖  
Fig. 8. Typhoon tracks in August, 1978

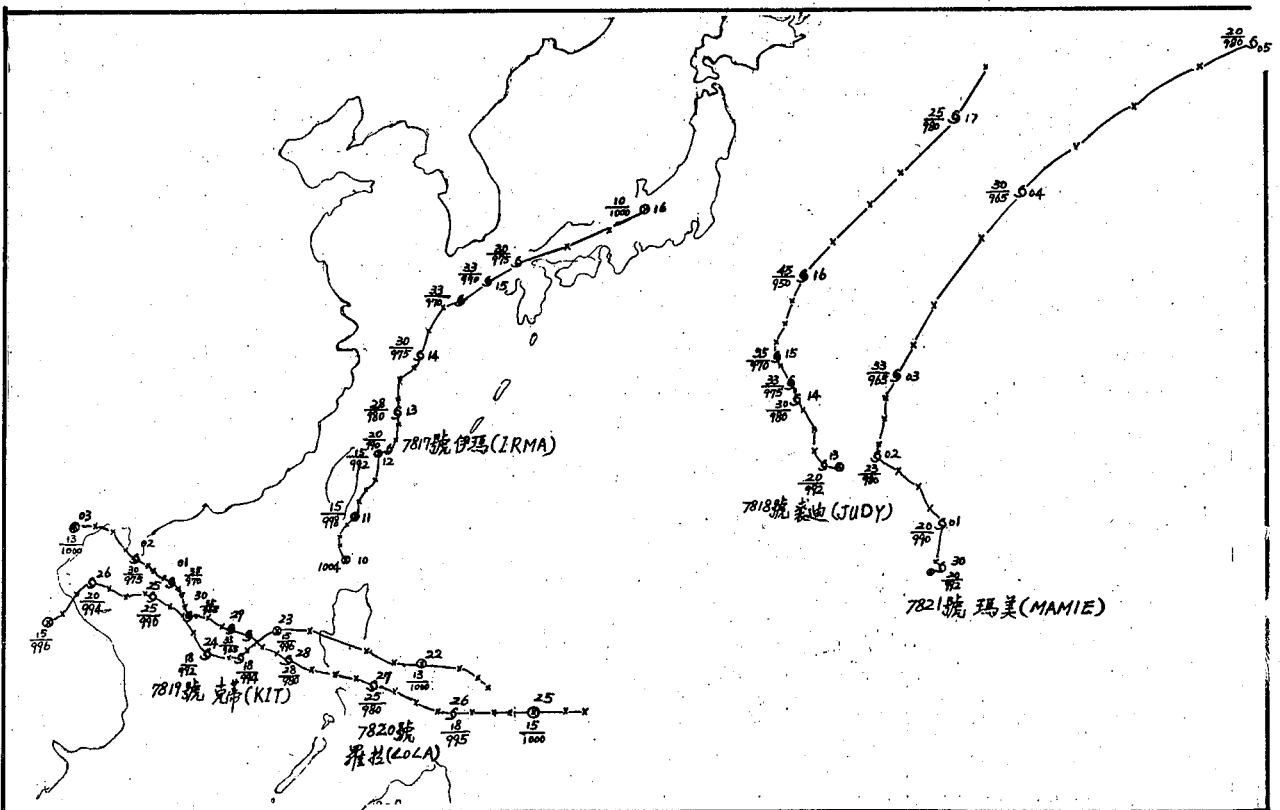


圖 9. 六十七年九月份颱風路徑圖  
Fig. 9. Typhoon tracks in September, 1978

21日上午在非島東方海面醞釀了一熱帶性低氣壓，此熱帶性低氣壓於 22 日晚間越過呂宋島中部之後，23日清晨進入南海。當晚此熱帶性低氣壓發展成爲輕度颱風此爲本年第 19 號颱風克蒂(KIT)，繼續向西至西北西進行，此颱風於 25 日掃過海南島南端後，26日進入東京灣，當晚登陸越南後，威力減弱爲熱帶性低氣壓，結束了 3 天的輕度颱風生命史。

25 日當第 19 號颱風克蒂在海南島附近海面之際，另在非島東方海面又醞釀了一熱帶性低氣壓向西至西北西移動，26 日上午中心抵達非島南部沿海時，發展形成，此爲本年第 20 號颱風羅絲(LOLA)，此颱風中心於 27 日橫越非島中部之後，28日清晨進入南海，繼續向西至西北西進行，至29日清晨威力增強，成爲中度颱風，30日中心抵達海南島東南方海面時轉向西北緩慢進行。10月 1 日越過海南島北部，2 日進入東京灣，減弱爲輕度颱風，繼於當晚由東京灣北方進入大陸，至 3 日清晨再減弱爲熱帶性低氣壓，結束了爲期 6 天又 18 小時的颱風生命史。

第 21 號颱風瑪美(MAMIE)於 30 日晚間在馬利安納羣島東方海面生成之後，即向北北西進行，10 月 2 日轉向北緩慢進行，至 3 日上午威力增強爲中度颱風後，即轉向東北至北北東快速進行，此颱風於 4 日減弱爲輕度颱風，繼續向東北以每小時 50 公里之速度移行，5 日上午加入鋒面系統變成溫帶低氣壓，結束了 4 天半的颱風生命史。圖 9 爲本月份之颱風路徑圖。

(四)、十月：本年 10 月份颱風的活動仍頗活躍，本月份一共發生了 4 次颱風，其中屬於強烈颱風及輕度颱風各有 1 次，其餘兩次爲中度颱風，其中有一次爲侵臺颱風。茲將各次颱風概述如下：

7 日上午在非島東方海面上之熱帶性低氣壓向西移動，於 8 日下午發展形成爲輕度颱風，即爲本年第 22 號颱風妮娜(NINA)。後繼續向西進行，至 9 日晚間通過呂宋島南部，10 日上午進入南海移動緩慢，此颱風中心於 14 日即轉向偏北緩慢進行，於 17 日上午抵達香港西南方海面後即告消失，結束了爲期 9 天半的輕度颱風生命史。

10 月 10 日上午當第 22 號颱風妮娜在非島東方海面時，在雅浦島西北方海面上又有熱帶性低氣壓在醞釀中，此熱帶性低氣壓於 10 日上午發展成

爲輕度颱風，經命名爲炯拉(ORA)(即本年第 23 號颱風)，此後繼續向西北至西北西進行，其威力亦逐漸增強，至 12 日下午形成中度颱風，移動緩慢，近似滯留，此颱風中心於 13 日清晨由於受到高空槽之導引，轉而向北，沿着臺灣東部海岸緩慢進行，14 日上午中心抵達臺灣東北部海面時，威力減弱，變爲輕度颱風不久後即轉向東北進行，通過琉球北部海面，15 日下午進入日本四國南方海面減爲熱帶性低氣壓，結束了 5 天 6 小時的颱風生命史。此颱風中心雖未直接登陸臺灣，但其中心在臺灣東部沿海北上時，適值大陸高壓南下引發東北季風及颱風環流雙重影響，造成了北部及東北部地區的豪雨成災，有關炯拉颱風的詳細情況請參閱第 3 號侵臺颱風報告。

第 24 號颱風費莉絲(PHYLLIS)於 16 日下午在馬歇爾羣島西北海面生成之後，即向西北西進行，於 18 日上午威力發展，成爲中度颱風，進行方向轉爲北，20 日上午又轉向西北推進，此颱風中心於 21 日抵達硫磺島東方海面時，再轉向東北進行，並於 22 日上午威力減弱變爲輕度颱風，至 23 日 2 時變爲溫帶低氣壓加入鋒面系統，結束了爲期 6 天半的颱風生命史。

18 日上午當第 24 號颱風費莉絲在馬可斯(MARCUS)南方海面向北緩慢進行時，在馬歇爾羣島東部海面上有一熱帶性低氣壓在醞釀中，此熱帶性低氣壓於當天下午發展成輕度颱風，命名爲莉泰(RITA)，此爲本年第 25 號颱風，向西進行，至 20 日上午威力增強爲中度颱風。此後威力繼續加強，21 日晚間中心抵達北緯 11.2 度，東經 155.5 度，即在卡羅林羣島東南方海面時威力又增強成爲強烈颱風，繼續向西進行，23 日下午，中心進抵關島東南方海面時，中心最低氣壓竟降到 880 毫巴，中心附近最大風速加強爲每秒 70 公尺，到達「超級颱風」。當時穩定地向西至西北西進行，至 26 日晚間維持超級颱風強度達 4 天的時間，27 日清晨越過呂宋島中部後，威力始減弱爲中度颱風，此颱風中心於 28 日上午抵達東沙島南方海面時，因受大陸高氣壓南下之影響，進行方向轉爲西南，當天下午變爲輕度颱風，至 29 日晚間威力又減弱爲熱帶性低氣壓結束了整整 11 天的颱風生命史。此颱風爲本年內暴風半徑最大且唯一的超級颱風。圖 10 爲本月份之颱風路徑圖。

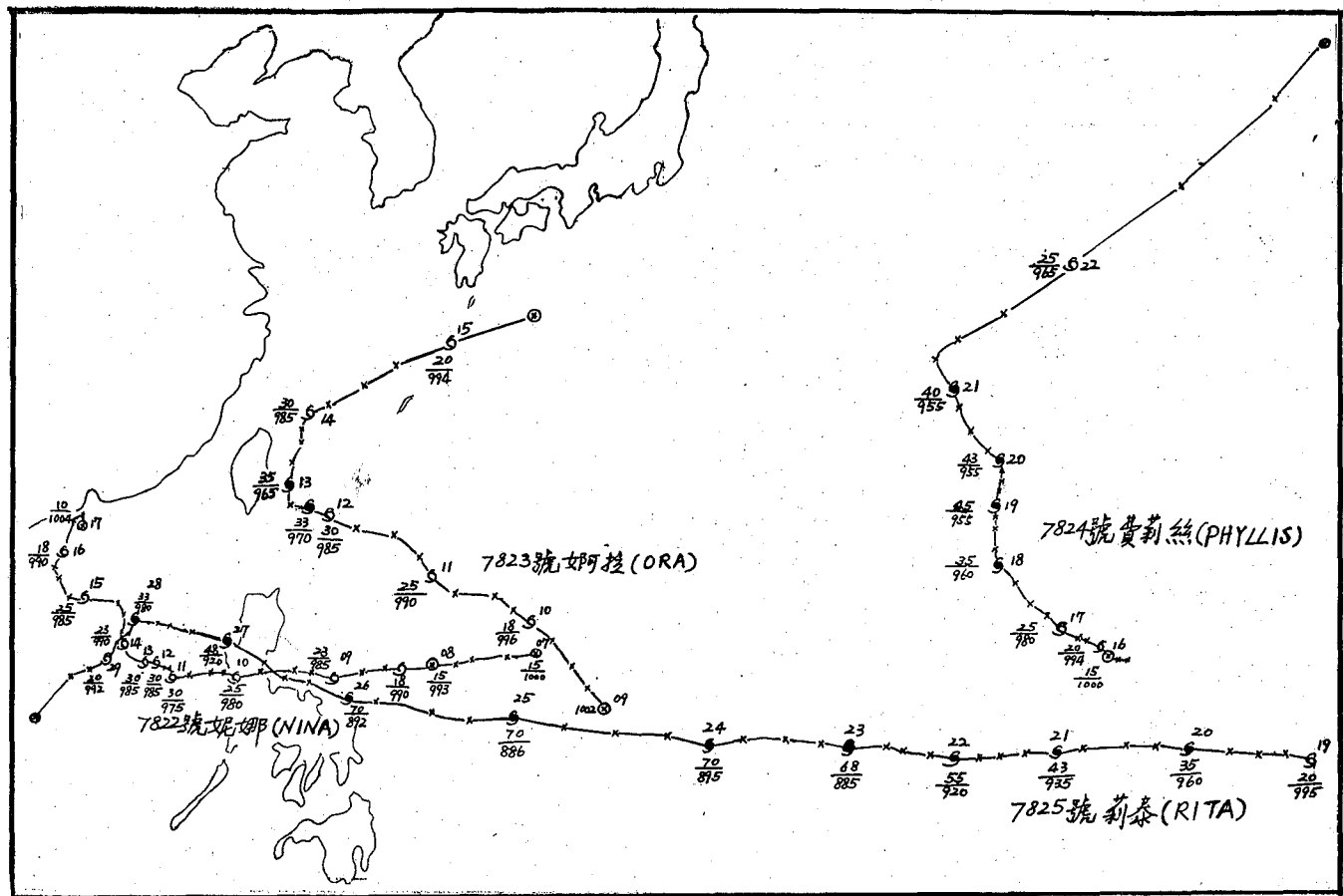


圖 10. 六十七年十月份颱風路徑圖

Fig. 10. Typhoon tracks in October, 1978

(八)、十一月：本月份與往年颱風發生平均次數極接近，一共發生 3 次颱風，即屬於輕度颱風者有兩次，另一次為強烈颱風。茲將各次颱風概述如下：

第 26 號颱風 蒂絲 (TESS) 生成於 3 日上午在馬利安納羣島北部海面，偏北推進。5 日上午，中心抵達硫磺島東方海面時，由於受到高空槽之導引向東北進行，7 日上午加入鋒面系統變成溫帶低氣壓，結束了為期 4 天的輕度颱風生命史。

自 11 月 7 日之第 26 號颱風消失後至 17 日之間，西太平洋一帶寧靜了有 10 天的時間。18 日清晨在卡羅林羣島中部海面的熱帶性低氣壓已發展成為輕度颱風，經命名為衛歐拉 (VIOLA) 為本年內第 27 號颱風，向西北西進行，威力逐漸增強，20 日下午成為中度颱風，21 日上午，再度增強成為強烈颱風，繼續向西北西至西北進行。此颱風中心於 23 日上午進抵琉球南方海面時，轉向東北進行，威力逐漸減弱為中度颱風，至 24 日上午又減弱為輕度颱風。25 日 2 時在日本南方海面變成溫帶低氣壓，結束了 8 天的颱風生命史。

本年第 28 號颱風 溫妮 (WINNE) 為本年內最後一次颱風，生成於 28 日上午，在馬利安納羣島關島附近海面，向北推進。29 日下午，中心抵達硫磺島東南方海面時，受到高空槽的導引轉向東北快速進行，30 日晚間進入鋒面系統而變成溫帶低氣壓，結束了為期兩天半的輕度颱風生命史。圖 11 為本月份之颱風路徑圖。

### 三、本年內發布颱風路徑圖

本年內，有六個颱風本局發布警報總計有 50 次颱風公告，其中 5 個颱風為海上陸上颱風警報，其餘 1 次為海上颱風警報，而實際上直接登陸或侵襲臺灣之颱風則有 3 次，即第 4 號颱風羅絲，第 12 號颱風黛拉及第 23 號颱風阿拉。表 4 為本年本局發布颱風警報統計表。

根據本局本年內對影響臺灣地區及附近海面颱風之 24 小時中心位置預報，最大誤差為 280 哩，最小誤差為 10.7 哩，平均誤差為 126.6 哩，其預報誤差綱要表如表 5 所示。表 6 為本年內北太平洋西部地區颱風綱要表。

表 4. 民國 67 年 (1978) 本局發佈颱風警報綱要表  
Table 4. The Summary of Typhoon Warnings issued by the Central Weather Bureau in 1978.

次	颱風種類	警報種類	颱風名稱	發佈時間	解除時間	號數	備註
1.	中度	海上、陸上	7802 號 歐莉芙 (OLIVE)	4 月 24 日 14 時 45 分	4 月 26 日 4 時 00 分	7	由南海向東北東進行，通過巴士海峽後，繼續向東北東遠離。
2.	輕度	海上、陸上	7804 號 羅絲 (ROSE)	6 月 23 日 15 時 00 分	6 月 25 日 05 時 00 分	7	由呂宋島東方海面向北北西進行於 24 日 20 時 07 分登陸新港附近即告消失。
3.	中度	海上、陸上	7808 號 范迪 (WENDY)	7 月 24 日 06 時 30 分	7 月 30 日 10 時 00 分	13	通過琉球海面進入日本海。
4.	輕度	海上、陸上	7812 號 黛拉 (DELLA)	8 月 12 日 15 時 40 分	8 月 13 日 15 時 00 分	5	在臺灣東南方海面向西北進行於 13 日上午 10 時左右由宜蘭南方登陸後即消失並由桃園外海之副低壓取代為 T. D. 於 14 時由馬祖附近進入大陸。
5.	中度	海上	7811 號 卡門 (CARMEN)	8 月 15 日 08 時 30 分	8 月 16 日 15 時 00 分	6	通過琉球海面進入東海後停留打轉達 72 小時後始向北北東侵襲韓國。
6.	中度	海上、陸上	7823 號 婀拉 (ORA)	10 月 11 日 15 時 30 分	10 月 14 日 09 時 00 分	12	在呂宋島東方海面生成後向西北進行，抵達臺灣東南部海面即轉向北，沿着東海岸北上，於 14 日上午進抵彭佳嶼東方海面後再轉向東北，進入日本九州南方海面，造成北部東部地區豪雨成災。

表 5. 民國 67 年本局發佈 24 小時颱風中心位置預報之誤差綱要表  
Table 5. The Summary of vector errors of 24 hrs forecasting of Typhoon Center positions issued by C. W. B. during 1978.

颱風名稱及編號	預報次數	最大誤差 (哩)	最小誤差 (哩)	平均誤差 (哩)	備註
羅絲 (Rose) 7804 號	6	273.2	10.7	114.4	24 小時預報
范迪 (WENDY) 7808 號	13	254	43	125.6	
卡門 (CARMEN) 7811 號	6	165	32	112.3	
婀拉 (ORA) 7823 號	12	280	40	154.1	

註：7812 號颱風黛拉因發生後尚未有 24 小時即告消失，即時間短促無法做誤差考核。

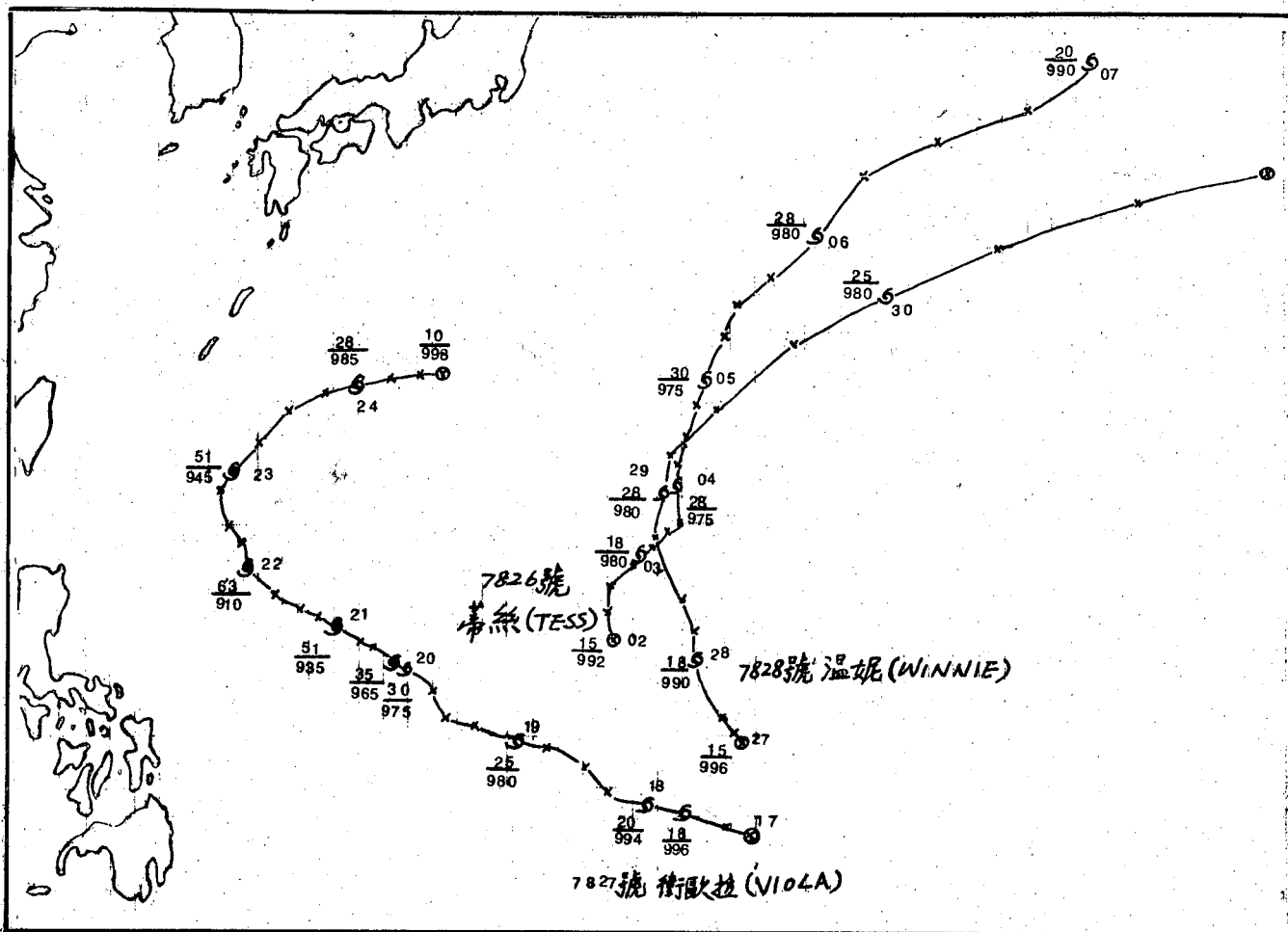


圖 11. 六十七年十一月份颱風路徑圖  
Fig. 11. Typhoon tracks in November, 1978

加速國家建設，  
厚植復國力量。

表 6. 民國 67 年 北 太 平 洋 西 部 地 區 颱 風 綱 要 表

Table 6. The Summary of typhoon date within the area of North-Western pacific ocean in 1978.

月 份	當 月 次 序	本 年 編 號 (公方)	颱 風 名 稱	起 訖 時 間			發 生 地 點	成 經 度 颱 風 以 上 地 點		最 大 風 速 m/s	暴 風 半 徑 (公 里)		中 氣 心 最 低 壓	最 速 大 (公 里 行)	強 度 分 類	警 報 階 段	附 註
				全 部 起 訖	輕 度 以 上	中 度 以 上		北 緯	東 經		7 級 (30 哩)	10 級 (50 哩)					
1	1	7801	娜 定(NADINE)	10/ 1~13/ 1	10/ 1~13/ 1		馬歇爾群島西北部海面	11.1	101.5	28	200	50	975	50	輕度		
4	1	7802	歐莉芙(OLIVE)	19/ 4~27/ 4	19/ 4~27/ 4	22/ 4~25/ 4	非島東方海面	9.2	131.5	43	200	80	955	50	中度	海上、 陸上	
6	1	7803	玻 莉(POLLY)	18/ 6~20/ 6	18/ 6~20/ 6		琉球附近海面	25.8	126.0	23	150		985	30	輕度		
6	2	7804	羅 絲(ROSE)	23/ 6~24/ 6	23/ 6~24/ 6		呂宋島東方海面	18.8	124.1	20	150		993	30	輕度	海上、 陸上	登臺
6	3	7805	雪 莉(SHIRLEY)	30/ 6~30/ 6	30/ 6~30/ 6		我國南海	13.4	111.3	20	150		992	20	輕度		
7	1	7806	崔 絲(TRX)	14/ 7~23/ 7	14/ 7~23/ 7	16/ 7~18/ 7	硫磺島附近海面	23.9	141.6	35	300	100	965	35	中度		
7	2	7807	佛琴尼(VIRGINIA)	23/ 7~03/ 8	23/ 7~03/ 8	25/ 7~02/ 8	馬利安納群島海面	16.1	150.9	35	350	150	975	35	中度		
7	3	7808	范 迪(WENDY)	24/ 7~03/ 8	24/ 7~03/ 8	26/ 7~01/ 8	琉球東南方海面	20.8	133.5	40	400	150	960	40	中度	海上、 陸上	
7	4	7809	艾妮絲(AGNES)	25/ 7~30/ 7	25/ 7~30/ 7		我國南海	21.0	115.7	28	150		980	18	輕度		
8	1	7810	邦 妮(BONNIE)	10/ 8~12/ 8	10/ 8~12/ 8		我國南海	18.2	111.3	20	150		985	20	輕度		原名為貝絲(BESS)於 1975年改為BONNIE.
8	2	7811	卡 門(CARMEN)	11/ 8~20/ 8	11/ 8~20/ 8	13/ 8~17/ 8	馬利安納群島海面	16.2	144.5	38	300	100	965	30	中度	海上	
8	3	7812	黛 拉(DELTA)	12/ 8~13/ 8	12/ 8~13/ 8		琉球南方海面	21.9	124.6	20	150		985	25	輕度	海上、 陸上	侵臺
8	4	7813	艾 琳(ELAINE)	24/ 8~28/ 8	24/ 8~28/ 8	27/ 8~27/ 8	我國南海	16.6	120.3	33	250	50	965	22	中度		
8	5	7814	費 依(FAYE)	28/ 8~09/ 9	28/ 8~09/ 9	01/ 9~07/ 9	馬利安納群島海面	15.0	145.1	55	300	80	930	25	強烈		
8	6	7815	葛樂禮(GLORIA)	30/ 8~31/ 8	30/ 8~31/ 8		琉球南方海面	22.5	127.5	20	200		992	20	輕度		
8	7	7816	海斯特(HESTEP)	30/ 8~01/ 9	30/ 8~01/ 9		日本東南方海面	31.3	150.3	23	150		990	50	輕度		
9	1	7817	伊 瑪(IRMA)	12/ 9~16/ 9	12/ 9~16/ 9	15/ 9~15/ 9	臺灣東北方海面	25.5	123.2	33	250	80	970	40	中度		
9	2	7818	裘 迪(JUDY)	13/ 9~17/ 9	18/ 9~17/ 9	14/ 9~17/ 9	硫磺島東方海面	24.6	146.6	45	300	100	950	40	中度		
9	3	7819	克 蒂(KIT)	23/ 9~26/ 9	23/ 9~26/ 9		我國南海	15.1	115.3	25	250		990	25	輕度		
9	4	7820	羅 拉(LOLA)	26/ 9~23/10	26/ 9~03/10	27/ 9~02/10	非島東方海面	12.2	126.7	35	400	150	965	18	中度		
9	5	7821	瑪 美(MAMIE)	30/ 9~05/10	30/ 9~05/10	03/10~04/10	馬利安納群島東方海面	19.6	152.8	35	350	100	960	50	中度		
10	1	7822	妮 娜(NINA)	08/10~17/10	08/10~17/10		非島東方海面	15.2	127.9	30	400	100	975	20	輕度		
10	2	7823	姍 拉(ORA)	10/10~15/10	10/10~15/10	12/10~14/10	呂宋島東方海面	17.2	133.9	40	200	80	940	50	中度	海上、 陸上	侵臺
10	3	7824	費莉絲(PHYLLIS)	16/10~23/10	16/10~23/10	18/10~21/10	馬歇爾群島西北方海面	16.0	160.2	45	300	100	950	60	中度		
10	4	7825	莉 泰(RITA)	18/10~29/10	18/10~29/10	20/10~28/10	馬歇爾群島西方海面	10.7	173.3	73	500	200	880	35	強烈		超級
11	1	7826	蒂 絲(TESS)	03/11~07/11	03/11~07/11		馬利安納群島海面	18.8	145.2	30	300	80	975	50	輕度		
11	2	7827	衛歐拉(VIOLA)	18/11~24/11	18/11~24/11	20/11~24/11	加羅林群島海面	9.0	147.1	63	400	150	910	35	強烈		
11	3	7828	溫 妮(WINNIE)	28/11~30/11	28/11~30/11		馬利安納群島海面	14.9	147.7	28	300	80	980	50	輕度		



#### 四、本年內颱風災情概述

本年內雖有 3 次侵臺颱風，但其中第 4 號颱風羅絲及第 12 號颱風黛拉等因威力不強，登陸臺灣後即告消失，故未造成災害，僅有第 23 號颱風

拉，其中心雖未直接登陸臺灣，但因中心離臺灣很近，且緊靠東部沿海進行，而當時適值東北季風盛行，形成東北季風及颱風環流雙重影響，加上受地形抬高，造成了臺灣北部及東北地區之嚴重水災，其災情請參閱表 7 災情綱要表。

表 7. 本年內颱風災情綱要表

Table 7. A Summary of Typhoon damages in 1978.

颱風編號及名稱	人 (人)		房 (間)		船 (艘)		
	死 亡 (含失蹤)	受 傷	全 倒	半 倒	沉 沒	翻 覆	撞 損
7823 號 黛 拉 (ORA)	7	6	7	—	2	1	30
備 註							
1. 堤防：決口 5 處，沖毀 290 公尺。							
2. 農田：侵水面積超過 4,000 公頃。							
3. 交通：(1)鐵路：宜蘭線，淡水線及縱貫線臺北～基隆間路線，由多處路基與鐵軌被洪水沖毀受阻情況嚴重。							
(2)其他：公路多處因坍方沖失，交通受阻，電訊通訊設施因電纜進水，部份電話故障不通。							

#### 五、本年內颱風特性

(一) 本年內颱風發生總數為 28 次，過去 31 年 (1947~1977 年) 之平均值為 27.3 次，即本年颱風的活動大致與平均值接近。其中達中度以上強度的颱風有 15 次，過去 31 年之平均為 17.5 次，可見本年內之颱風發生次數，雖大約相當於以往平均值，但達中度以上颱風次數則較平均值為少。

(二) 本年內侵臺颱風有 3 次，也大致與過去的平均值相當。

(三) 本年內颱風之發生，上半年 1 月份及 4 月份各發生 1 次，6 月份發生 3 次，其他月份均沒有颱風發生，可見全年颱風集中在 7 月至 11 月份，也就是下半年。

(四) 本年內颱風發生地區，相當分散，在馬利安納羣島附近海面上有 6 次，中國南海上有 5 次，琉球附近海面上有 4 次，菲律賓附近海面上，馬歇爾群島附近海面上及硫磺島附近海面上各有 3 次，加羅林羣島附近海面上及沖之鳥島附近海面上各發生 2 次。威力最強者為 10 月份之第 25 號颱風莉泰，其中心附近最大颶速每秒 73 公尺，中心最低氣壓為 880 毫巴，7 級風半徑達 500 公尺。

(五) 本年之颱風路徑型式分配，以北上型颱風最多，有 9 次；其次為拋物線型，有 8 次；西北～西北西進者有 7 次，西進及異常路徑者有 2 次。

表 8 為本 (67) 年在北太平洋西部地區所發生的各次颱風中心標準位置表。

羅 字 振 執筆。

一切力量，投入反共。

表 8. 民國 67 年 各 次 颱 風 中 心 標 準 位 置 表

Table 8. The fixed positions of Typhoon Center in the year of 1978.

颱風名稱	時 間		中心位置		中心氣壓	最大風速	進行	速 度	颱風名稱	時 間		中心位置		中心氣壓	最大風速	進行	速 度
	日	時	北緯	東經	mb	m/s	方向	(km/h)		日	時	北緯	東經	mb	m/s	方向	(km/h)
7801號 1 月 娜 定 (NADINE)	10	08	11.1	161.5	992	18	NW	13	7803號 6 月 玻 莉 (POLLY)	25	08	20.7	118.9	970	38	ENE	30
		14	11.6	161.2	992	18	NW	13			14	21.1	120.6	975	35	ENE	30
		20	12.0	160.6	992	20	NW	15			20	21.4	123.5	975	35	ENE	50
	11	02	13.6	160.0	985	23	NNW	18		26	02	21.9	124.8	983	30	ENE	50
		08	14.2	160.1	985	23	N	13			08	22.0	127.5	990	28	E	45
		14	15.1	161.0	980	23	NE	18			14	22.2	129.3	990	25	E	37
		20	16.0	161.4	980	23	NE	16			20	22.8	131.3	990	23	ENE	37
	12	02	16.6	162.7	975	28	NE	23		27	02	23.3	133.8	990	20	ENE	40
		08	17.4	164.2	975	28	ENE	27			08	23.5	135.0	994	20	ENE	37
		14	17.7	166.1	975	28	ENE	29		17	08	24.3	128.3	1000	15	WNW	15
		20	18.0	168.0	975	28	ENE	36			14	24.5	127.9	996	15	NW	15
	13	02	19.1	170.0	975	25	ENE	36			20	24.9	127.6	996	15	WNW	13
		08	21.6	173.0	975	25	NE	40		18	02	25.1	126.8	996	15	WNW	14
		14	23.0	175.0	980	23	NE	40			08	25.6	126.1	993	15	NW	15
7802號 4 月 歐 莉 芙 (OLIVE)		20	26.0	180.0	980	23	NE	50			14	25.8	126.0	992	18	NNW	05
	14	02	27.0	177.0	1000	15	NE	50			20	26.2	125.9	992	18	N	10
	19	02	9.2	131.5	998	18	WNW	23	7804號 6 月 羅 絲 (ROSE)	19	02	26.9	125.8	988	20	N	10
		08	9.7	129.5	995	18	WNW	23			08	27.4	125.9	985	20	N	15
		14	10.1	128.4	992	23	WNW	20			14	28.1	126.1	985	20	N	15
		20	10.4	127.3	990	25	WNW	25			20	28.9	126.1	985	23	N	15
	20	02	10.8	126.2	988	25	WNW	20		20	02	30.1	126.7	985	23	NNE	25
		08	11.3	124.8	985	30	WNW	20			08	31.7	127.8	985	23	NE	25
		14	11.5	123.2	985	30	WNW	20			14	32.4	128.7	990	20	NE	18
		20	12.2	122.3	980	30	WNW	20			20	23.5	130.8	998	15	NE	30
	21	02	12.8	121.1	980	30	WNW	20		23	08	18.7	124.6	995	15	WNW	10
		08	13.2	119.6	990	23	WNW	20			14	18.8	124.1	993	20	W	15
		14	13.3	118.8	990	25	W	18			20	18.8	123.5	993	20	W	15
		20	13.5	117.8	985	28	WNW	18		24	02	18.8	123.0	993	20	WNW	15
	22	02	13.6	117.0	985	28	WNW	15			08	21.2	122.5	993	20	NNW	25
7805號 6 月 雪 莉 (SHIRLEY)		08	13.8	116.4	980	30	WNW	15			14	22.1	122.0	993	20	NNW	25
		14	14.2	115.5	970	33	WNW	15			20	22.9	121.6	995	18	NW	30
		20	14.8	114.7	965	35	WNW	15		25	02	23.4	121.2	1000	10		
	23	02	15.4	114.2	955	40	NW	15	7806號 7 月 崔 絲 (TRIX)	30	08	13.0	113.0	996	15	WNW	20
		08	15.9	113.5	955	43	NW	15			14	13.4	111.3	996	18	WNW	15
		14	16.4	113.2	955	43	NW	12			20	13.4	109.5	992	20	W	20
		20	16.9	113.0	960	43	NW	10		01	02	13.7	108.3	998	15	WNW	20
	24	02	17.5	113.2	960	43	NNW	9		12	20	22.0	150.0	1004	15	NW	15
		08	18.5	114.0	965	40	N	20		13	02	23.0	149.0	1004	15	NW	15
		14	18.9	114.4	955	43	NE	20			08	23.2	149.0	1004	15	WNW	10
		20	19.6	115.6	955	43	NE	25			14	23.7	146.7	1004	15	WNW	10
	25	02	20.1	116.9	960	40	ENE	25~30			20	24.0	145.5	1004	15	WNW	10

颱風名稱	時間		中心位置		中心氣壓 mb	最大風速 m/s	進行 風向	速度 (km/h)	颱風名稱	時間		中心位置		中心氣壓 mb	最大風速 m/s	進行 風向	速度 (km/h)	
	日	時	北緯	東經						日	時	北緯	東經					
7 月	14	02	24.1	144.3	1002	15	WNW	8	7 月		08	16.6	151.0	985	25	N	slowly	
		08	24.3	143.3	1002	15	W	15			14	17.1	151.0	985	28	N	slowly	
		14	24.0	142.3	996	15	WSW	10			20	17.5	150.9	985	28	N	slowly	
		20	23.9	141.6	994	18	W	10		25	02	18.4	150.8	980	28	N	10	
	15	02	23.9	140.8	992	18	W	15			08	19.0	150.6	980	28	NNW	10	
		08	24.0	140.0	988	20	W	15			14	19.5	150.1	975	33	NW	10	
		14	23.8	138.9	980	30	WSW	15			20	20.3	149.3	975	33	NW	18	
		20	23.5	138.0	975	30	W	15		26	02	20.7	149.2	975	33	NW	10	
	16	02	23.4	137.6	975	30	WSW	10			08	21.1	148.8	975	33	NW	10	
		08	22.8	137.1	975	35	SW	5			14	21.4	148.5	980	33	NW	10	
		14	22.3	137.9	970	35	SW	5			20	21.9	147.9	980	33	NW	15	
		20	22.3	137.7	965	35	stats			27	02	22.0	147.4	980	33	WNW	15	
	17	02	21.9	138.2	965	35	ESE	5			08	22.1	146.8	980	33	W	8	
		08	22.0	138.8	975	35	ENE	10			14	22.1	147.1	980	33	stat		
		14	22.5	139.8	965	35	ENE	13			20	21.8	147.0	985	30	stat		
		20	22.8	140.6	965	35	ENE	15		28	02	21.8	146.9	990	30	stat		
	18	02	22.9	141.6	980	35	ENE	15			08	21.6	147.5	990	30	stat		
		08	23.5	142.5	980	35	NE	18			14	21.5	147.9	980	30	stat		
		14	24.4	144.2	980	33	NE	23			20	21.8	147.5	980	30	WNW	slowly	
		20	25.5	145.2	980	30	NNE	23		29	02	22.2	147.1	980	30	WNW	slowly	
	19	02	25.8	145.8	980	28	NNE	12			08	22.3	146.9	980	30	WNW	slowly	
		08	26.0	146.0	980	28	NE	10			14	22.9	145.8	980	35	NW	slowly	
		14	26.6	146.4	984	28	NE	15			20	24.0	146.5	980	35	NNW	10	
		20	27.3	146.8	985	25	N	18		30	02	24.7	145.7	980	35	NNW	18	
	20	02	28.2	144.3	985	25	NW	18			08	25.5	145.1	980	35	NNW	18	
		08	29.3	143.6	985	25	NW	18			14	26.1	144.4	985	35	NW	18	
		14	29.4	142.4	990	20	WNW	18			20	26.8	143.8	985	35	NW	18	
		20	30.0	140.8	990	20	WNW	20		31	02	28.1	143.2	985	35	NW	18	
	21	02	29.7	138.8	990	20	WSW	27			08	29.1	142.7	985	33	NNW	20	
		08	29.9	137.3	994	18	W	27			14	30.7	141.8	985	33	NNW	22	
		14	29.7	135.8	996	18	W	25			20	31.7	141.2	985	33	NNW	22	
		20	29.8	133.8	996	18	W	25		8 月	01	02	32.8	141.4	985	33	N	20
	22	02	28.4	132.4	998	18	WSW	30			08	34.0	141.4	980	33	N	18	
		08	28.5	128.9	1000	15	W	40			14	34.7	141.5	980	33	N	20	
		14	28.7	126.8	998	20	W	35			20	36.0	142.5	980	33	NNE	30	
		20	28.5	124.3	998	20	W	35		02	02	37.4	143.3	980	33	NNE	30	
	23	02	28.6	122.2	998	20	W	35			08	39.1	144.3	980	30	NNE	30	
		08	29.1	121.4	1000	15	WNW	30			14	40.5	145.9	980	28	NE	33	
		14	30.0	119.0	1002	10	WNW	30			20	41.5	148.0	980	25	ENE	33	
	7807號 7 月	23	08	15.5	151.1	990	18	NNW		10		03	02	42.2	150.3	985	25	ENE
佛琴尼	23	14	16.1	150.9	985	23	NNW	10			08	43.6	151.6	990	23	NE	30	
VIRGIAIA		20	16.5	150.7	985	23	NEW	10			14	44.5	152.5	990	20	ENE	28	
	24	02	16.6	150.8	985	25	NNW	5										

颱風名稱	時 間		中心位置		中心氣壓 mb	最大風速 m/s	進行 風向	速 度 (km/h)	颱風名稱	時 間		中心位置		中心氣壓 mb	最大風速 m/s	進行 風向	速 度 (km/h)												
	日	時	北緯	東經						日	時	北緯	東經																
7808號 7月 范 迪 (WENDY)	23	14	21.4	136.3	1000	15	WNW	15	7809號 7月 艾 妮 絲 (AGNES)	25	08	37.0	133.2	988	18	NNE	40												
		20	21.5	135.6	998	15	WNW	15			14	39.0	134.0	990	15	NNE	45												
	24	02	21.8	134.8	996	15	WNW	15		7809號 7月 艾 妮 絲 (AGNES)	25	08	19.9	115.5	996	15	N	15											
		08	21.4	133.5	996	15	W	15				14	20.4	116.0	992	15	NNW	9											
		14	20.8	134.0	994	18	W	10			7809號 7月 艾 妮 絲 (AGNES)	25	20	21.0	115.7	990	18	NNW	10										
		20	20.8	133.5	992	20	W	5					26	02	21.5	115.6	990	18	WNW	9									
	25	02	20.8	133.4	990	23	stat	7809號 7月 艾 妮 絲 (AGNES)				26	08	21.5	114.8	985	23	W	10										
		08	20.9	133.7	985	25	W						slowly	14	21.5	114.8	985	23	W	8									
		14	20.9	133.3	980	28	stat					7809號 7月 艾 妮 絲 (AGNES)	26	20	21.5	113.9	980	25	W	slowly									
		20	20.9	133.1	980	30	stat							27	02	21.4	113.7	980	28	W	slowly								
	26	02	21.0	133.7	975	33	stat						7809號 7月 艾 妮 絲 (AGNES)	27	08	21.3	113.3	980	28	W	slowly								
		08	21.1	133.7	975	33	stat								14	21.3	112.8	980	25	W	slowly								
		14	21.7	133.2	975	35	NW							slowly	7809號 7月 艾 妮 絲 (AGNES)	27	20	21.3	112.3	980	25	W	slowly						
		20	22.0	132.8	970	35	NW							8			28	02	21.1	112.0	980	25	WSW	slowly					
	27	02	22.5	132.3	960	35	WNW							10		7809號 7月 艾 妮 絲 (AGNES)	28	08	20.9	111.9	985	25	stat	7809號 7月 艾 妮 絲 (AGNES)					
		08	22.9	131.8	960	35	NW							10				14	20.8	111.8	985	25	stat						
		14	24.0	132.4	960	35	NNW							12			7809號 7月 艾 妮 絲 (AGNES)	28	20	20.4	111.8	985	25		stat				
		20	24.5	132.0	960	35	NNW							15					29	02	20.4	112.4	985		25	stat			
	28	02	25.4	131.0	960	35	NW							18				7809號 7月 艾 妮 絲 (AGNES)	29	08	20.5	112.9	985		25	stat			
		08	26.2	130.1	960	40	NW→WNN							18						14	20.8	113.7	985		25	ENE	18		
		14	27.0	128.7	960	40	WNW→W							22					7809號 7月 艾 妮 絲 (AGNES)	29	20	21.5	114.4		985	23	NE	15	
		20	27.6	127.4	960	38	W							25							30	02	22.2		114.8	985	20	NNE	8
	29	02	27.7	126.3	970	35	W							22						7809號 7月 艾 妮 絲 (AGNES)	30	08	22.8		114.7	990	20	N	8
		08	28.0	126.1	970	35	W							18								14	23.0		114.6	992	18	N	8
	14	28.6	125.6	970	35	W	13		7809號 7月 艾 妮 絲 (AGNES)					30							20	24.5	115.0		994	15	N	slowly	
	20	29.0	126.0	970	35	W	10														7810號 8月 原貝絲於1975 年改為邦妮 (BONNIE)	10	14		18.0	113.6	992	15	W
30	02	29.6	125.4	970	35	W	10			7809號 7月 艾 妮 絲 (AGNES)				11							20	18.2	112.0		990	18	W	12	
	08	30.1	124.9	970	35	WNW	10														02	18.2	111.3		988	18	W	12	
	14	30.4	124.7	970	35	stat	7809號 7月 艾 妮 絲 (AGNES)				11			08							18.3	109.5	985		20	W	18		
	20	30.5	125.0	970	35	stat								14							18.2	108.8	985		20	W	18		
31	02	30.6	125.1	970	35	stat		7809號 7月 艾 妮 絲 (AGNES)			12			20							18.2	107.8	985		20	W	18		
	08	30.5	124.9	970	35	stat								02							18.1	106.9	985		20	W	18		
	14	30.5	124.7	970	35	stat					7809號 7月 艾 妮 絲 (AGNES)	12		08							18.1	106.0	985		18	W	18		
	20	30.5	125.0	970	35	stat								14							18.0	104.5	990		15	W	20		
8月 01	02	30.5	125.1	970	35	stat						7809號 7月 艾 妮 絲 (AGNES)	10	20							17.0	144.0	1006		15	stat	7811號 8月 卡 門 (CARMEN)		
	08	30.7	125.2	970	35	stat								11							02	17.0	145.0		1006	15		stat	
	14	30.7	125.6	970	33	stat							7811號 8月 卡 門 (CARMEN)	11	08						16.2	144.5	996		20	stat			
	20	30.9	126.8	980	30	ENE									10						14	15.5	144.3		994	20		WSW	8
02	02	31.2	128.0	980	25	ENE								15	7811號 8月 卡 門 (CARMEN)	12					20	15.6	144.2	990	23	stat			
	08	31.7	128.8	980	25	ENE								18							02	15.8	144.2	990	23	stat			
	14	32.0	129.0	980	25	ENE								10		7811號 8月 卡 門 (CARMEN)	12				08	15.9	144.3	980	28	stat			
	20	32.8	129.8	984	23	NE								15							14	16.5	144.0	980	28	NNW		8	
03	02	34.6	132.8	988	18	NE								25			7811號 8月 卡 門 (CARMEN)	12			20	17.8	143.6	980	28	NNW		15	

颱風名稱	時間		中心位置		中心氣壓 mb	最大風速 m/s	進行 風向	速度 (km/h)	颱風名稱	時間		中心位置		中心氣壓 mb	最大風速 m/s	進行 風向	速度 (km/h)	
	日	時	北緯	東經						日	時	北緯	東經					
7812號 8月 黛拉 (DELLA)	13	02	18.5	142.6	980	28	NW	20	7813號 8月 艾琳 (ELAINE)	23	14	18.2	123.3	992	15	W	12	
		08	19.9	141.3	980	28	NW	27			20	18.3	122.3	992	15	WNW	15	
		14	21.0	139.7	975	35	NW	27			24	02	18.4	121.5	992	15	WSW	15
		20	22.0	138.0	975	35	WNW	30				08	17.6	120.3	990	18	W	15
	14	02	22.7	136.4	975	35	WNW	30				14	17.4	119.9	990	20	W	15
		08	23.3	134.8	975	35	WNW	30				20	17.3	119.2	990	20	W	15
		14	24.0	133.4	970	38	WNW	30		25	02	16.7	118.8	990	20	W	8	
		20	24.8	131.8	965	38	WNW	30				08	16.8	118.5	990	20	W	5
	15	02	25.8	130.2	965	38	WNW	30				14	17.3	118.1	980	23	stat	
		08	26.4	128.6	965	38	WNW	25				20	17.2	118.1	980	25	stat	
		14	27.1	127.2	965	38	WNW	25		26	02	17.7	117.7	975	28	WNW	10	
		20	27.5	125.8	965	38	WNW	25				08	18.5	116.9	975	28	WNW	15
	16	02	28.0	124.6	965	38	WNW	22				14	18.8	116.0	975	28	WNW	15
		08	28.3	123.5	965	38	WNW	22				20	19.3	115.3	975	30	WNW	18
		14	28.3	122.7	965	38	WNW	18		27	02	19.9	113.8	975	30	WNW	22	
		20	28.5	123.0	970	33	stat					08	20.2	112.9	965	33	WNW	20
	17	02	28.6	122.9	970	33	stat					14	20.8	111.8	965	33	NW	22
		08	28.6	122.6	970	33	stat					20	21.6	110.5	970	33	NW	22
		14	28.5	122.5	975	30	stat			28	02	22.0	109.0	975	30	WNW	22	
		20	28.7	123.0	980	30	stat					08	22.0	107.0	992	15	W	20
18	02	28.7	123.2	980	28	E	slowly	7814號 8月 費依 (FAYE)	28	08	12.9	146.0	1000	15	NW	18		
	08	28.8	123.5	980	28	E	slowly				14	14.1	145.4	1000	15	NNW	18	
	14	28.8	123.7	980	28	E	slowly				20	15.0	145.1	994	18	NNW	15	
	20	28.4	124.5	985	25	E	slowly		29	02	16.0	144.8	994	18	N	10		
19	02	28.6	124.6	985	25	stat					08	16.7	145.0	994	20	N	15	
	08	29.4	124.2	985	25	NNE	15				14	17.7	145.0	992	23	N	15	
	14	30.1	125.3	985	25	NNE	18				20	18.5	145.0	992	23	NNE	15	
	20	30.9	125.8	985	25	NNE	20		30	02	18.9	146.0	990	23	NNE	10		
20	02	32.5	125.7	985	23	N	25				08	19.2	146.8	985	25	ENE	15	
	08	34.7	126.4	985	20	NNE	30				14	19.3	147.2	985	28	E	15	
	14	36.0	127.5	995	15	NNE	30				20	19.3	148.0	985	28	ESE	10	
11	14	17.1	127.9	1000	15	NW	18		31	02	18.7	148.7	985	28	ESE	10		
	20	17.7	127.2	1000	15	NW	18				08	18.0	149.2	985	28	SSW	8	
12	02	19.2	126.2	998	15	WNW	18				14	17.7	148.9	980	28	SSW	5	
	08	20.0	125.5	998	15	NW	22				20	17.4	148.7	980	28	SSW	5	
	14	21.9	124.6	992	20	NW	22		9月	01	02	17.2	148.1	985	28	WSW	5	
	20	22.4	123.8	990	20	NW	20				08	16.9	147.4	985	28	WNW	10	
13	02	23.1	122.6	985	20	NW	25				14	17.1	146.8	980	33	WNW	10	
	08	23.8	122.2	985	20	NW	25				20	17.8	146.2	980	33	NW	15	
	14	25.2	120.5	996	15	NW	20		02	02	18.2	145.3	970	33	NW	15		
	20	25.5	119.5	1000	13	WNW	20				08	19.0	144.8	950	35	NNW	15	
											14	19.8	144.3	930	50	NNW	15	
											20	20.7	143.5	930	50	NNW	20	

颱風名稱	時間		中心位置		中心氣壓 mb	最大風速 m/s	進行 風向	速度 (km/h)	颱風名稱	時間		中心位置		中心氣壓 mb	最大風速 m/s	進行 風向	速度 (km/h)	
	日	時	北緯	東經						日	時	北緯	東經					
7815號 8月 葛樂禮 (CLORIA)	03	02	21.5	143.7	930	55	NNW	20	7816號 8月 海斯特 (HESTER)	30	08	31.3	150.3	992	20	NE	18	
		08	22.0	141.1	930	55	NW	20			14	32.4	150.5	990	20	NE	18	
		14	22.8	140.1	950	45	NW	20			20	33.0	150.8	990	23	NE	15	
		20	23.6	139.1	960	40	NW	20			31	02	34.0	151.5	990	23	NE	15
	04	02	25.1	137.7	985	35	NW	25			08	34.5	152.2	990	23	NE	15	
		08	26.1	136.8	985	35	NW	20			14	35.6	153.0	990	23	NE	20	
		14	27.0	135.7	985	33	NW	20			20	36.8	156.0	990	23	ENE	30	
		20	28.0	135.1	985	30	NW	18		9月	01	02	38.5	158.5	990	23	ENE	30
	05	02	28.5	134.6	985	28	NNW	18			08	40.0	162.0	990	23	ENE	35	
		08	29.3	134.7	985	28	NE	15			14	43.0	166.5	992	20	NE	50	
		14	30.0	135.4	985	28	ENE	15			20	47.5	172.5	994	15	NE	50	
		20	30.3	136.2	980	28	E	15	7817號 9月 伊瑪 (IRMA)	10	08	20.0	121.0	1004		NW	14	
	06	02	30.3	137.3	975	35	E	15			14	20.7	120.6	1004		N	10	
		08	30.2	138.2	970	35	E	15			20	21.2	120.7	1004		NE	11	
		14	30.2	139.1	970	35	E	15			11	02	21.7	121.0	1002	15	NE	11
		20	30.2	140.0	975	35	E	10			08	22.2	121.4	998	15	NNE	12	
	07	02	30.2	140.4	975	33	E	10			14	22.9	121.7	998	15	NNE	10	
		08	30.5	140.7	985	25	ENE	5			20	23.4	122.0	998	15	NE	15	
		14	30.6	140.9	992	20	ENE	5		12	02	23.9	122.6	994	15	N	23	
		20	30.8	141.5	992	20	E	5			08	25.2	122.6	992	15	ENE	10	
	08	02	30.7	142.2	992	20	E	5			14	25.5	123.2	990	20	NE	10	
		08	30.6	142.5	996	20	E	5			20	25.8	123.4	988	23	NNE	15	
		14	30.7	143.4	997	20	E	5		13	02	26.6	123.6	980	28	N	11	
		20	30.7	144.0	996	20	E	5			08	27.2	123.6	980	28	N	11	
	09	02	30.9	145.0	996	20	ENE	18			14	27.8	123.6	975	30	NNE	17	
		08	31.5	146.0	996	20	E	10			20	28.6	123.9	975	30	NNE	12	
		14	31.5	146.6	996	20	E	10		14	02	29.2	124.5	975	30	NE	15	
		20	31.5	147.2	998	18	E	10			08	29.9	125.0	975	30	NNE	12	
	10	02	31.5	147.8	1000	15	E	10			14	31.0	125.3	975	30	NNE	18	
	29	08	21.0	129.0	998	15	W	slowly	7818號 9月 裘迪 (JUDY)		20	32.0	126.2	975	30	NE	20	
		14	21.5	128.5	998	15	WNW	10		15	02	32.4	127.2	970	33	NE	20	
		20	21.8	128.0	998	15	WNW	10			08	33.2	128.8	970	33	NE	25	
	30	02	22.5	127.5	996	18	NNE	18			14	34.2	130.5	975	30	ENE	30	
		08	24.2	128.8	992	20	NNE	18			20	34.7	133.0	992	23	ENE	40	
		14	25.5	129.1	992	20	NNE	18		16	02	35.4	135.4	998	18	ENE	40	
		20	25.9	129.3	992	20	NNE	18			08	36.0	137.0	1002	10	ENE	40	
	31	02	26.3	129.2	992	20	N	slowly		13	02	24.5	147.5	996	15	W	15	
		08	27.5	130.2	994	18	NE	slowly			08	24.6	146.6	992	20	NW	15	
		14	27.9	130.4	994	15	NE	slowly			14	25.2	146.2	990	25	N	10	
8月		20	29.0	131.0	996	15	NE	18			20	26.2	146.2	990	25	NNW	15	
	01	02	29.5	131.3	996	15	NE	18		14	02	27.2	145.5	980	28	NNW	10	
											08	27.8	145.2	980	30	N	12	
											14	28.1	145.1	980	30	N	10	

颱風名稱	時間		中心位置		中心氣壓 mb	最大風速 m/s	進行 風向	速度 (km/h)	颱風名稱	時間		中心位置		中心氣壓 mb	最大風速 m/s	進行 風向	速度 (km/h)
	日	時	北緯	東經						日	時	北緯	東經				
7819號 9月 克蒂 (KIT)	15	20	28.5	145.0	975	33	NNW	14	10月	27	20	17.9	124.6	990	23	WNW	18
		02	29.3	144.3	970	33	NNW	10			02	13.4	123.5	985	23	WNW	18
		08	29.8	144.1	970	35	N	14			08	13.6	122.3	980	25	WNW	18
		14	30.4	144.1	960	38	NNE	16			14	14.0	121.5	980	25	WNW	18
	16	20	31.2	144.7	960	35	NNE	18		28	20	14.1	120.4	980	25	WNW	18
		02	32.3	145.0	950	45	NNE	20			02	14.5	119.0	980	28	WNW	18
		08	33.4	145.7	950	45	NE	25			08	15.0	117.9	980	28	WNW	18
		14	34.9	147.2	950	45	NE	35			14	15.5	117.1	980	28	NW	15
	17	20	36.5	149.3	950	45	NE	35		29	20	15.8	116.3	975	30	NW	15
		02	37.8	151.0	960	35	NE	40			02	16.3	115.8	970	33	WNW	15
		08	40.0	154.0	980	25	NE	40			08	16.6	114.8	965	33	W	10
		14	42.0	155.5	985	23	NE	30			14	16.7	114.4	965	35	WNW	15
	21	14	13.5	128.5	1000	10	WNW	slowly		30	20	17.2	113.6	965	35	W	10
		20	14.0	128.0	1000	13	WNW	10			02	17.2	112.9	965	35	W	05
		22	02	14.5	127.0	1000	13	WNW	15		08	17.2	112.5	965	35	NNW	05
		08	14.8	125.0	994	13	W	18	14		17.6	112.4	970	35	NNW	05	
	23	14	14.9	123.5	994	15	WNW	22	01	20	18.3	112.2	970	35	NNW	05	
		20	15.5	122.1	996	15	WNW	25		02	18.5	112.0	970	35	NW	10	
		02	16.5	119.0	1000	15	W	18		08	19.0	111.6	970	35	NW	10	
		08	16.5	117.3	996	15	SN	22		14	19.2	111.2	970	35	NW	05	
	24	14	15.5	115.5	999	15	WSW	8	02	20	19.6	110.6	975	33	NW	05	
		20	15.1	115.3	994	18	WNW	5		02	19.9	110.3	975	33	NW	05	
		02	15.4	114.8	992	18	W	15		08	20.2	109.9	975	30	NW	10	
		08	15.4	113.5	992	18	NW	15		14	20.7	109.3	980	78	NW	15	
	25	14	16.5	112.8	992	20	NW	10	03	20	21.5	108.5	990	25	WNW	10	
		20	17.2	112.2	992	20	NW	10		02	21.6	107.5	992	20	W	10	
		02	17.8	111.5	992	23	NW	10		08	21.5	106.7	1000	13	W	15	
		08	18.2	110.5	990	25	WNW	05		14	19.3	152.4	996	15	NE	05	
	26	14	18.4	110.2	990	23	W	10	01	20	19.5	153.0	976	18	WNW	05	
		20	18.2	109.1	990	23	WNW	10		02	19.6	152.8	992	20	N	18	
		02	18.6	108.4	994	20	WNW	10		08	21.7	153.0	990	20	NNW	18	
		08	19.0	107.4	994	20	SW	10		14	22.4	152.3	990	20	NNW	18	
	27	14	18.3	106.6	992	20	SW	10	02	20	23.5	151.9	990	20	NW	20	
		20	17.2	105.8	992	18	SW	05		02	24.3	150.7	980	23	NW	20	
		02	17.0	105.0	996	15	WSW	05		08	25.0	149.6	980	25	NNW	18	
		14	18.4	110.2	990	23	W	10		14	25.7	149.8	985	25	N	15	
7820號 9月 羅拉 (LOLA)	24	20	12.3	133.7	1004	13	W	18	03	20	26.8	150.0	985	25	N	18	
		02	12.4	132.6	1000	15	W	20		02	27.8	150.0	975	28	NNE	20	
		08	12.2	131.0	1000	15	W	18		08	28.8	150.7	965	33	NE	22	
		14	12.2	129.8	1000	15	W	18		14	30.1	151.6	960	35	NE	30	
	26	20	12.2	128.9	1000	15	W	18	04	20	32.0	152.9	960	33	NE	40	
		02	12.3	127.7	1000	15	W	18		02	35.0	155.2	960	33	NE	50	
		08	12.2	126.7	995	18	WNW	18		08	37.0	157.5	965	30	NE	50	
		14	12.4	125.8	992	23	WNW	18									

颱風名稱	時間		中心位置		中心氣壓 mb	最大風速 m/s	進行 風向	速度 (km/h)	颱風名稱	時間		中心位置		中心氣壓 mb	最大風速 m/s	進行 風向	速度 (km/h)
	日	時	北緯	東經						日	時	北緯	東經				
7822號 10月 妮 娜 (NINA)	05	14	38.8	160.4	970	28	ENE	50	7823號 10月 姆 拉 (ORA)	09	08	13.3	137.2	1002			
		20	40.5	163.5	970	23	ENE	50			14	14.3	136.5	1000			
		02	42.0	167.0	980	20	ENE	50			20	15.2	135.8	1000			
		08	43.0	171.0	980	20	ENE	50		10	02	16.3	134.8	998	15	NW	18
	08	08	15.2	129.1	993	15	W	18			08	17.2	133.9	996	18	NW	15
		14	15.2	127.9	990	18	W	15			14	17.7	133.0	994	18	NW	18
		20	15.2	127.0	990	20	W	15			20	18.3	132.1	994	18	WNW	25
		09	02	15.0	126.0	985	23	WSW		18	11	02	18.5	130.3	994	20	WNW
	09	08	14.8	124.8	985	23	WNW	15			08	19.3	129.3	990	25	NW	20
		14	15.0	123.7	985	23	W	13			14	20.0	128.7	990	25	NW	25
		20	15.0	122.8	980	25	W	20			20	21.0	127.5	990	25	WNW	27
		10	02	15.0	121.4	980	25	WSW		18	12	02	21.3	125.8	985	30	WNW
	10	08	14.9	120.2	980	25	W	10			08	21.8	124.5	985	30	WNW	18
		14	15.0	119.8	980	30	W	10			14	22.2	123.6	970	33	W	15
		20	15.0	119.0	980	30	W	13			20	22.2	122.7	965	35	stat	
		11	02	14.9	118.0	975	30	W		15	13	02	22.1	122.7	965	35	N
	11	08	14.8	117.1	975	30	N	05		08	23.1	122.7	965	35	N	15	
		14	15.3	117.2	975	30	stat			14	24.0	122.8	940	40	NNE	15	
		20	15.4	117.2	975	30	stat			20	24.9	123.1	950	40	N	12	
		12	02	15.4	117.1	985	28	W	05	14	02	25.5	123.1	960	40	NE	12
	12	08	15.5	116.5	985	30	W	15		08	26.2	123.7	985	30	NE	12	
		14	15.3	115.4	980	30	E	05		14	26.5	124.4	985	75	ENE	30	
		20	15.3	115.9	980	30	stat			20	27.1	126.0	990	23	ENE	30	
		13	02	15.3	115.9	985	30	stat		15	02	28.0	127.5	994	20	ENE	40
	13	08	15.3	116.0	985	30	stat			08	29.0	130.1	994	20	ENE	50	
		14	15.5	116.0	985	28	stat			14	30.0	134.0	998	15			
		20	15.5	116.0	985	28	stat		7824號 10月 費 莉 絲 (PHYLLIS)	15	20	15.5	161.5	1006	15	W	10
		14	02	15.5	115.7	990	23			16	02	15.5	161.0	1006	15	W	5
	14	08	16.3	115.0	990	23	N	05		08	15.6	160.6	1000	15	WNW	10	
		14	16.8	115.0	990	23	N	08		14	16.0	160.2	994	20	WNW	10	
		20	17.5	115.0	990	23	N	08		20	16.2	159.5	992	20	WNW	10	
		15	02	18.0	114.8	990	23	NW		08	17	02	16.4	159.2	985	23	WNW
	15	08	18.3	113.1	985	25	WNW	20		08	16.8	158.5	980	25	WNW	15	
		14	18.3	112.4	985	25	W	10		14	17.4	157.9	980	28	WNW	12	
		20	19.1	112.0	990	23	NW	15		20	17.9	157.0	980	28	NW	15	
		16	02	19.6	111.9	990	23	NW		05	18	02	18.8	156.3	965	33	NW
	16	08	20.3	112.2	990	18	NE	05		08	19.7	155.6	960	35	NNW	15	
		14	21.5	112.7	990	18	NE	18		14	20.3	155.3	955	43	N	10	
		20	21.7	113.0	994	18	ENE	05		20	21.2	155.3	950	45	N	10	
		17	02	21.7	113.0	996	18	stat		19	02	21.6	155.3	950	45	N	10
	17	08	21.5	113.0	1004	10				08	22.1	155.4	955	45	N	10	
										14	22.7	155.5	955	45	NNE	10	
											20	23.1	155.7	955	45	N	10



颱風名稱	時間		中心位置		中心氣壓 mb	最大風速 m/s	進行風向	速度 (km/h)		颱風名稱	時間		中心位置		中心氣壓 mb	最大風速 m/s	進行風向	速度 (km/h)
	日	時	北緯	東經							日	時	北緯	東經				
7825號 10月 莉 泰 (RITA)	20	02	23.7	155.6	955	45	N	10			25	02	12.6	135.2	895	70	WNW	32
		08	24.0	155.5	955	43	NNW	10				08	13.0	133.0	886	70	W	35
		14	24.5	155.0	955	40	NNW	12				14	12.9	131.0	886	70	WNW	35
		20	25.4	154.2	955	40	NNW	12				20	13.1	129.1	880	73	WNW	35
	21	02	26.3	153.8	955	40	NNW	15			26	02	13.6	126.7	880	73	WNW	35
		08	27.0	153.4	955	40	NNW	25				08	13.9	125.2	892	70	WNW	35
		14	28.3	152.6	955	35	NNE	20				14	14.6	123.5	892	70	WNW	27
		20	29.0	153.5	955	35	ENE	25				20	14.8	122.4	900	68	WNW	25
	22	02	30.0	155.8	960	30	ENE	30			27	02	15.4	121.4	915	60	WNW	25
		08	32.0	159.0	965	25	NE	50				08	16.4	119.8	920	48	WNW	25
		14	35.0	164.0	970	25	NE	55				14	16.8	118.0	920	45	WNW	20
		20	38.4	168.4	970	25	NE	55				20	17.0	117.0	948	38	WNW	18
	23	02	41.5	173.0	980	20	NE	60			28	02	17.1	116.5	998	33	WNW	18
	17	14	9.8	177.3	1004	10	WNW	15				08	17.3	115.4	990	33	SE	10
		20	10.1	176.8	1002	15	WNW	18				14	16.8	115.8	990	25	WSW	10
	18	02	10.2	175.4	1002	15	WNW	18				20	16.5	115.0	990	25	SW	15
		08	10.4	174.8	1002	15	WNW	18			29	02	16.1	114.3	990	23	SW	10
		14	10.7	173.3	1000	18	WNW	18				08	15.7	114.2	992	20	SW	10
		20	10.9	172.3	996	18	W	20				14	15.2	113.2	992	20	WSW	15
	19	02	11.0	171.1	996	18	W	20				20	14.9	112.5	1000	15	SW	18
		08	11.0	170.0	995	20	WNW	20			30	02	13.0	111.0	1002	12	SW	18
		14	11.3	168.8	992	23	W	18		7826號 11月 蒂 絲 (TESS)	01	14	14.5	144.0	998	15	WNW	18
		20	11.2	167.5	992	25	WNW	20				20	15.0	143.0	998	15	WNW	10
	20	02	11.5	166.2	990	25	WNW	25			02	02	15.4	142.7	998	15	ENE	20
		08	11.7	164.3	960	35	W	27				08	15.5	144.2	992	15	NNW	18
		14	11.7	162.8	960	35	W	27				14	16.5	144.0	992	15	N	18
		20	11.8	161.3	960	35	W	25				20	17.5	144.0	992	15	NNE	20
	21	02	11.6	159.4	950	40	W	25			03	02	18.6	145.0	990	15	NE	5
		08	11.4	158.2	935	43	W	23				08	18.8	145.2	980	18	NE	8
		14	11.4	156.8	935	45	W	22				14	19.0	145.8	980	20	NE	15
		20	11.2	155.5	935	53	W	20				20	19.6	146.3	980	23	NE	15
	22	02	11.1	154.5	920	55	W	20			04	02	19.9	146.9	975	25	N	18
		08	11.1	153.3	920	55	WNW	20				08	21.2	146.8	975	28	N	15
		14	11.3	152.2	915	60	WNW	20				14	22.0	146.9	975	28	NNE	18
		20	11.5	151.0	915	63	WNW	18				20	23.0	147.1	975	28	NNE	20
	23	02	11.7	150.2	890	65	W	27			05	02	24.2	147.7	975	30	NNE	25
		08	11.6	148.5	885	68	WNW	25				08	25.2	148.0	975	30	NNE	25
		14	11.9	147.1	880	70	W	25				14	26.7	148.7	975	30	NE	30
		20	12.0	145.7	885	70	W	30				20	27.9	149.2	980	30	ENE	30
	24	02	12.0	143.6	895	70	W	30			06	02	28.8	150.7	980	30	ENE	35
		08	11.8	142.0	895	70	WNW	30				08	30.4	152.5	980	28	ENE	40
		14	12.1	140.1	900	68	WNW	35				14	32.3	154.4	980	25	ENE	40
		20	12.4	137.8	900	68	WNW	35				20	33.5	157.3	980	25	ENE	45

颱風名稱	時間		中心位置		中心氣壓	最大風速	進行風向	速度	颱風名稱	時間		中心位置		中心氣壓	最大風速	進行風向	速度
	日	時	北緯	東經	mb	m/s		(km/h)		日	時	北緯	東經	mb	m/s		(km/h)
7827號 11月 衛歐拉 (VIOLA)	07	02	34.5	161.0	985	23	ENE	45	7828號 11月 溫妮 (WINNIE)	23	02	21.2	128.4	935	53	N→NNE	18
	08	08	36.1	163.8	990	20	NE	50		08	08	21.8	129.0	945	51	NNE	20
	17	14	8.1	149.9	998	15	WNW	22		14	14	22.9	130.0	950	48	NE	27
	20	08	8.5	148.8	998	15	WNW	25		20	20	24.0	131.2	950	45	NE	30
	18	02	9.0	147.1	996	18	WNW	27		24	02	24.7	132.7	965	38	ENE	35
	08	08	9.3	145.7	994	20	WNW	27		08	08	25.0	134.0	985	28	ENE	20
	14	14	9.7	144.0	994	23	NW	27		14	14	25.3	135.2	992	25	ENE→E	20
	20	10	10.8	143.1	994	23	WNW	27		20	20	25.4	136.5	994	20	ENE→E	18
	19	02	11.5	141.5	990	25	WNW	25		25	02	25.5	137.5	998	15	ENE→E	10
	08	11	11.7	140.4	980	25	WNW	27		27	14	11.7	149.5	996	15	NW	12
	14	12	12.0	138.9	985	25	WNW	25		20	12	12.0	149.1	996	15	NW→NNW	15
	20	12	12.5	137.5	985	25	NW	20		28	02	12.6	148.7	996	15	NNW	30
	02	13	13.7	137.0	975	30	NW	20		08	14	14.9	147.7	990	18	NNW	20
	08	14	14.5	136.0	975	30	WNW	10		14	15	15.9	147.5	985	18	NNW	20
	14	14	14.6	135.6	965	35	WNW	15		20	17	17.0	147.0	985	20	NNW	30
	20	15	15.2	134.6	965	35	WNW	10		29	02	19.3	146.0	980	25	N→NNE	25
	21	02	15.5	134.0	935	43	WNW	18		08	21	21.0	146.2	980	28	NNE	25
	08	16	16.1	133.1	935	51	WNW	18		14	22	22.4	146.6	980	28	NNE→NE	35
	14	16	16.4	132.4	912	58	WNW	15		20	24	24.0	148.3	980	25	NE	45
	20	16	16.7	131.6	910	60	WNW	15		30	02	26.5	151.5	980	25	NE→ENE	45
22	02	17	17.3	130.7	910	60	WNW→NW	18		08	28	28.2	155.3	980	25	ENE	45
	08	18	18.3	129.7	910	63	NW	18		14	29	29.5	159.8	985	23	ENE	50
	14	19	19.1	129.3	925	58	NW→NNW	15		20	31	31.3	165.5	990	20	ENE	50
	20	19	19.9	128.8	930	55	NNW	15									

註：蘇珊 (Susan) 因在東經 180°E 發生後向東北進行對太平洋無影響。

保 密 防 諜 ， 人 人 有 責 。

匪 諜 自 首 ， 既 往 不 究 。

Volume 25, Number 3

September 1979

# METEOROLOGICAL BULLETIN

(Quarterly)



## CONTENTS

### Articles

- A Study on the Agroclimatological Division of Paddy Rice in  
Taiwan ..... *Wen-Shuo Kuo, Wen-Ping Tseng and Chea-Ynan Young* (1)
- The Analysis of Frost Day Frequency and Frost Period in  
Taiwan and Its Application to Frost Protection for Crops  
..... *Chea-Yuan Young* (11)

### Report

- A Brief Report on Typhoons in the Northwest Pacific in 1978 ..... (24)

**CENTRAL WEATHER BUREAU**

**64 Park Road, Taipei**

**Taiwan, Republic of China**

行政院新聞局出版事業登記證局版台誌字第九七六號  
中華郵政臺字第一八九三號登記為第一類新聞紙類

# 氣象學報

季刊

第二十五卷 第四期

## 目次

### 論著

- 臺灣地區土壤溫度特性之初步分析……………劉文俊 (1)
- 淡水河流域颱風降水量分析……………郭文鏢 蔣志才 朱曙光 胡亞棟 (9)
- 臺灣地區溫度變化與水稻安全栽培期之關係……………楊之遠 (21)
- 日射計之研製……………李兆民 (29)

### 譯述

- 氣候變遷的數值模式研究……………戚啓勲譯 (35)

# 氣象學報

季刊

第二十五卷 第四期

主編者	中央氣象局氣象學報社
地址	臺北市公園路六十四號 電話：三七一三一八一(十線)
發行人	劉大年
社長	劉大年 電話：三一一〇八四〇
印刷者	文英印書公司
地址	臺北市三水街七號 電話：三〇六四七二四

中華民國六十八年十二月出版

## 臺灣地區土壤溫度特性之初步分析

*A Preliminary Analysis on the Characteristics of Soil Temperature in Taiwan*

劉 文 俊

Wen-Jiunn Liou

## ABSTRACT

For finding the characteristics of soil temperature in Taiwan, the author utilizes the least square method and the theories of heat conductivity to derive the amplitude, phase lag and variation of vertical heat flux of temperature cycle. The differences among stations are also discussed. It is concluded as follows.

1. The secular trend of soil temperature is quite stable within the twenty years.
2. The ogive form of isotherms in Southern Taiwan Seems to be the result of rainy season.
3. No thermal variation in depth has been found at selected mountain station.

## 一、前 言

## (一)土壤溫度之意義

以熱力學的觀點來看，地表日間吸收太陽輻射而增溫，夜間再以長波輻射方式，釋出巨大的熱量給予大氣，故有調解大氣的功用。地面不僅對地區性的微氣候及地形氣候 (topoclimate) 具有影響，對氣團的形成與發展亦大有貢獻，使吾人不得不加以注意與探討。這種地面熱量移轉的表達即為土壤溫度，如何有效地研究土壤溫度，便成為我們今日探討的主題。

土壤溫度的研究雖有其必要性，但其所牽涉的問題太廣，諸如：土壤的顏色、熱傳導、熱含量、有機質含量、熱擴散、土壤本身的結構、地表的覆蓋與否 (包括：裸地、草地、冰雪地、護土草的有無)、地面的耕作與否、太陽傾角 (inclination) 坡度 (slope)、緯度、雲量、雲的厚度、日照時數、海拔高度、地形效應、近地表的空氣溫度、太陽輻射、冷暖平流的入侵、對流作用、汽化潛熱和蒸發作用等等皆是，然由於資料的限制、紀錄的不完全、以及所考慮因子的重要性各有不同，若要對

其作一詳細的相關研究，殊屬不易。有關土壤溫度研究報告的缺乏，與此或不無關係。

## (二)土壤之熱性質

熱的傳播方式有三：對流、輻射和傳導。而土壤本身並非流體，可不考慮對流的傳播方式，至於輻射則僅限於地表附近熱量之散失與獲得，傳導才是地內熱量傳送的主要途徑。

土壤的熱傳導率主要是由其透水性、濕度和有機質的多寡所決定的。在一定的濕度下，熱傳導率隨著透水性的增加而減小。

物體中，熱量的轉移和其熱傳導率有關，但影響熱傳導的因素隨著熱容量而改變，因此，我們可以將熱傳導率和熱容量的商視為溫度變化的指標，如下式所示：

$$\alpha = \lambda / \rho \cdot c \quad (1)$$

其中， $\lambda$  為熱傳導率， $\rho \cdot c$  為熱容量， $\alpha$  即為熱擴散率。此值可直接由土壤求得，或由不同深度下，振幅或相位的落後求得。

土壤的熱擴散率隨著含水量的增加而增大，到一極大值後再漸減，而有機質則會降低熱擴散率，除了土壤的特性外，土壤本身的結構 (tex-

ture) 對溫度也有影響。例如：沙土由於熱容量小，導熱性低，蒸發冷卻較緩，對熱量的反應較靈敏，溫度升高快，降低也快。而黏土因有水份調解，雖然上升較慢，但下降亦慢，其溫度較差 (temperature range) 顯然就比沙土小得多。一般說來，在表層土壤中，沙土的溫度較差最大，沙質腐植土次之，黏土最小。

### (三) 土壤溫度變化之物理依據

在討論溫度變化之前，需先假設土壤熱量之交換全部在地表完成，使問題簡單化。

地表以下，熱量的傳送係以傳導方式進行。因此，要了解土壤溫度，必須先對熱的傳導有所認識。

熱在地內傳送的速度，與已有之溫度梯度及土壤本身之熱傳導率有關。假定在地內只有溫度垂直梯度  $\partial T/\partial Z$ ，則其垂直熱通量 (vertical heat flux)  $G$  與  $\partial T/\partial Z$  有如下之關係：

$$G = -\lambda (\partial T/\partial Z) \quad (2)$$

其中， $\lambda$  為熱傳導率 (heat conductivity)， $T$  為土壤溫度， $Z$  為深度。由於土壤溫度的變化近似正弦曲線，我們可將地表溫度  $T$ 。以下式表之：

$$T = T_m + A_o \sin(\omega t + \theta) \quad (3)$$

其中， $T_m$  為平均土壤溫度， $A_o$  為地表溫度之振幅， $\omega = 2\pi/P$ ， $P$  為溫度波之周期 (period of temperature cycle)， $\theta$  為相位差。

由表一及圖一、二可以看出， $\ln(A_o/A_z)$  與  $Z$  大致上成線性的關係，即

$$\ln(A_o/A_z) = rZ \quad (4)$$

其中， $A_o$ 、 $A_z$  分別表示深度為 0 及  $Z$  之溫度波振幅。上式可改為

$$A_z = A_o \exp(-rZ) \quad (5)$$

由此，我們可以得到一個很明顯的結論：溫度波的振幅隨著深度的增加而指數逐漸減小。

綜合上述，深度  $Z$  的溫度  $T$  為：

$$T = T_m + A_o \exp(-rZ) \sin(\omega t - rZ + \theta) \quad (6)$$

其中， $r = \sqrt{\pi \rho c / P \lambda}$  而  $\lambda / \rho c$  即為熱擴散率  $\alpha$ ，故  $r = \sqrt{\pi / P \alpha}$ 。 $r$  的倒數一般稱為「阻滯深度」(damp depth)。

將公式 (6) 對  $Z$  微分

$$\partial T / \partial Z = -\sqrt{2} r A_o \exp(-rZ) \sin(\omega t - rZ + \theta + \frac{\pi}{4}) \quad (7)$$

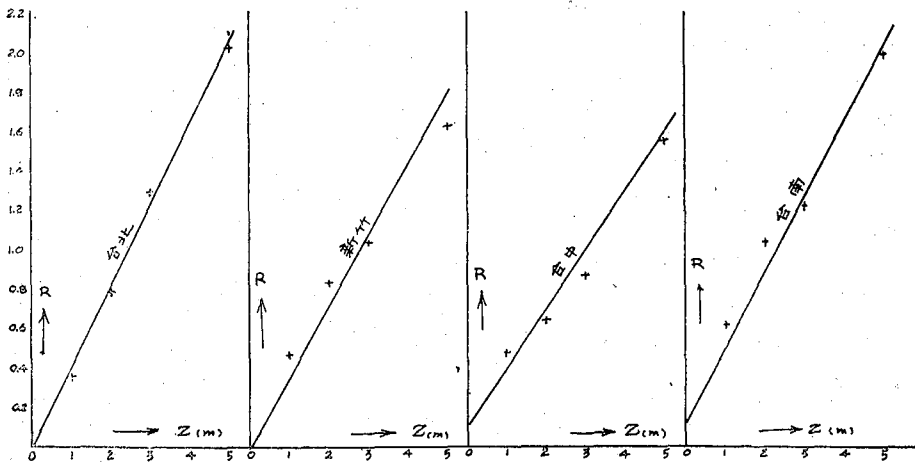
又因  $G = -\lambda (\partial T / \partial Z)$ ，故

$$G = \sqrt{2} \lambda r A_o \exp(-rZ) \sin(\omega t - rZ + \theta + \frac{\pi}{4}) \quad (8)$$

就氣象觀點，地表熱通量的大小才是我們所關心的。地表的熱通量  $G_o$  為：

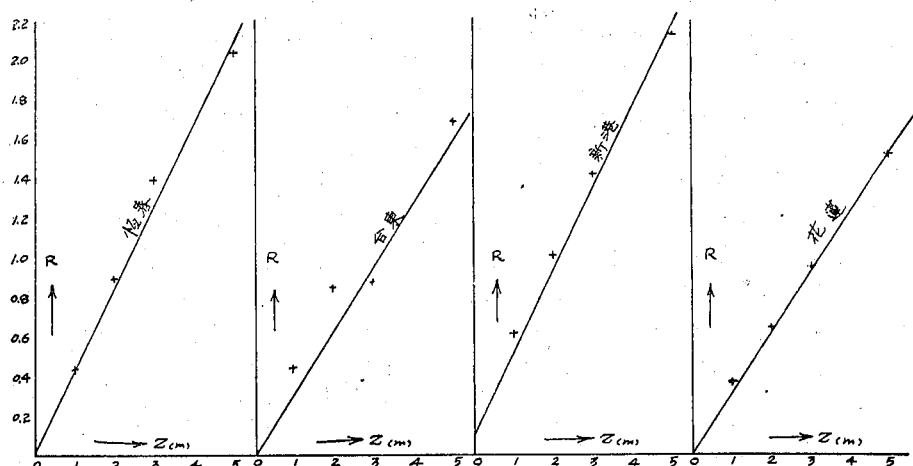
$$G_o = \sqrt{2} \lambda r A_o \sin(\omega t + \theta + \frac{\pi}{4}) \quad (9)$$

由此公式可看出，熱通量比溫度循環 (temperature cycle) 提早  $\pi/4$ 。也就是說比日循環 (diurnal cycle) 提早三個小時，比年循環 (annual cycle) 提早一個半月左右。



圖一 臺北新竹臺中臺南四測站之  $R = \ln(A_o/A_z)$  與深度之關係圖

Fig 1. The diagram of  $R$  with respect to  $Z$  at Taipei, Hsinchu, Taichung, Tainan, respectively.



圖二 恆春臺東新港花蓮四測站之  $R = \ln(A_o/A_z)$  與深度之關係圖

Fig 2. The diagram of  $R$  with respect to  $Z$  at Hengchun, Taitung, Hsinking, Hualien, respectively.

因  $r = \sqrt{\pi/P\alpha} = \sqrt{\pi\rho c/P\lambda}$ , 故

$$G_o = \sqrt{2\pi\rho c\lambda/P} \sin(\omega t + \theta + \frac{\pi}{4})$$

即:  $G_o \propto \sqrt{\rho c\lambda}$  (10)

$\sqrt{\rho c\lambda}$  一般稱為「熱的容許量」(thermal admittance), 以  $\delta$  表之。Priestley (1959) 則將之稱為「傳導容量」(conductive capacity)。

表一 各測站之  $R = \ln(A_o/A_z)$  與深度  $Z$  (單位: m) 之關係

Table 1. The relation between  $R$  and  $Z$

臺北	$R = 0.4124 \times Z - 0.0146$
新竹	$R = 0.8632 \times Z - 0.0118$
臺中	$R = 0.8187 \times Z + 0.1027$
臺南	$R = 0.8764 \times Z + 0.1404$
恆春	$R = 0.4131 \times Z + 0.0368$
臺東	$R = 0.8193 \times Z + 0.0670$
新港	$R = 0.4150 \times Z + 0.1109$
花蓮	$R = 0.2978 \times Z + 0.0321$

## 二、資料之收集與處理

### (一) 資料之收集與研判

本文是根據中央氣象局 1951~1970 共二十年的地溫紀錄加以分析研判。

在這些測站中, 以臺北、新竹、臺中、臺南、恆春、臺東、新港、花蓮等八個測站的紀錄最為完

全, 堪為分析之依據。然上述八個測站皆位於平地, 故再加入阿里山測站紀錄, 作為分析高山測站之用。

至於年代的選取, 由於近二十年來土壤溫度並無上升或下降趨勢, 故分析時大多採取 1961~1970 十年平均溫度紀錄。

### (二) 處理方法

由於各測站每天觀測次數不够多, 無法找出日變化。故暫不討論此一問題。

本文首先用八個主要測站的 1961~1970 十年之平均溫度紀錄, 找出各測站的較差 (range) 再以  $\ln(A_o/A_z)$  為縱坐標,  $Z$  為橫坐標, 繪成變化圖。由圖中各點可看出其具有線性關係, 故用最小二乘方的方法求其線性相關, 以線性方程表之。

其次考慮其長期趨勢 (Secular trend), 仍用最小二乘法予以處理, 結果顯示這二十年來的土壤溫度一直很穩定。

由於臺灣地形特殊, 面積雖小, 但地形差異頗大。故將之分為東、西、南、北及高山等五個區域, 分別論述, 再加以比較, 增進吾人對臺灣地區土壤溫度特性之認識。

本文利用衆數的比例法, 找出各地區不同深度之溫度波的波峯和波谷所在的平均位置 (時間)。再利用年溫度循環的振幅及相位 (phase) 的變化求出  $r$  值, 代入公式 (8)、(9), 求熱通量。若就氣象觀點而論, 地表垂直熱通量才是我們所關心的。可見求取各測站地表垂直熱通量 (公式 (9)) 為本文的主要目的。

分區敘述以後，再以各不同地區，同一深度內，波峯或波谷所在位置的差異，詳加比較，探討其原因，供作有關人士之參考。

表二 1951-1970 土壤之年平均溫度變化趨勢

Table 2. The secular trend of annual mean soil temperature since 1951 to 1970.

測站	深度 (m)	1951-1970 土壤溫度變化之趨勢
臺北	0	$T_0 = 23.46 - 0.03 \times [2(t-1961)+1]$
	1	$T_1 = 23.92 - 0.02 \times [2(t-1961)+1]$
	2	$T_2 = 23.86 - 0.01 \times [2(t-1961)+1]$
	3	$T_3 = 23.59 - 0.01 \times [2(t-1961)+1]$
	5	$T_5 = 23.77 - 0.01 \times [2(t-1961)+1]$
臺中	0	$T_0 = 25.48 + 0.02 \times [2(t-1961)+1]$
	1	$T_1 = 25.41 + 0.02 \times [2(t-1961)+1]$
	2	$T_2 = 24.98 + 0.00 \times [2(t-1961)+1]$
	3	$T_3 = 24.79 + 0.01 \times [2(t-1961)+1]$
	5	$T_5 = 24.69 - 0.02 \times [2(t-1961)+1]$
臺南	0	$T_0 = 26.86 - 0.04 \times [2(t-1961)+1]$
	1	$T_1 = 27.12 + 0.02 \times [2(t-1961)+1]$
	2	$T_2 = 27.22 + 0.01 \times [2(t-1961)+1]$
	3	$T_3 = 27.10 + 0.00 \times [2(t-1961)+1]$
	5	$T_5 = 27.00 + 0.01 \times [2(t-1961)+1]$
新港	0	$T_0 = 25.03 + 0.04 \times [2(t-1961)+1]$
	1	$T_1 = 24.97 + 0.00 \times [2(t-1961)+1]$
	2	$T_2 = 25.00 + 0.01 \times [2(t-1961)+1]$
	3	$T_3 = 25.15 + 0.00 \times [2(t-1961)+1]$
	5	$T_5 = 24.83 + 0.00 \times [2(t-1961)+1]$
花蓮	0	$T_0 = 25.69 - 0.00 \times [2(t-1961)+1]$
	1	$T_1 = 25.38 - 0.00 \times [2(t-1961)+1]$
	2	$T_2 = 25.27 - 0.02 \times [2(t-1961)+1]$
	3	$T_3 = 25.68 - 0.02 \times [2(t-1961)+1]$
	5	$T_5 = 25.46 - 0.02 \times [2(t-1961)+1]$

### 三、臺灣地區土壤溫度之特性

#### (一)溫度波之振幅與深度之關係

由表一及圖一、二可看出，除臺中、臺南、新

港有少許偏差外，大致與理論吻合。以地區而言，臺灣南北兩端的測站所得結果與理論完全符合，中部則稍差。

就振幅的大小觀之，臺灣南端的恆春及臺東所得之數值較小。

#### (二)土壤溫度變化之趨勢

本節仍採用最小二乘方處理。所得結果如表二所示。在此表中，各測站的年平均溫度由北往南漸增，但亦相差不多。在這二十年中，溫度變化的最大差值小於  $0.8^\circ\text{C}$ ，若考慮儀器誤差與觀測誤差，我們可以概略地說：這二十年的年平均土壤溫度無任何變化。

表三 落後值與深度之關係

Table 3. The relation between phase lag and depth

測站	波峯之落後值	波谷之落後值
臺北	$L = 0.83 \times Z - 0.24$	$L = 0.78 \times Z + 0.02$
新竹	$L = 0.55 \times Z + 0.16$	$L = 0.57 \times Z + 0.19$
臺中	$L = 0.53 \times Z + 0.17$	$L = 0.54 \times Z + 0.12$
臺南	$L = 0.46 \times Z + 0.16$	$L = 0.68 \times Z - 0.15$
臺東	$L = 0.45 \times Z - 0.12$	$L = 0.50 \times Z + 0.11$
恆春		$L = 0.63 \times Z + 0.02$
花蓮	$L = 0.51 \times Z - 0.12$	$L = 0.54 \times Z + 0.08$
新港	$L = 0.65 \times Z - 0.06$	$L = 0.78 \times Z + 0.22$

L：落後值，以月為單位

Z：深度值，以公尺為單位（區間為 0~5 公尺）

表四 臺灣地區之地表垂直熱通量

Table 4. Surface vertical heat flux in Taiwan

測站	地表垂直熱通量
臺北	$G_0 = 4.16 \times 10^{-2} \lambda \sin (0.524t - 0.943)$
新竹	$G_0 = 3.27 \times 10^{-2} \lambda \sin (0.524t - 0.785)$
臺中	$G_0 = 3.27 \times 10^{-2} \lambda \sin (0.524t - 0.681)$
臺南	$G_0 = 3.86 \times 10^{-2} \lambda \sin (0.524t - 0.681)$
恆春	$G_0 = 2.68 \times 10^{-2} \lambda \sin (0.524t - 0.205)$
臺東	$G_0 = 5.74 \times 10^{-2} \lambda \sin (0.524t - 0.681)$
新港	$G_0 = 7.29 \times 10^{-2} \lambda \sin (0.524t - 0.891)$
花蓮	$G_0 = 5.31 \times 10^{-2} \lambda \sin (0.524t - 0.891)$

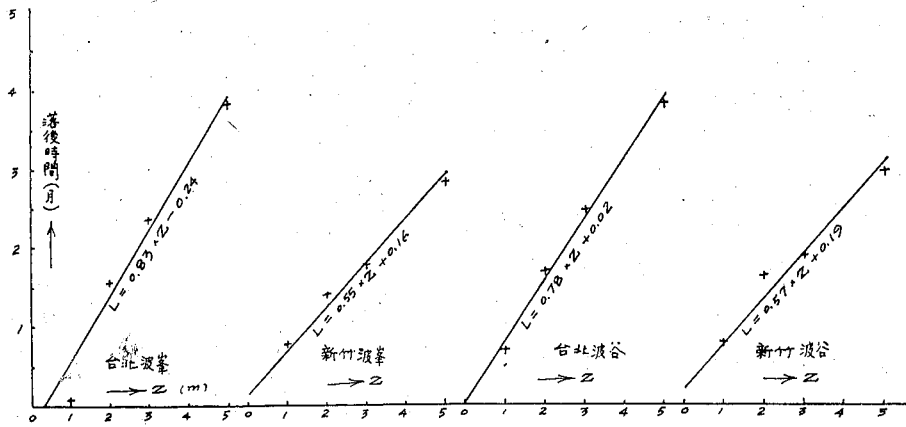
$G_0$ ：地表垂直熱通量，單位為卡/平方公分、秒



### 三 臺灣北部地區土壤溫度之特性

本文選取臺北及新竹作為臺灣北部地區之代表。利用比例法衆數公式，求溫度波的波峯和波谷

所在位置之時間。由各深度之落後值製成之圖三顯示，各值亦成線性分布。故亦可用二乘方處理之，所得之結果如表三所示。



圖三 臺灣北部地區相位落後圖 (新竹 臺北)

Fig 3. phase lag (unit: month) with respect to depth in north area of Taiwan.

由此表可大略看出，臺北測站溫度波隨深度落後的速率比新竹快。以波峯為例。臺北的時間落後在 7.5 公尺深處可達六個月，新竹則需在 10.6 公尺才可達六個月。就波谷而言，臺北的時間落後在 7.7 公尺處達六個月，新竹則在 10.2 公尺處才達六個月。

其次，我們討論地表垂直熱通量的問題，公式 (9) 之  $r$  值可由表一求得， $\theta$  則為由  $t=0$  至  $T=T_m$  時之  $t$  值之差值 (以弧度表之)。其中， $t=0$  表一月， $t=1$  表二月，餘類推。

就臺北測站而論，當  $t=3.3$  時  $T=T_m$ ，則  $\theta = -1.73$ ，由表一得  $r = 0.4124 \text{ m}^{-1} = 0.4124 \times 10^{-2} \text{ cm}^{-1}$ ， $A_0 = 7.0 \text{ cm}$ ，則臺北的地表垂直熱通量：

$$G_0 = \sqrt{2} \lambda r A_0 \sin(\omega t + \theta + \frac{\pi}{4})$$

$$= 4.09 \times 10^{-2} \lambda \sin(0.524t - 0.943)$$

設臺北測站之熱傳導率  $\lambda = 0.0014 \text{ 卡/公分、秒、度}$ ，則一月份 ( $t=0$ ) 之地表垂直熱通量

$$G_0 (\text{一月份}) = 4.09 \times 10^{-2} \times 0.0014 \sin(-0.943)$$

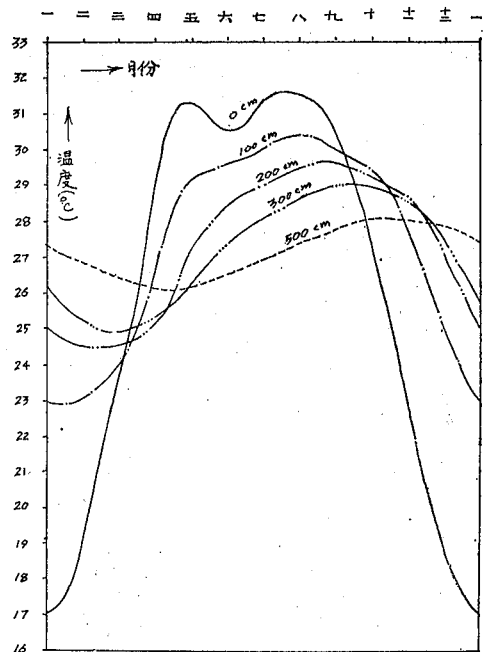
$$= -4.63 \times 10^{-5} \text{ 卡/平方公分、秒}$$

同理，其他地區之地表垂直熱通量如表四所示。由此表可知，臺北及新竹地表之熱通量由三月至八月均為正值，極大值均在六月左右，其餘各月為負值，極小值在十二月左右。

### 四 臺灣中部地區土壤溫度之特性

以臺中為代表，其波峯的時間落後在 11 公尺處達六個月，波谷則在 10.9 公尺處，兩者相差無幾。

由表四知，此區之地表垂直熱通量由負值轉為正值，若不計  $\lambda$  之差異，似乎比北區來得早，但比



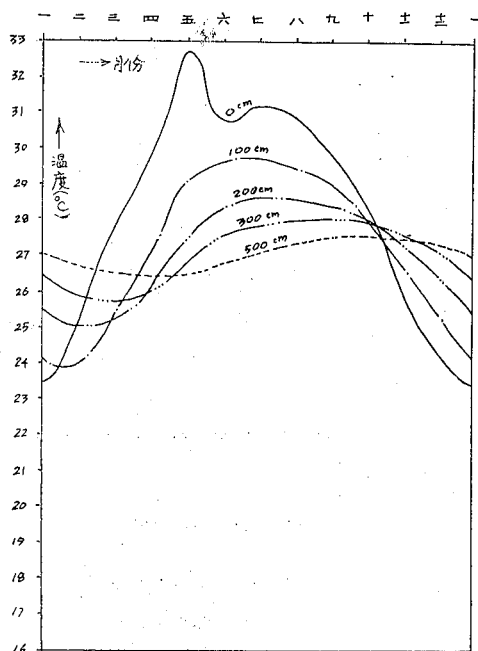
圖四 臺南 1961-1970 不同深度之十年平均溫度圖

Fig 4. Ten-year mean soil temperature in depth at Tainan since 1961 to 1970.

南區遲，顯然是地理位置之不同所造成的。

#### (四) 臺灣南部地區土壤溫度之特性

本區以臺南和恆春為代表。由圖四及圖五來看，本區之土壤溫度極不規則，在六月中旬皆有袋形 (pocket) 下降的型式。然此區全年平均溫度以此時達最大值，土壤溫度似應隨之增大才是。若就降水量而言，此時正值降水量較多之時期，故此種袋形下降，或與此有關。因土壤溫度主要受傳導率  $\lambda$  所左右，而  $\lambda$  又和土壤本身的含水量有關；再者，土壤的熱擴散  $\alpha$  和密度  $\rho$  及比熱  $c$  有關，而  $\rho$  及  $c$  也和土壤之水份含量有關，例如水的熱容量約為土壤的五倍即是。



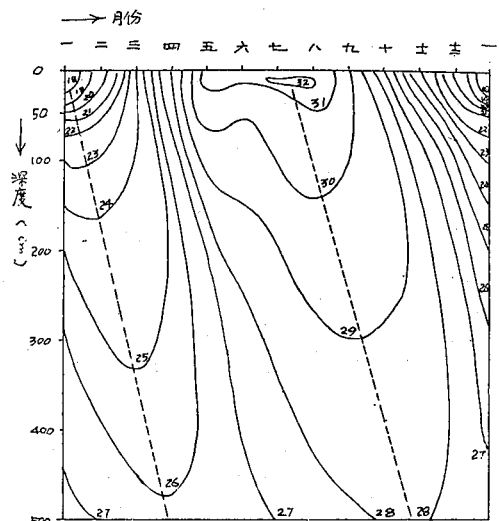
圖五 恆春 1961-1970 不同深度之十年平均溫度圖

Fig 5. Ten-year mean soil temperature in depth at Hengchun since 1961 to 1970.

本區近地表的溫度波呈雙峯形，如圖六及圖七所示，在相位落後與振幅的計算上頗多困難。恆春地區尤然。

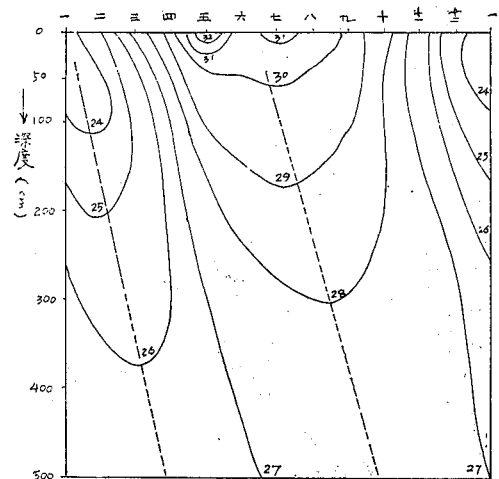
本區二測站雖然同屬南部，但年較差 (range) 却有很大的差異。以地表而言，恆春的年較差為  $9.2^{\circ}\text{C}$ ，臺南却為  $14.5^{\circ}\text{C}$ ，此或與降水量有關，恆春 1961~1970 十年平均降水量在六、七、八、九月分別為 310.3 mm, 384.0 mm, 398.8 mm, 358.3 mm。而同一時期臺南之降水量分別為 308.6 mm, 272.2 mm, 295.2 mm, 156.0 mm，差異

頗大。



圖六 臺南 1961-1970 十年平均等溫線圖 (單位:  $^{\circ}\text{C}$ )

Fig 6. The isotherms of ten-year soil temperature in Tainan since 1961 to 1970.



圖七 恆春 1961-1970 十年平均等溫線分布圖 (單位:  $^{\circ}\text{C}$ )

Fig 7. The isotherms of ten-year mean soil temperature in Hengchun since 1961 to 1970.

#### (五) 臺灣東部地區土壤溫度之特性

本區以花蓮、新港、臺東為代表。就年較差而論，花蓮測站各深度之年較差幾乎皆為全省之冠，如表五所示，顯然是受土質成分的影響所致。但同屬東部之臺東可能是因較近臺灣南部，其地表溫度波的波形與南部的臺南和恆春有點相似，主要的差異在於臺東的袋形並不明顯，但却有兩個，分別在

表五 各測站年較差之比較

Table 5. annual soil temperature range of stations

深 度 (m)	臺 北	新 竹	臺 中	臺 南	恆 春	臺 東	新 港	花 蓮
0	14.3	16.2	14.5	14.5	9.2	11.4	13.4	15.8
1	10.0	10.2	9.0	7.8	6.0	7.3	7.3	11.0
2	6.5	7.1	6.3	5.2	3.8	4.9	5.0	8.4
3	3.9	5.8	5.0	4.3	2.3	4.8	3.3	6.2
5	1.9	3.2	2.8	2.0	1.2	2.1	1.6	3.5

表六 臺東 1951-1960 十年平均降水量

Table 6. Ten-year mean precipitation in Taitung since 1951 to 1960.

月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
降水量 (mm)	50.7	33.4	42.6	121.5	142.2	272.0	173.3	384.7	340.1	91.4	138.8	64.9

六月及九月，如圖八所示。若就降水量觀之，同時期的降水量亦以六月及九月為兩個不同之高峯。可見，圖八中，地表溫度波之成肩形 (Ogive) 與降水量有關。而新港測站則無此種情形，其與花蓮測站較為相似。

#### (b) 高山地區土壤溫度之特性

本區以阿里山和日月潭為代表，阿里山的等溫線與平地測站，甚至日月潭完全不同。由二月到十二月這段時間裡，地表溫度並不隨著深度而升降，此或與地形及氣候有關。而日月潭的高度比平地雖然高出很多，但仍不及阿里山測站的一半，故其等溫線形式仍與平地測站有些類似，惟等溫線的間隔較大。

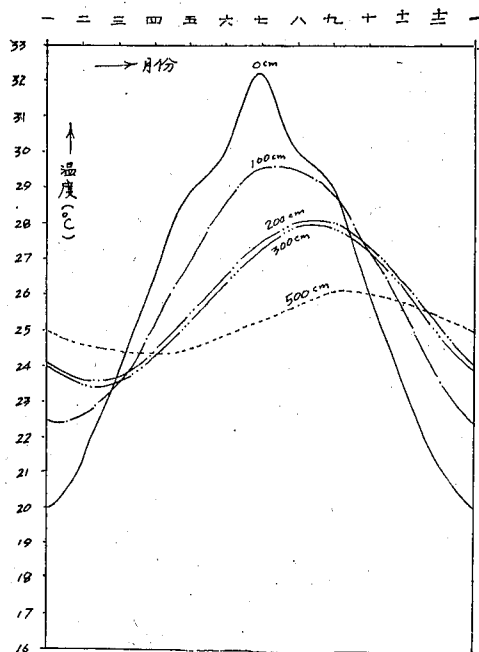
### 四、綜 合 討 論

本節主要討論溫度波之振幅，相位落後和垂直熱通量的問題。次以地形、地理位置、降水量作為比較之依據，對各測站之差異作一綜合性的討論。

臺灣地處副熱帶，土壤溫度的變化不及高緯度大。舉例來說，我國東北的嫩江、哈爾濱、瀋陽七月與一月份之地面溫度差分別為 $48.8^{\circ}\text{C}$ ， $43.3^{\circ}\text{C}$ ， $37.5^{\circ}\text{C}$ 。而臺灣地面溫差的最大值也不過 $16^{\circ}\text{C}$ 左右 (新竹)。

就平均土壤溫度而論，南部的溫度比北部高，此與氣溫相仿。然以其振幅大小觀之，位於臺灣南部之恆春與臺東却比其他各區小很多。此與夏季南部雨季的來臨有關，因土壤水份的增多，熱容量隨之加大，溫度反而增加得很慢，是以有此現象產生。

在相位落後的計算方面，波峯和波谷落後的情形差不多，但波谷的落後較有代表性。例如恆春測



圖八 臺東 1951-1960 不同深度之十年平均溫度圖

Fig 8. Ten-year mean temperature in depth at Taitung since 1951 to 1960

站相位落後的計算，波峯較不規則，波谷則與理論完全吻合。

垂直熱通量的計算，由於各測站的熱傳導值欠缺，無法作定量的計算，然就全年地表垂直熱通量的值趨近於零而言，地面和大氣熱量交換的達成平衡是不容置疑的。在  $\theta$  值的估計方面，以中南部所得之絕對值較小，由此顯示地表垂直熱通量的交換，中南部是比其它地區早。吾人亦可由地表垂直熱通量的計算過程中看出一梗概來。中南部地區在二月中旬 ( $t=1$ ) 以後  $G_0$  之值即達正值。恆春地區甚至在一月底 ( $t=0.5$ ) 已達正值。例如恆春在七月底已有由正轉為負的跡象，而臺北却要到九月，此或與季節轉換有關。

就地形而論，高山雖亦有隨季節變化而有溫度波動的形式，但振幅却比平地小得多。以阿里山來說，地表的振幅只有  $4.2^{\circ}\text{C}$ 。而且高山地區的等溫線圖與平地大不相同。以阿里山為例，各深度之溫度值近乎相等。不若平地之有季節性變化。

就地理位置而論，似應將之分為東、西、南、北及高山區，然就分析後的情形來看，東部的花蓮和北區較相似（按 Köppen 之分類則同為 Cfa），南部的恆春與東部的臺東較為相似（按 Köppen 之分類則同為 A 型氣候）。

若就降水情形來看，臺南比臺東更近似恆春。因此，或可考慮將臺東亦併入南區討論。

綜合上述，本文以現有之資料作學理上之印證，所得結果大致與之相符。也使吾人對臺灣地區土壤溫度之特性有一初步之認識。

## 五、誌 謝

承吾師戚技正啓勸之提供寶貴資料及逐文指正，使本文得以順利完成，謹此致由衷謝忱。

## 六、參考資料

1. 張鏡湖 (JEN-HU CHANG), 1958 中國氣候與地溫論文集 pp. 1~pp. 22.
2. 戚啓勸, 1977 新氣候學; pp. 32, 214, 217, 250 開門書店。
3. J. W. SMITH, 1920, Soil Temperature, Agricultural Meteorology, pp. 78-80, New York, THE MACMILLAN COMPANY.
4. 鄭子政, 1974 土壤溫度; 農業氣象學, pp. 56-59, 正中書局
5. E. W. HILGARD. Relations of Soils and plant growth to heat; Soils, pp. 301-310. NEW YORK THE MACMILLAN COMPANY.
6. HEAT CONDUCTION INTO THE GROUND, WORLD SURVEY OF CLIMATOLOGY VOL. 2 General Climatology pp. 49-53.
7. 蔣丙然, 熱之真傳導和地溫之正常變化; 近地氣候 pp. 22-30, 教育部出版。
8. BERNHARD LETTAU Determination of the thermal diffusivity in the upper layer of a natural ground cover, 1971; Soil Science, vol. 112, No. 3.
9. E. B. PENROD and O. W. STEWART, 1967, Analysis of geophysical data at three locations, Soil Science, vol. 104, No. 2.
10. 中國之氣候, pp. 216, 253, 284, 交通部交通研究所、中央氣象局合印。1974.
11. H. A. PANOFISKY, 1965, Time Series, Some Applications of statistics to Meteorology, pp. 126-161.
12. 陳超塵, 時間數列之分析, 統計學上冊。pp. 189-242.

淡水河流域颱風降水量之分析<sup>(1)</sup>*Analysis of Typhoon Precipitation in the  
Tam-sui River Water Shed*

郭文鑠<sup>(2)</sup> 蔣志才<sup>(3)</sup> 朱曙光<sup>(4)</sup> 胡亞棟<sup>(5)</sup>  
 W. S. Kuo C. T. Chiang S. G. Chu Y. T. Hu

## ABSTRACT

Based on the factors of the typhoon track and the topography, this paper analyzes the typhoon precipitation in the Tam-sui River Watershed over sixty seven typhoon cases in the period of twelve years (1966-1977) the conclusions are as follows:

(1) According to the tracks of typhoon invading Taiwan, they can be divided into eight types. What threat flood in the Tam-sui River Watershed are from the 1st type to the 4th type, the ones passing through Taiwan island from the eastern coast and moving westward or north-westward.

(2) From analysis of the areal precipitation amount, precipitation multiplied by the areal weighting, it indicates that the 2nd type typhoon (center passing through the island between Taipei and Hualin) brings about the most abundant areal precipitation and longer persistence of its peak level in the Tam-sui River, especially in the Hsin-tien Chi, one of three branches, having much more effect on the run-off of the Tam-sui River

(3) By the figures of the typhoon location which bring forth the peak and different intensity of precipitation in the Tam-sui River Watershed, the possible time of the peak precipitation and the quantitative intensity of precipitation for the Tam-sui River Watershed could be estimated when a typhoon is approaching the east of Taiwan.

## 一、前言

臺灣主要河川均源自中央山脈，坡度陡急，在短距離內，自源地傾流入海，故河流短促而流速急。夏季，因風暴性降雨之集中，水位增高，易於泛濫。

淡水河全長僅 159 公里，每當颱風帶來大量降雨時，上游山區之降水量，在三至五小時內，即可流到臺北低窪地區，易於造成水患。目前淡水河防

洪預報中心所發佈的洪水預報，有效時間甚短，如能益以淡水河流域颱風降水量預報，當有助於洪水預報時效的延長。

本文根據 1966-1977 連續十二年的颱風資料及淡水河流域各測站的有颱風逐時降雨紀錄，配合淡水河防洪中心之電子計算機作業，引用該中心使用之梯送法 (Thiessen method)<sup>(1)(2)</sup>，統計淡水河流域各支流區域之面積雨量及其逐時分配，根據颱風路徑及地形因素，分析影響淡水河流域的颱

(1) 本文係「淡水河流域颱風降水量預報之研究」之一部分，此項研究計畫接受國家科學委員會之補助。

(2) 研究計畫主持人。

(3) (4) (5) 助理研究人員。

風降雨量，俾為研究該流域颱風降雨量預報之先河。

## 二、淡水河流域地形概述

淡水河流域在形式上約呈三角形，總面積為 2726 平方公里，流域內有三大支流。新店溪與大漢溪於江子翠合會而成為淡水河，基隆河則於關渡匯入淡水河，流域之東及南方為五指山脈及五分山脈，山峰標高均在 700 公尺以上，北方為一標高 600 至 1100 公尺之錐形火山羣，西部則為林口台地，標高在 100 至 200 公尺之間。

新店溪主要支流有二：北勢溪發源於竿泰附近標高 620 公尺，南勢溪源於標高 2130 公尺之棲蘭山北麓，兩支流匯流於龜山，流向西北。大漢溪源於品田山，標高 3529 公尺，其流向除在石門水庫附近呈肘狀曲流外，河道大致流向東北。基隆河發源於伏獅山附近，經暖暖後西南行至關渡匯入淡水河。在低窪之臺北市區，地面高度一般自南向北傾斜，沿新店溪附近，標高約 10 公尺左右，臺北商業地區標高約 6 公尺，北部基隆河沿岸標高僅約 5 公尺。

## 三、淡水河流域之面積權度

為配合淡水河洪水預報中心之電子計算機作業，引用該中心使用之梯送法，計算面積雨量之步驟如下：

1. 將淡水河流域內外之各相鄰測站間，以直線連結成若干不相重疊之三角形，取三角形各邊之中垂線，連結中垂線分成若干個多邊形，但在每個多邊形內必須包含有一個雨量站。

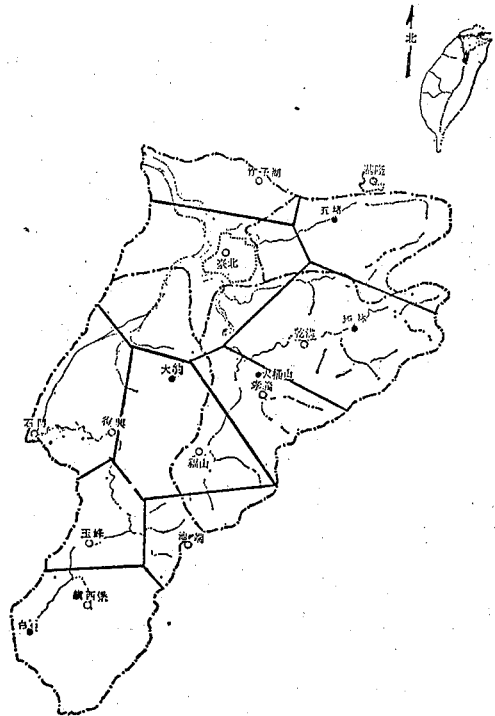
2. 求取每個多邊形內之面積佔總流域面積之權度，以百分比表示之。

3. 以各測站之雨量記錄乘其面積權度，累積後即得該流域之平均面積雨量。

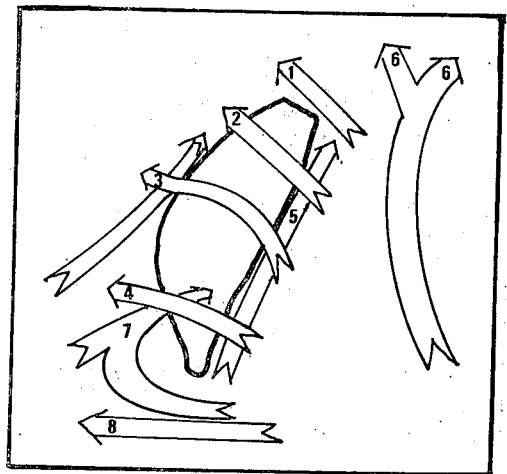
在淡水河流域內，洪水預報中心共設立 11 個自動雨量測報站<sup>(8)</sup>，其分佈位置與應用梯送法所繪出之多邊形如附圖一。

在洪水預報中心所選定的 11 個測站中，其中有部分自動雨量測報站沒有歷年逐時雨量資料，與要求不符。為彌補該項資料不合之缺憾，乃以具有足夠年限之逐時雨量資料的鄰近測站代替。

復因十一個測站之有部分資料殘缺的池端與復興二站附近找不出適當之測站替代，於是分別按十一個及十個測站的面積，計算其面積權度如附表一。所用之資料來源係抄自石門水庫管理局，臺灣電力公司電源勘測隊及中央氣象局。



圖一 應用梯送法分區的多邊形圖  
Fig 1. Graph of the division and Thiessen polygon



圖二 颱風路徑分類  
Fig 2 Classification of typhoon tracks

表一 淡水河各流域之面積權度

Table 1. The areal weighting for the three branches of the Tam-sui River Watershed.

雨量站	流域及權度	採用全部測站			無池端站			無復興站		
		新店溪	大漢溪	基隆河	新店溪	大漢溪	基隆河	新店溪	大漢溪	基隆河
池端		0.055	0.100					0.055	0.109	
石門			0.056			0.056			0.209	
復興			0.290			0.290				
臺北		0.093	0.091	0.158	0.093	0.091	0.158	0.093	0.125	0.158
福山		0.180	0.079		0.235	0.079		0.180	0.169	
孝義		0.193			0.193			0.193		
乾溝		0.460		0.049	0.460		0.049	0.460		0.049
基隆		0.019		0.733	0.019		0.733	0.019		0.733
玉峰			0.095			0.199			0.108	
鎮西堡			0.280			0.285			0.280	
竹子湖				0.061			0.061			0.061

## 四、颱風路徑分類

就選用 1966-1977 年的颱風資料分析，侵襲臺灣地區而對淡水河流域之雨量有影響的颱風共計有 67 個，依照降雨的性質，將颱風路徑分為八類<sup>(5)</sup>如圖二所示。統計颱風路徑發生次數，如表二。

一般言之，冬季大陸高氣壓鼎盛，難得有颱風，偶有颱風發生，所在緯度甚低，大約在北緯十度附近。四月份<sup>(8)</sup>，颱風開始活躍，大都自加羅林羣島一帶，西進至菲島中部後，轉向東北，一部分則進入南中國海，登陸中南半島。五、六月份，逼近臺灣及琉球附近海面，大部份在東經 135 度，為第六類路徑。七至九月，颱風最為活躍，七月份路徑大部份仍為第六類。八月九月份，路徑頻繁而紊亂，分佈範圍亦廣，通過臺灣北部近海之第一類颱風，多達八次，登陸本省者七次，此類颱風對淡水河流域之降水影響較大。十月份起，大陸高氣壓漸盛，颱風經過臺灣之機會銳減。大致可分兩類，一為自菲律賓東方海面向西北西，穿過南中國海，循第七及第八類路徑進行，另一為在太平洋上東經 125-140 度之間轉向東北，循第六類路徑進行。

淡水河流域六至十月份總雨量分析，如圖三，除陽明山、竹子湖附近，雨量呈現集中現象之外，大致由西北向東南遞減，其三條支流，以新店溪之

表二 分類颱風路徑次數統計表

Table 2 Frequency of typhoons classified by their tracks

路徑	月份	5	6	7	8	9	10	11	合計
1					6	2			8
2				1	1	2			4
3				1	2	1		1	5
4						1	1		2
5				1		1			2
6			1	6	2	1		3	13
7	1	1	4	2	1	1			10
8			3	4	3	5	8		23
合計		1	5	17	16	14	10	4	67

雨量較多，平均在 1805~2500mm 之間，其他兩支流之雨量均在 2000mm 以下，這是因為颱風經過臺灣北部地區或近海，產生北或西北風，使本流域之西北缺口納入豐富之水汽，再經過地形之抬舉作用，於東南及東方之高山地區凝結降落，致新店溪流域之雨量增加。其他兩支流的雨量較小。

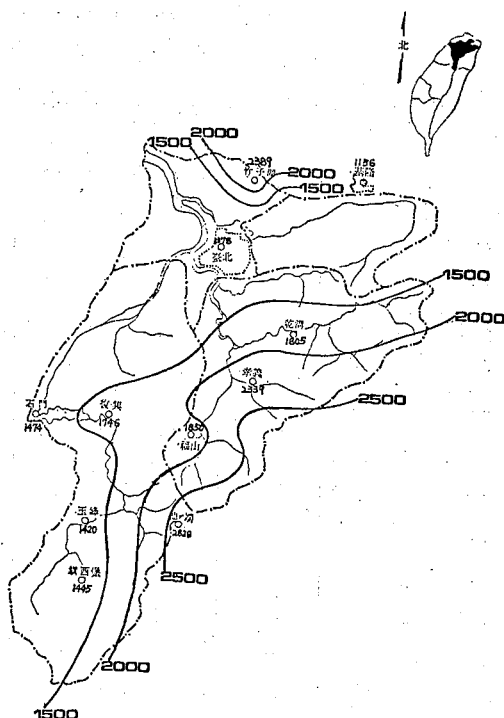
淡水河流域三條支流平均面積雨量，如圖四，六月份雨量比較高，而七月份銳減，面積雨量突然下降，尤其基隆河比六月份少 125 mm 之多，此乃由於六月份的雨量多屬梅雨<sup>(3)</sup>，從六月份雨日多可資證明，所以六月份淡水河流域之面積雨量呈次高峯現象，其中部份之降雨係梅雨造成，而颱風降水僅佔其中之一部份而已。

將淡水河流域颱風期間之月平均雨量<sup>(6)</sup>，按月份繪製圖如圖五至圖九。六月份之雨量分佈(圖五)較平均，大致均在 300~400mm 左右，主要是由於雨日較多的梅雨因素。七月份已步入颱風頻繁階段，雨量由西北向東南逐漸增加，惟東北方地區逐漸減少，新店溪雨量逐漸增多<sup>(4)</sup>，其次為大漢溪及基隆河。八月份之雨量分佈形態與七月份大致相同，惟九月份雨量普遍增多，尤其大屯山及新店溪上游增加接近一倍之多。十月份新店溪流域與大屯山附近雨量繼續增多，池端增至 871mm，竹子湖增至 839mm，各流域之雨量仍以新店溪為最多，而大漢溪之雨量益為減少。這主要是由於該月份颱風路徑多為第 7、8 類，在臺灣南方經過，整個大漢溪流域風向由東北東風轉向東南風而造成，以致整個淡水河流域雨量分佈呈現這樣不均勻的現象。

### 五、雨峯區與降雨強度

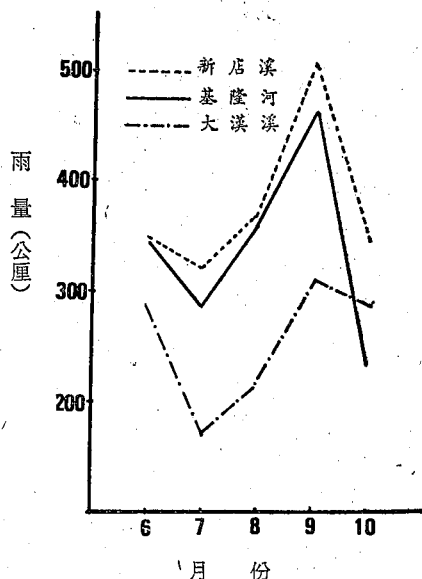
影響颱風降雨之因素極為複雜，迄今尚缺乏理想方法，準確的預測颱風降雨量，而氣象預報有效時間內的降水量，未能與水文方面的需要相配合，諸如最大雨量出現的時間，以及每小時雨量之分配等。本文為配合淡水河洪水預報中心作業，分別計算淡水河流域各支流在颱風期間(六至十月)之月平均雨量及面積雨量如表三。

此處面積雨量係平均雨量乘以面積權度。新店溪流域採用池端、臺北、福山、孝義、乾溝及基隆六個測站資料，大漢溪採用池端、石門、復興、臺北、福山、玉峰及鎮西堡七個測站資料，基隆河採用臺北、乾溝、基隆與竹子湖四個測站資料。



圖三 六月至十月淡水河流域總雨量(mm)

Fig. 4. Total precipitation of the Tam-sui River Watershed from June to October (mm)



圖四 淡水河流域三條支流月平均面積雨量

Fig. 3. Average areal precipitation of the three branches of the Tam-Sui River Watershed



現將每條颱風路徑在每條支流之開始降雨時刻查出，以一小時最大降雨量為中點（以 0 為代表），取中點前後十二小時為範圍，中點前後分別以負號與正號表示之。統計各支流之降雨，自每小時 0.5mm 開始至中點後十二小時之面積雨量。再計算每小時面積雨量佔總面積雨量之百分數，得面積雨量逐時分配表<sup>(7)</sup>，如表四。

根據表四，以橫座標為雨峯前後十二小時的時間順序，縱標為逐時面積雨量所佔的百分比，繪製第一類至第五類颱風面積雨量圖如圖十至圖十四，分析結果如下：

(1) 颱風總雨量以第二類型（中心經過臺北與花蓮間）為最多，大漢溪達 388.4 公厘，新店溪達 355.5 公厘，基隆河 176.5 公厘，累積面積雨量達 920.4 公厘。見圖十一。

其次為第五類型（中心沿本省東海岸北上），

大漢溪為 175.0 公厘，基隆河為 213.9 公厘，新店溪最多為 254.3 公厘，累積面積雨量達 643.2 公厘，見圖十四。其餘類型，均少於 300 公厘。

(2) 一小時最大面積雨量，仍以第二類路徑為最大，在 29.0-46.5 公厘之間，其中以新店溪居首，大漢溪次之，基隆河再次之；次大為第一、第三及第四類路徑，此種情形與上項所述相似，離淡水河流域愈遠之颱風，造成暴雨之機會愈少，所以第八類颱風次數雖多，但對於淡水河流域少有造成災害之機會。

(3) 在一小時最大面積雨量，前後 12 小時內（共 25 小時），各小時面積雨量佔總面積雨量之百分比，除第五類為 76-79.5 % 外，其他幾乎都在 80 % 以上，亦以第二類佔比率最高，為 94.5-97.1 %。次為第三類路徑，為 86.2-92.6 %。而第五類路徑，總雨量雖僅次於為二類路徑，但颱風沿海岸北上降

表三 淡水河各支流之月平均雨量及面積雨量

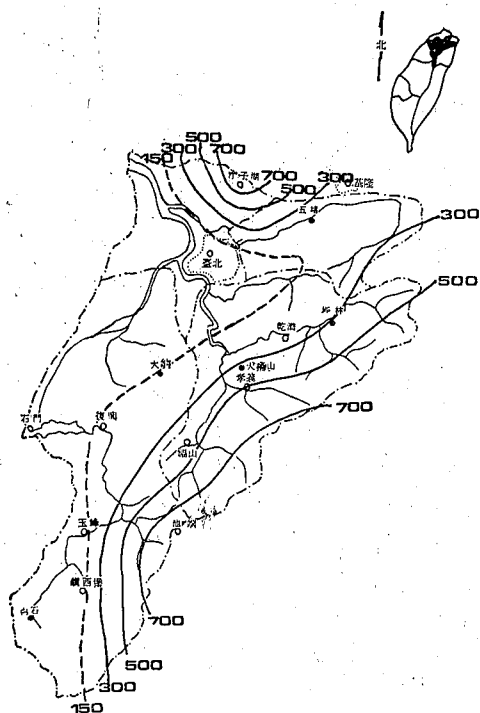
Table. 3. Monthly mean precipitation and areal precipitation of three branches of the Tam-sui River Watershed.

流域	測站	平均雨量之紀錄年限	權數	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月
新店溪	池 端	1965-1976	0.055	386.3	423.9	435.9	710.3	871.4
	臺 北	1897-1977	0.093	299.4	240.0	277.2	241.5	119.8
	福 山	1953-1977	0.180	324.1	341.5	392.3	477.2	315.0
	孝 義	1967-1977	0.193	340.0	375.3	412.6	658.6	552.5
	乾 溝	1952-1977	0.460	373.7	304.5	360.2	501.1	265.9
	基 隆	1903-1977	0.019	284.4	134.1	175.8	285.6	276.1
面 積 雨 量				350.4	322.2	368.7	510.5	350.0
大漢溪	池 端	1965-1976	0.109	386.3	423.9	435.9	710.3	871.4
	石 門	1958-1976	0.056	347.3	259.9	374.5	364.3	127.8
	復 興	1958-1976	0.290	409.9	293.8	384.7	481.1	176.1
	臺 北	1897-1977	0.091	299.4	240.0	277.2	241.5	119.8
	福 山	1953-1977	0.079	324.1	341.5	392.3	477.2	315.0
	玉 峯	1958-1976	0.095	277.5	229.9	348.6	461.5	102.8
	鎮 西 堡	1958-1976	0.280	298.3	253.5	330.2	442.1	121.2
面 積 雨 量				344.2	287.6	361.8	464.7	232.7
基隆河	臺 北	1897-1977	0.158	299.4	240.0	277.2	241.5	119.8
	乾 溝	1952-1977	0.049	373.7	304.5	360.2	501.1	265.9
	基 隆	1903-1977	0.733	284.4	134.1	175.8	285.6	276.1
	竹 仔 湖	1947-1977	0.061	307.2	267.8	344.6	629.6	839.4
面 積 雨 量				292.8	167.5	211.3	310.5	285.5

表四 面積雨量逐時分配表  
Table. 4. Hourly distribution of areal precipitation

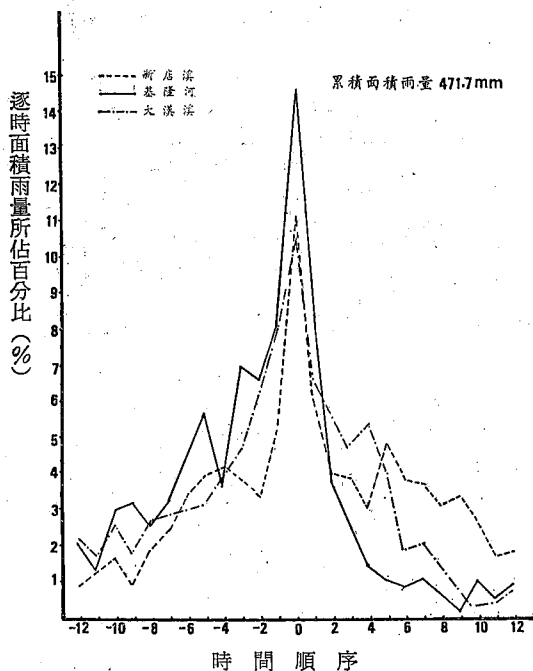
颱風類別	時 域 間 名 稱	百 分 比 (%)																								總面積 雨量 (mm)	一小時 最大 雨量 (mm)	25小時 累積百 分 比		
		-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				12	
1	大基新	漢溪	2.2	1.7	2.6	1.8	2.7	2.9	3.0	3.2	3.8	4.7	6.3	8.0	10.8	6.6	5.7	4.8	5.4	4.2	1.9	2.1	1.6	0.9	0.4	0.5	0.8	164.3	17.7	88.6
		漢溪	2.1	1.3	3.0	3.2	2.6	3.2	4.2	5.7	3.6	7.0	6.6	8.1	14.7	8.4	3.8	2.6	1.5	1.1	0.9	1.2	0.7	0.3	1.1	0.6	1.0	114.8	16.9	85.8
		新店溪	0.9	1.2	1.7	0.9	1.9	2.5	3.5	4.0	4.2	3.9	3.4	5.3	11.2	6.1	4.0	3.9	3.1	4.9	3.9	3.8	3.2	3.4	2.9	1.8	1.9	192.6	21.5	87.5
2	大基新	漢溪	0.7	0.7	1.4	2.4	2.7	3.2	2.9	3.8	3.8	4.7	5.8	7.2	10.0	9.1	7.4	8.5	7.9	6.0	3.8	2.0	1.6	0.6	0.3	0.3	0.3	388.4	38.8	97.1
		漢溪	2.7	1.1	1.2	1.1	2.6	2.7	4.0	6.7	7.6	7.3	7.8	11.7	16.4	5.9	4.7	3.2	1.9	1.5	1.4	0.8	0.5	0.7	0.3	0.5	0.2	176.5	29.0	94.5
		新店溪	2.0	2.1	3.0	2.9	2.7	3.9	3.9	4.1	3.7	5.5	6.3	9.3	13.1	6.9	5.1	5.9	3.4	3.0	3.0	2.5	1.1	1.1	0.8	0.5	0.2	355.5	46.5	96.0
3	大基新	漢溪	1.8	2.2	2.5	3.3	3.1	3.4	4.3	5.0	3.6	3.5	5.3	4.9	9.3	6.2	5.5	5.1	6.0	3.8	3.4	4.0	1.3	0.9	1.1	0.6	0.6	124.5	11.6	87.5
		漢溪	1.2	1.3	1.8	1.9	0.8	3.1	2.9	4.6	4.5	6.3	6.7	7.4	18.0	6.8	4.2	3.0	1.8	2.7	4.3	1.3	1.0	1.0	3.5	1.3	1.1	91.0	16.4	92.6
		新店溪	0.8	2.3	2.3	2.8	2.5	3.3	2.7	3.3	2.4	3.7	5.2	7.1	12.7	4.4	4.0	3.8	4.6	3.5	2.4	3.0	1.3	3.2	2.4	1.7	0.8	182.9	23.2	86.2
4	大基新	漢溪	2.5	2.5	3.8	2.2	3.4	5.2	3.9	4.0	5.5	2.7	3.1	3.5	8.7	3.6	3.0	3.0	2.0	3.5	4.6	3.6	4.1	3.9	2.9	2.4	2.2	142.9	12.4	90.0
		漢溪	2.5	1.5	0.3	0.4	1.1	1.9	1.9	1.8	0.6	1.3	2.9	3.6	26.6	3.1	4.5	4.7	4.5	0.6	1.1	0.8	0.1	0.3	0.3	3.5	1.8	71.8	19.1	71.7
		新店溪	4.9	2.5	2.0	2.5	3.8	4.2	3.4	3.6	2.1	3.9	6.4	6.0	11.4	6.7	6.5	6.2	4.2	2.3	1.8	1.7	1.6	0.6	0.5	0.4	0.9	186.3	21.2	90.1
5	大基新	漢溪	2.7	2.6	2.3	0.3	2.6	2.9	3.1	3.3	3.3	3.7	4.7	5.6	5.9	4.9	3.9	3.2	3.2	3.2	2.9	2.5	2.2	2.1	1.7	1.8	2.2	175.0	10.4	79.5
		漢溪	2.0	2.0	2.5	3.0	3.6	2.9	4.0	3.4	3.4	3.7	3.7	4.2	8.1	3.3	2.5	2.9	2.1	3.2	2.5	2.2	2.5	1.7	2.5	3.5	2.9	213.9	17.3	78.3
		新店溪	3.7	2.8	2.3	3.3	1.9	2.7	4.4	3.4	3.8	3.7	3.8	4.2	6.3	4.9	2.5	2.2	1.5	0.9	3.5	2.9	2.5	2.2	2.1	2.4	2.1	254.3	16.1	76.0
6	大基新	漢溪	1.5	2.9	2.5	2.1	2.0	2.4	4.5	3.3	3.8	2.4	4.4	6.0	11.8	8.5	5.9	5.6	3.4	2.7	2.0	1.0	2.1	1.4	1.4	2.1	0.9	84.6	10.0	86.6
		漢溪	1.7	1.7	1.4	2.8	1.7	1.6	2.4	2.7	3.5	3.1	3.8	10.3	22.2	10.6	4.8	2.8	2.6	2.6	1.5	2.1	1.6	0.8	0.6	1.0	0.8	88.4	19.6	89.8
		新店溪	0.9	1.4	2.8	3.0	2.3	2.1	2.1	2.2	2.8	5.9	8.1	17.0	5.0	4.9	3.5	6.1	4.2	2.7	2.3	1.1	1.3	0.9	0.9	0.7	93.7	16.0	86.3	
7	大基新	漢溪	0.7	1.0	1.3	2.7	2.7	2.3	3.5	2.6	3.1	5.1	6.4	8.8	13.7	8.5	4.6	3.7	3.9	2.8	1.6	1.8	1.2	1.4	1.2	1.2	1.1	97.0	13.2	86.9
		漢溪	2.9	2.0	1.8	3.4	2.9	1.8	1.6	0.8	1.0	1.2	2.0	5.1	24.5	7.0	1.7	2.2	2.4	2.1	1.6	1.8	0.7	2.1	2.2	3.0	2.6	76.2	18.7	80.4
		新店溪	1.9	1.6	1.9	1.1	1.3	3.0	4.3	3.8	4.5	3.1	3.6	6.4	12.7	6.6	3.3	2.9	2.8	2.4	2.8	2.8	2.6	2.7	2.9	2.9	1.8	123.9	15.7	85.7
8	大基新	漢溪	1.5	1.3	1.5	1.7	1.6	2.5	2.2	3.3	2.9	2.8	3.2	6.3	11.5	7.4	4.9	4.6	4.5	3.2	3.7	2.9	2.8	2.9	2.2	1.8	2.2	75.8	8.7	85.5
		漢溪	1.7	2.3	0.3	0.3	2.3	3.8	3.3	3.7	2.6	4.9	5.3	7.3	13.0	6.2	4.1	3.3	2.6	3.3	1.8	0.9	1.6	1.8	2.1	1.0	1.0	87.6	11.4	85.9
		新店溪	2.1	2.2	2.0	2.4	2.1	2.8	2.3	1.9	2.7	3.1	4.0	5.0	15.6	7.4	5.4	3.5	2.8	2.1	1.4	2.2	2.5	2.2	2.3	1.7	1.6	100.4	18.9	83.3





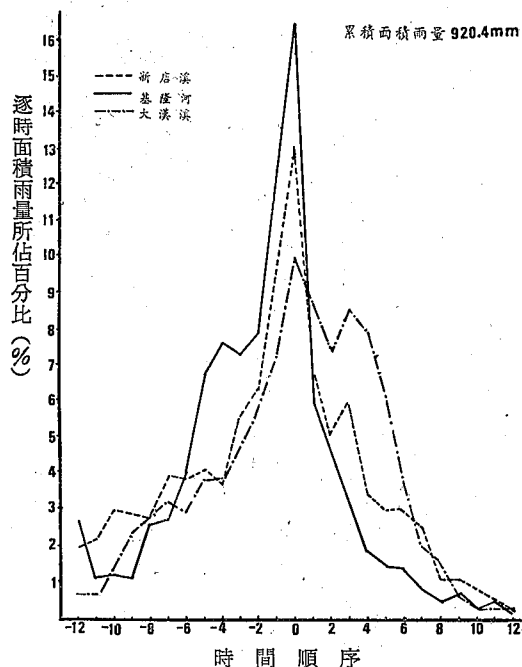
圖九 十月份淡水河流域平均雨量(m.m.)

Fig 9. Mean precipitation in October in the Tam-sui River Watershed



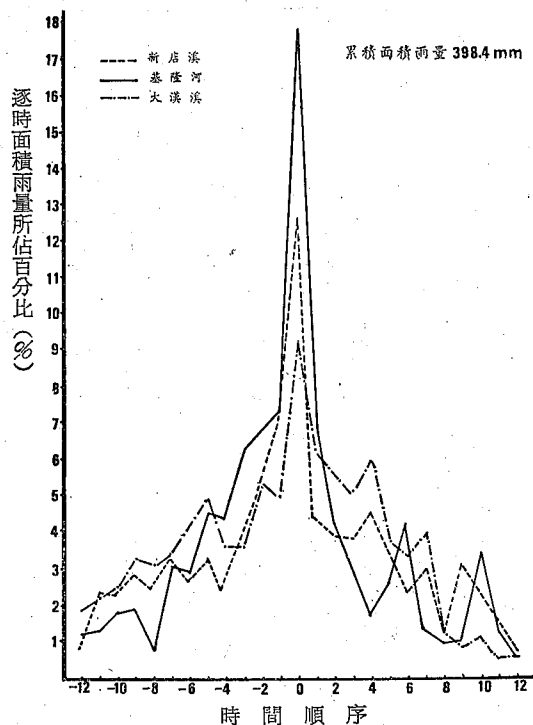
圖十 第一類颱風面積雨量分配圖

Fig 10. The distribution of areal precipitation for the 1st type typhoon



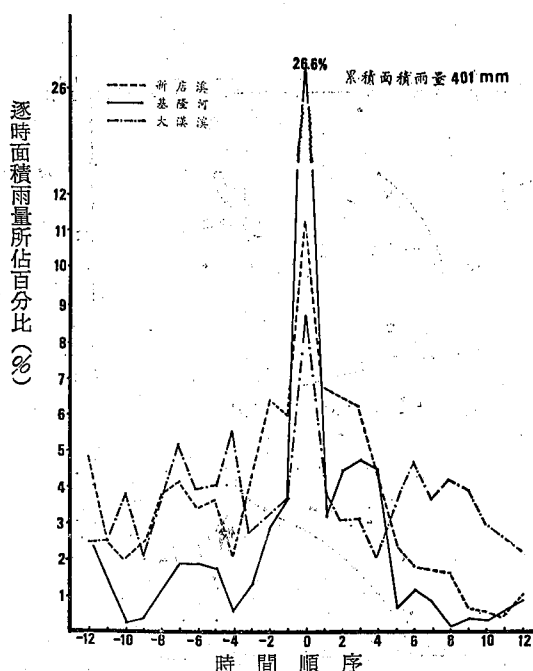
圖十一 第二類颱風面積雨量分配圖

Fig 11. The distribution of areal precipitation for the 2nd type typhoon



圖十二 第三類颱風面積雨量分配圖

Fig 12. The distribution of areal precipitation for the 3rd type typhoon

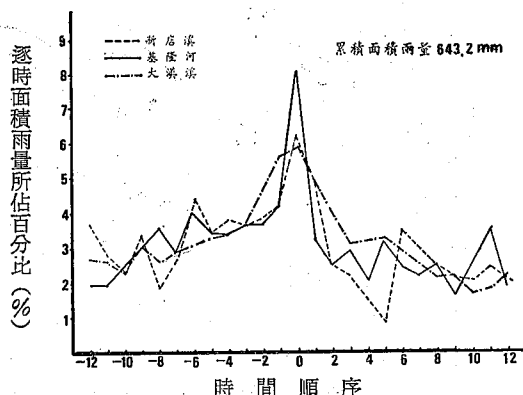


圖十三 第四類颱風面積雨量分配圖  
Fig 13 The distribution of areal precipitation for the 4th type typhoon

雨時間較長，降雨強度不大，造成災害之機率也因之較小。顯然可見第二類颱風逼近本省時，對淡水河流域降水量影響最大，其中尤以新店溪最顯著，所以新店溪流域雨量對整個淡水河洪水預報而言，佔有較重之份量。

為分析雨峯區與降雨強度，茲先定義起雨點與雨峯點<sup>(11)</sup>，當颱風路徑進行接近淡水河流域，各支流測站開始降雨達每小時 0.5mm 時，颱風中心所在之位置，稱為起雨點。當颱風侵襲，各支流之每小時面積雨量達最高峯時，颱風中心所在之位置，稱為雨峯點。就颱風帶來雨量，導致淡水河災害而言，第一、第二、第三及第四類路徑危險性較大，至於第五類路徑，降水強度不大。而第六、第七及第八類路徑，雖淡水河流域較遠，在該流域之降水量少，不易造成災害，所以僅就第一、第二、第三、第四類路徑颱風之起雨點與雨峯點作較詳細之分析。至於止雨點，因為颱風過境後，往往有連續數日之間歇性陣雨出現，其降雨強度逐漸減小，較難區分究竟何時為颱風雨之終止點，故予從略。

根據淡水河各支流的起雨點與雨峯點的散佈，概括的繪出可能起雨點與雨峯範圍。同時將不同颱風路徑所產生的雨峯點，分別歸納為四個雨峯區（如圖十五所示）如下：



圖十四 第五類颱風面積雨量分配圖  
Fig 14. The distribution of areal precipitation for the 5th type typhoon

第一類路徑颱風雨峯區，位於臺北的東北方海上。

第二類路徑颱風雨峯區，位於花蓮東北方海上。

第三類路徑颱風雨峯區，位於花蓮東南方海上。

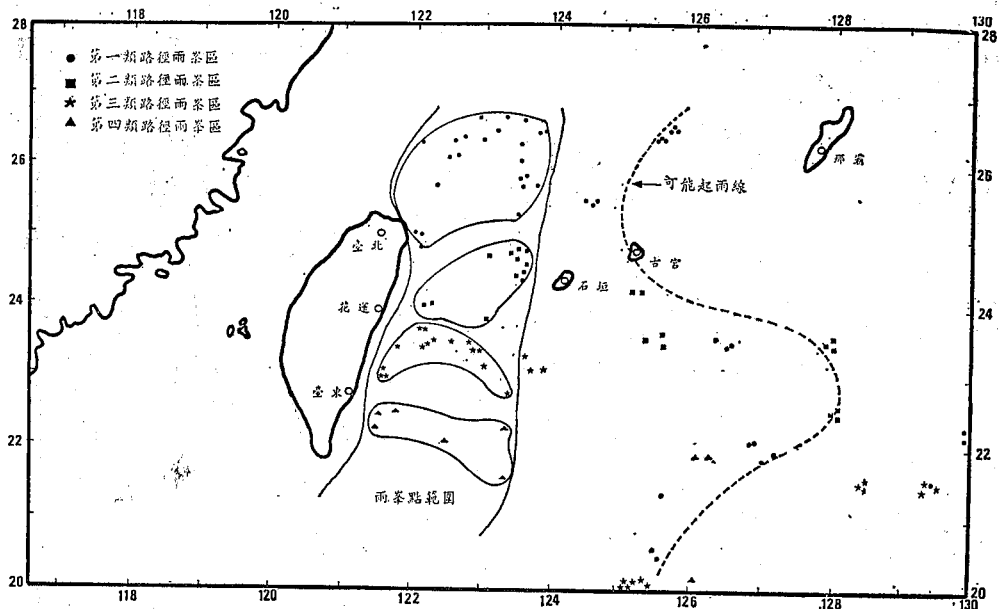
第四類路徑颱風雨峯區，位於臺東之東南東方海上。

當颱風進入雨峯點範圍，即淡水河可能發生雨峯的時刻。根據上述四類颱風逼近臺灣東岸時，淡水河流域各支流的降水強度（公厘／小時），分別繪成等雨線，構成新店溪、大漢溪及基隆河三個系統的降水強度分佈，如圖十六、圖十七、圖十八所示。三個系統的等雨線重疊地區，尤其是等雨線密集部份的重疊地區，顯然是肇致淡水河三條支流的降水強度同時增大的地區。

## 六、結 論

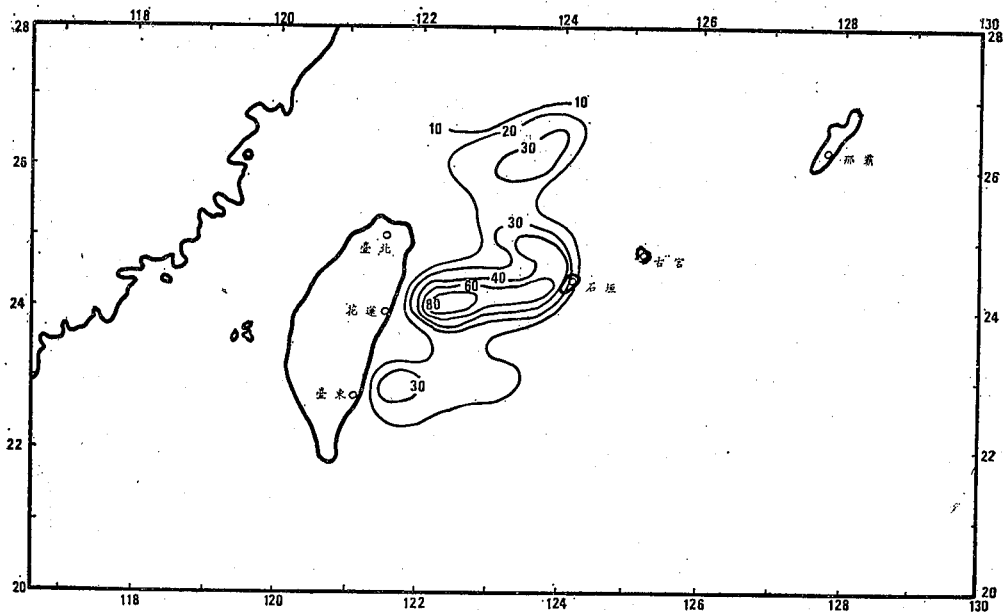
影響颱風降水量的因素極為複雜，本文僅就不同路徑與地形的影響，來分析淡水河流域颱風降水量，作為研究此流域降雨量預報之準備，結論要點如後：

1. 侵襲臺灣的颱風，按其路徑，分為八類，其中易於導致淡水河流域發生災害者，為第一、第二、第三及第四類路徑的颱風，亦即自東岸穿過本省，向西及西北方向進行，或經過本省北部近海，



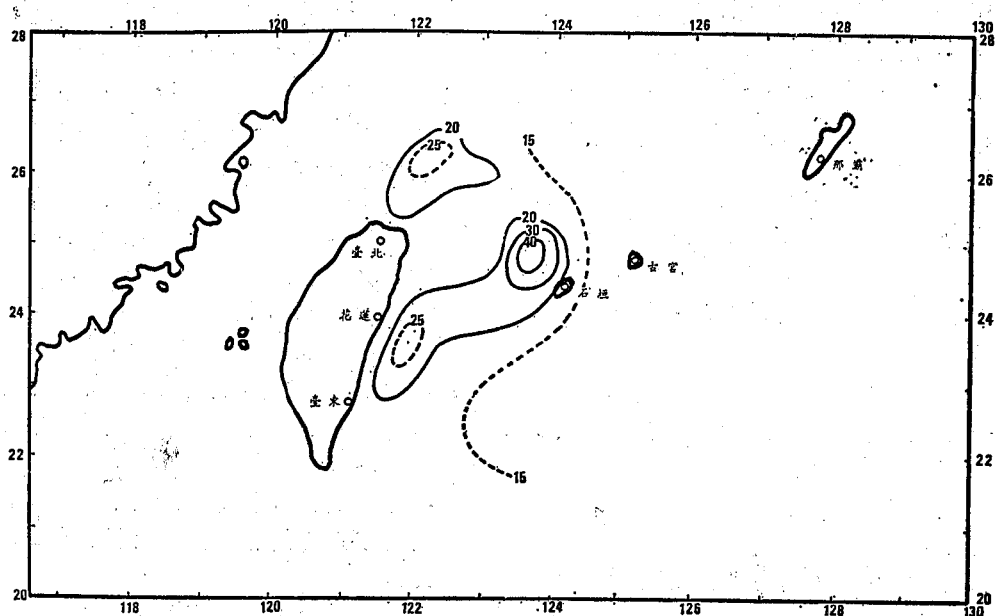
圖十五 導致淡水河流域可能起雨點及雨峯點的颱風位置

Fig 15. The locations of the typhoon which may start precipitation and have peak precipitation in the Tam-sui River Watershed



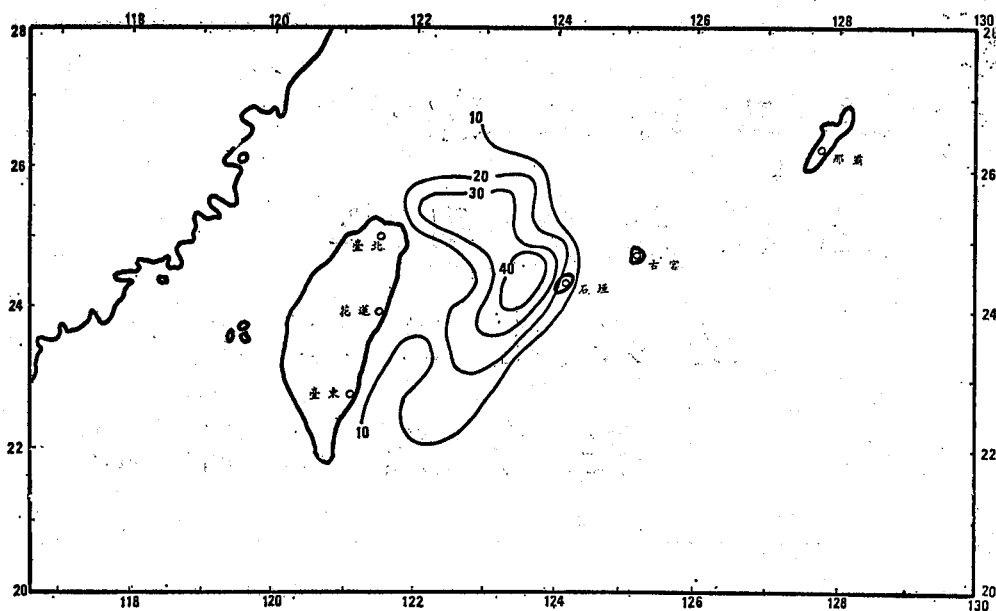
圖十六 颱風中心位置導致新店溪流流域之降水強度 (mm/hr)

Fig 16. The location of typhoon which may bring forth the intensity of precipitation in the Hsin-tien Chi



圖十七 颱風中心位置導致基隆河流域之降水強度 (mm/hr)

Fig 17 The locations of typhoon which may bring forth intensity of precipitation in the Kee-lung Ho



圖十八 颱風中心位置導致大漢溪之降雨強度 (mm/hr)

Fig t18. The locations of typhoon which may bring forth the intensity of precipitation in the Ta-han Chi

向西及西北進行之颱風。

2. 根據面積權度，統計分析淡水河各支流在不同路徑颱風的面積雨量，顯示第二類路徑颱風（中心經過臺北與花蓮之間），帶給淡水河流域之總面積雨量最多，暴雨持續時間較長，影響淡水河，尤其新店溪的流量最大。

(3) 繪製因颱風位置導致淡水河流域之雨峯區及各支流之降水強度（如圖十八至二十一）。當上述四類颱風逼近本省東部時，亦可用以參考，來預估淡水河流域可能發生雨峯時刻以及降水強度。

### 參 考 文 獻

1. Chow V. T. (1964), "Handbook of Applied Hydrology" McGraw Hill Book Company Inc. New York P8-23-26.
2. Wiesner C. T. (1970), "Hydrometeorology" Chapman and Hall Ltd. London

P190-243.

3. 徐晉淮：1971「臺北地區豪雨之研究」，氣象學報17卷3期。P57-59
4. 郭文鑠、蔣志才、朱曙光：(1977)「新店溪流域降水量與流量之研究」氣象學報第23卷第1期 P1-17。
5. 魏元恒、謝信良、林民生：(1971)「颱風特性與臺灣雨量之研究」氣象學報第17卷第三期 P1-17。
6. 李瑞靄：(1975)「淡水河流域降水之研究」中國文化學院博士論文 P93-99。
7. 雷萬清、陳毓雷、鄭醒明：(1976)「大漢溪洪水預報之研究」國立臺灣大學土木研究所 P1-27。
8. 臺灣省水利局：(1972)「淡水河流域洪水預報研究第一期工作報告」水利局規劃組 P209-235。
9. 中央氣象局：1978「臺灣八十年來之颱風」。

實 踐 三 民 主 義 ·

光 復 大 陸 國 土 ·

復 興 民 族 文 化 ·

堅 守 民 主 陣 容 ·



# 臺灣地區溫度年變化與水稻 安全栽培期限之關係

## *The Relation between Annual Temperature Variation and Safe Cultivation Period of Paddy Rice in Taiwan*

楊 之 遠

*Chea-yuan Young*

### ABSTRACT

According to the limited temperature of planting and heading stage of paddy rice obtained from the published literatures, the safe cultivation period of 1st and 2nd crop paddy rice through the island have been labeled from the annual temperature curves, the results are summarized as follows:

1. the earliest planting date and earliest safe planting date of 1st crop paddy rice have been labeled on the first appearance day of  $15^{\circ}\text{C}$  and  $17^{\circ}\text{C}$  from the mean temperature curve respectively. It is shown that both two kinds of dates delay with increase of latitudes as well as elevation. But in the plain area of Pingtung, Kaohsiung, Taitung and Hwalien prefectures, where the daily mean temperature are above  $17^{\circ}\text{C}$ , there is no such time restriction

2. The latest safe heading date and ripening date of 2nd crop paddy rice have been labeled on the last appearance day of  $20^{\circ}\text{C}$  from the mean temperature and mean minimum temperature curve respectively. Similarly, both two kinds of dates become earlier with increase of latitude as well as elevation.

### 前 言

水稻是屬於濕熱帶作物，生育期間對於低溫非常敏感，對低溫抵抗性之強弱與否，乃視品種及生育階段不同而異。通常梗稻所需要之適溫較低，對低溫之抵抗性較強；秈稻需要較高之適溫，對於低溫之抵抗性很弱。同時水稻在不同生育階段對低溫抵抗性不同，發芽期之最低溫度為  $10\sim 13^{\circ}\text{C}$ ，插秧期  $15\sim 17^{\circ}\text{C}$ ，孕穗期  $17\sim 19^{\circ}\text{C}$ ，抽穗期  $19\sim 20^{\circ}\text{C}$  <sup>(1)</sup>。在不同之生育階段罹受寒害所造成之傷

害性質不同，營養生長期如溫度過低，常常導致生長停止，抽穗延遲；如在幼穗形成期至抽穗期（生殖生長期）遭遇低溫，則影響花粉母細胞之分裂及開花授粉，導致不稔，形成空穎，對於產量影響最大。<sup>(2,3,4)</sup>

本省地處亞熱帶，氣候溫暖，一般農地之年平均氣溫超過  $20^{\circ}\text{C}$ ，故本省水稻一年二作。但是本省秋末至翌年初春氣溫較低，中北部平原地區之年平均氣溫由  $20^{\circ}\text{C}$  降至  $14^{\circ}\text{C}$ ；同時由於位於亞洲大陸邊緣，每年冬季均可受到極地冷氣團南下（即吾

人所稱之寒潮)的影響,氣溫常低於  $10^{\circ}\text{C}$ , 甚至  $5^{\circ}\text{C}$  以下, 易使農作物罹受寒害。因此本省水稻栽培時間, 往往受低溫之限制, 一期水稻如過早插秧, 易受寒潮低溫之侵襲, 秧苗發生枯死, 不易成活; 二期水稻過晚插秧, 常在孕穗期及抽穗期遭受低溫, 造成空穎, 結實率降低及充實不良, 使產量降低。前者以中南部地區發生較多, 後者則以北部地區及山坡地區較多<sup>(11)</sup>。因此如能將一期作插秧延後, 或二期作予以提前, 理論上應可預防上述低溫對本省栽培水稻之影響。但是本省土地利用時序較為密集, 一期作插秧過遲, 勢將影響二期作之栽培。因此為配合本省特殊之水稻栽培制度, 並求長期有效之水稻寒害預防方法, 作者乃以農業氣候學之觀點, 繪製各地區氣溫年變化曲線, 根據本省水稻各生育期之生育限界溫度, 在曲線中標訂出一期作水稻可能最早插秧日期及安全插秧早限期, 與二期作安全抽穗晚限日期及安全成熟晚限日期, 並繪製上述各項期限之分布圖, 具體闡明本省平地及山坡地區不同海拔高度一、二期水稻之安全栽培期限, 可供農民及有關單位參考, 配合其耕作時序, 在水稻生育限界溫度以上之期間內栽培水稻, 減少一、二期水稻罹受寒害之危險性。

## 研究 方 法

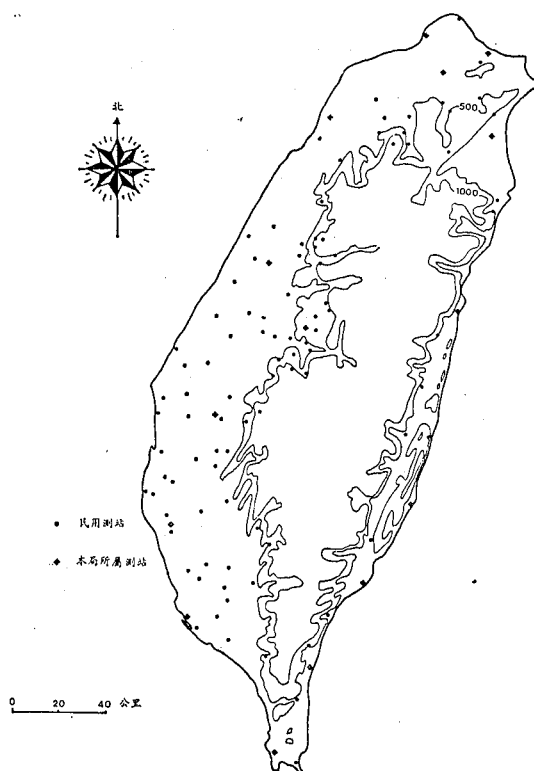
### (1)測站選擇:

本研究根據各民用測站之分布密度, 選出95所測站, 配合中央氣象局所屬之16所測站, 合計111所測站, 分析歷年(民國50~64年)溫度資料, 測站分布見(圖一)。

### (2)繪製各地年變化溫度曲線:

以氣溫為縱座標, 日期為橫座標, 根據各測站之歷年1~12月各月平均溫度及平均最低溫度, 分別標訂於各月之中間日, 在座標圖上可分別得到12點, 並將各測站一月一日, 十二月三十一日歷年之該日平均溫度及平均最低溫度分別標訂於座標圖之兩端, 將上述各點相連接, 即得各測站(111種)全年平均溫度及平均最低溫度之變化曲線。

### (3)各地水稻生育期限限界溫度發生日期之標訂:



圖一 選定測站分布圖

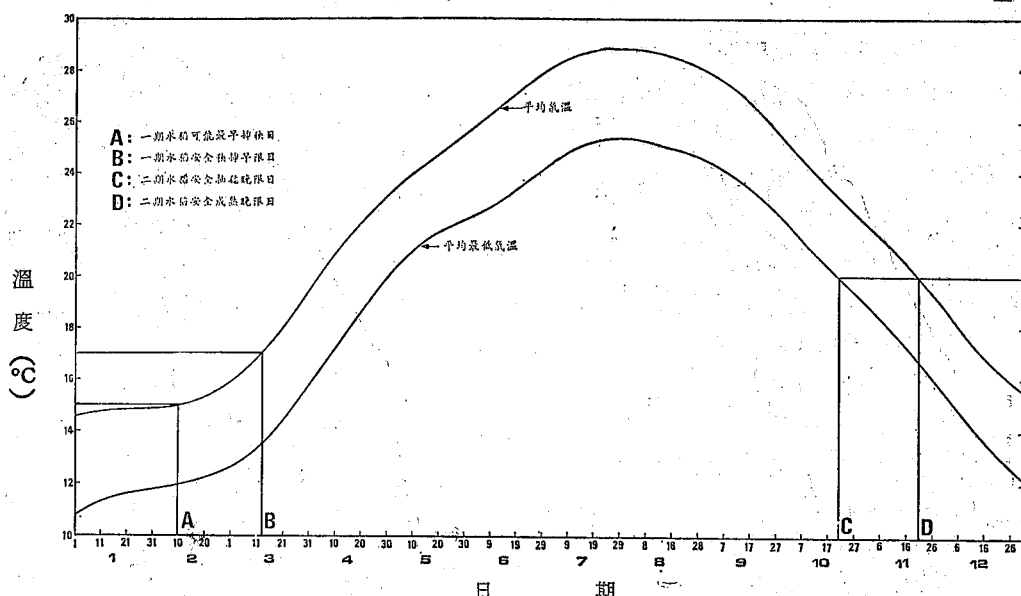
Fig. 1 The distribution of selected meteorological stations.

在上項所製之年變化溫度曲線, 以平均溫度上升達  $15^{\circ}\text{C}$  之出現日期(橫座標)為一期水稻可能插秧早限日, 以平均溫度上升達  $17^{\circ}\text{C}$  之出現日期為一期水稻安全插秧早限日; 二期水稻安全抽穗晚限日則以平均最低溫度低至  $20^{\circ}\text{C}$  之日期為基準, 二期水稻安全成熟晚限日期則為平均溫度降至  $20^{\circ}\text{C}$  之出現日期。(圖二)為利用年變化溫度曲線以決定水稻安全栽培期間之方法說明(以淡水為例)。

### (4)繪製本省一、二期水稻安全栽培期限分布圖:

根據(3)項所述自各測站年變化溫度曲線所得各項標訂日期, 分別繪製下列四種分布圖:

- (i) 一期水稻最早可能插秧期分布圖。
- (ii) 一期水稻安全插秧早限期分布圖。
- (iii) 二期水稻安全抽穗晚限期分布圖。
- (iv) 二期水稻安全成熟期晚限期分布圖。



圖二 利用年變化溫度曲線標訂水稻安全栽培期限 (以淡水為例)

Fig. 2 Diagram for determining the safety period of paddy rice cultivation by annual temperature curve (use Tanshui as example)

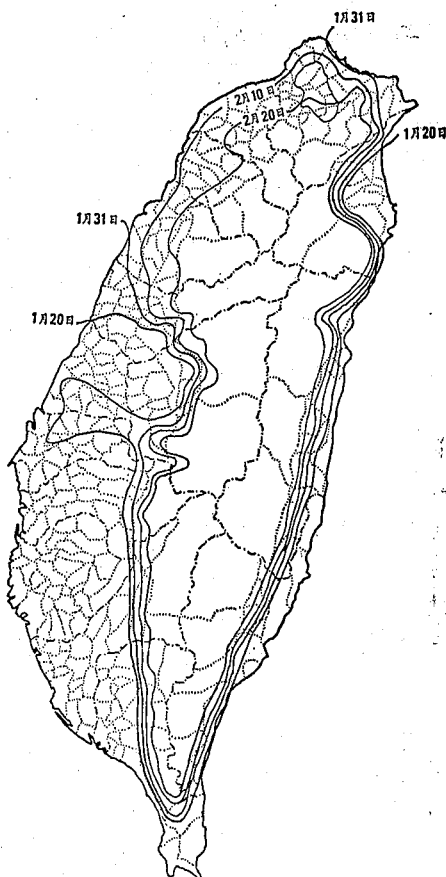
## 研究結果

### 一、一期水稻可能最早插秧期

如以年變化溫度曲線，平均溫度上升至  $15^{\circ}\text{C}$  之出現日，來估算本省各地可能最早插秧期，則嘉義、臺南、高雄、屏東及臺東、花蓮等縣之平原地區之每日平均溫度均超過  $15^{\circ}\text{C}$ ，故其最早插秧期無明顯限制；彰化縣竹塘、溪州及雲林縣東勢、斗六等地最早可能插秧期約在1月中旬，愈向北則愈遲；臺中地區約在1月中旬至下旬；大安溪以北的平原地區約在2月上旬至中旬之間，山坡地區可能最早插秧期則隨高度增加而延遲。見(圖三)。

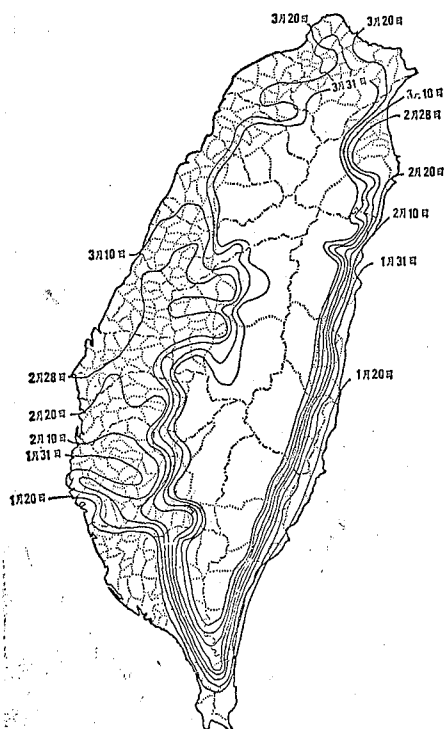
### 二、一期水稻安全插秧早限期：

以平均溫度上升至  $17^{\circ}\text{C}$  時，來估算本省各地一期水稻安全插秧早限日期，則由南向北而延遲。高雄、屏東、臺東等縣平原地區無明顯限制，因其每日平均溫度均超過  $17^{\circ}\text{C}$ ；臺南地區安全插秧早限日出現於1月20日至2月10日之間；嘉義地區約在2月中旬；雲林、彰化及臺中等縣之沿海地區約在3月上旬；雲林、彰化縣之內陸平原及南投縣之平原地區約在2月下旬；大安溪以北之平原地區約在3月中旬；宜蘭地區約在2月下旬；山坡地區之一期水稻安全插秧早限日隨海拔高度增加而延遲。(見圖四)。



圖三 一期水稻可能最早插秧期分布

Fig. 3 The distribution of the earliest planting date of 1st crop paddy rice.



圖四 一期水稻安全插秧早限期分布

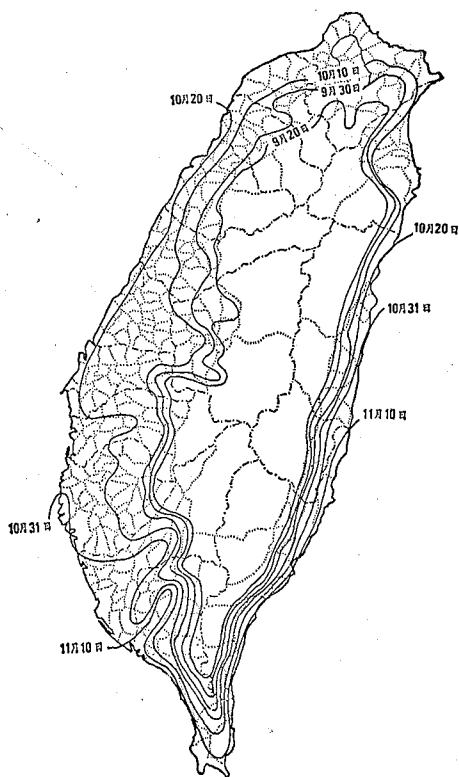
Fig. 4 The distribution of the earliest safe planting date of 1st crop paddy rice.

### 三、二期水稻安全抽穗晚限期：

以平均最低溫度下降至  $20^{\circ}\text{C}$  之出現日來估算本省二期水稻抽穗晚限日，由南向北及由沿海向內陸地區而逐漸提早。屏東縣與臺東縣之沿海地區最晚，約在 11 月上旬；由臺南縣沿海、高雄縣至臺東縱谷及花蓮縣沿海地區約在 10 月 31 日至 11 月 10 日；新竹、苗栗、臺中、彰化、雲林、嘉義等縣之沿海地區約在 10 月 20~31 日；由新竹至臺南等縣之內陸平原地區約 9 月 30 日至 10 月 20 日之間；宜蘭、臺北及桃園縣沿海地區約在 10 月 10~20 日；山坡地區則隨高度遞增而抽穗晚限日愈提早。見（圖五）。

### 四、二期水稻安全成熟晚限期：

以平均溫度降至  $20^{\circ}\text{C}$  之出現日來估算本省各地二期水稻成熟晚限日，其趨勢與抽穗晚限日相同，由南至北及由沿海向內陸逐漸提早。由臺南市、高雄縣、屏東縣至臺東縣新港之沿海地區最晚，約在 11 月 12 日以後；由苗栗、臺中兩縣之沿海地區至彰化、雲林、嘉義、花蓮等縣，約在 11 月 20~30



圖五 二期水稻安全抽穗晚限期分布

Fig. 5 The distribution of the latest safe heading date of 2nd crop paddy rice.

日；宜蘭、臺北、桃園等縣沿海地區約在 11 月 20~30 日，其內陸地區約在 11 月 10~20 日；山坡地區二期水稻成熟晚限日則隨高度增加而提前。見（圖六）。

### 五、各地二期水稻安全插秧晚限日：

水稻由插秧至抽穗所需之積溫（即逐日平均溫度相加總和）隨品種而不同，早熟品種約需  $1600 \sim 1700^{\circ}\text{C}$ （如矮腳烏尖），中熟品種約需  $1800 \sim 1900^{\circ}\text{C}$ （如臺中 65 號，在來 1 號），晚熟種約需  $2000^{\circ}\text{C}$ （如臺南 5 號），因此以抽穗日為基準日，往前推算積溫，可求得各地二期水稻早、中、晚熟品種之插秧晚限日。（表一）係利用積溫由抽穗晚限日推算各地二期水稻早、中、晚熟品種之插秧晚限日。由表中可知如僅考慮抽穗期遭遇之低溫障害，則二期水稻在南部地區插秧可以較遲，如以晚熟品種為例，屏東縣恒春地區可遲至 9 月 14 日插秧；屏東市及臺東鎮稍早，約在 8 月 20 日左右；臺北、新竹、臺中等地約在 8 月 4~6 日。各地之中熟品種之插秧晚限 4~6 日可較晚熟品種遲 4~5 日，早熟品種較晚熟品種遲約 11~12 日。

表一、由安全抽穗晚限日推算各地早、中、晚熟品種之二期作安全插秧晚限日  
Table 1. The latest safe planting date of 2nd crop paddy rice of different varieties derived from the latest safe heading date.

地 區 Location	抽穗晚限日 The latest safe heading date	不 同 品 種 之 插 秧 晚 限 日 The latest safe planting date of different varieties		
		早 熟 Early-maturing	中 熟 Medium-maturing	晚 熟 Late-Maturing
臺 北 Taipei	10.19	8.16	8.8	8.4
新 竹 Sinchu	10.20	8.17	8.10	8.6
臺 中 Taichung	10.17	8.16	8.9	8.5
臺 南 Tainan	10.22	8.22	8.15	8.11
屏 東 Pingtung	11.5	9.1	8.25	8.20
恆 春 Hengchun	12.2	9.26	9.19	9.14
宜 蘭 Yilan	10.19	8.14	8.7	8.3
花 蓮 Hwalien	10.26	8.22	8.15	8.11
臺 東 Taitung	11.5	8.31	8.25	8.21

\*除屏東市採用臺糖蔗作試驗場之農業氣象站外，其餘各地測站均採用中央氣象局所屬測站。

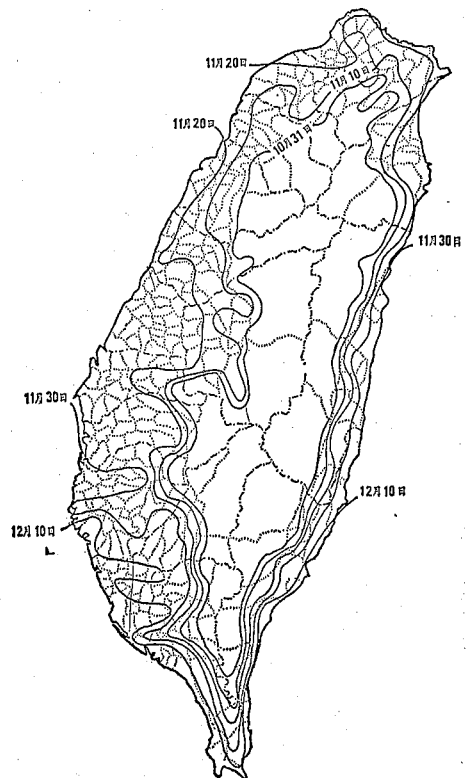
#### 六、山坡地區不同海拔高度之水稻安全栽培期限。

依照氣溫直減率 (lapse rate)，山地高度愈高，氣溫愈低，因此在山坡地區栽培農作物之安全期間隨高度增加而縮短。茲根據桃園縣內不同海拔高度測站的標定之前述各項水稻生育界限日\*，做為北部山坡地區不同海拔高度之水稻安全栽培期限代表說明，見（圖七）。由圖中可知北部山區一期水稻之安全插秧早限日隨高度增加而延後，每增加 100 公尺，約遲 3 日；二期水稻抽穗晚限日隨海拔高度增加而提前，每增加 100 公尺，約提前 4 日。如以插秧期至抽穗期之積溫 1700°C、1900°C、2000°C，分別做為早、中、晚熟品種所需之積溫，則由抽穗晚限日所推算之二期水稻插秧晚限日，亦與抽穗晚限日相同，每增加 100 公尺約提前 4 日。

中部山區則以南投縣內不同海拔高度測站做代表\*\*，見（圖八）。如圖中可知中部山坡地區一期水稻安全插秧早限日隨高度每增加 100 公尺延後約 6 日；二期水稻抽穗晚限日則隨高度增加而提前，每增加 100 公尺提早約 4 日。如同時比較（圖七）、（圖八）可知中部山區之一期水稻安全插秧早限日較北部為早，二期水稻抽穗晚限日較北部為晚，故中部山區之水稻安全栽培期間較北部山區為長。

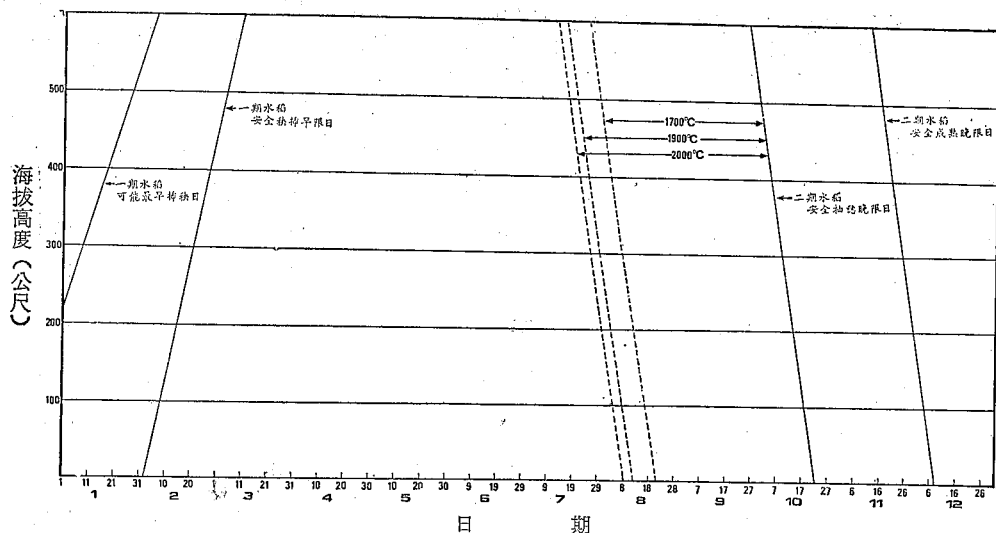
\* 林務局桃園縣石門、澤仁、高義、十一分等四所測站

\*\* 林務局南投縣竹山、水裡、內芋埔、清水溝等四所測站



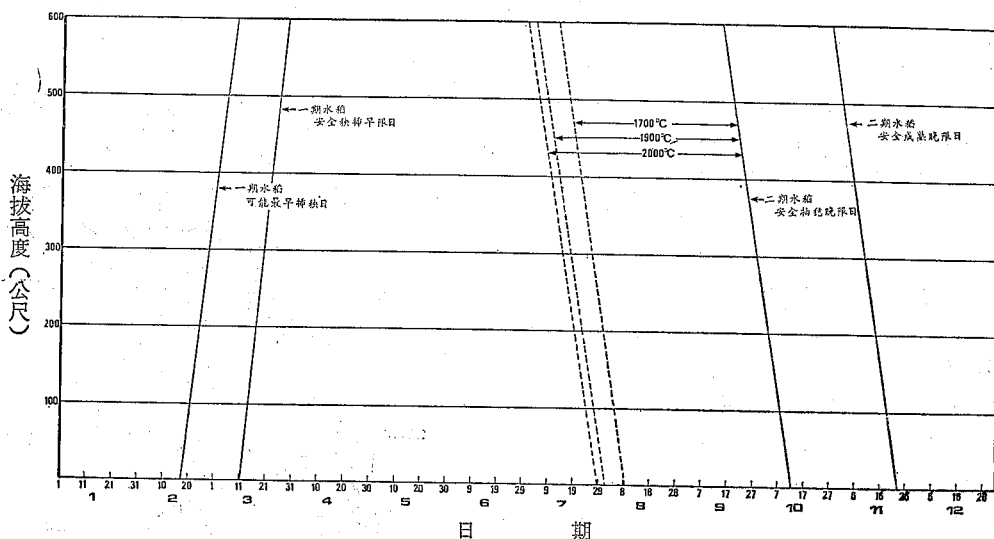
圖六 二期水稻安全成熟晚限期分布

Fig. 6 The distribution of the latest safe ripening date of 2nd crop paddy rice



圖七 中部山區水稻安全栽培期間與海拔高度之關係

Fig. 7 The relation between safety period of paddy rice cultivation and elevation in the central mountain areas.



圖八 北部山區水稻安全栽培期間與海拔高度之關係

Fig. 8 The relation between the safety period of paddy rice cultivation and elevation in northern mountain areas.

## 討 論

本研究所繪製之溫度年變化曲線，係以每月之月中日為月平均值之代表，將各點相連所得之理想溫度變化之平滑曲線，雖然無法表示出各地溫度之特異性 (Singularity) 及標準偏差 (Standard deviation)<sup>(9)</sup>，但是却為說明農作物生育期之溫度變化最簡單有效的表示方法<sup>(13,14)</sup>。同時由該曲

線所標訂之特殊溫度之出現日期，與實際歷年之平均逐日溫度變化趨勢非常接近。由於本研究係以各測站之年溫度變化來標訂當地水稻安全栽培期限，因此測站之地理位置，以位於田間郊區者較佳，然而中央氣象局所屬臺北、臺南等測站位於都市中心，其觀測溫度常較郊區略高，因此所估算之一期水稻安全插秧早期日稍早，而二期水稻安全抽穗晚限日有稍晚之趨勢。

本研究採用之水稻各生育期之界限溫度係參考有關學者之研究，因本省一般水稻品種幼苗生長所需之最低溫度為  $15\sim 16^{\circ}\text{C}$ ，所以一期水稻可能最早插秧期，以平均溫度上升達  $15^{\circ}\text{C}$  之出現日來標訂，然於此時各地之平均最低溫度皆在  $10\sim 12^{\circ}\text{C}$  之間，一般耐寒性較強之梗稻品種雖可成活，但秈稻則易受寒害<sup>(8)</sup>，因此以平均溫度上升達  $17^{\circ}\text{C}$  時為本省一期水稻安全插秧早限日，此時本省大部分農地之平均最低溫度約在  $13\sim 15^{\circ}\text{C}$  之間，秧苗移植後之成活受低溫之影響較小<sup>(11)</sup>。除高屏地區於 1 月 20 日以前須考慮霜害之危險性以外，其餘各地之安全插秧早限日均在終霜期以後，故無霜害之危險<sup>(12)</sup>。孕穗期至抽穗期（生殖生長期）是水稻對低溫最敏感的階段，一般梗稻品種在抽穗前 12 日（即花粉細胞減數分裂期）最低溫度達  $19^{\circ}\text{C}$  時，即發生不稔，造成空穎，因此日人羽生壽郎等人以平均最低溫度上升達  $19^{\circ}\text{C}$  之日期，再延後 12 日為日本北部直播水稻之安全出穗早限期，並以此抽穗早限日來推算安全播種早限日<sup>(13,14)</sup>；在抽穗期如遇低溫，則開花授粉會受到影響，各學者對於水稻開花期之最低溫度實驗結果不同，一般約在  $17\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。<sup>(1,4)</sup> 湯文通、高景輝(1972)<sup>(9)</sup> 以嘉南八號為試驗品種，發現  $20^{\circ}\text{C}$  之低溫能影響水稻開花與稔實性，以致產量降低；作者歷年對本省北部地區二期水稻之觀察，亦發現在田間自然狀況下，抽穗時如最低氣溫低於  $20^{\circ}\text{C}$ ，即能造成空穎<sup>(15)</sup>，此種情況在北部地區靠近山坡田地最常發生（因缺水導致插秧期延遲），由於本省二期作之溫度係逐漸下降，故本研究乃以平均最低溫度下降至  $20^{\circ}\text{C}$  之出現日期為二期水稻安全抽穗晚限日。水稻穀粒成熟階段如溫度過低，則充實百分率降低，成熟延遲，一般品種成熟所需之平均溫度最低約  $20^{\circ}\text{C}$ ，朱日鏞 (1976) (1977)<sup>(4,5,6,7)</sup> 在北部高海拔山地栽培二期水稻，發現各試驗品種產量降低，尤其秈稻減少最多，主要原因係成熟期時平均氣溫已降至  $20^{\circ}\text{C}$  以下，及濕度過高所致，因此本研究以平均溫度降至  $20^{\circ}\text{C}$  之出現日來標訂二期水稻成熟晚限日；此項標訂日對於一般秈稻可能較為適切，但是一般梗稻則嫌略早，因為一般耐寒性較強的梗稻成熟之平均氣溫可低至  $15^{\circ}\text{C}$ <sup>(13,14)</sup>。本省二期水稻栽培品種由抽穗至成熟所需之積溫約在  $800\sim 900^{\circ}\text{C}$  之間，但各地區利用本研究方法所標訂之二期水稻抽穗晚限日至成熟晚限日之間的積溫均超過  $900^{\circ}\text{C}$ ，因

此以抽穗晚限日根據各品種由插秧至抽穗所需之積溫，向前推算二期水稻插秧晚限日，要比以成熟晚限日根據各品種由插秧至成熟所需之積溫，向前推算插秧晚限日較為安全可靠。

本省水稻栽培期間除受低溫之影響外，亦受季風之影響，臺北、新竹、桃園等縣沿海地區於九月下旬起東北季風逐漸增強，影響二期水稻開花，在成熟期常因風速過大導致稻株枯萎。南部之恆春地區於每年九月中旬起，風速即開始增加，最大風速常超過  $10$  公尺／秒，至翌年三月下旬始逐漸減弱，因此雖然平均溫度很高，水稻栽培不受低溫之限制，但是却受季風的影響，一期水稻過早插秧，二期水稻過晚插秧，皆會受到風害。本研究僅就低溫限制之觀點，對本省水稻安全栽培期間做一初步之探討，有關季節風對本省水稻栽培期間之影響，尚待進一步之研究。

## 結 論

1. 為避免一期水稻插秧時遭受寒害，如能於安全插秧早限日以後進行插秧，秧苗容易成活，並能獲得正常生育，高屏地區雖然無插秧早限之限制，但為避免霜害危險，於 1 月中旬以後插秧較為安全。

2. 利用本研究估算各地二期水稻抽穗晚限日，可藉各品種由插秧至抽穗所需之積溫來推算二期水稻之插秧晚限日，惟中北部沿海地區及恆春地區尚須考慮季節風開始吹襲之時間，故上述地區之二期作插秧期應儘量提早，以早於八月上旬為宜，並須注意風害之預防。

3. 本省山坡地區水稻安全栽培期間，隨海拔高度之增加而逐漸縮短，就同一海拔高度而言，中部山區之一期水稻安全插秧早限日較北部山區提早約  $25\sim 35$  天，二期水稻安全抽穗晚限日則較北部山區遲約 10 天，因此就同一海拔高度而言，中部山區之水稻安全栽培期限較北部山區長約  $35\sim 45$  天，故北部山區栽培水稻應採用早熟品種較佳。

## 參 考 文 獻

1. 汪呈因 1955 稻作學 p. 81-84.
2. 湯文通、高景輝 1971. 溫度對水稻生育之影響 I 生殖生長期不同溫度處理對水稻產量與農藝性狀之影響，科學農業第十九卷第七、八期。

3. 湯文通、高景輝 1972. 溫度對水稻生育之影響 II 生育期間溫度對水稻產量與農藝性狀之影響, 中華農學會報第 77 期。
4. 林秀雄 1974. 低溫對於水稻空穎發生之生理上的影響, 科學農業第二十二卷第九、十期 p. 342.
5. 朱日鏞 1976. 適應臺灣北部山地水稻品種之研究, 臺灣農業第十二卷第四期 p. 87-98.
6. 林清秀、朱日鏞 1976. 山地低溫多濕環境因子對水稻品種生理障礙影響之研究, 臺灣農業第十二卷第四期 p. 73-86.
7. 朱日鏞、林清秀 1977. 低溫多濕對水稻品種產量與農藝性狀影響之研究, 中華農業研究第二十六卷第一期 p. 51-56.
8. 曾美倉 1977. 秧苗低溫處理對一期水稻生育及產量之研究, 中華農學會報第九十七期 p. 45-60.
9. 戚啓勳 1977. 臺灣溫度特異性之初步分析。
10. 郭文鏢 1978. 臺灣農業氣候區域研究 p. 171-187 中央氣象局編印。
11. 楊之遠 1975. 冬季寒潮對臺灣地區水稻栽培之影響, 氣象學報第二十一卷第四期
12. 楊之遠 1979. 臺灣地區霜日頻率與霜期分析及其在農作物霜害預防之應用, 氣象學報第二十五卷第三期。
13. 內島立郎、羽生壽郎、伊達了、管原利, 標高が異なる地域内の作物栽培期間の推定方法に關する農業氣象學的考察, 東北農業試驗場研究報告第 30 號。
14. 羽生壽郎、內島立郎、齋藤武雄、管原利 1966. 北日本における水稻直播栽培の適地、適期の決定方法に關する農業氣象學的研究, 東北農業試驗場研究報告第 34 號。
15. 農業氣象旬報 1960-1978. 中央氣象局編印。

保 密 防 諜 .

人 人 有 責 .

匪 諜 自 首 .

既 往 不 究 .



## 日 射 計 之 研 製

*The Development of Two Type of Instruments  
for the Measurement of Radiation*

李 兆 民

*Chau-Ming Lii*

## ABSTRACT

Distillation-type and digital-type instruments for the measurement of solar radiation are designed, these instruments have a reasonable degree of accuracy. They can easily be manipulated and are of low cost.

Distillation-type instrument consists of two spherical concentric bulbs attached to a 46-ml graduated burette. The space between the two bulbs is evacuated to retard convective heat exchanges between the inner bulb and the ambient air. The inner bulb is evacuated and filled with ethyl alcohol.

As the inner bulb is heated by the sun, the alcohol in the reservoir evaporates. Some of the alcohol vapor condenses and enters the burette through the capillary tube. Thus, the recording of the burette is a measure of the integrated solar radiation within a given time interval.

The principal components and devices of the digital-type instrument are photo cell, analog-digital converter (linear voltage control oscillator), counter and display-unit. The numerical data observed from the display-unit is a measurement of the amount of radiation energy entering the photo-cell.

## 一、前 言

日射能量為農作物生長之最重要因素，亦為農業科學研究之基本資料。我國各農業研究對日射量測定與正式紀錄多未建立，致一切應用研究無從進行，其主因在於日射量測定儀器問題，國外日射計或質精價昂，需高水準技術人員使用維護，各農場一般氣象站均不可能採用，或價較廉而欠精確，易於衰退，國內無自行校驗訂正設備與能力，致購裝者不多，日射量紀錄均未建立。為配合農業研究與科技發展，亟應研究自製適合國內普遍裝用之日射計，以用國內零件及技術，且須求其價廉，使用簡

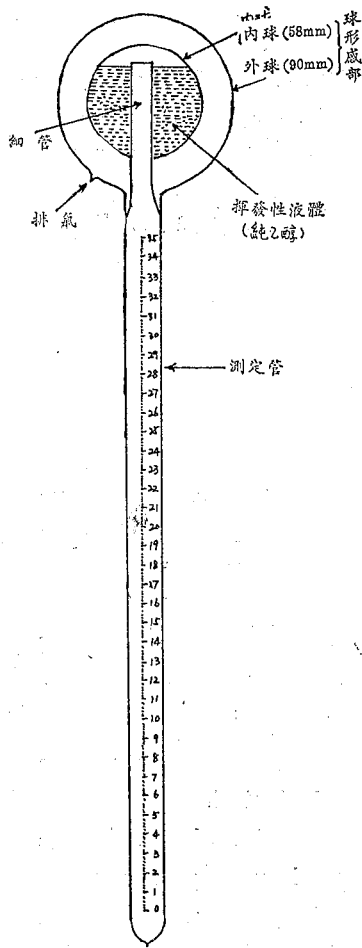
便而準確度尚可適用，不僅可普遍採用，節省大量外匯或資本支出費用，奠定日射量與農業研究之基礎。

尤其近年能源危機，必須發展太陽能，建立太陽輻射觀測站，測每一地方，太陽輻射能每日、每月、每年能得多少，這是太陽能工程設計的基本資料。

## 二、材料、方法與原理

## (一) 蒸發型日射計

本器以硬質玻璃所製成，併合同心雙重球（內球及外球）與玻璃管而成，如圖一。在吸收日射能



圖一、蒸發型日射計  
Fig. 1 Bellani Radiation Integrator.

的着色玻璃內球，予以排氣，封入揮發性液體（純乙醇）。外球與內球之間係真空狀態，使其不致受到外界氣溫影響。內球受到日射，溫度升高，液體慢慢蒸發，蒸氣通過突出於內球液體表面上的細管而移至玻璃測定管（凝結管）中，在此凝結成為液體。

測定管分刻標示以一公分為單位，而予以 20 等分，全長 55 公分。在一定時間內所留下液量，由此分刻標示所示便可知該時間內的水平面日射量（以美製電動描劃式日射計對照比較）。

蒸發型日射計最好放在同一溫度條件下，通常設於地上 150 公分高處，可視為正常的蒸餾狀態。如溫度的垂直傾度大時，將無法從蒸餾量，正確的計算出日射量。

如將球部向下而輕輕左右搖擺數次，可使測定管內之液體同至內球，當球部回復向上時，等黏在管壁上的液體完全流下才開始觀測液量。

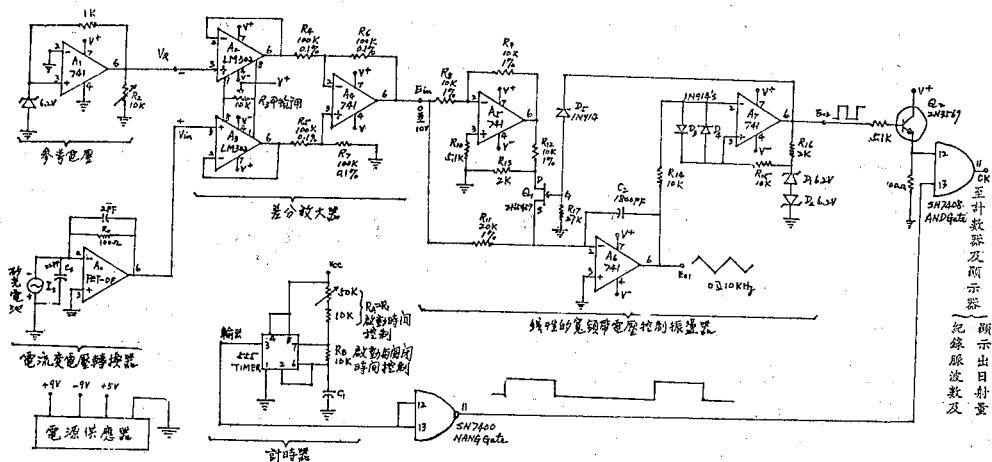
### (二)電子型日射計

#### 1. 電源供應器

電源供應器必需輸出  $V^+$ ,  $V^-$  各為 +9V 和 -9V 之電壓供給運算放大器之偏壓。 $V_{cc}$  為 +5V 供給計時器（振盪器）、計數與顯示器之需要，且需能供給一安培以上之電流，本實驗用 RCA 723 積體電路作穩壓器。

#### 2. 數字式日射計

數字式日射計之流程與詳細線路如圖二：



圖二、電子型日射計線路圖  
Fig. 2 Electronic-type Radiation Integrator Schematic.

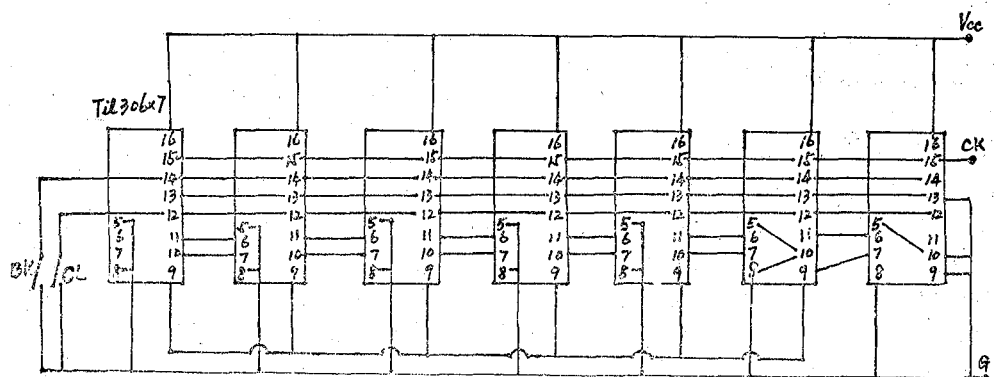
圖二中用一個可調參考電源  $V_R$ ，其目的在作輻射能靈敏度之調整，以摒除某種程度之干擾信號，或設定最低測量輻射能，即  $V_{in} > V_R$  時，才開始測定。感應器使用矽光電池，因其電流與日射量成正比，故用電流—電壓轉換器<sup>(1,3,6)</sup>先將電流轉換為電壓。將參考電壓與感應器之電壓信號輸入差分輸入放大器<sup>(2)</sup> (Differential-Input Instrumentation Amplifier) 之輸入端，它可供放大信號用，其放大率為  $\frac{R_6}{R_4} = \frac{R_7}{R_5}$ ，(放大率之大小視感應器而定)，可消除共模信號大於  $\pm 11V$ ，接上兩個電壓隨耦器，使其有更佳之特性，其輸入阻抗為  $10000M\Omega$ ，如此高之輸入阻抗使其可用於高電阻信號源 (High Source Resistances) 而其誤差還是相當低，且不易降低其共模拒絕比 (Common mode rejection)，其中可調電阻  $R_1$  做平衡用。經放大或不放大之信號輸入線性的寬頻帶電壓控制振盪器<sup>(3)</sup> (A wideband, linear VCO)，它具有良好的穩定性，直線性與很廣的操作範圍。

$A_5$  使輸入信號反相， $Q_1$  有如開關，以選擇積分的方向，放大器  $A_6$  與電容  $C_2$  形成積分器。運算放大器  $A_7$  用來作比較器。基納二極體  $D_1$  與  $D_2$  提供正或負的基準電壓，而積分器的輸出即與此電壓比較。當  $A_7$  輸出為負， $Q_1$  處於截止狀態。輸入信號 (必須為正) 使電流流經  $R_{11}$ ，而流入積分

器  $A_6$  的相加結合端 (Summing junction)， $A_6$  的輸出因而變負，其轉速率與  $E_{in}$  成正比。當  $A_6$  的輸出約達  $-7V$  時，比較器的輸出變正，使  $Q_1$  導通，將比較器的基準電壓由  $-7V$  變為  $+7V$ ，比較器的輸出因而保持在正值狀態。當  $Q_1$  導通時，負電流流經  $R_{12}$ ，其量為流經  $R_{11}$  電流的二倍。因此，流入積分器的淨電流與前一次的積分電流相同，而極性相反。現在積分器的輸出，則沿正向變化，當此輸出電壓升到  $+7V$  時，比較器的輸出變負， $Q_1$  又被關閉，又開始另一個循環。

電阻  $R_{13}$  使  $Q_1$  的汲極電壓衰減，因此， $Q_1$  在應當關閉的半週中，即使輸入很高的電壓，亦處於截止狀態。 $R_{13}$  不會影響輸至  $A_6$  相加點的電流量。電阻  $R_{14}$ 、 $R_{15}$  與二極體  $D_3$  與  $D_4$  用來防止在導通的暫態中發生的栓鎖 (Latch-up) 現象。

用可調計時器 (時基產生器) 與反及開使其產生正脈波，與電壓控制振盪器所產生之脈波經緩衝級，一同輸至及開，其目的為減少計數數字，以七位顯示器顯示全天之日射量為原則。累計及開輸出之脈波總數除以儀器常數即每單位面積每卡之脈波數，即可測定全天之相應日射量。由於日射量之計算用十進位，故計數器之計數、解碼、推動及顯示由 Ttl 306 來執行<sup>(3,4)</sup>，以使電路簡化如圖三，其中裝兩個按鈕可使日射計類示與歸零，以備下次使用。



圖三、顯示部 (頂視圖)

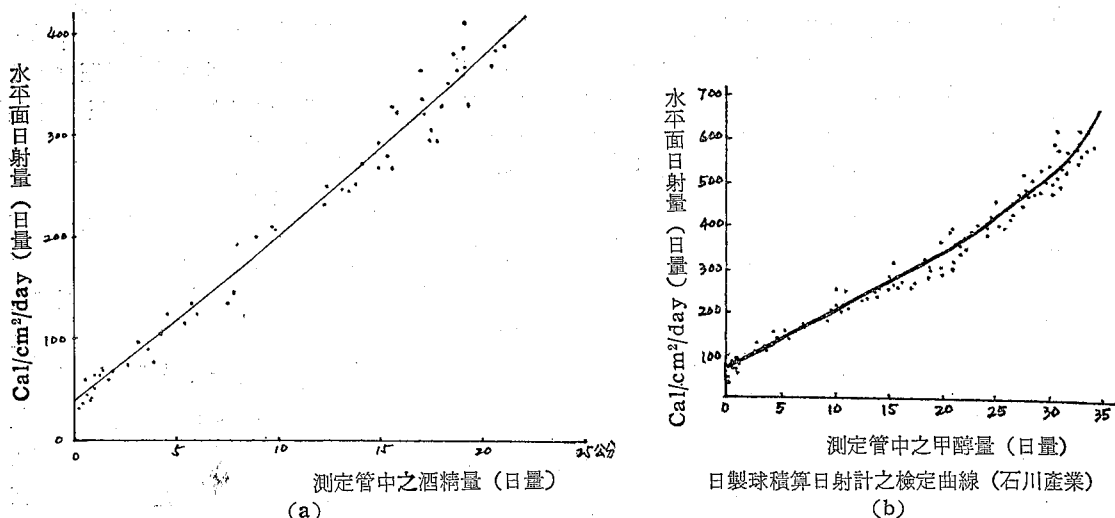
Fig. 3 Display-unit (top-view)

### 三、實驗結果與討論

#### (一) 蒸發型日射計

##### 1. 蒸發型日射計之規格、所含空氣量稍有差

異，檢定曲線亦各異。本日射計經初步測試，其結果與日製蒸發型日射計之曲線非常相似如圖四 (a) [附日製儀器之檢定曲線如圖四 (b)] 惟多數



圖四、蒸發型日射計之檢定曲線

Fig. 4 Calibration Curve of Bellani Radiation Integrator.

玻璃儀器廠商以技術困難及數量少，不願代製，最後始洽得桃園忠山玻璃儀器公司允合作研製，以現有玻璃製造，無法耗用鉅資製造特殊玻璃使用，雖經多次失敗，但繼續試製，最後製成功之蒸發型日射計，因技術問題，球面厚薄與透光稍有欠勻，影響感應。目前請該玻璃公司繼續研究改良，使製成之日射計符合標準。

2. 水平面日射量和全周日射量 (Circumglobal radiation) 可由一校正曲線可以求得，因此蒸發型日射計利用範圍廣且方便。

3. 不需電源、電氣紀錄器，不必調整，在任何地方都可以簡單使用。

4. 並無消耗部份，可以永久正確地測定日射能量。

5. 較其他日射計價錢便宜，增設測定處所需費用不多，符合經濟要求。

6. 蒸發型日射計的效率，在蒸餾量少和相當多的日子都會降低，此種現象不限於從測定管的零度數開始一天的蒸餾時會發生，而從任何度數開始也會發生<sup>(6)</sup>。

7. 蒸發型日射計由於每一季節的溫度不同，會引起效率的偏差。氣溫愈低，內球溫度與外面氣溫的相差會變為愈大，而蒸餾的順利使凝結液柱愈增高。氣溫愈低，再放射的耗損愈大，蒸餾愈順利，耗損也愈大。當外面氣溫在  $+10^{\circ}\text{C}$ 、 $+20^{\circ}\text{C}$ 、 $+30^{\circ}\text{C}$  時的一天再放射耗損，約各為水平面日射量的 4 %、2.5 %、2 %。傳導所發生的耗損約為 0.2

%，此耗損的數值遠比再放射的數值少。為維持內球溫度的上昇所需耗損約 1 % ( $10^{\circ}\text{C}$ )、0.5 % ( $20^{\circ}\text{C}$ 、 $30^{\circ}\text{C}$ )，此數值比因傳導而發生的耗損數值大，但比因再放射而發生的耗損數值小。以上係在理想狀況下之計算。

8. 氣溫對儀器靈敏度的影響，換句話說，溫度係數在低溫域時會變大，在高溫域時會變小得幾乎等於零<sup>(5)</sup>。

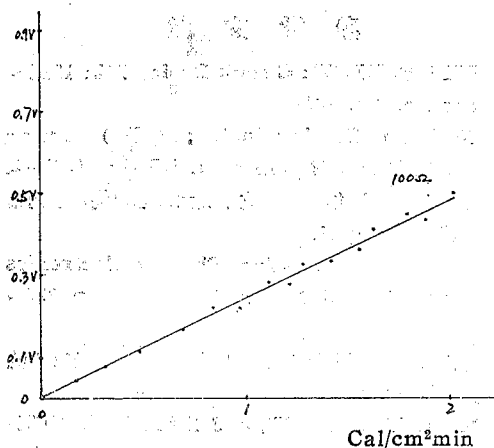
9. 蒸發型日射計最好放在同一環境溫度之條件下，如凝結部溫度較高，將降低蒸餾率，相反的，如其溫度低，將促進蒸餾。

10. 不適高緯度冬夏冷暖差別大 (日間) 之地區使用。臺灣一般氣溫冬季最低雖可接近  $0^{\circ}\text{C}$ ，但係在夜間無日射可測，冬季日間多在  $15^{\circ}\text{C}$  左右，夏季最熱可達  $38^{\circ}\text{C}$ ，一般平均最高在  $33^{\circ}\text{C}$  左右，溫度差不算太大，故在臺灣使用比日本要理想得多。

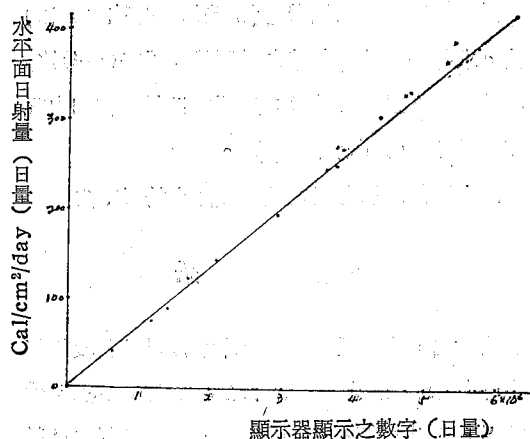
11. 此型日射計，不適於短時間測定，僅能測半日以上總日射量，但已够農業研究參用。

#### (二) 電子型日射計

1. 電子型日射計由矽光電池<sup>1</sup> 受日射產生之電流經電壓——電壓轉換器所產生之電壓，在  $2\text{cal/cm}^2\text{-min}$  (加凸透鏡聚集方可得此數字) 以內相當線性，再由電壓轉換為頻率時也很線性。最後測試結果如圖五 (a) (b)，其最大誤差小於 10 % (是以美製電動描劃式日射計對照比較)。



(a) 光電池輸出電壓與日射能之關係



(b) 電子型日射計實驗結果

圖五、線性關係

Fig. 5 Linear Characteristic.

2. 太陽能 90 % 以上是由可見光及紅外線所產生，用矽光電池為感應器對輻射能之反應為量子效應，反應甚為靈敏。為免受氣候影響，故封八半球玻璃罩或燈泡中心內。

3. 此型日射計僅能測定累積日射總量，不能測定即時或逐時日射量。

4. 測定日射能之標準儀為卡計，但卡計要完全隔熱甚難，故實用價值很低，次標準日射計則有機械式、熱—電式、光—電式及化學式。根據夏威夷糖業研究所之實驗及設計，認為機械式日射計很精確，故已委託快捷公司承造，此式日射計是利用氣體膨脹原理以推動機械結構而做成，又附有經緯度校正，故可減低誤差。但氣體膨脹屬於熱效應，故還需要做適當溫度補償，加以其尚未對外輸出，實用價值若何？不得而知。其原理雖簡單，機械結構却很複雜，一旦發生故障，機械維護及校正較費事。熱—電式、蒸發型及黑金屬片型日射計，其固有誤差都在 10 % 以上(3)、電子型日射計之誤差約在 10 % 以下，又用數字顯示日射量，故易使用，構造簡單更容易維護。

5. 因使用交流電，故不得有任何短暫停電之情形，否則所顯示之數字無效，且日間常無電，須拉相當長之電線供電。為改良此缺點，將來改以蓄電池供電，並用太陽能電池充電，使用會更精確便捷。

6. 矽光電池每升高攝氏一度產生 0.11 % 的誤差，故將矽光電池封入有乾燥空氣的燈泡中，當矽

光電池受日晒，溫度升高時，使附近之空氣受熱產生之對流而帶走部份累積於矽光電池之熱量（部份熱量由輻射散失），可避免溫度升得太高而產生較大之誤差。

7. 目前採用之積體電路，以廉價之  $\mu A 741$ ，其漂移電位易於變動，產生誤差，將來改用低功率且穩定度高之積體電路，但價格較貴。

8. Tii 306 雖可簡化電路，但耗電量大，不適合用蓄電池供電，使該日射計之使用感到不便為其缺點，將來改用省電之電路，由電池供應能量。

#### 四、儀器校正程序

將蒸發型日射計、電子型日射計與美製電動描劃式日射計之感應部同置於空曠處，每日測得蒸發型測定管中之酒精量與電子型顯示器顯示之數字，其對應之日射量由美製電動描劃式日射計所測得。再將此些資料送入美製桌上型計算器求出其最佳曲線或直線，其結果如下：

用二次迴歸法求得蒸發型日射計之曲線方程式為：

$$y = 0.08119x^2 + 15.34136x + 38.92914$$

$$(\text{相關係數}) \rho^2 = 0.95414$$

$$(\text{標準偏差}) \sigma = 18.3034$$

用最小二乘法求得電子型日射計之直線方程式為：

$$y = 4.3005780 + 0.0000667x$$

$$\rho^2 = 0.9884351 \quad \sigma = 12.8074$$

註 1. 購買該電池時，廠商無任何資料提供，必須經實驗決定何種較適用。

爲方便與其他已知儀器(誤差用百分比之儀器)比較,求每一測值與曲線之對應值之誤差(百分比)大部分測點之誤差大於 10 %再由日射量總和求誤差亦大於 10 % (約 12 %)。

同上法得直線之誤差幾乎全部小於 10 %

## 五、結 語

熱電式、蒸發型及黑金屬片型日射計其誤差都在 10 % 以上,電子型日射計之誤差經測試約爲 10 % 以下,且用數字顯示日射能量,故較描劃式日射計易使用。

購外貨電動自記型日射計每具約需 15~20 萬元,一般簡單電動型每具亦需 5 萬元,本研究自製電子型日射計約五千元左右。蒸發型日射計每具約需壹萬元左右(尙不含包裝、運費),自製其材料成本費用僅需壹千元左右,價格相差懸殊,性能又不比外貨差。爲減少大氣儀器對外依賴,培植國內大氣儀器人才,奠定自製大氣儀器基石,故繼續研究改良仍極值得。

## 參 考 文 獻

1. BILL FURLOW: Circuit Design Idia Handbook p. 8 p. 124.
2. National Semiconductor; (1973) Linear Applications Handbook 1, LB1-1~LB1-2.
3. 蔡木金, 1977 年 2 月國立中央大學地球物理學刊第 16 號 p. 53~p. 61.
4. Texas Instruments Inc.: The Optoelectronics Data Book for Design Engineers. p. 279~p. 310
5. 岸田恭允 (1971 年 3 月) 農業氣象第 26 卷第 4 號 p. 181~p. 186.
6. MILLMAN, JACOB, and HALKIAS. CHRISTOR C. (1972) Integrated Electronics, McGraw-Hill Book Company p. 540.
7. YARIV, AMMON, (1971) Optical Electronic Detection of Optical Radiation, p. 269~p. 304.

加 速 國 家 建 設 ,  
厚 植 復 國 力 量 。

# 氣候變遷的數值模式研究

John Mason 著 戚 啓 勳 譯

我們大致已經了解地球上現在氣候的各種控制過程，然而氣候發生波動的原因，卻有很多地方還摸不清楚。氣候的變遷不單由大氣控制，還涉及到海洋、極冰、陸地情況和整個生物界。完整的氣候體制應該包括所有這些因子，以及它們在廣大時間和空間幅度內的相互作用。除此之外，整個體制還受外界因子的影響，尤其是太陽輻射，至於人類的活動也逐漸居於重要的地位。

截至目前為止，我們還無法做到預測未來的氣候演變，近年來經由電子計算機的協助，用三維數值模式來了解全球性氣候的發展，似乎很有前途。設想大氣是一種大規模的渦動流體，繞地球旋轉，被太陽晒熱，也和下面的陸地及海洋交換熱量、水分和動量，此項模式也考慮太陽輻射、洋面溫度以及海冰等的逐月變化和逐季變化。

大氣變動情況的計算機模式，設定特殊的邊界條件和初值，用觀測網所有網路點上的某些變數值來代表，各點相距大致為幾百公里，模式大氣的垂直伸展取 5 層和 11 層兩種，而後將控制大氣物理過程的微分方程按時間向前積分，取較短時間增量（相當於幾個月或幾年），讓模式不致在氣象及計算上趨於不穩定。

設想大氣最初為等溫狀態，由於地表受熱不等而產生氣壓梯度，空氣流動，乃至風力漸增，產生旋渦，如同實際大氣中的氣旋及反氣旋。在模擬計算約 50 天後，這些重新分佈的熱和水分達成統計上的平衡狀態；而後產生一個月的平均量，可代表相當合理的實際溫度、氣壓、風和雨量分佈。假定將邊界條件或外界情況改變，也可以模擬各季的變化。

該項研究工作正由勃拉克耐爾 (Bracknell) 氣象所進行，其中 11 層模式設想大氣層頂部的太陽輻射隨季隨緯度而變，逐日在變。考慮到海陸分佈、山嶺及其他陸地形態的影響。每一時間增量還計算陸地表面的溫度、土壤水分、蒸發量和雨雪的變化。

這些模式有一嚴重的缺點，那就是雲量和雲狀（僅由降水來識別）並沒有考慮在內，所以未能準

確表達雲和輻射平衡的相互關係，雖然模式中已加入了實測平均雲量對輻射收支的影響。地球的反照率幾乎有三分之二應由雲負責，雲量而且還參與若干重要的反饋機制，管制着溫度變化。

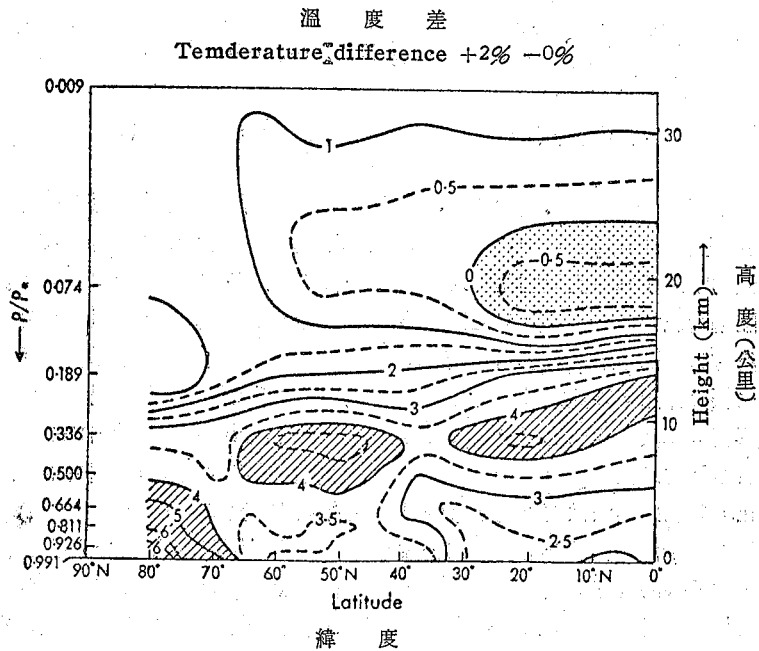
該項模式的第二個缺陷是不能表達大氣和海洋之間的相互作用。顯而易見，海洋能儲存並輸送大量的熱，對氣候當然會有深遠的影響。海洋模式迄今猶為發展的起步，主要因為不能監視洋流、渦流、溫度和鹽度。

雖然有這兩項缺點，這些模式仍能很成功地模擬全球大氣環流及現時全球氣候的主要形態，至少平均情況確是如此，特別是模擬季節性溫度型、風型及雨量型的轉變，包括像季風之類的區域效應在內。

專家們對於利用此項模式來研究氣候如何受自然變化的影響深具信心，例如太陽輻射、陸地表面及植物覆蓋、土壤水分、以及海面溫度等等。可能的人為因素對二氧化碳、臭氧、塵埃和大氣含熱量的變化，也能從自然波動區分出來。

太陽是推動全球性大氣環流的主角，可見無論太陽輸出或到達地面的日射強度變化如何影響氣候，都應加以考慮，普林斯頓大學的威齊來特 (R. Y. Wetherald) 和馬那比 (S. Manabe) 根據簡化的全球環流動力模式與固定雲量，將海洋視作一蒸發濕面，但並不考慮熱容量及熱輸送，他們發現太陽常數 (solar constant) 如果增加 2%，（此與到達地面的日射量有關），可使全球平均溫度升高 3°C；如各減 2%，平均溫度當降 4.3°C（見圖一）。這樣產生的變動因為覆雪區與反照率的差異，在兩極遠較赤道為大。但最顯著的效應還是降水量。太陽常數變動 6%，雨量隨之變動可達 27% 左右。

不過如果以幾萬年的時間尺度來計算，到達大氣層頂的太陽輻射強度的變化是由地球軌道，大約 96000 年、40000 年及 20000 年的周期性所引起。這些變動遠較太陽輸出的實際變動為大。距今一萬年前，進入大氣層的太陽輻射在緯度 65° 處比現今要強大約 1%。距今 25000 年前比現在要弱 2%，例

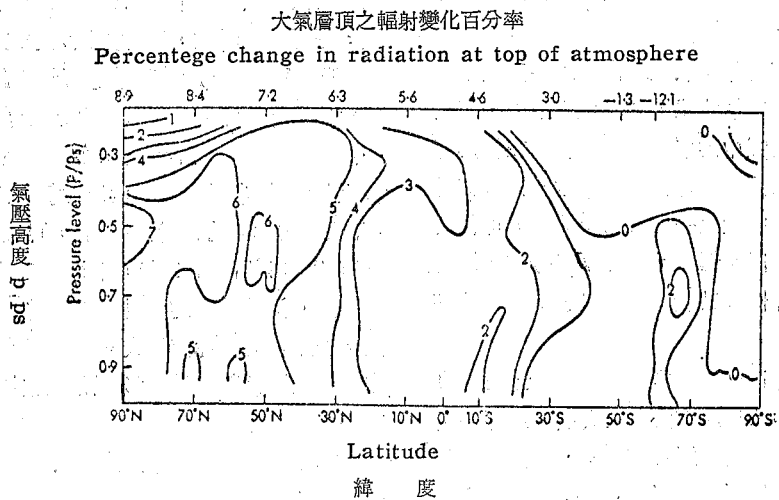


圖一 太陽常數增加2%引起各緯度平均溫度的變化。

如一萬年前，夏半年得到的輻射，所有緯度上，都比現在大4%；距今25000年大約少2%。此種輻射熱的增加或減少，足夠解釋過去50萬年內北半球冰河的前進或後退。

勃拉克耐爾氣象所的5層模式試驗中，估計地球軌道參數夏至（北半球）前後對全球溫度的影響採用兩次積分。一次代表現時進入大氣層的太陽

熱；另外一次則代表一萬年前的情況。結果所得出來的情况如圖二所示，與前面描述的相吻合。圖二表出算得的緯向平均溫度（六月份最後十天的平均），一萬年前各地均較暖，因為在六月份，當時所得到的太陽輻射比現在多7%。北極區的地面溫度高6°C，30°N處高4°C。



圖二 由於現時地球軌道參數與一萬年前之改變而引起各緯度六月平均溫度的變化。

由此可以想見太陽常數變動所產生後果之重要。該所在另一次5層模式試驗中，假設北極的冰全部融解，水面溫度保持在0°C。冰全部消失後的

主要後果，除了極區顯然增暖而外，極地高壓的強度也大為減弱，中緯度西風及其所伴的低壓也減弱。中緯度一帶比正常冷8°C，尤其是在美國、西



伯利亞東部以及西歐地區。至於最後將會引起什麼結果，目前尚無法確定，因為各種系統彼此牽連，非常複雜。

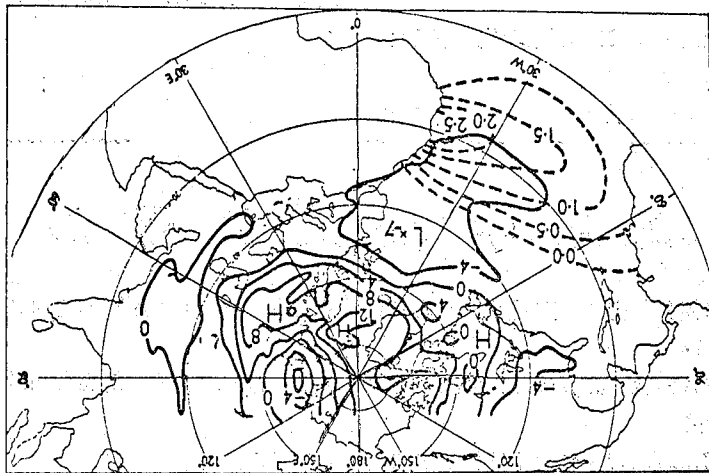
撒哈拉沙漠近些年來特別乾旱，究竟什麼原因以及將來後果，引起大家興趣，該所曾用 11 層模式加以試驗。研究撒哈拉地區土壤水分改變後產生什麼結果，範圍局限在北非海岸和南方熱帶草原之間，第一次模擬假設撒哈拉沙漠內完全乾旱，土壤內毫無水分。另外一次試驗則假想撒哈拉沙漠的土壤內有 10 公分水分。比較二者所得的結果。

在第一系列試驗中，結果有若干淺低壓穿越該區，但是並沒有下雨，這是因為無地面水分饋入的緣故。在第二系列試驗中，濕地上的地面溫度降低了  $20^{\circ}\text{C}$  之多，冷卻效應一直向上伸展到 5 公里，並且還發展了一些主低壓，產生廣大地區的雨澤，有些地方還下得很大，在 20 天模擬試驗中都能保

持。由此可見：像這樣大小的一個區域，一經變濕，將會繼續濕下去。

模型試驗和實際觀測都表示：海面溫度在廣大地區發生持久性反常現象時，大氣環流也會反常。在熱帶，海洋對大氣的影響特別值得重視。熱帶海面溫度的異常，有時還會影響到中緯度。

1962~3 年的冬季，是英國以往 250 年中最寒冷的一個冬天，熱帶大西洋東部有一廣大區域比正常溫度高出  $2.5^{\circ}\text{C}$ （見圖三）。該所將此異常現象饋入 5 層模式中，結果產生一低壓區，比正常低了 7 毫巴，中心位於比斯開灣以西；另外還有一個很強的高壓，中心高出正常 13 毫巴，位於格林蘭的東方。因為大氣環流有此變異，使得大不列顛羣島上空產生一般強烈東風，這樣才有 1962~3 年的嚴寒冬季，由此也證明了數值模式之準確性。



圖三 將觀測所得海面溫度正距平（虛線）饋入該所 5 層模式中產生的地面氣壓變化（單位為毫巴）。

人類活動所生產熱對氣候有沒有影響？

截至目前為止，由於人類活動而產生的總熱量，還只有太陽曬熱大氣和地面的 0.01%，對整個地球的影響遠在計算或偵測能力以下。但未來五十年，全世界的能量消耗很有理由的可增加四倍，估計有 30 TW ( $1 \text{ TW} = 10^{12} \text{ W}$ )，大部分釋出的廢熱加入大氣和海洋內，有許多發電廠設在海上，熱量更容易散失。該所用 5 層模式研究這些能量場所可能對全球性氣候的影響，將總輸出 300 TW 等分為兩個區域，面積各為 40 萬方公里，一處在愛爾蘭的西南海岸外；另一處在日本海岸外，平均熱通量為  $375 \text{ W/m}^2$  公尺，大約相當於局地太陽輻

射的五倍。結果是北半球大部地區的氣候都有顯著變化。如取 150 TW 為例，反應變化自然較小，但是因為 150 TW 大約相當於現時全球能量消耗的 20 倍，足見在未來 50 年內，人為廢熱對氣候的影響當遠較本試驗為輕微。

### 溫室效應的問題卻很大

當然，二氧化碳的問題遠較嚴重，本世紀內，二氧化碳的集中度已經增加了 15%。因為燃燒化石燃料以及森林破壞的緣故，每年都要增加約 1~3%。根據威濟來特和馬那比的數值模式，大氣中任何地方的二氧化碳如果增加一倍，對流層增暖而平

流層則變冷。全球的平均地面溫度增加約  $3^{\circ}\text{C}$ 。極區溫度最高可以上升到  $19^{\circ}\text{C}$ ，由於冰面和雪面反射陽光減少，另一部分因為熱力性穩定度阻止熱量流到對流層最低處。在熱帶，因為對流作用很強而空氣又濕潤，這種增暖現象可以擴展到整個對流層，所以溫度升高不大。二氧化碳增加一倍，模式中的水分循環也跟着活動起來，平均年蒸發量和年雨量都增加了 7%，但因模式中雲量保持不變，而海洋又是用一濕面來代表，既不能貯熱，又不能傳熱，所以想要預測它的變化，實在很困難。

二氧化碳既有增暖功能，自然也就增加了大氣中的水汽含量，吸收長波輻射的能力也隨之增加。可見產生增暖的後果，其中一半直接因為二氧化碳的增加，另外一半當歸於水汽的增加。水汽的集中度與可以利用程度既然到處都不一樣，所以二氧化碳引起的增暖，全球也不會均勻，有些地方也許會遠比原先為冷。

勃拉克耐爾氣象所利用 11 層模式研究地區性

和短暫性的變化。考慮充分相互作用結果，按照現在的二氧化碳集中度和加一倍的集中度，以及現在的海面溫度和升高後的海面溫度。分別修正雲量加以試驗，經由全年循環加以積分。

採用現時的海面溫度，二氧化碳增加一倍，結果全球陸地平均溫度只升高  $0.4^{\circ}\text{C}$ （比馬、威爾氏算得者小得多）；但採用高於現時值  $2^{\circ}\text{C}$  的海面溫度，則全球陸地平均溫度上升  $2.7^{\circ}\text{C}$ 。顯而易見，合理估計二氧化碳的效果，必須結合大氣及海洋模式，以及彼此的相互作用。

想要準確預測氣候變化的程度及其持續時間，現在還沒有這種可能，因為目前我們了解大氣的內在因素還不够透澈。但是利用現在的電子計算機模擬技術作為出發點，至少能了解一些未來幾十年內人類活動可能對氣候的影響。

（原文題目：Computing climatic change, 原文刊於：New Scientist 19 Apr. 1979）

## 氣象學報徵稿簡則

- 一、本刊以促進氣象學術之研究為目的，凡有關氣象理論之分析，應用問題之探討，不論創作或譯述均所歡迎。
- 二、本刊文字務求簡明，文體以白話或淺近文言為主體，每篇以五千字為佳，如長篇巨著內容特佳者亦所歡迎。
- 三、稿件請註明作者真實姓名、住址及服務機關，但發表時得用筆名。
- 四、譯稿請附原文，如確有困難亦請註明作者姓名暨原文出版年月及地點。
- 五、稿中引用之文獻請註明作者姓名、書名、頁數及出版年月。
- 六、惠稿請用稿紙繕寫清楚，並加標點。如屬創作論著稿，請附撰英文或法、德、西文摘要。
- 七、本刊對來稿有刪改權，如作者不願刪改時請聲明。
- 八、惠稿如有附圖務請用墨筆描繪，以便製版。
- 九、來稿無論刊登與否概不退還，如須退還者請預先聲明，並附足額退稿郵資。
- 十、來稿一經刊載即致稿酬，每千字按壹佰五十元至貳佰元計算。創作論著稿之特具價值者另議。
- 十一、惠稿文責自負，詳細規定請據本學報補充稿約辦理。
- 十二、惠稿請寄臺北市公園路六十四號中央氣象局氣象學報社收。

（請參閱補充稿約）

Volume 25, Number 4

December 1979

# METEOROLOGICAL BULLETIN

(Quarterly)



## CONTENTS

### Articles

A Preliminary Analysis on the Characteristics of Soil

Temperature in Taiwan.....*Wen-Jiunn Liou* (1)

Analysis of Typhoon Precipitation in the Tam-sui River

Water Shed.....*W. S. Kuo, C. T. Chiang, S. G. Chu and Y. T. Hu* (9)

The Relation between Annual Temperature Variation and

Safe Cultivation Period of Paddy Rice in Taiwan...*Chea-Yuan Young* (21)

The Development of Two Type of Instruments for the

Measurement of Radiation.....*Chau-Ming Lii* (29)

### Translation

Computing Climatic Change.....*Translated by Ke-Hsun Chi* (35)

**CENTRAL WEATHER BUREAU**

**64 Park Road, Taipei**

**Taiwan, Republic of China**

行政院新聞局出版事業登記證局版台誌字第○九七六號  
中華郵政臺字第一八九三號登記爲第一類新聞紙類