

氣象學報

季刊

第十七卷 第二期

目次

論著

- 最近颱風研究之發展 汪群從 (1)
對於工業化都市維持環境平衡的幾項建議 鄭子政 (3)
音爆與氣象因子之關係 蔣志才 (9)
海風含鹽量之研究 陳英茂、林德煌、林茂生、呂世宗 (16)
氣象雷達在天氣預報上之利用法 林瑞山 (24)

報告

- 民國五十九年北太平洋西部颱風概述 研究室 (37)

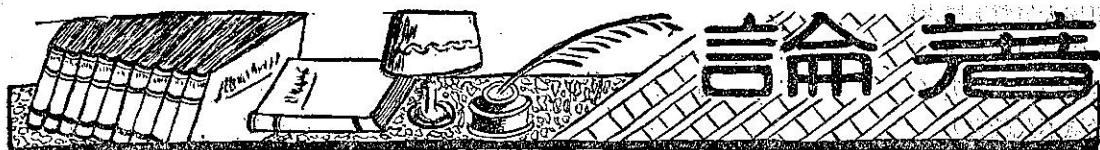
氣象學報

(季刊)

第十七卷 第二期

主編者 臺灣省氣象局氣象學報社
地址 臺北市公園路六十四號
電話：二四一四一
發行人 劉大年
社長 劉大年
電話：二二八四〇
印刷者 文英印書公司
地址 臺北市三水街七號
電話：三三四七二四

中華民國六十年六月出版



最近颱風研究之發展

汪 群 從

Recent Development on Typhoon Research

Chun-tsung Wang

Abstract

A brief lecture note on the general introduction of the recent development on typhoon research is presented, also included is an outline on the program of typhoon research coordinated by the Institute of Physics, Academia Sinica.

颱風自生至滅，不過十日左右，然其挾帶之狂風、暴雨及湧浪却常造成難以計數之災害。臺灣位於西太平洋颱風侵襲區內，自不能不對颱稍加注意。

近年來許多大氣科學家研究颱風之生成、結構、能量及運動，然而由於基本觀測及理論研究進度遲緩，颱風預報祇能仰賴經驗公式。同樣的，在未能了解及仿製大氣因素前，室內模型試驗也難言有成。測站不足，資料缺乏與難解之基本數學公式使吾人對颱風仍然不甚了解。

一般相信颱風乃由熱帶擾動而成，其生成的可能原因有三(8)。1). 極槽侵入(Polar trough intrusion)：當西風中之低壓槽滲入熱帶，而其侵入槽之南端變成半滯留狀態或併入東風中時，可能演變而成颱風。2). 東風波(Easterly wave)：低空之渦旋度因受過量之對流或高空渦旋度影響時，會形成颱風。3). 間熱帶幅合區(ITCZ)：在溫暖天氣，當間熱帶幅合區在赤道北面受地球旋轉力，而產生低壓系統時，亦會形成颱風。1968年 Yanai (10) 分析 Doris 颱風時，分熱帶氣旋之形成為三期：第一時期，一個低空之擾動與其東邊的一個高空的反氣旋發生關連，而產生大規模規律化的垂直運動。此時上升的氣流冷於其周圍的氣流。第二時期，上升氣流由於凝結時所

放出之潛熱而逐漸由對流層之上方向下開始變暖。原有之冷心(Cold-core) 摆動開始變為暖心擾動。第三時期，暖心充滿了對流層。此時高空的反氣旋位置在低空氣旋之上方，上空氣流加強外流，海面氣壓驟然下降，熱帶氣旋乃生成。

除了早期發現颱風成螺旋雲分佈及其能量主要來自凝結熱外，颱風之細部結構及其各種變化尚不為人知。一般來說(5) 颱風總是生成在海面溫暖的地方(溫度在 27°C 以上)，是一個挾風帶雨，具有颱風眼特徵的低壓，海面溫暖的濕空氣捲入颱風中心，上升凝結放出熱能而維持颱風之成長。雖然颱風之熱功率極低(百分之三左右)，但是一個颱風一天內所放出之凝結熱仍相當於四百個二千萬噸氫彈所能產生之熱能。

在颱風成長及運動方面，隨著高速電子計算機之進展，利用數值分析去解基本方程式或準地轉(Quasi-geostrophic) 方程式而研探颱風之技術也日益進步。假設颱風係對稱，而研究颱風成長者近年有Ooyama (4)，Yamasaki (9) 及 Rosenthal (6)。在颱風運動方面，前幾年 Nitta (3) 修訂 Gambo 的渦旋度方程式而更進一步的預測颱風之變化，最近 Manabe 及 Smagorinsky 等人 (1) 藉一般大氣環流模型直

接研探大氣質颱風之變化及運動等原則。

當颱風轉入海面溫度較低之處或登陸陸地上後，由於熱源突然喪失（陸地上摩擦阻力亦加大），龐大的颱風不久就失去了威力而漸漸消失。當然它所挾帶的雨量却仍可能持續為害一段時間(7)。

鑑於颱風強大的破壞力，近期有破風計劃 (Project stormfury) 試圖改造颱風。此計劃以碘化銀注入颱風眼周圍，使過冷水滴凝結成冰，放出的熱量使颱風中心低壓附近之壓力減低。如此颱風眼周圍氣壓差減小，而使颱風威力減小。然而如同Mason (2) 在英國皇家氣象學會致詞時認為過去的二十年及未來的三十年，改造氣候方面（特別是雲種散播）難以有成；在颱風改造方面近期內恐亦難望有成。

近來筆者四處參觀連繫，發現國內、外學者、專家皆認為以颱風對臺灣為害之烈，以吾人對颱風了解之淺薄，實有加強對颱風研究之必要。研商之後，擬一個颱風研究方針，簡敍如下：

第一部分是對颱風本身的研究，可分為四項：

1). 颱風觀測 (Observation research)

蒐集、整理、歸納及分析颱風資料，研究與颱風有關因素之變化、颱風運動之原則等。

2). 颱風理論 (Theoretica research)

研究颱風之成因、結構、能量、動態及風雨之變化等。

3). 颱風實驗 (Experimental research)

包括室內設置颱風模型研究颱風及室外取樣盤改造颱風等。

4). 颱風預報研究 (Operational research)

研究及改進颱風預報方法。

第二部分是對颱風可能釀成災害之研究，計分：

1). 暴風：研究颱風來臨時，各地風力分佈及分析風力與結構物之關係，以為結構物設計之規範等。

2). 暴雨：研究颱風降雨量與地形質洪水之關係，以為颱風可能降雨量先期預報之根據。

3). 浪潮：研究颱風湧浪對河州、港口及港內停泊船隻之影響，設計及安全上應注意之事宜。

概言之，筆者以為今天在臺灣研究颱風，應以能有之人力、財力及設備，以可能侵襲臺灣之颱風為重點，先求了解颱風，改進颱風預報之準確度，然後研究颱風可能釀成災害及其可能預防方法，最後在財力許可時才求如何控制颱風。本着研究支援行政，建教合作的精神，十年內當可在經濟容許度內對此天災有進一步的了解。

參考文獻

- 1). Manabe, S., Smagorinsky, J., Holloway, J. L. and H. M. Stone, Simulated climatology of a General Circulation Model with a Hydrologic Cycle, Monthly Weather Rev., 98, 175, 1970.
- 2). Mason, B. J., Future Developments in Meteorology: an outlook to the year 2000, Quart. J. Royal Meteor. Soc., 96, 349, 1970.
- 3). Nitta, T., Some Examples of Numerical Weather Prediction, with the Special Emphasis on the Development and Maintenance of Relatively Small Scale Cyclones, J. Meteor. Soc. Japan, 43, 148, 1965.
- 4). Ooyama, K., Numerical Simulation of the Life Cycle of Tropical Cyclones, J. Atmos. Sci., 26, 3, 1969,
- 5). Palmén, E. and C. W. Newton, Atmospheric Circulation Systems, AP, N. Y., 1969.
- 6). Rosenthal, S. L., A Circularly Symmetric Primitive Equation Model of Tropical Cyclone Development Containing an Explicit Water Vapor Cycle, Monthly Wea. Rev., 98, 643, 1970.
- 7). Schwarz, F. K., The Unprecedented Rains in Virginia Associated with the Remnants of Hurricane Camille, Monthly Wea. Rev., 98, 851, 1970.
- 8). U. S. Dept. of Commerce, Hurricane, ESSA, 1969.
- 9). Yamasaki, M., A Tropical Cyclone Model with Parameterized Vertical Partition of Released Latent Heat, J. Meteor. Soc. Japan, 46, 202, 1968.
- 10). Yanai, M., Evolution of a Tropical Disturbance in the Caribbean Sea Region, J. Meteor. Soc. Japan, 46, 86, 1968.

對於工業化都市維持環境平衡的幾項建議

鄭子政

*Some Proposals on the Maintaining of Ecoequilibrium
Around Industrial Cities*

Kenneth T. C. Cheng

Abstract

This paper discusses the general trend on the development of ecological pollution which endangers the ecoequilibrium made by human activities. Since this problem involves a number of factors related the technosphere and biosphere, the writer therefore touched on each item of air, water, soil, thermal and noise pollution separately but gives a general way of treatment. To maintain the ecoequilibrium, it needs the cooperative efforts done by national, regional or global researches which depends upon the condition and scale of the pollution before such a danger could be controlled. Some proposals are also given for the ways to lead these researches.

自一七五〇年工業革命(Industrial revolution)以來，人類對於工業產品的質和量均有不斷的進步。由於工業發展，人口由鄉村集中於都市。於是產生都市日益擴張的趨勢。都市人口所需消費量因亦隨之增加。於是循環式的又促進工業加強發展。工廠的設立必須有動力的供應。動力的資源多取給於化石燃料，如煤、石油與天然氣之類。在一七〇〇年英國每年所耗費煤量僅二百五十萬噸，待至一七七〇年煤量已增至六百萬噸，至一八〇〇年煤量又增至一千萬噸(一)。美國在一八五〇年煤產量為七百萬噸，待至一八七〇年煤產量驟增至三千三百萬噸。二次世界戰爭前美國煤產量最高峯在一九二六年達六億五千七百萬噸。一九六七年美國煤產量為五億六千三百十五萬六千噸，其中烟煤產量居五億五千一百萬噸。此煤產量耗用於鋼鐵工業上每年即達一億噸左右(二)。美國每年耗用汽油量約八百億加侖(三)。由燃料中所未能燒盡的物質及汽化物體皆投入於空氣中。空氣層中於是不斷的增加人為的污濁物質而污染大自然空氣環境的潔淨度(Purity)。美國工廠烟突中每年噴出一億四千九百萬噸有毒物質。其現有九千萬部汽車，每年約噴出三千萬噸一氧化碳。以德國而言，每年放出二千萬噸汙染物質在空氣中，從煤和石油而來的廢氣，約七百萬

噸一氧化碳，五百萬噸二氧化硫，二百五十萬噸二氧化碳，三百萬噸碳氫化合物和二百五十萬噸塵土圓。空氣污染問題已日益嚴重。自一九四五年後，空氣污染一項，人類已羣起研究，文獻之多已得彙為專門之學(五)。空氣污染氣象學(Air pollution meteorology)(六)其目的在由現有或計劃之降落物測站報告計算污染物質之集中位置，或污染物質之沉降量，並推算污染物質擴散與分佈時間與空間之型態。因欲作未來安全的措施，若干相關的問題，亦兼涉及於研究的範圍。例如烟囱高度的決定；為謀求污染程度的豫告，須作噴射污染物質發源地區污染物發射之管制；及對於大規模都市發展的檢討(七)。空氣污染物質的散佈往往受其地形環境的影響。在美國西雅圖(Seattle)近地面所放射物質常不能越過其東南部山嶺地區。污染物質放射高度在二千公尺以上者，可能漂流至波夕(Boise)地區，但無法再向東南延伸至鹽湖城(Salt Lake City)一帶。至於在鹽湖城附近之污染物質則常累積於一處，無法逸出，須直至另一風暴經過時始得改變在盆地中空氣的淨度(八)。空氣污染僅屬於環境體系(Ecosystem)的一部份。諸如水質污染(Water pollution)、原子塵(Radioactive fallout)污染、雲種撒播與凝結尾(Cloud seeding and contrails)

污染、噪音的影響、工業生產排洩物與工業生產物殺蟲劑及藥物處理失當的效應、交通通達後生物及病菌的傳佈、以及因新興原子發電所造成的效應在空氣與水質中熱能的污染（Thermal pollution）之類。類多由於人爲的結果而影響及於生存的環境的平衡（Ecoequilibrium），且將有影響及於人類生存的危機。此種情形早已爲先知之士洞察機先知。更有人大聲呼籲，人類生存於世界如乘泰空之舟，應該和衆共濟，而不能有鑿舟自沉之想。在工業發展的今日，世界所有工業化的都市，皆已陷入於環境污染的泥穴。以臺灣島嶼而論，亦未能遠離於世界環境污染危機的漩渦。此爲在工業發展時代所應同時謀求環境平衡，以達到人類生活適宜的環境。吾人必須認識現時的環境狀況並且推知環境狀況演變的程度，然後草擬研究計劃，按期施行，以緩和環境污染危機的壓力。然則將如何處理此環境污染問題，下列幾個步驟，乃屬於科學工作上所須經歷的過程：

一、設立都市氣象與環境衛生偵察站網，藉以探測環境污染程度與其演變狀況，乃得以尋出污染物質主要放射的淵源。

二、分析與研究在一地區於一時期內生物生活上所受人爲環境變化的影響，並豫測其演變的傾向。
三、從速認識可能潛在的危機。
四、審察對於違背人類意願的環境改變及其對於社會、經濟與文化的效應。
五、運用科學方法與技術以改善環境而防止其趨於惡化。
六、人口膨脹問題：環境污染的因素甚多，其中一點則由於世界人口的急增。現有世界人口已達三十億，至本世紀末，人口可能增至七十億之數。約以三分之一人口均集中於都市。使都市環境日趨於惡劣。且以都市有限的面積，擁入不絕而來的鄉民。於是產生土地利用過分現象。居屋均向空中伸展，以節用土地。由於自然地盤（Natural areas）的萎縮而形成環境不平衡（Ecological imbalance）現象；由於自然資源的耗竭，使若干地區部份的居民的營養轉趨於惡劣。都市地區病率增加，都市中廢棄之污穢物質增多，使市區衛生清潔處理，頻添困難。若干國家對於人口膨脹的危機，採取家庭計劃方案，其效應在環境平衡上的影響，尚須加以審度。因人口統計資料（Demographic data）必須注意於時間與空間的關係。尤宜着重於調查項目與調查方案，庶幾乎仍能得統計分析正確的效果。自然災害發生之後，在

人口繁雜之區，最易於招致疫疾。此種經驗殊值得供給環境改善上之參考。更進而研究與分析資源發展計劃務使其影響及於環境之損害遠於極微，而能供養未來世界或一地區人口的增殖，使世界有足够的糧食與資源以安定人類的生活。

二、空氣中二氧化碳含量的增加 在大自然中碳的循環（Carbon cycle）實概括植物與空氣間的交輸及海洋與空氣間的交輸。燃燒大量化石燃料增益空氣層中二氧化碳之含量，而海洋則肩折衝調節之任，以維持空氣層中之含量，此種緩衝之功效則視海面溫度而定。二氧化碳含量增加之後，每產生溫室效應（Greenhouse effect）。由於二氧化碳能接受入射日射之短波輻射而能吸收地面出射之長波輻射。因此二氧化碳含量之增加可以增加地面溫度。且亦可在生物圈（Biosphere）中產生其他直接的效應。因此在地球表面空氣層中二氧化碳之含量須有代表性之資料始能研究碳的循環，尤以大氣與海洋間交互的影響與二氧化碳對於生物直接的效應。目前各家對於二氧化碳含量之長期變化，尚屬於意見分歧，其原因由於缺少對於二氧化碳含量健全之觀測站網。據稱自一八六〇年以來，空氣中所含二氧化碳已增加十四倍之多。倘至公元二千年時，空氣中二氧化碳濃量將再增加百分之二十五。近十年來增加達百分之四十。每年人類所呼出二氧化碳已達二十億噸，而由燃燒燃料所發射而投入空氣中二氧化碳則達一百五十億噸。由於空氣與海面間交輸的知識鮮少，因而對於氣候上之影響，尚不能作未來的鑑測。地球表面由於都市的擴張（Urbanization）綠色植物面積縮減或於無意中植物遭逢的毒害，皆對於空氣中二氧化碳濃度有重要的影響。其他相關科學的研究，如空氣層中二氧化硫或二氧化氮（水汽）含量的增加，亦應注意於研究其影響。因此在當前所須着重於研究的問題諸如在空氣層中二氧化碳所增加平均含量的變化。若在高緯度海洋所釋放與吸收二氧化碳的含量。若二氧化碳含量變化對於氣候或生物圈（Biosphere）影響的結果。以水汽而論，二氧化碳含量在冬季、在高山地區、或高緯度地區其影響分外重要。因而在世界上二氧化碳測站之設置應兼顧及於緯度之分佈與南北半球之位置。譬如南極洲及夏威夷之蒙納羅火山（Mauna Loa）其海拔高達一萬三千六百八十英尺，平均每隔三年即有一次爆發。皆屬於理想測站的位置。

三、空氣混濁度（Turbidity）的增加 地面空氣層中由彗星尾部所散落的隕星塵（Meteorite）

tes dusts) 估計每日可達二百五十九萬二千噸(噸)。世界上現有五百餘處活火山，每日噴發無數火山塵騰入空中(噸)。加之由大氣運動所掀起之地面無數塵沙，自一地方運輸至另一處所，其間可達數千里遙遠之距離(噸)，益以人爲所生之烟霧 (Smog) 使下層空氣中混濁度爲之增加。此種顆粒物質含量之添多足以使空氣混濁度增加，而能影響及於一地氣候之變化。因塵粒增多可使空氣對於日射之透射性改變，亦可使空氣中凝結核密度增加，此種下層空氣混濁環境，端有賴於風暴降臨而待雨後衝消以去。下層空氣中混濁度並能影響及於光波的反射率 (Reflectivity)。地面的反射率每亦由於地面灌溉狀況與都市化環境而有所改變。因是在下層空氣中所存在塵埃的升沉 (Sources and sinks) 周期必須有澈底的明瞭。而後可以作定量性豫告混濁度變化對於氣候的效應。吾人對於大氣混濁度應宜着重於大氣混濁度的地理分佈及其增進率之研究；塵埃顆粒之大小、成分及其來源與地區範圍；塵粒浮游在空氣中時間之長短；皆必須明瞭此類塵粒與混濁消散的過程；由於地面反照率 (Albedo) 與輻射儲能 (Radiation budget) 的變化對於天氣與氣候上的影響；與混濁度對於陸地表面反照率的關係。凡此皆爲混濁度研究之量點。

四、海水與河水的污染現象 河海實爲人類工業社會所造成各種污染物質吞吐過濾之淵藪。工業生產中所廢棄的流出物 (Effluents)，殺蟲劑與溝渠污水 (Sewage) 皆由河川而流注於海洋。高度毒性物質亦常沉諸於海底或棄諸空曠廣大的洋面。危險貨物或油料經常日以繼之，由船隻運輸至於海上在偶然或蓄意事件發生情況之下，拋諸於海上或投入於海中。然後污染物質又由海面經直接擴散作用 (Diffusion) 或經降水傳至他處。海水污染如油類漂浮於海面，若漂流以至海邊可以毀損海灘遊樂景物，一夸脫 (Quart) 磷物油可以使一百萬夸脫的水，不能飲用。至於不易於混和的油類 (Oil emulsifiers) 撒播於海面則將有損於漁撈事業。任何一種污染物質物理性如熱能污染 (Thermal pollution)、化學性與混雜性 (Particulate) 倘若影響及於環境體系 (Ecosystem) 之性質，而損害或殺傷及於物種 (Species) 與改變環境體系的平衡即將減少生物之品類。且更有甚者將直接或間接經由食物而傳導毒物達於人體，而危及於人類的健康。美國環境保護局報導在一九六九年期間，美國境內約有四千一百萬條魚因水污染而死，較前

註：反照率乃入射日射量與出射日射量之百分比率。

數年多出兩倍。北海爲歐洲工業污水的深坑，每天有一千二百噸硫酸拋入海中。在挪威海域一家罐頭廠每年傾倒一萬八千噸甲醚液入海。波羅的海因海水含汞量增高，魚類已不能食用(噸)。日本輸入美國的鮪魚與劍魚，其所含甲基汞已超過安全限度百萬份之點零五標準。一九六五年宇井教授調查市場部份魚類含汞量已超過百萬份之一。一九六九年調查印度洋鮪魚含汞量平均爲百萬份之一點零八(噸)日本附近南灣魚和蜆貝沾染甲基汞，一九五三至一九六〇年間造成水銀中毒案一百十一宗，死四十三人。經追查其毒源，始知由一化學工廠所排出渣滓，污染海灣所致。大抵工廠所排出污染物質均由溝渠河川以至海洋，然後再由海流，風信轉輸以至於其他處所。偵測海水污染之性質與淵源，實多困難。但人類爲維持環境平衡的理想及保持人類健康的目的對於水質污染方面必須從事於下列多項之研究。(一)每一種污染物質之性質；(二)現有水質之含量；(三)污染毒物之來歷及其轉運之途徑；(四)在其物理、化學、與生物過程中污染物質隨時間之變化；(五)初期毒性之程度及其在溶解後之變化；(六)毒物對於環境體系平衡與一種植物與動物所受急性或慢性的影響及其程度；(七)如何經由食物傳遞以至人體而危害及於健康。

五、原子輻射塵的危害 近十年來蘇聯、美國、中共與法國均先後曾作一連串核爆試驗，使潔淨的大氣圈感染原子塵污染，北半球放射性降落物侵襲臺灣的路徑，作者前曾著文論述(註)。核子塵可以漂流至世界任何地區，自薩哈拉至臺灣不過歷時一週，若自比基尼則在二週左右，而自內華達則在三週間核塵可以漂達臺灣。論核塵對於人體之危害，國際原子能委員會 (International Atomic Energy Agency) 出版刊物至多，不勝枚舉。組合放射性塵埃分子主要的爲鋯九十、碘一三一、與鉻一三七等。核塵對於人體所受放射性強度最大容許量爲每日應不超過人體效應率 (Milli-Roentgen Equivalent Man) 三百個單位(註)。核子塵 (Radionuclides) 對於環境體系自具有高度的危害性，又以在特殊高山地形區域，在國際間公認爲『關注地區』 (Reference areas) (註)。核子塵標本之採集須在冰、雪、泥炭 (Peat) 與泥土 (Mud) 剖面、樹木年輪與博物館標本中加以詳細分析。並須研究核塵在空氣、水質、土壤、生物與人體內所積聚的含量，且應不斷的以現有資料與新的資料作比較研究。

六、蓄意與無意所形成空氣污染 過去二十五年中平流層飛行已形成世界各地交通經常的現象。噴射型航空器在高空所排出氣體其溫度與其環境氣溫相去懸殊，因而自地望去，每見凝結尾 (Condensation trails) 現象，在平流層中原含水汽至屬微少。由於平流層飛行發展，使高層水汽之分佈將因之改變。據稱在平流層中水汽含量於過去五年內已增加約百分之五十(三)。由於上層水汽增加，可能使地面因產生『溫室效應』而增加氣溫。另一種空氣污染則由於人類進行改變天氣的實驗 (Modification of weather) 以碘化銀投入雲層中，使雲層上層加強產生膠性不穩定狀態 (Colloidal Instability) 而促使提早降雨過程。雲層結構因之改變，風暴路徑或因而轉移，或阻止降雪。此雖皆屬於局部地方天氣之改變，但其在大氣能量平衡 (Energy balance) 上，可能由於人為能量之增加而發生重大影響。其結果足以招致氣候上之改變，如地而反射率之變動，或積雪面積的增減。此類在大氣上層與下層於有意與無意之間所形成空氣污染程度與情況，尚未為科學人士所作深入探討，而亟待作進一步研究與分析。

七、新的物種引入後的影響 由於世界交通之利便，雖在原野蠻荒之地已屬於無有人跡不到之處，因而新的物種若動植物與病菌均隨之傳佈於世界各地。一物種傳入至於一新地區往往產生爆發 (Explosions) 現象，由於在原地所生長，自然的生物競爭者與病原體 (Pathogens) 可能產生不存在現象。流行的黑死病 (Bubonic Plague pandemic) 乃由船上鼠類而傳佈於世界各處。西非干比亞河 (Gambiae) 的瘧蚊 (Malaria Anopheles) 傳至於巴西。人類深入於蠻荒原野，作各種科學調查研究，或作經濟開發之想，使疾病菌毒隨之散佈，因而使環境體系為之改變。此外若巴西之墨西哥蜂，美國大湖區之鮑魚及太平洋島之巨蛇皆係由人類所引入之結果。

八、淡水需求的殷切 在若干地區的國家對於優良品質淡水的需求漸進而為尖銳的問題。淡水的需要隨着人口增加與生活水準而提高。在半乾燥氣候區域及其鄰接地方淡水的需要非常殷切。若缺乏充分淡水供應的泉源即對於一地人民生存與經濟發展要件產生嚴重的威脅。淡水為發電、灌溉、航運與民衆生活所仰賴的物質。世界乾燥地區面積總計達一千八百八十六萬四千方英里之多(四)。在美國西南部各州淡水缺乏情形亦殊嚴重。因此美國政府於一九六七年集資五億美元在加州建設淡化海水廠，最後每日可供水一

億五千萬加侖，足以供應二百五十萬人口城市一日之用。此計劃全部工程將於一九七七年完成。都市人口對於淡水的需求應有計劃的估計水量的需要與在城市、農業與工業上運用的分配，進而推求在缺水時期於一地區可能供應之水量。在不同地區每一河川的流量及其所耗用量均應有精密估計。並對於每一面積單位 (Areal units) 亦須有其代表性水量平衡 (Representative water balance) 觀念。水質管制宜配合水質污染偵測計劃同時進行。並研究可能減少河川、湖沼與地下水直接供應之泉源。此外須以人造衛星偵測土壤水份變化，積雪面積，乾旱情形與鹹水與淡水分界面 (Interfaces)。運用放射性碳 (Radio-carbon) 為碳同位素亦稱碳十四與氫同位素 (Tritium) 以決定地下水之年齡。又如海水淡化 (Desalination) 研究及水量保持 (Water conservation) 與污水淨化以供農業上之運用。美國內政部聯邦水質局近年亦以七十五萬美元進行此項研究(五)。

九、國際水域含氧量減少 (Eutrophication) 問題 世界若干水域顯見含氧量之減少，亦即水質營養失良 (Eutrophication)，以波羅的海而言其水質含氧較已往時期減少，尤屬顯然。同樣情況有若干湖沼亦受人為的影響而水質轉劣。或水面油質氧化 (Oxidation of oil) 亦屬產生同一效果，使水生動植物均將趨於絕迹。因此在國際水域中物種成分，其生長率與相互關係，植物性浮游生物 (Phytoplankton) 與海底生長植物羣之衰落皆須作調查研究。主要植物種類營養物之利用及營養之需要，應有明確之概念。水中營養成分之增減足以使植物性浮游生物之成分產生變化。譬如增高硝酸與磷酸差比 (Nitrate/phosphate ratio) 可以使藍綠藻類受到壓縮而使單細胞矽藻類 (Diatoms) 得到鼓勵。在深海中發展所需氧量極低於準常狀況 (Anoxic conditions) 的植物。促進水域中各層次之水質以改善水生物類生存之環境。由工業所產生污染毒素或由其他來源之污染物質可能有傷害於植物性浮游生物者皆應設法予以摒棄或消除之。

十、土壤沖蝕、破壞與水土保持問題

人類生活之改善端賴物產豐盛，而物產之來源端賴有沃土。土壤之形成必須歷經年月氣候之風化與有機體 (Organisms) 之組合而后始能化為沃壤。若經沖蝕即無法栽種。水土必須保持乃能發揮其生產力量。土壤與水份的關係，尤以在潤濕或次潤濕熱帶地區，土壤受沖蝕之機會特多。必須研究土壤保持。地面遭受

自然冲蝕之情況，應予測量製圖，俾能有具體而切實冲蝕範圍之觀念，而研究如何防止土壤冲蝕。地表浮土往往因風轉移，其塵沙之淵源與轉輸情形亦須加研討。防止森林之濫伐及水梗情況與水質之變化。防止河川與湖沼之淤澱 (Silting)。增加石灰及磷質之類以改良土質，並研究土壤冲蝕與空氣混濁度之關係。

十一、噪音形為環境污染另一種因素

噪音足使入發生煩躁、消化不良、耳聾、心臟病、高血壓、失眠和神經失常等症。噪音最顯著的來源乃由空中噴射式，航空器飛行次數之驟增。美國現有噴射機場約在三百四十六處。而在白天美國上空經常有八、九千架飛機在空中飛行。在芝加哥、紐約與華府間三角地帶常多至四、五千架。機場指揮臺指揮飛機升降次數在十年之內，將由一九六六年四千一百萬次增至一億三千九百萬次，約增加三倍次數⁽¹⁾。噪音擾亂寧靜環境，其嚴重情形亦與日俱增。機場附近尤以音爆 (Sonic booms) 及高度強烈音響對於居民，家畜與野生動物所受驚擾之影響及其在健康上之效應，皆有待於作進一步之分析。降低音浪之水準 (levels)，降低音源發生之影響與環境防止噪音之處理皆在所必需。

十二、空氣、水質、土壤與有體中污染物質之種類

污染物質在不同環境之下產生不同污染情況，其種類亦屬繁多。因此對於污染物質必須有適當的認識。宜乎在各種工業範圍 (Technosphere) 中所排出之化合物對於生物圈 (Biosphere) 未來所生之危害應作深入之研究。污染物質對於動植物與人類所生急性或慢性的影響應作實際試驗，然後對於工業所廢棄污染物質的毒性乃能為有效的管制。現在所認識含有毒性的污染物質有硫化物如二氧化硫 (SO_2)、二氫化硫 (H_2S)、氧化氮 (Oxides of Nitrogen)、過氧化醋酸基 (Peroxyacetyl) (有二碳三氫一氧)、臭氧 (O_3)、一氧化碳 (CO)、氟 (Fluorine)、氯 (Cl-Chlorine)、汞 (Hg-Mercury)、鎘 (Cd-Cadmium)、砒 (As-Arsenic)、鋯 (Be-Beryllium)、鉻 (Cr-Chromium)、鉛 (Pb-Lead)、鋅 (Zn-Zinc)、銅 (Cu-copper)、鎳 (Ni-Nickel)、錳 (Mn-Manganese)、硒 (Se-Selenium) 以及殺蟲劑 (Organochlorine Pesticides) 芳香的碳氫化合物 (Aromatic hydrocarbons) 如亞巰質 (Acetylene, HC)、輪質 (Benzene) (C_6H_6 為脂肪及樹脂之溶劑)。又如油脂混合溶液 (Oil emulsifiers)、溶劑 (Solvents)、清潔劑 (Detergents) 與殺蟲

劑 (Pesticides) 及含磷 (P-phosphorous) 與代謝產物 (Metabolites) 如異性磷酸 (HPO_3)、樹膠汽 (Rubber vapour)、塵埃 (Dusts)、石棉塵 (Asbestos dust)、污水 (Sewage) 及其他有機化合物。此外複雜有機分子例如黴菌素 (Mycotoxins) 與性荷爾蒙 (Sex hormones)、抗生素 (Antibiotics)，此外化學物質如青霉素 (Penicillin) 或鏈霉素 (Streptomycin)，另一種抗生素 ($\text{C}_{12}\text{ H}_{33}\text{ N}_7\text{ O}_{12}$) 由土壤放線菌所產生，用以醫治肺疾，酵質 (Enzymes)、用以治胃症，蛋白酵質 (Pepsin) 亦以治胃，若運用失當，皆足以招致禍害。因此在環境上此類毒性物質皆應予以檢查。而決定此類物質積聚於器官或腸胃中之含量，並計算其消化 (Ingestion) 與排泄 (Excretion) 之差比，而知其集中量對於環境體系之影響。並測知其急性與慢性毒素之效應。確定人類可能容許毒素之限度，並以數字定其在環境體系之分量，審察其有無副作用之效應。研究污染物質之散佈及其物理性、化學性與生物性之過程與在水質、土壤與空氣中所聚積之情形。此一研究近稱之為污染動力學 (Pollution dynamics)。

十三、環境體系的惡化 (Degradation)

長期的污染使環境體系中物種品類 (Diversity) 為之減少。軍事與觀光活動在海洋上島嶼上之發展與沼濕地區之排水 (Drainage) 皆造成污染的危機。人類所引入新的環境變化譬如殺蟲劑的效應，住所 (Habitat) 的改變與新異物類的引入皆有顯著的影響對於物種的滅絕。一種物類的突變 (Mutation) 皆將對於遺傳變化上產生效應。由於品類的混雜遺傳學上觀念每失去其真實的現象。一種生物消滅後，往往不再有出現之時。因此吾人欲保存現有物類必須建立植物與動物生殖質庫 (Germ-plasm pools)。此或將對於環境體系的改變與選擇有相當的效益，且可能保持植物園或動物園中的品類。此對於保持環境體系 (Conservation of ecosystems) 的重要性乃屬顯然。吾人須維持遺傳的環境體系至少有雙重意義存在。一方面為物類在美學 (Esthetic) 上與文化 (Cultural) 上的價值，而另一方面為改進現在內地的物類遺傳知識有資源上的價值。例如在放棄的土地上再作殖民 (Recolonization) 的計劃對於新植物類培養或特殊物種的保存，皆有其重要性。人類的企求期於產生簡單的環境體系。譬如在農業上可能屬於蓄意的或屬於偶然的活動。此種簡單的環境體系可能轉為不穩定狀態而在環境上或將有劇變產生的可能。吾人宜着重於

研究海洋島嶼之植物相 (Flora) 與動物相 (Fauna)。此類地區如夏威夷、羣島、厄瓜多爾屬之加拉巴哥羣島，與亞索羣島。在保留的天然地區以研究僅存環境體系的物類 (Species of ecosystems)，譬如美國之艾格來 (Everglades) 及非洲之乃洛比 (Nairobi) 公園，及隔離的湖沼或河川與紅木叢林 (Redwood groves)。研究海洋區域所僅存的物類與環境體系。如在波多黎各島之磷光灣 (Phosphorescent Bay)。研究高等動物生理體系上因受環境刺激而擾亂其體內情況穩定 (Homeostasis) 的異常狀態。此種體內情況穩定之降低在單純體系 (Simplified ecosystems) 中之影響。

十四、在空氣層與國際水域中熱能污染 (Thermal pollution) 現象 美國現有十六處核子電廠分佈於各州，尚有二十多處在建造中核子反應器，另有五十一處在設計中。自今日至一九八〇年美國電力將有百分之三十六將由核子反應器供應。哥倫比亞河已成為世界最多輻射河川，魚類繁殖已受嚴重影響，河水溫度亦顯見增加，反應器外層空氣亦沾污周圍空氣。熱能污染乃由於大都市與核子電廠所棄廢熱而增加水溫，可能因之產生氣候問題與嗜熱菌物的發生，此類微菌適宜生活於溫度攝氏五十至六十度間，而其能生存的溫度則可在於攝氏四十五度至七十五度間。一種鑿船蟲 (Teredo worm) 在北方水域中有溫暖水流之處常能生存而產生嚴重損害。若與他種污染物質在一起可能產連鎖的效應 (Synergistic effects)，尤以對於營養物 (Nutrients) 更屬重要。因此核子電廠所生廢熱流入於河川、湖沼、港口與沿海水域其對於環境所生之效應，應予以研究適當防範。然後設法使廢熱轉化為可能游泳之水質與引入溝渠用作灌溉之需。研究與管制此項熱能污染河川與他種水域之溫度，務使廢棄之熱能化為有用之熱能。

結語

都市工業化之後，由科學發展而產生人為污染之危害，其範圍至為廣泛。防範工作必須集合各種科學技術人員協同分析與研究，以維持人類生活環境的平衡，乃能轉危為安，而工業發展的結果，始可稱為達於完全成功的階段。

引用文獻

- (一) Nault, W. H. et al ed: *The World Book Encyclopedia*, 1970, Vol. 10 pp. 184-195.
- (二) 見註(一) Vol. 4 pp. 577-587.
- (三) Taylor, O. C.: *Plant Injury from Air Pollutants*, Proceedings of the Conference on Air Pollution, 1968, pp. 36-47.

四現代德國月刊第九卷第一〇八號一九七〇年十月份第四頁。

(四) Halliday, E. C.: *A Historical Review of Atmospheric Pollution*

(六) Shaw, P. J. R.: *Air Pollution Meteorology*, Bureau of Meteorology, Melbourne.

(七) Shaw, P. J. R.: *What Measurements are required for Air Pollution Meteorology*.

(八) U. S. Atomic Energy Commission: "Atmospheric Sciences," pp. 12. 1967.

(九) Cooper, C. F.: *Needs for Research on Ecological Aspects of Human Uses of the Atmosphere*, National Science Foundation-Human Dimensions of the Atmosphere pp. 43-51, 1968.

(十) Harvey, H. T.: *Is there An Ecological Crisis?*-Proceedings of Conference 1-Man and His Environment, Environment Sciences Institute, San Jose, California, 1969.

(十一) 鄭子政：都市生活與環境氣象——文藝復興月刊第五期第三六至四一頁。

(十二) 鄭子政：臺北都市氣候與空氣污染關係——現代學苑第六卷第十一期第一至七頁。

(十三) Bert Bolin: *The Carbon Cycle*, Scientific American, Vol. 223, No. 3, Sept. 1970. pp. 125-132.

(十四) 鄭子政：隕星與隕星塵五十七年六月十一日大華晚報現代科學欄。

(十五) 鄭子政：談火山塵與氣候五十八年六月十日大華晚報。

(十六) 鄭子政：華北之霾與沙陣，氣象學報 (南京) 第十八卷第一三三至一四三頁

(十七) 工商日報五十九年九月二十四日——各處海洋變成龐大毒井。

(十八) 工商日報五十九年十二月三十日。

(十九) 鄭子政：從空氣污染說到臺灣降落物輻射性測量結果，氣象學報第七卷第三期第一頁至第五頁

(二十) Appleton, G. J. and Krishnamoorthy, P. N.: *Safe Handling of Radioisotopes - Health Physics Addendum*, IAEA, 1960.

(二十一) 工商日報五十九年六月四日。

(二十二) 鄭子政：人類征服氣候的成就——交通研究所研究叢書氣象與交通第三六六頁。

(二十三) 工商日報五十九年十二月廿二日。

(二十四) 工商日報五十六年五月二十日。

(二十五) 工商日報工商日報五十七年六月二十六日。

音爆與氣象因子之關係

蔣志才

*On the Relation between Meteorological Elements
and the Formation of Sonic Boom*

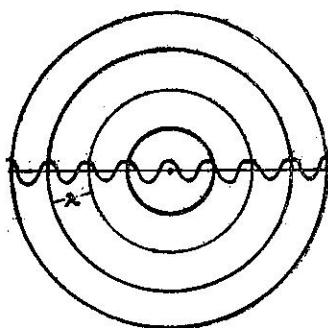
Chih T. Chiang

Abstract

The Sonic boom is produced upon the impact of the shock wave that issues from an aircraft moving at sonic or supersonic speed. Sonic boom intensity is a function of the rapidity and amplitude of the atmospheric pressure change observed upon the impact of the shock wave. The intensity of sonic boom and form of the signature are dependent upon many factors including the weight and shape of the aircraft and upon various flight parameters, including altitude, Mach number, acceleration, and flight-path angle. Sonic boom effects are also critically dependent upon the structure of the atmosphere through which the shock wave is propagated. These include the atmospheric pressure gradient, wind shears, temperature lapse rate, and to a lesser extent humidity, cloud cover and Hydrometers.

聲波原理

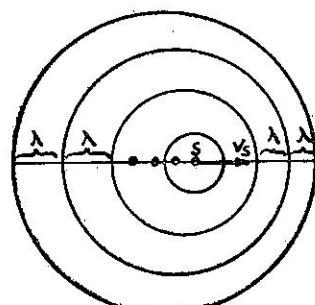
聲音之產生，乃由於音源振盪，其音波向四周推進而產生，其聽者耳膜接收到音波振盪方感到有聲音，至于聲音之高低，則由於週率之改變，倘若為一靜止之音源，在正常的振盪，則其週率不變而改變，在同樣介質內，其波長也不變，乃其音波向四周推進之單位時間距離也是相等，若以音波曲線表示（如圖一），則為正弦曲線形狀。



圖一 靜止音源之音波

若有人站在路旁，一輛汽車不停按着喇叭飛馳而過，當汽車靠近時，其喇叭音響得短促而可怕，當汽車剛過，則音響立即減低，幾至無聲；同樣的如你坐汽車內，快速經過一響聲隆隆的工廠時，當靠近工廠時覺得工廠的聲音很高，不像平時步行經過工廠時的音量，當汽車經過工廠後，音量的減弱也比步行時減弱得快，這純係汽車本身有速度之關係。

像上述情況，在汽車接近時，在單位時間內路旁的人，接收到較密之音波，故感覺聲音突然增高，而



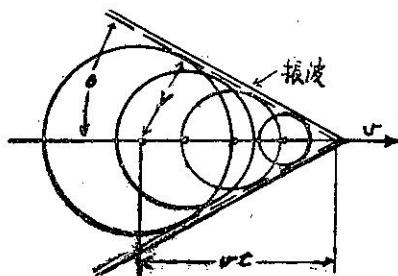
圖二 移動音波在移動方向波長短，反方向波長較長

離去時則恰巧相反，聲音快速的減弱，其時音波波長在各不同方向有異，乃週率隨之有別，如圖二所示，假設 V 為聲速， V_s 為汽車進行速度， A 為在一秒鐘內發出之聲波數目，乃右半圓之週率 $A_s = (V + V_s)/\lambda$ ，也就是右半圓者每秒鐘內所接收到之聲波數，以距離而言，在右半圓 1 秒鐘內汽車與聲波所走相對距離為 $V - V_s$ ，所發生之波數不變，因此在空氣中右半圓之波長為 $\lambda = (V - V_s)/A$ ，而左半圓波長則為 $\lambda = (V + V_s)/A$ ，前者波長較短，而且愈向右邊，空氣間的相對距離愈短，感覺的聲音也愈高得可怕，而左邊恰巧相反，波長較長，而且愈向左邊，空氣之相對距離愈遠，故聲音也迅速降低，幾至無聲。

超音速與振波 (Supersonic Velocities & Shock Wave)

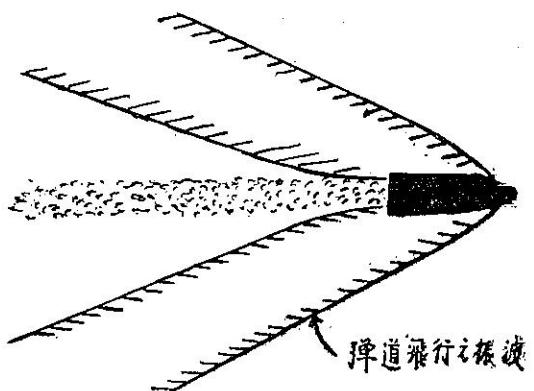
在同介質中音速之快慢，決定在介質之溫度高低，溫度高音速也較高，其計算音速方程式為：

$V_s = 331 \sqrt{\frac{273+t}{273}}$ m/s. 式中之 t 即為氣溫，也是唯一變數，當一物體在空氣中移動，其速率大於音速時，稱之謂超音速，小於音速時稱之次音速，圖三表示一音源體向右移動速率超過音速，當音源體在左邊剛發出一圓形聲波，然音源體本身已有移出其發出之波圈，並且不斷的產生另一波系，於是其沿途所發生之波圈到達距離，在同時間內成一斜直線，與飛行體方向成一角，圖三，正如 Huggen's Principle 所



圖三 超音速所產生之波前像 (Wave front)

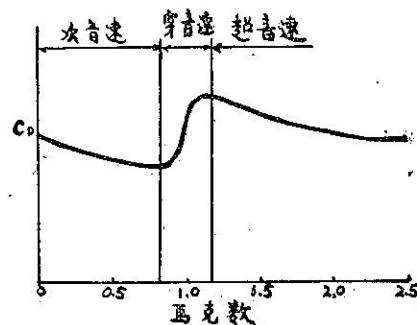
說，其產生壓力波之位置，與各波面成正切，其斜直線亦為各波面之連線，亦是壓力波產生之所在，凡此種超音速飛行體所隨伴而生之壓力波，也稱為振波 (Shock wave)，也是產生音爆所在領域，圖四為一枚火箭或一粒子彈 (砲彈) 穿音速飛行時，照樣有振波發生，任何移動物在介質中移動，其移動速率大過其介質之音波進行速度時，振波將會出現，一般稱謂之飛行物之弓形波 (Bow wave)。



圖四 火箭飛行產生壓力振波

若介質之音速，已依照當時氣溫計算而得，乃以音源移動方向與振波所成之角度，可計算音源之移動速度，從圖三得悉，振波速度為 V ，設音源移動速率為 v ，乃 $\sin\theta = V/v$ ，或 $v = V/\sin\theta$ 。由此可見，如 θ 角度不變，則 v 與 V 應該成正比例變更，移動音源速率大，則振波速率也該大：反之則兩者均應同樣減小，然而 V 振波速率在空氣中同溫度情況下，無變化，乃 v 與 $\sin\theta$ 成反比例， θ 角度愈小，則音源移動速率愈大，反之則小。

當一飛行體在空氣中次音速移動，也有壓力波在其前緣，但有些波前空氣粒子出軌而失散，在超音速情況下移動則有異，當其移動速率超過壓力波時，該區域空氣遭受突然間壓縮，而產生振波，亦即所謂「音爆」，此瞬間之振波可能隨伴很大能量，這些能量可能由移動體在空氣穿越而產生。飛行體穿音速而造成振波，在振波範圍內也將增加其拉力，其拉力增加之多寡，是依當時該區域音速與飛行速度等比較而定，音速與飛行速度之比率，稱謂馬克數 (Mach Number)，當兩者相等時為 1，如寫 $M5$ 即係音速之五倍速率，故通常在火箭，飛彈或飛機等之速率言，引用馬克數表示。



圖五 速率與拉力係數

其拉力公式： $D = C_D S (\frac{1}{2} d v^2)$

S =飛行體剖面面積

d =空氣密度

C_D =經實驗之拉力係數

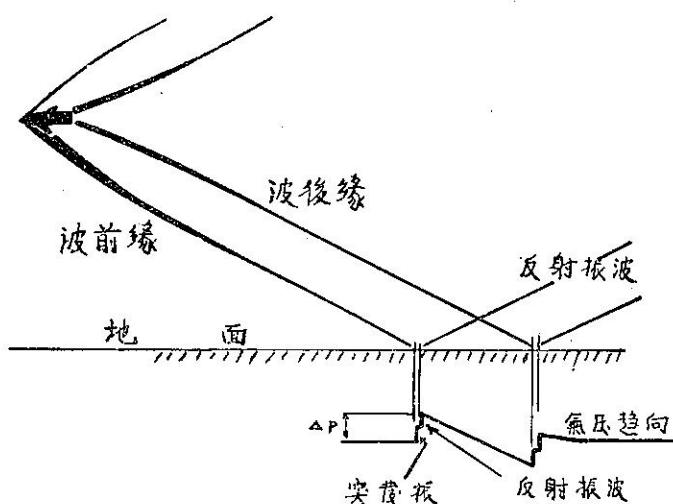
標準拉力係數為飛行體速率馬克數之函數，如圖五，當馬克數不及而速度增加其 C_D 拉力係數略減，可是在穿音速階段，拉力係數則迅速增加，則 D 拉力也隨之增加，迄馬克數 M1.5 之後，拉力係數，則再行緩慢減少，故飛機穿音速飛行時，會感到震動，此為原因之一。

音爆與氣象要素

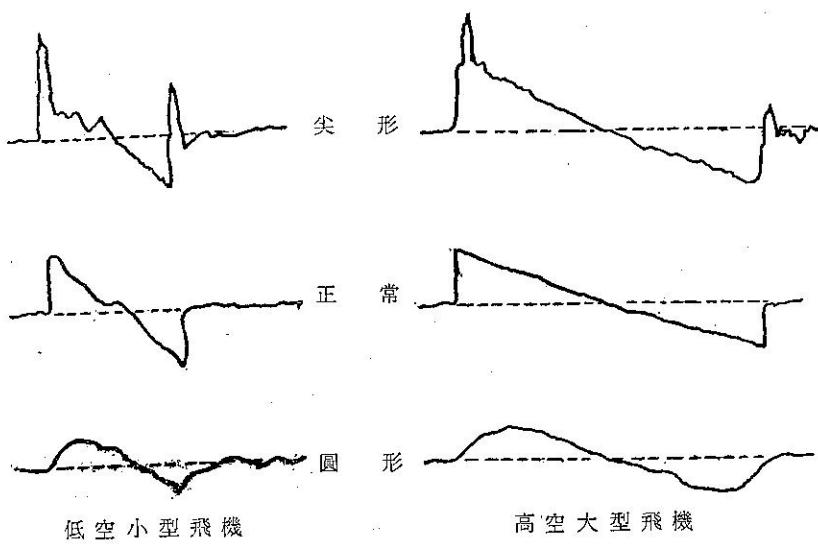
音爆既由於飛行物在音速式超音速進行，其振波衝擊而產生，故音爆強度是振波衝擊時，大氣壓力迅

速改變振幅之函數。由顯微氣壓計紀錄之變化，可察覺音爆之跡象，音爆產生及其強度與諸多因子有關，如飛行物之重量、形狀、各種飛行參數（包括高度、速率，加速率與飛行路徑），與附近地形環境等，均為重要因子，同樣音爆發生後，衝擊波在自由大氣進行時，氣象要素如大氣壓力梯度，風切，溫度梯度，濕度，雲蓋，與大氣中水汽之變化等，也是影響音爆進行方向與其強度之主要因素。

地面所感受之振盪是飛行體弓形波之波前緣（Wave front），如圖六當振波到達地面，地面觀測站之顯微氣壓紀錄突然上升，繼之慢慢降低，最後再突然升至原先之氣壓值，此證明飛行物曾有不規律之推進，引起大氣壓不規則之變化現象。

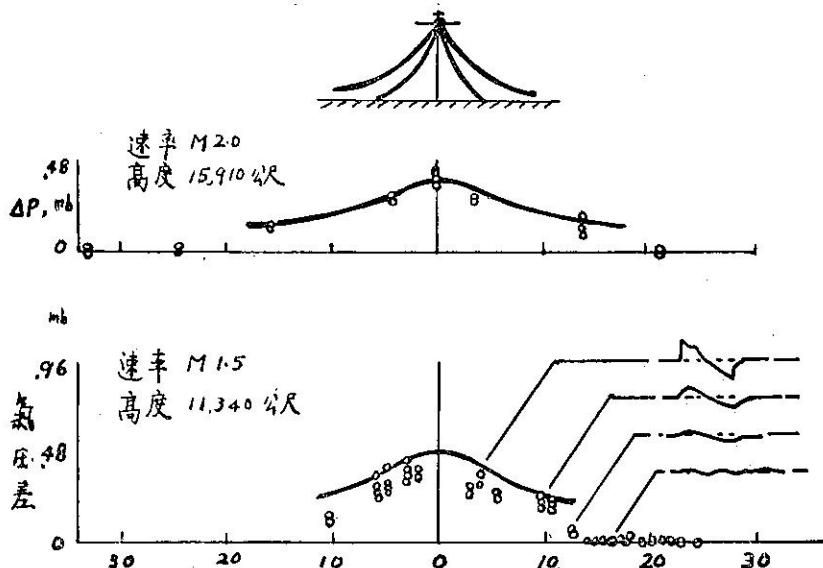


圖六 音爆進行期間之氣壓趨向



振波產生在飛行體圓錐形之鼻端處，與圓錐體軸成一夾角，其弧度大小為 $\sin M^{-1}$ (M 為馬克數)，振波移動速度與周圍大氣有關，因各度各項氣象因素有別，故常發生彎曲情況，如波前緣成凹形，乃凹部份之能量超焦集在較短弧形中，如 M 數值不大，這種個別彎曲波前緣，將在垂直方向搖擺，以致在低層間切斷，在此切斷高度以下之地面，僅能聽到隆隆之闇聲，而不能聽到音爆，若凹形之波前緣焦集趨向在切斷點，(Point of cut off) 則該點之音爆將為

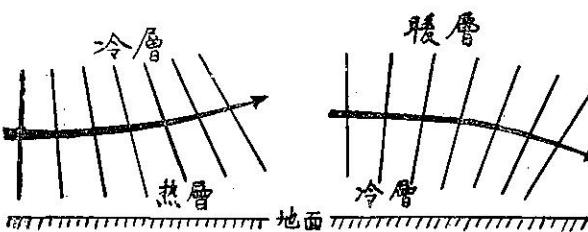
最強部份，又若切斷高度剛到地面，乃此音爆將特別強烈，至於在飛行路徑兩側之音爆強度分佈，也接於大氣溫度梯度與風切，圖七是在靜風正常大氣情況下之超壓 (Overpressure) 分佈情形，音爆強度自飛行路徑之兩側，以距離而逐漸消失，該圖凡線條部份均為理論之數值，圓圈部份為 Maglieri 與 Hilton 二氏在 1965 年實測紀錄，表示在飛行路徑兩側之距離，與音爆逐漸減弱之情況，同理論相符合，但側風時也可能使某側之超壓，比飛行路徑上者為高。



圖七 飛行路徑之側面距離(浬)

各高度之風向風速影響振波之彎曲，當頂風向時航空器與空氣之相對速率大，故振波趨漸向緯度方向拉平，反之則向經度方向彎曲，至於氣溫如何影響振波之彎曲，如圖八，若空氣上面冷下面熱，振波趨向

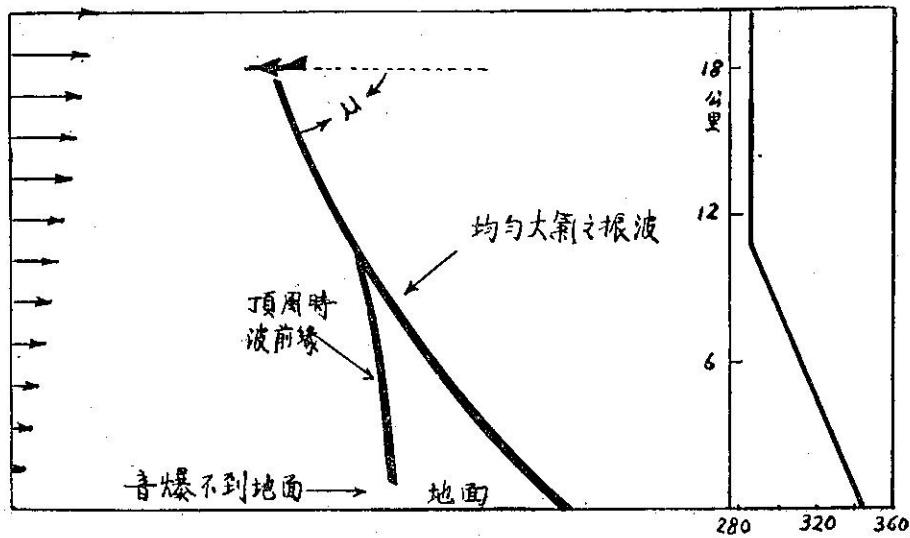
上彎曲；上面暖下面冷時，振波則趨向下彎曲，換言之，振波是趨向冷空氣方向彎曲，而向暖空氣方面凸出，其彎曲率與氣溫梯度之大小成正比。



圖八

正常情況對流層大氣溫度隨高度遞減，風速也隨高度增強。如圖九，航空器飛行高度為頂風時，若超音速飛行而產生音爆，乃振波將自飛行高度，向下趨向垂直方向彎曲，振波可能脫離地面，若航空器再爬升高度，乃振波切斷點將會提高高度，而不可能到達

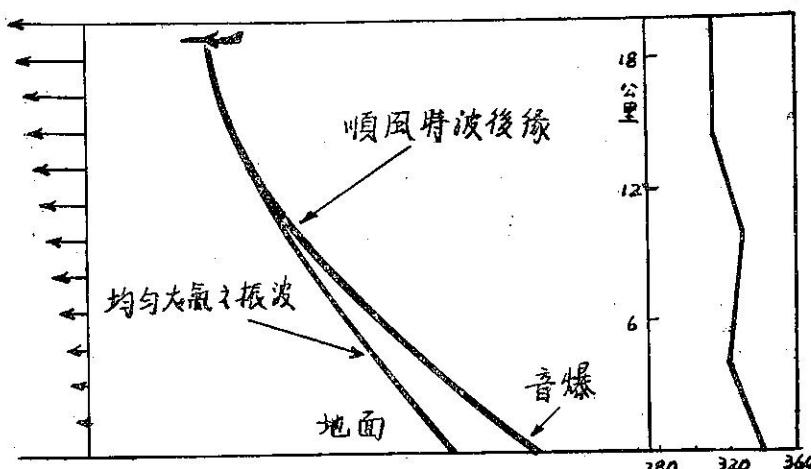
地面，但如航空器開始降低高度，其切斷點將會低於地平線，將有切斷點剛作用在地面之危險，音爆之震盪特別厲害，若航空器必需降低高度，為避免音爆擊地，乃可能迅速降低飛行速度至次音速，則振波能量趨於擴散而消失。



圖九 正常氣溫遞減與逆風時之振波 (音速m/s)

圖十，說明低空有逆溫層，或順風飛行其風速隨高度增強時，振波將後移，音爆將接觸地面，然因振波弧度增大，能量沿弧度擴散而消滅，以致音爆也將衰弱，通常地面音爆強度之變化，是接於垂直自由大氣溫度遞減率，飛行高度之風向風速與垂直風切等氣象因素，而不容易察覺到，在標準大氣情況對流層飛行

時， M 數值 $1 \sim 1.3$ 時均有發生可能，除非飛行速率不超過音速。不過也有例外，如飛行高度為頂風，而又在爬昇高度時，可能 M 數值高達 1.6 才產生音爆，當 M 數值 $1.0 \sim 1.3$ 之超音速範圍內，在頂風飛行，或地面氣溫高之情形下，音爆發生之可能性，將增加 15% 。



圖十 逆溫與順風時之振波 (音速m/s)

在熱帶航空器飛行高度，通常均遠超過最大風速層，一般而言，振波穿過最大風速層後即將衰弱，因為大風使振波彎曲，若不加速或俯衝而保持原有形態飛行的話，乃最大風速層將會減少音爆之破壞力，又當大氣有亂流與振波相交時，乃振波能量也將大量的曲折，音爆也為減弱，據美國 Oklahoma City 基

地音爆試驗結果紀錄顯示，有亂流時地面氣壓有些地點出現圓形，但有些地點出現尖峯形，但超壓之高低極限是正常化氣壓趨勢之 $2 \sim 3$ 倍。

資料討論

據 Hubbard, Maglieri, Huekel, 與 Hilton

四氏在1965年所發表說，在超音速飛機產生音爆紀錄中，發現顯微氣壓計紀錄之瞬間超壓大至 3.6mb。這亦許是飛行路線上有幾條振波同時到達之故，正常音爆所產生超壓不致於如此大，通常在18公里（60,000呎）高度，一中等重量超音速飛機，以 M2 速率平飛，產生超壓僅 0.75~1.00mb 之間。

以上曾提及，凡飛行高度及以下高度之大氣發生亂流，或飛行加速並改變飛行姿態，均能影響音爆之強度，也會產生閃爍效應 (Scintillation)，因此預測飛行高度及以下各層之亂流，風向風速與氣溫等之氣象因素，就顯重要，目前航空事實發達國家，雖有很多有心人，對這個問題從事研究，但也無定則性之理論與計算之公式，以供推演，僅是根據所獲得資料，從事估計推測，在我國航空器雖常產生音爆，但無人觀測，也無紀錄，更談不上研究，其實航空單位之氣象觀測式塔台可兼作該項觀測紀錄，並索取該航空器之各飛行諸元，作事後研究是可以辦得到的。

音爆的問題牽涉到航空器的設計，飛機假使在18公里以上高度穿音速，因高度高空氣稀薄，振波在途中多次折射，而使地面超壓現象，大為減小，可是目前情況超音速飛機，被要求穿音速高度要在10~12公里，而在18~21公里高度間作超音速巡航，在此情況下穿音速高度與以下高度之最大風速層等各氣象因子之預測，將為重要，尤其當最大風速層是高於穿音速走廊 (Transonic corridor) 高度時，乃就必須慎重考慮飛行計劃，以免切斷點剛接觸到地面，將會有超壓增大 2~3 倍之超爆 (Super-boom) 出現，又飛機在攀昇走廊 (Ascent corridor) 加速時，若振波前緣彎曲其焦點又正在切斷點位置時，抑或飛機荷重大而降低高度，振波與音障 (Sonic barrier) 成交叉，乃音爆強度亦將加強，因此各高度氣象資料應用在振波路徑推測方面確屬必需。

1965年 Friedman 氏曾以各飛行諸元（包括 M 數值，高度，加速率，轉彎半徑，長度，容積與重量等），與各層風向風速及溫度遞減率，作過計算機預測計劃，所預測之振波與觀測結果，稍有出入，目前面臨之問題是：第一為如何預測穿音速走廊與以下高度各層之氣象因子？第二如能預測各項氣象因子，如何預測音爆之強度及影響地帶？以目前無線電探空站稀少，資料不足，加之變化因子太多，要想推算很精確，是件很困難之事。

不過筆者有一想法，即二次世界大戰期間炸長崎之原子弹，產生振波壓力約 50 磅/吋² (50×0.689

$\times 10^6$ 達因/公分²)，振波速率為 2000 米/秒。也就是爆炸時之體壓空氣，如一堵牆壁般以此速率推進，而摧毀整個長崎，而飛行體穿音速所產生之音爆，同樣是振波作用，不過威力小些而已，但是同樣可以震破玻璃，倒塌簡陋建築，況且取之不盡，用之不竭，何不可利用這種自然現象，用飛機在敵方上空不斷製造音爆，配合地面軍事攻勢，以假亂真，使敵方兵荒馬亂，達到心理攻勢之目的呢？

結論

氣象因素影響振波之彎曲，凡飛行高度與以下高度各層之風向風速，垂直風切，大氣溫度遞減率，亂流，逆溫層，雲層等水汽現象，均有影響，其影響情形簡略述之：

1. 自地面至飛行高度均為逆風，逆風風速隨高度向上增加，或飛行速率突然增大，振波前緣將向垂直方向彎曲成凹形，如為順風，風速也隨高度向上增加，或飛行速率迅速減低，則波前緣向後延長成凸形。
2. 大氣中有明顯之垂直風切存在，則應以航空器對空氣相對速率作比較，相對速率增大部份，振波則向後延長，相對速率減少部份，則振波向前推進趨向垂直方向發展。
3. 在飛行高度以下有亂流存在，在地面所感受振波感應，除特殊情況之巧合外，一般言之，將減弱音爆之強度，並會使振波有閃爍效應。
4. 大氣溫度遞減率正常時，振波彎曲度不變，但遇遞減率反常而增大時，其彎曲度也將增大，反之彎曲度則減小。
5. 振波向下傳播經過逆溫層時，彎曲度將增大向後延長，其增大弧度與逆溫情況成正比。
6. 振波進入雲、霧與降水等水汽現象時，有吸收與反射振波能量之能力，而使音爆衰弱。
7. 當飛機在某高度不斷產生凝結尾，同時又發生音爆時，在產生音爆一瞬間，凝結尾即行停止產生，待音爆過後凝結尾再行形成，（筆者於 1969 年 12 月 29 日上午 9 時，在臺中海邊親自觀測得該項現象，該時一架 F 104G 飛機沿海飛行，高度 3 萬呎以上）

以上僅為原則性之討論，其實大氣之分佈難有標準狀態情況出現，各氣象因子隨時在不斷改變，因此影響音爆強度與到達地點，也愈形錯綜複雜。筆者學識淺薄，對此無深刻研究，尚盼能拋磚引玉，有待各先

進指正。

參 考 資 料

1. WMO Technical Note No. 89: "Meteorological Problems in the Design & Operation of Supersonic Aircraft."

2. "Elements of Physics" Smith Cooper.
3. Foundations of physics" Mechels, Correll & Patterson.
4. "Structural Design of Missiles. & Spacecraft" Lewis H. Abraham.

海風含鹽量之研究

陳英茂* 林德煌*

林茂生** 呂世宗***

*Study on the Salt Content of Sea-Wind
at Wuchi-Lukan Area*

Y. M. Chen, T. H. Lin, M. S. Lin, and S. C. Lu

Abstract

The relationship of meteorological factors to variations in atmospheric NaCl and MgCl₂ content in the Wuchi-Lukan Area during the period May 1969-Apr. 1970 is investigated and presented.

Results indicate that :

- ① NaCl-MgCl₂ Content varies directly with wind speed; the higher the wind, the higher the concentration of the salts.
- ② NaCl-MgCl₂ Content correlate positively with humidity in the Westerlies and Southerlies, and negatively with humidity in the North-eastlies.

(一) 前 言：

臺灣島陸地狹窄而山區又佔四分之三。近年來由於農工業之迅速發展及人口之自然增加，土地之需要日見迫切，如何開墾山地或填補海埔地以增加耕作或工業用地已是刻不容緩。

利用海埔開發新生地時，海風含鹽量之分析調查相當重要。本調查為針對此種需要而作，以備將來開發時提供切實有用之資料。

本調查經選擇鹿港沿海之臺灣土地資源開發委員會水文站及梧棲之臺中港工程處氣象站兩處。自1969年5月1970年4月，一年間，採取樣品，分析海風含鹽量與有關氣象因素之關係。

(二) 分析步驟概述：

1. 樣品之採取

海風之風向與風速時時在變，不宜採取每一時刻之樣品，故本調查係採用全日平均數值，即使用一四

方型木製框架，其面積為 0.5 平方公尺，在此框架空間內張掛經過蒸餾水充分沖洗之清潔白紗布一張，將此框架固定在一定方向曝露一天，每天更換紗布一次，並將換下紗布裝入膠袋中，記錄採取日期與各項氣象因素，送交研究以資分析。

2. 樣品之處理

白紗布樣品，每張各以蒸餾水沖洗，以收取鹽分。即每張紗布使用約一公升之蒸餾水，反覆沖洗，加壓過濾後，將溶液盛於燒杯，然後加熱濃縮至 100cc 以下之容量。因樣品在採取過程中，混有來自空中之泥砂、塵埃以及空氣中之膠體，於加熱解膠後產生固體；故須先使用定量用濾紙濾去固體雜質，經過濾後之澄清溶液，注入蒸餾水調合至 100cc 正，用以滴定分析。

3. 分析方法

(A) 含食鹽等鹽分之定量方法：

由上述處理方法所得樣品溶液，因含雜質甚多，

* 臺灣大學化學系。

** 臺灣土地資源開發委員會。

*** 臺灣省氣象局。

不宜採用普通之硝酸銀法滴定食鹽之含量。本調查係使用硝酸汞法加以滴定。即將樣品溶液取出 10cc 後，稀釋至 100cc 左右，然後將由酸度指示劑與金屬指示劑，混合而成的指示液互滴（參考分析結果之檢討項目），徐徐滴入。滴入時由於樣品溶液酸度程度之差別，該溶液可顯出兩種顏色。如該溶液呈紅色或藍紫色時，應細心再一滴又一滴的滴入 0.05N 硝酸，至顏色變為黃色，而後再多加 1cc 的硝酸微酸性溶液。如滴下指示液時，溶液變為黃色時，其處理方法，為先加 0.025N 氢氧化鈉，使其變成藍紫色或紅色以後，應用上述方法，同樣細心調節成黃色，而後再多加 1cc 之硝酸，經過上述兩種方法，所調節的酸性溶液中之食鹽含量，可使用硝酸汞法來滴定，即從滴管細心加入一滴又一滴的硝酸汞標準液，至溶液顏色變成藍紫色為止，由所加硝酸汞之消耗量，可算出含有食鹽量。

(B) 鎂及鈣含量之定量方法：

海水中含有之金屬中，除鈉、鉀外、鎂和鈣並為含量較多之元素。海風中含有之鹽分來源，完全係海水的微粒，被風帶來者，風中食鹽成分之含量和鎂、鈣含量之比例，與海水中之比例相同，而且兩者增加之傾向亦相同。由此推知，每天所收集的每一樣品中，此兩金屬之含量亦可使用錯離子滴定法測定之。即自上述樣品溶液中正確量出 10cc 後，加蒸餾水沖稀為 50cc 之溶液，另加數 cc 後之氨水和氯化銨配成之緩衝液調整為酸度 10 之溶液後，加入少量以固體食鹽稀釋的指示劑，該溶液之顏色則變為深紅色或紅紫色。此溶液可由滴管小心滴入 0.05N 之 EDTA 標準液滴定之，以溶液之顏色變為清藍色時為止。由此滴定消耗標準液之容量可計算此兩種金屬離子之含量。

(三) 分析結果與討論：

1. 定量法之檢討

一般氯離子定量法，均以鉻酸鉀為指示劑，而以硝酸銀滴定氯離子，即稱謂 Mohr 法。此法如對含有微少的氯離子溶液定量時，反應終點的變色不甚靈敏不宜使用。

因此在本實驗時，採用 Dubsky 與 Trtilek 的硝酸汞 Diphenylcarbazone 的方法，即以 Diphenylcarbazone 與 Bromophenol blue 的混合液，為達調節酸度及指示滴定反應終點之雙重目的。

Diphenylcarbazone 為一種橘色結晶，溶於乙

醇中呈澄清的紅色溶液，當此溶液與汞離子反應時，可生成深藍色至紫色的複合物。

此種複合物之最大吸收光譜為 $520m\mu$ ，而且顏色穩定，時間可達到 30 分鐘之久。

其滴定原理，為當滴定開始時，酸性的氯離子與所加之硝酸汞即刻反應生成難解離的氯化汞。

此時溶液中尚無遊離之汞離子，即 Diphenylcarbazone 尚未與汞離子發生反應，故溶液仍呈澄清之紅色。

當加注硝酸汞，其容量超過溶液中氯離子當量時，由過量之硝酸汞所產生的遊離汞離子即與指示劑反應，其溶液顏色即變為深藍色，利用此原理就可計算溶液中所含之氯離子，此種顏色變化非常靈敏，可適用在含微量氯離子溶液之定量分析。

利用此法滴定氯離子時，影響其靈敏度最大的因素為溶液中之酸度，最適合的酸度範圍為 pH 3.0-3.5。調節此酸度可利用 Bromophenol blue 酸度指示劑。

2. 分析結果與討論

(1) 自民國 58 年 5 月起至 59 年 4 月止，採取鹿港與梧棲附近之空氣為樣品，加以分析，其含鹽量分為 NaCl 及 Mg 兩種。茲將各站之月平均值與風向風速等分佈情形分別列示如表一、二，圖 1、2 及圖 3，並且求出各方位氣象因素與含鹽量之相關係數。

表一 鹿港站含鹽量分析結果

May (mg)

Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
NNE	9	326.33	44.49
NNW	2	66.00	15.34
SE	1	19.50	8.34
SSE	5	38.70	7.80
SSW	2	17.00	4.09
WNW	2	28.25	7.25
WSW	1	39.00	6.39
ENE	1	22.50	1.17
ESE	1	207.50	24.15
Av.		151.72	22.62

June

Wind	Day	NaCl/Day	Mg/Day
NNE	13	433.19	38.83

NNW	1	297.50	37.28
SSW	3	77.16	8.11
SSE	7	54.92	7.11
ENE	2	13.00	0.50
ESE	1	32.50	10.41
WNW	1	25.50	6.15
WSW	2	64.00	9.12
Av.		225.20	21.73

July

Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
NNE	2	421.50	56.50
NNW	4	139.00	14.48
SE	2	82.50	9.99
SSE	12	68.68	8.31
SSW	5	90.70	8.88
ESE	3	51.16	9.15
WNW	1	51.50	9.31
WSW	2	125.50	15.09
Av.		106.37	12.97

Aug.

Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
NW	1	9.50	3.23
NNW	12	44.54	6.71
SSE	9	66.50	6.21
SSW	3	33.17	5.63
WNW	3	32.50	4.27
WSW	2	36.00	5.00
ESE	1	17.50	3.36
Av.		46.10	5.90

Sep.

Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
N	1	280.50	24.15
NW	1	10.50	4.94
NNE	14	1580.64	108.60
NNW	7	91.07	11.61
S	1	2518.50	185.99
SE	1	47.50	12.48
SSE	2	47.50	4.70
WNW	1	55.50	8.20
WSW	1	363.50	17.95
ENE	1	15.50	6.27

Av.		871.76	62.37
-----	--	--------	-------

Oct

Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
N	2	394.50	39.39
NNE	29	1728.59	114.90
Av.		1642.51	110.04

Nov

Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
N	1	412.50	54.31
NNE	25	2256.96	97.41
NW	1	173.50	16.00
ESE	1	177.50	18.92
Av.		2042.41	90.16

Dec

Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
NNE	31	2708.24	161.14
Av.		2708.24	161.16

Jan.

Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
NNE	27	2584.88	163.83
Av.		2584.88	163.83

Feb.

Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
NNE	24	2344.62	157.43
ESE	4	173.52	140.97
Av.		2034.46	155.08

Mar.

Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
NNE	31	1868.30	107.35
Av.		1868.30	107.35

Apr.

Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
NE	3	64.83	11.18
NNE	25	1030.38	81.99

SE	1	312.50	28.89
WSW	2	228.50	8.89
ENE	1	163.50	19.53
Av.		827.21	66.18

表二 梧棲站含鹽量分析結果

May (mg)

Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
N	3	9.50	2.71
NE	2	18.00	3.65
NNE	6	64.33	10.45
NNW	1	7.50	3.72
S	11	18.28	3.89
SSE	1	7.50	3.84
W	2	7.00	3.17
WNW	1	12.50	3.48
WSW	1	13.00	3.24
Av.		25.21	5.05

June

Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
N	3	7.17	1.85
NE	3	11.17	1.67
NNE	10	56.60	6.69
NNW	1	15.50	4.93
S	5	11.30	3.00
SSE	4	9.75	3.02
W	1	1.50	1.29
WSW	2	5.50	2.45
ENE	1	7.50	0.56
Av.		25.67	3.87

July

Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
N	2	8.00	2.25
NNE	3	14.17	2.55
NNW	1	22.50	4.57
NW	2	7.00	2.07
S	7	10.36	2.52
SE	1	20.50	3.36
SSE	6	7.85	2.21
SSW	3	17.50	3.15
W	2	13.50	3.12
WNW	2	52.50	6.10

WSW	1	3.50	1.65
Av.		14.10	2.82

Aug

Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
N	2	6.00	0.99
NNN	5	5.70	0.87
NW	5	5.30	1.19
S	7	7.07	1.55
SSE	2	11.00	2.75
SW	2	15.50	0.87
WSW	2	4.50	1.41
WNW	3	30.17	1.33
Av.		9.18	1.26

Sep.

Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
N	2	168.00	5.93
NE	3	222.50	14.06
NNE	11	130.68	10.60
NW	3	18.17	1.90
NNW	3	13.17	2.22
S	3	5.83	0.45
SSE	1	20.50	1.65
SSW	2	41.00	3.90
W	1	8.50	0.32
WNW	1	9.50	1.89
Av.		89.13	6.53

Oct.

Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
NE	20	124.45	9.75
NNE	9	441.83	26.58
SE	1	9.50	0.56
Av.		215.83	14.49

Nov.

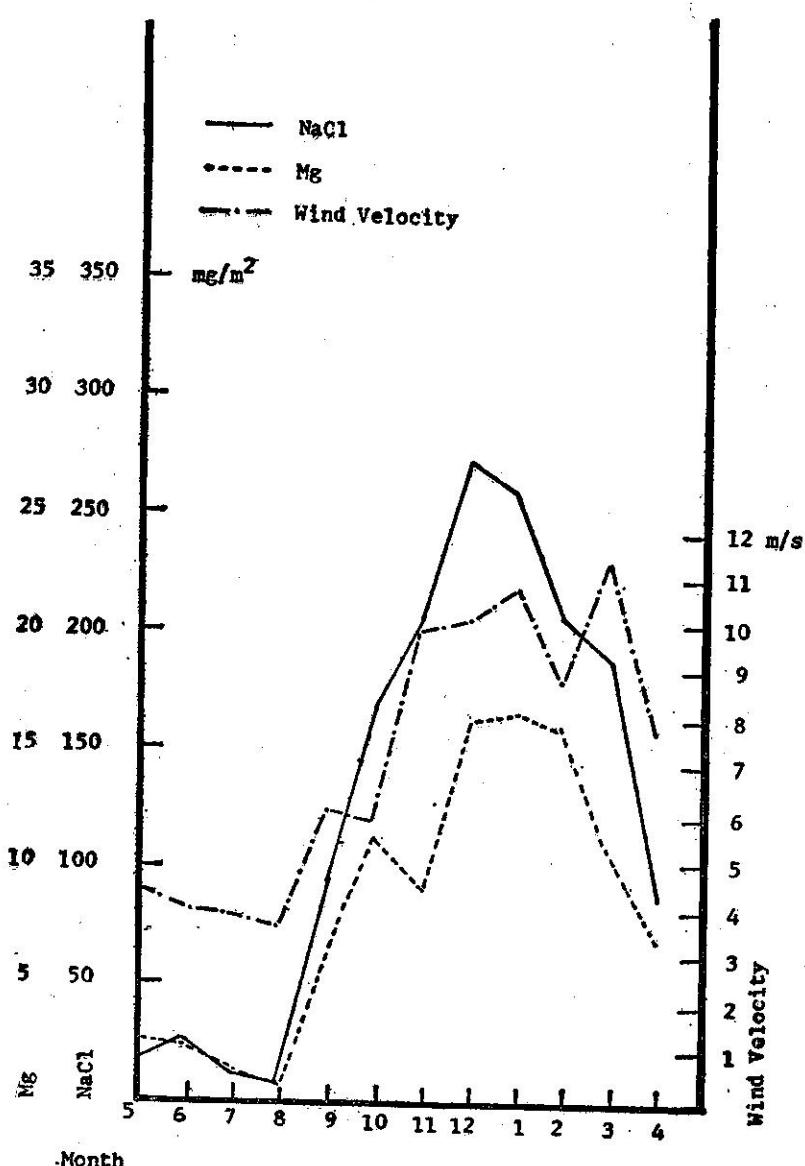
Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
N	1	607.50	59.78
NE	24	186.41	19.45
NNE	5	363.70	22.74
Av.		224.54	20.11

Dec.

Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
NE	24	361.91	28.67
NNE	7	249.35	18.19
Av.		347.71	27.18

Jan.

Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
NE	11	236.78	20.09
NNE	20	248.35	20.35
Av.		244.24	20.25



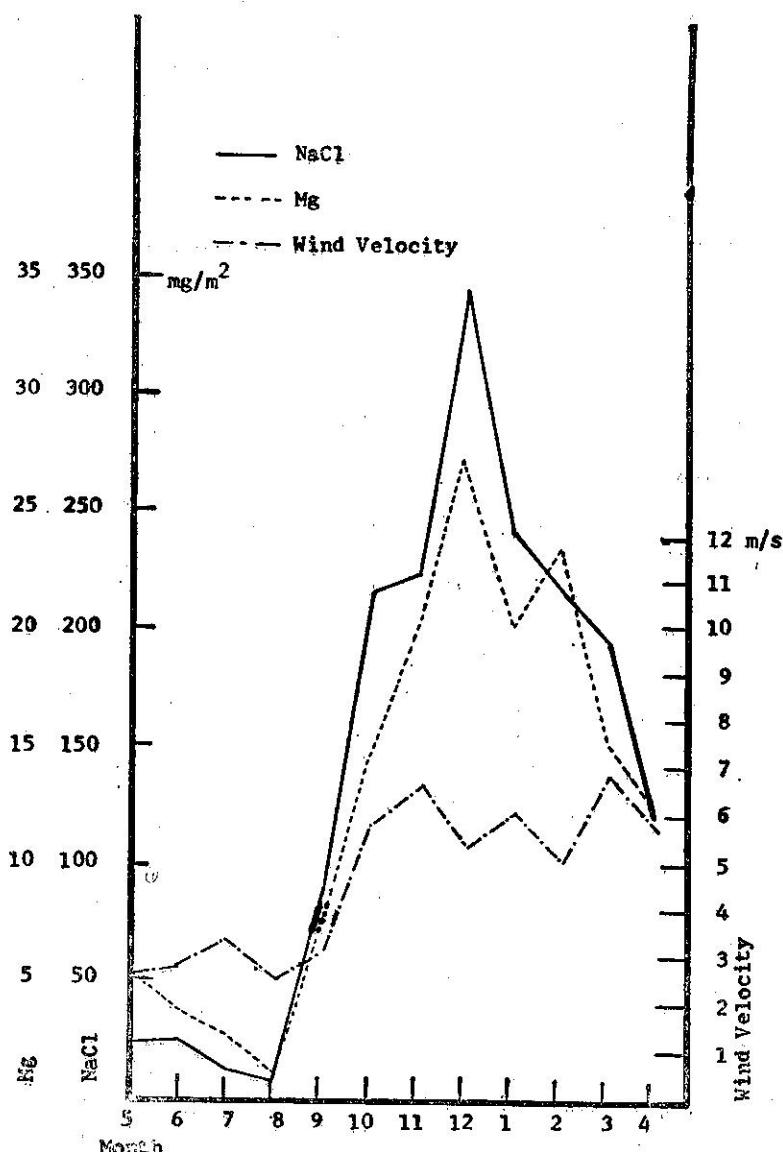
圖一 鹿港站含鹽量之月變化

Feb.

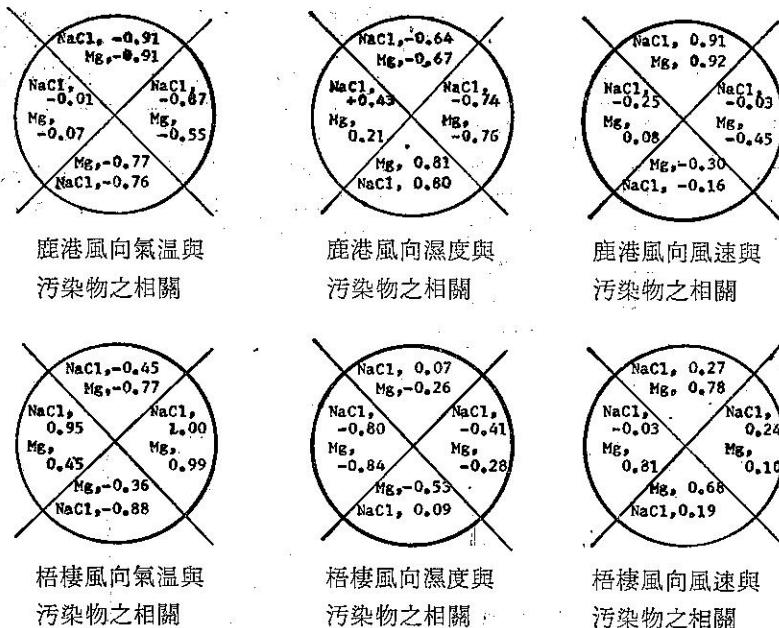
Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
N	1	39.50	12.84
NE	2	52.50	10.40
NNE	23	254.71	26.87
ESE	1	9.50	3.22
WNW	1	105.50	19.77
Av.		218.50	23.60

Mar.

Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
N	2	123.50	11.99
NNE	29	199.15	15.49
Av.		196.21	15.27



圖二 梧棲站含鹽量之月變化



圖三 鹿港梧棲含鹽量與氣象因素之連關。

Apr.

Wind	Days	NaCl/Day	Mg/Day
NE	1	47.50	18.56
NNE	24	109.25	12.55
S	1	222.50	28.28
SW	3	16.50	6.50
W	1	59.50	9.68
A.v.		100.00	12.57

表三 鹿港站水平面與垂直面之比較實驗

11月 日	風 向	風 速	濕 度	NaCl 平 面 No. 1	NaCl No. 2/No. 1	Mg 平 面 No. 1	Mg No. 2/No. 1
1—2	NNE	8.3	86	0.37	—	0.42	—
2—3	NNE	13.0	79	0.43	—	0.45	—
3—4	NNE	16.2	79	0.22	—	0.20	—
4—5	NNE	17.0	81	0.36	—	0.33	—
5—6	NNE	13.7	80	0.31	—	0.32	—
6—7	NNE	7.8	95	0.26	—	0.26	—
7—8	NNE	9.7	90	0.59	0.22	0.64	0.31
8—9	NNE	10.1	82	0.64	0.28	0.76	0.36
9—10	NNE	8.5	76	0.93	0.36	0.90	0.49
10—11	NNE	7.1	91	0.97	0.36	0.95	0.47

11—12	ESE	2.8	90	0.69	1.87	0.67	0.32
12—13	N	4.0	96	0.68	1.77	0.56	0.19
13—14	NW	3.8	89	0.92	0.42	0.65	0.92
14—15	NNE	3.0	94	0.75	0.33	0.93	0.59
15—16	NNE	4.8	93	0.19	0.24	0.28	0.34
16—17	NNE	13.6	92	0.70	0.21	0.45	0.29
17—18	NNE	16.1	84	0.59	0.14	0.62	0.23
18—19	NNE	9.2	92	0.65	0.25	0.59	0.29
19—20	NNE	9.5	94	0.96	0.42	0.90	0.57
20—21	NNE	12.9	91	0.68	—	0.65	—
22—23	NNE	14.0	90	0.31	0.15	0.33	0.20
23—24	NNE	16.1	88	0.48	0.18	0.49	0.21
24—25	NNE	17.2	81	0.35	0.53	0.34	0.09
25—26	NNE	12.3	85	0.75	0.27	0.71	0.37
28—29	NNE	9.9	86	0.54	0.16	0.54	0.19
29—30	NNE	17.3	81	0.60	0.24	0.66	0.29
30—1	NNE	9.0	89	0.76	0.23	0.51	0.19
平均				0.58	0.27	0.56	0.32

從上述各種圖表，可得到如下結論。

①兩地區季風均從十月開始至翌年三月間止，其風向為北北東風，此期間風速較其他時期為大，風中所含之鹽量也隨之增加，其相關係數可達到 0.9 以上，但季風期外 NaCl 增加率加率與 Mg 增加率却不成比例。

②偏西，南風時，濕度與含鹽量成正比，偏北，東風却成反比。

③氣溫與含鹽量均成反比。

④季風期外，即五月至九月間風向不定風速亦弱，相關之正確率較差。

(2)研考海風含鹽量對農作物之危害問題時，雖然垂直面方向之影響為重要因素之一，但水平方向及離海距離之遠近也有關係，為明瞭垂直面與水平面，或垂直面與距離間之關係，選定季風期間，即十一月間在鹿港站做比較實驗，實驗結果如圖表。在圖表中 No. 1 樣品為垂直面樣品，No. 2 樣品表示與 No. 1 同為垂直方面樣品，但遠離 No. 1 地點，即距離海岸大約 1.5 公里處所收集者。另於 No. 1 處所收集平面方面之樣品。

由此實驗結果顯示，均可以 No. 1 做標準。無論食鹽或鎂含量，平面垂直之比大約相同，即 0.58，0.56 (平面之積鹽量略少)，距離方面較有良好現象，即離 1.5 公里處之含鹽量僅為 No. 1 站 (海岸站) 含鹽量之 30 % 左右，在此表中風向除 11, 12, 13 三天各為 ESE, N, NW 其餘均為 NNE，而且此三天均風速較小，所測含鹽量亦不多，但 11, 12, 兩天 No. 2 站含鹽量反比 No. 1 站為大，雖然含鎂量不變，似同為東南東風是由陸地吹向海上所致，在空中儲積之鹽分，改風向時，較沿海為大，而鈉和鉀之溶解度大，鎂鹽等容易做結晶樣而降落，鈉較不易降落而漂浮在空中，所以改變風向時，鈉滯留於空中之含量比鎂鹽為大。

誌謝：本研究承農復會之資助，特此誌謝。

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、稿中引用之文献請註明作者姓名、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，每千字按三十元至四十元計算。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臺灣省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

氣象雷達在天氣預報上之利用法

—雷雨之雷達回波分析—

林 瑞 山

On the Use of Weather Radar to the Weather Forecasting

—Analysis of the Radar Echoes for Thunderstorm—

Ruey-shan Lin

Abstract

By definitions, a convective cloud does not become a thunder-storm until thunder is heard or lightning is seen, from precipitation echoes alone one cannot be absolutely certain that a given convective echo is a "thunderstorm". In this point, the author make a trial of the comparative study between the direct observation of lighting or peal and appropriate radar observations. Consequently, we knew that a thunderstorm existence is decided by the limitation of echoes intensity and its altitude. There are importance that we understand the radar scope interpretation of stable precipitation echoes and convective precipitation echoes before we analyze the thunderstorm echoes. And the author investigate the special character of thunderstorm echoes on eastern sea of Taiwan.

一 前 言

關於雷雨示波之分析，自古以來就有若干之研究報告。尤其是可自氣象雷達探測大氣中之各種降水回波以來，更能詳細分析短時間內之立體變化及其一般特性。我們熟知雷雨係一種對流性之激烈雷暴。如果由視覺能察看近處之閃電或雷聲現象，而且在雷達PPI電幕上顯出細胞狀降水回波時，明確地可斷定為雷雨。如果未能察覺有閃電或雷聲等現象時，其回波斷定為雷雨或否，實際有增加雷達觀測人員之困擾。筆者鑑於此觀點，首先說明雷達回波之判讀法及其生成的物理意義，調查本站所得回波，統計各月回波分佈狀態。然後再進一步與地面天氣圖（包括氣象衛星圖），雷雨報告資料對照比較研究，找出雷雨之一般特性並提高雷達觀測人員之觀測技術及預報人員之預報技術為目的。

二 降水回波之判讀法及物理的解釋

研究雷雨回波之一般特性以前，我們應該預先瞭

解顯示於雷達電幕上各種回波之形態及在大氣中所生成的物理意義始能進入正題，分析其一般特性。一般來說，雷達回波大致可分為氣象狀態之氣象回波及與氣象毫無關係之回波，即所謂氣象以外之回波。氣象回波係於大氣中所反映之現象，又大致可分為降水回波及非降水回波（例如電波異常傳播之回波、鬼波、海面回波、地形回波、飛機回波、船舶回波、烟回波、罩形回波、碎屑回波、鳥昆蟲回波、砂塵回波、電波干擾回波等）。

由雨滴、雪片、雹、霰等之降水粒子所構成之回波叫做降水回波，可以說是雷達觀測之主要對象。在雷達電幕上所顯示之降水回波，由 PPI 或 RHI 觀測時，總是有各種各樣之空間分佈。在回波之配列、垂直構造、移動狀態上，如有共同特徵之系統回波時，我們可以看做一種回波系統（Echo system）。一個回波系統之範圍決定，當然依研究對象之氣象現象尺度而不同。一般認為預先着眼於中型尺度後，必要時可隨着觀測結果之利用目的，而擴展至較大之尺度。

這裏所謂之中型尺度 (Meso-scale)，在雷達氣象學上大致規定為數百公里，因這範圍已足夠顯示雷暴、颶線、龍捲風、颶風等之主要氣象現象。例如一般在溫帶或熱帶所出現之波型低氣壓回波，可分為若干之回波系統，即在低氣壓前面所形成之面狀回波較均勻，相當於颶風之雨蔭區 (Rain shield)。嚴格來說，因這部份之降雨狀態較其他部份稍複雜，可能有穩定性回波及對流性回波或者分不清之中間回波，故一般均以穩定性回波表示之。其他尚有如暖鋒附近之線狀回波，形成颶線之線狀回波，散在暖氣團內之細胞狀對流性回波等。這些尺度約在十至數百公里之範圍內，可以說是屬於中型尺度。如必要時又可着眼於這些回波系統之排列或移動狀態，更詳分為若干之回波系統。相反的，如這些回波系統看為一體時，即變為較大之所謂低氣壓回波系統也。

在 PPI 電幕上時常顯示直徑約 10 公里 (3~4 津) 或以下之細胞狀回波。通常以單獨存在或者若干個成羣在一起。有時候存在於面狀回波內部，這可從雷達上之衰減器施衰減工作後由其形狀及強度上能判出細胞狀回波之存在。這種回波有對流活動之特性，與穩定性回波 (Continuous echoes) 有極大之差別，一般我們叫之為對流性回波 (Convective echoes)。總括而言，在雷達觀測方便上，降雨回波大別可分為穩定性回波與對流性回波之二大類。一個訓練有素的雷達觀測人員，尚能在電幕上清楚地從各種目標物回波中分別出降水回波，正如海面回波與輕微降水回波，或島嶼之槽化回波與強烈降水回波等，頗相類似。觀測人員雖然有上述熟練觀測技術，但對於穩定性降水回波與對流性降水回波之各特性，尚需要更深地瞭解，始能分析出雷雨回波之真面目，茲述如下：

(A) 穩定性降水回波 (Stable precipitation echoes)

穩定性降水回波又叫做連續性降水回波 (Continuous precipitation echoes)，被認為降落於寬廣之面積上，而且短距離內強度變化很小之一種降水回波。用 PPI 電幕觀察時發現，連續降水強度，實際上不一定都是均勻的，其形態如有用刷子刷過的條紋，複雜的花紋，細小的斑點等。在大面積的連續性降水中也有強大的降水中心。因其降水強度一般較弱且高度較低，在 100 津以外之穩定性降水回波，不能產生足夠強度的回波，且亦常常在地面線以下，故無法由雷達測出。雖然其降水面寬廣，但往往使觀測人員

認為僅限於雷達站附近有降水，範圍甚狹小之降水回波。穩定性降水回波，又正像輕度朦朧而無明確邊緣的一個區域。其原因有二，即①它的對流活動性甚微弱，其降雨過程在靜悄悄之中生成的，②假如有對流活動性，一定是在較高之地方所生成之降水粒子，降落途中受到風切之影響，顯示細胞狀構成為朦朧而無明確邊緣的面狀回波。穩定性降水回波最有興趣的特點是在 7000~12000 呎高處有一層約 1000~2000 呎厚之強烈回波帶，又在這回波帶上方有長而傾斜的下垂回波帶。這種回波帶因與穩定降水有密切關係，茲將物理學概念分別述之如下：

(1) 亮帶 (Bright band)

使用雷達 RHI 電幕垂直掃描時，往往在 0°C 線附近發現回波強度在很窄的一個帶中增加很快。這個窄帶叫做「亮帶」。它剛好在 0°C 層以下，其產生原因是①冰和水的雷達反射率由 [圖 2] 可知有不可。即凍結降水粒子在零度線 (融解高度線)，其反射率為 1，在融解高度下面 1000 呎處，反射率增加為 20，而到 1200 呎處，凍結粒子完全融解時，反射率又迅速地降低為 5。②由質量相同的雪片和雨滴的末速度之不同造成零度線上下粒子的濃度不同導致反射率之變化。③雪片開始融化時合併增長率的變化而影響反射率之變化。④粒子形狀引起的反射率變化等。由雷達觀察亮帶中心之位置時，因與雪片之降落情形有密切關係，故約在 0°C 下面 1200 呎以內的範圍。在亮帶之上方必須有較容易融化之雪片存在，這即為生成亮帶之必要條件。又因雪片之降落速度約 1~2 公里/小時，其附近若有強烈氣流時無法顯示明確亮帶。最旺盛雪雨有上升下降氣流存在時又無法顯示亮帶，即穩定性降水回波與對流性降水回波之一種判別標誌。

(2) 下垂回波帶 (Streamer)

使用雷達之 RHI 掃過穩定性降水區時，可以看到長而傾斜的下垂回波帶，其頂部有很強的回波單體，隨着高度的降低回波帶的尾部變得愈來愈接近水平。降水帶頂上的回波單體是雪晶形成區，這些單體被叫做原始單體或原始元素 (Generating cells or generating elements)。在任何時候，原始單體差不多都出現在相同的高度上，因而這一高度被叫做發生層 (Generating level)。這是水晶在原始單體中形成後，水汽附着到水晶而釋放出的熱量所造成的對流，而對流又維持了原始單體的存在。

回波帶 (或雪尾) 的形狀決定於雪的降落速度和風的垂直分佈。今設 x 為雪尾平面內水平距離， z 為

垂直距離以原始單體爲原點，向下爲正。 v_0 為發生層上之風速， v_z 為雪尾上任意一點之風速，粒子之降落速度爲 w 。這時其中任意一個質點之軌跡方程式是

$$\frac{dz}{dx} = \frac{w}{v_0 - v_z}$$

今若設粒子之降落速度 w 為固定數值，風速隨着高度而成直線性的變化時， $v_0 - v_z$ 可寫爲 az (但 a 為常數)。上式積分後得軌跡方程式爲

$$x = \frac{az^2}{2w}$$

由上式可知，雪尾形成爲拋物線狀。

(B) 對流性降水回波 (Convective precipitation echoes):

我們已瞭解穩定性降水回波之一般特性。雷達之應用雲物理之研究有了很大進展。雲物理學的主要興趣在於研究雲和降水的發展，消散和其他有關過程。由於雷達能够探測固態和液態之水份，特別是大水滴和大冰粒的存在，因而它在雲物理的研究中廣泛地被應用。本站氣象雷達係爲美國製造最新式之 WSR-64 型氣象雷達。因所採用之波長爲 10 公分，特別對於對流性降水之大質點效果鉅大。茲先述對流性降水之生長，持續時間，最後略述雷雨之一般特性。

降水之一個基本問題是確定「昇華——結合」作用和「凝結——結合」作用何者更爲重要。前者假定先由水晶昇華增長，然後再由結合增長。雨滴通過暖區時融解，最後落到地面。後者則假定先由凝結增長到足夠大，再通過結合作用繼續增長。過去依據雷達氣象專家之研究結果，熱帶區域降水幾乎總是開始於雲的暖區，而不是冷區。雖然在雨強很大的積雨雲中，「昇華——結合」過程在降水形成中確實是起作用的，可是在一般海洋上的積雲降水過程中水晶並不是很重要的。在半乾旱地區，只有低於 -12°C 的雲才有降水回波，此係水晶在降水形成中起了重要的作用。又在非熱帶地區的暖濕空氣的積雲降水形成過程中，「凝結——結合」過程起着重要的作用。形成降水前，積雲本身大小取決於上升氣流的速度。如果結合增長過程在昇華、凝結兩種情況都差不多，則在形成降水所需要的時間裡較大的上升氣流將產生較大的雲及降水回波。大積雨雲一般是一步一步發展的。一般要有幾個雲泡連續在一個地方發展，才能使雲頂到達平流層的底部。後面一個雲泡或雲塔是通過上一個雲泡留下的潮濕空氣上升的，因此儘管升流把周圍乾空氣帶入，其浮力減少得並不多，從而雲泡（或雲塔）能達到比前一個雲泡更高的高度，以致最後形成非常高的雲。

根據雷達觀測之經驗對流性回波單體的生長和消

散都是很快的。在幾分鐘內，回波外形變化很大。如果注意一塊回波，就會發現回波生長有兩種過程即①回波向外伸長，②新回波單體在原有的回波單體旁邊生長或二者合併。因在第二種過程，進行得很快，以致常常在很短的時間內已經不能認清原來的回波單體是否還存在。對流性回波之垂直高度之伸展較穩定性回波爲高大，而其變化情況亦較迅速。由 RHI 觀測時能發現其回波頂有顯著的凹凸形態。在夏季之垂直生長率約在 200-880 呎，最高高度有達 60000 呎以上之紀錄。極強烈之對流性回波因受天線型式影響易引起高度之失真而較實際高度爲高。單體對流性回波大多爲數十浬，有時候單體存在，但一般以數個或多個集羣存在。如果自遠距離漸漸接近雷達站時集羣之對流性回波，似乎有發生導波分散現象，此因受天線波束之效果而失真所致，並不是降水區域實際有發生分散現象。相反的在遠距離分散之小單體回波漸漸接近時似乎有發生連結現象，此係因僅能看到頂部之小單體回波以後漸漸接近而顯示回波全貌所致，也並不是回波實際有發展之現象。對流性回波之邊緣輪廓本來是很明確的，如果進入衰弱期之對流性回波會變爲朦朧而無明確的輪廓回波。有時候在其衰弱回波附近時常發生新的對流性回波。冷鋒或不穩定線通過時所形成之對流性回波，大部份都排成一條或數條之線狀回波而其移動狀況大致都有一定之規則，可以說在對流性回波裡佔最重要之型式。如果穩定性回波內夾雜對流性回波時可利用雷達衰減接收增益或等回波線裝置，即能分別出對流性回波之存在。調整等回波裝置或者衰減接收增益來分析 RHI 時，能發現鉛筆型之垂直強烈回波，這即表示回波之生成期或最旺盛之時期。但進入衰弱期之對流性回波，其頂部由尖狀逐漸擴展爲平坦，而時常顯示亮帶現象。

(C) 雷雨回波

強烈對流性降水回波通常很容易和其他回波區別。在 PPI 上它們的回波特徵是接近於橢圓形，回波之強度及強度梯度都甚大。若使用 RHI 看它的特徵，回波之垂直範圍很大，在一個甚狹長之垂直柱裏回波強烈而且比較均勻。在對流性降水增長之初期，雖然按照理論不可能有亮帶之構成，亦從未出現過這現象，但在消散期，往往會出現亮帶。

根據定義，尚未聽到雷聲或看到閃電以前，對流性降水不能稱之爲雷雨。僅根據降水回波，我們不能準確的認爲對流性降水回波是屬於雷雨，但一般可以假定回波頂迅速地增長到某一高度以上之對流性回波

，可能是雷雨或者即將成為雷雨。關於雷雨回波之判斷，據 Louis J. Battan 之研究報告，回波頂迅速地增長到25000呎或30000呎以上之對流性回波，可能是雷雨或者即將成為雷雨。又據 Homer W. Hiser 之報告，在 PPI 電幕中如發現距離雷達站40浬或50浬以上有4-8浬以上直徑及相當大強度的回波時，通常判讀其為雷雨是正確的。假如回波距離少於40浬，則由遠處閃電或遠雷聲可以證明其為雷雨，電幕上任何距離中有時發現一些非常強烈的光塊，那可能就是雷雨。有時候這些強烈的雷雨光塊，安插在較大範圍微弱至中等強度的穩定性降水回波中間。RHI 電幕判別雷雨非常有用，每分鐘達 1500-4000 呎極端高的垂直發展率，這就是雷雨發展的最好證明。又回波在

溫暖季節或溫暖氣候中能擴展至結冰高度以上者，通常被判斷為雷雨。

我們已知生成穩定性降水及對流性降水之物理觀念，並已瞭解雷雨回波之判讀法。現利用這些降水回波之基本觀念，自下節起分析本省東部海面上所發生之雷雨回波分佈。

三 本省東部海面之雷雨回波特性

我們已知道對流性降水回波之主要特性是回波之高度及強度較其他回波強大，而雷雨回波屬於對流性之激烈回波。現在先把自去（五八）年八月起雷達修復完成後正式開始觀測迄今所得之回波資料，按月份分析其強度與高度，預先瞭解其回波之分佈情況。但回波之強度按照美國氣象局所規定之級數，即：

級 數	雷達報告之符號	估計降水	回波強度	理論上的降雨率(吋/時)	反 射 性 (mm^6/m^3)
1 級	— —	非常輕微	非常微弱	<0.03	$<1 \times 10^2$
2 級	—	輕 微	微 弱	0.03-0.12	10^2-10^3
3 級		中 度	中 度	0.12-0.46	10^3-10^4
4 級	+	強 大	強 烈	0.46-1.75	10^4-10^5
5 級	++	非常强大	非常強烈	>1.75	>10 ⁵

在58年8月份降水回波之平均高度大約位於15000-20000呎之間，平均強度之中心約在4級強度。這裏我們特別注意者，雖然最高高度沒有達到45000呎以上之觀測紀錄，但回波強度除了小數之3級回波以外，普遍地分佈於4級5級強度，這可證明尚有對流性降水回波成雷雨回波之存在。

9月份之回波與8月份比較，其回波分佈除了強度同稱地位於4級5級外，其高度有很大的差異。平均高度中心有二個，其一為4級強度之20000-25000呎之間，另一為5級強度之25000-35000呎之間。最高高度有5級強度之55000-60000呎之紀錄。可見9月份對流性回波之強度及高度較8月份強大且生成雷雨之機會較多。一般說，高度愈高其強度應該愈強烈。由〔圖4〕可知，自2級10000呎起至5級之35000呎止，形成為梯度每級約8500呎之增長率。以上8-9月份之回波，屬於對流性回波或者雷雨回波尚佔多數。

10月份之強度較分散分佈，即自1級強度至5級強度均存在。其強度在1-2級之高度位於5000-10000呎之間，3級強度約位於10000-15000呎，至4-5級時，伸到15000-25000呎之間。回波之分佈中心極減弱，即位於2級強度之5000-10000呎，這表示穩定性

降水回波多於對流性回波。但在3級處回波似乎有不顯明的分佈中心，其高度約在10000-20000呎之間。在4-5級強度之回波尚有45000呎高度，相反的1-2級強度回波也有若干5000呎以下之低回波。總括而言，10月份之回波將從對流性降水回波逐漸變成為穩定性降水回波之變換時期也。

在11月份之回波分佈，其中心位於3級強度之10000-15000呎之間，而高度與強度之間沒有形成梯度關係。自1級強度至3級強度之間雖然稍有微弱之梯度約在5000-10000呎之間之變化，但自4級強度至5級強度回波，反而降低高度構成對流性降水特性之反現象。由此可知，秋冬季節之對流性降水雖然永遠保持強烈回波，但從高度上看，不如6-8月份40000~以上之對流性回波高度。

12月份之回波分析，可以說代表冬季之穩定性降水回波。其中心約在3級強度之5000-10000呎之間。在這裏我們特別注意者，沒有任何一個回波超過20000呎之高度，並沒有任何一個回波超過4級回波強度。這已表示大部份之回波，可能形成為穩定性降水回波，如果有對流性降水回波之存在，不可能形成像夏季之強烈強度及高度之回波。由此可知已談不上

有雷雨回波之存在。

1月份之回波分佈與12月份極相似，其分佈中心同樣地位於3級強度之5000-10000呎之間，又任何一個回波沒有超過5000呎及4級強度之回波。高度方面很平均地，均在1級~4級之15000呎以下，僅與12月份不同者，1級強度次數稍增多而4級稍減少。當然這種回波分佈與12月份相同，不可能生成雷雨回波。

2月份之回波分佈中心分裂為2級強度及3級強度之兩處，均在5000-10000呎之間。在1級強度之回波略在5000呎左右，2-3級強度略上升為5000-10000呎之間，至4級強度時略形成微弱之梯度約在10000-15000呎之間。與12月份與1月份不同者，回波似乎有增長至5級強度之趨勢，但並不顯著。綜合而言尚未能構成雷雨之程度。

3月份之回波分佈中心永遠位於2級強度之5000-10000呎處，未見有25000呎以上或5級強度回波。這很明顯的表示尚未發現有強烈的對流性降水回波。尤其是無論強度多少，其高度多估於5000-10000呎之間，並無梯度之構成。

我們根據4月份之回波分佈，可以發現似乎與11月—3月份之分佈有所不同者，其高度與強度均增大。雖然分佈中心很普通地分散在2—3級強度之5000-10000呎處，但過3級強度開始逐漸隨着強度之增強而高度又增高，形成為很顯明的梯度。即在3級強度之前半保持5000-10000呎高度，自3級強度之後半開始，強度愈強高度愈高，自10000呎升至35000呎

，這已表示有對流性降水回波之存在。是否有雷雨回波之構成，待於下節分析。但在這裏大概地可判斷生成雷雨之機會已增大。因為在5級強烈回波中，有若干回波已觀測出40000呎以上之高度。1級強度回波普遍的減少而5級強度回波已有增至45000-50000呎之高度。

由5月份之回波分析可知，其分佈中心急速增長至4級強度之20000-35000呎間，一部份已升至5級強度，足夠生成對流性降水回波及雷雨回波之良好條件。全體回波分佈自2級強度之5000呎起至5級強度之40000呎，每級之平均梯度已達12000呎之斜度。雖然尚有低級強度低高度之微弱回波，但因這些微弱回波位於梯度線上，可以看為對流性降水回波發生初期之回波。在5級強度裏已有555000呎之觀測紀錄。

全年之回波裏對流性降水回波最顯著者為6月份，它的分佈中心已到達能生成對流性降水回波或雷雨

回波之高度與強度，即在4級強度之30000-35000呎處。這裏特別注意者自分佈中心分為兩條梯度，一為4級強度至3級強度沒有構成梯度現象。這可能由於保持長久時間所發生的低氣壓或一部份颱風所帶來之對流性降水回波所致。因這些氣象現象所構成之回波均為面狀回波，所觀測之對流性極穩定而保持它的繼續時間及強度，無法測出它的生長減弱情況。第二種原因可能是由依據圖表分類程度級數時其位置在3級與4級之界線上不明其級數，而所發生之現象。如果遇到這種情況時全部歸納於較高之級數，可能不會發生這平坦無梯度之不平常線狀。另一種是自分佈中心向左邊逐漸下降之正常梯度線。這正常梯度直線自2級強度之10000呎起至5級強度之55000呎止其每級之梯度率約為15000呎，可謂梯度最大之月份。根據6月份地面觀測所得之雷雨次數佔最多之月份。

現在再進一步根據地面觀測所得之雷電紀錄與雷達觀測所得降水回波對照詳細分析其雷雨回波特性。自去(58)年8月份起迄今(59)年6月底止確實由視覺聽覺所觀測出之雷電閃光日數為8月份之3天，9月份之5天，11月份之1天，3月份之1天，4月份之3天，5月份之5天，6月份之11天共計29天。根據這雷閃日，調查雷雨回波之強度及高度之最大數值製圖分析結果，其雷雨分佈中心位於5級強度之35000-45000呎處。由此可知，最保守之估計，在雷達PPI電幕上發現有40000呎之5級強度回波時，可斷定為雷雨無誤。這可做為雷雨觀測時判讀雷雨回波之依據。

四 地面天氣圖與雷雨回波之比較研究

我們已知道雷雨之一般特性及在本省東部海面上所發生之對流性降水或雷雨等之回波分佈狀態。茲根據實際有閃電及雷聲觀測之紀錄中，選擇較顯著之雷雨回波與地面天氣圖比較研究，詳細分析其特性，找出雷雨之預報法則。

(A) 58年8月2日至8月7日間之雷雨。

根據測候所之雷雨報告，於2日23時，5日21時35分—21時40分及7日21時45分—22時15分均有閃電或雷聲之紀錄。在這期間之天氣概況是自北緯20度東經140度附近起經巴士海峽至南海止形成一道赤道鋒幅合帶，在這赤道鋒合帶上由若干之熱帶性低壓或貝蒂、艾麗絲等颱風串聯成列低壓帶。經查回波之形態結果，已知2日之雷電係受巴士海峽及南海之熱帶性低氣壓所生成的對流性雷雨回波所致，其回波形態與副

熱帶高氣壓籠罩下所引起之雷雨回波完全一致。2日23時到雷聲及閃光後即開機觀測回波形態18分鐘（請參照〔圖15〕確實由細胞狀回波（Cell echoes）形成爲線狀，其最大高度及強度到達5級強度之4600呎，可以說是最標準之回波形態。這時候筆者發生二個問題：①在這短短18分鐘內回波生長衰弱情況，因變化迅速無法獲知？②根據雷達氣象專家研究報告，在20浬以外之回波所發生之雷電無法覺察。本次回波之最短距離本站尚在30浬以外，爲何能覺察雷電現象？筆者再利用120浬範圍PPI，觀測回波20分鐘，已發現在本站沿海有3.5浬寬45浬長之線狀回波。其最短距離約5浬，已符合於見聞雷電之範圍條件。各個細胞回波變化極複雜，尚無法找出它的變化情況，但它所形成之直線狀態並無改變形態。再利用50浬範圍PPI查看38分鐘，其所形成之直線狀態更一目瞭然。至5日21時35分—21時40分之雷電係爲赤道鋒之接近時所生成之對流性細胞狀回波由圖可知雷電可能由最靠近本站之單體細胞回波發生。7日21時45分—22時15分之雷電係受貝蒂颶風之先驅颶線之對流性降水回波所致。如58年9月6日，12日等之雷雨均屬於這種回波，由細胞狀回波而構成颶線，其最高高度及強度各到達5級強度（42.6 N.M./57db）之48600呎及5級強度（42.6 N.M./51db）之49800呎。

(B) 59年4月17日至4月20日間之雷雨。

4月15日在日本東方海之副熱帶高氣壓，雖然緯度稍高即位於 40°N 160°E 但極旺盛，其尖楔已伸展到華南，而本省剛在這副熱帶高氣壓之南邊尖楔。至4月16日在華南之高壓尖楔減弱而移至日本本州南方沿海將與副熱帶高氣壓合併。這因自北平經漢口至貴陽之冷鋒接近所致。本省雖然位於副熱帶高氣壓之西面，但在本省東方海面生成一個低氣壓。尚至18日一低氣壓自長江口將出海至東海，而本省將受這低氣

壓所延伸之冷鋒影響。自這開始於18日13時38分—14時20分，17時28分—17時40分，19日14時54分—20日3時50分各發生雷聲電閃，可以說是本(59)年度之第一次春雷。這鋒面於19—20日通過本省。

根據18日10時15分之雷達觀測，在本省東部海面有一條線狀回波略向東移動，其最高高度已達到51000呎，強度爲 $142^{\circ}/65.1\text{N.M.}$ (45db)之5級強度已達到雷雨之標準。但距離本站有65浬之遠，無法察覺雷電現象。另在本站沿海有一條較短之線狀回波，其最高高度爲38800呎，強度爲 $50^{\circ}/39.1\text{N.M.}$ (42db)之4級強度，可以說尚未達到雷雨標準。40分鐘後之11時55分再觀測時長線狀回波稍減弱，其最高高度及強度尚有45900呎之4級強度($139^{\circ}/70.4\text{N.M.}$ 39db)。但本站沿海之短線狀回波反而增大爲46800呎之4級強度($71^{\circ}/25.1\text{N.M.}$ 45db)。從距離上來看時，已經自39.1N.M. 移至25.1N.M.，接近了14浬。由此推測於13時38分—14時20分之雷電，可能由這回波增長而發生。18時觀測時成列顯明之兩條線狀回波雖然稍有逐漸衰減現象，但尚未脫離雷雨程度，於17時28分—17時40分尚可看到由靠近本站之線狀回波所備來的閃電。

鋒面之第一波動如此通過本省帶來了雷雨逐漸遠離本省後第二被動之主鋒面於19日13時58分觀測降水回波時，東北方沿海已出現由細胞形成之線狀回波最靠近本站之最强最高之回波爲 $75^{\circ}/51\text{N.M.}$ 處之16000呎3級回波，尚未發生雷電。自19日14時54分開始至20日3時50分止不斷地發生閃電與雷聲。16時56分觀測時已出現明顯的細胞線狀回波，其南端之面貌回波通過本站已有四分之三。茲自19日13時58分起至20日8時止共計觀測8次，其回波特性及發生雷電情形列表於後：

雷達觀測時間	最靠近本站之強烈回波 方向°／距離(N.M.)強度	其他50N.M.內之強烈回波 (db) 級數，高度(呎)	發 現 雷 電 時 間		備 註
			發 現 雷 電 時 間		
19-0558Z	$75^{\circ}/30$ 33 (3) 16000	無	尚未發生雷電		當雨生長中
19-0856Z	$157^{\circ}/16$ 48 (4) 35000	無	0654Z 開始發生雷電於SSW 0751Z-0950Z轉爲NNE		①開始發生SSW於方雷雨，因在本省山脈內，故無法由本站雷達測出。 ②由觀測之資料事實，強烈回波均在東北方與雷雨報告相符。
19-1108Z	$138^{\circ}/17$ 57 (5) 46500	$70^{\circ}/24$ 51 (5) 16400	0950Z 轉爲SE		自0950Z起至雷雨均由最靠近本站之強烈回波所發生與地面觀測相符

19-1201Z	153°/20 60 (5) 43200	無	SE 方有雷電	雷電由 153°/20N.M 處發出地面觀測相符。
19-1425Z	162°/25 51 (5) 42800	72°/32 42 (4) 22400 188°/33 51 (5) 22300 188°/46 42 (4) 32600	SE 方有雷電	雷電由 162°/25 處發出與地面觀測相符。
19-1506Z	155°/22 54 (5) 45000	68°/47 45 (5) 29500	SE 方有雷電	雷電由 155°/22 處發出與地面觀測相符。
19-1800Z	186°/15 48 (4) 18600	110°/29 51 (5) 29500 79°/47 48 (5) 35000		可能由 110°/29 發出之雷電因 186°/15 處之回波已衰弱
19-2100Z	144°/30 33 (3)	無	1900Z 起雷電停止	144°/30 之回波已不算為雷雨。
20-0000Z	117°/42 48 (5) 46700	無	已無發生雷電	回波距離本站在 42 N.M 以上，雖然地面觀測已無法測出雷電現象，但由雷達觀測尚可判斷為雷雨回波。

由上表我們已知道地面觀測所得之雷電現象與雷達觀測所顯示回波之雷雨分析完全一致。雖然在地面觀測已無法測出雷電現象，但氣象雷達尚可測得雷雨之行踪。

為了觀測風切的影響可以在 RHI 電幕中作估計。由於風之作用，雷雨回波經常是傾斜的。風隨高度增加之情況，上升空氣之水平動量決定於由回波底上升空氣之動量和從回波側進入空氣之動量，這樣上升空氣之水平動量在任何高度上都比四周空氣之動量小，因此回波中水平運動之切變就會比周圍的小。同樣可以解釋回波內有下沉氣流之情況，這時低層回波內空氣之動量比周圍大，因此回波內風速垂直切變也比周圍空氣為小。筆者在這次雷雨中由 RHI 在不同方向之回波下獲得受西南氣流影響所產生之風切現象，其作用高度平均在2000呎以下。本地因位於低緯度故

20000 呎以上之高空間波形成垂直並未因西風帶之影響而發生風切。

(C) 59年5月2日至7日間之雷雨。

根據 5 月 2 日上午 8 時之地面天氣分析，本省在太平洋之副熱帶高氣壓籠罩之下天氣良好。但自黃海之低氣壓中心向西南延伸經東清至華南沿海之冷鋒逐漸接近本省，於 4 日通過第一波動後副熱帶高氣壓又向本省伸展，於 7 日冷鋒之主波南下，帶來了 2 日 19 時 40 分—3 日 0 時 20 分，3 日 17 時 55 分—22 時 15 分，4 日 17 時 16 分—20 時，6 日 20 時 48 分—7 日—5 時等發現雷電現象。前段之雷雨係受副熱帶高氣壓之所發生之所謂熱雷回波，關於這一點在 6 月份雷雨詳細述之。後段之雷雨係冷鋒通過時之冷鋒雷雨，這已在 (B) 節述過，茲僅分析雷鳴閃電期間之回波接近情形，比較於後表：

雷達觀測時間	最靠近本站之強烈回波 方向°/距離 (N.M) 強度	其他 50N.M 內之強烈回波 (db) 級數，高度 (呎)	發 現 雷 電 時 間	備 註
02-1152Z	24°/37.8 39 (4) 25000	191°/38.9 48 (5) 38600	1140Z 在 S 方發現有閃電	24°/37.8N.M 之間波可能尚未達到雷雨（不過高）程度，所看到閃電者可能由 191°/38.9N.M 之間波發出。
02-1450Z	33°/21.8 54 (5) 30000	190°/30.5 51 (5) 33500	1220Z 在 N 方發現有雷電 1430Z 在 NE 方發現有雷電 1620Z 在 NE 方發現有雷電	雷電轉由 N 方 33°/21.8N.M 處發出。
02-1802Z	39°/50 48 (5) 39400	無	無雷電現象	最靠近本站之雷雨已距離 50 N.M 無法看出 39°/50N.M 處之雷電。
02-2104Z	36°/51 39 (4) 26400	無	無雷電現象	雷雨一時遠離本站。
02-2315Z	38°/27 48 (4) 24700	174°/43 39 (4) 18700	無雷電現象	38°/27N.M 處之回波不過高
03-0003Z	50°/17 54 (5) 18400	165°/31 48 (4) 25400	無雷電現象	50°/17N.M 處之回波不過高。

03-0216Z	69°/20 51 (4) 25200	123°/28 39 (4) 24700	無雷電現象	69°/20N.M 處之回波不過高亦不過強。
03-0303Z	56°/29 45 (4) 17600	92°/29 30 (3) 11600	無雷電現象	56°/29N.M 處之回波不過高亦不過強全體回波之高度及強度普遍減強弱，又逐漸遠離本站。
03-0500Z	66°/42.7 45 (4) 35700	無	無雷電現象	66°/42.7N.M 處回波太遠，不過強。
03-0554Z	59°/33.7 42 (4) 20000	無	無雷電現象	59°/33.7N.M 處回波不過強，不過高。
03-0800Z	64°/21.7 48 (4) 24100	50°/48.8 39 (4) 41400	無雷電現象	64°/21.7N.M 處回波不過強，不過高。
03-0901Z	67°/24.8 51 (5) 44800	無	0935Z開始在ENE方有雷電	67°/24.8N.M 處回波已生成為雷雨。
03-1153Z	178°/35 48 (5) 37200	189°/41 24 (2) 41800 61°/44 48 (5) 40600	SSE 方有雷電	雷電轉由 SSE 方 178°/35 N.M 處發出。
03-1458Z	138°/22 48 (4) 30000	100°/29 48 (4) 36500 186°/45 45 (5) 27600	1415Z 停止雷電	138°/22N.M 處之回波已減弱不過強，不過高。
03-1654Z	158°/30 48 (4) 29500	無	無雷電現象	158°/30N.M 處回波太遠不過高，不過強。
03-1808Z	099°/34 48 (5) 30300	無	無雷電現象	99°/34N.M 處回波太遠。
03-2005Z	149°/31 51 (5) 34400	無	無雷電現象	149°/31N.M 處回波太遠。
03-2103Z	134°/33 54 (5) 41000	無	無雷電現象	134°/33N.M 處回波達到雷雨標準，但太遠。
03-2257Z	104°/32 54 (5) 32400	無	無雷電現象	104°/32N.M 處回波過強，不過高太遠。
03-2355Z	159°/38 45 (4) 35000	無	無雷電現象	159°/38N.M 處回波太遠，不過強不過高。
04-0558Z	183°/41 45 (4) 19800	71°/46 39 (4) 26600	無雷電現象	183°/41N.M 處回波太遠，不過強，不過高。
04-0900Z	67°/15 51 (4) 43600	179°/20 45 (4) 35200 184°/35 33 (3) 41200	0916Z在NE方有雷電	67°/15N.M 處之回波已生成為雷雨。
04-1105Z	94°/27 30 (3) 33600	150°/42 24 (2) 29700	1100Z 雷電停止	各處回波已減弱，變成一般對流性回波。
04-1159Z	29°/25 27 (2) 32800	189°/27 45 (4) 22800	無雷電現象	29°/25N.M 處之回波不過強。
04-1409Z	125°/17 57 (5) 28000	無	無雷電現象	125°/17N.M 處之回波不過高。
04-1502Z	108°/19 54 (5) 2220	無	無雷電現象	108°/19N.M 處之回波不過高。
04-1715Z	147°/24.6 24 (2) 23800	92°/26.7 48 (4) 18700	無雷電現象	147°/24.6N.M 處之回波不過高，不過強。
04-1801Z	138°/23.2 54 (5) 32000	86°/26.8 45 (4) 12700 80°/44.4 45 (4) 21600	無雷電現象	138°/23.2N.M 處之回波，不過高。
04-1958Z	81°/26.7 48 (5) 22100	無	無雷電現象	81°/36.7N.M 處之回波不過高。
04-2051Z	120°/22.8 54 (5) 18000	無	無雷電現象	120°/22.8N.M 處之回波不過高。
05-1100Z	50°/45.5 39 (4) 21600	無	無雷電現象	50°/45.5N.M 處之回波不過高，不過強，太遠。

06-1158Z	87°/27.6 48 (4) 14700	無	無雷電現象	87°/27.6N.M 處遠之回波不過高，不過強，太遠。
06-1401Z	156°/19.7 57 (5) 19200	44°/49.2 45 (5) 26400	1248Z在S方開始雷電	是否 156°/19.7N.M 處回波所發出之雷電需要查證。
06-1457Z	153°/20.7 60 (5) 28200	56°/30.51 (5) 27500 175°/34.1 54 (5) 27200	有雷電現象	153°/20.7N.M 處回波發出。
06-1731Z	56°/27 51 (5) 35600	125°/32.54 (5) 34400	有雷電現象	56°/27N.M 處回波發出。
06-1804Z	123°/30 48 (4) 37500	63°/37 48 (5) 42000	有雷電現象	123°/30N.M 或 52°/37N.M 處回波發出。
06-2001Z	131°/34 36 (3) 34200	63°/42 48 (5) 34700	已於1950Z雷電停止	131°/33N.M 處回波不過強，太遠。
06-2100Z	69°/37 48 (5) 38000	138°/38 48 (5) 40300	無雷電現象	69°/37N.M 及 138°/38N.M 處之回波已太遠。

由上表可知確實發生雷電，須要有 5 級強度平均距離 26 浬以內，平均高度 38200 呎以上之回波為必要條件，始能聽到雷聲。閃電之觀測距離可能延長至 40 浬。在本次雷雨觀測中，使用 RHI 之衰減措施獲得細胞狀及面狀對流性雷雨回波之垂直構造可知單體細胞狀回波之頂端均形成爲尖筆型，而最强部份位於中心軸之核心部份。亦可知其強烈部份不一定在地面附近，依各回波之構造而不同。

(D) 59 年 6 月份全月之雷雨

6 月份可以說全年當中雷雨最旺盛之月份。關於

鋒面通過前後所發生之雷雨我們已詳細述過。根據 6 月份之地面天氣圖分析天氣概況，前半月之小部份除了冷鋒通過之情況以多大部份均在本省東部沿海生成熱帶性低氣壓或低氣壓。自 19 日起至月底，雖然在副熱帶高氣壓籠罩之下天氣良好，但每日下午總是有雷電之紀錄。在這兩種情況下之雷雨有何區別，或與前述之冷鋒通過之情況有否不同，實有詳細研究之必要。筆者茲根據雷達觀測統計最靠近本站之所有回波資料，與實際發生雷電之雷雨觀測資料一一比較分析，探究雷雨特性及預報法則。

雷達觀測時間	最靠近本站之回波特性		50N.M 以內之回波特性 (db) 級數高度 (呎)	發生雷電情況	天氣概況	備註
	方向°/距離(N.M)	強度				
07-0202 Z	66°/66 39(4)	45000			7 日低氣壓遠離本省，但本省在低壓帶內	
07-0300 Z	79°/69 36(4)	43900				
07-0459 Z	31°/40 36(4)	12000				
07-0557 Z	106°/80 30(4)	35800				
07-0821 Z	46°/12 45(3)	16800		0701Z-0800Z 雨量 0.7mm 無雷電現象		雖然尚未發現雷電本站已有下 0.7mm。
07-0902 Z	35°/25 48(4)	33800				
07-1057 Z	48°/17.8 51(4)	16400	155°/23.6 51(5) 36000			回波增強。
			183°/47.6 48(5) 41500			
07-1157 Z	167°/35.6 48(5)	38200				
07-1359 Z	35°/28.8 48(5)	12600		1325Z 在 NE 方有閃電		可能不是 35°/28.8N.M 處閃電，原因不明。
07-1454 Z	46°/23.7 45(4)	14000	133°/24.3 48(4) 50800	有閃電		閃電由 133°/24.3N.M 處發出。
07-1704 Z	121°/26 48(4)	31800		有閃電		閃電由 121°/26N.M 處發出。

07-1803 Z	68°/35	48(5)	42200		有閃電	閃電由 68°/35N.M 處發出。
07-1956 Z	122°/36	45(4)	41600		1954Z 轉由 E 方有閃電	○電由 122°/36N.M 處發出。
07-2103 Z	116°/34	36(3)	29200		閃電已於 2010Z 停止	116°/34N.M 處之回波不算為雷雨。
07-2257 Z	68°/19	51(4)	21300	101°/38	51(5) 38000	
07-2356 Z	128°/22	51(4)	25000	75°/44	48(5) 49600	
08-0222 Z	127°/33	45(4)	35300			8 日本省尚在低壓帶
08-0259 Z	98°/45	33(3)	31600			
08-0458 Z	42°/53.2	33(3)	30300			
08-0554 Z	24°/22.9	39(3)	16000	155°/32.6	39(4) 11400	0656Z-0700Z 有陣雨無雷電
				124°/34.6	42(4) 11200	0700Z-0712Z 有雨無雷電
					0712Z-0740Z 有陣雨	
08-0815 Z	47°/24.4	42(4)	29800	0732Z-0749Z 在 NE 方有雷聲		由 47°/24.4N.M 處回波。
				0740Z-0806Z 有雨		發出雷聲。
				0749Z-0854Z 在 NE 方有雷聲閃電		可能不是由 25°/31.8 N.M 處發出。
08-1058 Z	143°/19	54(5)	40300		0854Z-1015Z 在 W 方有雷電	雷電由 143°/19N.M 處發出。
08-1200 Z	122°/11	60(5)	39000		1015Z-1020Z 在 NE 方轉 E 方有雷電	雷電由 122°/11N.M 處發出。
08-1400 Z	152°/18	60(5)	43000		1020Z-1320Z 在 E 方有閃電自 1320Z 閃電停止	雷電由 152°/18N.M 處發出。
08-1500 Z	111°/10	60(5)				雷電由 111°/10N.M 處發出。
08-1700 Z	92°/13	51(4)	33700		1632Z 雨停止	92°/13N.M 處之回波已不成為雷雨。
08-1800 Z	92°/13	54(4)	33700			
08-2000 Z	47°/37	45(4)	12000			
08-2100 Z	141°/15	51(4)	22600	74°/15	48(4) 20600	
08-2259 Z	112°/29	33(3)	3500			
08-2351 Z	126°/16.2	48(4)	9600	67°/19.6	45(4) 10200	
09-0205 Z	64°/24.2	51(5)	35800	174°/29.7	48(4) 32500	
	43°/33.5	48(5)	29300	174°/35.8	51(5) 44200	9 日本省在低壓帶內
09-0457 Z	146°/12	60(5)	50000	176°/36	48(5) 44100	
09-0556 Z	181°/15	51(4)				
09-0756 Z	24°/19	51(4)	32300	160°/34	45(4) 28900	
09-0858 Z	109°/18	51(4)	23400	41°/24	39(3) 24900	
09-1104 Z	129°/17	51(4)	25500	27°/35	27(2) 19200	1118Z 開始下雨
				157°/36	48(5) 30200	
09-1202 Z	91°/18	42(3)	28300	133°/28	45(4) 23600	
09-1358 Z	169°/25	51(5)	23800			
09-1500 Z	153°/22	48(4)	16000		1335Z 在 S 方有閃電	閃電由 169°/25N.M 處回波發出。

09-1652 Z	63°/17.5 63(5)	30400	32°/46.3 42(4)	19600	1545Z 在 NNE 方有閃電	閃電由 63°/17.5N.M 處回波發出。
09-1758 Z	156°/25.9 57(5)	21800	39°/37.1 51(5)	28000	閃電在1545Z 以 後停止	
09-1950 Z	53°/22.6 57(5)	39000	177°/43.5 48(5)	47700		
			159°/25.8 57(5)	37800		
			33°/35.1 54(5)	30200		
09-2057 Z	43°/19.8 54(5)	18300	189°/39.3 51(5)	53800		
			26°/43.7 45(4)	26700		
09-2300 Z	46°/17 51(4)	15400	185°/39 45(4)	20800		
09-2359 Z	177°/19 48(4)	28300	46°/22 51(4)	23000	2340Z 雨停	

7日8日9日，本省在低氣壓帶裏所統計之雷雨回波，強度，均為5級強度，其平均高度約36800呎與(C)節之冷鋒通過時之結果大致符合。雷電之觀測距離為22浬，閃電之觀測距離可能延長至35浬，這與冷鋒通過時之26浬與40浬很接近。在這裏我們特別注意者，因在低壓帶內所發生之對流性降水回波，由於氣流之不穩定，回波略形成於本省東部沿海，其移動方向變化多端，有時候滯留於本省東部沿海。這時候觀測雷電現象之機會較多。

當12日—17日之間，在本省東方海面頻繁地發生低氣壓或熱帶性低氣壓，其高度與強度已達到雷雨之標準。但因其回波均在東方海面上離本省甚遠，以致無雷電之觀測紀錄。

本(6)月份雷雨中，於19日~30日間所發生之熱雷，可以說是最主要之角色。即太平洋之副熱帶高氣壓向西或西南伸展，帶來了濕氣團侵入本省。一般在上午天氣良好，至下午以後由於地面上之氣溫上升生成積雲後，逐漸發達為積雨雲作成雷雨。因熱雷雨之生長，衰弱甚迅速，故根據雷雨報告內之發生雷電，時刻，再分析其回波特性。

[19日1149Z~1845Z之熱雷雨] :

根據19-1055Z之雷達觀測圖在182°/115.4N.M.處發生槽化現象(Ducting)，這已表示南邊有逆溫層之存在。其他地方僅有若干之單體細胞狀回波散見第一象限內，氣溫高天氣甚良好。我們特別注意者，為

36°/24.2N.M.處之細胞回波發展。其強度與高度雖然為51db(5)/22800呎，成為雷雨之趨勢甚大。在19-1158Z觀測時 36°/24.2N.M. 處之細胞已移至25°/21.1N.M. 呎，而生長為51db(5)/44200呎。可見其移動速度為5 N.M./h，高度之延長率為20000/h呎，已達到雷雨之標準，以19-1149Z看到來自25°/21.1N.M. 處回波之閃電。19-1356Z 觀測時，其回波移至38°/41.1N.M. 再發展至51db(5) 48800呎，其伸長率減至約2300呎/h。19-1452Z 觀測時，其回波變為39°/25.7N.M. 處之54db(5)/40800呎，強度不變而高度遞減率為8600呎/h。19-1701Z觀測時，移至37°/17N.M. 逐漸接近本站，其強度及高度為60db(5)/41400呎。19-1759Z 觀測法時，移至32°/35N.M. 而強度及高度減弱為39db(4)/34200呎至19-1958Z 時完全消失。

[6月20日—6月27日間之熱雷雨] :

在這期間內所發生之雷雨均屬於內陸受高氣溫所產生之熱雷雨。本站雷達位於花蓮海邊，對於內陸所發生之熱雷雨，因西面有3000公尺以上之臺灣中央山脈及南面有臺東山脈，以致受阻無法觀測，故在這期間所得之雷達回波觀測資料不能與地面觀測所得之雷雨報告對照比較分析。唯一的辦法，僅靠臺灣中央山脈與臺東山脈之間之山谷，如果有雷雨之回波，可作為參考資料來推測。雖然這地方佔本省山脈面積之小部份，有時候可推測山地內有否雷雨之依據。

雷達觀測 日期及時間	出現陸上之降水回波			雷雨出現狀況
	位 置	強 度	高 度	
20-0554 Z	199°/73.2N.M.	24db (3)	30900呎	19-1149Z~19-1950Z 19-2045Z 無雨 ↑(N) ↓(NNE) T (SE) 20-0508Z~20-0515Z 無雨
21-0456 Z				T (NW) 21-0610Z~21-0650Z 無雨

21-0558 Z				T (SSE) 21-0942Z~21-1000Z
21-0755 Z				• 21-1415Z~21-1440Z 雨量 0.8mm
22-0558 Z	210°/79N.M	18db (2)	33800 呎	↙(WNW) 23-1140Z~23-1205Z 無雨
26-0459 Z	202°/82N.M	18db (2)	22800 呎	T (NNW) 260649Z~260750Z
26-0601 Z	211°/74N.M	24db (3)	39900 呎	• 26-0824Z~26-0826Z
26-0902 Z	193°/44N.M	27db (3)	21600 呎	• 26-1135Z~26-1250Z
26-1056 Z	192°/24N.M	30db (2)	24900 呎	↙(N) 36-1205Z~26-1530Z
26-1201 Z	192°/23N.M	24db (2)	21000 呎	T 26-1440Z~26-1520Z 雨量 7.5mm
27-0503 Z	210°/66N.M	18db (2)	27000 呎	
27-0557 Z				
27-0756 Z	207°/78N.M	24db (3)	30800 呎	
27-1703 Z				↙(N) 27-1450Z~27-1520Z

由上面對照表可知平常很少測出之本站西南方，如果有出現陸上降水回波時，可以代表山地有陣陣雨或雷雨。因臺灣中央山脈與臺東山脈間之山谷，地形複雜可能有山峯擋阻，故在這地方能測出回波須有 20000 呎以上之降水回波始能顯出。這時候最好利用雷達天線仰角抬至數度觀測山地之回波情況，像這種熱雷雨與其他雷雨稍有不同，大部份於上午天氣晴朗，至下午以後開始迅速地發展，消失又快，其繼續時間又短，可以說能代表雷雨之一般特性。

五 結 論

筆者已從物理觀念考察降水回波之各種現象並述各種回波顯示於雷達電幕上之判讀法。根據自 58 年 8 月起至 59 年 6 月止預先統計各月之回波分析狀態後，本站雷達所得之雷雨回波資料，與地面觀測雷雨報告比較研究，已獲得下列之結論。

(1) 經統計結果，最保守之估計在雷達 PPI 及 RHI 電幕上發現有 40000 呎高 5 級強度之回波時，可斷定為雷雨無誤。

(2) 雷雨之發生以 6 月份最多，全年當中以 5-9 月份為雷雨季節，4 月及 10 月份為對流性降水轉變穩定性降水之交替季節。11 月—3 月份之回波，因其分佈均未超過 30000, 15000, 20000 呎之紀錄，故不可能成為雷雨。

(3) 根據雷雨回波與天氣圖分析結果，雷雨型式可分為「氣團性雷雨」，「鋒面雷雨」，「颱線性雷雨」。

(4) 本省東方近海，巴士海峽及南海有熱帶性低氣壓或颱風時，容易發生颱線性雷雨。其最高高度及強度有測到 5 級 49800 呎之紀錄。

(5) 冷鋒通過本省時又能引起冷鋒性雷雨之產生。尤其是冷鋒滯留於本省時，其雷雨繼續時間隨之延長，在這種情形下利用雷達分析雷雨回波最為實用。其最高高度及強度有測到 5 級 51000 呎之紀錄。

(6) 太平洋之副熱帶高氣壓向西或西南伸展侵入本省時，在上午天氣良好，至下午以後容易產生所謂帶有熱雷之氣團性雷雨。但因回波之變化迅速並且產生於山地雷雨佔多，這時候已發現利用雷達天線抬至數度分析山地回波之分佈情形，作為雷雨預報之參考。

(7) 一般在成熟之雷雨，由於風之作用經常形成為風切現象。對流性降水或雷雨之面貌回波如果經強度之衰減工作，我們已發現仍由若干之細胞狀回波成羣構成。

(8) 雷聲及閃電，根據雷達觀測及地面雷電觀測比較分析結果，已知雷聲之有感最遠距離約為 22-26 浬以內，而閃電之可視最遠距離約為 35-40 浬以內。

參 考 文 獻

- (1) 臺灣省氣象局花蓮測候所雷雨報告 (58 年 8 月份 -59 年 6 月份)。
- (2) 臺灣省氣象局花蓮雷達觀測站雷達回波資料。58 年 8 月份 -59 年 6 月份)。
- (3) H. R. Byers and R. R. Broham, Jr., (1949): The Thunderstorm (Washington, D. C.:

- Government Printing office).
- (4) Donaldson, R. L. (1958): Analysis of Severe Convective Observed by Radar. *J. Meteor.*, pp 40-50.
 - (5) Leach, W. (1957): Observed Characteristics of Convective Cell band. *Proc. 6th Weather Radar Conf.*, p 151.
 - (6) Richard, J. R. and Prantner, G. D. (1960): A study of the Physical Conditions Lea-
 - ding to an Outbreak of Severe Convective Activity.
 - (7) Donaldson, R. J. JR. (1964): Improvement in Accuracy of Thunderstorm Echo Top Measurement, *Proc. 11th Weather Radar Conf.* p 288-291.
 - (8) Chisholm, A. J. (1966): Small-scale Radar Structure of Alberta Hailstorms. *Proc. 12th Weather Radar Conf.* p. 339.



民國五十九年北太平洋西部颱風概述

研究室

A Brief Report on Typhoons in North-Western Pacific during the Year 1970 Research section

Abstract

Twenty-six storms developed in the western portion of North-Pacific during 1970, but only thirteen reaching typhoon intensity. This compared with a normal of 27.7 with tropical storms and 18.2 in typhoon category during the past twenty-three years. That means tropical disturbance was less active in this year especially in the period before the end of July.

Only one tropical storm named Fran in September influenced this island. However, heavy torrential rains accompanied with this storm and caused quite amount of damages which was estimated to about 1.2 billions N. T. dollars.

一、總論

(一) 本年內颱風發生之次數與侵臺之次數

民國五十九年(1970) (以下簡稱本年) 在北太平洋西部發生之颱風共有26次，內中有一次未予命名。在此26次中，屬於熱帶風暴(即輕度颱風) (中心附近最大風速在每秒17至31.5公尺或每小時34至63浬) 者計18次，適為總數之一半，遠較往年為高。本年發生之颱風雖有26次，但由於逼近臺灣，預期有侵襲可能而由本局發佈警報者有3次，其中8月份之魏達(Wilda) 僅發海上警報，其餘兩次發佈海上陸上警報者，7月初之歐加(Olga) 於臨近臺灣時突折向東北，未釀成災害，故實際侵臺者僅有9月上旬之美安(Fran)一次。可見本年侵臺颱風佔發佈陸上警報次數之50%。

美安是一次路徑相當特殊的颱風，路徑逆轉向西，主要受另一颱風艾倫(Ellen)之影響，產生「藤原效應」。故美安在9月初醞釀於呂宋島東方之海面，初向東北東行進，及後路徑逐漸逆轉，到達北緯約23度，東經約130度後漸轉西北。到了9月5日，中心掠過那霸附近，向西偏南繼續前進，乃致造成威脅臺灣的局面。7日子夜，中心過基隆北方之海面。此颱風威力雖不強，由於路徑屬於西北颱之一類，來自東北至西北之登陸風毫無阻攔，加以受海峽北端氣流幅合之影響，故美安雖始終在熱帶風暴之階段，而能造

成相當嚴重之災害。6日午夜以前，災區僅限於苗栗以北各縣；隨後災區向南擴展，豪雨成災，山洪暴發，其間尤以桃園、中壢一帶最為嚴重。茲將該次侵臺颱風作成綱要如表1。

表1 民國五十九年侵臺颱風綱要表

颱風名稱	美安 Fran
侵臺日期	9月7日
本省測得之最低氣壓(mb)	986.4 (淡水)
本省測得之10分鐘最大風速(m/s)	39.0 (彭佳嶼)*
本省測得之最大總雨量(mm)	532.2 (臺中)
進行方向	WSW
進行速度(kts)	12
通過地區	北方海面
登陸地點	

* 非本局所屬測站五峯測得5-7日之總雨量為729.5公厘

(二) 本年內颱風發生之月份分配

本年內颱風發生之月份分配，上半年相當平靜，僅2月份出現中度颱風一次，6月份出現強烈颱風及輕度颱風各一次，其餘各月在西北太平洋上並無颱風發生，故較往年為不活躍。下半年則相當正常，除7月份僅發生輕度颱風3次，仍較常年為不活躍外，8、9、10月颱風發生次數與過去23年來之平均數相當，分別為6次、5次、5次。如不計輕度颱風，則為4次、2次、4次。11月份出現之4次颱風中，正

式到達颱風強度者只有 1 次。12 月未發現有颱風。

全年總計為 26 次，高出去年（1969）之 19 次，略低於過去 23 年之平均數 27.7 次。其中正式到達颱風強度者只有 13 次，遠較以往 23 年平均之 18.2 次為少，相當於 72%。侵臺颱風只有 1 次，按以往 23 年之平均為 3.7 次，故遠較常年為少。此侵臺颱風見於 9 月，為侵臺機會最多之一月。

本年內之颱風除 6 月底有一次颱風屬強烈者而外

，隨後接連出現 6 次輕度颱風，直至 8 月上旬後又出現 3 次強烈颱風。8 月底以後又連續出現輕度颱風。9 月上旬後，連續有 4 次強烈颱風，1 次中度颱風。自 10 月底起至 11 月底，除侵菲之白西屬強烈颱風外，其餘均屬輕度。由此可見，颱風之發展與否，似為大範圍長期性之天氣圖形勢所控制。

茲將本年內各月西太平洋上出現之颱風與過去 23 年來之情況作一比較，如表 2 所示。

表 2 1947 年來北太平洋西部各月颱風次數統計表

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

年 度 月 份	1 月			2 月			3 月			4 月			5 月			6 月			7 月			
	I	II	III																			
1947	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	1	1	3	0	0	
1948	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	3	1	0	4	1	1	
1949	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	6	2	1		
1950	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	2	1	1	5	1	0	
1951	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	1	0	1	0	0	1	1	0	3	1	0	
1952	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	3	1	1	
1953	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1	1	1	1	
1954	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	
1955	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	2	1	0	7	5	0
1956	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1	1	0	0	0	1	0	0	2	2	0	
1957	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	
1958	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	0	3	2	0	7	6	1
1959	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	
1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	3	3	1	3	2	1	
1961	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	3	2	1	3	1	0	5	3	1	
1962	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0	0	0	5	4	1	
1963	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	4	3	0	4	3	1	
1964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	2	0	7	
1965	2	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	2	2	1	3	2	1	5	4	1	
1966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0	1	1	0	5	3	
1967	1	0	0	0	0	0	2	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	6	5	1	
1968	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	3	2	1	
1969	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	
1970	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3	0	0	
總 數	11	4	0	6	1	0	10	4	0	18	12	2	25	20	3	38	27	7	91	58	14	
平 均	0.5	0.2	0	0.3	0.1	0	0.4	0.2	0	0.8	0.5	0.1	1.1	0.9	0.1	1.7	1.2	0.3	4.0	2.5	0.6	

年 度 月 份	8月			9月			10月			11月			12月			全 年		
	I	II	III	I	II	III												
1947	2	2	1	4	2	0	6	4	1	3	3	0	1	1	0	22	14	4
1948	8	2	0	6	4	2	6	1	0	4	2	0	2	1	0	36	14	3
1949	3	2	0	5	3	2	3	1	1	3	1	0	2	1	0	24	11	4
1950	18*	2	0	6	4	0	3	2	1	3	1	1	4	1	0	44	13	3
1951	3	2	1	2	2	1	4	3	1	1	1	0	2	2	0	21	13	3
1952	5	2	0	3	3	1	6	5	0	3	3	2	4	3	0	27	20	5
1953	6	5	2	4	1	1	4	4	0	3	1	0	1	1	0	23	16	5
1954	5	3	1	5	5	1	4	3	0	3	3	2	1	0	0	21	16	4
1955	7	3	1	3	3	0	3	2	0	1	1	0	1	1	0	28	19	1
1956	5	4	1	6	5	3	1	1	0	5**	5	0	1	1	0	24	20	5
1957	4	2	0	5	5	1	4	3	0	3	3	0	0	0	0	22	13	2
1958	5	3	1	5	3	1	3	3	0	2	2	0	2	0	0	31	21	3
1959	6	4	3	4	3	1	4	3	1	2	2	1	2	2	0	23	16	7
1960	9	8	3	4	0	0	4	4	0	1	1	0	1	1	0	27	21	6
1961	3	3	2	7	5	2	4	3	0	1	1	0	1	1	0	29	20	5
1962	8	8	2	3	2	1	5	4	1	3	3	0	2	0	0	29	24	5
1963	3	3	0	5	4	1	4	4	0	0	0	0	3	1	0	37	25	0
1964	6	3	0	7	5	0	6	3	0	6	3	0	1	1	0	34	18	3
1965	7	4	1	6	3	0	2	2	0	2	1	0	1	0	0	30	20	4
1966	8	6	1	7	4	2	3	2	0	2	0	0	1	1	0	35	22	4
1967	8	4	1	7	4	0	4	3	1	3	3	1	1	0	0	27	23	3
1968	8	6	0	3	3	2	6	5	0	4	4	0	0	0	0	19	15	4
1969	4	3	1	3	3	1	3	3	1	2	1	0	1	0	0	26	13	1
1970	6	4	0	5	2	1	5	4	0	4	1	0	0	0	0	637	418	86
總 數	141	84	22	110	76	23	92	68	8	60	45	7	35	19	0	27.7	18.2	3.7
平 均	6.1	3.6	1.0	4.8	3.3	1.0	4.0	2.9	0.4	2.6	2.0	0.3	1.5	0.8	0			

註：I為輕度級以上之颱風次數（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為中度級以上之颱風次數（亦即正式達於颱風強度，中心最大風速在每秒32公尺級以上者）。

III為颱風（包括輕度）侵臺之次數（中心登陸或暴風侵襲臺灣而有災情者）。

*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次可能到達颱風強度。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為2次，故以此為據。詳

細情形可參閱本局專題研究報告第85號。

**過去本局列為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。

(三)本年內颱風發生之地區及強度

本年內輕度颱風發生地點相當均勻，較為特殊者，超過北緯30度者有3次，另2次亦逼近北緯30度，發生緯度如此之高在往年殊為少見。在北緯10度以下

者亦有6次之多，此亦為過去幾年少有之現象。此外，一般而論以菲列賓羣島與馬利安納羣島之間出現最多，總數為10次，南海有5次，加羅林羣島附近3次，其他西太平洋地區8次。其分配見圖1所示。

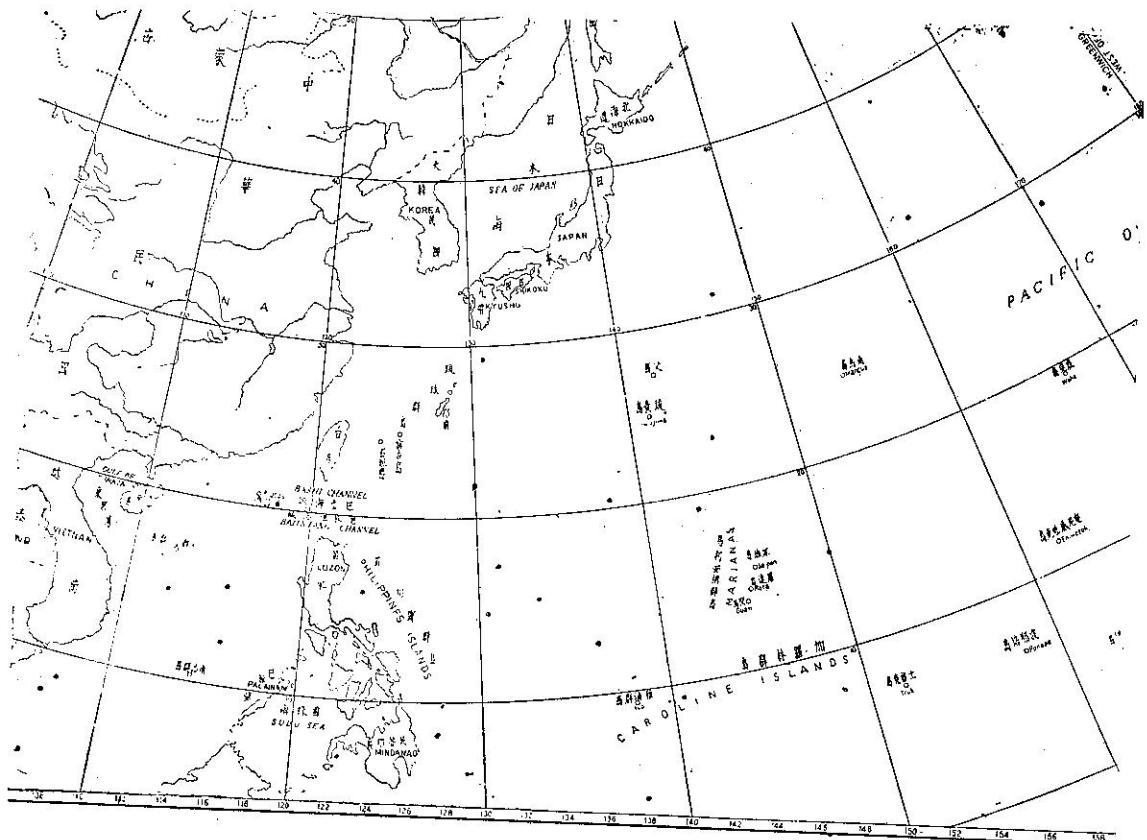


圖 1. 1969年熱帶風暴初生地點之分佈
Fig 1. The positions of tropical storm first appeared on synoptic chart in 1969.

以範圍而言，東西向約自東經 107 度至東經 179 度，佔 72 度，遠較去年及前年為廣。南北向約自北緯 4.5 度至北緯 32 度，佔 27.5 度，亦較往年為寬，初生地點最靠東方者為 9 月初之戴特 (Dot)，最靠西方者為 11 月初之娜拉 (Nora)。最北生成者亦為戴特，最南者則為 10 月中之凱蒂 (Kate)。

本年內出現之颱風，以 10 月中之瓊安 (Joan) 為最猛烈，中心最大風速為 75m/s，中心最低氣壓僅 900mb，但 30KTS 暴風半徑則不及 8 月底之畢莉 (Billie) 為廣。另 9 月底之賀普 (Hope) 中心最大風速亦達 70m/s，中心氣壓為 905mb，11 月中摧殘菲島之白西 (Patsy) 則心最大風速為 67m/s，最低氣壓為 910mb。最弱之颱風為 8 月之賽瑞絲 (Theresa) 與衛萊特 (Violet) 及 11 月底之魯士 (Ruth)。

以生命史之久暫而言，維持熱帶風暴最久者為 10 月中之凱蒂 (Kate)，維持 11 天。最短暫者一為 7 月底無名稱之風暴，另一為最後一次之魯士。

(四) 本年內颱風路徑之型式及轉向點

本年內各次颱風之路徑型式近似拋物線者與西進者旗鼓相當，前者計 10 次，後者 9 次，其餘較特殊者為 7 次。但真正典型之拋物線型颱風只有 4 次，真正西進之颱風却有 7 次，尤以 11 月中之白西，其路徑近似一直線。故西進颱風在本年應佔優勢。路徑之較為特殊者，如 8 月底呈雙曲線之畢莉，9 月初逆轉侵臺之美安均屬之。

本年轉向颱風中， $15-20^{\circ}\text{N}$ 轉向者 1 次， $20-25^{\circ}\text{N}$ 轉向者 2 次， $25-30^{\circ}\text{N}$ 轉向者 2 次， $30-35^{\circ}\text{N}$ 轉向者亦為 2 次，故分配殊稱均勻。轉向緯度最高者為 8 月之葛萊拉 (Clara) 及艾尼達 (Anita)，均在 35°N 轉向。轉向緯度最低者為 2 月之南施 (Nancy)，在 15°N 轉向。

二、各月颱風概述

本年內之颱風較往年為不活躍，自 2 月底至 6 月底有四個月未見有颱風發生，8 月至 11 月則颱風仍如往年，相當活動，尤以 11 月中旬之白西颱風予菲島以

重創，為舉世所矚目，正如民國56年11月之吉達颱風登陸花蓮，均屬晚來而強勁之風暴。茲將各月颱風之活動情形分述如下：

(一)二月 2月中旬以前，西太平洋上並未發生熱帶風暴，直至19日之地面天氣圖上，始見有熱帶性低壓位於加羅林羣島附近迅速加深。當時，太平洋上有—東西向伸展之高壓，軸線在北緯30度附近，在其北方為—廣大之低壓區，與東海至中南半島之低壓區遙接，顯示西南氣流開始活躍，大陸上則為一冷性高壓。此種形勢最有利於颱風生成，是故次日即發展成熱

帶風暴，命名為「南施」(Nancy)。其時日本附近有一發展完善之低壓，太平洋高壓之軸線改變為南北向，東亞地區頓成典型之低指數形勢。22日20時之地面圖上，阿留申低壓發展至極盛，南施乃到達颱風強度，向菲島逐漸接近。25日，中心已到達其近海，隨後偏向西北推進。此時因大陸上高壓增強，鋒系自日本東南方經臺灣南端至中越接壤，南施受其影響而減弱，27日8時轉為輕度颱風，當晚即削弱為熱帶低壓。本月份之颱風路徑見圖2。

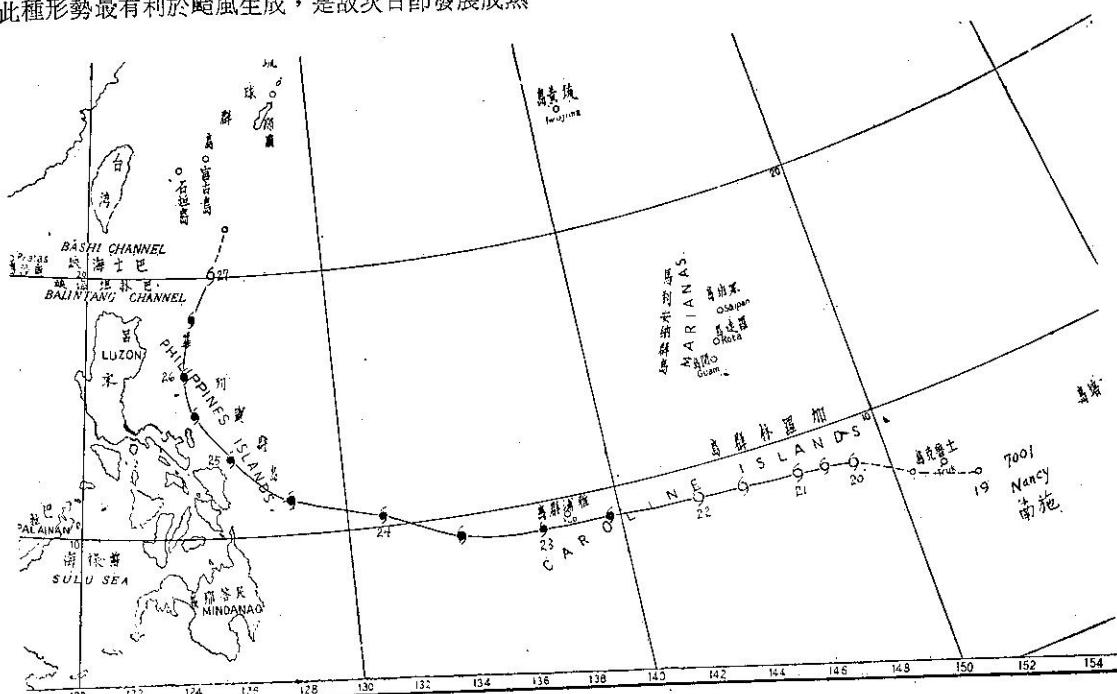


圖 2. 59 年 2 月份颱風路徑圖
Fig 2. Typhoon track in February, 1970.

(二)六月 南施消失後，西太平洋上整整平靜了四個月，直至6月28日，加羅林羣島附近又見熱帶低帶有發展趨勢，在其西南方，另一熱帶低壓亦在同時醞釀。在29日20時之地面圖上，前者即成為熱帶風暴歐加(Olga)，後者成為熱帶風暴波密拉(Pamela)，彼此相距甚近，波密拉之中心已接近民大諾島。當時之天氣圖形勢，太平洋上有高壓楔向西南西伸出，軸線從北緯30度改變為25度。大陸上有一連串小型之高低氣壓，主鋒系自阿留申南方伸至日本南方。30日8時，歐加增為颱風強度，而波密拉則迅速減弱，12時後已成為鉗扣式熱低壓，消失在菲列賓羣島中。歐加發展後向西北推進，幾形成威脅臺灣的局面。此時長江上游有一低壓，日本一帶亦為低壓區，東海黃海氣

壓梯度貧弱，故本局於7月1日10時發出本年內第1次第1號海上颱風警報。當時歐加之中心在恆春東南方約930公里之海面上，繼續向西北行進。其後，歐加發展至最強。2日8時，中心氣壓低達905毫巴，中心最大風速增至6.5m/s，中心在恆春東方約490公里之海面上，每秒55公尺暴風半徑達200公里，本局乃發佈海上陸上颱風警報，當時，中國大陸上均為低壓區，而日本一帶亦為低壓區。500毫巴面上之槽線，一在貝加爾湖南方，向南南東伸展；一在日本北部向南、西伸展，故歐加之未來動向殊不明顯。實際上則自走向西北漸轉為向北北西，至3日2時，中心抵達花蓮東南東方約310公里之海面上，即逼近石垣島時，突然轉向東北，顯然受阿留申羣島之滯深低壓影響

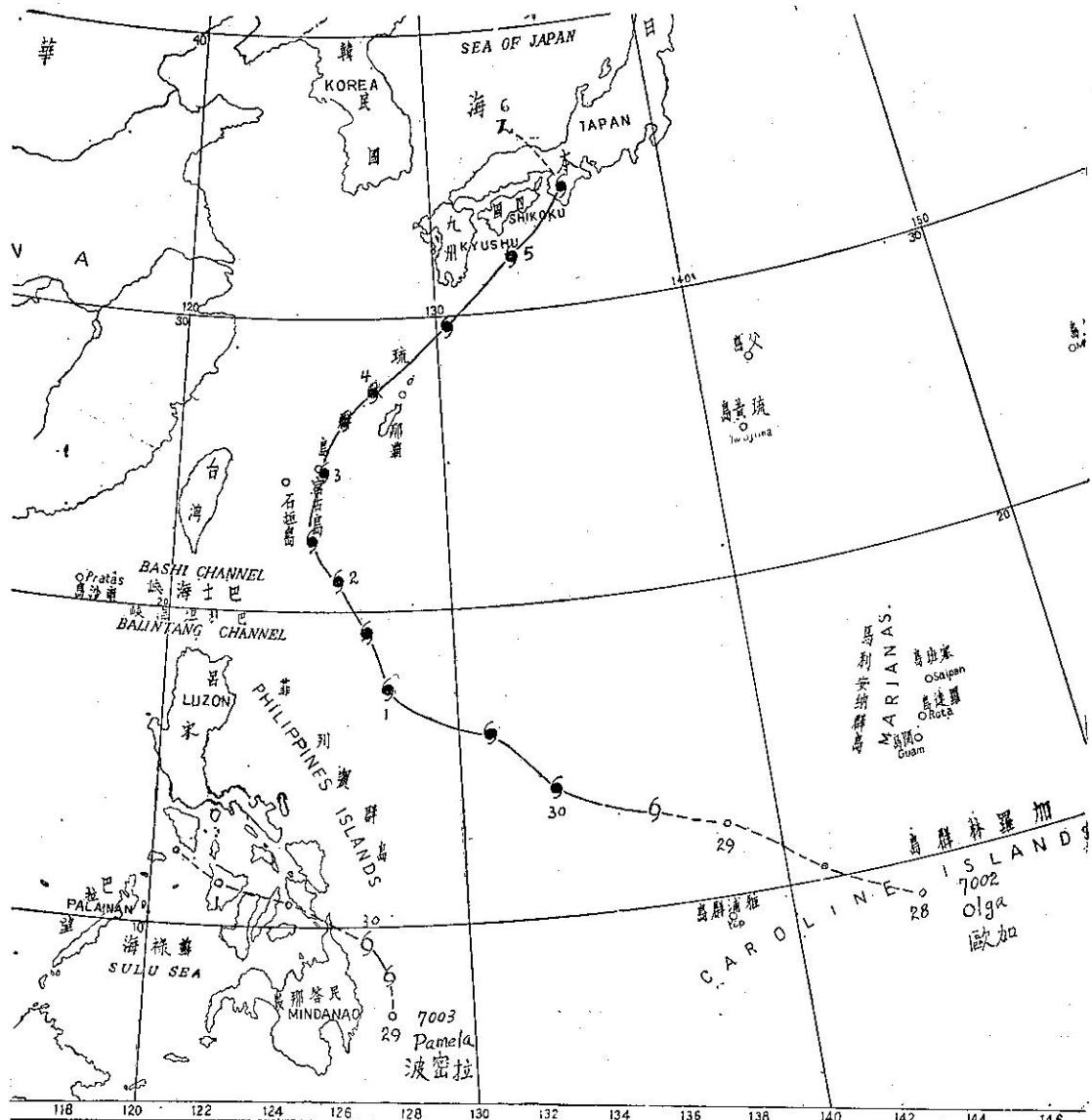


圖 3 59年6月份颱風路徑圖

Fig. 3. Typhoon tracks in June, 1970.

。臺灣乃能未受災害，至當天21時即解除警報。歐加在5日20時登陸日本後即轉為溫帶氣旋。見圖3。

(二)七月 欧加消失後，太平洋上平靜約一週，至12日，民大諾東北之熱帶低壓趨於加深。翌日即成為熱帶風暴，即魯碧(Ruby)，走向西北，14日8時中心掠過呂宋島北端，隨後入南海。15日20時，中心過東沙羣島，再在珠江口附近登陸，入山區內即消失。

西方之紛擾消失大約5天後，東方威克島西北又有騷動，兩三個低壓中心中，僅靠東北之一個在21日下午轉變為熱帶風暴，定名為沙莉(Sally)，指向阿

留申低壓移行，但未幾即減弱為熱帶低壓。在23日20時，為鋒面貫穿，成為一溫帶氣旋。

沙莉之後，西太平洋上雖常見熱帶低壓，但均未發展。29日之地面天氣圖上，琉球一帶此等紛擾殊為活躍，尤以那霸東方之中心，30日一度增強為一輕度颱風，但僅維持數小時，故亦列為熱帶風暴，但未命名。本月份之颱風路徑見圖4。

(四)八月 本月為颱風最活躍之月份。月初即有賽瑞絲(Therese)誕生於威克島之東北方，其範圍甚小，形如納入其東方之太平洋高壓內，在其西方則有

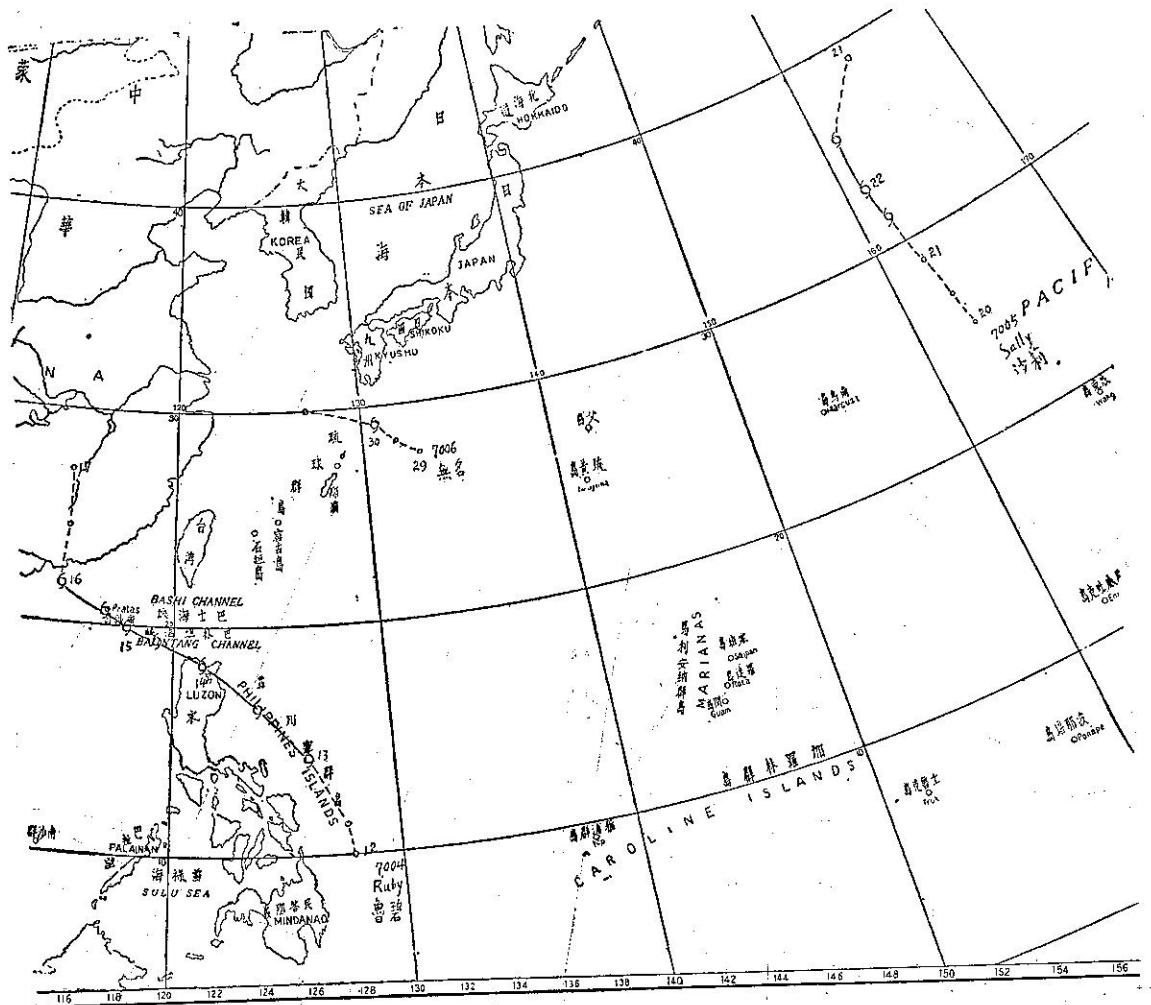


圖 4 59年7月份颱風路徑圖
Fig. 4. Typhoon tracks in July, 1970.

鋒系逼近，故在4日即削弱為熱帶低壓而併入鋒面內。其時，菲列賓與馬利安納羣島間又有一熱帶低壓在擴展中，且向西迅速推進，即6日20時地面圖上呂宋島東方之衛萊特（Violet），此風暴仍未充份發展，向西北西入南海，旋在雷州半島與珠江口間登陸後消失。

正當衛萊特中心過東沙羣島附近，關島西南方之熱帶低壓突然增強。此時太平洋上之高壓強盛，軸線向東南東指向此風暴。500毫巴之槽線在日本附近，東海有一高壓（高度）中心，此種形勢實有利於其發展，故在10日晨間即正式到達颱風強度，走向西北西方，中心風速不斷增強。10日8時，中心到達恆春東方約900公里之海面上，本局乃於當天10時30分發佈海上颱風警報。惟魏達到達那霸南方時迅速順轉，強度

已及強烈颱風，由於對臺灣已無威脅，故在12日10時20分即解除警報。此一颱風於13日8時過琉球，翌日過四國西邊，入日本海。17日轉變為溫帶氣旋。

艾妮達（Anita）月中在馬利安納羣島之西北方生成。17日正式到達颱風強度，其時鄂霍次克海有一潰深低壓，故艾妮達指向該低壓，且隨其東移而逐漸轉向。19日後，勢力增強，進級為強烈颱風，當時日本東方有一強大之反氣旋，艾妮達乃繞其西緣進行，21日晨間侵襲日本，入日本海後減弱為輕度颱風，漸趨消滅。

緊接艾妮達之後，另一強烈颱風畢莉（Billie）生成於菲列賓之東方，其時ITC之發展甚明顯，低緯度有一連串之熱帶性紛擾。畢莉於25日到達颱風強度，翌日再轉變為強烈颱風，逐漸進逼琉球羣島。29日

中心穿過那霸島後進入東海，範圍漸減縮，次日即消失。

本月份最後發生之一個颱風為葛萊拉 (Clara)，僅達中等強度，誕生在畢莉之東北方，範圍遠較畢莉

為小，但亦到達颱風強度。由於彼此相距較遠，故未發生藤原效應。葛萊拉 28 日在日本東南方之近海經過，30 日減弱為輕度颱風，至 9 月初始消失。

本月份之颱風路徑見圖 5。

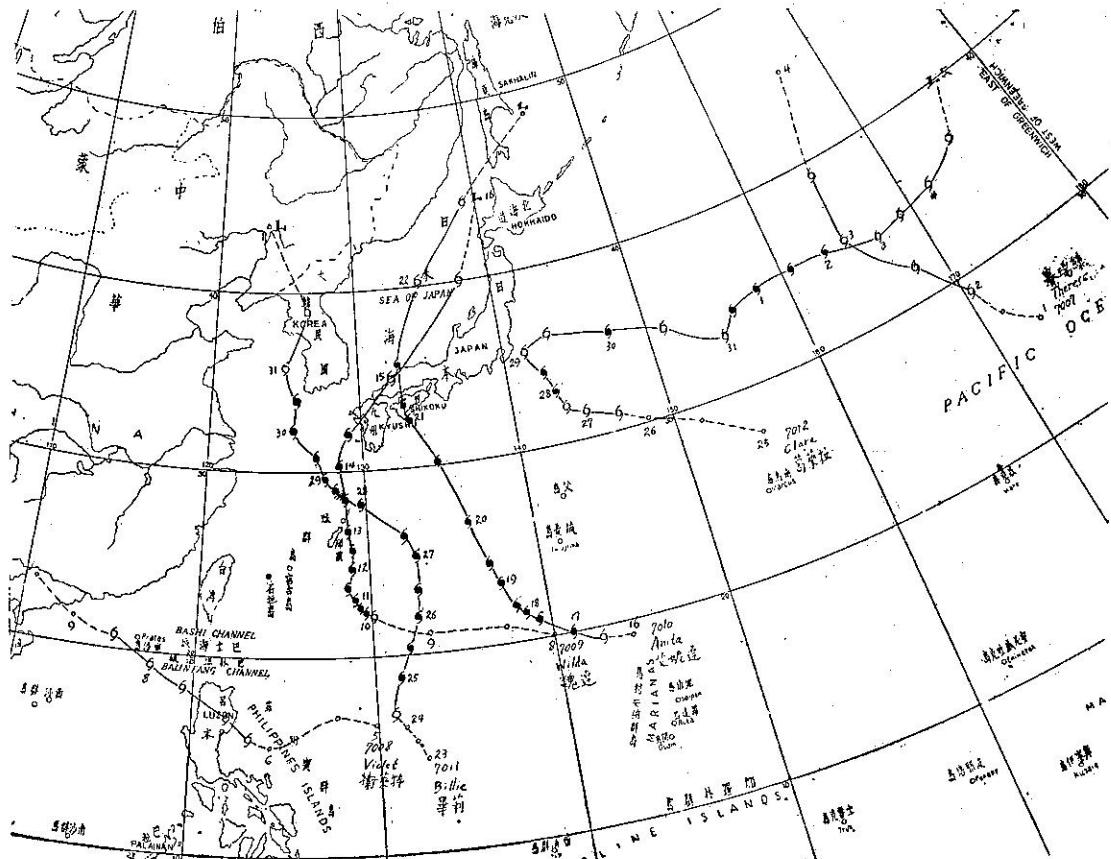


圖 5 59 年 8 月份颱風路徑圖

Fig 5. Typhoon tracks in August, 1970.

由九月一般而論，今年 9 月內發生之颱風似不及往年同月份為活躍，以其誕生兩個強烈颱風，三個輕度颱風。戴特 (Dot) 月初誕生在極東，已超過國際換日線，生成後走向西北，與葛萊拉逐漸接近，3 日後又轉向東北，次日即消失。第 2 個熱帶風暴艾倫 (Ellen) 與第 3 個芙安近乎同時生成，二者相距甚近，5 日位於菲列賓東北方，由於相互牽制而產生藤原效應甚明顯。當天 8 時圖上，艾倫在芙安之北方；及至 20 時圖上，艾倫已轉至其西方。次日，艾倫即趨消失，而芙安則向西，中心在 7 日越過臺灣北海岸附近，成為本年內唯一之侵臺颱風，詳情見芙安颱風之調查報告。

芙安消失後，菲列賓東方之熱帶低壓又增強，8

月 20 時成為輕度颱風。24 小時後增為颱風強度，此一風暴即為喬琪亞 (Georgia)，此時，鄂霍次克海有一深低壓，鋒系自此向西南延伸，低指數之形態極為明顯。兩日後，喬琪亞發展至最盛，中心附近最大風速達 65 m/s ，在地面圖上已逼近呂宋島，次日即穿越呂宋島，進入南海，勢力漸減，14 日在珠江口附近登陸，15 日在山區消滅。

本月份最後誕生之颱風賀普 (Hope) 在 20 日成為輕度颱風，位置在馬紹爾羣島之西方，迅速東移。23 日，發展為強烈颱風，走向漸轉為西北。25 日中心掠過關島附近，走向日本之東南方海面，隨後停滯一段時期後，轉向東北，被鋒系穿入，成為溫帶氣旋。

本月份之颱風路徑見圖 6。

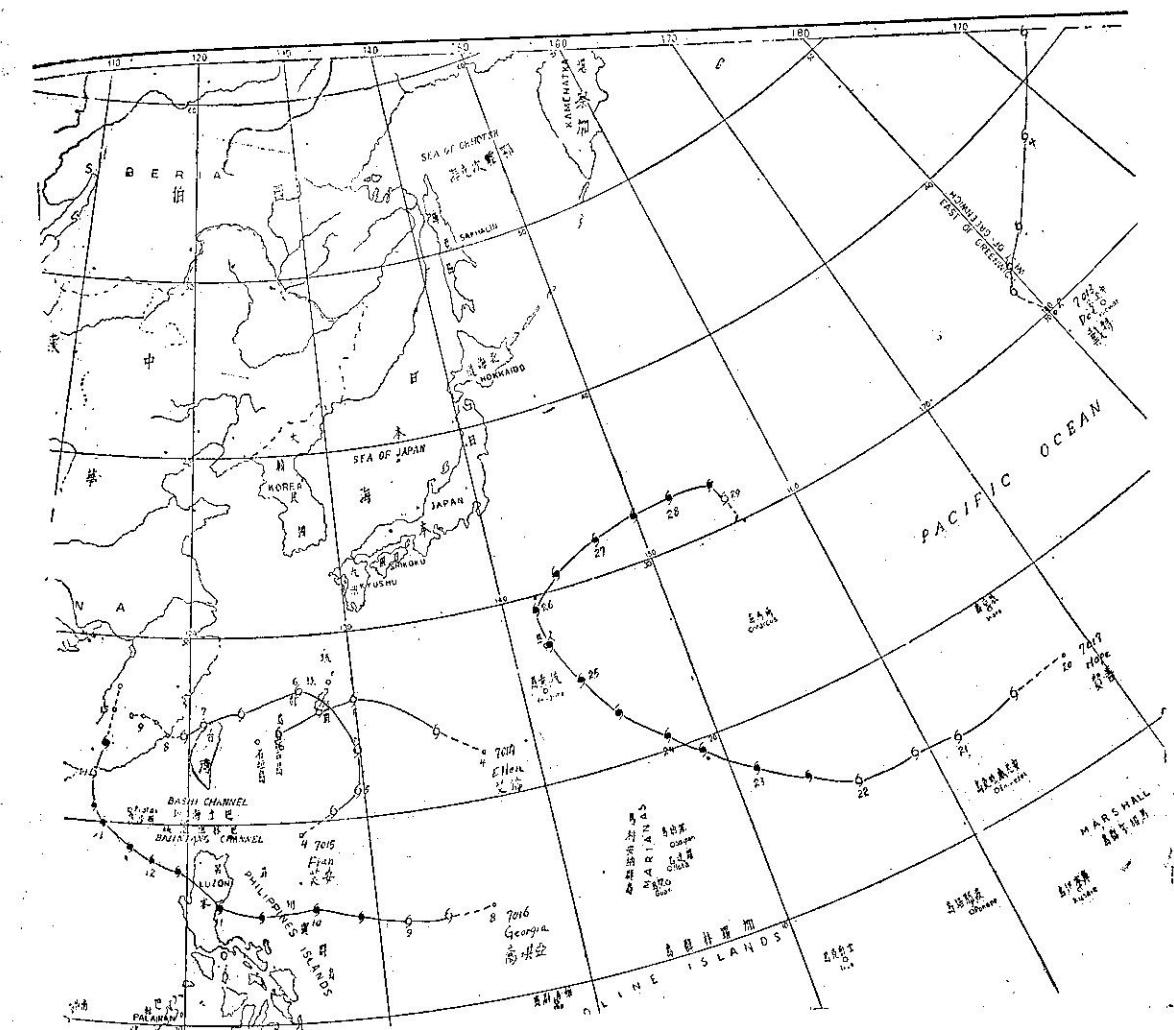


圖 6 59年9月份颱風路徑圖
Fig. 6. Typhoon tracks in September, 1970.

(六)十月 本月內發生五次颱風，大都為西進颱風，且緯度甚低，其中有三次自加羅林羣島向西進入南海，其餘則自生至滅均在南海中活動。如圖7所示，形勢殊為特別。

第一次爲艾麗絲 (Iris) 颶風，月初在南沙羣島之西北方醞釀，4日達熱帶風暴之強度，向北推進，翌日加強爲颶風強度，折向東北，速度緩慢而均勻。7日後速度轉緩，終於在次日入東沙羣島變爲熱帶低壓。

不久，另一熱帶性紛擾在加羅林羣島附近生成，10日成為輕度颱風後迅速西進，12日逼近菲列賓羣島近海正式到達颱風強度，13日發展最盛，中心氣壓降至 900mb ，14日穿過呂宋島南端，即見其迅速填充，12小時內中心氣壓升高 70mb ，中心最大風速則由

75m/s 減為約 40m/s。此一西進颱風主要受日本南方高壓楔之影響，此高壓在地面上中心遠在阿留申之南方，但在 500mb 圖上，顯然有一高壓，中緯度西風甚強。15日晚間至西沙羣島之東南方後折而向西北，17日穿過海南島東端，減弱為熱帶風暴，登陸雷州半島後即轉為熱低壓，趨於消滅。

另一颱風凱蒂(Kate)生成在極低之緯度，15日成輕度颱風，旋即正式到達颱風強度，繼續西進，18日夜晚穿越民大諾島後一度減弱為熱帶風暴並轉向西北，入南海後再增強，其路徑稍現彎曲，至23日後改為向西，25日變為輕度颱風後登陸越南山區，終於消失。

凱蒂消失時，另一紛擾見於南海，26日即在菲島西邊醞釀，翌日到達熱帶風暴強度後迅速西進，逼近

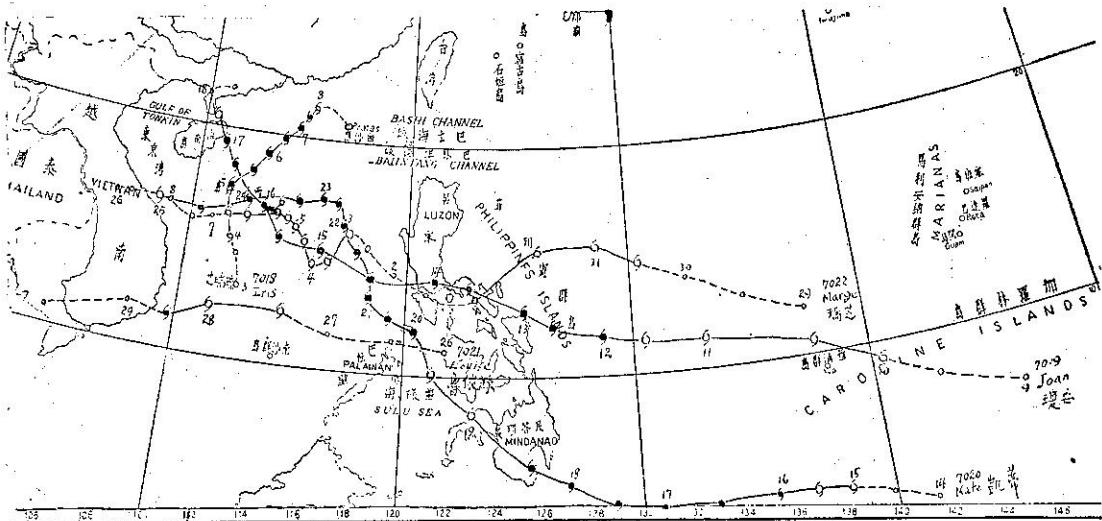


圖 7 59年10月份颱風路徑圖
Fig 7. Typhoon tracks in October, 1970.

南越領海時曾一度到達颶風強度，但不久登陸後即轉為熱帶低壓。

本月內最後誕生者為瑪芝（Marge），屬輕度颶風，但經歷之路徑甚長，最初醞釀於雅浦島之北方。30日晚始成輕度颶風，向西穿過菲列賓羣島時一度轉為熱帶低壓，11月3日恢復風暴之地位，路線先向西南，再轉西北，速度減緩，6日後西進。8日消失在越南近海。

(七)十一月 本月為熱帶氣旋殘酷施虐之月份，人類將永誌不忘，蓋在本月16日東巴基斯坦受熱帶氣旋之浪潮侵襲，死亡達30萬人。不久，白西（Patsy）又侵襲呂宋島造成慘重之損失。本月份，太平洋西部

之颶風路徑仍如10月份，主要活動區在南海，只有白西為一西進而旅程遙遠之颶風，源出於加羅林羣島之東北方。

月初生成者為娜拉（Nora），見於南沙羣島之西南方，為一簡單之西進颶風，維持熱帶風暴強度只有一天，4日消在泰國灣。

月中又有歐珀（Opal）誕生於菲列賓羣島之西方，15日變為輕度颶風後，呈彎曲之路徑走向西南方。17日夜晚即消失。

白西係在14日晚到達熱帶風暴強度，15日晨間中心穿越塞班島，4小時後正式為颶風強度。此後迅速西進，每小時達30公里，故19日晨間中心已逼近呂宋島。

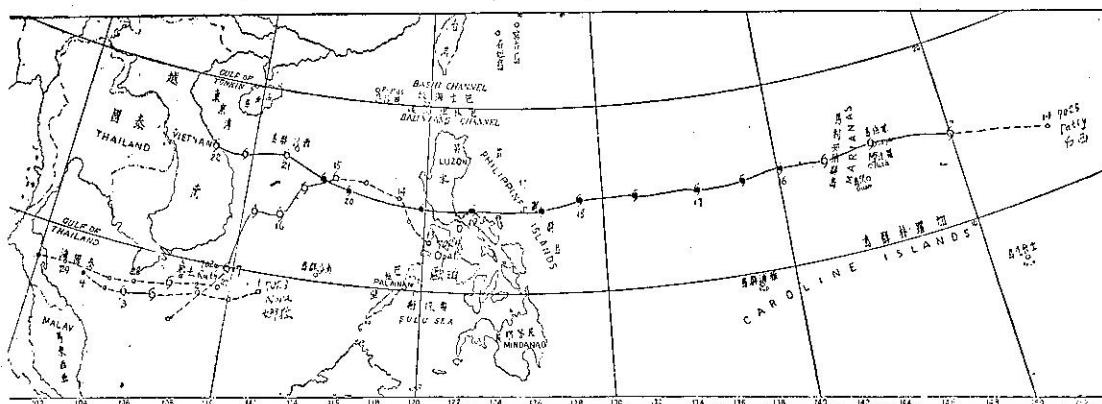


圖 8 59年11月份颱風路徑圖
Fig 8. Typhoon tracks in November, 1970.

表 3 民國59年北太平洋西部颱風綱要表

Table 3 Summary of typhoon data within the area of North-Western Pacific during 1970.

月 份 次 序	當 本 年 颱 風 編 號	颱 風 名 稱	起 迄 時 間			誕生地區	輕度颱風 發生地點		最 大 風 速 m/s	暴 風 半 徑 30 kts	暴 風 半 徑 50 kts	中心 氣 壓 mb	最 大 風 速 kts	颱 風 分 類	警 報 階 段	附 記
			全 部 起 訖	輕 度 以 上	中 度 以 上		北 緯	東 經								
2月 1	7001	南 施 Nancy	19/2 -27/2	20/2 -27/2	22/2 -26/2	加 羅 林 島	8.6	149.0	50	200	100	950	15	中度		
6月 1	7002	歐 加 Olga	28/6 - 6/7	29/6 - 5/7	30/6 - 5/7	"	12.9	136.9	65	300	150	904	20	強烈	海上	陸上
2	7003	波 密 拉 Pameia	29/6 - 1/7	29/6 - 30/6	-	菲 島 東 方	7.5	127.8	27	35	-	980	10	輕度		
7月 1	7004	魯 碧 Ruby	12/7 -17/7	13/7 -16/7	-	"	14.0	125.9	27	250	-	985	15	"		
2	7005	沙 莉 Sally	21/7 -22/7	21/7 -22/7	-	威 克 島 北	28.8	162.6	22	100	--	992	17	"		
3	7006	無 名 稱	29/7 -30/7	30/7	-	琉 球 東 方	28.5	131.0	17	30	-	994	10	"		
8月 1	7007	賽 瑞 絲 Therese	1/8 - 4/8	2/8 - 3/8	-	威 克 島 北	35.0	166.0	20	100	-	1000	20	"		
2	7008	衛 萊 特 Violet	5/8 - 9/8	6/8 - 8/8	-	菲 島 東 北	15.2	123.4	20	150	-	990	12	"		
3	7009	魏 達 Wilda	8/8 -15/8	9/8 -15/8	10/8 -14/8	琉 磺 島 方	22.5	130.4	55	300	100	940	35	強烈	海上	
4	7010	艾 妮 達 Anita	16/8 -22/8	16/8 -22/8	17/8 -21/8	馬 利 安 那 瑪 島	19.0	144.0	65	300	150	910	25	"		
5	7011	畢 莉 Billie	23/8 -31/8	24/8 -31/8	25/8 -30/8	菲 島 東 方	16.8	131.1	55	350	150	945	10	"		
6	7012	葛 萊 拉 Clara	25/8 - 4/9	26/8 - 4/9	28/8 -29-30/8 1-2/9	琉 磺 島 方	31.9	145.4	50	300	80	960	18	中度		
9月 1	7013	戴 特 Dot	2/9 - 4/9	2/9 - 4/9	-	中 途 島 北	33.5	179.4	35	100	50	992	15	輕度		
2	7014	艾 倫 Ellen	4/9 - 6/9	4/9 - 6/9	-	琉 西 黃 島 方	24.0	134.5	25	100	-	985	25	"		
3	7015	美 安 Fran	4/9 - 9/9	4/9 - 7/9	-	菲 島 東 方	20.6	127.2	27	200	50	975	15	"	海上	陸上
4	7016	喬 琪 亞 Georgia	8/9 -15/9	8/9 -14/9	9/9 -13/9	雅 浦 島 方	14.7	134.6	65	200	100	904	13	強烈		
5	7017	賀 普 Hope	20/9 -29/9	20/9 -29/9	22/9 -28/9	威 克 島 方	14.2	166.4	70	200	100	905	15	"		
10月 1	7018	艾 瑞 絲 Iris	3/10- 8/10	4/10-8/10	5/10- 7/10	南 海	15.5	111.3	50	100	25	944	10	中度		
2	7019	瓊 安 Joan	9/10-18/10	10/10-17/10	12/10-17/10	加 羅 林 島	9.5	140.4	75	250	100	900	20	強烈		
3	7020	凱 蒂 Kate	14/10-26/10	15/10-25/10	20-24/10	"	4.5	138.1	60	200	120	940	12	"		
4	7021	魯 依 絲 Louise	26/10-29/10	27/10-28/10	28/10	南 海	11.7	115.3	30	200	25	990	17	中度		
5	7022	瑪 芝 Marge	29/10- 8/11	30/10- 1/11 3-6/11	-	菲 島 東 方	14.7	130.4	27	100	30	985	15	輕度		
11月 1	7023	娜 拉 Nora	1/11- 4/11	2/11- 3/11	-	南 海	7.8	106.9	25	100	-	1000	25	"		
2	7024	歐 珀 Opal	13/11-17/11	15/11-17/11	-	"	15.5	117.0	25	100	-	990	12	"		
3	7025	白 西 Patsy	14/11-22/11	14/11-22/11	16/11-20/11	馬 利 安 納 方	13.8	152.4	67	300	100	910	14	強烈		
4	7026	魯 士 Ruth	27/11-29/11	27/11	-	南 海	8.7	108.5	20	50	-	996	12	輕度		

之南端，其時中心氣壓降為 910mb，中心最大風速增為 135浬／時，約 70m/s。亦即穿過該島正值其極盛時期，故使菲列賓遭受重大之損失，18日20時之地面天氣圖上，阿留申羣島之西南方有一軸線傾斜45度之巨大反氣旋，在 700mb 圖上，有一明顯之低槽，槽線在臺灣東方，500mb 圖上，中緯度西風甚強，高壓軸心在20度附近。顯然有利於其西進，自西入南海後，威力大減，21日變為輕度颱風，22日在越南海岸消滅。

今年最後一個颱風為27日在越南南方近海向西進行之魯士 (Ruth)，僅當天夜間一度為熱帶風暴，隨即減為熱帶低壓。29日晚漸在泰國灣消滅。

三、本年內發佈颱風警報情況

本年內發佈颱風警報 3 次，遠較去年之 8 次為少，其中 8 月份之魏達颱風僅發海上警報。故發陸上警報之兩次颱風，只有一次為侵臺颱風，即美安；而歐加則並未侵臺。可見發佈陸上警報之效率只有 50%。

侵臺颱風美安首次陸上警報發佈時刻為 9 月 6 日 16 時 30 分，中心最接近之時刻為 9 月 7 日 2 時，相距僅 11 時 30 分，似嫌過短，實由於路徑特殊所致。該次颱風臺灣最早出現每秒 10 公尺風為基隆、淡水、臺北等地，間為 9 月 6 日 18 時，每小時 5 公厘之雨以基隆之 6 日 1 時為最早。此強風距首次陸上警報為 1 時 30 分。美安侵臺期內，各地並未出現每秒 17 公尺之大風，但每小時 15 公厘之雨則基隆早上陸上警報發佈前 15 小時半即已發生。

以本局預測 24 小時後中心位置之向量誤差言，7 月之歐加計有 7 次，平均誤差為 104 浬，最大誤差 127 浬。8 月之魏達，計有 4 次，平均誤差 115 浬，最大誤差 255 浬。美安則僅作 12 小時中心位置之預測，計 5 次，平均為 81 浬，最大誤差為 90 浬。

全部颱風之綱要見表 3

四、本年內颱風災情概述

本年內之颱風災情如與去年相比，顯得並不嚴重，但以如此一輕度颱風造成如此損失亦足以驚人矣。

根據我國政府正式發表之本年內颱風及其他熱帶氣旋災害統計，列成綱要如表 4。

表 4 民國 59 年颱風災害綱要表

颱風名稱	人 口			淹 準 或 受 災 面 積(畝)	房 屋	
	死 亡	失 踪	受 傷		全 倒	半 倒
美 安	96	41	50	79,842	64,583	87,153
災害損失估計 (臺幣 1000 元)						
農產品損失	589,021	13,937	80		3,279,141	
公用事業	708,940	2,661	合 計			
				1,197,330		

表內可見全年損失仍達臺幣 12 億元之鉅。

五、本年內颱風之特點

綜上所述，本年內颱風之特色可概括為下列各點：

- (一) 今年總數 26 次略低於過去 23 年之平均，但到達颱風強度者只有 13 次，僅及平均數之三分之二左右。可見今年比往年為不活躍。
- (二) 本年 1~5 月只有 2 月內有 1 次中度颱風，6、7 兩月正式到達颱風強度者亦僅 1 次。足見 7 月底以前西太平洋上颱風極不活躍。比較最活躍者為 8 月，一為 10 月。
- (三) 今年侵臺颱風只有 9 月份 1 次，遠低於過去 23 年平均之 3.7 次。此颱風因受藤原效應之惰性作用，反時鐘向轉為西南西向侵臺，路徑較為特殊。此一颱風強度雖弱，範圍又小，但帶來北部及中部之雨量頗為可觀，故而災情不輕。
- (四) 本年誕生之颱風，地區範圍至廣，有 3 次竟超過北緯 30 度，1 次則低達北緯 4.5 度。殊稱反常。勢力最强者為 10 月之瓊安颱風。
- (五) 本年內之颱風，概略言之，呈拋物線路徑與西進颱風大致旗鼓相當，但真正為拋物線者只有 4 次。轉向之緯度分配頗為均勻。（戚啓勳執筆）

氣象學報補充稿約

- 一、來稿須用稿紙（以 25×24 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 1,000 字為原則。
- 五、關於表格之注意點：

- (一) 表格須另用白紙繪製。
- (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，投稿人得自行負責印刷費。

九、關於參考文献之規定：

- (一) 參考文献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献時，根據文献之號數，用斜體阿刺伯字，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為序。

中文用：一、(一) 1. (i) i. (ii)

英文用：I. 1. A. a.

- 十一、每頁下端之腳註以小號 1, 2, 3, 等阿刺伯字表之，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，儘量用阿刺伯字表之。

- 十三、單位須用公制。單位記號例如以 m (公尺)、cm (公分)、mm (公厘)、m² (平方公尺)、m³ (立方公尺)、cc (立方公分)、l (立升)、g (公分)、kg (公斤)、mg (公厘)、°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，介系詞、連接詞及不重要字用小寫。圖表之英文標題及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，其餘第一字母均小寫。參考文献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。

Volume 17, Number 2

June 1971

METEOROLOGICAL BULLETIN

(Quarterly)



CONTENTS

Articles

- Recent Development on Typhoon Research
.....CHUN-TSUNG WANG.....(1)
- Some Proposals on the Maintaining of Ecoequilibrium
Around Industrial Cities.....KENNETH T.C. CHENG.....(3)
- On the Relation between Meteorological Elements and
the Formation of Sonic BoomCHIH T. CHIANG.....(9)
- Study on the Salt Content of Sea-Wind at Wuchi-Lukan
Area.....Y. M. CHEN, T.H. LIN, M.S. LIN, & S. C. LU.....(16)
- On the Use of Weather Radar to the Weather Forecasting
.....RUEY-SHAN LIN.....(24)

Reports

- A Brief Report on Typhoons in North-Western
Pacific during the Year 1970.....RESEARCH SECTION.....(37)

TAIWAN PROVINCIAL WEATHER BUREAU

64 Park Road Taipei,

Taiwan, China