

臺灣地區人造雨試驗計畫評介

陳文恭¹ 林民生² 王光義³

秘書室¹ 氣象科技研究中心² 宜蘭站³

中央氣象局

摘 要

台灣地區屬於亞熱帶季風氣候區，以往由於平均之年降雨量頗豐，故對於研發人造雨技術較不感迫切。近年來，台灣地區由於人口成長迅速，復以農工業蓬勃發展，導致各種農工及社會性用水量均顯著增加。根據「經濟部水資源統一規劃委員會」統計資料顯示，台灣地區平均每人每天之用水量由民國六十年的224公升遞增至民國七十年的316公升。由於用水量的激增，即使台灣地區已有完善之水利設施，例如規劃完善的水庫網、灌溉系統等；然每當出現降水量異常偏少時，常有局部地區發生水資源不足而產生旱象，尤以台灣中南部地區為甚。因而促成研發並建立台灣地區人造雨技術之呼聲大起，為順應民意，台灣省政府建設廳及中央氣象局共同在民國八十一年五～六月實施首次之人造雨試驗，即「台灣地區人造雨試驗計畫」，進入研發階段。

利用人造雨技術以充裕台灣地區水資源，其先決條件除完善之水利、氣象觀測設施及準確之天氣預報等客觀條件外，更需有利之大氣條件配合，始能克竟全功。客觀條件方面，台灣地區已有相當完善之水庫、灌溉系統等水利設施；而中央氣象局除擁有完善之氣象觀測設施外，更可提供執行人造雨作業所需之氣象預報資料。大氣條件方面，台灣地區大氣溫度介於-5℃~-10℃之層次約在5~6公里高度，而日間顯著海風次環流引發之地形性對流雲、其它天氣系統引發之對流雲等雲系，均可發展至此高度以上；意即只要能將碘化銀雲種送進此溫度範圍之雲層，就可藉冰晶效應等作用促進雲系之發展以增加降雨量。經由三次地面碘化銀之人造雨試驗及六次地面與空中六氟化硫之追蹤劑試驗，分析結果顯示，碘化銀可作為台灣地區實施人造雨之雲種，且在鋒面天氣系統、海風次環流及地形配合下，地面燃放之碘化銀微粒可有效地輸送至空中，以增加人造雨目標區降雨之可能性。

一、前言

人類文明愈進步，水的消費量就愈大，農工業愈發達，水的需求亦愈迫切；臺灣地區近年來由於農工業迅速發展，社會需求性及農工業需求性用水均顯著增加。根據「經濟部水資源統一規劃委員會」（以下簡稱水資會）統計顯示，臺灣地區平均每人用水量由民國65年的224公升/天增加到民國77年的316公升/天。

從台灣地區水資源之現況顯示，由於用水量增加，而天然性降雨不可能增加的情況下，只有以節省用水、建造水庫蓄水、抽取地下水或海水淡化等方法補救。但節省用水會造成人民生活之不便及延滯農工業之發展；建造水庫則由於台灣地區河川短促，流量變化大且不穩定，稍遇天然降雨不足即有乾涸之危機

；而過份抽取地下水則有地層下陷、地下水鹹化等後遺症，中、南部濱海地區已普遍存有因超抽地下水而導致地層下陷，且沿海低窪地區於大雨時常發生海水倒灌現象；至於海水淡化則所費不貲，尚無法有效解決臺灣地區用水量激增所帶來的問題。

誠然，台灣地區目前正遭遇水資源不足之威脅，特別是在中、南部地區，每週天然降雨偏少之季節，即發生農工及民生用水短缺之困擾，影響台灣地區之農、工業發展及民眾日常生活甚鉅。因此積極尋求一有效紓解水資源不足之方法，以消滅因水資源不足對台灣地區之農、工業發展及民眾日常生活所造成之影響，維持台灣地區蓬勃之農、工業發展，並增進人民之生活福祉，實屬當務之急。

二、臺灣地區人造雨試驗計畫之緣起

為了解決臺灣地區水資源不足之問題，最值得嘗試的辦法之一便是開發天上水源，以充裕地面及地下水。即在適當的氣象條件下實施“人造雨”，以期增加降雨量，並將之蓄存於水庫中。

誠然，人造雨並不能無中生有，更不會扭轉像自來水之水龍頭，水就源源不斷而來。我們無法在晴空無雲的天氣中呼風喚雨，但可在氣象條件有利於下雨時，施放人工雲種於雲中（即所謂“種雲”），以加速促成降雨過程及增加降雨量。然而實施人造雨，其成功的關鍵在於雲種、實施地點的選擇及氣象條件的掌握等。這些成功要素必須經由詳細的規劃設計、實際試驗及試驗後之科學性評估才能得到。為此中央氣象局（以下簡稱本局）特別邀請美國「北美洲氣象諮詢顧問公司」（NAWC）人造雨專家於民國八十一年元月二十三日至三十一日來臺，實地評估在臺灣地區實施人造雨的可行性。

NAWC人員在臺期間，除參觀本局預報、衛星、資訊、科技中心及相關各組，以了解臺灣地區氣候特徵、氣象資訊及氣象設備等現況外，並拜訪空軍氣象聯隊、水資會、農委會、臺大大氣系等相關單位，以明瞭臺灣地區實施人造雨的條件和經驗、水資源管理與規劃等情況。元月二十九日更由本局氣象科技研究中心人員陪同前往旱象嚴重的臺南地區，並拜訪曾文水庫管理局，以充分了解乾旱現況及收集相關水文資料。

NAWC人員返美後提出一份臺灣地區實施人造雨之書面建議報告，初步認為臺灣地區的氣象條件適合實施人造雨。且臺灣地區正面臨長期性用水需求量增加，天然降雨無明顯增加；復以超抽的地下水及水庫蓄水量嚴重不足等困境，極需實施人造雨以紓緩旱象。而中央氣象局擁有完善之氣象監測系統，並有能力提供準確的天氣預報資料，再結合各參與單位高效率的行政支援，將大幅提高實施人造雨成功的機率。NAWC乃初步建議在民國八十一年四至六月期間，於曾文水庫集水區實施試驗性人造雨。

在NAWC提出初步建議後經本局及學界人員評估認為可行，遂由，蔡局長率領相關人員前往拜會臺灣省政府連主席，並在建設廳許廳長主持下，舉行簡報及座談會，廣泛交換意見。經決議在影響層面最小的情況下，由臺灣省政府建設廳主導，與本局共同推動八十一年五月上旬至六月下旬實施之“臺灣地區人造雨試驗計畫”。

三、臺灣地區人造雨試驗計畫之特色

（一）為國內首次經過科學性評估其實施之可行性後，經由詳細的規劃設計所進行之人造雨試驗計畫。

（二）雖然是首次在國內實施之人造雨試驗，但在人力、經費均不足的情況下，仍能在相關單位熱心、積極地參與本次試驗計畫；由評估、規劃、籌備至實施作業階段，均能秉持同一目標下密切合作，共同完成各階段之任務，並從中學取有關人造雨之技術及各階段之作業經驗，誠屬可貴。

四、台灣地區實施人造雨之條件

實施人造雨，除一般之配合措施外，其成功的關鍵在於雲種、實施地點的選擇及氣象條件的掌握等。國內以往雖有實施人造雨之紀錄，例如每當出現嚴重旱象時，空軍氣象聯隊均會視情況實施空中造雨作業（以乾冰為雲種），但缺乏對造雨成效作科學性之評估，亦缺乏進一步深入探討如何發展長期性人造雨，以解決台灣地區時而發生之旱情。

（一）雲種之選擇

由於碘化銀在 -5°C 以下有很好的凍結作用，而台灣地區之對流雲系統均可發展至 -5°C 層（約5~6公里高度）以上，經由碘化銀對雲滴產生之冰晶效應，可加速雲滴發展，促進碰撞、合併效應。其凍結作用所釋出之潛熱，經由熱動力過程更可促進雲系之成長，以增加雲系之降雨機率及降雨量。

（二）實施地點的選擇

台灣全省各地河川雖然湍急、短促，但在各主要河川中、上游均已建有完善之攔水壩或水庫，可有效地蓄儲降落集水區內之雨水。故可視需要，選擇相關地區之攔水壩或水庫集水區實施人造雨作業，以有效增加可用之水資源。

（三）氣象條件之掌握

欲實施成功的人造雨必須配合有利的氣象條件實施作業，以免徒勞無功或甚至出現反效果。例如較常發生旱象之南部地區在5-6月梅雨期間較有利於實施人造雨，當鋒面系統接近時，鋒面前方引進較潮濕之偏南氣流，配合鋒面系統伴隨之強對流系統、地形效應或海陸風次環流，若選擇適當時機，以集水區為目標實施人造雨作業，將能有效地增加目標區降水量。

欲掌握有利的氣象條件實施人造雨作業，有賴完善的氣象觀測設施及準確的天氣預報加以配合。而中央氣象局除擁有完善的氣象觀測設施外，更有能力提供高品質的天氣預報服務，俾有效地掌握氣象條件，以利實施人造雨作業。

(四) 一般之配合措施

台灣地區已有完善之水利設施，可提供即時的流域流量觀測資料，並能將降雨加以有效地蓄存。而實施人造雨所需之各項支援，例如實施空中造雨所需之飛機與整補、實施地面造雨所需之各項行政及作業人力支援等，均可酌洽空軍及各相關水利單位加以支援，故能相當有效率地進行各項造雨作業。

五、臺灣地區人造雨試驗計畫實施過程簡介

本次試驗計畫重要之實施過程，可分為：評估規畫階段、佈建階段、實施階段、資料整理與分析階段。

(一) 評估規畫階段

參見二、臺灣地區人造雨試驗計畫之緣起

(二) 佈建階段

1. 地面造雨站網之布建

經過數值模式測試地圖上篩選及實地勘察作業後，確定本次人造雨試驗計畫地面造雨站之布建地點分別是：麥忠、水林、大客、仕安、鹿草、鹽水、西港、新市、湖內、阿蓮、左營、鳳山等水利工作站及高雄水利會、曾文水庫管理局、台南氣象站等15個站（如圖1之分布圖）。詳細資料參見中央氣象局編印之“人造雨作業手冊”第四章及第七章。

2. 空氣採樣追蹤劑實驗站網及儀器追蹤車追蹤路線

基於盛行風及週遭交通便捷等條件之考量，追蹤劑實驗用之六氟化硫釋放地點選在台南氣象站及阿蓮水利站，而空氣採樣追蹤劑實驗（簡稱SS）站址分別在曾文水庫管理局、玉井橋、甲仙大橋、南化橋、內門鄉蘇遠埔、左鎮基督堂、千鳥橋、新市橋、新中渡頭橋及柳營廢鐵道旁等10處（詳細之SS站網資料參見圖2），於每次追蹤劑實驗實施前約4-5小時前往各SS站安放空氣品質採樣收集箱，並於實驗結束後收回檢測。

為便利儀器追蹤車（上載有精密之六氟化硫檢測

分析儀器）之連續追蹤及有效檢測六氟化硫，並獲得最佳之檢測分析結果，規劃之行車路線應儘量避免可能影響儀器分析之狀況發生。例如追蹤路線應避開交通壅塞之路段，以免汽、機車排放之廢氣污染分析儀器，並應選擇地面路況良好之道路，以免因震動而影響分析儀器之正常操作。並分別以六氟化硫釋放地點為中心，考慮風場因素，規劃適當之行車路線。

3. 指揮中心之設置

本次計畫之指揮中心設於曾文水庫管理局，由曾管局支援有關指揮中心事務性及通訊所需之設備、行政庶務及安排指揮中心輪值人員之食宿等事宜。

指揮中心於五月九日舉行啓用典禮後正式運作，指揮中心之系統架構及作業規定參見“人造雨作業手冊”第五章。

4. 空中追蹤劑實驗之飛航、後勤規劃

有關空中追蹤劑實驗飛航、後勤之規劃作業，因涉及飛機之飛行調度、飛航計畫（包括飛航時間、空域及高度等）、航管及後勤支援等事項，故必須與相關主管單位協調（包括國防部、空軍總司令部、民用航空局、空軍439聯隊、空軍第101運兵機隊等），方能順利實施空中追蹤劑之實驗作業。

(三) 實施階段

1. 實施人造雨與追蹤劑實驗時機之決定

欲實施成功的人造雨作業（或同時實施追蹤劑實驗）必須配合有利的氣象條件實施作業，以免徒勞無功或甚且出現反效果。如前述南部地區在5-6月梅雨期間較有利於實施人造雨之氣象條件，係當梅雨鋒面系統接近，並配合鋒面系統所伴隨之強對流系統、地形效應或海陸風系統，掌握適當時機實施人造雨作業，將能有效地增加目標區之降水量。

本次試驗計畫在分析、研判是否實施人造雨或追蹤劑實驗所依據之天氣分析、預報資料項目計有地面及高空分析圖、衛星雲圖及雷達回波資料、探空資料（除東港、馬公及板橋探空站外，並洽POST-TAMEX（台灣地區中尺度實驗計劃—後續計劃）設於嘉義義竹之機動探空站支援）、中央氣象局預報中心之數值天氣預報資料等。

此外，並將義竹探空站資料輸入NAWC之GUIDE模式內執行，由所輸入之探空資料計算作業區域內之水平風場和相對應之上升運動速度，配合三維風場分布狀況，可估算碘化銀煙流之最佳擴散狀態。GUIDE模式中除了考慮雲物理過程外，並引進作業區域之地

形效應，使得模擬的 tracer 流場及軌跡更接近真實狀況。GUIDE 模式所得結果可作為人造雨之實施依據，以選擇較有利之地面造雨站燃放碘化銀，以期獲致最好之造雨成效，供指揮中心造雨決策之用。

在人造雨試驗計畫期間，中央氣象局由林民生、丘台光、張修武、李汧軍及李定國五人輪值擔任中方作業指揮者，加美方人員共同經密切的與氣象局預報中心預報人員配合，決策選擇適當的天氣條件（參考丘與林，1993; Keith, 1992），以執行三次成功的地面造雨作業。

2、實施人造雨期間之天氣守視

實施人造雨作業期間，為避免因實施本項作業而導致過量之降水，在作業手冊中已訂有“終止作業”之規定。當由天氣守視或天氣預報資料顯示，實施人造雨作業地區有持續下大雨（50 mm/hr 以上）現象或可能發生此種狀況時，即應立刻停止實施人造雨作業，以免造成負面影響。

3、實施人造雨及追蹤劑實驗作業

本次“台灣地區人造雨試驗計畫”總計實施地面造雨任務三次，亦配合執行六次六氟化硫追蹤劑實驗（四次地面追蹤劑實驗及二次空中追蹤劑實驗）。

（1）實施地面造雨作業

「台灣地區人造雨試驗計畫」實施之三次地面造雨任務分別說明如下：

甲、第一次地面造雨任務於五月九日下午實施，總共通知六個地面造雨站燃放碘化銀（仕安、鹿草、鹽水、西港、台南及曾管局等站），各站之燃放時間、劑量等資料參見表一之紀錄。

乙、第二次地面造雨任務於五月十六日下午實施，只選擇曾管局地面造雨站燃放碘化銀，燃放時間、劑量等資料參見表二之紀錄。

丙、第三次地面造雨任務於五月十七日下午實施，總共通知八個地面造雨站燃放碘化銀（仕安、鹽水、西港、新市、台南、湖內、阿蓮及曾管局等站），各站之燃放時間、劑量等資料參見表三之紀錄。

（2）實施追蹤劑實驗作業

實施追蹤劑實驗作業之目的，在於藉此瞭解實驗區域內六氟化硫在不同氣象條件下的擴散狀況，由此可推斷地面造雨站所燃放之碘化銀微粒在造雨目標區三維的擴散情形，可用於改善地面造雨站之佈建作業

，以確保地面造雨之成效。

甲、地面追蹤劑實驗作業

“台灣地區人造雨試驗計畫”實施之四次地面追蹤劑實驗作業分別說明如后。

第一次地面追蹤劑實驗作業於五月十七日實施，六氟化硫釋放地點在阿蓮造雨站，釋放率為 75 kg/hr（流體計讀數為 4.2 千分之一伏特），釋放時間自 2250 L 至 2315 L，另在本次實驗作業之前，曾於五月十六日實施地面空氣背景採樣作業（即不釋放六氟化硫）。

第二次地面追蹤劑實驗作業於五月廿七日實施，六氟化硫釋放地點在台南氣象站，釋放率為 50 kg/hr（流體計讀數為 2.8 千分之一伏特），釋放時間自 1000 L 至 1250 L。

第三次地面追蹤劑實驗作業於五月卅日實施，六氟化硫釋放地點在阿蓮造雨站，釋放率為 50 kg/hr（流體計讀數為 2.8 千分之一伏特），釋放時間自 1800 L 至 2100 L。

第四次地面追蹤劑實驗作業於六月十八日實施，六氟化硫釋放地點在台南氣象站，釋放率為 50 kg/hr（流體計讀數為 2.8 千分之一伏特），釋放時間自 1400 L 至 1600 L。

乙、空中追蹤劑實驗作業

「台灣地區人造雨試驗計畫」實施之二次空中追蹤劑實驗作業分別說明如下：

第一次空中追蹤劑實驗作業於六月廿三日實施，六氟化硫釋放地點在台南氣象站，釋放率為 50 kg/hr（流體計讀數為 2.8 千分之一伏特），釋放時間自 1100 L 至 1300 L。

第二次空中追蹤劑實驗作業於六月廿四日實施，六氟化硫釋放地點在西港造雨站，釋放率為 50 kg/hr（流體計讀數為 2.8 千分之一伏特），釋放時間自 1130 L 至 1330 L。

此二次空中追蹤劑實驗作業期間，C-130H 飛機均自空軍屏東基地起飛，於六氟化硫可能垂直輸送到達之空域內，執行空中追蹤劑實驗作業。

（四）資料整理與分析階段

本次試驗計畫期間有關實施決策過程及追蹤劑實驗等資料相當寶貴，已另以整理、分析，對後續人造雨技術之研發助益非凡。特分別以第三次地面造雨之決策過程及初步之追蹤劑分析結果為例加以說明：

實施第三次地面造雨之決策依據如下：

(1) 根據天氣分析、預報資料顯示，5月17日0800 L時，中尺度對流系統(MCS)在台灣海峽北部發展中，預測稍後將開始影響台灣北部，台灣南部地區則在較強盛之西南氣流控制下，且可能在當晚或翌晨受到前述之MCS影響，如能配合此有利條件實施人造雨作業，將可有效地增加降雨量。

(2) 由探空資料顯示，南部地區在300 mb以下均有相當高之水汽含量(0800 L之探空)，十分適合實施地面人造雨作業，藉以增加該地區高空之凝結核數量，期能有效地增加降雨量。經執行GUIDE程式，0800 L資料之結果顯示較佳之地面造雨站選擇為仕安、鹽水、西港、新市、台南等造雨站，1400 L再執行GUIDE程式，結果顯示應再增加湖內及阿蓮造雨站，於2300 L再增加曾管局造雨站，且造雨作業則繼續實施。迄十八日0100 L時，由CWB WINS之即時雨量資料發現新營2300L至2400L時雨量達67mm，且由雷達資料分析顯示，台南地區仍不斷有強降水回波移入，必須評估是否合乎終止作業之條件？經審慎的天氣守視、分析評估後，認為應依作業手冊之規定停止造雨作業，乃於五月十八日0200 L時決定結束本次造雨作業任務，並隨即通知各造雨站停止燃放碘化銀之作業。另五月十七至十八日之降雨參見圖3及4。

六、綜評本次試驗計畫之實施效益及未來展望

(一) 實施本次試驗計畫之效益如下：

1. 學取針對不同造雨目標區進行地面造雨站網之規劃、佈建、實施地面造雨作業等經驗及技術。
2. 學取有關地面追蹤劑實驗之規劃及實施作業等經驗、技術。
3. 學取有關空中追蹤劑試驗之規劃及實施作業等經驗、技術。
4. 學取如何利用預定實施人造雨目標區之地形、氣候條件及追蹤劑試驗資料規劃地面、空中造雨作業，如何選取適當之氣象條件實施恰當之造雨作業。
5. 對於使用碘化銀作為在台灣地區實施人造雨之雲種，且在有利於實施人造雨之氣象條件下，自地面燃放之碘化銀微粒可以有效地飄升至目標雲區。
6. 本次試驗結果可作為規劃台灣地區長期性人造雨之依據，並培養有關人造雨方面之專才。

(二) 未來展望

本次試驗計畫之目的係為將來建立台灣地區長期

調節性人造雨技術而進行之試驗計畫，即經由實施本次試驗計畫以評估篩選最適合台灣地區實施之人造雨方法，其主要項目包括雲種的選擇、實施方式(地面或空中)之評估選用、人造雨作業之規劃及實施等事宜，以進一步規劃並落實在台灣地區實施長期性、調節性人造雨作業，期能紓緩台灣地區愈來愈嚴重之水资源不足所衍生的問題。

由實施本次試驗計畫之過程中及實施完畢後的資料分析結果顯示，台灣南部地區梅雨季節實施地面人造雨為一具有潛力的科學性試驗，對於紓解缺水現象亦有一定程度的技術上效益，值得肯定。顯示本次試驗已圓滿地達成本次試驗計畫實施之目標，並從中獲取人造雨作業之規劃及實施等技術與經驗，對進一步研究、發展台灣地區長期性、調節性之人造雨作業，助益匪淺。

致 謝

台灣地區人造雨試驗計畫得以成功地推展，最主要得助於中央氣象局蔡局長清彥之高瞻遠矚及全力支持，特別致以崇高之敬意。此外，感謝所有參與本次人造雨試驗計畫之各相關單位、中美方人員，由於大家的熱誠參與，使得此項引進之人造雨技術，努力有初步的成果，然後續之研發作業更需大家的支持、參與。

參考文獻

中央氣象局，1992：人造雨作業手冊。

丘台光與林民生，：台灣地區人造雨試驗計畫個案分析。投稿八十二年分析與預報研討會。

Keith, B., 1992: Report on a two month ground based Cloud Seeding and Atmospheric Tracer research program in the Tsengwen dam area of Taiwan. NAWC Report WM 92-12.

Keith, B., 1992: Taiwan Weather Modification feasibility program interim report. NAWC WM 92-2.

表一.五月九日地面造雨紀錄。

造雨站名	通知時間	接聽人姓名	開始燃放時間 停止燃放時間	合計時數
仕安	5月9日 15時28分	莊吉雄	5月9日15時30分 5月9日17時05分	1時35分
鹿草	5月9日 12時35分	林彩松	5月9日13時44分 5月9日16時32分	2時48分
鹽水	5月9日 13時30分	戴錫芳	5月9日14時00分 5月9日16時32分	2時32分
西港	5月9日 14時52分	陳振豐	5月9日14時55分 5月9日16時34分	1時39分
台南	5月9日 13時35分	耿志華	5月9日13時50分 5月9日16時40分	2時50分
會文	5月9日 13時30分	Keith Knox	5月9日13時32分 5月9日16時36分	3時04分
	月 日 時 分		月 日 時 分 月 日 時 分	時 分
	月 日 時 分		月 日 時 分 月 日 時 分	時 分
	月 日 時 分		月 日 時 分 月 日 時 分	時 分
	月 日 時 分		月 日 時 分 月 日 時 分	時 分

表三.五月十七日地面造雨紀錄。

造雨站名	通知時間	接聽人姓名	開始燃放時間 停止燃放時間	合計時數
仕安	5月17日 15時25分	莊吉雄	5月17日15時30分 5月18日02時00分	10時30分
鹽水	5月17日 15時25分	林先生	5月17日15時30分 5月18日02時00分	10時30分
西港	5月17日 15時27分	林先生	5月17日15時30分 5月18日02時00分	10時30分
新市	5月17日 15時30分	李添財	5月17日15時30分 5月18日02時00分	10時30分
湖內	5月17日 18時09分	楊昭興	5月17日18時00分 5月18日02時00分	8時0分
阿蓮	5月17日 17時40分	陳永昌	5月17日17時15分 5月18日02時00分	8時45分
台南	5月17日 15時28分	耿志華	5月17日15時30分 5月18日02時00分	10時30分
會文	5月17日 23時25分	Mark Solak	5月17日23時26分 5月18日02時00分	2時34分
	月 日 時 分		月 日 時 分 月 日 時 分	時 分
	月 日 時 分		月 日 時 分 月 日 時 分	時 分

表二.五月十六日地面造雨紀錄。

造雨站名	通知時間	接聽人姓名	開始燃放時間 停止燃放時間	合計時數
會文	5月16日 13時30分	Mark Solak	5月16日13時30分 5月16日16時46分	4時16分
	月 日 時 分		月 日 時 分 月 日 時 分	時 分
	月 日 時 分		月 日 時 分 月 日 時 分	時 分
	月 日 時 分		月 日 時 分 月 日 時 分	時 分
	月 日 時 分		月 日 時 分 月 日 時 分	時 分
	月 日 時 分		月 日 時 分 月 日 時 分	時 分
	月 日 時 分		月 日 時 分 月 日 時 分	時 分
	月 日 時 分		月 日 時 分 月 日 時 分	時 分
	月 日 時 分		月 日 時 分 月 日 時 分	時 分
	月 日 時 分		月 日 時 分 月 日 時 分	時 分

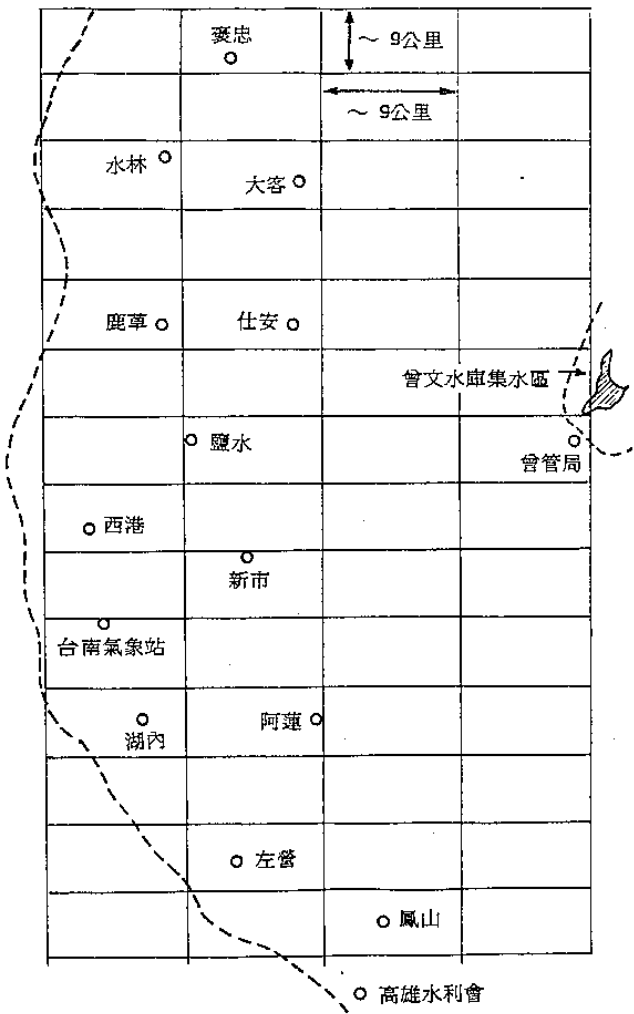


圖1. 地面造雨站位置分布圖。

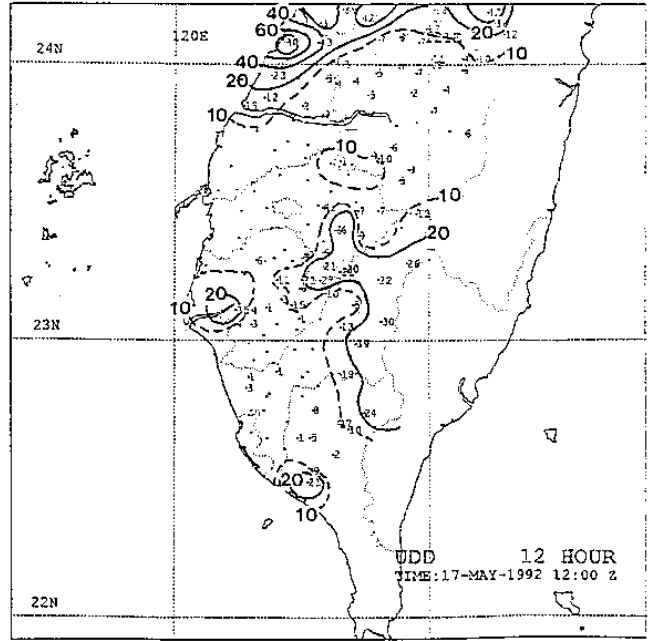


圖3. 5月17日00Z至5月17日12Z雨量分布圖。

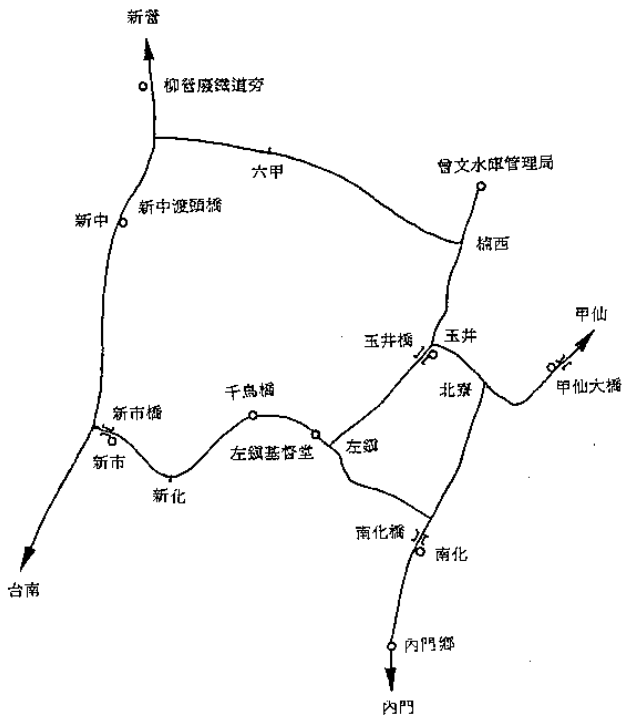


圖2. 空氣採樣追蹤劑實驗站位置分布圖。

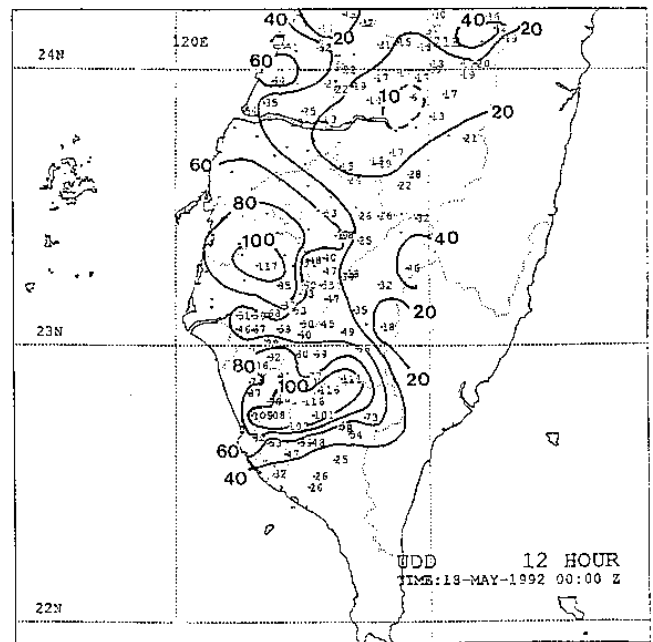


圖4. 5月17日12Z至5月18日00Z雨量分布圖。

An Overview on the Cloud Seeding Experiment in the Taiwan area

Wen-Kong Chen¹ Ming-Sen Lin² Kwang-Yi Wang³

Secretarial Office¹ R & D Center² Yilan Station³

Central Weather Bureau
64 Kung Yuan Road, Taipei, Taiwan, ROC

ABSTRACT

It is due to the ample rainfalls yearly in the past, the techniques on developing the cloud seeding are not so urgent as one might expect in Taiwan area (located in the subtropical monsoon region). Lately the rapid growth in population and the highly developed agriculture and industry lead to a significant increase in water demand for all kinds of social lives. The data according to "Water Resources Planning Commission, Ministry of Economics Affairs" shows that water supply amount per person per day has increased from 224 liters in 1976 to 316 liters in 1988. It is due to this abrupt increase in water supply amount; even there are well-structured constructions, such as well-designed network of water dams, irrigation systems, etc., there still occur local deficiency on water supply and droughts when there is occurrence of the below normal precipitation. The most severe area of the aboved mentioned conditions are in the central and southern Taiwan. Therefore, the big arousal of developing and establishing the techniques on the cloud seeding program started. And the Deconstruction Department of the Taiwan Province Government and the Central Weather Bureau together issued the 1st cloud seeding experiment during May and June, 1992, in order to meet the trends from the general public, and enter a developing stage.

By applying the technique of cloud seeding in enhancing the water supply in Taiwan area, firstly, it should be equipped on the well-structed water conservancy system, meteorological observation network and the accuracy of the weather forecast system; secondly, there should be incorporated good atmospheric conditions. From the aspect of the objective conditions, there are already quite well-structed dams, irrigation systems, etc. And there are perfect observation network in CWB which can provide in the cloud seeding experiment. From the aspect of the atmospheric conditions, the atmospheric layer with a temperature between -5 to -10 degree is about 5 to 6 km in height, the significant day-time sea breeze circulation in invoking orographic convective clouds and convective cloud systems initiated by other weather systems will also attain the above-stated height; which means if the Silver Iodide (AgI) can be seeded into this layer, the enhancement on precipitation can be reached through the crystallization effects in igniting the development of the clouds. Through 3 experiments of ground-based AgI cloud seeding and 6 experiments on tracing of Sulfur Hexafluoride (SF₆) at the surface and up in the air, the analysis shows that AgI can be used as a cloud seeder of artificial rain production in Taiwan area. Besides, if the frontal weather systems and sea-breeze secondary circulation can well be incorporated, the release of AgI from the ground surface can be effectively transported into the upper air in order to enhance the possibility in the target area for artificial rain production purpose.