

民國 104 年空中人工增雨作業及策略運用

楊忠權¹ 吳啟雄² 林裕豐²

¹空軍氣象聯隊

²空軍氣象聯隊氣象中心

摘要

今年是臺灣面臨近 67 年以來最嚴重旱災，年初全臺主要集水區降雨量普遍不佳，水情告急，缺水狀況相當緊急。空軍氣象聯隊肩負著「空中人工增雨」任務，研析大氣環境條件，掌握人工增雨最佳時機，建議合適之人工增雨施行時間、方法、目標區、飛行架次、空域、空層、航路等規劃，以利增雨作業任務遂行。空軍今年根據水庫水情及當時之大氣環境條件，對臺灣各地集水區執行 13 次 24 架次 C-130 型機空中人工增雨作業(含 12 次日間及 1 次夜間作業)，其規模創近 35 年之最。由個案的統計分析顯見，除了評估增雨時之大氣環境條件，增雨業策略運用亦是相當重要的條件因素，只有在兩者相互配合得宜的情況下，才能有效提高增雨作業成效。

關鍵詞：空軍氣象聯隊，人工增雨，策略運用

一、前言

根據經濟部水利署統計資料顯示，今年是臺灣面臨近 67 年以來最嚴重旱災。103 年秋冬雨量更是創下中央氣象局自民國 36 年設置平地雨量站以來歷史上最低降雨紀錄，各水庫供水量遠少於預期，水情告急，旱情已超過民國 93 年北部缺水的狀況。統計 103 年 10 月至 104 年 3 月全臺主要集水區降雨量普遍不佳，較近 10 年平均約少 5 至 6 成(圖 1)，各主要水庫水情拉起警報，石門水庫亦遭逢有史以來最大旱象，水庫水位也降至營運以來同期最低，水庫蓄水量遠低於嚴重下限標準的 220 公尺，缺水狀況相當嚴重。為解決臺灣地區旱象，避免旱象持續擴大，年初政府抗旱措施陸續啟動，行政院防災中心也啟動人工增雨的作業機制，召集水利署、中央氣象局及國軍相關單位進行密集商討，期能透過持續人工增雨的執行，紓解民困、裨益國計民生，共同為增加水庫集水區降雨而努力。

面對水情如此嚴峻的時刻，空軍氣象聯隊肩負著空中人工增雨任務，除需主動掌握人工增雨最佳時機，就綜觀天氣形勢進行科學分析與診斷，對於人工增雨過程的掌握、

空中施灑裝具的建製、催化劑的購補安排、空中施灑作業的執行以及作業完畢後的資料統計分析等，均需事先做好妥善的規劃以及作業人員的訓練和風險管理的評估，俾利任務執行順利。

二、空中人工增雨作業流程

當臺灣地區出現嚴重乾旱時，依行政院防災中心指揮，配合經濟部水利署，由空軍執行計畫性或機動性(應急)空中人工增雨任務，以紓解旱象。目前作業流程區分為守視(D-5 日)、警戒(D-3 日)-準備(D-1 日)及作業(D 日)三個階段(圖 2)。在守視階段，考量天氣系統強弱變化及水汽分布等氣象因子，空軍氣象聯隊針對有利增雨天氣系統前 5 日開始實施系統守視，並於前 3 日召開作業研討會，將氣象學術及公、民營氣象作業單位預報資料整合研析；若天氣條件持續符合增雨作業，則進入到警戒-準備階段，期間持續守視天氣變化，在 D-1 日天氣條件仍判斷為符合時，則必須依大氣環境、機務及人員狀況等各項條件決定作業策略，完成機務、人員及增雨器材整備待命執行，準備進入作業階段；作業當日仍需再評估即時天氣，若仍為適當條件，則再做最後作業策略確認，並

完成空中人工增雨任務總提示(提示需配合起飛基地實施),完成後即按規劃內容執行增雨作業。

作業過程中所需之噴灑劑器具裝載、航線及地區天氣狀況講解等任務,均由起飛基地天氣中心負責。實施空中人工增雨任務時,氣象聯隊得視任務實需派員至作業區實施現地氣象觀測,以瞭解雲系發展及降水狀況。此外,每架次任務機派氣象人員 1 至 2 員執行前、後艙各項氣象觀測及數據記載,並於任務機飛臨作業區時,選擇適當種雲目標(以雲頂高在攝氏零下 5 度附近之積雲為佳)向機長建議,航行路徑則由機長決定。執行空中任務之氣象人員負責有關航線天氣現象及過程記錄登載;地面氣象人員實施雷達觀測及記錄地面雨量測站資料,以供驗證成效及研究雲區發展使用。上述各項作業將於作業日後,1 日內完成研析成效報告,提供相關單位參考運用。

三、大氣環境分析與策略運用

3.1 大氣環境分析

大氣環境分析為執行空中人工增雨作業最重要的步驟,在有利條件的大氣環境配合下進行,始有「事半功倍」的成效。在分析大氣環境時,必須先考慮形成降雨之有利條件,因為人工增雨是藉由催化劑改變雲內的環境條件如氣塊溫度、液滴數量、液滴大小等,創造適合雲滴凝結、成長之條件,同時改變雲內之動力條件,導致雲成長加厚、增加雲內水氣垂直傳送、增大雲的水平範圍,使得降水量增加以提高降水之效率。故首先在選取適合執行空中人工增雨的要項就是大氣環境必須滿足有充沛的水氣、不穩定的大氣環境以及適當的舉升機制,而其中充沛的水氣可透過顯著西南風(或南風)挾帶促成;在不穩定的大氣環境下,尤其在潛在不穩定度較高的區域內最易發生降雨現象;適當的舉升機制在於諸如鋒面或低壓系統等媒介,提供有效的上升運動機制,而此時所進行空中人工增雨作業施灑的催化劑,則可適時供應凝結核,提早且完成凝結過程。此外,目標區種雲附近大氣環境的相對溼度需夠大,

且持續性要夠久,方使得空中人工增雨作業中催化效能精進到最高、飽和效率提升到最大,一般執行內容多要求相對溼度在 70% 以上。為使得空中人工增雨作業中種雲選取的進展順遂,任務提示中有關作業區雲量的提報將以裂雲(或密雲)為首要蒐尋目標,且雲體垂直結構完整厚實,以利作業效益的提升;至於雲種的選取,一般多以積雲或層雲為主,大範圍、長時期的兩層雲尤佳(含水量充沛)。此外,為強化空中施灑催化劑作業之凝結效率,作業高度要求需風速小於 50 哩/時為最佳,低層風速亦需小於 25 哩/時,尤其在增雨區附近之大氣層無逆溫層存在時,作業效益將可有效提升(林 2010)。

3.2 空中增雨作業策略運用

當研析大氣環境條件後,除了全天候追蹤雲系發展及動向研判,更重要的是必須規劃最佳人工增雨施行時間、方法、目標區、架次、空域、空層、航路等。這些作業策略規劃運用往往是決定增雨是否有成效的絕對關鍵因子,必須正確嚴謹考量及判斷。

3.2.1 最佳增雨時間選定

空中人工增雨作業策略運用考量上,最重要、也是困難的就是增雨時機的決定,氣象人員必須精準的決定合適之天氣系統所伴隨雲層移入時間;實際作業上除了要具備成熟的經驗判斷,還必須根據各類氣象資訊(包含氣象數值模式、衛星雲圖、雷達回波、地面、高空觀測資料等)做客觀謹慎的綜合研析,提供最準確的執行時機。

3.2.2 執行方法

由於空中出現雲之種類與雲中水滴成分不同,增雨作業前必須依雲層特性來決定執行方法。目前空中人工增雨方法區分為冷雲增雨及暖雲增雨兩種,大氣中冷雲與暖雲區別在於,冷雲雲體內溫度低於攝氏 0°C,一般存在於大氣結冰高度之上,而暖雲雲體溫度則高於攝氏 0°C,存在於大氣結冰高度之下。針對不同雲種實施人工增雨,所使用之催化劑也不相同。冷雲增雨主要是透過在過冷雲層中施灑乾冰或碘化銀,促使過冷雲層內之冰晶加速成長,形成有效的降水;另一方面為暖雲增雨,由於暖雲多是由大小

不同的水滴所組成的,透過吸水性凝結核(諸如:食鹽等)或小水滴(以噴霧狀方式進行尤佳)種雲,以改變液滴凝結、碰撞及合併之成長過程,使得降雨過程更有效率。根據初步資料分析,臺灣暖雲適合狀況較頻繁,且由於暖雲種雲高度低,對設備之要求較低,故其適合施作之天氣條件機率比冷雲增雨高(經濟部水利署,民 102);因此,近年來空軍空中人工增雨作業多以暖雲增雨施作。

3.2.3 目標選定

除了根據水情庫水情之急迫程度,還必須配合適當的天氣條件來選定施作目標區。藉由氣象專業之研判天氣系統移動方向及其影響程度、範圍對水庫集水區的降水效應,進而選定執行目標,以提高成效。

3.2.4 飛行架次、高度及航路選定

在飛行架次、高度及航路的策略運用,乃是藉由判斷雲層發展高度、厚度及位置決定。以暖雲作業為例,作業高度必須依當時環境判斷 0°C 所在高度,並考量機組人員在開艙作業下的生理負荷,以決定飛行施作高度;在航路規劃上建議在目標處的上風位置採盤旋來回方式進行施灑催化劑作業;此外,雲體愈厚,催化降雨效率愈高,在飛行架次規劃上建議增加架次以提高成效。根據過往統計結果發現,選取種雲厚度多以大於 5 公里為佳,因其雲內無論是水滴粒子數量或水氣含量均較多,且雲體發展已經到相當程度,催化降雨較易發生,而小於 3 公里厚度不宜作業,執行效率較不顯著。

四、104 年執行空中人工增雨概況

表 1 為空軍 104 年執行空中人工增雨作業統計表。空軍至今已執行 13 次 24 飛行架次之空中人工增雨作業,依水庫水情及當時之天氣條件,選定作業目標區,分別針對臺灣各地集水區施灑增雨作業,主要作業以暖雲增雨方式施作,每乙架次飛行以選取目標區上游航路噴灑 4000 公升清水,以增加雲水中之凝結核,提高降雨效率。由降雨成效統計顯示,每次執行後降雨情況不一,以下將針對 2 月 15 日(夜間執行)、3 月 23 日執行成效最佳及 1 月 20 日成效不佳事件做探討分析,

以進一步瞭解空中人工增雨作業之評估與限制條件。

4.1 104 年 1 月 20 日個案探討

4.1.1 環境分析

臺灣地區 1 月 20 日天氣受分裂高壓出海及南方雲系影響。當日 0800 時衛星雲圖顯示(圖 3a),臺灣海峽南部之雲系,由西南朝東北移動移入臺灣南部地區;屏東測站探空觀測資料顯示(圖 3b),700-850 hPa 高度大氣環境較為潮濕,0°C 高度約位於 14000 呎;另根據美國國家環境預測中心(NCEP)分析場資料所繪製之各層天氣圖顯示(圖 3c~f),低層低壓中心位於菲律賓東方海面,持續向西移動,850 hPa 風切帶位於巴士海峽至南海海域,該區域相對溼度達 90% 以上,700 hPa 巴士海峽至南海一帶西南氣流伴隨高相對溼度輸送至南部地區,500 hPa 有一正渦度帶發展於巴士海峽至南海一帶;綜合上述大氣環境資料,研判臺灣南部地區存在符合人工增雨作業條件。

4.1.2 策略規劃

由於南方雲系朝臺灣南部地區移入,700 hPa 西南風場持續導引水氣匯入,且水氣集中在中低層,0°C 高度約位於 14000 呎,研判南部地區有足夠水氣,以利增雨作業。根據當時南方雲系移動方向,選定以曾文水庫及南化水庫為目標區,並依雲系移動速度研判雲層移入目標區時間為 1330 時,遂規劃派遣 C-130 型機乙架,選定爬升高度 14000 呎,於目標區上游臺南至高雄沿海航路上,實施暖雲增雨作業(噴灑 4000 公升清水)。

4.1.3 成效探討

執行後由衛星雲圖及雷達回波(圖略)比較顯示,增雨作業前後,目標區僅雲量略為增多及零星降水回波發展,集水區降雨統計亦僅有 0.5 毫米,成效並不如預期。探討原因為巴士海峽至南海海域雖有充足水氣,且中低層有西南氣流輸送水氣等有利條件,但實際水氣往北移動過程中有減弱之現象,南部地區低層大氣仍為較乾燥之大氣環境,較高層南方移入之水氣並不足以使目標區之大氣呈現過飽和現象,以致增雨成效不

佳。

4.2 104 年 2 月 15 日(夜間)個案探討

4.2.1 環境分析

臺灣地區 2 月 15 日受高壓迴流及鋒面接近影響。當日 0800 時衛星雲圖顯示(圖 4a)華南沿海有一完整之鋒面雲系，該雲系朝臺灣地區接近；板橋測站探空觀測資料顯示(圖 4b)，700-850 hPa 高度大氣環境較為潮濕，0°C 高度約位於 15000 呎；另根據各層天氣圖分析顯示(圖 4c-f)，低層低壓中心位於湖北省，鋒面系統完整，該區域 850 hPa 風切相當明顯，臺灣海峽附近為南至西南風，相對濕度達 90% 以上，700 hPa 大陸沿海有一西南噴流存在，並伴隨高相對濕度場，500 hPa 亦有一正渦度帶發展於大陸沿海地區；綜合上述大氣環境資料，研判臺灣北部有一鋒面系統將要移入，符合人工增雨作業條件。

4.2.2 策略規劃

由於鋒面系統將移入臺灣地區，該系統垂直結構完整，研判北部地區鋒面移入時將有足夠水氣以利增雨作業。此次作業選定以翡翠、石門及明德水庫為目標區，並依雲系移動速度研判雲層移入目標區時間為 2320 時，雖夜間施作風險較高，但考量環境條件相當充足，為把握時機，仍規劃派遣 C-130 型機 2 架，選定爬升高度 15000~16000 呎，於目標區上游苗栗以北至新竹以南區域，實施暖雲增雨作業(每架次噴灑 4000 公升清水)。

4.2.3 成效探討

執行後由衛星雲圖及雷達回波(圖略)比較顯示，增雨作業前後，鋒面雲系由臺灣海峽移入集水區明顯增強。統計集水區測站庫集水區之獅潭測站為最佳，其中以明德水庫 52.5 毫米，其次為和興測站，累積雨量達 48.0 毫米。本次執行成效較佳，其原因乃對適時運用合適之增雨策略，以致降雨效果明顯。

4.3 104 年 3 月 23 日個案探討

4.3.1 環境分析

臺灣地區 3 月 23 日受東北季風及華南雲帶影響。當日 0800 時衛星雲圖顯示(圖 5a)華南沿海一帶明顯之低壓雲系存在，該雲系持續朝臺灣地區接近；板橋測站探空觀測資料顯示(圖 5b)，500 hPa 高度以下大氣環境相當潮濕，0°C 高度約位於 11000 呎；另根據各層天氣圖分析顯示(圖 5c-f)，低層低壓中心位於浙江省，該區域 850 hPa 風切相當明顯，臺灣海峽附近為南至東南風，相對濕度達 90% 以上，700 hPa 大陸沿海有一西南噴流存在，並伴隨高相對濕度場，500 hPa 亦有一正渦度帶發展於大陸沿海地區；整體結構充分顯示，主導此波雲系發展之斜壓大氣條件相當完整且富含豐沛水氣，只要把握適當時機，是一次值得期待的增雨作業機會。綜合上述大氣環境資料，研判臺灣中部以北地區將受華南移出之低壓雲系影響，存在符合人工增雨作業之條件。

4.3.2 策略規劃

由於華南地區之雲帶將移出進入臺灣地區，該系統中低層水氣充足，並伴隨西南噴流提供水氣及不穩定之大氣條件，研判雲帶將影響中部以北地區。故此次作業選定以石門至鯉魚潭水庫為目標區，並依雲系移動速度研判雲層移入目標區時間為 1530 時，考量環境有充足條件，遂規劃派遣 C-130 型機 2 架，選定爬升高度 11000 呎，於目標區上游新竹至苗栗臺中交接處(圖 6)，在規劃航路上盤旋來回方式進行施灑 4000 公升清水)。

4.3.3 成效探討

執行後由臺灣地區整合雷達回波顯示，作業前(圖 7a)臺灣海峽上有一降雨帶接近臺灣陸地，該降雨帶於作業後持續移入中北部集水區，並且降水強度有顯著增強(圖 7b)。統計中北部 4 個水庫(石門、寶山、明德及鯉魚潭)集水區各測站平均累積降雨為 21.0 毫米，各水庫單站降雨量最佳分別為：石門水庫之白石測站，累積雨量達 55.0 毫米；寶山水庫之橫山

測站，累積雨量達 25.0 毫米；明德水庫之造橋測站，累積雨量達 19.5 毫米；鯉魚潭水庫之豐原測站，累積雨量達 12.0 毫米。本次執行準確掌握降水雲雨帶結構及移入時間，並根據當時各項條件規劃合適之增雨策略，從降雨強度變化及作業後整體累積降雨量分布(圖 8)，均可表現出增雨作業之成效。

4.4 104 年空中人工增雨策略運用概況

今年執行空中人工增雨作業過程中，除了不斷策進對增雨天氣系統預測的分析研判，在運用策略上也不斷的修正調整，嘗試尋找最佳的策略方法，以獲取最大的增雨成效。策略調整主要是在增雨作業的飛行架次、噴灑作業時間間隔及空域範圍等改變(表 1)。飛行架次由年初首批執行作業(1 月 20 日)的 1 架次，增加到後續每次作業的 2 架次(其中 1 月 21 日及 26 日雖安排 2 架次，但噴灑作業區域並不相同，可視為不同區域 1 架次執行)，雖然每次施作時之環境條件不同，但仍可以看出，飛行架次增加後，其降雨效果均較 1 架次飛行作業來得明顯(尤其在 2 月 4 日之後，2 架次同時執行噴灑作業於同一空域)¹；其次在噴灑作業時間間隔調整，由 1 月 21 日、26 日及 2 月 4 日每架次約一小時左右噴灑間隔，改變為 2 月 15 日、3 月 11 日及 23 日連續噴灑(間隔約在 20 分鐘以內)；縮短噴灑策略目的在於短時間內，提供區域內較集中之凝結核，促使雲層快速發展，改變後之效果明顯增加。另外，將噴灑空域範圍縮小，並往集水區靠近(但仍在集水區上風處)，目的也是要集中凝結核在有限範圍內，提高降雨效率，以及避免過早凝結導致降水提早發生，而無法成為集水區之有效降水。由圖 9 顯示縮小空域範圍，並靠近集水區的 2 次作業(2 月 15 日及 3 月 23 日)，所帶來的降雨成效最佳(表 1)。綜合上述人工增雨策略運用調整可以發現，當策略調整為飛行架次增加、噴灑作業時間間隔縮短及縮小空域範圍靠近集水區，整體降雨成效有顯著的增加。

註 1：為何一次施作最多僅 2 架次？因年初增雨器材儲水桶僅 3 套(6 個)，同時裝在 3 架 C-130 型機上(2 架正選、1 架預備機)，故兵力運用上以 2 架次來規劃。

五、結語與展望

今年是臺灣面臨近 67 年以來最嚴重旱災，全臺主要集水區降雨量普遍不佳，缺水狀況相當緊急。空軍氣象單位肩負著「空中人工增雨」任務，研析大氣環境條件，全天候追蹤雲系發展及動向研判，研析氣象條件建議最佳人工增雨施作時間、方法、目標區、架次、空域、空層、航路等，以掌握最佳人工增雨最佳時機。

空軍於 103-104 年乾季期間，根據水庫水情及當時之大氣環境條件，對臺灣各地集水區執行空中人工增雨作業，在 103 年 12 月 5 日及 19 日分別啟動各 1 架次空中人工增雨作業，加上 104 年 13 次的空中增雨任務，總計執行 15 次 26 架次 C-130 型機空中增雨，其規模創近 35 年之最。從執行成果後的雨量統計分析，前 6 次(104 年 2 月 4 日以前)有利增雨天氣系統移入臺灣後，雖有執行增雨作業，但實際累積雨量效果並不顯著。以大氣條件觀點分析其原因有二：其一為大氣環境的斜壓性垂直結構搭配不健全，即上、下層有利雲系發展的系統未完全配合，例如 700-500 hPa 有豐沛水氣，但 850hPa 以下較為乾燥；另一原因為 2 月中旬以前影響臺灣地區的天氣系統主要是歐亞大陸冷高壓南下，在臺灣造成東北季風型態的天氣現象，大氣屬性偏向乾冷、穩定型態，不易雲系對流發展，即使有鋒面南下，也是快速匆匆通過。進入 2 月中旬大陸冷高壓勢力逐漸減弱，位於低緯度之南方暖濕水氣亦逐漸北抬，此兩股冷乾及暖濕空氣，易在大陸華南地區形成所謂的華南雲帶，掌握此華南兩帶東移時機，對增雨效果最為明顯。由今年作業個案的統計分析顯示，除了評估增雨時之大氣環境條件外，增雨策略運用亦是相當重要的考量因素；在準確預測有利之氣象條件下，配合適當規劃策略，可有效提高降雨之效果。初步的分析顯示，當增雨策略調整為架次增加、噴灑作業時間間隔縮短及縮小空域範圍靠近集水區後，降雨成效有顯著增加。然而，目前在成效評估上僅透過衛星雲圖、雷達回波及降雨量進行定性驗證(經濟部水利署，民 99)，比較相似雲雨系統增雨作業

前、後之間的差別，無法明確區分降雨是否來自增雨作業成效所致，欠缺科學數據上的支持。因此，未來在科學成效驗證仍需國內相關單位共同努力，提出更客觀的方法(陳等, 1995)，使得人工增雨作業在成效評估分析上，得到更為科學且有力的支撐。

此外，對於雲與降水過程的瞭解，以及雲物理參數的觀測技術發展與改進，需投諸更多人力來進行研究。在有利特定的大氣環境條件下，同步進行地面與空中人造雨作業，亦應強化作業後的統計分析、整合作業後的觀測經驗，甚至透過合理的數值模擬或長期策略擬定(陳等, 2006)，釐清在此物理發展過程可能影響的關鍵因子，使人工增雨作業成效得以有效提升。

六、參考文獻

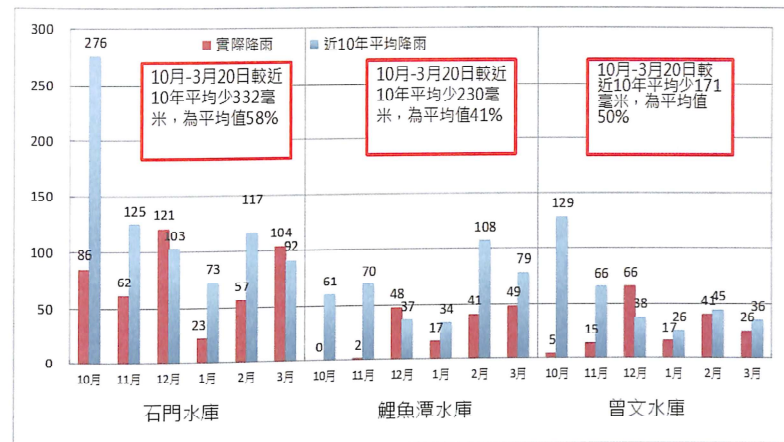
經濟部水利署，民99，「人工增雨作業評估計畫」。

經濟部水利署，民102，「人工增雨作業評估計畫」。

林得恩，2010：科學改變下雨的故事—淺談「空中人造雨」，空軍學術雙月刊，617，126-135頁。

陳泰然、柳中明、周仲島、陳正平，1995：台灣地區人造雨評估與規劃研究，中央氣象局委託計畫期末報告，159頁。

陳正平、李清勝、楊明仁、林博雄、鄭兆尊，2006：人造雨技術發展長期策略擬定-造雨研究發展成效模式評估，經濟部水利署研發計畫



104年3月份實際降雨統計至104年3月27日止

圖 1 103 年 10 月至 104 年 3 月全臺主要水庫(石門、鯉魚潭及曾文水庫)降雨量(紅色)與近 10 年平均降雨量(藍色)統計圖。資料來源：經濟部水利署。

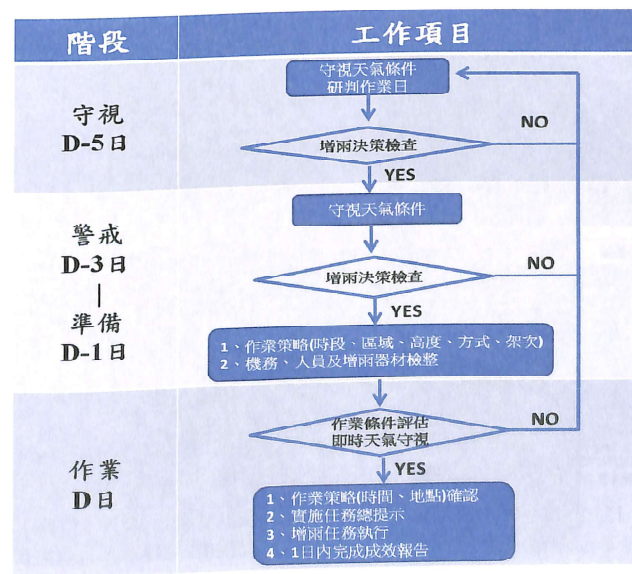


圖 2 空中人工增雨作業程序。

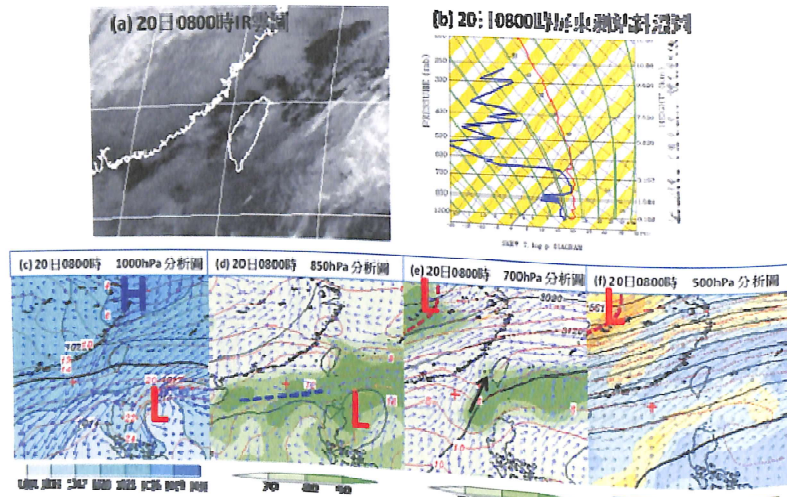


圖 3 104 年 1 月 20 日 0800 時(a)紅外線衛星雲圖、(b)屏東站斜溫圖、(c)1000 hPa 風場及地面氣壓場(色階單位 hPa)、(d) 850 hPa 風場及相對濕度場(色階單位%)及(f) 500 hPa 風場及美國國家環境預測中心(NCEP)。

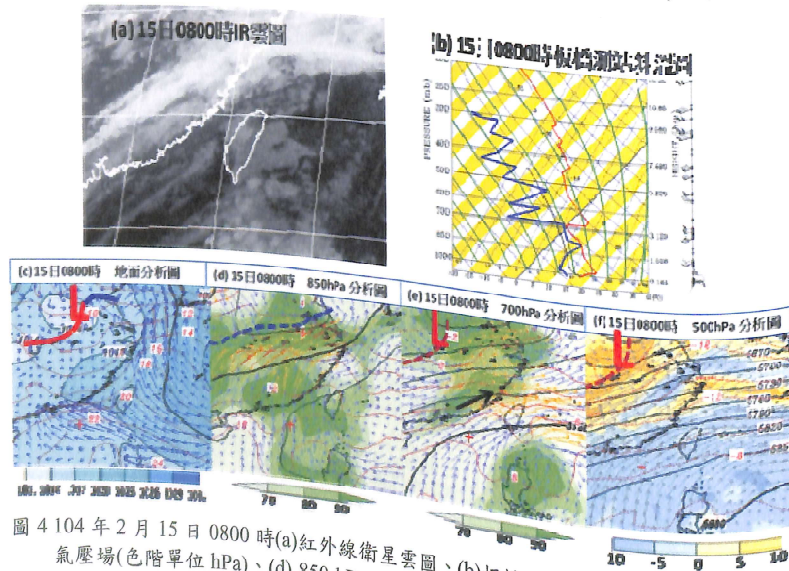


圖 4 104 年 2 月 15 日 0800 時(a)紅外線衛星雲圖、(b)板橋站斜溫圖、(c)1000 hPa 風場及地面氣壓場(色階單位 hPa)、(d) 850 hPa 風場及相對濕度場(色階單位%)及(f) 500 hPa 風場及美國國家環境預測中心(NCEP)。

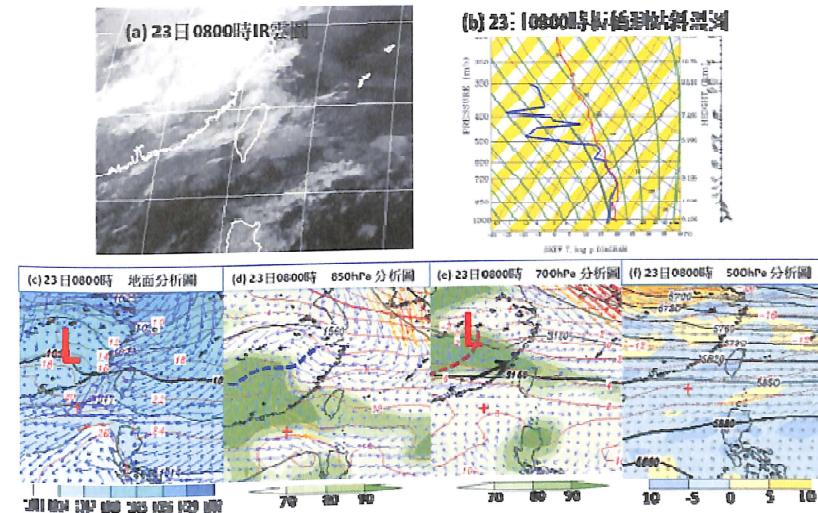


圖 5 104 年 3 月 23 日 0800 時(a)紅外線衛星雲圖、(b)板橋站斜溫圖、(c)1000 hPa 風場及地面氣壓場(色階單位 hPa)、(d) 850 hPa 風場及相對濕度場(色階單位%)、(e) 700 hPa 風場及相對濕度場(色階單位%)及(f) 500 hPa 風場及渦度場(色階單位 10⁻⁵s⁻¹)。原始資料來源：美國國家環境預測中心(NCEP)。

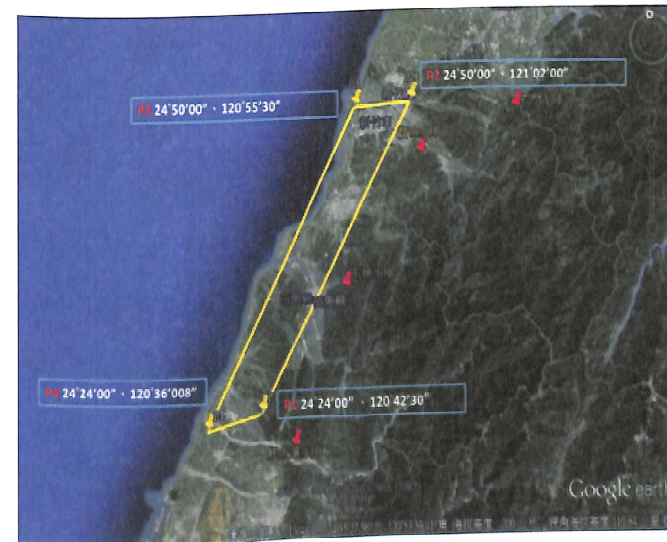


圖 6 104 年 3 月 23 日執行空中人工增雨實施噴灑作業航路(黃色線)規劃示意圖。地圖來源：Google Map 網頁。

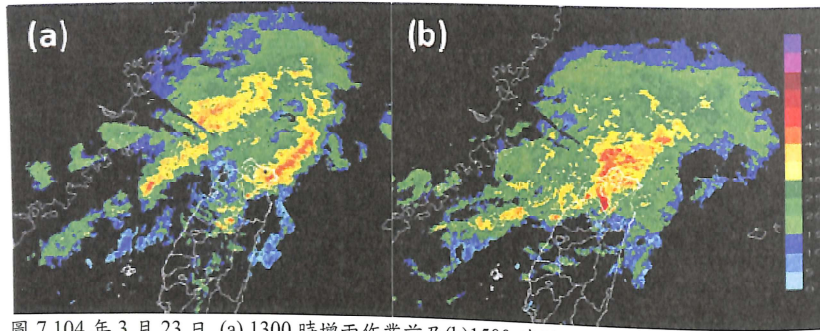


圖7 104年3月23日(a)1300時增雨作業前及(b)1500時增雨作業後整合雷達回波圖。

2015 03 23 15L-22L ACCUMULATIVE RAIN.

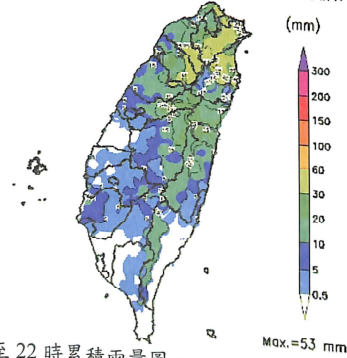


圖8 104年3月23日15時至22時累積雨量圖。

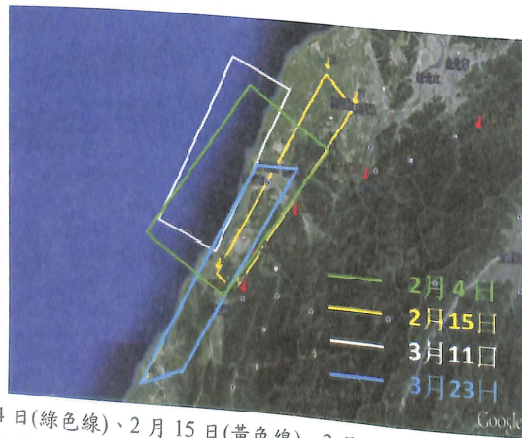


圖9 104年2月4日(綠色線)、2月15日(黃色線)、3月11日(白色線)及3月23日(藍色線)執行空中人工增雨實施噴灑作業航路示意圖。地圖來源：Google Map 網頁。

表1 空軍104年執行空中人工增雨作業統計表

104年 空軍執行空中人工增雨作業統計							
	時間	飛行架次	目標區	飛行高度	作業方式	凝結核	降雨成效
1月20日	13:30	C130 X 1	曾文及南化水庫	14000呎	暖雲增雨	4000公升清水	0.5毫米
1月21日	06:30	C130 X 1	石門-日月潭水庫	13000呎	暖雲增雨	4000公升清水	1.0毫米
	07:46	C130 X 1	德基-日月潭水庫			4000公升清水	3.5毫米
1月26日	08:49	C130 X 1	德基-日月潭水庫	12000呎	暖雲增雨	4000公升清水	7.5毫米
	10:10	C130 X 1				4000公升清水	
2月4日	06:25	C130 X 1	翡翠、石門及明德水庫	13000呎	暖雲增雨	4000公升清水	5.5毫米
	07:22	C130 X 1				4000公升清水	
2月15日 (夜間)	23:21	C130 X 1	翡翠、石門及明德水庫	15000呎	暖雲增雨	4000公升清水	52.5毫米
	23:25	C130 X 1		16000呎		4000公升清水	
3月11日	17:49	C130 X 1	翡翠、石門及明德水庫	16000呎	暖雲增雨	4000公升清水	22.5毫米
	18:07	C130 X 1				4000公升清水	
3月23日	14:01	C130 X 1	石門至鯉魚潭水庫	11000呎	暖雲增雨	4000公升清水	55.0毫米
	14:18	C130 X 1				4000公升清水	
4月11日	10:50	C130 X 1	新竹以南至苗栗壘中	14000呎	暖雲增雨	4000公升清水	21.0毫米
	11:28	C130 X 1		15000呎		4000公升清水	
4月11日	15:50	C130 X 1	壘中以南至嘉義壘南	15000呎	暖雲增雨	4000公升清水	27.0毫米
	16:30	C130 X 1				4000公升清水	
4月20日	14:04	C130 X 1	新竹以南至苗栗壘中	15000呎	暖雲增雨	4000公升清水	
4月21日	05:47	C130 X 1	苗栗至彰化	20000呎	暖雲增雨	4000公升清水	25.0毫米
	06:25	C130 X 1		22000呎		4000公升清水	
4月21日	09:59	C130 X 1	嘉義至壘南	18000呎	暖雲增雨	4000公升清水	21.0毫米
	10:28	C130 X 1				4000公升清水	
5月5日	05:10	C130 X 1	苗栗壘中交界處至新竹	14000呎	暖雲增雨	4000公升清水	44.5毫米
	05:40	C130 X 1		16000呎		4000公升清水	

註：降雨成效為執行人工增雨後6小時水庫集水區觀測之最大累積雨量。

The Operation of Air Force Artificial Rainfall Enhancement and Strategy Design in 2015

Chung-Chuan Yang¹ Chi-Hsiung Wu² Yu-Feng Lin²

¹ Weather Wing of C.A.F., R.O.C

² Weather Center Weather Wing of C.A.F., R.O.C

ABSTRACT

There was a severest drought occurred since 1947 in Taiwan in 2015. The lack of rainfall caused the shortage of reservoir which made the emergency of water resource in Taiwan. The artificial rainfall enhancement operation is one of the most important missions for Weather Wing of C.A.F. especially in determining the timing, locations, and target height for warm-rain or cold-rain cloud seeding. According to the emergency of reservoir conditions and the atmospheric environment, the total of 24 C-130 aircraft were executed the mission on air force artificial rainfall enhancement operation in 2015. The statistical results reveal that not only the suitable atmospheric environment but also the appropriate strategy design is the most important key factor to improve the rainfall efficiency in artificial rainfall enhancement.

Keywords: Weather Wing of C.A.F., artificial rainfall enhancement, strategy design