

航空氣象裝備對軍事作戰的影響之研究

李志航、王昭富、蔡景昶

空軍第八天氣中心

摘要

本研究以臺灣南部地區為核心，探討航空氣象裝備在軍事作戰中的角色與影響。隨著現代戰爭型態的轉變，氣象條件已不再只是背景性環境因素，而是能夠直接改變戰場態勢、影響兵力運用與作戰勝敗的關鍵變項。尤其在空軍、海軍與聯合行動中，航空氣象資訊的掌握與運用，決定了飛行器起降的可行性、飛彈與無人機精準度、部隊隱蔽行動的成效，以及敵我雙方在天候惡劣時的決策能力差異。對於位於亞熱帶海洋氣候環境、常受颱風、西南氣流與梅雨鋒面影響的臺灣而言，氣象因素與軍事安全息息相關，而南部地區因地形與氣候的特殊性，更成為戰術與戰略規劃中必須深入考量的重點。

航空氣象裝備對軍事作戰的影響不僅體現在「保障安全」與「提升效率」，更關乎戰略層級的「先機掌握」與「戰場塑造」。對臺灣而言，南部地區是戰略重鎮，既有空軍基地、海軍港口、後勤設施與交通樞紐，因此其氣象裝備建設與數據整合應視為國防核心投資。建議未來國防規劃應著重於：加強跨軍民的氣象資料共享；引進高解析度氣象模式與人工智慧預測技術；發展低成本高機動性的氣象探測無人機群；同時強化對敵方氣象資訊干擾與防護之能力。唯有在氣象情報戰上占得先機，方能確保在臺海高強度軍事衝突中不致陷於被動。

關鍵字：航空氣象、軍事作戰、氣象裝備

一、前言

岡山機場位於高雄市岡山區內，其地理位置位於臺灣南部，為軍用機場，是臺灣重要的空軍訓練基地，而空軍官校及空軍飛行訓練指揮部也設立在此，主力機種為AJT、AT3及T34型機，未來AT3型機將除役，主要負責培育空軍初上飛行線之飛行員及支援營區開放之訓練機場，因初學飛行技術尚熟稔中，所以訓練需求量龐大，可見飛行訓練相對繁重，故對於氣象觀測與預報準確度需求較高。因此本研究藉由如何透過先進的航空氣象裝備與系統，精準掌握環境條件、降低風險並提升作戰效能，成為急需深入研究的議

題。

空軍是涉及軍事航空的軍種，其任務在於運用航空器搭載的武器系統，來進行武力投射，並搶奪制空權保護己方空域的充分使用、用空戰壓制敵方對於指定空域的介入和使用、空襲打擊對方地面目標、支援其他軍種的情報、運輸及後勤，以求達到戰術與戰略目標的執行。

因此臺灣南部因地理位置、軍事設施與天候條件，已成為氣象支援研究的優先區域。隨著科技發展與區域安全挑戰日益嚴峻，航空氣象裝備不再只是氣象單位的專業領域，而是與軍事決策息息相關的戰略核

心。本研究旨在透過跨領域的分析，提供具實務與學術價值的參考，協助政策制定者與軍事決策者更好地因應未來挑戰。

本研究的範圍以臺灣南部地區為主，包括臺南、高雄、屏東及恆春半島，涵蓋鄰近空域及海域作戰環境。研究時間範圍以近二十五年（2000 - 2025 年）為基準，並適度回顧冷戰後至今的氣象裝備演變。研究限制包括：軍事機密資料難以全面公開，因此研究多以公開資訊、學術研究、政策文件與模擬情境作為佐證。此外，對於未來人造氣象或氣象武器之影響，本研究將以技術可行性與國際法規為主建立一套分析框架，說明氣象裝備對南部作戰之關鍵影響因素，而非直接假設其實戰運用。探討臺灣氣象裝備發展脈絡，並評估現有能力與不足。提出具體政策建議，以提升南部地區軍事氣象支援能力，強化國防韌性。

二、航空氣象裝備過去及未來發展概述

航空氣象裝備的發展，從二十世紀初的基礎氣象觀測儀器開始，逐步演進至今日高度整合化、智慧化的氣象預測與監測系統。在軍事作戰領域中，特別是航空作戰與聯合行動，氣象條件對於任務成功與否具有決定性影響。從早期依靠人力觀測的傳統方式，到現代利用雷達、衛星、數值模式與人工智慧（AI）驅動的預測系統，氣象裝備的革新顯著提升了戰場資訊優勢，進而影響作戰決策與行動效率。

（一）過去發展階段：

初期階段（20 世紀初 - 二戰前）：航空作戰興起之初，氣象裝備僅限於溫度計、氣壓計、風向風速計等簡易儀器。當時飛行員高度依賴地面氣象員的目測報告。由於設備不足，天候因素常成為空軍行動重大變數，例如二戰初期的英國皇家空軍與德國空軍作戰中，能見度、雲量及降雨條件對戰機部署產生重大影響。

中期發展（二戰 - 冷戰時期）：二戰推動了氣象裝備快速成長。無線電探空（radiosonde）與氣象雷達開始廣泛應用，氣

象資料傳遞能力大幅提升。冷戰期間，美蘇兩國大力發展軍事氣象衛星，例如美國在 1960 年發射的 TIROS-1 衛星，開啟了太空氣象觀測的新時代。這一階段，氣象資訊已經成為核武部署、戰略轟炸與飛彈試射不可或缺的基礎條件。

後冷戰 - 21 世紀初期：數值天氣預報模式（Numerical Weather Prediction, NWP）的發展，搭配超級電腦計算，讓氣象預測進入量化與精確化時代。此時期，美軍與北約廣泛利用氣象數據結合地理資訊系統（GIS）與決策支援系統，進行任務規劃。例如海灣戰爭期間，聯軍依賴高解析度氣象資料以規避沙塵暴對空襲的干擾。

（二）未來發展方向

人工智慧與大數據：隨著 AI 與大數據技術進入氣象學，軍事氣象裝備逐步走向智慧化。AI 能快速分析龐大的氣象資料，提升短時臨近預報的準確度，並在作戰中即時提供戰場天氣預測。例如，美國空軍正研發「AI 氣象助手」系統，以便於戰術級部隊在數分鐘內獲得可行性氣象資訊。

量子計算與氣象模擬：未來氣象裝備將可能結合量子計算，提升預測模型的解析度與運算速度，使小尺度天氣（如對流胞、雷暴系統）能在數分鐘內被精確捕捉。對於臺灣南部多颱風、多對流的戰場環境而言，這樣的技術將直接影響航空兵力的起降與作戰規劃。

整合無人機與感測網路：無人機與物聯網感測器的廣泛布設，將使戰場氣象觀測更為即時與細緻。未來，軍方如同交通部中央氣象署委託國立臺灣大學氣象用無人飛機觀測研究（如圖 1）方式、美國 NOAA 與 NASA 共同執行的 Altair Integrated System Flight Demonstration Project 計畫（如圖 2）或由軍方相關單位透過大量低空無人機群蒐集局地氣象數據，結合 AI 快速建模，為特定作戰區域提供精準的「微尺度天氣預測」。

衛星與太空氣象裝備：新一代氣象衛星將具備更高頻譜解析度與全天候監測能力。例如，中美等國正在發展具備紅外線、微波及高光譜探測的次世代氣象衛星，這些衛星能提供即時雲場與降水結構數據，對於戰術

規劃與飛彈防禦極為關鍵。

（三）軍事作戰影響

航空氣象裝備的發展，決定了軍隊能否掌握「氣象優勢」。未來作戰中，誰能快速獲得準確的氣象資訊，誰就能有效規避天候風險並利用天候優勢，進而在戰場上取得主動權。對臺灣而言，南部地區特殊的地理與氣候條件（高山、颱風、季風、午後對流），使得高解析度氣象裝備的應用更顯關鍵。這不僅是科技競爭，也是國防戰略優勢的重要體現。

三、臺灣過去至今氣象觀測及預測裝備與系統

臺灣地處西太平洋颱風路徑與東亞季風交會之要衝，具有高度複雜的地理環境與氣候條件。尤其在南部地區，受中央山脈屏障，西面臨海岸線，又因地理環境較為平坦，夜間至清晨輻射冷卻亦為明顯，夏季西南季風以及颱風頻繁侵襲，故天氣變化深受地形效應影響。氣象觀測與預測對於民生安全與軍事作戰均有舉足輕重的地位。從日治時期初步的氣象測站設置，到現代中央氣象署引進高解析度衛星與數值模式系統，逐步建構全島觀測網，同時國防部與空軍氣象單位同步發展軍用專屬系統，藉以支援飛航安全、演訓與戰備，臺灣軍民氣象系統長期「平時分工、戰時整合」的架構，使得氣象資料可在危機時快速轉換為軍用模式，臺灣氣象裝備經歷了長期演進，逐步形成完整的觀測網絡與決策支援體系。

（一）早期發展（1896 - 1945年）

日治時期的氣象基礎建設：1896年，日本在臺北設立第一座氣象觀測站，並於全臺陸續設置多個地面觀測點。其主要功能為記錄降雨量、風向風速與溫濕度，並用於颱風警報。雖然當時科技有限，但已為臺灣建立初步的氣象監測基礎。南部地區如高雄、臺南等地亦設有觀測站，用以監測季風與颱風動態。戰時需求與軍事應用：二戰期間，日本軍方利用臺灣地理位置，設立氣象站與無

線電報系統，用於航行與空軍任務規劃。當時的觀測雖不精確，但已開始呈現軍事與氣象結合的雛形。

（二）戰後至冷戰時期（1945 - 1980年）

中央氣象局成立與地面站網擴建：1941年中央氣象局成立（戰後復歸中華民國政府管轄），臺灣氣象體系逐漸走向現代化。1950年代，隨著冷戰格局形成，美國協助臺灣建置多項氣象監測系統，例如無線電探空與氣象雷達，用於監測高空氣流與降水結構，支援美軍在東亞的戰略部署。衛星氣象資料引入：1960年代起，臺灣開始接收美國氣象衛星資料，用以追蹤颱風生成與移動。這一階段，南部沿海地區氣象觀測能力大幅提升，對颱風防災與空軍作戰準備有實質助益。

（三）現代化與精細化發展（1980 - 2010年）

都卜勒雷達與自動測站：1980年代起，中央氣象局逐步引進都卜勒氣象雷達，能即時觀測降水結構與風場。南部地區如墾丁、高雄、嘉義等地建立的雷達站，對颱風、豪雨與對流胞的監測具有關鍵作用。此外，全臺自動氣象站數量大幅增加，形成密集的地面資料網絡。數值模式與超級電腦應用：1990年代以後，中央氣象局引進數值天氣預報模式，並利用超級電腦進行運算，提升颱風路徑與降雨量的預測精度。南部地區特別依賴這些技術，來降低水災與作戰部署風險。與國際接軌：臺灣與美國、日本、歐洲氣象機構進行合作，持續接收全球氣象中心資料，並將觀測成果提供給國際。軍事層面則透過美臺合作，獲得更完整的天氣監測支援。

1、地面觀測網：目前全臺有超過五十個一級測站與數百個自動氣象站，分布山區、離島與海岸。軍方在主要空軍基地、海軍港口及戰略要地設有專屬氣象分隊，裝備包括自動氣象觀測儀(AWOS)、能見度計、風速風向儀（如圖3）、雲底測高儀等，可即時回傳資料至作戰管制中心。這些資料

不僅用於日常飛航起降，也能在演訓或戰時提供低空風場、雲量、跑道條件等重要參數，協助戰術飛行。

- 2、高空觀測與探空系統：臺灣自1950年代起即有氣球探空(radiosonde)作業，定時測量高空溫度、濕度與風場。軍方在必要時會加密放球時段，掌握颱風外圍風場或特定戰區環境。近年導入GPS探空儀，提升垂直剖面解析度，並可透過無線電即時回傳數據，大幅縮短預報時效。未來規劃以小型無人機取代傳統氣球，在敵情或惡劣天候下仍能持續取得高空資料。
- 3、氣象雷達網與衛星接收系統：中央氣象署現有多部S波段與C波段都卜勒氣象雷達，涵蓋全臺沿岸與近海，能監測颱風、豪雨與對流胞。中央氣象署並設有「專屬氣象雷達」，可以支援氣象即時監測，例如：五分山氣象雷達站(如圖4)。此外，空軍與國防科技單位共同建構衛星資料接收站(如圖5)，除接收日本、美國與歐洲衛星雲圖外，也能處理軍用遙測衛星影像，提供更高頻率、更高解析度的戰場天候情報。
- 4、數值預報模式與決策支援：臺灣目前採用多套國際數值預報模式(如GFS、ECMWF，如圖6)並自行運行WRF(Weather Research and Forecasting)高解析度模式，對特定演訓區域或航路可做到1至3公里網格預報。軍事氣象單位在此基礎上建立「任務導向預報產品」，例如：跑道可用度、起降視程與風切預警、飛彈與火箭彈道修正風場、電磁波傳播與雷達效能模擬、無人機作業可行性評估，這些專屬產品經由「作戰區決策支援系統」呈現給指揮官，並可與空軍作戰管制系統、國防資訊網路即時連結，使氣象情報真正轉化為「可用戰力」。

(四) 近年發展與未來趨勢(2010 - 迄今)

高解析度衛星資料與自有衛星計畫：臺灣已能利用美國 NOAA、歐洲METEOSAT與日本 Himawari系列衛星資料。近年來，臺灣自主發展的福爾摩沙系列衛星(FORMOSAT-7/COSMIC-2，如表1)，能蒐集全球高層大氣資料，顯著增進颱風與氣流預測精度，並對南部沿海航空作戰提供決策支援。智慧化觀測與AI預測：中央氣象署積極導入人工智慧技術，透過大數據分析提升短時臨近預報能力。南部地區午後對流、颱風暴潮與梅雨鋒面，均可透過AI模式即時分析，提供軍事單位更快的應變資訊。跨域應用與軍事結合：近年臺灣軍方更加重視氣象裝備，空軍、海軍及陸軍在聯合作戰中均已設立專責氣象單位，並使用與中央氣象署同步的高解析度數據。這不僅增強了國防的自主判斷能力，也在戰時可能爭取「氣象優勢」。

- 1、資料傳輸安全與韌性：戰時衛星或地面通訊可能遭敵干擾，如何確保氣象資料鏈不被癱瘓，是軍方極需強化的部分。高山與外島觀測缺口：雖有密集站網，但仍有局地缺口，對低空飛行或特種作戰影響甚大。
- 2、快速更新的戰場預報：現行數值模式每小時更新一次仍嫌不足，未來需結合AI即時修正。
- 3、未來增強方向：未來臺灣軍事氣象系統可朝下列方向強化：建立分散式微型感測器網，由無人機、浮標、車載系統組成，戰時仍能提供基礎資料。導入AI與機器學習快速預報，提升颱風與劇烈對流的短臨預測精度。與盟友或國際氣象機構合作，即時獲取區域外資料，提前掌握戰場環境。發展戰場氣象數位孿生系統，模擬不同作戰計畫下的氣象風險，協助指揮官快速決策。

(五) 整體影響

臺灣氣象觀測與預測系統，經過百年發

展，已從單純的地面觀測，進化至整合地面、雷達、衛星、AI的多層次網絡。這套系統在南部地區的應用，對於防災減災、航空航行安全，以及軍事行動計畫均發揮了不可替代的作用。未來，隨著國際地緣政治局勢與科技發展，臺灣必須持續強化自主氣象能力，以確保在區域安全與軍事作戰中保持戰略優勢，故在2000年災害防救法後，於2003年成立國家災害防救科技中心，加強國家災防能力，促進防災科技、跨領域整合，並擴展從氣象監測到氣象變遷調適（如圖7）。

四、近期及未來人造氣象及氣象武器

氣象科技的進步，不僅帶來防災與作戰優勢，也引發國際間對「人造氣象」與「氣象武器化」的關注。所謂人造氣象，指的是透過人工干預手段改變或控制局部或大範圍天氣現象的技術；而氣象武器則是將此技術應用於軍事作戰，達到削弱敵軍、阻礙行動或製造戰術優勢的目的。此領域雖爭議極大，但自冷戰以來，已存在多項相關研究與實驗，未來在地緣政治衝突中亦可能成為「非傳統戰爭工具」的一環。

（一）近期人造氣象技術發展：

人工降雨（如圖8）與雲播種技術：自1940年代起，美國、蘇聯及中國等國陸續進行「雲播種」（cloud seeding）實驗，透過投放碘化銀或乾冰顆粒進入雲層以促進降雨。近年，中國在北京奧運會（2008）與國慶閱兵等重大活動中，使用人工消雲、驅雨技術，以保證天候條件。

人工增雨的目的為增加降水效率，藉由將催化劑灑入雲中來增加原本的降雨量，這個動作稱為種雲；當雲內溫度低於 0°C ，稱之為冷雲，反之雲內溫度高於 0°C 則為暖雲。由於冷雲和暖雲降雨的原理並不相同，因此區分為暖雲種雲和冷雲種雲兩類。種雲前除了必須蒐集相關氣象情資，以利判斷天氣系統是否提供充足的雲量、夠厚的雲層之外，還

需根據冷、暖雲環境的差異性，來決定最適當的催化劑。

1、冷雲種雲：在溫度低於 0°C 的雲中，存在冰晶及過冷水滴（未結冰的水滴），當過冷水附著於冰晶上，冰晶便會逐漸增大，故在發展高度還不是很高的對流雲裡，灑下人工增加的冰晶，或灑下和冰晶具有同樣效果的物質（如碘化銀），便可以提高降雨效率，增加降雨量。常使用的方法有兩種，第一種方式是潑灑乾冰，因為乾冰溫度為 -78°C ，乾冰進入冷雲內部之後，造成環境溫度迅速下降，低溫使得過冷水滴直接變成冰晶，冰晶長大後就有機會加強降雨，不過乾冰要以細微粒子的狀態灑入雲中才會有效；另一種方法為加入碘化銀，它的作用就像冰晶核一樣，過冷水滴蒸發後附著於碘化銀成為冰晶，進而成長增加降雨。

2、暖雲種雲：在溫度高於 0°C 的雲中，存在很多細小的水滴；此環境下噴灑大量的水滴，或是設法讓吸水性粒子進入雲中吸收水氣，都可以增加雨胚的數量，進而增加雨滴碰撞成長的機會。常使用的方法如下兩種。第一種方式是大量潑灑尺寸約為100微米左右的水滴，以激發水滴之間的碰撞成長；另一種方法為藉由焰劑的燃燒加入直徑為數微米的吸水性或可溶性粒子（如圖9），均有利於雨胚成長，並激發降雨過程。

在各種作業平臺中，飛機掛載焰劑至雲下施放，為最有效、範圍最廣之方式，但缺點是成本太高；而於地面燃燒焰劑，雖操作簡便、成本低廉，但易受環境影響，且相對於移動快速的雲層略顯被動；而空中潑灑清水（如圖10），則效果、成本與安全性都居中，故臺灣則以空中人工增雨（如圖11）為主。

進行人工增雨，催化或增強降雨過程，

一方面，可在缺水時作為增加水資源的方法之一，另一方面，若平時即利用適當的氣象條件施作，則是積極提高水源供應可靠度的方法；戰時這些技術若應用於軍事，可用於削弱敵方行動（如泥濘化地面阻礙裝甲部隊、沿海阻礙敵登陸），具有潛在軍事用途。

颱風與熱帶氣旋干預：美國於1962至1983年間曾進行「暴風計畫」(Project Stormfury)，嘗試透過飛機投放碘化銀方式來改變颱風結構與強度。雖然結果有限，但顯示出以氣象科技干預大尺度天氣的可能性。若技術成熟，未來可能被用於減弱或改變颱風路徑，甚至導引至敵方戰區。

電離層操控與通訊影響：高頻主動式極光研究計畫(HAARP, High-frequency Active Auroral Research Program)是美國阿拉斯加的軍民合用計畫，研究高頻電波對電離層的影響。雖然官方宣稱為科學研究，但外界懷疑其具備干擾通訊、雷達甚至天氣控制的潛能。軍事層面，這種技術若應用，可能影響敵方衛星與雷達的精確度。

（二）氣象武器的軍事應用可能：

戰場遮蔽與能見度干擾：透過人造雲霧或降水，可降低敵方偵察與航空兵力的能見度。例如人工加強霧氣，可能阻礙敵軍光學偵察與無人機監視。水資源與地形控制：在人造降雨應用下，能改變河川流量或導致山區滑坡，對敵軍補給線造成破壞。冷戰時期，美軍曾在越戰中利用人工降雨(Project Popeye, 1967 - 1972)，使胡志明小道泥濘不堪，以延緩敵軍補給。戰略級災害製造：未來若能控制颱風、暴雨或乾旱，將具備戰略層級的影響力。例如導致敵國農業歉收、社會動盪，成為新型態「氣象戰」。

蘇聯與中國計畫，冷戰時期蘇聯投入大量研究於氣象改造，包括北極冰層融化計畫、雲播種實驗等。中國自1980年代起建立全國「人工影響天氣」系統，2008年北京奧

運即動用火箭發射雲播種彈藥控制降雨，這套技術也被各界推測具有潛在軍事用途。

上述案例顯示，雖然氣象改造在技術上仍受限於大氣尺度與不確定性，但在局地、短時間內確實可產生影響。

（三）氣象武器的概念、限制與國際規範、法律與道德爭議：

「氣象武器」(Weather Weapon)是指利用氣象改造或大氣操控技術，對敵軍人員、基礎設施或環境造成不利影響。例如：延長降雨使補給線泥濘難行、散播凝結核製造雲霧降低能見度、改變風場影響化學或生物劑傳播、操控電離層影響通訊或雷達（屬於「環境改造」範疇）；然而，真正能「大規模」改變天氣並精準控制的能力，目前尚無公開證據顯示有任何國家達成。大氣系統高度非線性，能量龐大，外加國際社會對此的高度敏感，使得「氣象武器」多停留在概念或小規模實驗階段。

1977年聯合國通過《禁止軍事或其他敵對使用改變環境技術公約》(ENMOD, 1977)：聯合國於1977年簽訂ENMOD公約，明確禁止將環境改造技術用於軍事或敵對行動，涵蓋氣候、地震與海洋等。但該公約對研究與防禦性使用並無明確限制，存在灰色地帶。科學透明性與軍事機密矛盾：多數氣象改造技術的研究成果被定義為科學探索，但實際上具有雙重用途(dual-use)。因此，國際間對其透明性與合法性持續爭論。

（四）未來發展趨勢：

高精度局地氣象干預：隨著AI與大數據技術成熟，未來人造氣象或能針對局地環境（如某軍事基地上空）進行微尺度天氣改變，而非大範圍的暴風操控。太空平臺與氣象干預：隨衛星與高空無人機的普及，未來可能透過太空平臺釋放能量或物質，達到影響雲系或大氣結構的效果。這種技術若與軍事衛星整合，將成為戰場氣象控制的關鍵工

具。融合氣象戰與電子戰：未來戰爭中，氣象武器可能與電子干擾、通訊破壞相結合，形成「複合型非對稱作戰手段」。例如同時操控電離層與天氣，削弱敵軍雷達、導引與飛行效能。

（五）對臺灣與南部地區的啟示：

臺灣南部地區受颱風、梅雨與午後對流影響甚鉅，若氣象未來科技技術成熟，可能在兩岸衝突中被利用。例如：透過人工降雨影響高雄軍港或屏東空軍基地的運作，甚至導致後勤補給困難。因此，臺灣必須高度關注人造氣象技術的發展，並強化防護與應對策略，如在演訓與實戰計畫中納入「氣象被敵方操控」的假設情境，提升韌性、加強基建耐候性、提升自主氣象監測能力、如快速消霧或局地降雨控制，支援特種作戰或救災任務（防災、旱災救助），以及參與國際法規框架以維護自身安全。

五、結論

綜合前述分析，航空作戰高度依賴氣象條件，航空氣象裝備與系統對臺灣南部地區軍事作戰具有不可或缺的重要性。南部地區地形複雜，海空環境變化快速，颱風、豪雨、季風與霧氣等氣象因素，皆可能直接影響航空兵力的調度與作戰效能。因此，能否即時、精準掌握氣象動態，成為影響戰場決策的關鍵，先進氣象裝備可提供即時精準的戰場環境資料，使指揮官在計畫與執行階段均能掌握「天候優勢」，增加行動彈性，降低風險。

回顧過去，臺灣氣象觀測與預測技術從簡易觀測器材逐步發展至高解析度雷達、衛星接收與數值模式，顯示出氣象裝備持續精進的趨勢。未來則將更加依賴人工智慧、大數據與自動化系統，趨勢是高解析度、即時化與數位孿生模擬，讓氣象不僅支援飛航安全，更能與電子戰、精準打擊、無人系統協同運作，以提升預報的速度與準確度。另一方面，臺灣擁有密集的觀測網、先進雷達與

數值模式，能在颱風與劇烈對流頻繁的環境下提供可靠預報，對空軍與其他軍種行動提供穩定支援。但戰時資料傳輸安全、外島與山區觀測缺口、短臨預報能力仍需強化。建議建立分散式微型感測器網、導入AI快速預報、與國際合作取得區域外資料，國際間對「人造氣象」與「氣象武器」的討論，也提醒我們在戰略層面必須兼顧防禦與因應。雖然國際公約限制環境改造技術的敵對用途，但小規模、短時程的人工影響天氣仍具發展潛力。歷史案例顯示其可能在補給線、能見度、偵察等方面發揮戰術效果。但其潛在影響不容忽視，臺灣應建立情資監測、風險評估與演訓納模機制，以提升韌性與應對能力。

綜上所述，臺灣在南部軍事作戰中必須採取以下方向：

（一）強化氣象裝備整合：

將雷達、衛星、數值模式與AI預報系統全面鏈結，形成戰場資訊共享平臺。

（二）建構快速反應機制：

確保當氣象突變時，能即時調整飛航與戰術規劃。

（三）防範氣象科技衝擊：

關注國際間氣象改造技術與潛在氣象武器的發展，建立相應的情報與防護體系。

應建立「軍民氣象資源整合機制」。在未來災害及戰爭均有可能同時發生，故須提升「氣象科技防護及反制能力」，並結合軍方及中央氣象局、國家太空中心及學術單位，共享氣象觀測與災防資訊，形成全民防衛韌性。

氣象裝備與系統不僅是科學工具，更是現代軍事行動不可或缺的一環。唯有持續投資、創新掌握天候即掌握戰場主導權，未來臺灣在國防氣象上必須持續前瞻布局，方能在高度不確定的戰場環境中維持優勢，在瞬息萬變的戰場環境中確保臺灣南部的防衛與作戰優勢。

六、參考文獻

呂炯昌，2009 年，氣象戰與氣候變遷，尖端科技雜誌第 302 期。

李佩蓉，2022 年，航空氣象添神兵之氣象雷達介紹及運用。

林得恩，2009 年，空中人工增雨作業簡介。

陳志明，2015 年，人造氣象技術對作戰影響之研析。

水利署全球資訊網，2022 年，國外人工增雨作業案例，水利署電子報第 0477 期。

中央氣象局(CWB)官方網站，臺灣氣象觀測網與雷達系統現況。

世界氣象組織(WMO)技術報告，2000-2024 年。

交通部中央氣象局委託國立臺灣大學氣象用無人飛機觀測研究報告，2005 年。

國家太空中心，2017 年，福爾摩沙衛星一至七號任務簡介。

歐洲中期天氣預報中心：ECMWF Annual Report

NCDR 天氣與氣候監測網 AI 區域模式。

Edwards, P. N. (2010). A Vast Machine: Computer Models, Climate Data, and the Politics of Global Warming. MIT Press.

Fleming, J. R. (2010). Fixing the Sky: The Checkered History of Weather and Climate Control. Columbia University Press.

表1 福爾摩沙系列衛星

名稱	發射時間	備註
FORMOSAT-1 (福衛1號)	1999年	首顆臺灣自有衛星，觀測電離層、海洋色、太空科學。
FORMOSAT-2 (福衛2號)	2004年	地球遙感觀測衛星(高解析度影像)，支援災害監測、地貌變化觀察。
FORMOSAT-3 (福衛3號)	2006年	主要用於氣象、電離層、氣候觀測。
FORMOSAT-4 (福衛4號)	無	因弊案被取代。
FORMOSAT-5 (福衛5號)	2017年	臺灣第一顆「自主設計/製造」之高解析度光學遙測衛星。
FORMOSAT-6 (福衛6號)	無	科技部判定取消。
FORMOSAT-7 (福衛7號)	2019年	接續福衛3號，主要用於氣象、電離層、太空天氣觀測。
FORMOSAT-8 (福衛8號)	預計2025 年	臺灣「自主設計/製造」之高解析度光學遙測衛星，由八顆衛星構成。

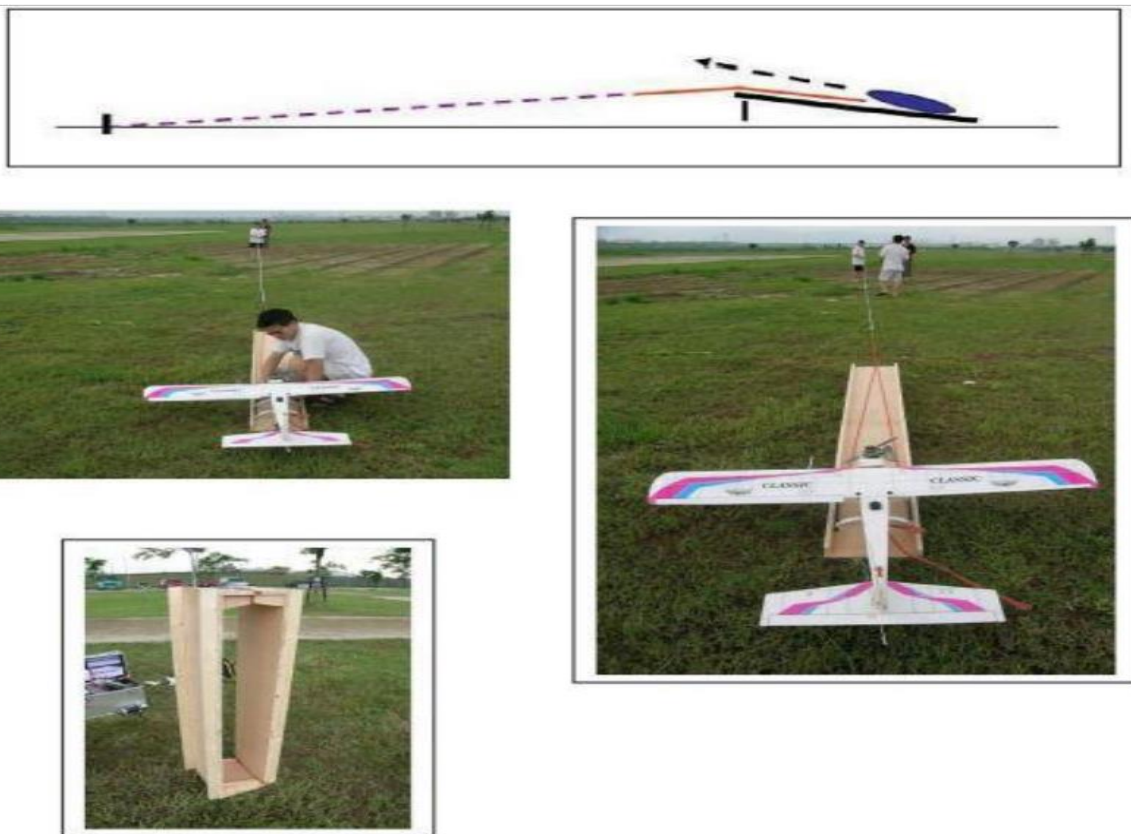


圖1 交通部中央氣象署委託國立臺灣大學氣象用無人飛機觀測研究



圖2 美國 NOAA 與 NASA 共同執行的 Altair Integrated System Flight Demonstration Project 計畫



圖3 YOUNG 05108-45風向風速計



圖4 五分山氣象雷達站

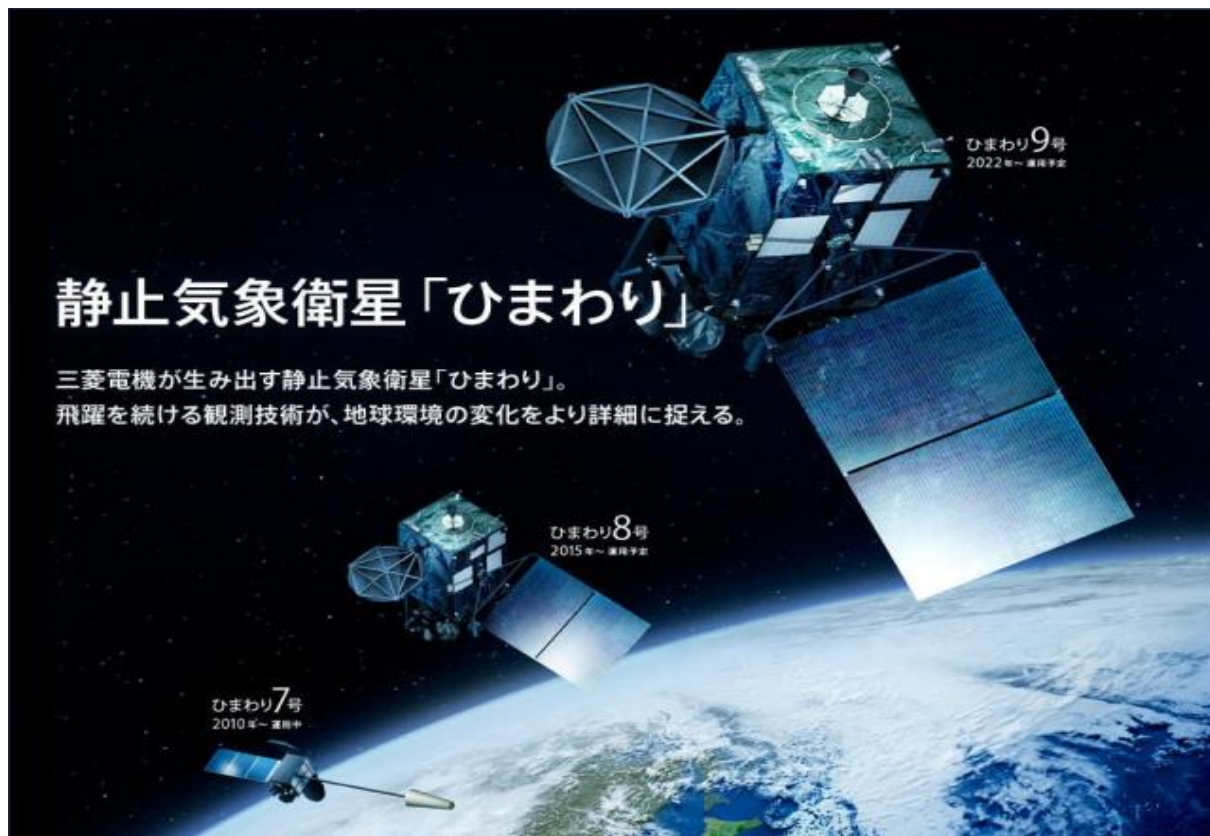


圖5 向日葵八號衛星(Himawari-8、9)



圖6 英國雷丁的歐洲中期天氣預報中心(ECMWF)總部氣象室的預報分析

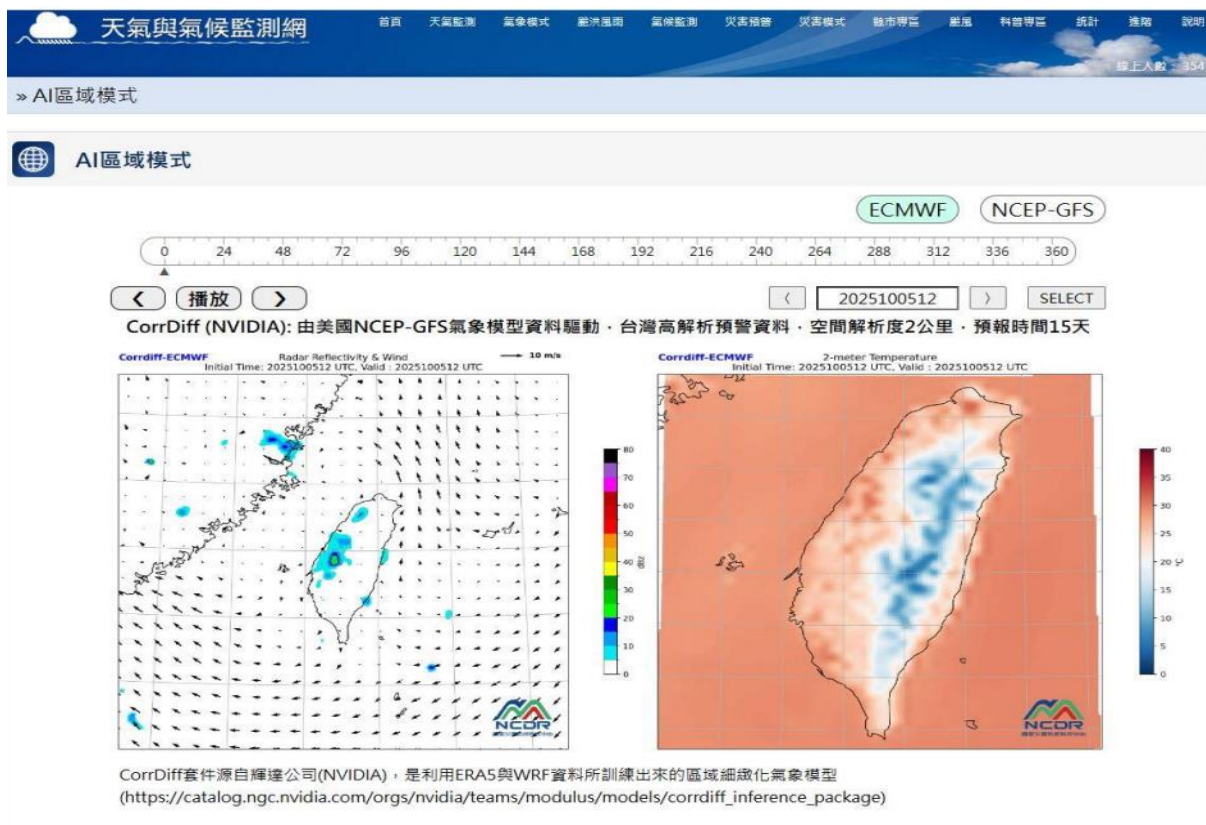


圖7 天氣與氣候監測網AI區域模式

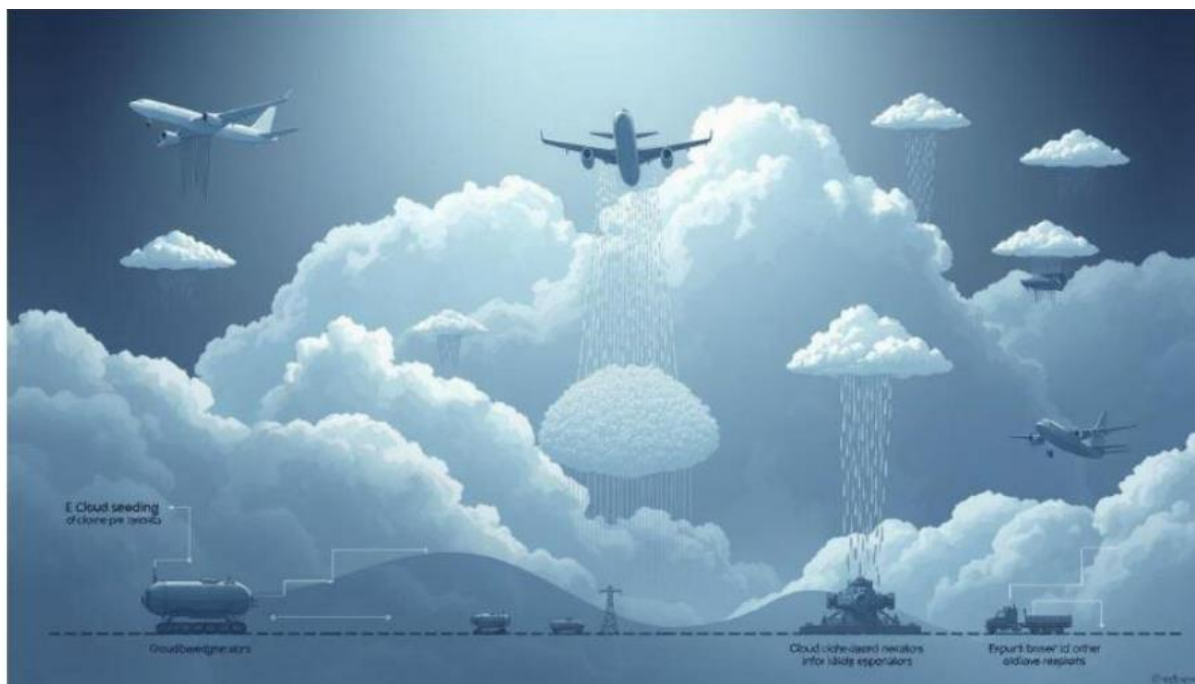


圖8 人工增雨造雨示意圖



圖9 人工增雨地面造雨示意圖



圖10 空中人工增雨勤前準備



圖11 空中人工增雨實施

Research on the Impact of Aviation Meteorological Equipment on Military Operations

Zhi-Hang Lee 、 Zhao-Fu Wang 、 Jing-Chang Cai

The 8th weather squadron of Winter Wing, R.O.C.A.F.

Abstract

This study, focusing on southern Taiwan, explores the role and impact of aviation meteorological equipment in military operations. With the shifting nature of modern warfare, meteorological conditions are no longer merely background environmental factors; they are now key variables that can directly alter battlefield dynamics, impact troop deployment, and ultimately determine the outcome of combat. In particular, the mastery and application of aviation meteorological information in air, naval, and joint operations determines the feasibility of aircraft takeoff and landing, the accuracy of missiles and drones, the effectiveness of covert troop movements, and the difference in decisionmaking capabilities between friendly and enemy forces in adverse weather conditions. For Taiwan, located in a subtropical maritime climate frequently affected by typhoons, southwesterly air currents, and plum rain fronts, meteorological factors are closely linked to military security. The unique topography and climate of the southern region make it a crucial consideration in tactical and strategic planning.

The impact of aviation meteorological equipment on military operations is not only reflected in "ensuring safety" and "improving efficiency," but also in strategically seizing opportunities and shaping the battlefield. For Taiwan, the southern region is a strategically important region, home to air force bases, naval ports, logistics facilities, and transportation hubs. Therefore, the development of meteorological equipment and data integration should be considered a core national defense investment. It is recommended that future national defense planning should focus on: strengthening cross-military and civilian meteorological data sharing; introducing high-resolution weather models and artificial intelligence forecasting technologies; developing low-cost, highly maneuverable weather detection drone fleets; and strengthening the ability to disrupt and protect enemy weather information. Only by gaining the upper hand in weather intelligence warfare can Taiwan avoid being on the defensive in a high intensity military conflict in the Taiwan Strait.

Keywords : Aviation weather, Military operations, Weather equipment