

## 從哥本哈根氣候會議來看我氣象人員應有的應變態度

林得恩<sup>1</sup> 吳東洲<sup>2</sup> 李芳瑋<sup>2</sup>

<sup>1</sup>空軍氣象聯隊

<sup>2</sup>空軍氣象聯隊氣象中心

### 摘要

哥本哈根會議由少數締約國達成兩項主要協議，第一，將未來全球暖化的溫度控制在 2℃內，第二，2010 至 2012 年間富國應金援貧國約 9710 億元台幣，以對抗全球暖化。極端氣候與飛航安全關係密切，面對極端氣候的嚴峻考驗，我氣象人員應有增進長期天氣預報能力、運用氣象輔助觀測裝備、建置有效監測作業能量、提昇防災救災預警效益及精進山區天氣掌握能力等應變態度，藉以強化維護飛航安全及完成所交付的各項戰演訓任務。

關鍵字：極端氣候、飛航安全、全球暖化、哥本哈根會議

### 一、前言

因全球暖化影響，2009 年在丹麥哥本哈根市的貝拉中心舉行深具歷史性的氣候會議。儘管會議的精神主旨為「京都議定書」延續，然主要目的為商討各國減碳排放量的措施與經濟援助因減排後造成開發中國家損失等兩大議題。

從綠色和平(Greenpeace)組織或政府間氣候變化專業委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change；IPCC)等研究機構報告中，將產生極端氣候的禍首指向全球暖化的影響。未來，若仍不正視全球暖化的問題，將無法改善全球因極端氣候影響，所導致人員傷亡及經濟損失等重大災情。

因全球暖化的影響，使得極端氣候出現的次數與日俱增、發生的強度也日趨嚴重，

而氣象人員也面臨空前的考驗。為此，本軍氣象人員更需要掌握極端氣候所衍生之危安因子，避免因其所肇致的飛安事件影響。因極端氣候造成各地災情頻傳，使得國內外救災任務已視為國軍重點。因此，我氣象人員應深切討論如何增進本職學能與處置作為，以面對未來多元化與複雜化之氣象作業任務。

### 二、哥本哈根會議的前身

聯合國氣候變化框架公約(United Nations Framework Convention on Climate Change；UNFCCC 或 FCCC)是一個國際公約，該公約於1992年5月9日在紐約聯合國總部通過，隨後並於巴西里約熱內盧召開的地球高峰會議上，由150多個國家以及歐盟共同簽訂。其宗旨是將大氣中溫室氣體程度穩定

在一個水平上，使氣候系統免受危險的人為干涉；該公約為所有締約方的承諾，並於1994年3月21日生效。

公約締約方自1995年起每年召開締約方會議(Conferences of the Parties; COP)，目的為評估應對氣候變化的進展。1997年京都議定書達成，使溫室氣體減排成為已開發國家的法律義務。但由於1997年所議定的京都議定書將於2012年到期，故丹麥哥本哈根會議是擬定接替京都議定書的重要會議(表1為1995年至2009年期間COP會議召開的地點)：

表1 歷屆COP會議召開的時間與地點

屆次	時間	召開地點
第一屆	1995	德國柏林
第二屆	1996	瑞士日內瓦
第三屆	1997	日本京都
第四屆	1998	阿根廷布宜諾斯艾利斯
第五屆	1999	德國波恩
第六屆	2000	荷蘭海牙
第六屆續會	2001	德國波恩
第七屆	2001	摩洛哥馬拉喀什
第八屆	2002	印度新德里
第九屆	2003	義大利米蘭
第十屆	2004	阿根廷布宜諾斯艾利斯
第十一屆	2005	加拿大蒙特婁
第十二屆	2006	肯亞內羅畢
第十三屆	2007	印度尼西亞巴厘島
第十四屆	2008	波蘭波茲南
第十五屆	2009	丹麥哥本哈根

### 三、哥本哈根會議探討的重要議題與面臨難題

全球關注氣候人士趁著2009年12月12日，於世界各地舉行不同活動，用行動表達全球暖化的嚴重性。12月13日在哥本哈根市估計有三萬人進行嚴重的抗議活動，要求會議做出更多的國際承諾。

哥本哈根會議的目的在趨緩日益嚴重的全球暖化問題，而較實際的做法就是限制各國的碳排放量，希望透過會議的召開，訂定一個量化目標，讓所有與會國的碳排放量都能控制下降。

以已開發國家的立場，減少碳排放量來防範全球暖化是所有國家共同的責任；僅僅限制已開發國家碳的排放量，卻放任開發中國家增加碳的排放量，仍無法解決全球暖化的問題。但從開發中國家的角度衡量，為抑制其碳的排放量，使得國家發展趨緩，則會無形中造成龐大的經濟損失。因此，開發中國家要求已開發國家給與經濟援助，以彌補為減少碳排放量降緩工業發展所帶來的損失。金援的數量即為雙方難以達成共識的難題之一。

在金援與減碳兩大議題下，雙方最後仍未達成共識，可知道德與利益的衝突為此會議進行最大的困難處，也是許多綠色抗議人士走上街頭的原委。然而，我們仍要正視本次會議召開的主要原因——「全球暖化」。

### 四、全球暖化的現象

全球暖化目前為全世界所關注的問題，其主要原因為空氣中的溫室氣體逐年地增多。人類自工業革命開始，大量的燃燒化石燃料及砍伐森林，已使空氣中二氧化碳的含量明顯增加，造成全球暖化的結果。全球暖化使得海洋溫度增高，在極地許多冰川逐漸融化，不僅破壞了當地的生態，更使得全球海平面上升，對島嶼及地勢低窪的陸地具有嚴重的威脅。當氣溫增高，水蒸發量增加，原本乾旱少雨的地區如果植被不良，恐有土壤沙漠化的顧慮，大片的土地沙漠化將會影響人類的居住環境。氣溫的上升也使得許多熱帶的傳染病向高緯度地區擴展，原本夏季盛行的疾病可能提前至春季或延後至秋季，甚至有全年活動的可能。

Greenpeace 是一個國際性非政府組織，從事環保工作。他們認為全球暖化為人類於過去一百年來一直依賴化石燃料，所排放大量二氧化碳所引起。並且在人類破壞森林、生產製劑及農業、畜牧業也會使溫室氣體增加。因此就全球暖化的原因來探討，不外乎是因為人類在大量開發時，使用及破壞天然資源所造成的，所以應該是有辦法去改善的，關鍵就在於人類自己。綠色和平組織亦對全球暖化所造成的影響有以下評估：

- (1) 地球溫度上升，導致喜馬拉雅等高山的冰川融化，長期威脅水資源(如圖1)。
- (2) 海平面上升，上海、廣州等人口密集的沿海城市面臨鹹潮威脅，甚至可能遭受淹沒。
- (3) 凍土溶化，威脅當地居民生計和道路工程

設施。

- (4) 熱浪、乾旱、暴雨、颱風等極端氣候災害越來越頻繁，居民生命財產損失增加。
- (5) 糧食減產，千百萬人面臨飢餓威脅。
- (6) 因全球暖化導致瘧疾、營養不良而死亡的人數高達15萬，主要發生在非洲及其他發展中國家；2020年，這個數字預期會增加一倍。
- (7) 珊瑚礁、紅樹林、極地、高山生態系統、熱帶雨林、草原、濕地等自然生態系統受到嚴重威脅，多樣生物品種瀕臨滅絕。



(圖1) 2005年6月08日中國青海省阿尼瑪卿山哈龍冰川24年來的變遷，上圖為1981年，下圖為2005年(摘錄自GREENPEACE網站)。

因此，全球暖化所造成的影響是全面性的，並非特定區域或少數國家，其造成的氣候變遷與重大災難亦難以預測。

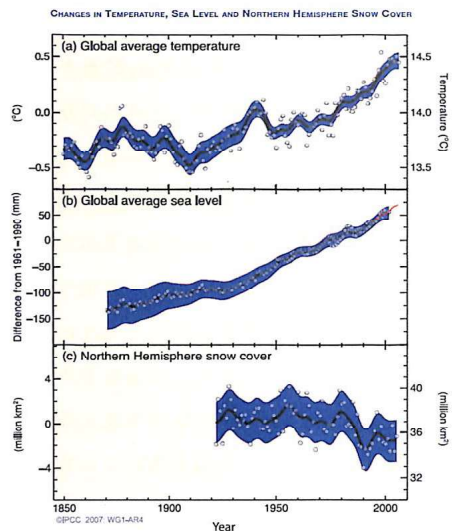
IPCC 是一個附屬於聯合國之下的政府組織，專責研究由人類活動所造成的氣候變遷。針對氣候變化及其影響，自成立以來已發表過4次，分別在1990年、1995年、2001年及2007年。於2007年時發表「氣候變化

2007：聯合國政府間氣候變化專業委員會第四次評估報告(Climate Change 2007, the Fourth Assessment Report(AR4) of the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change)」。常被簡稱「IPCC 第四次評估報告」。

IPCC 第四次評估報告中，以「非常可能」的情境來表示人類是造成全球暖化的主要原因。報告重點如下：(1)大氣中溫室氣體含量已達 65 萬年以來最高峰，至 2100 年時，全球氣溫將上升攝氏 1.1 度到 6.4 度，海平面則上升 18 公分到 59 公分。(2)溫室效應會造成三分之一的物種面臨絕種，人類所面臨的饑荒、缺水也會更加嚴重。(3)對抗氣候變遷的成本不算太高，但時機即將過去，世界各國應於 2015 年前減少全球溫室氣體的排放。

報告中(如圖 2)可知(a)全球平均地表溫度逐年升高；(b)分別來自驗潮儀(藍色)和衛星(紅色)的全球平均海平面逐年升高以及(c)3 月至 4 月北半球積雪逐年減少等變化。從已觀測到的所有變化差異均相對應於 1961 年至 1990 年的相應平均值顯示：各平滑曲線表示十年平均值，各圓點表示年平均值，陰影區為不確定性區間。顯見大氣中溫室氣體含量增高，造成全球氣溫、海平面及冰雪覆蓋的情況改變。因此聯合國團結一致，於 2009 年 12 月 7 日共同造就聯合國氣候變化框架公約第 15 次締約國大會的進行，商討因應全球暖化的具體作為。

## 五、哥本哈根會議結果



(圖 2)1850 至 2007 年期間 (a) 全球平均地表溫度 (b) 全球平均海平面 (c) 北半球冰雪覆蓋之變化(摘錄自 IPCC 第四次評估報告)。

哥本哈根會議於 2009 年 12 月 18 日結束，卻無法通過具有法律約束性的正式協議。所有與會國都認為有責任去減少碳排放量，然減少排放量的程度與富國援助窮國的資金未能達到共識，減排成效是否需要國際專業人員檢定的問題始終不能讓步。故僅有部分國家達成了全球暖化控制在 2°C 內、富裕國家於 2010 至 2012 年期間協助貧國大約 9710 億元台幣來對抗全球暖化的協議。

對於哥本哈根會議未能擬定出一個具法律約束力的協議，世界各國環保人士均感失望。而對於會議中部分國家所達成的協議，卻未嘗不是在對抗全球暖化上邁進了一步，冀望於 2010 年時能議定出一個具法律性而的協定，藉以防止全球暖化所造成的氣候變

遷，破壞了環境生態及人類自己的生活。

## 六、極端氣候與飛航安全之關係

本軍氣象人員所服務的對象，是駕駛高性能、高高度與高速度航空器的飛行員，在不同的天候環境下，順利遂行各項戰演訓任務。儘管哥本哈根會議的結果不如預期，但在全球暖化的影響下，各地氣候的轉變業已發生；隨著氣候轉變，世界各地都分別產生程度不一的極端氣候。因此，本軍氣象人員對飛行任務的執行，應當重新思考、認真探討極端氣候對飛航安全的影響，藉由充份的準備，讓本軍各項戰演訓任務能順利執行。為此，我們必需先瞭解危害飛航安全的氣象因子，方能進一步釐清日趨嚴重的極端氣候與飛航安全兩者之間的關係。

### 6.1 氣象因子與飛航安全

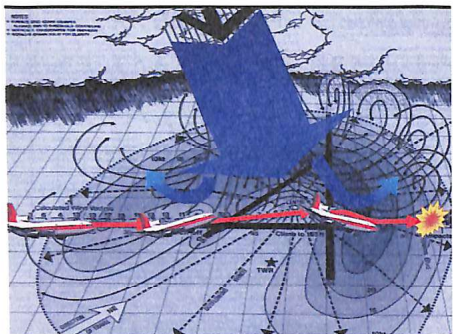
對戰場環境之大氣因子秉性的瞭解與掌握是我確保飛安、維護戰力的首要目標與作業重點，針對氣象因子加以概述如后：

地面風是幫助飛機起降的主要因子，其所產生的舉升力足以承載飛機的重量。當飛機在逆風飛行下，如果有較強的頂風，浮力增加，起飛的速度就可減少，起飛所需要的跑道較短，載重量也較多；反之亦然。然而，側風會影響飛機降落，依照不同的飛機，允許跑道側風的限度也不同。風速的變化可決定飛機起降階段之穩定性，一般而言，重型飛機對於風的變化較不受影響，可在較大側風下起飛，但是控制其變化的反應力較慢；輕型飛機對於風的變化較容易受影響。如果

降落階段碰到陣風時，其反應力較快。1993 年 11 月 4 日香港啟德機場，因受到輕度颱風埃洛 (Ira) 的影響，當時機場跑道兩旁及側風極為強勁，由於側風加上濕跑道之緣故，造成飛機衝出跑道而墜入於海中的憾事。

雷暴雨所引發之下爆氣流和低空風切，是為飛行安全最主要的殺手。首先，風切現象在飛機降落和爬升階段發生時較易發生危險(如圖 3)。飛機在高速飛行狀態下，較難以適應風切的變化，尤其是大型飛機；當飛機下降時，風速突然減弱，常造成飛機失速，使得未抵達機場跑道就墜毀；風速突然增強，造成飛機超越跑道降落。飛機爬升時，風速突然減弱，造成爬升角度減小；風速突然增強，造成飛機爬升角度增大。風切往往造成飛機操作上的困難，甚至於造成空難事件。雷暴雨所造成的下爆氣流 (Downburst) 或低空風切 (Low-level Wind Shear)，會使得飛機航道上風速有水平和垂直方向的急劇變化，使得飛機空速也跟著急速的變化。強烈逆風突然轉變為順風造成飛機起降時浮力顯著減少，造成飛機掉落之危險。根據統計，美國於 1970 至 1987 年間由於雷暴雨引發下爆氣流和低空風切，造成飛機失事就有 18 次和 575 人死亡之多。

除此之外，雷暴雨產生之雷電感應對飛航安全也有一定程度的危害，而其表現的方式可分為雲中放電、雲對雲放電、雲對地放電及雲對大氣放電等四類。根據統計，航機在雷暴雨附近航行，遭雷雨雲放電與誘發放



(圖3)1982年7月9日泛美波音727遇雷雨下爆氣流而墜機示意圖(摘自美國民航管理局FAA航空器失事報告)。

電及雲對大氣放電等四類。根據統計，航機在雷暴雨附近航行，遭雷雨雲放電與誘發放電產生雷擊事件的機率相當高。航機在遭遇雷擊後通常對飛機蒙皮、儀表、通信與導航設備等精密儀器皆有相當程度之損壞。從本軍過去的飛安事件中，發現部份飛機在執行戰演訓任務時遭遇雷擊，促使雷達罩、機鼻及機翼等不同區域受損；可見雷暴雨產生之雷電感應，對飛機造成損壞的重要性不容忽視。

溫度、氣壓對飛航安全的影響，相對於其他氣象因子其實是較小的。但是，在一定氣壓下，跑道面溫度比正常值為高時，飛機起飛則需要較快的速度，相對的需要較長的跑道。這對於較短的飛機跑道上起飛時是需要特別注意的。在高溫下，當氣壓降低，密度減少時，需要較長的跑道，以獲取飛機起飛的速度。

當飛機經過冷卻的雲層或雲雨區域時，

機翼機尾及螺旋槳或其他部分，常會積聚冰晶，有時可能厚至數吋，尤其是通過積狀雲如積雲、積雨雲和層積雲等。飛機結冰可能造成的飛行危險，包括飛機結冰增加重量，減低空氣動力之效能；機翼機尾結成冰殼，損壞其流線外形，致使飛機喪失抬升力…等等。雖然現今飛機本身已有加溫系統，可克服上述飛機結冰的問題，但是飛機仍需要避開結冰區域，以防止加溫不及而瞬間結冰，肇致危險。2002年12月21日復興航空公司ATR-72貨機，由中正國際機場起飛前往澳門，於凌晨1時5分起飛後不到1小時，由駕駛員要求從18,000呎巡航高度降至16,000呎。約4分鐘之後，從雷達消失在馬公西南方15海里失事，機上有正副駕駛2人失蹤，飛安會於2003年1月22日公布黑盒子資料顯示因飛機遭遇嚴重結冰，導致飛行器急速下墜。

所謂亂流是當飛機飛入對流性雲區，例如積雲、積雨雲和層積雲等，由於空氣發生上、下對流垂直運動，使機身起伏不定。嚴重時可能導致飛機結構損壞，造成飛機失事。然而，當飛機在萬里無雲之高空飛行時，亦會發生機身顛簸的情況，則是所謂的晴空亂流。通常晴空亂流常發生在風向突然轉變或風速突然增加或減少等地區，即所謂風切作用最大地區。例如冬天在中、高緯度地區的噴射氣流及其附近區域，就容易產生晴空亂流。

飛行員在進場時，必須要能看清跑道才

能順利降落，然而低雲幕、濃霧與低能見度往往是飛行員看清跑道的視障肇因，因此在進場時，需要各種進場助導航設施來引導飛機降落；但是，在較低雲幕和較差能見度之天氣條件下降落，仍然具有相當程度的危險性。濃霧降低人類眼睛所能看到的距離，飛行員在低能見度情況下，起降時常看不清跑道。2000年10月31日，受象神颱風影響，中正國際機場風雨交加，新加坡航空公司SQ-006班機在中正國際機場，飛行員誤闖在施工的05R跑道，起飛時衝出跑道，當場爆炸起火，造成83名旅客死亡和44人受傷。雖然在颱風天，當時天氣還是符合起降標準，但是在颱風強風大雨，導致能見度不佳，使得飛行員誤判，跑道判斷錯誤，造成重大的空難事件。

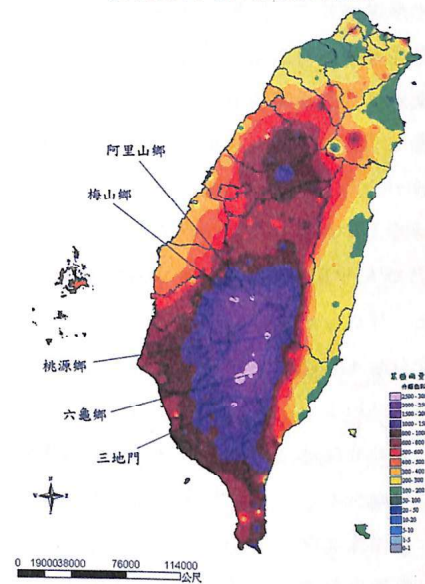
由以上討論與過去飛航失事報告中的統計可以得知，起飛、巡航和降落是危害飛機飛行主要的三個階段；影響飛機操作和飛航安全之氣象因素，計有風、雲、能見度、溫度、氣壓、密度、降水和其他顯著危害天氣如飛機結冰、亂流、雷暴雨引發下爆氣流和低空風切、濃霧所引起的低能見度等等，我氣象單位所提供的觀測和預報資料，為了就是有效掌握上列氣象因素，避免飛行在各不同階段，可能發生因氣象所肇生之飛安危害。

## 6.2 極端氣候的特徵

2009年台灣地區受莫拉克颱風影響，及其引進之西南氣流，導致南部地區連續四天出現高於超大豪雨(連續24小時之降雨量超

過350毫米以上)的顯著降雨量。從累計颱風侵台及西南氣流影響期間之降雨量(如圖4)，顯見其降雨強度之劇烈程度已打破過往傳統的觀測記錄。

20090806-20090811雨量圖



(圖4)2009年莫拉克風災期間造成全台累積降雨量(摘錄自中央氣象局網站)。

由圖4顯示，南部地區平均降雨量大於1500毫米，山區則大於2000毫米，部份區域之降雨量甚至超過2500毫米，因此造成嚴重災情。八八水災之前，全台各地水庫均面臨缺水之苦，當莫拉克颱風形成之際，各界期望莫拉克颱風為台灣地區帶來雨量可舒解旱象；然而高於氣候值的顯著降雨量，反造成中南部及台東地區人員傷亡及經濟損失等嚴重災情。

由於極端氣候所產生的氣象測量數據，已遠遠超過當地的氣候平均值。表示極端氣候的影響，讓特定地區的氣候統計值，已無法成為有效的預報依據。雖然，尚無研究顯示莫拉克颱風和極端氣候間之對等關係，但從水庫即將乾涸之危機，反因莫拉克風災之影響導致水災，顯見其伴隨之強降水遠遠超出氣候值。如此的特徵，突顯出對於極端氣候產生之災害的掌握及預測是有其困難度與限制。

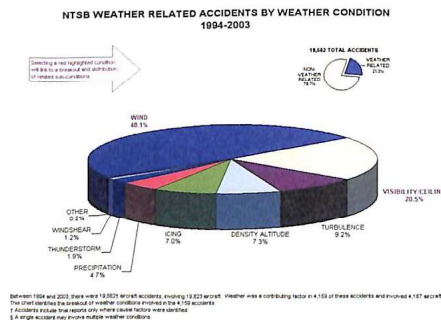
從 IPCC 第四次評估報告裏，表示在未來 21 世紀中期至末期，預估因極端氣候事件變化，可以分級為可能、非常可能或幾乎確定會引起之氣候變化等不同情境，其顯著的影響現況如下：

- 一、大部分陸地地區，冷晝與冷夜呈現偏暖與偏少之現象；而熱晝與熱夜呈現偏暖與偏多之現象。
- 二、暖期與熱浪：大部分陸地地區的發生頻率增加。
- 三、強降水事件：大部分地區的發生頻率增加。
- 四、受乾旱影響的地區增加。
- 五、熱帶氣旋活動增強。
- 六、由海平面升高所引發的事件增多(不含海嘯)。

但從莫拉克風災的經驗與各地陸續傳出災情的情況，確信極端氣候不再是偶發事件，而是現在進行式且未來將愈來愈嚴重。

6.3 極端氣候與飛航安全

美國聯邦航空署「國家飛行安全資訊分析中心」(National Aviation Safety Data Analysis Center, NASDAC) 統計分析「國家運輸安全委員會」(National Transportation Safety Board, NTSB) 1994 至 2003 年全美飛航事故資料的結果顯示，10 年間 19,562 次航機事故中，計有 4,159 次(21.3%)與氣象因素有關；其中涉及的個別氣象因子依序為：風場(48.1%)、低能見度與低雲幕(20.5%)、亂流(9.2%)、密度高度(7.8%)、積冰(7.0%)、降水(4.7%)、雷雨(1.9%)、風切(1.2%)與其他(0.2%) (如圖 5)，顯見天氣因素影響飛航安全的程度是不容忽視的。



(圖 5)1994-2003 年 NTSB 統計全美航機事故與氣象因素之關係。

([http://www.asias.faa.gov/aviation\\_studies/weather\\_study/totals.html](http://www.asias.faa.gov/aviation_studies/weather_study/totals.html))

由 IPCC 研究報告所預估的氣候改變，可以預期產生乾旱、水災、颶(大)風災...等災害。因此，隨著氣候的改變，預期台灣地區在颱風季、梅雨季及西南氣流影響下，所造成的強降水事件可能會愈來愈頻繁，行

生之土石流災害機率也隨之增加；因降雨日數減少，造成水庫缺水而影響民生經濟之機率增加；因海平面升高，陸地上的水無法宣洩，或海水倒灌使得陸地淹水之機率增加。從短時間的突變天氣研析，每一次極端氣候的發生皆伴隨風切、雷電、亂流、冰雹...等足以危害飛航安全之氣象因素。因此，隨著極端氣候的次數增加與每次發生的強度增強，促使災害發生的機率增加，極可能造成因氣象因素影響飛航安全的比率也相對提高。

6.4 我氣象人員與極端氣候

無論是 IPCC 或是綠色和平組織的研究結果，皆提出全球暖化將影響 21 世紀的氣候，其範圍也將遍及全球各地。除了海平面上升、平均溫度提高及海水酸化等氣候改變狀況外，也會造成人類經濟衰退及傳染病...等民生議題。不可否認，各地已發生多次氣候異常現象，足以證實極端氣候是現在進行式。其次，極端氣候會衍生危害飛航安全的氣象因素，導致嚴重的飛安事件。再者，極端氣候發生在各地的次數增加，發生時的強度不斷增強，所挾帶之災害也逐次嚴重。因此，我氣象人員對氣候變異面臨了空前的挑戰，應當即時思索應變之策。

本軍所必需面對的課題有兩個主要面向。第一，預期因極端氣候影響，使得危害飛航安全的機率提高。第二，因極端氣候導致災情之機率隨著提高。未來，本軍除了執行戰演訓任務之外，面對國內外災情所執行

的救災任務亦會愈來愈頻繁。例如 2009 年 8 月 8 日莫拉克颱風所造成的災情，本軍出動 S70C 至南部山區搜救與運補之任務，其深入山區飛行的次數就創了歷史的記錄；每年因水庫缺水的情況下，必需隨時啟動人工增雨機制的任務；2010 年 1 月 13 日因中美洲國家海地發生 7.1 級的淺層地震，造成數十萬人傷亡，本軍 C130 配合國家政策擔負起救難人員與物資長程運補之主要機種。隨著飛行任務的次數增多，飛行距離變長與飛行時間增加，使得面對的大氣環境的機率也愈來愈多。我氣象人員亦當有所應變態度，以應付層出不窮的氣候挑戰。

七、我氣象人員應有的應變態度

面對極端氣候的衝擊，本軍氣象人員開始「調適」可能是不得不選擇的一條路，除了消極配合國家政策之節能減碳與綠化環境等措施外，更該有積極的應變處置作為。氣象人員應先期掌握極端氣候的特徵與可能衍生的災害外，更應著手進行因應措施，於執行任務時才能順利完成各項的戰演訓任務。以下就我氣象人員應有的應變態度提出五點說明：

7.1 增進長期天氣預報能力

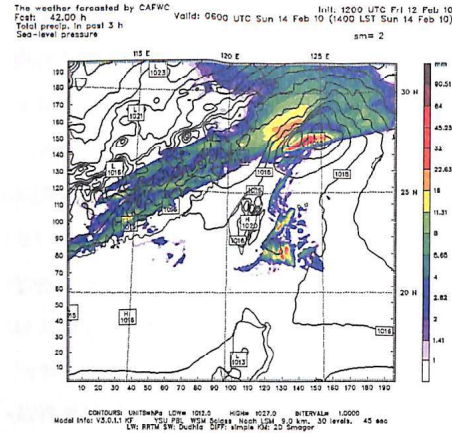
對於極端氣候的先期掌握，應善加利用數值預報模式，以增進長期天氣的預報能力。我氣象人員積極建置數值天氣預報模式，除了提供快速而有效的天氣預報資料服務，並期盼藉由資訊的整合，將天氣資訊適時的提供予相關作業單位參考運用，藉以提

升飛航安全。透過高解析度的數值模式，有效掌握及預報海上中尺度對流系統的發展，並對雷暴及豪大雨等現象提出足夠之預報時間減少災害，進而有效維護台灣海空域之戰演訓期間之飛航安全。

為此，配合本聯隊「劇烈天氣監測暨整合系統」案第一階段作業，空軍氣象中心於97年10月架設完成104 nodes之「叢集式個人電腦」(PC Cluster)與WRF數值預報模式之建置。模式初始場為NCEP GFS，解析度0.5度；每日積分4次，預報時間48小時，預報間隔3小時，每次積分耗時1.5時(如圖6)。系統測試迄今運作良好，並已納入氣象中心正式預報服務作業。另為強化數值模式對劇烈天氣系統、綜觀尺度系統與中長期預報之預報度，氣象中心亦積極協調，預劃於調整相關模式設定後，積極爭取加入中央氣象局、台灣大學、台灣師範大學與中央大學合作之「東南亞中尺度系集預報」(MEFSEA, Mesoscale Ensemble Forecast for South-East Asia)之研究團隊，現已進入技術整合階段。

7.2 運用氣象輔助觀測裝備

我氣象人員應強化善用氣象輔助觀測裝備，靈活且有效掌握極端氣候的變化訊號。例如在颱風季，我氣象人員肩負的任務便是提供颱風的強風及豪雨的預測，以達到預警的功效，減少災害的發生。一般而言，當颱風尚未影響台灣前，氣象人員雖然可以運用數值模式計算的結果，先期預警颱風的路徑

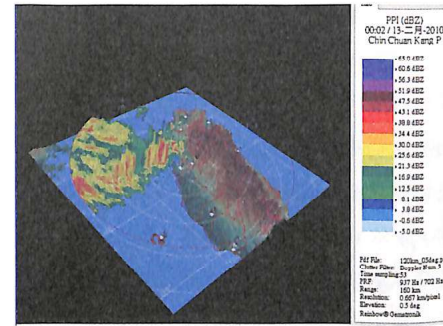


(圖6)空軍氣象中心WRF模式預測之48小時海平面氣壓及3小時累積雨量。初始場為99年2月12日12Z之NCEP GFS，水平解析度9公里，垂直30層，積雲參數化為Kain-Fritsch。

、結構強弱的變化，但受限於廣大洋面上缺乏氣象觀測資料的提供，導致風力及降雨量的觀測無法有效的掌握。因此，在短期守視作業上，因應颱風終究來自於海上，利用衛星資料先期守視颱風動向與強度變化，當颱風暴風圈逐漸接近陸地時，再由岸邊的雷達資料、台灣本島及周遭島嶼的氣象觀測資料獲得進一步的颱風資訊；長距離守視作業是利用衛星資料，短距離守視作業則是利用雷達資料的特性，以有效避免災害發生。

鑑於各國研究均證實，雙偏極化雷達之卓越功能與預期成效，氣象聯隊基於危害性天氣之監測與預警效果，及改善機場短時天氣預報品質，於2008年底完成清泉崗及馬公二座新一代雙偏極化C波段都卜勒氣象雷

達，其為目前全國最先進之氣象雷達系統(如圖7)。



(圖7)2010年2月13日0002Z清泉崗雷達回波場垂直剖面。

除具備舊有雷達功能外，雙偏極化雷達系統上可辨識大氣中不同水/冰相粒子、判別降水強度與水粒子粒徑分布，並合理濾除海洋、地形等非氣象雜波與干擾，對劇烈天氣之掌握與短時預報準確度之增進有莫大助益；透過觀測的掃描產品，亦可即時回饋我飛行任務執行時所需的各項雲物理參數解析診斷，為國內氣象作業開闢下一代氣象雷達應用新紀元。本聯隊亦將與國內外氣象學界、氣象局、水利單位合作，利用雙偏極化之潛在能力，針對劇烈降雨估算與預報、偵測冰雹、大氣中水象粒子之分辨及改善雷達資料品質等議題，共同研討與努力。

7.3 建置有效監測作業能量

面對未來多元化之氣象服務，氣象聯隊應與民間學界、氣象與防(救)災單位建立對等之溝通管道。在不觸犯國軍安全機密的各前提下，除了資源與學術交流外，更應多方



(圖8)2008年西南氣流實驗期間作者於台中清泉崗機場與參與投落送作業同學合影。



(圖9)2008年西南氣流實驗之先期校驗實驗期間於板橋探空站實施分組討論。

面參與學界及產界之學術研究會，針對氣候與防(救)災等議題上進行交流。以隨時掌握及瞭解各方對於極端氣候議題上的看法，於因應天氣災害事件發生時，才能做出正確且有效的應對之策。

為強化與國內氣象作業界及學術界之交流合作，本聯隊2008年參與由國科會、中央氣象局與台灣大學合作之「西南氣流實驗計畫」及中央大學「東亞季風實驗計畫」等國際大型研究實驗(如圖8、9)；不僅達成各項預期目標，同時亦藉此機會完成各項觀測

設備之效能與精準度校驗，據以調整作業程序與分析研判依據。由於作業支援成效頗受計畫單位好評，2009年氣象聯隊再度受邀參加「西南氣流實驗計畫」與「東亞季風實驗計畫」；除延續過去規模，更有清泉崗、馬公二座雙偏極化都卜勒氣象雷達加入觀測陣容。實驗期間不僅各項觀測資料之即時加入，可增進本聯隊支援各項戰演訓練任務之預報準確度，並能透過實驗過程與中央氣象局進行預報經驗的交換，增進診斷分析能力，以做為後續預報作業調整、裝備系統更新、人員進修規劃之訂定參據；並將實驗結果與經驗納入未來防救災作業之重要參酌情資。

#### 7.4 建置防(救)災預警效益

我氣象人員面對多面向的任務，包含有防(救)災的氣象預警服務。當飛行員在起飛前，從氣象人員所提供的氣象圖表資料及航路危險天氣中，研判噴射氣流和亂流的位置和高度，應迴避亂流區域、航路上雷雨、晴空亂流及結冰區等等危險天氣。必要時應改變其飛行高度，使飛行較為平穩、安全。在濃霧影響的飛航安全上，由氣象單位提供濃霧所引起的低能見度資料，若能見度低於起降天氣標準，將機場給予關閉，等濃霧消散，能見度轉好，開放機場讓飛機起降。因此，本軍各機場皆有其飛行限度之標準，各氣象人員應該有充份之機場天氣預警能力，當因氣象條件有危害飛機起降之疑慮下，皆應主動告知飛行部隊高動督導人員，以避免

危害發生。2009年底並完成氣象中心LEADS系統的建置，該作業系統經測試三個月後，現已正式投入預測報作業行列，其主要效益可供應戰場環境(全球與區域)之氣象諸元量場情資(觀測場及預測場)，並透過人性化界面的圖像顯示(包含亂流、積冰、大風或雷電等發展高度、發生區域以及強度大小等)。在非戰演訓練的任務下，例如水庫進水量資訊的掌握與預警，以執行人工增雨作業(如圖10)。或是機場因風災或水災的預警掌握，提供基地長官在執行人員、飛機疏散轉場或進行飛機綁控等參考依據。



(圖10)2003年3月16日氣象聯隊執行「空中人造雨」高空層雲雲頂噴灑氯化鈉溶液一景。

#### 7.5 精進山區天氣掌握能力

經過2009年八八水災，可以預知未來在執行山區搜救與運補作業上，為國軍重要的支援任務。除此之外，許多高山陣地的存在，長官視導與慰問的任務頻繁，使得山區天氣的掌握實為重要的課題。面對台灣地區多變的山形，且在缺乏山區氣候統計資料與現地觀測裝備的情況下，屢造成飛行員執行

山區任務的困難度。因此，如何運用機動式的氣象觀測裝備以克服困難是相當重要的，氣象中心已於2009年完成測試與建置ESS GEOTAC300機動式LRIT低速率氣象衛星接收系統，其功能可以在戶外接收日本MTSAT影像；Davis Vantage Pro2無線整合氣象站包含一無線整合氣象站(Integrated Sensor Suite, ISS)與一無線氣象資訊台。其為一全自動氣象資料蒐集平台，可於戶外量測並記錄氣壓、氣溫、溼度、風向、風速、雨量等之變化。有了機動式的觀測裝備，及精進我氣象人員於山區氣象之本職學能，便可以於山區進行即時之氣象預測報作業。

面對多元化的服務，空軍氣象中心除了負責綜整國內外氣象情資外，並按時發布氣象觀測與預報，提供本軍及友軍航空氣象服務。本軍與友軍部份軍用機場並設有專業的天氣中心與氣象分隊，負責單一機場之氣象觀測和守視預報作業。面對極端氣候的發生，在完善的架構與資源下，對於氣象資訊的提供，我氣象人員定能接受接踵而來的嚴峻挑戰。

#### 八、結論與建議

2009年印度南部淹大水，接連來襲的颱風，讓馬拉尼拉積水10天不退；南半球的紐西蘭北島，則是降下了25年來最大的一場雪；而在美國的愛達荷州，也是直接跳過秋天，提前降下暴雪；發生在台灣地區的莫拉克颱風一日內降足上千毫米的雨量。世界各地不

斷的傳出因極端氣候所產生的災情。從IPCC的研究報告中，將罪魁禍首指向全球暖化。全球暖化似乎打亂了人類的生活，而造成全球暖化的主因，則又指向全球碳的排放量過高。COP15在哥本哈根，是各國領袖與綠色環保人士坐下來討論與解決與日俱增碳排放量的殿堂。從整體的結果而論，各國在減排與金援無法達成共識下，僅有少部份會員國達成全球暖化控制在2°C以內及部份金援。這樣的結果，很明顯是各國利益與道德相衝突的狀況。未來，各國要如何脫離利益的枷鎖，迎向道德的曙光達成綠色世界的共識需要更多的智慧與協商。

自從西元1903年12月17日萊特兄弟完成人類史上第一次以機械動力飛行之壯舉，緊接著飛機的問世讓時間和空間的距離因此而縮短。至今為止，飛機是日常生活中最重要的交通工具之一。雖然現今飛機本身安全性的提高，但是在離開陸地之後，航行在天空裡所遇到的大氣狀態，有些是具特殊的危險天氣現象，已嚴重威脅今日高性能飛機的飛航安全。尤其本軍多數飛機皆在高速度、高高度的飛行環境下，若有危害航行的天氣產生，往往讓飛行員無法獲得充足的時間依SOP程序來反應與處置，使得災難因此而發生。我氣象人員因應極端氣候頻仍，所衍生成危害航機的氣象因子愈來愈頻繁的情況下，可能因氣象產生的飛安問題就必需加以防範。當然，國軍在執行因極端氣候造成天然災害的特別任務愈來愈頻繁，完整的救災體

系是能夠減少人員傷亡與安定民心的作用。為達成上述的願景，氣象人員的因應作為則必需增進長期天氣預報能力、運用氣象輔助觀測裝備、建置有效監測作業能量、提昇防災救災預警效益及精進山區天氣掌握能力等方面著手，順利遂行各項的戰演訓任務。氣象觀測人員24小時從事機場天氣觀測，堪稱氣象預報作業的先鋒部隊，其責任之重要性應為本軍氣象人員所知悉。對於因全球暖化而導致的極端天氣型態與變化趨勢的認識與瞭解應強化基礎學習，有效靈活運用，建立概念模式，藉以提供關鍵之因應策略，期使日趨嚴重之氣象災害降至最低，以確保飛安、維護戰力。

#### 參考文獻

- 林得恩，2009：誠信、篤實、服務、效能。  
*氣象預報與分析*，200，15-26。
- 林得恩，2008：從全球氣候變遷的角度來看  
 飛航安全的維護。*氣象預報與分析*  
 195，15-26。
- 林得恩，2006：氣候變異對飛航安全的影響。*飛航天氣*，6，15-26。
- 空軍氣象中心，2009：八八水災概述。*月長期天氣預報*，9，18-19。
- 空軍氣象中心，2009：衛星資料在颱風天氣  
 守視之應用。*月長期天氣預報*，10，  
 18-19。
- IPCC, 2007: Climate Change 2007. The  
 Fourth Assessment Report(AR4) of

theUnited Nations Intergovernmental  
 Panel on Climate Change.  
 National Transportation Safety Board, 2006  
 Special Investigation Report on  
 Emergency Medical Services Operations  
 Aviation Special Investigation Report.  
 NTSB/SIR-06/01. Washington, DC.

## The correct attitudes possessed by weather staves after Copenhagen Meeting

De-En Lin, Dong-Zhou Wu, Fang-Wei Li  
*Weather Wing, C.A.F.*

### Abstract

Two main agreements were concluded by a few contracted countries in Copenhagen Meeting: first, to control the temperature increasing due to global warming below 2°C; second, wealthy countries should give poor countries financial assistance about 971 billion NT. to overcome global warming during 2010 to 2012. Severe climates are related to aviation safety closely, to solve this extreme problem effectively, all weather and forecast staves should promote long-period climate forecast ability usefully, keep watch for climate variation by operating proper weather equipments, improve natural calamities precaution benefit more successful, and increase forecast accuracy in mountain area. In addition, we need intensify aviation safety degree to perform all maneuvers and missions completely.

**key word: severe climate、aviation safety、global warming、Copenhagen Meeting**