

交通部中央氣象局
委託研究計畫(期末)成果報告

「臨臺颱風觀測及預報實驗計畫」規劃報告

計畫類別：☒氣象 ☐海象 ☐地震

計畫編號：MOTC-CWB-100-M-06

執行期間：100 年 1 月 1 日至 100 年 12 月 31 日

計畫主持人：周仲島教授

執行機構：國立台灣大學

本成果報告包括以下應繳交之附件(或附錄)：

☒赴國外出差或研習心得報告 1 份

☐赴大陸地區出差或研習心得報告 1 份

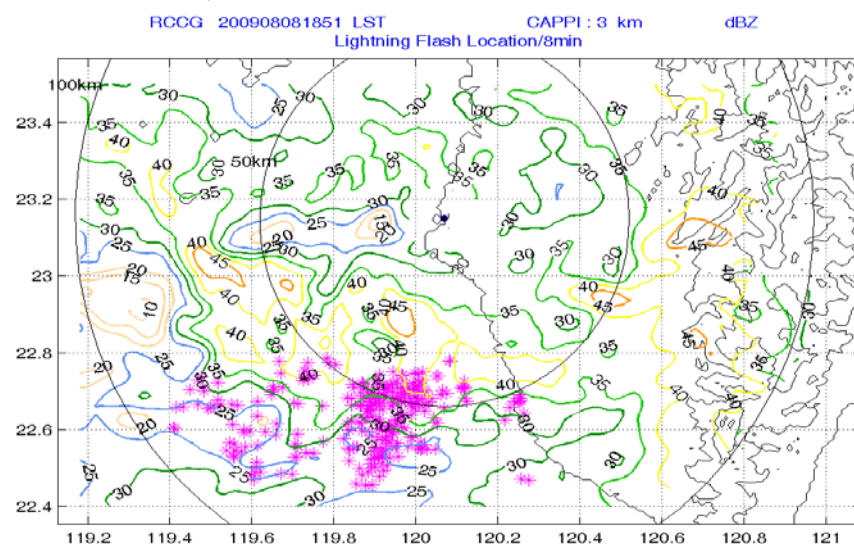
☐出席國際學術會議心得報告及發表之論文各 1 份

中華民國 100 年 11 月 28 日

政府研究計畫(期中/期末)報告摘要資料表

計畫中文名稱	「臨臺颱風觀測及預報實驗計畫」規劃報告		
計畫編號	MOTC-CWB-100-M-06		
主管機關	交通部中央氣象局		
執行機構	國立台灣大學大氣科學系		
年度	100 年度	執行期間	100 年 2 月 11 日至 100 年 12 月 31 日
本期經費 (單位:千元)	920 千元		
執行進度	預定 (%)	實際 (%)	比較 (%)
	100	100	0
經費支用	預定(千元)	實際(千元)	支用率 (%)
	920	850	92%
研究人員	計畫主持人	協同主持人	研究助理
	周仲島		
報告頁數	72	使用語言	中文
中英文關鍵詞	臨臺颱風，颱風路徑、強度、及降雨，觀測與預報實驗，遠距豪雨，國際合作，規劃報告 Typhoon in the vicinity of Taiwan, Typhoon track, intensity, and rainfall, intensive field observations, remote heavy rain events, international collaboration		
研究目的	{臨臺颱風}在此定義為：未來 72 小時內可能影響或侵襲臺灣之颱風。本計畫依據行政院國科會莫拉克颱風科學小組所提「莫拉克颱風科學報告」(2010 年 3 月 24 日出版, 192 頁)的建議，協助中央氣象局提出五年期、大型國際合作之「臨臺颱風觀測及預報實驗計劃」，藉由強化颱風基礎觀測及模擬研究，深入了解：(一)地形對颱風移動速度與深對流發展的影響；(二)颱風與東亞季風跨尺度的交互作用，以及 (三)颱風內部中尺度系統的結構特徵等。藉此提升颱風之路徑、強度、以及降雨量的預報準確度，達到強化防救災能量的最終目標。		
研究成果	未來在規劃和執行颱風導致遠距豪雨實驗計畫，數值模擬扮演非常重要角色。在短期的預測部分，高解析度模式必須正確模擬颱風的路徑和結構（這已經不容易），除此之外，大尺度環流如高		

層槽脊的相位和振幅也必須正確。因此表現良好的全球尺度高解析度模式是必要的，這一部份的工作，熱帶對流年(YOTC)研究計畫在 ECMWF 的支援下，已經展開且有不錯的成果(2010 年由八月到十二月 ECMWF 協助 ITOP 實驗建立一組水平解析度約 16 公里模式分析與預報資料)。這個高解析度的分析預報資料可以做為更高解析中尺度數值模式的初始場和邊界條件，以正確模擬颱風的結構和可能的強度以及降雨分布。臺灣氣象局和颱風研究中心在這方面也有初步成果 可以強化合作 推展研究動能。



(2009 年 8 月 9 日清晨 3 點左右莫拉克颱風於新竹出海後，外圍環流在台南高雄外海形成東西走向持續性劇烈對流雨帶，由海上移入，造成南高屏地區超大豪雨。圖中紫色點為八分鐘累積閃電計數，等值線為七股雷達觀測 3 公里回波強度，單位為 dBZ。)

具體落實應用情形	圖四十七至四十九為本規劃計畫之總結，包括五年計畫之時程規劃 經費預估 以及實驗經費之分類與預估依據。這是最初步之規劃 詳盡細節依據規劃是明年的重點工作項目 譬如舉辦國際研討會 針對這一個議題在國際上尋求支持 並進一步改善內容。颱風相關遠距豪雨科學議題已經被列為 ACTS 年度重點推動計畫 ACTS 將向 APEC 秘書處提出具體方案 爭取經濟體會員國的支持 並申請額外經費補助。為了順利推動 相關聯繫活動將持續推展 包括今年十一月下旬與 NCAR 郭英華博士討論實驗數值模擬相關事宜 十一月下旬大陸氣象局來台參加 海峽兩岸災害性天氣分析與預報研討會 也將藉機討論兩岸氣象界合作颱風觀測之可能性 另外十二月初 NCAR JIM MOORE 先生和李文兆博士來中心訪問 也將討論颱風觀測飛機派遣的問題 以及多架飛機同時觀測應該注意事項。 本計畫順利推動 除了感謝許多國內學者提供建議以及部分圖表外，更要感謝許多關心台灣颱風議題的國際學者意見之提供，包括 Russ Elsberry, Robert A Houze Jr., Jim Moore, Frank Marks, Jeff Kepert, Jiann-Guo Jiing, Wen-Chau Lee, Hiroshi Uyeda, Bill Kuo, Dong-In Lee, and many others. 國內除了氣象局提供寶貴資料外 學者李清勝 郭鴻基 吳俊傑 林博雄 林淑華 廖宇慶 陳台琦 林沛練 楊明仁 簡芳菁 王重傑劉清煌等提供資料 也在此感謝。颱風導致的遠距豪雨作為本實驗計畫之主要科學議題是由 Russ Elsberry 教授提出的，這個議題對於長期關切台灣天氣的學者而言，是非常熟悉的，西南氣流實驗(也稱追雨實驗)所關切的議題也與此有關。其實這個科學議題和整個政府關心的防災業務也是不謀而合。今年十一月中在台灣東南縣市降雨異常 成功氣象站十一月累積降雨是氣候值(1980~2010)的五倍 台東則達四倍 顯見降雨異常情形 而這些超多的降雨和南中國海持續發展範圍廣大的熱帶低壓擾動有非常密切的關係 這些範圍廣大之熱帶低壓擾動 不僅僅造成台灣東南部超大豪雨 對於越南 泰國 菲律賓 柬埔寨 寮國 中國華南地區 都受到重大影響 造成廣大地區的洪災以及土石流災害 然而從颱風角度而言 這些豪雨事件的發生和颱風警報皆無直接關聯 因此當地報紙有”怪雨”成災的說法。海峽兩岸都遇到類似問題 大陸也針對類似科學議題 近年來大力提升華南華中的暴雨監測能力 (見圖五十)。
計畫變更說明	無

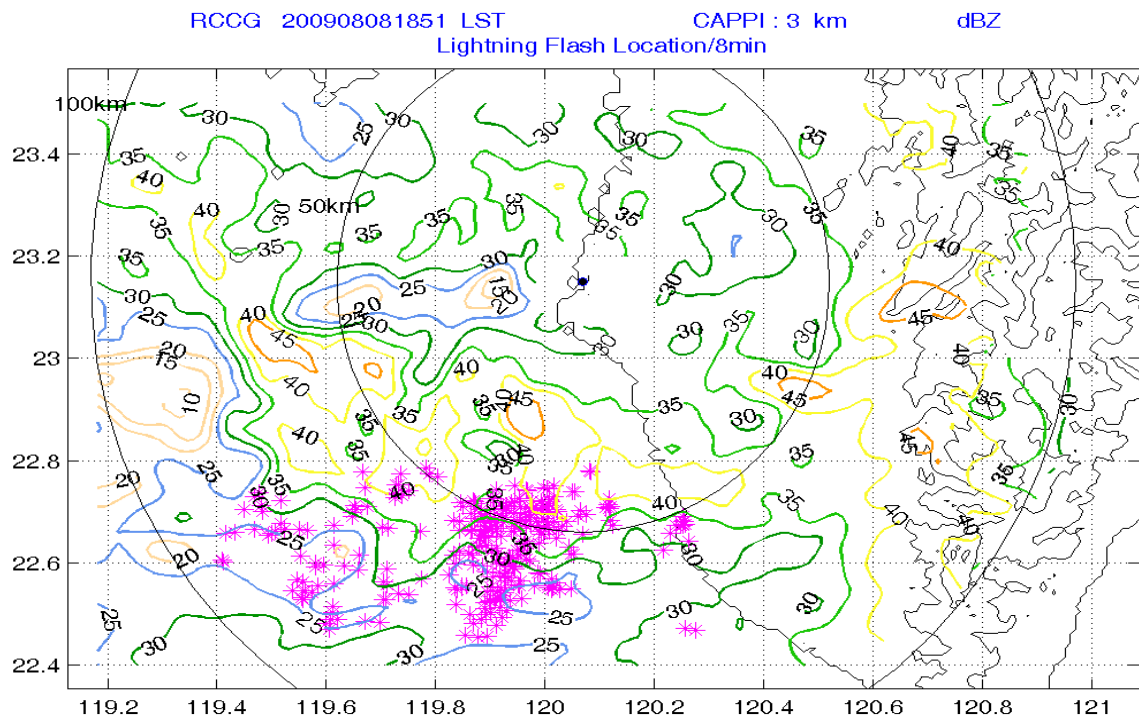
落後原因	無
檢討與建議 (變更或落後 之因應對策)	無

(以下接全文報告)

委託單位：交通部中央氣象局

「臨臺颱風觀測及預報實驗計畫」規劃報告

期末報告



(2009 年 8 月 9 日清晨 3 點左右莫拉克颱風於新竹出海後，外圍環流在台南高雄外海形成東西走向持續性劇烈對流雨帶，由海上移入，造成南高屏地區超大豪雨。圖中紫色點為八分鐘累積閃電計數，等值線為七股雷達觀測 3 公里回波強度，單位為 dBZ。)

計畫主持人：周仲島 教授

國立台灣大學大氣科學系

中華民國一〇〇年十二月

報告摘要

{臨臺颱風}在此定義為：未來 72 小時內可能影響或侵襲臺灣之颱風。本計畫依據行政院國科會莫拉克颱風科學小組所提「莫拉克颱風科學報告」（2010 年 3 月 24 日出版，192 頁）的建議，協助中央氣象局提出五年期、大型國際合作之「臨臺颱風觀測及預報實驗計劃」，藉由強化颱風基礎觀測及模擬研究，深入了解：（一）地形對颱風移動速度與深對流發展的影響；（二）颱風與東亞季風跨尺度的交互作用，以及（三）颱風內部中尺度系統的結構特徵等。藉此提升颱風之路徑、強度、以及降雨量的預報準確度，達到強化防救災能量的最終目標。

本計劃預定提出具體的計劃書草案，內容包括計劃目標、科學議題、實驗範圍及項目、國際合作、人力配置、以及實驗時程與進度等進行規劃，並評估實驗所需各項委辦費用。

本報告將針對今年三月到十一月所進行之工作項目逐一說明，其中包括藉由參加日本名古屋『中尺度對流系統國際研討會』，韓國漢城『颱風豪雨觀測實驗規劃研討會』，中國北京『熱帶對流年和亞洲季風年聯合科學研討會』，以及菲律賓宿霧『颱風豪雨與災害管理研討會』等國際會議的機會，和各國專家研討颱風實驗計畫之科學議題和實驗項目，並針對國際合作的可能性交換意見。同年四月份藉由 APEC 颱風與社會研究中心(ACTS)舉辦年度『APEC 颱風科學研討會(APTS)』和六月份台灣颱風洪水研究中心(TTFRI)舉辦的『颱風洪水國際研討會』之便，邀請部分與會專家參加本計劃舉辦的『機載氣象觀測在亞太地區進行實驗的可行性座談會』。

七月份訪問 UCLA 大氣系，九月初訪問舊金山參加 APEC ISTWG 會議，和學者以及各國代表進行意見交流。九月下旬訪問菲律賓氣象局，藉出席 ACTS 馬尼拉辦公室成立，討論兩國颱風合作研究之可行性。十月中訪問北京，參加{世界氣象組織}季風暴雨觀測實驗研討會，和與會代表交流意見。十一月初訪問夏威夷檀香山，參加 APEC 氣候中心舉辦的氣候研討會，十一月中在 ACTS 會議室邀請美國海軍颱風專家 Russ Elsberry 博士和國內學者交流討論颱風之遠距豪雨相關科學議題，也是本計畫規劃之臨臺颱風觀測實驗的主軸。十一月下旬與 Jim Moore 和李文兆博士討論實驗飛機觀測相關事宜，並且經由海峽兩岸災害性天氣分析與預報研討會，討論兩岸氣象界合作觀測颱風之可能性。

最後，本報告亦針對颱風實驗之目標、科學議題等規劃結果，以及實驗所需要之各項委辦費用予以整理說明。

關鍵詞：臨臺颱風，颱風路徑、強度、及降雨，觀測與預報實驗，遠距豪雨，國際合作，規劃報告。

Abstract

Rainfall associated with typhoons in the vicinity of Taiwan (defined as those typhoons possibly affect Taiwan in the next 72 hours) is the most important resource of water to the area. Nevertheless, on the other hand, they may also produce tremendous disasters in the area due to the torrential rainfall. Improving the capability of quantitative precipitation forecasting (QPF) is one of the most important tasks for a better disaster management.

It is found that heavy rain events that affect countries in East Asia is the direct typhoon-related rain that is associated with the landfall. Much research has been focused on the rainfall because of the flooding and land slides that may occur and cause great damage and economic impacts. However, heavy rain events also occur that are remote from the storm, but are directly tied to the existence, track, and structure of the storm. These remote heavy rain events may exist both pole-ward and equator-ward of the typhoon position, and thus affect the countries all along the western North Pacific rim. Similar remote rain events associated with Atlantic hurricanes, called as Predecessor Rain Events (PRE) are also identified by Canada and USA scientists and are under intensive studies.

A multi-agency international field program for intensive observations of typhoons in the vicinity of Taiwan is proposed. The ultimate goal of the field program is looking forward to a more accurate quantitative rainfall prediction. It will be a 5 year project. The purpose of this project is to identify the scientific objectives, the field observation design, the instrumentation deployment plan, the man power, the schedule, and the budget involved in the proposed field program. This is first stage final report of this proposed project. The goal and scientific objectives are proposed and preliminary field experiment design is also suggested for further discussion. International collaboration is expected especially the South East Asia member economies of APEC.

Keywords: Typhoon in the vicinity of Taiwan, Typhoon track, intensity, and rainfall, intensive field observations, remote heavy rain events, international collaboration.

目 錄

頁 次

中文摘要·····	1
英文摘要 (Abstract)·····	3
目錄·····	4
一、計畫緣由與目的·····	2
二、背景資料說明·····	7
三、計劃執行過程(三月至六月) ·····	10
四、計劃執行過程(七月至十一月)·····	14
五、實驗規劃結果·····	19
六、總結與致謝·····	22
七、參考文獻·····	23
八、圖·····	26
九、出國報告·····	51

一、計畫緣由與目的

每年臨臺的颱風是臺灣夏季主要的水資源來源，但同時也可能導致嚴重社會和經濟損失。中央氣象局為提供防救災權責機關及時動員的合理而有效的雨量預報資訊，擬提出五年期、大型國際合作之「臨臺颱風觀測及預報實驗計畫」，藉由強化颱風基礎監測及模擬研究，深入了解台灣地形對颱風移行速度與深對流發展的影響，颱風與東亞季風跨尺度的交互作用，以及颱風內部中尺度系統的結構特徵等，以提升颱風之路徑、強度和降雨量的預報準確度，達到強化防救災能量的最終目的。

本計畫將針對「臨臺颱風觀測及預報實驗計畫」提出具體的計畫書草案，內容包括：計畫目標、科學議題、實驗範圍及項目、國際合作、人力配置、以及實驗時程與進度等進行規劃，並評估實驗所需各項委辦費用。

依據「莫拉克颱風科學報告」（行政院國科會莫拉克颱風科學小組，2010年3月24日，192頁）的序言指出

1. 莫拉克颱風降雨現象的特徵與本質，說明了臺灣颱風問題的獨特性，如颱風和東亞季風跨尺度的交互作用，地形影響移行速度與深對流發展，颱風內部中尺度系統的形成等，都是臺灣大氣科學界在學理與預報方面必須努力的方向。
2. 應強化颱風基礎觀測系統與發展具關鍵性之前瞻科技，如海上飛機觀測、資料同化、以及模式改善等。

本研究就是中央氣象局在此需求下，委辦之計畫。颱風預報問題變化多端，最重要者包括鄰近台灣之

(一) 颱風路徑：影響颱風路徑之物理過程以及現有預報瓶頸

(二) 颱風強度：海溫 內核結構 環境（垂直風切）等因素

(三) 登陸颱風之風雨分布：強度（風力分布）、大小（範圍）、結構（鬆散緊密）、地形（獨立或帶狀）、環境（遠距豪雨）等因素

實驗設計內容應針對(一)實驗目標及範圍、研究項目及經費需求，(二)國內外各單位合作意願調查、委辦項目及預估金額，以及(三)實驗計畫時程與進度和人力配置進行規劃。本實驗規劃內容包括未來大型國際合作觀測計畫之可行性評估。擬結合國內外之觀測儀器，針對臨臺颱風進行整合性觀測（諸如飛機穿越颱風所得之實測氣壓、溫溼度及風速、機載雷達進行整體性颱風對流雲系內及外部環流暴雨生成過程之觀測、洋面風速分布、洋面下海洋之邊界層觀測、以及投落送觀測等），配合氣象衛星所反演之水氣及液態水含量估計值等觀測資料，以監測臨臺颱風結構（大小）、移動路徑以及其強度變化等，並利用高解析度模式進行颱風之路徑、強度、以及降雨量之資料同化與預報，期能增進中央氣象局對臨臺颱風雨量預報之合理性。

本計畫成果及預期效益：

(一) 完成「臨臺颱風觀測及預報實驗計畫」之計畫書草案，為本計畫主要成果。

(二) 預期效益包括：

(1)「臨臺颱風觀測及預報實驗計畫」之執行，將可提升 0 至 72 小時颱風之路徑、強度預報之合理性，進而強化颱風影響臺灣期間之降雨量預報能力。能較目前提早 6 小時發布更實用之降雨預報訊息，全國各級防救災機關能更及時動員，以有效降低臨臺颱風對人民生命財產之威脅。

(2)「臨臺颱風觀測及預報實驗計畫」之提出與執行，可強化我國颱風學術基礎研究和預報作業之能量，提升我國國際能見度。

(3) 增進臨臺颱風雨量預報之合理性，供防救災權責機關參用，及時動員以有效降低臨臺颱風對人民生命財產之威脅程度，減少臨臺颱風對國家經建設施之破壞程度。

本計畫執行步驟規劃如下

- 針對颱風觀測及預報進行現況分析，瞭解颱風觀測預報現有之技術瓶頸。
- 實驗計畫目標及範圍、研究或觀測項目及經費需求
- 國內外單位合作意願調查、委辦項目及預估金額規劃。預計邀請參與單位包括國內防救災權責及科研機關，及國外作業及研究單位。本年度計畫執行重點工作為探討國外研究人員和各式儀器來台參與臨臺颱風觀測與預報實驗之可行性。包括氣象飛機，針對即將影響臺灣之颱風進行穿越性偵(觀)測，以近距離方式取得更細緻之颱風內及外部環流立體結構隨時間之變化狀況
- 實驗計畫時程與進度以及人力配置規劃
- 提出完整計畫書

(附註：本報告中熱帶氣旋，颶風，和颱風混著使用，三者的涵義相同。)

二、背景資料說明

美國颶風研究中心(Hurricane Research Division)主任 Frank Marks 馬克博士在最近訪台演講中特別提到，台灣的熱帶氣旋預報問題和美國有很大的差異。美國關切的議題除了颶風路徑之外，最重要的是颶風的強度以及大小。颶風的強度以近中心最大風速來代表，大小顯示暴風半徑的影響範圍，兩者的總和決定風暴潮(storm surge)可能影響的地區、延時、以及湧浪的大小。而在台灣以及鄰近地區由於多山，且受季風(monsoon)的影響，除了路徑之外，豪大雨或暴雨是颶風災害主要的來源。颶風導致之豪雨可以大略分成幾類：颶風主環流導致之豪雨，颶風螺旋雨帶導致之豪雨，颶風環流與台灣地形交互作用產生之豪雨，颶風和東北季風共伴環流之豪雨，以及颶風引進西南氣流之豪雨。不論是哪種性質的豪大雨，其預報特質與科學議題和颶風強度(颶風強度依據 WMO 的規範基本上是以近中心最大風速或是近中心海平面氣壓為依據)的預報是有很大的差距的。這個因素也就是我國在規劃颶風相關研究以及引進美國先進觀測和預報技術，必須要特別仔細考量的地方。

根據氣象局的數據，我國颶風路徑預報準確度，近幾年來已經有長足的進步（見圖一），這個結果和大西洋的狀況非常類似（見圖二），顯示這方面的進步已經到達某種極限。然而，另一方面，不論是颶風強度或是颶風降雨之預報準確度都仍處於一種相當初期的狀況，而且過去二十年幾乎沒有任何明顯的進步。台灣地區從過去經驗到現在（八七水災到八八水災），颶風定量降雨預報問題一直沒有大的改善，這個問題很複雜，不完美的數值模式（對許多動力過程的了解不足）以及海上觀測資料的缺乏應該都是原因。

颶風降雨特性和颶風移動以及垂直風切的關係密切。早期利用衛星就有相當多的研究成果（Rodgers et al. 1994）。近年來 Corbosiero and Molinari (2002) 對熱帶氣旋降雨分布特徵和移動方向以及垂直風切之關係進行整理，結果顯示在熱帶氣旋內核區（距中心 100km 半徑範圍）最大降雨區主要出現在風暴移動方向的前緣或右手側，左後象限降雨強度最弱。他們進一步利用閃電數據探討強對流區（颶風中最主要暴雨區域）出現象限和颶風移動方向以及垂直風切三者間的關聯，結果發現當颶風移動所造成的降雨不對稱和垂直風切所造成的降雨不對稱相互抵觸時，垂直風切具有較大的影響力，強暴雨區主要發生在垂直風切的下風區。Chen et al. (2007) 利用熱帶降雨觀測衛星 (TRMM) 觀測之資料也證實了此結果。周仲島等 (2004) 和 Chan et al. (2004) 利用地基雷達回波資料分析在華南海南和台灣登陸颶風降水不對稱分布特徵時指出，對於登陸颶風而言，登陸本身（包括海陸摩擦差異以及地形等因素）也是引起颶風降水不對稱分布一個重要原因（見圖三和四）。

台灣地區颶風降雨預報利用氣候資料進行預報最早始於王時鼎先生，即所謂颶風氣後模式法。之後，Chang et al. (1993) 以及最近 Lee et al. (2006) 都利用類似的方法，但使用不同年限或密集度的資料，進行颶風降雨氣候預報模式的建

立。對於”行為良好”的颱風，其效果相當顯著。然而，在降雨定量的方面，卻常有明顯低估的情形。Lonfat 等人(2004)利用 TRMM 衛星資料建構全球六大海域之颱風降雨氣候模式，可能是由於 TRMM 降雨雷達波長太短的原因，低層大氣大降雨區低估情形非常顯著，但是此種氣候降雨估計法所提供雨量隨時間變化趨勢，對於登陸颱風的降雨預報確實很有參考價值。由於降雨量的低估在氣候模式經常發生，因此周仲島 (2008)利用雷達回波資料，針對西進颱風進行降雨氣候模式修定的工作。由於雷達觀測屬於遙測資料，可以在颱風尚未登陸前即有相當多的降雨回波資訊可供參考，作為氣候模式降雨量值修訂的依據。由 2005 年泰莉、海棠、和龍王等颱風案例，可以看出雷達資料對於鄰近颱風降雨預報確實有很大的參考價值。

近年來颱風定量降雨預報已經往多動力模式系集預報方向靠近，然而預報結果仍有很多需要進一步改進的空間(見圖五)，尤其是針對下游使用單位的不同需求與防救災應用(見圖六，鄉鎮空間尺度時序變化的雨量強度和這場天氣系統的總雨量)。如何滿足社會的需求，是現今氣象界所有同仁重視的課題。

近年來在台灣和附近海域進行了不少和颱風或是季風降雨有關的觀測實驗。茲簡述如下

1. 1990-93 Tropical Cyclone Motion (TCM-90, TCM-93)，這是由美國海軍所推動的熱帶氣旋運動實驗，台灣當時也有參與，配合加放探空，實驗主要負責人為 NPS 的 Russ Elsberry 教授。2008 年 T-PARC 實驗美國海軍負責人 Pat Harr 的博士論文，就是利用這個實驗資料完成的。Pat Harr 博士在 1993 年熱帶氣旋移動實驗中，針對歐菲莉颱風的生成過程進行一連串的研究 (Harr and Elsberry 1996a)。在他的研究中指出，長生命期中尺度渦旋經常伴隨熱帶中尺度對流系統，有可能會導致熱帶氣旋的生成。主要機制是透過 Emanuel 教授所提出的加強潛熱和可感熱通量，此一加強來自於中尺度渦旋的加強，導因於低層輻合的加強 (所謂拉伸效應)。
2. 2008 T-PARC (THORPEX-Pacific Area Regional Campaign)，這是 2008 年配合美歐等國共同推動的 THORPEX 實驗，特別在西北太平洋進行的區域觀測實驗，重點在觀測通過轉折點後颱風(熱帶氣旋)變性成為溫帶氣旋的物理動力過程(Extratropical Transition: ET)。後來，美國海軍研究單位和台灣的追風計畫團隊也加入，針對西北太平洋颱風路徑發展和生成問題(Tropical Cyclogenesis)進行飛機觀測探討。這個實驗部分成果可參考美國氣象學會期刊 Monthly Weather Review 的特刊(見圖七)。吳俊傑等(例如 Wu et al. 2009)有一系列的論文在闡述如何有效利用飛機投落送資料以同化方式改進模式在颱風路徑預報上的準確度。
3. 2010 ITOP (Interaction of Typhoon and Ocean Program)，這是美國海洋學界在西北太平洋尤其是東菲律賓海，利用飛機投落海洋儀器以及海洋船進行海上觀測，探討颱風和海洋交互作用的過程，瞭解颱風強度變化和

海溫的關係。台灣的追風團隊也加入該實驗計畫(TCS-10)，進行颱風結構的資料收集與分析。(參與資料收集之海陸空儀器設備請參考圖八，由NOAA 提供)

4. China, 973 program of Typhoon, 這是由中國科技部資助的科技計畫，由中國國家氣象中心端義宏主任擔任首席科學家，主要是針對登陸颱風的風雨預報進行研究。在這個計畫支持下，中國氣象局也第一次進行了機載投落探空的試驗性觀測，目標就是對我影響深遠的莫拉克颱風，投擲地點在廣東福建沿海總共投擲將近 20 顆，成效不錯。大陸在這方面已經急起直追，假以時日，相信會有不錯的成績。
5. Taiwan 2008-2012 SoWMEX/TiMREX 這是由台灣學界和中央氣象局一起推動的西南氣流觀測實驗計畫，美國 NCAR-SPOL (S 波段雙偏極化雷達) 的加入，讓此計畫廣受注意。再加上日本、韓國、以及加拿大氣象學界的參與，使得該計畫如虎添翼。該計畫的重點在進行季風環境下(西南季風)，降雨系統的環境特徵(機載投落送南海北部的觀測)(見圖九)，以及降雨系統的物理過程，尤其是造成豪雨的降雨動力過程，同時也探討台灣南部地形對豪大雨降雨系統的影響等(雷達方面的儀器配置，見圖十)。類似的實驗現在也是日本、韓國、和中國大陸群起效尤的對象，中國大陸在科技部的支持下(973 暴雨研究)，預定在最近規劃於華南地區進行一系列暴雨觀測實驗，尤其著重在持續性大暴雨之天氣系統的了解。

三、計畫執行過程（三月至六月）

在過去四個月，藉由參加國際研討會之便，針對本計畫規劃事項進行了多次會商和國際友人交換意見，並舉辦氣象飛機在亞洲進行颱風觀測的座談會(今年四月10日)，收集許多相關資訊提供規劃使用。在此一一予以說明。

今年三月3-7日藉著前往華盛頓DC開會之便，順道拜訪美國NOAA/NCEP主任烏路(Louis Uccellini)博士(感謝NCAR郭英華博士的協助安排)。烏路博士剛剛被選上美國氣象學會理事長，烏路博士負責全美國環境預報中心群(National Centers for Environmental Prediction: NCEP)，是一位相當有經驗的天氣動力學專家。我們針對台灣關切的豪大雨定量降雨預報進行意見交換，烏路博士對於正在發展中的〈福衛七號衛星計畫〉在未來天氣預報中可能扮演的重要腳色特別感興趣。之後參觀氣候預報中心(CDC)與楊松博士以及包霍爾博士(Dr. William Bolhofer 負責NOAA國際事務)進行討論(圖十一)，他們特別提出季風和熱帶氣旋交互作用的問題，以及進行展期預報(10天到兩星期)的可行性。這個問題是未來必須正視的問題，尤其是考量麥基振盪(Madden-Julian Oscillation, MJO)的角色。另外一方面也值得一提，美國氣象學會正式邀請我中華民國氣象學會於明年美國氣象學會年會中共同主辦亞洲衛星研討會，此一工作正由學會學術委員會推動中。

之後，由DC直接前往日本名古屋大學參加Hiroshi Uyeda上田博教授主持的中尺度對流系統(MCS)和高衝擊天氣國際學術研討會，會中共有美、日、韓、中、台超過百位學者與會，我是大會邀請報告，針對雷達觀測颱風的一些中尺度特徵進行演講，也即席和與會者討論颱風伴隨之MCS和豪雨的關係，其中部分學者對於地形扮演的角色特別有興趣。與會者對於未來共同進行颱風實驗頗有共識，圖十二為研討會開幕式時日本名古屋大學上田博教授演講情形。

此次臨臺颱風觀測及預報實驗初步規畫以改善定量降雨預報為主，因此特別藉著亞太經合會(APEC)颱風與社會研究中心(ACTS)舉辦APEC颱風科學研討會(APTS)之際，邀集美國和澳大利亞科學家與我國學者特別針對飛機觀測颱風部分進行座談。

圖十三到圖二十四是當時相關研討會重點摘錄以及參與報告同仁提出的重點。主要結論有：(一)颱風導致之遠距豪雨(remote heavy rain event)事件是一個非常值得注意的問題，過去不但在基礎研究上著力不夠之外，在預報作業上更是近年遇到的大問題，嚴重影響台灣的莫拉克颱風就是最典型案例；(二)氣象飛機觀測對於颱風的監測是非常必要的，尤其是能穿越颱風內部的氣象飛機，在未來實驗中是必備的觀測儀器；(三)相關科學議題非常的多，尤其是颱風和環境的交互作用，如季風環境，更多科學的探討是非常必要的；(四)數值模擬研究是非常重要的，也是颱風預報最重要的工具，透過實驗數據收集改善模式，使模擬準確度提升，是實驗計畫必須包括的重要部分。之後四月11-13日在ACTS舉辦的APTS會議中也有許多討論，包括投落送、密集觀測、以及遠距豪雨等。另外，在

ACTS-SAC(科學顧問委員會)和 ACTS-SC(指導委員會)會議中都特別提及環太平洋國家合作颱風監測工作之可能性,除了飛機投落送針對環境資料的收集外,也希望能整合各國雷達觀測資料,建立亞洲雷達網,監測接近登陸之颱風的路徑、強度、結構、以及降雨的特徵,對於短期颱風風雨預報將有突破性的功效。五月16-20日在中國北京參與熱帶對流年和第八次亞洲季風年(YOTC and 8th AMY)研討會,除了報告我國執行西南季風實驗的科學成果外,並與大陸學者端義宏、張慶紅、以及潘華露等針對未來颱風研究,尤其是在數值模擬與預測部分進行討論。

之後,在菲律賓宿霧,藉 ACTS 第一次訓練課程研討會,與美日學者進行磋商,討論所謂颱風導致之遠距豪雨實驗計畫的可能內涵。討論人員有 Russ Elsberry, Hiroshi Uyeda, 韓國李東英教授(Dong-In Lee)的學生。(這一部分討論重點將在第五節呈現)。

六月23-24日在台大集思會議中心國際會議廳,台灣颱風洪水研究中心(TTFRI)舉辦第一屆颱風洪水研討會,邀請 HRD 主任 Dr. Frank Marks 報告過去幾年美國在颱風方面的研究努力,馬克博士也指出美國的重點和台灣確實不同,美國重視路徑和強度之預報。依據 CSU 教授 Dr. Richard Johnson 研究結果顯示(Schumacher and Johnson 2006),1999- 2003 五年資料美國東部地區(以落磯山脈為界)184 個毫米大雨個案,其中由颱風造成僅佔 9%,由 MCS 造成的佔 66%,由綜觀天氣系統(鋒面等)造成的有 25%。這個分配相當有趣,也可以說明美國颱風研究之所以較為侷限的原因。我們和美國學習反倒是應該多學習認識 MCS 的特徵,當然美國是在大陸且較高緯度發展的 MCS,斜壓大氣下垂直風切常扮演重要角色,而在副熱帶或是熱帶地區水氣的角色更需要探討(水的科學再恰當不過),包括凝結潛熱釋放的分布以及環境的反應特徵。

另一方面,UCLA 教授 Dr. Robert Fovell 討論物理過程如何影響颱風的路徑、颱風的結構、以及颱風的強度。其研究結果指出;不論初始場結構為何(以阮肯渦旋 Rankine Vortex 為例),只要模式的物理過程不變,經過一段時間積分,模式內的颱風風場結構(對稱分量切線風)都趨近於相似。此研究結果顯示不論初始資料為何,模式結果由非絕熱加熱分布控制,因此,系集預報的結果是由非絕熱加熱過程控制而非初始資料,這個結論實在很震撼。Fovell 教授呼籲要盡量收集不同特徵颱風不同位置的非絕熱加熱特徵,做為未來分析比對依據。這個研究結果引起很大爭議。原因是假如這個理論是對的,模式物理一旦固定,不論你如何變換初始條件,計算結果趨於一個平衡解。這和我們的日常觀測結果有很大的差異,有待進一步澄清。

[颱風遠距豪雨實驗規劃第一次討論會]會議摘要

Russ Elsberry 教授 5 月下旬在菲律賓宿霧參加 ACTS 的訓練課程時,與本人還有日本教授 Hiroshi Uyeda 博士共同商討未來 ACTS 的研究計畫,特別提到颱風導致

的遠距豪雨是一個很值得研究的課題。在美加地區也稱之為熱帶氣旋導致的前置降雨事件：遠距(遙地)豪雨 (Schumacher et al. 2011)。

颱風導致的遠距豪雨在台灣以下列兩種最為常見：(一)颱風引進西南氣流之豪雨事件，莫拉克颱風(88 水災)-2009 (圖二十五)，海棠颱風-2005，敏督利颱風-2004 等；和(二)東北季風與颱風共伴豪雨事件：梅姬颱風-2010 (圖二十六)，象神颱風-2000，琳恩颱風-1987 等。上面所列的案例，都在台灣不同的地區產生超大豪雨，造成重大的災情。還有另外一種是外圍雨帶與地形交互作用產生，如米雷颱風-2011 在台灣東邊外海 650 公里海面上通過(圖二十七)，但是在台灣北部地區形成一中尺度對流系統(圖二十八)，維持生命期達 10 小時，陸地降雨雖然不多，但是雷達觀測確說明主要最大降雨在海上。這些豪雨系統都和颱風環流與地形或環境交互作用形成中尺度對流系統形成超大暴雨有關。

中尺度對流系統在熱帶風暴形成扮演重要角色，Pat Harr 博士在 1993 年熱帶氣旋移動實驗中 (Harr and Elsberry 1996b)，針對歐菲莉颱風的生成過程進行一連串的研究，在他的研究中指出 長生命期中尺度渦旋，經常伴隨熱帶中尺度對流系統，有可能會導致熱帶氣旋的生成，主要機制是透過加強潛熱和可感熱通量，此一加強來自於中尺度渦旋的加強，導因於低層輻合的加強 (所謂拉伸效應)。Ritchie and Holland (1993)以及 Chen and Frank (1993)也提出鄰近渦旋之間透過渦旋交互作用，有可能生成熱帶氣旋的理論。熱帶氣旋導致之遠距豪雨和中尺度對流系統的生成和維持有非常大的關係，Houze (2010)在 MWR 的回顧論文中有很好的整理。

雖然已經有非常多的例子，指出我們亞洲地區尤其是西北太平洋颱風導致的豪大雨才是我們的主要災害來源，然而過去颱風(熱帶氣旋)的研究主要重點都放在路徑上或是旋生的問題上，鮮少針對雨量尤其是強降雨進行密集觀測實驗。

對於颱風中心附近的降雨特性，近年來有許多突破性的進展，包括主要強對流集中的傾斜眼牆，緊鄰眼牆區的無回波或弱回波區，再向外是與渦旋羅士比波有關的內螺旋雨帶，以及慣性重力波有關的外螺旋雨帶，這些雨帶的特徵和颱風的移動以及所在環境的垂直風切強弱有很大的關係 (Wang et al. 2008)。然而，颱風導致的遠距豪雨，其發生不僅僅和颱風結構有關，也同時和當時的環境有很大的關係。同樣是季風環伺，有時候會有豪雨，有時候沒有，有時候豪雨又超強超持久，颱風如何和環境共舞，不同結構颱風共舞的方式有何差異等，這些都是非常值得進一步探索的颱風課題。

颱風導致之遠距豪雨有關的科學議題包括：颱風的路徑和結構(範圍大小)、中緯度槽線的路徑和振幅、以及一些特殊且預先存在(或是被颱風所引發的；如海氣交互作用等)會造成豪雨的環境條件。中國氣象科學院前院長陳聯壽教授曾經針對中國大陸地區颱風導致的遠距暴雨進行研究，發現和中緯度槽線交互作用是主因，而地形有調節和強化的作用。釜慶國家大學李東英教授則發現韓國的颱風遠距豪雨是颱風環流和羌麥鋒(Changma)交互作用的結果。日本地區也經常經歷颱風導致的遠距豪雨，颱風桑美從台灣北部海面通過，但是日本本島卻遭受豪雨侵

襲，就是一個活生生的案例。

颱風導致的遠距豪雨可以在颱風北側(pole-ward)發生，也可以是在颱風南側(equator-ward)，因此影響的層面很廣。在某些環境條件下，遠距豪雨有時甚至會在颱風北側因為集中降雨和潛熱釋放持久集中，而產生溫帶變性(與減弱颱風無關)，形成溫帶氣旋。在適當環境下，此溫帶氣旋有時會透過羅士比波波導將能量往下游(東)傳播，伴隨的劇烈天氣可能影響範圍甚至到達美洲下游區包括加拿大、美國、和墨西哥。

另一方面，假如地形的上坡運動是颱風導致遠距豪雨或暴雨的原因(例如莫拉克颱風和梅姬颱風)，那麼形成上坡運動的綜合過程也是必須需要充分理解的科學議題。由於有非常眾多的因素影響到這個現象，一個基本的問題必須被討論，那就是這種颱風導致的遠距豪雨之可預報度(Predictability)。根據一些作業之展期系集預報研究結果(Ensemble Prediction System, ECMWF)，現有預報系統對於一些熱帶天氣系統已有 15 天的預報度。本實驗計畫必須探索哪幾種觀測組合、先進的資料同化技術、以及數值模式的改進會達到或巨大化我們想要達到的目標，改進颱風導致之遠距豪雨的預報準確度。

四、計畫執行過程（七月至十一月）

期中報告結束後，計畫主持人利用下半年幾個月，藉由訪問以及參加研討會之便，廣徵意見並伺機說服，希望獲得更多國際友人的支持，也藉此機會傳達我國對於颱風議題努力尋求突破的用心。七月中旬訪問 UCLA 大氣系，和廖國男教授一起共進午餐，並邀請廖院士以 KEYNOTE 身分參加 2012 年 APEC 颱風研討會，並徵詢他對颱風豪雨研究的一些看法。

八月初藉在台北舉辦 AOGS 會議之便，邀集兩岸學者針對颱風和梅雨季風暴雨進行{兩岸氣象合作計畫期中成果研討會}，在台北科技大樓舉辦(圖二十九)。大陸方面有中國科學院大氣物理研究所、北京大學、南京大學、以及上海颱風研究所十數人員參加。對於兩岸氣象合作觀測有很大的迴響，但是受限於討論時間，留待下次計畫期末總結時再深入進行討論。ACTS 也藉 AOGS 會議之便，邀請多位學者討論有關颱風的數值模擬結果，尤其是雲微物理過程對於颱風結構和降雨的直接和間接影響。邀請學者包括：NASA 之施建中博士和陶偉國博士等。本人與陶偉國博士合作，針對莫拉客颱風進行一系列的數值模擬實驗，其中包括模式空間網格解析度、不同物理參數化、地形效應等進行敏感度實驗。結果已發表於 TAO 莫拉客颱風專刊 (Tao et al. 2011)。

九月初訪問舊金山，參加 41 屆 APEC ISTWG 會議，和與會各國代表進行颱風問題意見交流(圖三十)。日本、韓國、中國、美國、越南、馬來西亞、菲律賓、泰國等都相當有興趣，尤其是越南代表，可能是最近颱風對越南影響甚大，比以往更是重視這個議題。不過要他們拿出經費進行科學實驗，確實不容易。

九月下旬訪問菲律賓，科技部(DOST)和氣象局(PAGASA) ACTS 成立馬尼拉辦公室。除了菲律賓科技部部長、兩位次長，以及台灣國科會副主委、兩位處長出席外，並有多位國際媒體以及 APEC 代表出席。顯見菲律賓重視情形(圖三十一)。本人代表 ACTS 贈送禮物給 ACTS 馬尼拉辦公室，並表達強化兩國氣象交流颱風研究合作之重要性，獲得很大迴響。

十月中旬訪問北京，參加由世界氣象組織(WMO)籌劃的季風暴雨觀測實驗規劃研討會(圖三十二)。WMO 代表出席呼籲亞洲季風暴雨對區域社會經濟的影響深遠，各國應加強相關氣象合作，聯合改進預測準確度，這和我們的目標一致。會中與中國國家氣象中心主任段義宏博士、中國氣象科學研究院院長張人禾博士、美國專家學者，包括 CP Chang, Dick Johnson, Robert Fovell, Gabriel Lau 等人交換意見，並巧遇美國海軍研究實驗室負責人張偉正博士和新任副主任崔立博士，針對實驗可行性進行討論，尤其有關未來飛機合作觀測實驗的可行性以及所需要的經費。會後接受嬌梅燕副局長午宴，陪同人員有張人禾院長、喻記新司長、章國才前司長，以及周恆巡視員等。十月下旬菲律賓科技部部長 Eng. Mario Montejo 訪問 ACTS 總部，本中心除報告業務進度外，並與之交換有關雙方針對颱風洪水預測問題合作之構想。部長希望在天氣雷達的原理和應用方面，多一些交流。

十一月初在臺灣舉辦 ACTS 第二次研習會，針對土石流監測預警科技進行研討。

(圖三十三) NOAA 科學家 Dave Jorgensen 博士受邀與會 本人特別與之討論美國 NOAA P3 飛機參與實驗之可行性與經費 JORGENSEN 博士是當年攜帶 P3 飛機到臺灣參加 TAMEX 時實驗的最重要推手 依據他的意見 P3 飛機來臺參與實驗機會很高 經費也不太昂貴 一小時大約是五千美金(與二十年前變化不大) 但不包括科學家人力 另外需要 NOAA 科學家提出申請 不過較困難之處 依據 NOAA 要求 颱風季 該飛機一定要駐紮在大西洋 來臺參與實驗時間要配合才行。(注意 大西洋颱風高鋒期較太平洋為晚) 另外據他透露 美國空軍所使用 C130 飛機穿越颱風 並非特別強化機種 但是飛行員技術必須訓練 而非盲目飛行 這一點值得進一步了解。

十一月中旬 在 ACTS 會議室舉辦 {**颱風之遠距豪雨研討會**} 參與人員包括 周仲島執行長 林淑華博士 美國海軍 Russ Elsberry 博士 中央氣象局葉天降副局長 呂國臣副主任 陳得松 劉志信 台灣大學 吳俊傑主任 賴曉薇博士 中央大學 廖宇慶教授 師範大學 簡芳菁教授等人 (圖三十四)。

研討會內容係針對這幾年颱風和季風交互作用產生豪雨機率大增 例如 2009 年莫拉克颱風 2010 年梅姬颱風 都是很好的例子 如何增進了解 強化預報準確度 進行研討 會議結論為 應該先進行相關個案之預研究 由現有資料中進行了解 類似個案並不局限台灣地區 中國大陸和鄰近國家都有經驗 同時把這個主題列為明年 APEC 颱風研討會的主題之一 邀請各國代表與會 分享心得 會議中 ELSBERRY 博士建議重新命名 類似現象稱之為 Distant rain event (DRE) 遠距降雨事件 (相對颱風中心之雨牆和雨帶而言) 所在位置在颱風暴風半徑之外 距中心常超過千公里。科學議題 離颱風中心千公里 有利環境條件形成豪雨 颱風南側 與西南季風結合 颱風北側 與東北季風結合 與中緯度槽結合 其中水氣來源為最重要議題 以及豪雨激發之中尺度機制等。有興趣參與之美國科學家有 Lance Bosart Richard Johnson Chris Davis Pat Harr Robert Houze 等 ELSBERRY 博士建議結合 APEC 會員國 共同策劃 並積極爭取 APEC 特別經費 五年五十萬美金。依據 ELSBERRY 說法 美國海軍飛機不可飛過 126E 以西 此為中國與美國的對話條件 需要進一步了解。

2011 年 11 月 15 日在 ACTS 9 樓會議室召開

[**颱風遠距豪雨實驗研討會**]會議摘要 (圖三十五)

對於台灣民眾而言,與颱風相關的遠距豪雨事件並不陌生。夏季颱風北抬導致西南氣流引進台灣南部,如 2009 年的莫拉克颱風(Typhoon Morakot)之於中南部;秋季颱風從南部海面通過,與東北季風的共伴效應倒致宜蘭區域豪大雨等,如 2010 年的梅姬颱風(typhoon Megi)和 2011 年的奈格颱風之於宜蘭等,這些豪大降雨皆非直接由颱風暴風範圍所帶來的,但的確與颱風有間接關聯。因此,強降雨並非只發生在颱風暴風半徑之內,另外藉由颱風的強度、路徑與結構等所引導或結合相關氣流,再配合區域地型特徵,所導致的強降雨亦不容忽視,在此統稱為「遠距豪雨事件」(Distant Rain Event, DRE)。

遠距豪雨事件並非是台灣區域獨有的現象，北太平洋沿岸區域的國家皆有，從東南亞國家如菲律賓、馬來西亞、泰國、柬埔寨、寮國、越南等，到東亞的中國、台灣、日本和韓國等，延伸到太平洋西岸美洲的加拿大和美國甚至於墨西哥等國皆遭遇類似的極端降雨事件，且承受著重大的損害。最近在美國和加拿大區域的研究顯示，一個類似於遠距豪雨事件的現象被稱為颶風的前導降雨

(Predecessor Rain Event, PRE)；即在亞洲和北美洲地區，熱帶氣旋北移而變性成為溫帶氣旋中，在特殊情況下，一個反折的風暴可以在 4-5 天之內，沿北美西海岸觸發豪大雨或造成極端高溫事件；其機制如圖三十六。另外，在東南亞國家的例子是當一個北移的強大颶風，往往會拉的長長的季風雨帶，且在跨越菲律賓，馬來西亞，泰國，和越南等國家時，造成巨大災害。

台灣在此研究議題占有許多經驗與優勢，其一遠距豪雨事件的案例許多，無論是颶風的南方、北方或者西方都可能分別與季風或是颶線雷暴系統 (squall line) 相互作用，而在台灣發生強降水事件，並且造成許多損傷；又台灣中央山脈縱列其中，與地形效應產生的極端降水更是引人重視。其二台灣擁有尖端的觀測技術 - DOTSTAR，藉由觀測以了解颶風環流與季風氣流的關係；其三除了進行對遠距豪雨事件的科學了解之外，此事件對社會經濟面向的衝擊亦不容乎視，這也符合與 APEC 颶風與社會研究中心成立的目的。

由於遠距豪雨的現象還無統一的科學定義，目前先列出北美對 PRE 的定義和亞洲學者所遠距豪雨事件的定義。

Galarneau 等(2010)指出北美對 PRE 的定義，在連貫的地區降雨，24 小時內至少有 100 毫米，然而這些區域遠離熱帶氣旋的核心，但仍間接地受到氣旋存在的影響。除此之外，PRE 的特性可由三方面顯示：一、持續時間：一般強降雨發生通常僅持續六小時，然而 PRE 發生平均持續 15 小時；二、距離：PRE 發生位置與熱帶氣旋中心的平均距離為 1000 公里遠；三、遲滯時間：熱帶氣旋中心到達 PRE 初始的緯度位置，中間約有 24-36 小時的延遲時間。PRE 的發生機制與可能發生地點與溫帶氣旋路徑的關係可由圖三十七顯示。

目前科學上對遠距豪雨事件暫訂定義是具有數個特徵，一、距離：遙雨事件並非直接關連颶風暴風圈(約 100 公里以內)所導致的強降雨，可能發生於距離颶風中心數百公里或是 1000 公里外，但卻是與颶風強度、路徑與結構直接相關連；二、交互作用：遙雨事件可能發生原因是颶風與東北季風、夏季季風或中緯度槽線 (trough) 和噴射氣流 (jet stream) 產生交互作用而造成強降水；颶風外圍與中緯度的 jet stream 相互作用導致 Rossby wave trains (or Diabatic Rossby Vortex - DRV)；許多區域又結合地形效應，導致更強的降水。

遠距豪雨事件的科學議題很多，茲舉數例如下。

遠距豪雨事件的水氣通量的水平和垂直結構為何？海氣通量是否有顯著地貢獻濕潤層的垂直結構和水汽通量嗎？

颶風環流與季風氣流的相互作用在遠距豪雨事件所伴演的角色為何？

是否颶風環流與相鄰副熱帶高壓細胞的相互做用會“加快”速度呢？

颱風環流的大小是否有顯著的影響呢？

中緯度槽如何對遠距豪雨事件的位置，規模和時間產生重要的影響？

在什麼條件下，地形對遠距豪雨事件的位置，規模，時機有重要的作用？

在什麼情況下，從颱風的外流與中緯度上層槽或噴射氣流互動中，可增強遠距豪雨事件？是否此增強降水扮演角色於觸發 Rossby wave train，以導致下游的衝擊？

由於遠距豪雨事件的生成原因有許多，其定義與相關機制也已經慢慢地引發注意並且逐步研究當中。如何藉由遠距豪雨事件的鑑定以了解其定義，且探討這些事件的可能機制，並進行實驗以驗證其機制；並進而評估此機制應用於模式和預報的可行性，或是颱風相關研究等。此一連串的問題，任何環節都足以引發許多科學討論，而且影響著未來對極端降雨的預報能力，並極可能減少社會經濟面向的衝擊。台灣在此課題中可扮演何種角色並且貢獻於國際社會呢？

由於台灣的遠距豪雨事件案例有許多，依據產生原因大致可分為三種：一、遠距豪雨事件發生於颱風的南方，並與夏季西南氣流交互作用，如 2011 年的馬鞍颱風(Typhoon Ma-on) (圖三十九至四十二)；二、遠距豪雨事件發生於颱風的北方，與東北季風產生交互作用，如 2010 年的梅姬颱風(typhoon Megi)；三、遠距豪雨事件發生於颱風的西方，與雷暴雨系統(squall line)的交互作用(圖三十八)，如 2008 年的薔蜜颱風(Typhoon Jangmi)等。然而其影響機制皆不盡相同，初期階段，選擇數個台灣的案例進行機制的分析與模擬研究，與釐清上述的科學議題的分析，並助於縮小目標，以利於未來國際間共同合作的依據。

除了進行對遠距豪雨事件的科學了解之外，此事件對社會經濟面向的衝擊亦不容乎視，這也符合與 APEC 颱風與社會研究中心成立的目的。颱風對社會的衝擊可以從多方面來探索 包括公共衛生(疫病傳播感染等) 從農業災害損失到糧食安全 包括淹水洪災之預警 包括坡地災害和預警等 都息息相關 近年來相關衝擊 可能受全球暖化 氣候變遷之影響 相關的災害更是劇烈頻繁 因此對於上游氣象資訊的需求 也就越來越密集 精準。

為了更進一步了解颱風環流外圍系統與季風環流的交互作用，精確的觀測技術可以引入此研究中。目前台灣擁有尖端的觀測技術- DOTSTAR，藉由飛機投遞感應器，已成功應用於颱風結構的監測，並且助益於颱風的路徑與強度的預報。然而這些既有的觀測資料，是否可以提供水汽通量的垂直結構、低層噴流和上游渦位結構等，以了解颱風環流與季風氣流的關係；另外，颱風的東方與東北方的觀測資料是否足以幫助我們了解東北季風結構。

過去的資料分析之外，未來如何運用 DOTSTAR，擴大監測目標，以達到改善遠距豪雨事件的預報。為了改善颱風與東北季風的共伴效應下的遠距豪雨預測，需要由氣塊軌跡計算了解通過颱風的氣流。運用 DOTSTAR 飛機進入颱風的南部和東部沿季風環流到達颱風環流與副熱帶高壓交界，這走廊是水汽通量的主要起源區域，以收集遠距豪雨事件的水氣分布的水平與垂直結構和水氣通量 此資料將可助益於遠距豪雨事件的預測 對於颱風與西南氣流的相互作用所引起的遠距豪雨

事件 也可以用相似方法獲得。

由於此議題影響範圍極廣，亦對人類社會造成重大衝擊。因此，藉由遠距豪雨事件的研究，可開啟與環北太平洋國家的合作研究機會，並且擴大參與從科學面向到社會面向等。例如：在北美洲，目前已經有許多溫帶氣旋及其下游相關衝擊研究團隊和 PRE 研究團隊等，合作研究機會頗高；在亞洲方面，中國的陳聯壽教授已對遠距豪雨事件進行研究，並有許多很好的成果而且發表；另外，韓、日等北太平洋國家有許多科學家也表示對此計畫的興趣。希望經由交換學者機制或是任何途徑與這些學者交流達到合作目的。在東南亞國家方面，可藉由社會經濟衝擊面向的研究進行合作交流，以擴大整體研究的立基點。

綜合五月和十一月兩次研討會討論結果，以及多方訪問討論結果，颱風實驗的初步規劃內容如下章節。

五、實驗規劃結果

[臨臺颱風觀測與預報計畫]初步規劃內容

計劃目標：改善登陸颱風的短期降雨預報和颱風導致之遠距豪雨預報準確度，提供防救災必需之關鍵資訊。

科學議題：登陸臺灣颱風的降雨過程和颱風導致之遠距豪雨的成因

- (一) 颱風中尺度結構特徵以及地形和環境(海洋)的影響；
- (二) 鄰近臺灣颱風特大豪雨系統發生的大氣過程；
- (三) 颱風與東亞季風跨尺度的交互作用；以及
- (四) 颱風導致之遠距豪雨的可預報度。

實驗範圍及項目：初步規劃以東北亞、南海北部、以及東菲律賓海為主要實驗區域(110-145E, 10-40N)。在此廣大範圍內依據不同科學目的需要，設定密集觀測區(Enhanced Observing Area: EOA)(圖四十三)。大範圍區域以作業氣象觀測網為主(包括地面測站、探空測站、雷達站、衛星資料等)，另外以飛機投落送以及船舶海上探空、或是船舶剖風儀為輔。密集觀測區則進行中尺度過程、邊界層過程、降雨過程、地形效應、以及海氣交互作用等為主，所需要的觀測儀器和擺置，端視所在區域特徵和時空解析度需求而定。圖中 EOA-J 和 EOA-P 分別為日本琉球群島與北台灣以及菲律賓呂宋島與南台灣兩個密集觀測區，這兩個地區日本和台灣都曾有研究學者進行颱風或季風之密集觀測。圖四十四為西南氣流實驗在山區國小屋頂所設置的降雨監測超級站。其中有垂直指向雷達偵測降雨詳細過程，甚至可以估計降雨粒徑隨高度變化情形。這樣的設置對於特定大氣物理過程的了解是非常必要的。

國際合作：美國海軍研究院 Russ Elsberry 教授將是主要的科學家，華盛頓大學 Robert Houze 教授，科羅拉多州州立大學 Dick Johnson 教授 Steve Rutledge 教授 Angela Rowe 博士，UCLA Robert Fovell 教授，威斯康辛大學 Allen Huang 研究員，夏威夷大學朱寶信教授 陳宇能教授，NCAR 李文兆博士 郭英華博士 Chris Davis 博士 Jim Moore 先生，NASA 陶偉國博士，施建中博士，HRD Frank Marks，以及香港城市大學陳仲良教授也都表示感興趣。澳大利亞 Jeff Kepert 博士，日本名古屋大學水文大氣研究中心主任和研究員們包括 Hiroshi Uyeda, Kazahira Tsuboki, Taro Shinoda 為主要的科學家，日本 MRI 數值模擬實驗室主任 Teruyuki Kato 也有興趣參加模擬部分，日本國家災害研究中心主任 Maki 博士也表達高度興趣參加 韓國漢城大學、釜慶大學、延世大學等都有意願參與，中國氣象局氣象科學研究院有計畫自行規畫進行相關實驗相互支援(973 項目下)，中科院大氣所 以及 大學部分包括北京大學 南京大學 南京訊息工程大學

(原南京氣象學院) 中山大學 青島海洋大學都有意願參加。上海颱風研究所 香港氣象局 以及 福建 廣東沿海各省也很有意願參加。菲律賓氣象局願意配合實驗需要進行密集觀測和資料收集工作等。

人力配置：國內有意願參予的單位相當踴躍，由這兩次在國內舉辦的研討會可以看出，包括作業單位、各大學、以及研究單位，研究人力已有相當不錯的基本數目，這次實驗正好可以進行職間訓練，強化研究和作業能力。

實驗時程與進度：預定執行五年。2011 年為初期規劃，2012 年為詳細計畫規劃（舉辦實驗規劃國際研討會，針對實驗規劃內容科學目標仔細討論，並尋求國際認同與協助，並規劃 2013 年為實驗先導年，進行先期 Pilot 實驗），2013 年提出完整規劃書並送部送院審查（當年同時進行 Pilot 實驗），預定實施年限 2014- 2018。野外觀測實驗的目標年(Target year)預定在 2014 或 2015 夏天。

實驗所需各項委辦費用預估：這一部分費用的估計必須等較為詳盡的實驗

設計出爐後才有意義。初步規劃參與觀測項目 可大致分成下列幾部分（一）地面氣象站 這是所有氣象觀測的基礎 包括有人氣象站 以及無人自動氣象站 是否須要因應實驗需求而增設地面站 資料傳輸 整理 儲存 是主要經費支出 可以單獨成為一個委辦計畫，（二）加放和增設臨時探空站 這一部分由於牽涉到消耗的探空器材和密集人力 因此需要以一個委辦計畫處理 增設一個站 若同時考慮人力需求 加放一個探空 平均成本約為兩萬新台幣，（三）海洋船及相關觀測儀器 臨近颱風之海氣交互作用至為重要 海洋船觀測不可或缺 這方面可以視參與船舶屬性 多個委辦計畫 譬如 船舶可以來自 臺灣海軍 交通部 農委會 或是國研院海洋科學研究中心 不同屬性 處理方式不同 可以增設之觀測系統也有很大差異 經費需求也有很大差異 西南氣流實驗期間 使用海軍運輸艦做為海上探空平台 光是油料初步估計就要數千萬台幣 經過折衷 後來僅僅以加菜金方式慰勞官兵處理（四）陸地上可移動之觀測儀器 包括車載雙偏極化雷達 垂直指向雷達 雨滴譜儀等精密觀測儀器 也有需要單獨以委辦計畫處理（五）最重要也最昂貴的 應該屬機載觀測儀器 這方面臺灣也已經累積不少經驗 從1987年的臺灣地區中尺度實驗（TAMEX）美國P3飛機的參與 當時我國科學家 整隊前往琉球那霸美軍基地 由當地上機到臺灣來參加飛行觀測 觀測儀器相對複雜 包括一般氣象觀測 雲物理觀測 輻射觀測 以及 都卜勒雷達觀測等 之後 引進澳大利亞無人飛機 aerosonde 進行低空氣象觀測 曾經嘗試飛入颱風 不過最後墜毀。

2003 年後 引進 NCAR 投落送技術 由國人提供飛機（漢翔）執行追風計畫 效果頗為豐碩 不過租借飛機相當昂貴 以小時計 現階段一小時大約 45 萬台幣 DROPSONDE 一個成本約 5 萬台幣 因此一個六小時的任務 加上 20 顆投落送的作業 所需經費大約為 四百萬台幣 假設一個颱風出三次任務 一年五個颱風 預

估經費大約為每年六千萬台幣。

據 Dave Jorgensen 博士告知 P3 飛機租借經費並不特別貴 一小時大約八千美金折合台幣約 25 萬 參與飛行之科學家經費必須另外計算 美國海軍有機載都卜勒雷達裝置在 Electra 飛機上 若是海軍參與 經費可以較省 不過飛機無法飛過東經 126 度（依據 ELSBERRY 的說法）另外值得一提的是，原本僅執行投落送觀測的長程噴射機 G-IV 最近已經將機尾都卜勒雷達裝上（見圖四十五）。G-IV 飛行速度快，因此雷達天線轉速較 P3 快很多，資料擷取速度也快，可以在短時間內掃描過較大範圍，對於颱風的結構有更快更精準的掌握。若是能爭取該飛機來亞洲參予颱風實驗，應該對於太平洋颱風中尺度結構的認識會有顯著的進步。圖四十六為 NOAA 監測颱風各種儀器的示意，要完整監測颱風，C-130 和 P3 飛機當然也是我們需要爭取的對象。

未來在規劃和執行颱風導致遠距豪雨實驗計畫，數值模擬扮演非常重要角色。在短期的預測部分，高解析度模式必須正確模擬颱風的路徑和結構（這已經不容易），除此之外，大尺度環流如高層槽脊的相位和振幅也必須正確。因此表現良好的全球尺度高解析度模式是必要的，這一部份的工作，熱帶對流年(YOTC)研究計畫在 ECMWF 的支援下，已經展開且有不錯的成果(2010 年由八月到十二月 ECMWF 協助 ITOP 實驗建立一組水平解析度約 16 公里模式分析與預報資料)。這個高解析度的分析預報資料可以做為更高解析中尺度數值模式的初始場和邊界條件，以正確模擬颱風的結構和可能的強度以及降雨分布。臺灣氣象局和颱風研究中心在這方面也有初步成果 可以強化合作 推展研究動能。

六、總結與致謝

圖四十七至四十九為本規劃計畫之總結，包括五年計畫之時程規劃 經費預估 以及實驗經費之分類與預估依據。這是最初步之規劃 詳盡細節依據規劃是明年的重點工作項目 譬如舉辦國際研討會 針對這一個議題在國際上尋求支持 並進一步改善內容。颱風相關遠距豪雨科學議題已經被列為 ACTS 年度重點推動計畫 ACTS 將向 APEC 秘書處提出具體方案 爭取經濟體會員國的支持 並申請額外經費補助。為了順利推動 相關聯繫活動將持續推展 包括今年十一月下旬與 NCAR 郭英華博士討論實驗數值模擬相關事宜 十一月下旬大陸氣象局來台參加 海峽兩岸災害性天氣分析與預報研討會 也將藉機討論兩岸氣象界合作颱風觀測之可能性 另外十二月初 NCAR JIM MOORE 先生和李文兆博士來中心訪問 也將討論颱風觀測飛機派遣的問題 以及多架飛機同時觀測應該注意事項。

本計畫順利推動 除了感謝許多國內學者提供建議以及部分圖表外，更要感謝許多關心台灣颱風議題的國際學者意見之提供，包括 Russ Elsberry, Robert A Houze Jr., Jim Moore, Frank Marks, Jeff Kepert, Jiann-Guo Jiing, Wen-Chau Lee, Hiroshi Uyeda, Bill Kuo, Dong-In Lee, and many others. 國內除了氣象局提供寶貴資料外 學者李清勝 郭鴻基 吳俊傑 林博雄 林淑華 廖宇慶 陳台琦 林沛練 楊明仁 簡芳菁 王重傑劉清煌等提供資料 也在此感謝。颱風導致的遠距豪雨作為本實驗計畫之主要科學議題是由 Russ Elsberry 教授提出的，這個議題對於長期關切台灣天氣的學者而言，是非常熟悉的，西南氣流實驗(也稱追雨實驗)所關切的議題也與此有關。其實這個科學議題和整個政府關心的防災業務也是不謀而合。今年十一月中在台灣東南縣市降雨異常 成功氣象站十一月累積降雨是氣候值(1980~2010)的五倍 台東則達四倍 顯見降雨異常情形 而這些超多的降雨和南中國海持續發展範圍廣大的熱帶低壓擾動有非常密切的關係 這些範圍廣大之熱帶低壓擾動 不僅僅造成台灣東南部超大豪雨 對於越南 泰國 菲律賓 柬埔寨 寮國 中國華南地區 都受到重大影響 造成廣大地區的洪災以及土石流災害 然而從颱風角度而言 這些豪雨事件的發生和颱風警報皆無直接關聯 因此當地報紙有”怪雨”成災的說法。海峽兩岸都遇到類似問題 大陸也針對類似科學議題 近年來大力提升華南華中的暴雨監測能力(見圖五十)。

颱風導致的遠距豪雨議題，是科學議題，也是防災單位共同關心的國家施政議題。最近有機會從友人處獲知，總統關切為何颱風仍遠，我們有些特定地區卻已經處於超大豪雨的險惡環境，這個情境對於從事防救災工作的同仁而言，是一個難以理解又很無奈的狀況。若是能從問題的根本解決，是國家社會的福氣更是我們的福氣。

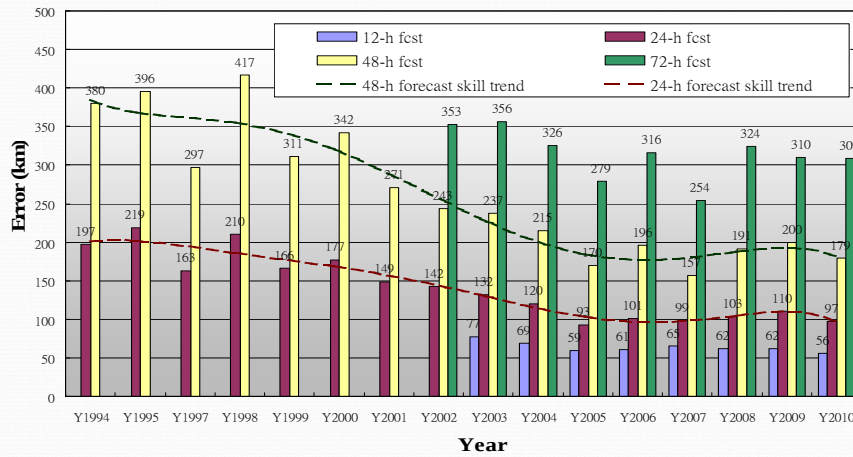
七、參考文獻

1. Chang, C. P., T-C. Yeh, J. M. Chen, 1993: Effects of Terrain on the Surface Structure of Typhoons over Taiwan. *Monthly Weather Review*, 121, 734-752.
2. Chang, Pao-Liang, Ben Jong-Dao Jou, Jian Zhang, 2009: An Algorithm for Tracking Eyes of Tropical Cyclones. *Wea. Forecasting*, **24**, 245–261.
3. Chen, S. S., and W. M. Frank, 1993: A numerical study of the genesis of extratropical convective mesovortices. Part I: Evolution and dynamics. *J. Atmos. Sci.*, 50, 2401-2426.
4. Chen, Y. and M. K. Yau, 2003: Asymmetric structures in simulated landfalling hurricane. *J. Atmos. Sci.*, 60, 2294-2312.
5. Chien, Fang-Ching, Ben Jong-Dao Jou, 2004: MM5 Ensemble Mean Precipitation Forecasts in the Taiwan Area for Three Early Summer Convective (Mei-Yu) Seasons. *Wea. Forecasting*, **19**, 735–750.
6. Chien, Fang-Ching, Yi-Chin Liu, Ben Jong-Dao Jou, 2006: MM5 Ensemble Mean Forecasts in the Taiwan Area for the 2003 Mei-Yu Season. *Wea. Forecasting*, **21**, 1006–1023.
7. Ciesielski, Paul E., and Coauthors, 2010: Quality-Controlled Upper-Air Sounding Dataset for TiMREX/SoWMEX: Development and Corrections. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **27**, 1802–1821.
8. Corbosiero, K. and J. Molinari, 2002: The effect of vertical wind shear on the distribution of convection in tropical cyclones. *Mon. Wea. Rev.*, 130, 2110-2123.
9. Frank, W. M., 1977: The structure and energetics of the tropical cyclone. Part I: Storm structure. *Monthly Weather Review*, 105, 1119-1135.
10. Geerts, B., G. M. Heymsfield, L. Tian, J. B. Halverson, A. Guillory, and M. I.

- Mejia, 2000: Hurricane Georges's landfall in the Dominican Republic: Detailed airborne Doppler radar imagery. *Bull. Ame. Meteor. Soc.*, 81, 999-1018.
11. Harr, P. A., and R. L. Elsberry, 1996a: Structure of a mesoscale convective system embedded in typhoon Robyn during TCM-93. *Monthly Weather Review*, 124, 634-652.
 12. Harr, P. A., and R. L. Elsberry, 1996b: Transformation of a large monsoon depression to a tropical storm during TCM-93. *Monthly Weather Review*, 124, 2625-2643.
 13. Houze, R. A., Jr., and Coauthors, 2006: The hurricane rainband and intensity change experiment: observations and modeling of Hurricanes Katrina, Ophelia, and Rita. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **87**, 1503–1521.
 14. Houze, R. A., Jr., 2010: Clouds in tropical cyclones. *Mon. Wea. Rev.*, **138**, 293–344.
 15. Jou, B. J.-D, W.-C.Lee, S.-P. Liu, and Y.-C. Kao, 2008 : Generalized VTD retrieval of atmospheric kinematic structure. Part I: Formulation and Error Analysis. *Mon. Wea. Rev.*, 136, 995-1012.
 16. Lai, Hsiao-Wei, Christopher A. Davis, Ben Jong-Dao Jou, 2011: A Subtropical Oceanic Mesoscale Convective Vortex Observed during SoWMEX/TiMREX. *Mon. Wea. Rev.*, 139, 2367–2385.
 17. Lee, W.-C., and B. J.-D. Jou., 2008 : Progress in Atmospheric Vortex Structures Deduced from Single Doppler Radar Observations. *Recent Progress in Atmospheric Sciences: Applications to the Asia-Pacific Region*,, World Scientific Publishing, 326-357.
 18. Lonfat, M., Frank D. Marks Jr., Shuyi S. Chen, 2004: Precipitation Distribution in Tropical Cyclones Using the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)

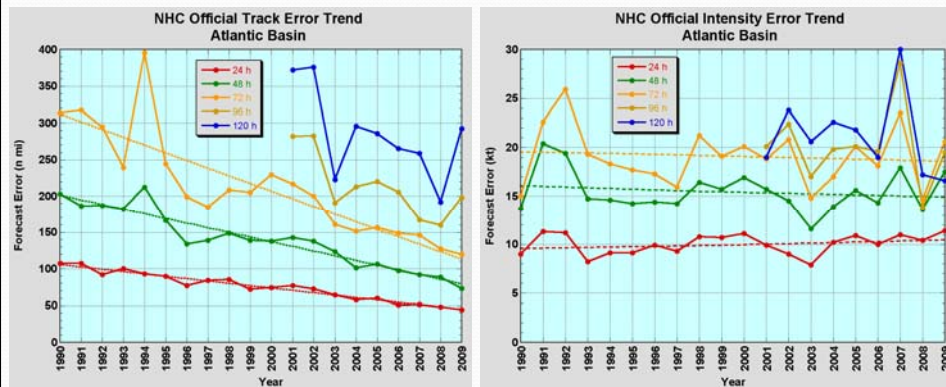
- Microwave Imager: A Global Perspective. *Monthly Weather Review*, 132, 1645-1660.
19. Ritchie, E. A., and G. J. Holland, 1993: On the interaction of tropical cyclone scale vortices. Part II: Discrete vortex patches. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 119, 1363-1379.
 20. Rodgers, E. B., S. W. Chang, and H. F. Pierce, 1994: A satellite observational and numerical study of precipitation characteristics in western north Atlantic tropical cyclones. *J. Appl. Meteor.*, 33, 129-139.
 21. Schumacher, R. S., and R. H. Johnson, 2006: Characteristics of U.S. extreme rain events during 1999-2003. *Weather and Forecasting*, 21, 69-85.
 22. Schumacher, R. S., T. J. Galarneau Jr., L. F. Bosart, 2011: Distant effects of a recurving Tropical Cyclone on Rainfall in a Midlatitude Convective System: A High-Impact Predecessor Rain Event. *Monthly Weather Review*, 139, 650-667.
 23. Shapiro, L. J., 1983: The asymmetric boundary layer flow under a translating hurricane. *J. Atmos. Sci.*, 40, 1984-1998.
 24. Wang, Yongqing, Yuqing Wang, and Hironori Fudeyasu, 2009: The Role of Typhoon Songda (2004) in Producing Distantly Located Heavy Rainfall in Japan. *Monthly Weather Review*, 137, 3699-3716.
 25. Wu, C. C., and YH Kuo, 1999: Typhoons affecting Taiwan: Current understanding and future challenges. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 80, 67-80.
 26. Wu, C. C., and Coauthors, 2009: Interaction of typhoon Shanshan (2006) with the midlatitude trough from both adjoint-derived sensitivity steering vector and potential vorticity perspectives. *Mon. Wea. Rev.*, 137, 852-862.

圖一：中央氣象局颱風路徑預報誤差。The 12-h, 24-h, 48-h, and 72-h typhoon center position forecast errors from 1994 to 2010

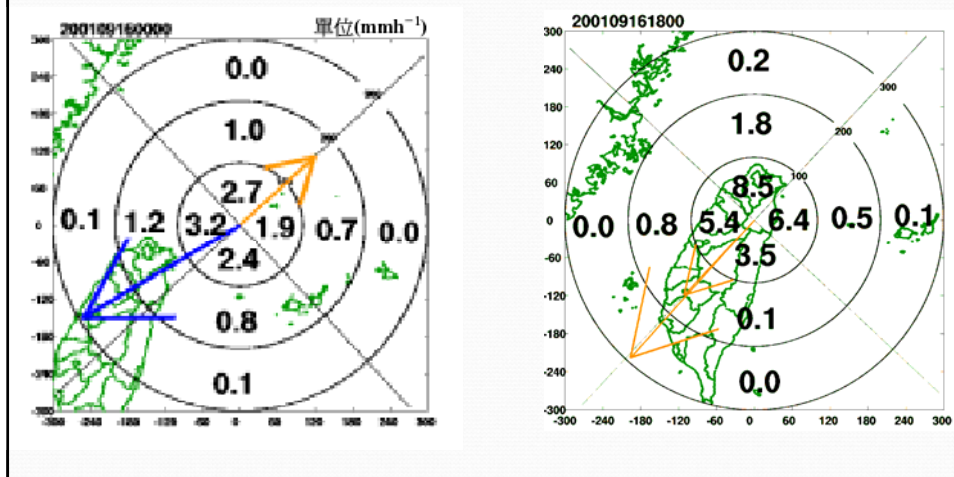


呂國臣提供

圖二：大西洋颶風路徑(左)和強度(右)預報誤差。The Good - Track forecast improvements (errors cut in half over past 15 years and last 10 year improvement, as accurate at 48h as we were at 24 h in 2000) and The Bad - Intensity forecasts no real gains (24-48h intensity forecast off by 1 category and off by 2 categories 5-10% of time) (provided by Frank Marks)

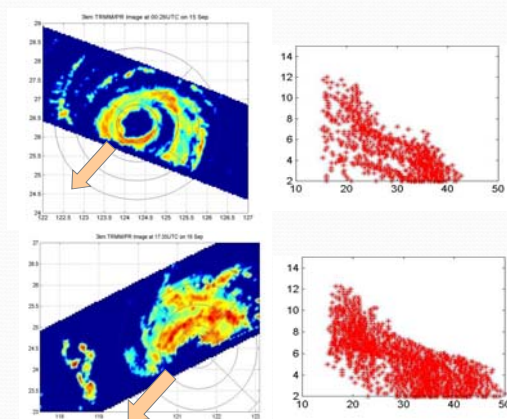


圖三:納莉颱風四象限雷達估計雨量,藍色箭頭為移動方向,橘色箭頭為200-850hPa風切向量. Displays of annular-quadrant mean rainfall rates (unit in mmh^{-1}) of typhoon Nari before (left) and after (right) landfall. The long arrow indicates the movement of the storm and the short arrow indicates the 200-850 hPa mean vertical wind shear direction. (取自Jou 2005)

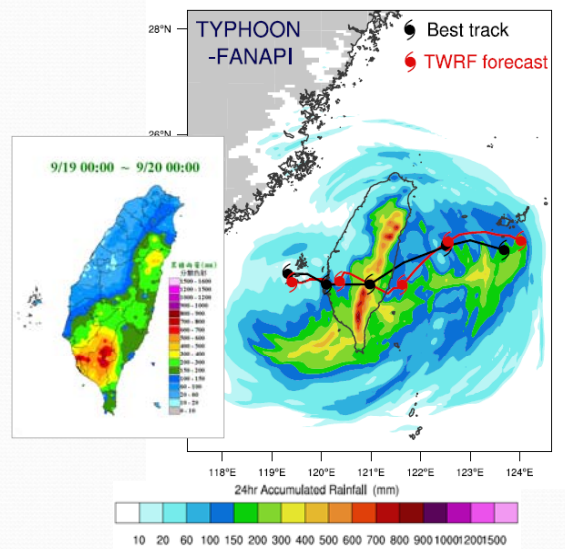


圖四:納莉颱風TRMM 衛星降雨雷達觀測之(右)三公里高度回波,以及(左)對流區降雨回波之垂直剖面(回波 versus 高度). 上圖為登陸前,下圖為登陸後,注意兩者的差異顯著. (取自Jou 2005)

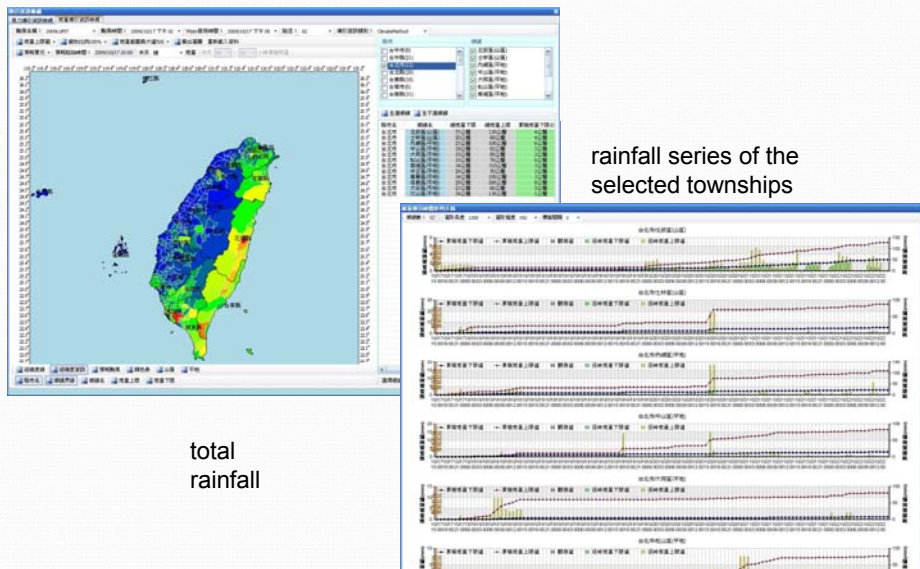
TRMM PR 3 km height reflectivity images and vertical profiles of reflectivity of convective precipitation in motion right front quadrant of Typhoon Nari (a) before landfall, 2001/9/15/0028UTC, and (b) after landfall 2001/9/16/1739UTC.



圖五:台灣自行發展颱風WRF模式之QPF凡納比颱風2010 (取自呂國臣)
TWRf 72-h track and quantitative precipitation guidance for Typhoon Fanapi (2010)



圖六:鄉鎮颱風風雨預報系統 (總雨量和歷線) (取自呂國臣)
WPPS: Wind and Precipitation Prediction System



圖七: Monthly Weather Review Featured Special Collections

Third THORPEX International Science Symposium

Theme Description:

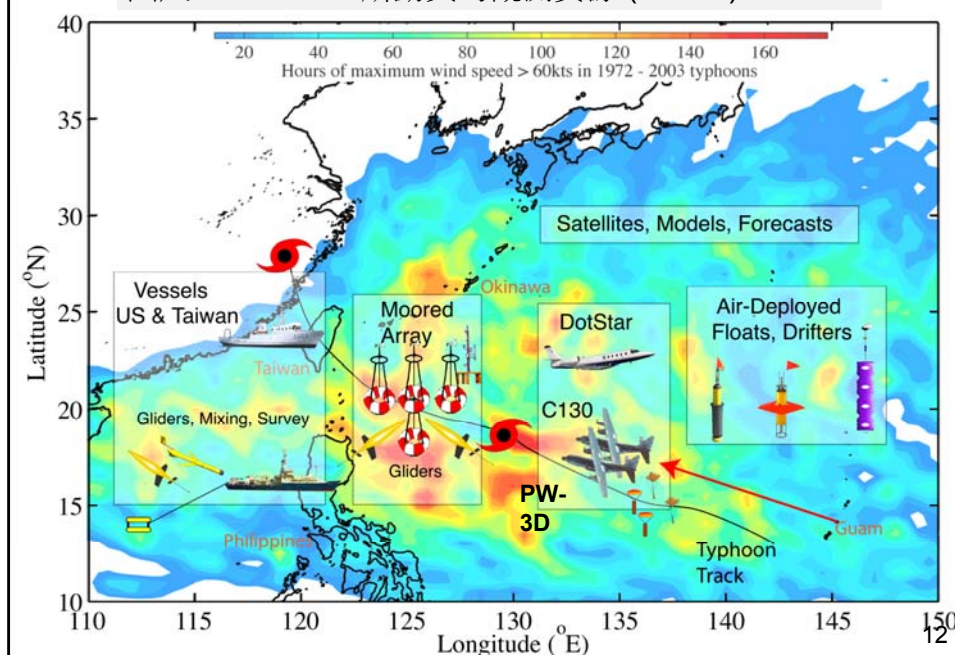


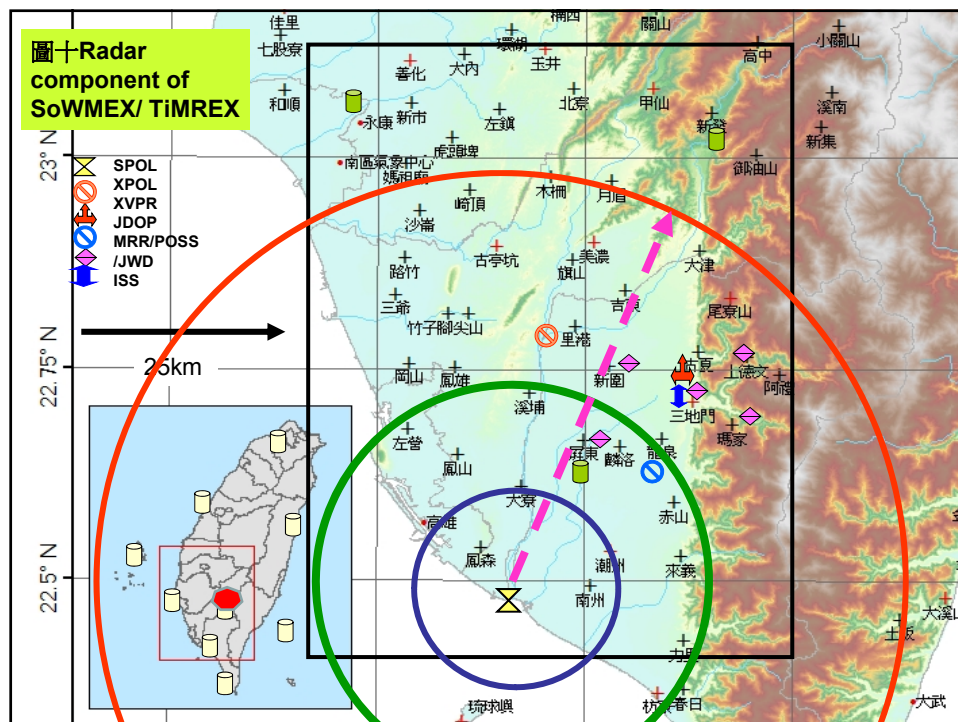
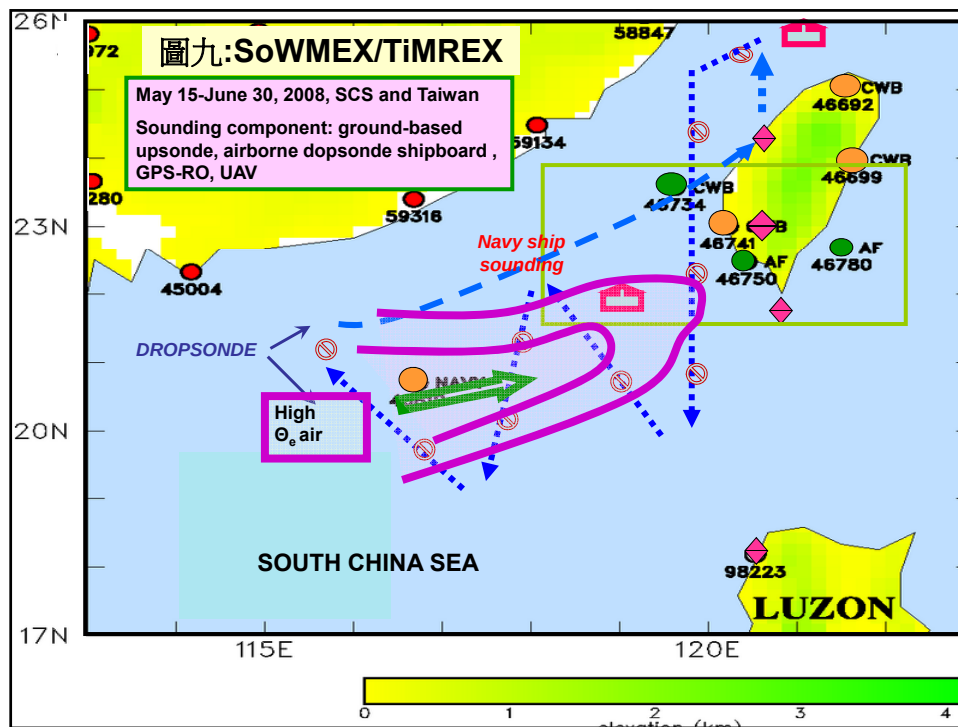
This collection consists of contributions that were related to the Third THORPEX International Science Symposium, held in Monterey, California, in September 2009. THORPEX is a 10-yr international research and development program to accelerate improvements in the accuracy of one-day to two-week high impact weather forecasts for the benefit of society, the economy, and the environment.

- THORPEX establishes an organizational framework that addresses weather research and forecast problems whose solutions will be accelerated through international collaboration among academic institutions, operational forecast centers, and users of forecast products. The articles will be presented below as they are published.

- Special Collections Editor: Tom Hamill
Third THORPEX International Science Symposium Chair: Jim Hansen
Program Chair: Istvan Szunyogh
TIGGE User Workshop: Richard Swinbank
WMO contact: David Burridge

圖八: ITOP 2010所動員的觀測資源 (NOAA).





圖十一: 2011年三月初周教授訪問NCEP 和 CDC. Prof. Jou visited Dr. Louis W. Uccellini, Director of the National Centers for Environmental Prediction for NOAA's National Weather Service in Camp Springs, Md., Dr. Uccellini is named president-elect of the American Meteorological Society recently. NOAA officials Dr. William Bolhofer and Dr. Yang Song presented the Monsoon Desk training program , which has been planned since 2009, and will offer the first program from May 2011.



圖十二:在日本名古屋大學舉辦的第八屆中尺度對流系統國際研討會 (ICMCS-VIII)



圖十三: APEC Typhoon Symposium Side Event: Workshop on Airborne Measurements of Typhoon in Asia-Pacific Region

Host institute: APEC Research Center for Typhoon and Society (ACTS)

Date and time: April 10, 2011 4:00-5:30pm (Sunday)

Venue: 9F meeting room ACTS

Chaired by: Dr. Jong-Dao B Jou, CEO of ACTS

Invited Participants:

USA: Russ Elsberry, Robert A Houze, Jr. Jiann-Gwo Jiing, Wen-Chau Lee

Australia: Jeff Keper

NTU: Chun-Chieh Wu, Hung-Chi Kuo, Po-Hsiung Lin

NCU: Tai-Chi C Wang, Ching-Yuan Huang, Yu-Chieng Liou, Pay-Liam Lin, Ming-Jen Yang

NTNU: Fang-Jing Chien

CWB: Tien-Chiang Yeh, Chia-Rong Chen, Ming-Dean Cheng, Chia-Ping Cheng, George Kuo-Chen Lu

TTFRI: Cheng-Shang Lee

Contact Person: Mr. Chenguang Lee, 02-3366-8975~206 or chenguang@apectyphoon.org

圖十四: Agenda 議程

- Dr. Kuo-Chen Lu, Current status of typhoon forecast in CWB and Problems
- Dr. Chia-Rong Chen, Possible Typhoon field experiment in East-Asia Region (CWB)
- Dr. Po-Hsiung Lin, Current status of DOTSTAR operation (NTU)
- Dr. Jiann-Gwo Jiing, NHC operation in 2010
- Dr. Wen-Chau Lee, Airborne Doppler radars, status report
- Open discussion

APTS Side Event: Workshop on Airborne Measurement of Typhoon in Asia-Pacific Region	
時間: 2011 年 4 月 10 日 (星期日)	時間: 16:00-17:30
地點: ACTS 9 樓會議室	
主席: 周仲島 執行長	紀錄: 李文亮 博士
出席人員	
職務 / 姓名	簽名 (Signature)
Dr. Russell Elsberry	<i>R. Elsberry</i>
Dr. Robert A Houze Jr.	<i>Robert Houze Jr.</i>
Dr. Jiann-Gwo Jiing	<i>Jiann-Gwo Jiing</i>
Dr. Wen-Chau Lee	<i>Wen-Chau Lee</i>
Dr. Jeff Keper	<i>Jeff Keper</i>
與會者 主任	<i>李俊傑</i>
李遠勝 主任	<i>李遠勝</i>
郭瑞基 教授	<i>郭瑞基</i>
科技部 林博雄 副主任	<i>林博雄</i>
林博雄 主任	<i>林博雄</i>
陳台瑞 教授	<i>陳台瑞</i>
黃清勇教授	<i>黃清勇</i>
科技部 廖宇慶 主任	<i>廖宇慶</i>

圖十五: 會議總結 Meeting Summary

- Potential field experiment on remote rain events with typhoons is discussed. This needs further elaboration.
- Airborne measurement is essential in this future field experiment. The engagement of penetrative aircrafts should be explored for the future experiment.
- More cases analyses are needed to explore the scientific objectives of the proposed field experiment.
- Numerical modeling studies for guidance is a very important component of the experiment. The products of the models should be explored more deeply.

圖十六: 會議進行(一)



圖十七: 會議進行(二)



圖十八: 會議進行(三)



圖十九: 1999年當時的回顧報告“颱風研究重點”

BAMS, 1999

Typhoons Affecting Taiwan: Current Understanding and Future Challenges



Chun-Chieh Wu* and Ying-Hwa Kuo*

ABSTRACT

Of all the natural disasters occurring in Taiwan, tropical cyclones are the most serious. Over a 20-yr period, Taiwan was hit by an average of 3.7 typhoons per year. These storms can produce heavy rainfall and strong winds, leading to severe damage to agriculture and industry, and serious loss of human life. An outstanding example is Typhoon Herb, which made landfall in Taiwan on 31 July 1996. Typhoon Herb took 70 lives and caused an estimated \$5 billion of damage to agriculture and property.

Accurate prediction of the track, intensity, precipitation, and strong winds for typhoons affecting Taiwan is not an easy task. The lack of meteorological data over the vast Pacific Ocean and the strong interaction between typhoon circulation and Taiwan's mesoscale Central Mountain range are two major factors that make the forecasting of typhoons in the vicinity of Taiwan highly challenging. Improved understanding of the dynamics of typhoon circulation and their interaction with the Taiwan terrain is needed for more accurate prediction. With this objective in mind, the National Science Council in Taiwan sponsored the Workshop on Typhoon Research in the Taiwan Area at Boulder, Colorado, on 17–18 May 1997. In this paper, the authors review the observational and numerical studies of typhoons affecting Taiwan, present some preliminary results from the study of Typhoon Herb, summarize the recommendations obtained from the workshop, and provide suggestions for future research.

圖二十: 颱風觀測及預報實驗計畫 第一次專家會議 會議重點摘錄 (1/3)

颱風觀測及預報實驗計畫規劃第一次專家會議於2011年4月10日16:00-17:30

召開，適逢2011年APTS期間，有許多國外資深科學家受邀參與，討論亞太地區颱風的飛機觀測重點。參與之國外科學家包括美國海軍研究院的Russell L. Elsberry教授，華盛頓大學的Robert A Houze Jr.教授，國家大氣海洋局Jiann-Gwo Jiing博士，國家大氣研究中心Wen-Chau Lee博士，澳洲天氣與氣候研究中心Jeff Kepert博士，國內的大氣科學學者，包括台灣大學大氣科學系吳俊傑主任、郭鴻基教授、林博雄副教授、國研院颱風洪水中心李清勝主任、中央大學大氣物理系林沛練主任、陳台琦教授、黃清勇教授、廖宇慶教授、楊明仁副教授，師範大學簡芳菁教授，以及氣象局葉天降副局長、鄭明典主任、陳嘉榮主任、程家平主任、呂國臣副主任。

圖二十一:颱風觀測及預報實驗計畫 第一次專家會議 會議重點摘錄 (2/3)

- 會議中先由計畫主持人周仲島教授,也是APEC颱風與社會研究中心執行長說明了亞洲地區現階段颱風飛機觀測的背景,接下來由氣象局衛星中心主任陳嘉榮博士針對實驗的初步構想予以說明,然後預報中心副主任呂國臣報告氣象局颱風預報的現況和困境,台灣大學林博雄副教授說明近年來DOTSTAR的觀測成果,並由美國國家大氣海洋局 Jiann-Gwo Jiing博士介紹美國國家颶風中心(NHC)颶風預報作業流程,最後由美國國家大氣研究中心Wen-Chau Lee博士分享機載都卜勒雷達觀測颱風的經驗及分析成果。

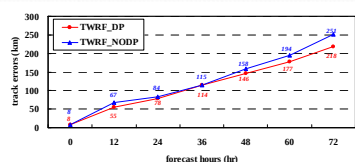
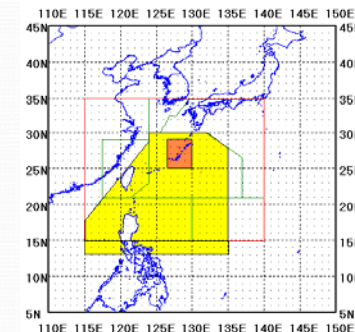
圖二十二:颱風觀測及預報實驗計畫 第一次專家會議 會議重點摘錄 (3/3)

1. 伴隨颱風之遠距豪雨(remote heavy rain event)事件是一個非常值得注意的問題,過去不但在基礎研究上著力不夠之外,在預報作業上更是近年遇到的大問題,嚴重影響台灣的莫拉克颱風就是最典型案例
2. 氣象飛機觀測對於颱風的監測是非常必要的,尤其是能穿越颱風內部的氣象飛機,在未來實驗中是必備的觀測儀器
3. 相關科學議題非常的多,尤其是颱風和環境的交互作用,如季風環境,更多科學的探討是非常必要的
4. 數值模擬研究是非常重要的,也是颱風預報最重要的工具,透過實驗數據收集改善模式,使模擬準確度提升,是實驗計畫必須包括的重要部分

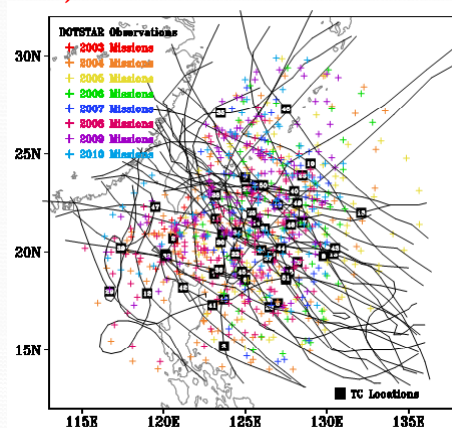
圖二十三:中央氣象局未來颱風預報技術之發展計畫(取自呂國臣)

- Track forecast (路徑預測)
 - Extensively using the forecast guidance from the ensemble models
 - track forecast for tropical depressions
 - 5-day track forecasts to 7 days
- Intensity and structure forecasts (強度預測)
 - developing dynamical, statistical, and also the statistical-dynamical forecast guidance
- Wind speed probabilities (風速預測)
 - “Completing the Forecast”
 - Monte Carlo Method and ensemble forecast guidance
- Typhoon QPF forecast (定量降雨預報)
 - Township scale forecast
 - An ensemble-based regional model forecast system is under development, which is designed for representing the uncertainty and probability of typhoon track and quantitative precipitation forecast.
- TC activity outlook (颱風活動預估)
 - monitoring TC activity/formation potential
 - extended-range forecast (e.g., week 1 to week 2)

圖二十四:追風計畫總整理 Typhoon mission flights (2003~2010)
Dropwindsonde Observations for Typhoon Surveillance near the TAIWAN Region (DOTSTAR)



8% IMPROVEMENT FOR TRACK FORECAST

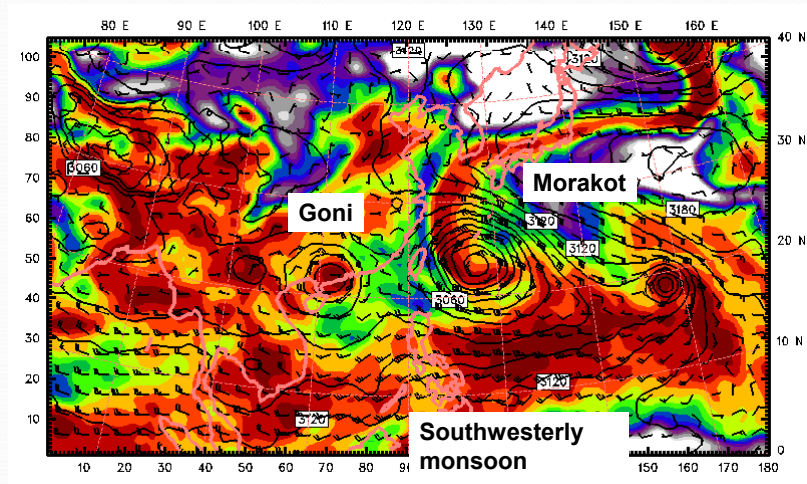


39 typhoons, 51 missions, 270 flight hours, 846 dropsondes (PH Lin)

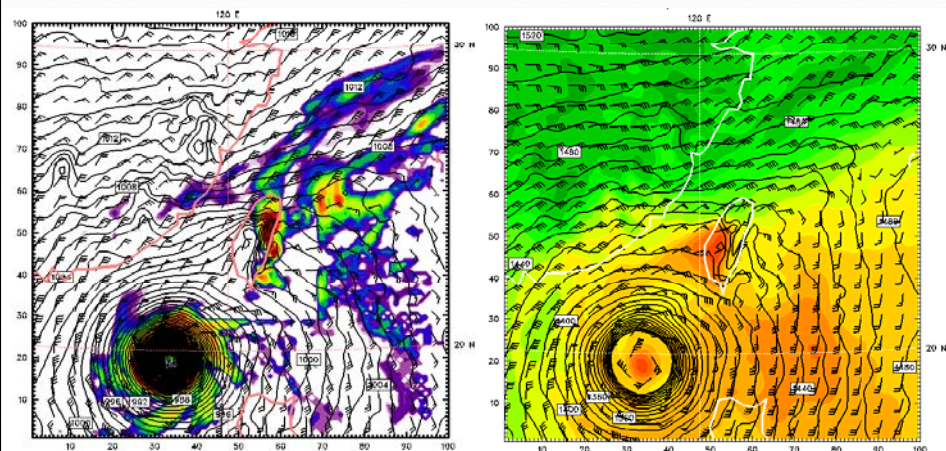
Experiment result for 2008 ~ 2010

14 TCs 23 cases (CWB Typhoon model)

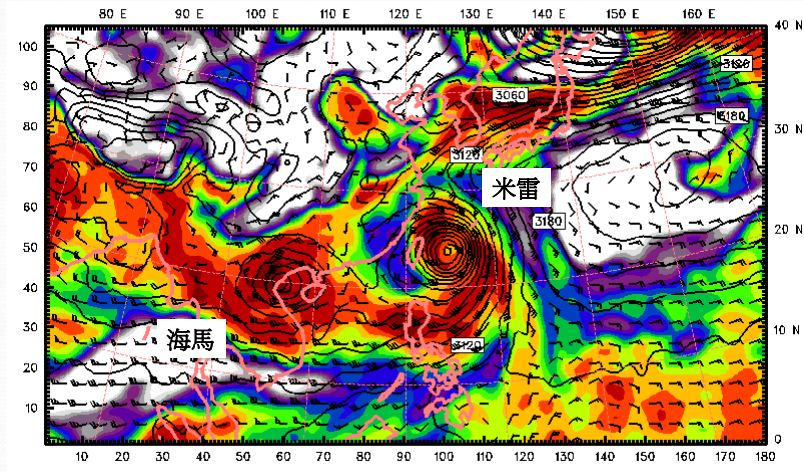
圖二十五:莫拉克颱風超大環流以及行星尺度超強西南氣流又濕又廣闊
莫拉克影響台灣前 菲律賓暴雨成災 莫拉克登陸北台灣後南臺灣大雨成災
這些都是西南季風(環境)和颱風環流交互作用的結果
有些發生暴雨地區明顯與地形有關



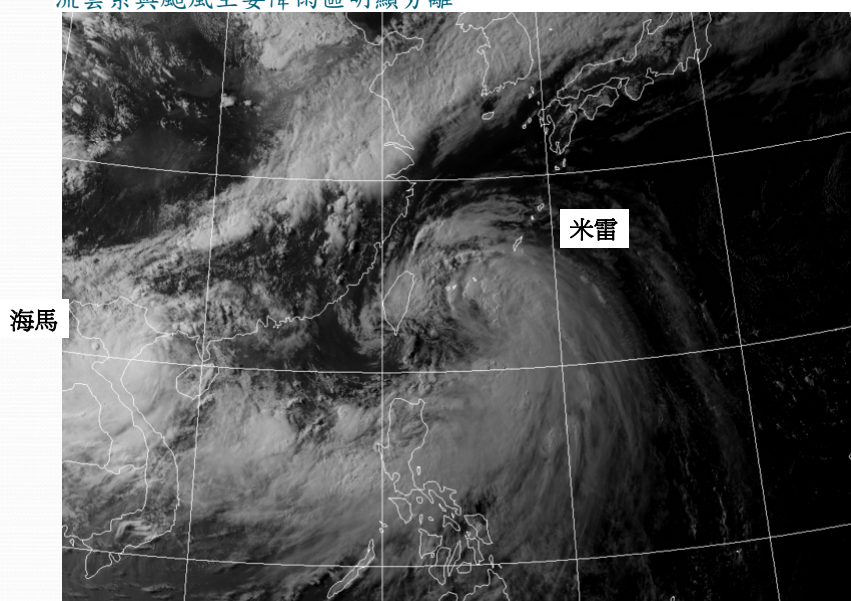
圖二十六:2010年10月21日梅姬颱風中心在呂宋島西北方緩慢移動,而在東北台灣卻產生局部地區特大暴雨造成重大傷亡(左),850hPa溫度場(右)清楚顯示台灣東北方存在明顯的斜壓區(溫度梯度)暖濕空氣由颱風外圍環流輸送至東北角而斜壓區再加上區域地形影響生成超大暴雨。



圖二十七:海馬颱風米雷颱風以及伴隨之西南氣流 此圖為700hPa
高度場(實線)水平風(風標)以及溫度露點差(顏色)越紅的區域表示
越潮濕



圖二十八:米雷颱風(東)海馬颱風(北越)和長江梅雨鋒面雨帶,米雷
颱風引入乾燥空氣抑制西南氣流對流帶後續發展,台灣北部有明顯對
流雲系與颱風主要降雨區明顯分離



圖二十九：2011年8月7日兩岸氣象科學合作研究(豪雨與颱風)
期中成果研討會在台北科技大樓二樓會議室舉辦
共有兩岸超過30位學者專家與會 報告合作成果



圖三十：APEC 41屆ISTWG會議2011年9月
在美國舊金山舉辦 會議進行一角



圖三十一：2011年9月14日台菲科技部長會議會前會以及ACTS菲律賓辦公室開幕出席
來賓包括菲律賓科技部兩位次長 以及國科會副主委 駐菲大使等



圖三十二：2011年10月在北京舉辦
世界氣象組織 世界天氣研究計畫 之 季風強降雨學術研討會



圖三十三:2011年11月ACTS第二次研習會在桃園中央大學太空與遙測中心舉行,共有10國近百人參加會議,並前往雲林古坑華山土石流專區進行野外教學,親身體驗土石流的破壞



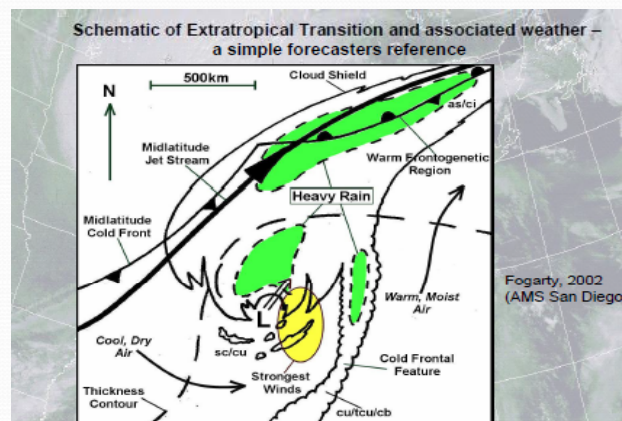
圖三十四: 2011年11月15日在ACTS總部九樓會議室舉辦颱風遠距豪雨討論會邀請Russ Elsberry教授指導



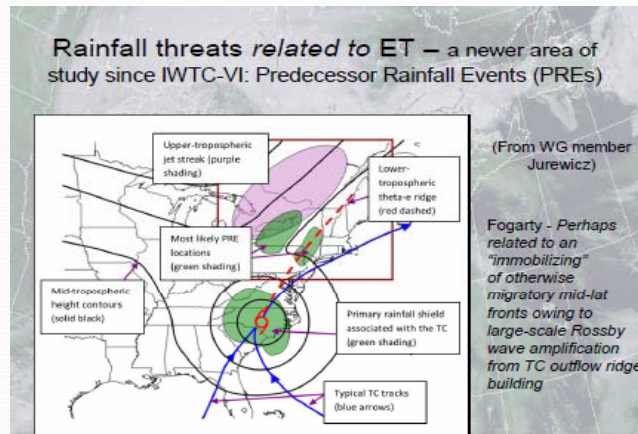
圖三十五: Remote Heavy Rainfall Associated with Typhoon
in Asian Monsoon Region 參加大員與議程

- **Venue:** 9F Meeting Room, APEC Research Center for Typhoon and Society (ACTS)
- **Time:** 3:00-5:30 pm, 15 November, 2011
- **Chair:** Dr. Ben Jong-Dao Jou, CEO of ACTS
- **Participants:**
 - Dr. Russell ELSBERRY
Distinguished Professor of Department of Meteorology, Naval Postgraduate School, USA
 - Dr. Tien-Chiang YEH
Deputy Director-General, Central Weather Bureau
 - Dr. Kuo-Chen LU
Deputy Director of Weather Forecast Center, Central Weather Bureau
 - Dr. Chun-Chieh WU
Professor and Chairman of Department of Atmospheric Sciences, National Taiwan University
 - Dr. Yu-Chieng LIOU
Director of Science-Technology Department, ACTS
 - Dr. Fang-Ching CHIEN
Director of Information Technology Division, ACTS
 - Dr. Shu-Hua LIN
Deputy Director of Science-Technology Department, ACTS
- **Program**
 - 15:00-15:10 Welcome Remarks by Dr. JOU
 - 15:10-15:30 Initiative of Proposal 'Remote Rainfall Related to Typhoon' by Dr. Elsberry
 - 15:30-17:00 Open Discussion
 - 17:00-17:30 Action Plan & Closure
 - 18:00-20:00 Dinner hosted by Dr. JOU

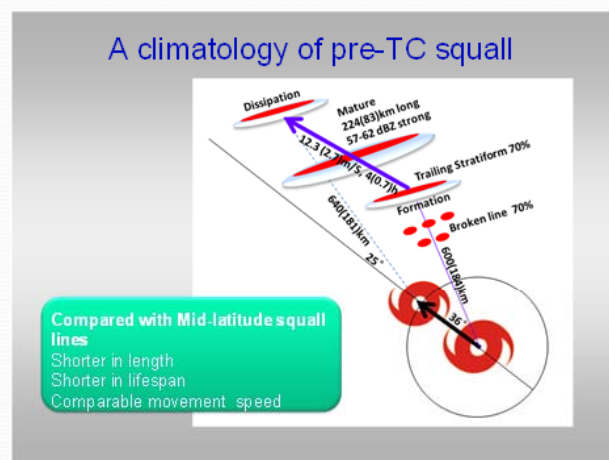
圖三十六：颱風發生變性成為溫帶氣旋過程中相關之天氣
示意圖，豪雨通常發生在颱風移動方向的正前方和高層外
流區密切相關。



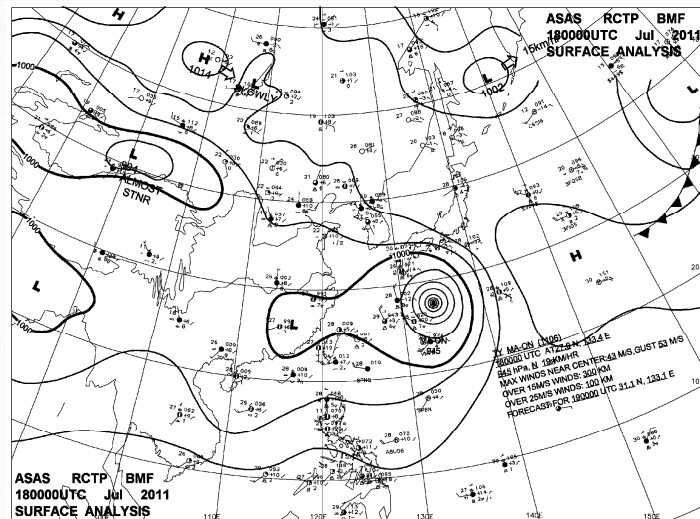
圖三十七：颱風變性成溫帶氣旋過程中相關的主要豪雨發生區示意圖



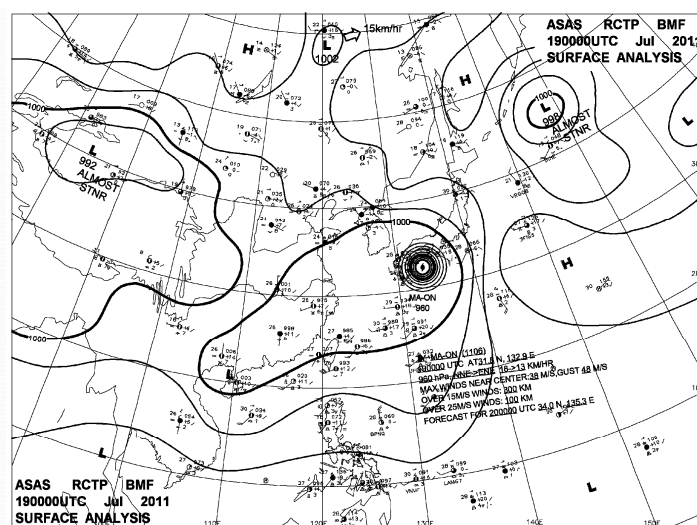
圖三十八：颱風前的飆線系統與中緯度的飆線系統比較，具長度較短和生命期較短特徵，但有類似移動速度。
(Meng et al. 2011)

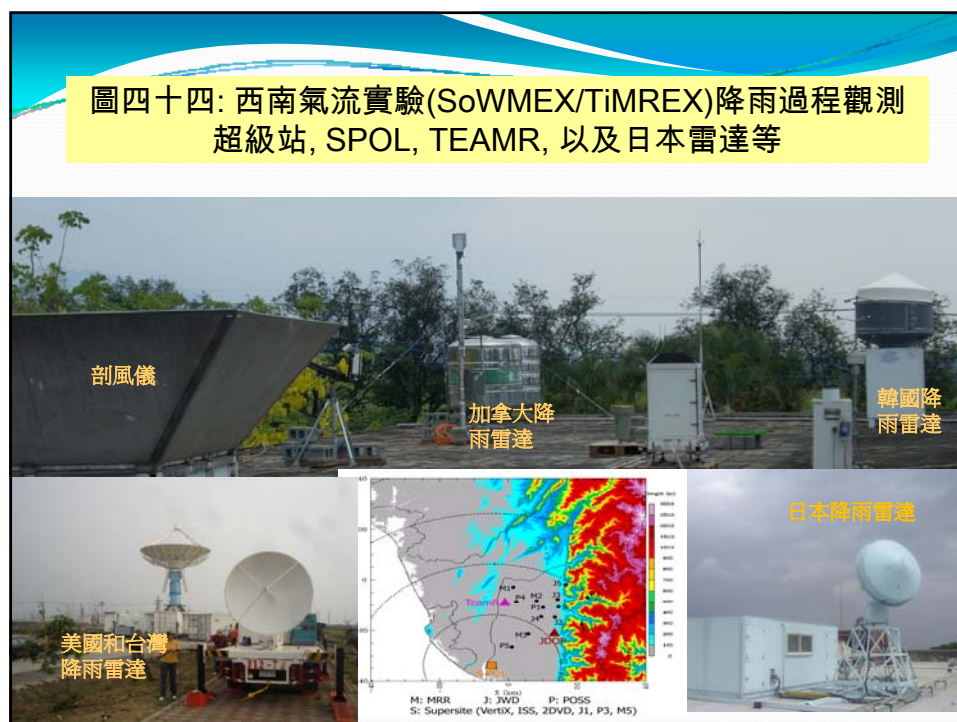
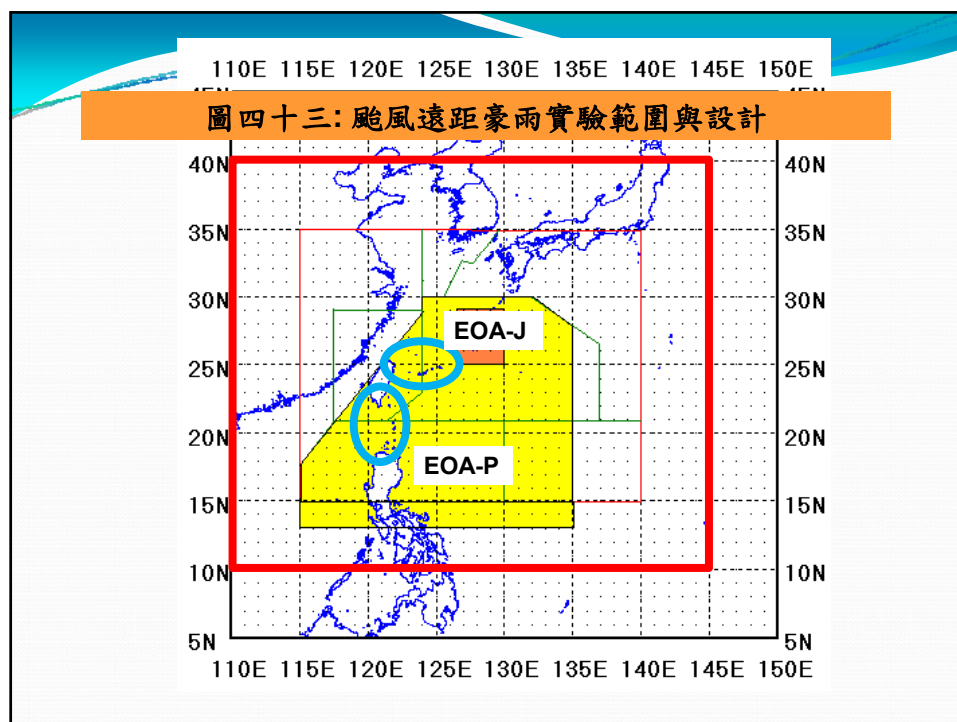


圖三十九：馬鞍颱風在北轉過程對臺灣地區降雨之影響



圖四十：颱風馬鞍登陸日本卻在臺灣南部引入西南氣流

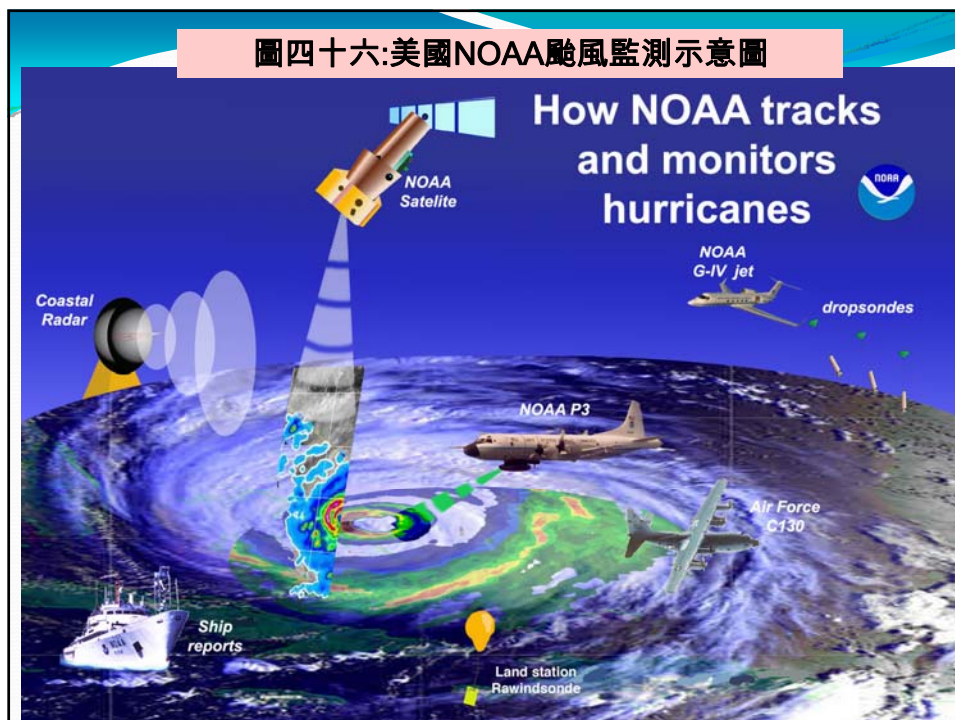




圖四十五: NOAA G-IV機尾都卜勒雷達 可以快速掃瞄進行颱風
監測 將資料快速傳回預報單位進行同化數值預報



圖四十六:美國NOAA颱風監測示意圖



圖四十七:颱風遠距豪雨實驗初步規劃結果摘要

- 時程: 本實驗計畫為第一期為一個五年計畫 2012年為實驗細部規劃 提出科學計畫書以及完整經費需求 2013年為實驗先導年提出完整實驗作業計畫書 進行預實驗 2014-2015為第一期實驗年 除了密集觀測並包括資料同化實驗以及預報實驗部分 2016年進行檢討評估並提出下一期計畫書
- 密集實驗區範圍: 110-145E, 10-40N (3500 x 3000KM2)
- 其中再細分 日本琉球強化觀測區(EOP-J) 菲律賓強化觀測區(EOP-P) 強化區為雷達衛星船舶和飛機強化觀測區 西行颱風以EOPJ為主 北行颱風以EOPP為主 在南海的颱風則強化EOPP區域的觀測同時與中國大陸合作強化南海北部的觀測 包括東沙和西沙島的觀測
- 實驗目標: 改善登陸颱風之風雨預報以及颱風遠距豪雨之準確度
- 科學議題: 除了登陸颱風之路徑強度風雨預報之外,颱風與環境交互作用所產生的遠距豪雨為主要重點 環境因素包括溫帶槽線 高層噴流 水氣輸送 海氣交互作用 季風影響 熱帶擾動(MJO) ENSO等 都是可能重要原因
- 重要實驗設備: 具有穿越颱風之機載平台(G-IV, C-130, P-3等) 以及研究船
- 國際合作: 與APEC經濟體合作 強調本實驗產出對亞太經濟可能提供的貢獻
- 參與人力: 國內外有興趣之科學家皆歡迎
- 經費預估: 2012/5,000,000; 2013/30,000,000; 2014+2015/528,000,000; 2016/8,000,000

圖四十八:颱風遠距豪雨實驗經費概估依據

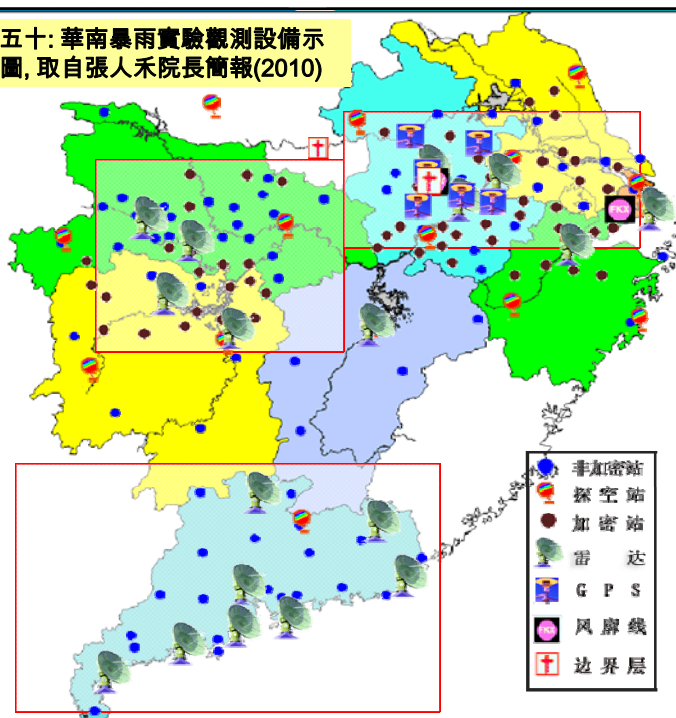
年度	執行項目	預估經費(台幣元)
2012	實驗科學計畫書	5,000,000
2013	實驗作業計畫書 執行預實驗	30,000,000
2014	第一年密集觀測實驗+模擬 預報實驗	235,000,000
2015	第二年密集觀測實驗+作業 預報實驗	293,000,000
2016	實驗資料分析研究+成效評 估+第二期實驗規劃	8,000,000
2012-2016	第一期實驗總經費	571,000,000

圖四十九：颱風遠距豪雨實驗密集實驗經費預估依據 (2014/2015)

項目	內容	預估金額NTD (2014/2015)	備註
地面觀測系統	GPS, rain gauge, disdrometer, others	10,000,000/5,000,000	Should invite WRA and SWCB to join the effort
探空觀測系統	Rawinsonde, dropsonde, aerosonde	45,000,000/45,000,000	Should invite AFWW and CCA to join the effort
衛星觀測系統	GPS, Microwave, SCAwind,	10,000,000/10,000,000	Should invite CSRSR to join the effort
雷達觀測系統	Doppler, Dual-polarized, Coastal, Mobile, VPR	10,000,000/10,000,000	Universities are welcomed
船舶觀測系統	Research vessel, shipsonde, radar	15,000,000/30,000,000	Should invite NCOR to join the effort
飛機觀測系統	C-130, P3, G-VI, Astra, Electra	120,000,000/170,000,000	Should invite AFWW to join the effort
數值預報系統	Data assimilation, WRF ensemble	20,000,000/20,000,000	Should invite TTFRI to join the effort
資料整合系統	Data archive/display system	5,000,000/3,000,000	Should invite NCDR to join the effort
整體經費	Total budget estimated	235,000,000/293,000,000	Should be an inter-agencies effort

圖五十：華南暴雨實驗觀測設備示意圖，取自張人禾院長簡報(2010)

南方致洪暴雨外場試驗示意图



出國報告（會議）

Trip Report

姓名職稱：周仲島

派赴國家：美國夏威夷

出國期間：2011/10/16~10/22

報告日期：2011/11/28

Purpose 目的地

We accepted the invitation from APEC Climate Center (APCC) to participate their activity - APEC Climate Symposium (APCS) 2011, which is APCC's annual activity. During the period of time, we observed the APCC symposium program and the progress of recently climate studies. In addition, we had chances to build nets with the scientists (including local scientists) of climate community who works on seasonal prediction system, inter-decadal climate prediction, and to seek the potential collaboration among different government, agency, and research institute in APEC MEs.



Picture 1: The beach theme of APCS official accommodation

Procedure 過程

We took the flight to Hawaii on 16th of October and had the dinner and a meeting with Dr. Pao-Shin Chu, who is a professor of Dept of Atmospheric Science at University of Hawaii. Dr. Chu's research interests are statistical analysis and downscaling of climate. And recently his team had a publication regarding future heavy rainfall events for Oahu, which attracted widely attention in Hawaii regarding the climate change. His result indicated a tendency of increased frequency of heavy rainfall events but a decrease in rainfall intensity during the next 30 years for the southern shoreline of Oahu. During the

meeting, Dr. Jou proposed to have future collaboration in researches and activities with University of Hawaii.

The APCS 2011 took place at East West Center of University of Hawaii at Manoa during 17th to 20th of October and was co-organized by International Pacific Research Center (IPRC) and the University of Hawaii. The theme of this symposium is ‘Harnessing and Using Climate Information for Decision Making’, which indicated APCC has been tried to promote their products- seasonal forecast data for usage of decision making. APCS opening remarks were delivered by Dr. Chin-Seung Chung, Director of APCC and Prof. Kevin Hamilton, Director of IPRC/USA. Three congratulatory address by Lt. Gov. Brian Schatz, Government of Hawaii/USA and Prof. Jagadish Shukla, the chair of APCC Science Advisory Committee (SAC). Five sessions were carried out in the APCS program listed as below:

Session 1: Keynote Presentations;

Session 2: Updates on Climate Prediction System of the Asia-Pacific

Session 3: Climate Change and Inter-decadal Climate Prediction

Session 4 (Parallel Session): Climate and Agriculture Workshop: the Climate Risk management Game

Session 5 (Parallel Session): Climate Variability and Change and US-Korea Workshop on Use of High Resolution Model for ISI Prediction of Extreme Events and Its Regional Impacts

Session 6: Climate and Water Resource Management Workshop

Session 7: Climate and Energy Workshop

Session 8: Culminating Session: Crafting the Climate Science Community's Response to Present Challenges

Session 9: APCC Working Group Meeting (Closed Meeting)

Session 10: Tutorial Session



Picture2: Venue of APCS East-West Center of University of Hawaii at Manoa



Picture 3: Band and themes of APCS 2011



Picture 4: Venue of APCS 2011

Keynote Presentations

The IPRC and U. of Hawaii have invited Dean Rosina Bierbaum of the University of Michigan School of Natural Resources and Environment as Guest Keynote Speaker. Dean Bierbaum has extensive experience both in academe and the public sector providing advice and policy support on science, technology and innovation. In 2009, President Obama of USA named her to the United States President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST), which consists of 20 scientists of engineers to advise USA President and Vice President to help the administration formulate policy. She gave a talk entitled 'Adaptation and Climate Change: A Rich and Timely Agenda'. She indicated the accumulation of scientific evidence makes it abundantly clear that climate changes are underway, impacts are already being felt, and humanity faces more in the future. The talk also drew on national and international conversations on adaptation efforts and needs. Meanwhile, I had a chance to have personal conversation with Dean Bierbaum and invited her to visit Taiwan in the near future. She was pleased to accept the invitation.

In the same session, Prof. Jagadish Shukla from George Mason University, Institute of

Global Environment and Society gave a talk entitled 'Prospects for Continental Scale Decadal Prediction'. He indicated an unforced internal pattern that varies on multidecadal time scales can be found in the simulation by the couple ocean-atmosphere models. The warming and cooling of the global Sea-Surface Temperature (SST) associated with this pattern matches that of the Atlantic Multi-decadal Oscillation, and the global warming signal. The existence of such naturally varies multi-decadal pattern in unforced runs suggests that it's potentially predictable on decadal time scales and provides a scientific rationale for decadal prediction. During the meeting, Prof. Shukla as the chairman of SAC of APCC performed actively on the whole events and even leaded a lot of discussion and conclusion. I had a couple chances to have person conversations with him and expressed my appreciation of the workshop. He noticed ACTS from Dr. Chih-Pei Chang same as ACTS SAC member and asked some question regarding ACTS. He will be interested in participating our activities in the future.

The third keynote speaker is Prof. In-Sik Kang from Seoul National University, and he is also a member of APCC SAC. His talk entitled 'Attempts of Cloud Microphysics in a GCM'. Cloud microphysics is an essential physical mechanism for precipitation process and associated chemical process. In the past, cloud microphysics has been widely studies in meso-scale and applied in fine resolution models. Prof. Kang proposed how the microphysics being implemented in current GCM with horizontal resolution of order of 100 km or less.

The forth keynote speaker was Prof. Bin Wang form IPRC and delivered the talk entitled 'The Pulse of the Western North Pacific Subtropical High'. The last keynote speaker was Mr. Neil Plummer from Climate and Water Division, Bureau of Meteorology. His talk is only talk regarding climate information applied in decision making, and entitled as 'Engaging decision-makers in climate predictions for agriculture, water resource management and energy'. His talk was interesting to describe how Australia Bureau of Meteorology gathered non-meteorologists such as hydrological services and explores the experiences in communicating and applying seasonal forecasts in the areas of agriculture, water management and energy in both developing and developed countries in Asia Pacific region. Possible solution to some of identified problems are presented including

engagement of users in the research and service development process, formative evaluation of research outcomes, communicating forecasts in a manner understandable to users and demonstrating the benefits of seasonal forecasts to individual sectors. This talk exactly matched the theme of the symposium. I had many chances to talk with Mr. Plummer and to discuss how they started the program on the implementations of climate data. I think Australia experiences are a quiet good example for other countries to practice in the future.

Climate Prediction Science and Forecast Systems Sessions

There are three sessions focused on climate prediction- session 2, 3 and 5. Session 2 aims to discuss the latest forecast systems in meteorological services, developments in global models and other prediction and analysis products, and assessments of the performance of prediction systems. Some talks on intraseasonal forecasting, downscaling, and other themes are included in this session. Session 3 explored a range of issues from projections and scenarios and impacts to understanding climate dynamics under climate change. Session 5 integrated with the US-Korea Workshop and discussed a range of issues including climate variability and change topics.

Climate and Agriculture Workshop

This session was performed as a Climate Risk Management Game which was designed by Prof. Hogler Meinke from New Zealand. By playing roles in decision-making to help participants to recognize the risks posed by climate variability and change to food security issue. The risks are making the areas of research and practices more immediate and relevant, requiring action not only from professional in the adaptation sector but also from the science community. The workshop aims to gain a better understanding of the means by which climate information can influence decision-making, climate risk management at different scales, the importance of stakeholders' objectives, difficulty of communicating salient actionable information, and distortions to messages leading worse risk management.

I had some personal communication with players and Prof. Meinke. This game was not the first time but used to play in the same venue 10 years ago. In my observation, I

found out that game really delivered some messages to players. For example, Primary Minister casted by Mr. Plummer mentioned his decision only black and white, once the MET told him percentage which made him difficult to make decision. For publics, the players said crystal information delivery is very important for communication and decision making.

Climate and Water Resource Management Workshop

This session covered many experiences from many MEs including USA, Australia, Korea, Thailand and the Philippines. The topics cover varied decisions involving the water sector made by local, state and national governments, private companies, and communities. Decisions range from reservoir flood releases and spillway operation, energy generation planning, drought planning, to long-term decisions on investments on infrastructure. With decision spanning multiple actors and timescales, complex institutional set-ups and interactions are necessary. The session aims to address issues on what water sector decisions are made based on climate forecasts, improving ways of communicating climate information useful for water managers, mainstreaming of climate information in routing decision-making, and other related theme.

Climate and Energy Workshop

The session focus on how climate impacts on the energy sector, particularly in planning, operational and maintenance phases and the importance of climate information for investment decision. The workshop was conducted through introductory talks followed by a brainstorming session to identify vulnerabilities of the energy sector and impediments to the use of information; and a case study to explore the use of climate information in a practical context. Three subgroups were divided for brainstorming discussion. In the beginning, chose a chairman to make a presentation at the end and a secretary to make minutes and conclusions of the discussion. A question sheet was designed to help on leading the discussion and sharing experiences. Each group should choose one type of energy and recognize how climate information related to that type of energy and any adaptation strategy proposed to against climate change. In the end, the chairs of each group made a 5 minutes presentation to share the results of the discussion.

Culminating Session: Crafting the Climate Science Community's Response to Present Challenges

This session was a panel discussion and chaired by Prof. Shulak, and aimed to pose a call to action to the climate science community to identify a responsive research agenda, revisit meteorology and atmospheric sciences as applied science, and look more closely into the uses and applications of climate information. In this session, several APCC SAC members and invited speakers were asked to present the conclusion of each sessions and their observation on this workshop, even proposed potential development of this related direction. The panelist includes Prof. Shukla, Dr. Vladimir Kattsov from Russia, Dr. James Renwick from Australia, Prof. Hogler Meike from New Zealand, Dr. Alberto Troccoli from Australia, Mr. Mark Svoboda from USA and Dr. Melissa Finucane.



Picture5: Panelist from left to right: Mr. Mark Svododa, Dr. Alberto Troccoli, Dr. James Renwick, Dr. Valdmir Kattsov, Dr. Jagadish Shukla, Prof. Hogler Meike, and Dr. Melissa Finucane.

Farewell Party

The Farewell reception was hosted by Dr. M.R.C. Greenwood President of University of Hawaii at her official house. All participants were invited to have the reception at evening

of 19th of Oct.



Picture6: Welcome remark from Dr. M.R.C. Greenwood President of University of Hawaii President (left); four major leaders of APCS 2011 from left to right: Dr. Dr. M.R.C. Greenwood, Dr. Kevin Hamilton, Dr. .Chin-Seung Chung and Dr. Jagadish Shukla.

Experiences and Suggestion 心得及建議

This is my first time to attend the symposium, but we could tell the participants are familiar with each other, which may indicated the APCC has basic participants to attend the event. After chatting with them, the participants included researchers, government officials, academic scholars etc., and most of participants were not the first time to attend the APCS. In addition, there were some new participants who were refereed by APCC members or some who were not able to attend this time. The participants came from many APEC MEs such as Australia, Canada, China, Hongkong, Indonesia, Japan, Korea, Malaysia, Mexico, New Zealand, the Philippines, Russia, USA, Chinese Taipei, Thailand, Vietnam, even Italy etc.

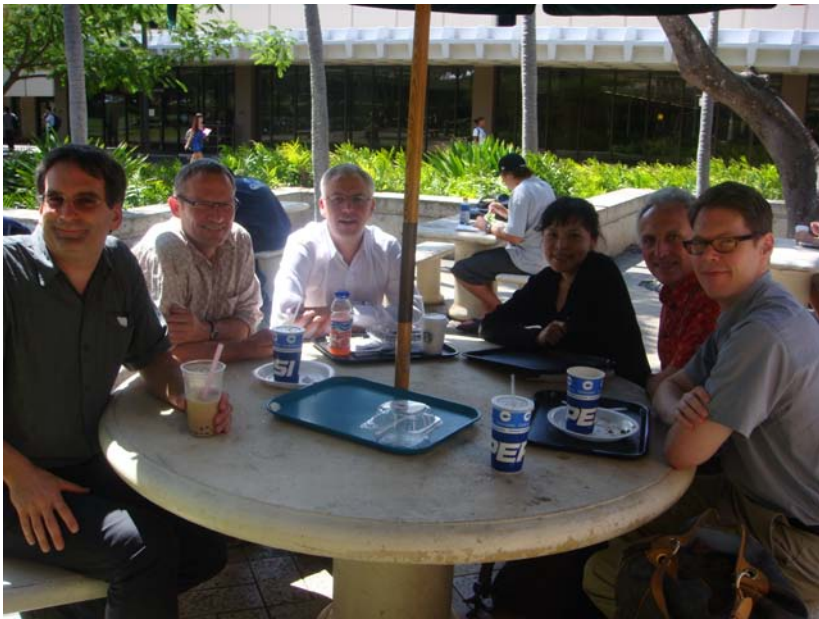
The APCC is trying to promote the seasonal and monthly forecast and to promote the applications of climate information by better communication, which means APCC is approaching societal studies in the future and APCS might be the first step. Overall, the program symposium led by APCC SAC members is impressed; therefore, more SAC members participated in whole program instead of observing the program.

During the period of time, we met some scholars and experts in climate change science

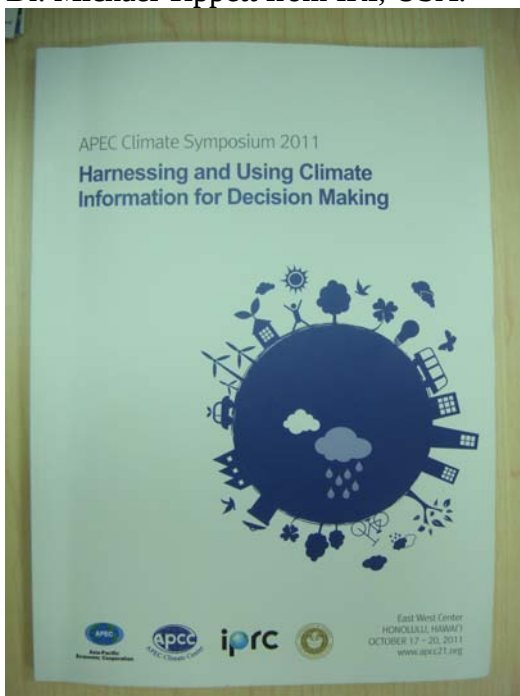
and application. We may invite them to visit Taiwan next time including Dr. James Renwick from Australia as one of editors of IPCC Assessment Report; Dean Rosina Bierbaum from USA as one of PCAST; Prof. Shulak from USA as SAC Chairman of APCC; Dr. Vladimir Kattsov from Russia and Dr. Oscar Alves from Australia both SAC members of APCC. They all mentioned interested in visiting Taiwan for ACTS activities in the future. At the last day of the event, I met Dr. Chin-Seung Chung as the director of APCC and expressed the appreciation of the invitation. He mentioned that it was his pleasure to have us in the activity.

Since APCS was organized by APCC, IPRC and University of Hawaii. There were at least 10 staffs working on preparing the workshop including both organizations. The venue was at campus of university of Hawaii and accommodation was Pacific Beach Hotel at Waikiki, therefore, two shuttles were arranged to transport participants in between. Anyone who didn't stay at Pacific Beach Hotel should go to the hotel to take the shuttle or went to the venue himself. There are welcome banquet host by APCC and farewell party host by President of U. of Hawaii, and one lunch hosted by IPRC. Rest of meal should be arranged by participants themselves.

An important factor to attract more participants to attend the APCS was the venue. Since the venue located at Hawaii, the beautiful place attractive more interests of many participants. As I know, many of participants extended their stay with their own fee to have sightseeing at Hawaii. That may contribute some benefit to local economics.



Picture7: lunch together with APCS 2011 participants, from left to right: Dr. Bertrand Denis from Canada, Dr. James Renwick from New Zealand, Mr. Neil Plummer from Australia, Dr. Shu-Hua Lin from Chinese Taipei, Prof. Hogler Meike from New Zealand, Dr. Michael Tippet from IRI, USA.



Picture 7: Cover of APCS proceeding

APPENDIX I: Agenda of the APCS

APEC Climate Symposium 2011 Monday October 17, 2011 Keoni Auditorium		
8:00-9:00	Registration	
9:00-09:20	Opening Ceremony	
9:00-9:05	Opening Remarks	Lt. Gov. Brian Schatz (Government of Hawaii/USA)
9:05-9:10	Opening Remarks	Dr. Chin-Seung Chung (APCC/Korea)
9:10-9:15	Congratulatory Address	Prof. Kevin Hamilton (IPRC/USA)
9:15-9:35	(picture taking)	
9:35-9:55	Coffee Break	
9:55-12:00	Session I	Keynote Presentations
		Chair: Dr. Vladimir Kattsov
		Rapporteur: Dr. Yukio Masumoto and Dr. James Renwick
9:55-10:20	Adaptation and Climate Change: A Rich and Timely Agenda	Dean Rosina Bierbaum (University of Michigan/USA)
10:20-10:45	Prospects for Continental Scale Decadal Prediction	Prof. Jagadish Shukla (COLA, GMU/USA)
10:45-11:10	Attempt of Cloud Microphysics in a GCM	Prof. In-Sik Kang (SNU/Korea)
11:10-11:35	The Pulse of the Western North Pacific Subtropical High and Associated Asian Monsoon and Tropical Storm	Prof. Bin Wang (IPRC/USA)
11:35-12:00	Engaging Decision-makers in Climate Predictions for Agriculture, Water Resource Management and Energy	Mr. Neil Plummer (BOM/Australia)
12:00-13:30	Lunch hosted by U.S.-Korea Workshop	
APEC Climate Symposium 2011 Monday October 17, 2011 Keoni Auditorium		
13:30-18:00	Session II	Updates on Climate Prediction Systems of the Asia-Pacific
		Chair: Prof. Yihui Ding and Prof. Bin Wang
		Rapporteurs: Dr. Flaviana Hilario and Dr. Hyun-Kyung Kim
13:30-13:45	The new POAMA2 seasonal and multi-week system	Dr. Oscar Alves (BOM/Australia)
13:45-14:00	Features of persistent drought in the NCEP T382 CFS CGCM long term simulations	Dr. Jae-Kyung Schemm (NOAA/USA)
14:00-14:15	An update on experimental climate prediction and analysis products being developed at NASA's Global Modeling and Assimilation Office	Dr. Siegfried Schubert (NASA/USA)
14:15-14:30	Performance of CWB-CFSv1 during 2010 and the Development Status of CWB-CFSv2	Dr. Jyh-Wen Hwu (CWB/Chinese Taipei)
14:30-14:45	On the development of SLAV model and	Dr. Dmitry Kiktev (HMC/Russia)

	interpretation of daily time series of seasonal forecasts	
14:45-15:00	Coffee Break	
15:00-15:15	Recent changes to the IRI Net Assessment	Dr. Michael Tippett (IRI/USA)
15:15-15:30	Outline of operational seasonal forecast model in JMA and the JRA-55 Reanalysis	Dr. Kazutoshi Onogi (JMA/Japan)
15:30-15:45	Two monsoon indices and their relationship to seasonal rainfall predictability in Viet Nam	Mr. Nguyen Dang Quang (NCMWF/Viet Nam)
15:45-16:00	The new Canadian coupled multi-seasonal forecasting system	Dr. Bertrand Denis (MSC/Canada)
16:00-16:15	Assessing the Seasonal Predictability of Summer Precipitation over the Huaihe river basin with Multiple APCC models	Dr. Zhaohui Lin (IAP/China)
16:15-16:30	Coffee Break	
16:30-16:45	Linkage of the lagged winter stratospheric circulation anomalies leading to ENSO forcing	Dr. Rongcai Ren (IAP/China)
16:45-17:00	Is the Use of Coupled Global Climate Models Perdurable for Prediction of Indian Summer Monsoon?	Dr. Prabodha Kumar Pradhan (APCC/Korea)
17:00-17:15	Development of a Downscaling Method in China Regional Summer Precipitation Prediction	Dr. Lijuan Chen (CMA/China)
17:15-17:30	Changes in East Asian Winter Monsoon due to the effect of the ENSO-PDO Interaction	Mr. Ji-Won Kim (APCC/Korea)
17:30-17:45	Self-Organizing Maps – An alternative method for studying climate variability	Dr. Saji Hameed (University of Aizu/Japan)
17:45-18:00	Climate Prediction: Blessing or Curse?	Dr. Lorenz Magaard (UH/USA)

APEC Climate Symposium 2011 Tuesday October 18, 2011 Keoni Auditorium		
9:00-12:00	Session III	Climate Change and Interdecadal Climate Prediction Chair: Dr. H. Annamalai and Dr. Oscar Alves Rapporteurs: Dr. Michael Tippett and Dr. Jyh Wen Hwu
9:00-9:15	Assessment of Macroeconomic Impacts of Climate Change over the Territory of Russian Federation until 2030 and Beyond	Dr. Vladimir Kattsov (MGO/Russia)
9:15-9:30	Climate Change Projections in the Philippines	Dr. Flaviana Hilario (PAGASA/Philippines)
9:30-9:45	Scenarios for Drought and Extreme Winds over New Zealand	Dr. James Renwick (NIWA/New Zealand)
9:45-10:00	The Latest Climate Change in Hong Kong	Mr. Sai-Ming Lee (HKO/Hong Kong China)
10:00-10:15	Regionalization of Future Projections on the High-Impact Weather and Climate Extremes over East Asia	Prof. Cheng-Ta Chen (NTNU/Chinese Taipei)
10:15-10:30	A Projection of Future Changes in Annual and Seasonal Extreme Temperature Events in the Asia-Pacific Region using AOGCMs	Dr. Ok-Yeon Kim (APCC/Korea)
10:30-10:45	Coffee Break	
10:45-11:00	A Projection of Future Changes in Summer Precipitation in and Monsoon in East Asia	Prof. Yihui Ding (CMA/China)
11:00-11:15	Understanding Monsoon Variability in a Changing Climate	Dr. H. Annamalai (IPRC/USA)
11:15-11:30	Dynamics of Regional Climate Change	Dr. Shang-Ping Xie (IPRC/USA)
11:30-11:45	Projected Changes of East Asian Summer Monsoon in IAP	Dr. Qing Bao (IAP/China)
11:45-12:00	(TBC)	Dr. Tim Li (IPRC/USA)
12:00-13:30	Lunch (on your own)	
APEC Climate Symposium 2011 Tuesday October 18, 2011 TBC and Mandarin, Pago Pago and Washington rooms		
13:30-18:00	Session IV (Parallel Session)	Climate and Agriculture Workshop: The Climate Risk Management Game Facilitator: Prof. Holger Meinke (University of Tasmania/ Australia) Co-facilitators: Dr. Melissa Finucane (East West Center/USA), Dr. Alberto Troccoli (CSIRO/Australia), Dr. Robert Field (NASA GISS/USA) Rapporteurs: Dr. Bertrand Denis and Ms. Lam Noi
13:30-15:15	Climate risk management game (Part I: Introduction and group discussion)	
15:15-15:30	Coffee break	
15:30-16:45	Climate risk management game (Part II: Role playing and discussion)	

(Poster)	Forecasting the Number of Dry Days for the Benefit of Farmers and Rice Production in the Philippines: A preliminary analysis	Ms. Ana Liza Solmoro Solis (ANU/Australia)
(Poster)	Socio-economic Impact of Climate Change on Rice Production in Southern India and Assessing Uncertainties in Regional Climate Model Projections	Dr. S. Senthilnathan (IPRC/USA)
(Poster)	HyBMG a Statistical PC-Based Climate Model Bridging a Gap between High Technologies Required - Providing High Resolution Climate Prediction in Sub Provinces Scales	Mr. Fierra Setyawan (BMKG/Indonesia)
(Poster)	Improving Livelihood of Farmer through Climate Field School by Utilizing Climate Information	Ms. Indah Budiani (Climate Change Trust Fund/Indonesia)
(Poster)	The need for a fire and haze early warning system for equatorial Southeast Asia	Dr. Robert Field (NASA GISS/USA)
(Poster)	Dry Period Analysis for Determination of Dry Season in the District of Indramayu West Java Indonesia	Mr. Antoyo Setyadipratikto (BMKG/Indonesia)
(Poster)	Vulnerability and Adaptive Capacity to Climate Change of the Guagua and Candaba Communities in Central Luzon, Philippines	Dr. Rogelio Cosio (Pampanga Agricultural College/Philippines)
16:45-17:30	Discussion and Wrap Up	
APEC Climate Symposium 2011 Tuesday October 18, 2011 Keoni Auditorium		
13:30-18:00	Session V (Parallel Session)	Climate Variability and Change and US-Korea Workshop on Use of High Resolution Model for ISI Prediction of Extreme Events and Its Regional Impacts Chair: Dr. Emilia Jin and Dr. Siegfried Schubert Rapporteur: Dr. Jong-Seong Kug and Dr. Yoo-Geun Ham
13:30-13:45	US-Korea Workshop Overview	Dr. Emilia Jin (NGMDC/Korea, GMU/USA)
13:45-14:00	High Resolution Tropical Cyclone Forecasting using NCEP Operational HWRF	Dr. Vijay Tallapragada (NCEP/USA)
14:00-14:15	Tropical Storm Simulations Using a High-Resolution GCM	Dr. Myong-In Lee (UNIST/Korea)
14:15-14:30	Typhoon prediction in Athena project	Dr. Julia Maganello (COLA/USA)
14:30-14:45	TBC	Dr. Young-Kwon Lim (NASA/USA)
14:45-15:00	Improvement of seasonal forecasts with inclusion of tropical instability waves on initial conditions	Dr. Yoo-Geun Ham (NASA/USA)
15:00-15:15	Discussion : Moderated by Prof. Shukla	
15:15-15:30	Coffee Break	
15:30-15:45	Experimental Intraseasonal Forecasting of Monsoon and Tropical Cyclones	Dr. Xiouhua Fu (IPRC/USA)

15:45-16:00	Relationship between the Meiyu over the Yangtze-Huaihe River Basins and the Frequencies of Tropical Cyclone Genesis in the Western North Pacific	Dr. Yanju Liu (CMA/China)
16:00-16:15	Multi-model Ensemble Coupled Prediction for Monsoon Precipitation (Mean State and Intraseasonal to Seasonal Prediction)	Dr. June-Yi Lee (IPRC/USA)
16:15-16:30	MISR cloud/aerosol and their variability through ENSO	Dr. Jae N. Lee (NASA JPL/USA)
16:30-16:45	A long consistent surface wind dataset for climate change analysis: Application over the Tropical Indo-Pacific	Dr. Hiroki Tokinaga (IPRC/USA)
16:45-17:00	Causes of global precipitation change over the Last Millennium	Prof. Jian Liu (CAS/China)
17:00-17:15	Future Climate Change in Hawaii	Dr. Oliver Elison Timm (IPRC/UH)
17:15-17:30	Discussion and Wrap Up	
18:00-	Banquet hosted by APEC Climate Center	

APEC Climate Symposium 2011		
Wednesday October 19, 2011 Keoni Auditorium		
9:00-12:00	Session VI	Climate and Water Resource Management Workshop
		Facilitator: Mr. Mark Svoboda (NCDM/USA) Rapporteur: Ms. Analiza Solis and Mr. Sai-Ming Lee
9:00-9:30	(Overview of climate and water)	Mr. Mark Svoboda (NCDM/USA)
9:30-9:45	Seasonal Streamflow Forecasts: Assisting decision-making in water resource management	Mr. Neil Plummer (BOM/Australia)
9:45-10:00	Challenges for Projecting Future Climate Change Impacts on Water Resources in Hawai'i	Prof. Thomas Giambelluca (UH/USA)
10:00-10:15	Adaptation Practices of Urban Water Infrastructure Management	Prof. Hee-Kyung Park (KAIST/Korea)
10:15-10:30	Coffee Break	
10:30-10:45	Assessment of Vulnerabilities to Climate Change for Water and Wastewater Infrastructure Management in Viet Nam: A Case Study of Ho Chi Minh City	Ms. Lam Vu Thanh Noi (AIT/Thailand)
10:45-11:00	Vulnerability of Water Resource to El Nino Southern Oscillation (ENSO) in the Philippines: The 2007-2008 La Nina and 2009-2010 El Nino Impacts on Angat Dam	Ms. Daisy Ortega (PAGASA/Philippines)
11:00-11:15	Implications of Climate Change for Water Resources Management in Bangladesh: Challenges of Legal and Institutional Reforms	Mr. Mostafa Mahmud Naser (Macquarie Law School/Australia)
11:15-12:00	Discussion	
12:00-13:30	Lunch (on your own)	
APEC Climate Symposium 2011		
Wednesday October 19, 2011 Keoni Auditorium		
13:30-16:00	Session VII	Climate and Energy Workshop
		Facilitator: Dr. Alberto Troccoli (CSIRO/Australia) Rapporteur: Dr. Kazutoshi Onogi and Mr. Kwan Kok Foo
13:30-13:50	Weather and climate impacts on energy planning, operations & maintenance	Dr. Alberto Troccoli (CSIRO/Australia)
13:50-14:10	The Importance of Climate Data for Energy Efficiency Investments	Dr. Ines Azevedo (CMU/USA)
14:10-15:10	Brainstorming session to : •identify vulnerabilities of the energy sector to weather events, and •identify impediments to the use of weather and climate information for the energy sector	
15:10-16:00	Case study discussion to explore the use of climate information in a practical context	

16:00-16:15	Coffee break	
APEC Climate Symposium 2011		
Wednesday October 19, 2011 Keoni Auditorium		
16:15-17:00	Session VIII	Culminating Session: Crafting the climate science community's response to present challenges Co-Chairs: Prof. Jagadish Shukla and Prof. Holger Meinke Panel and open discussion with Dr. Vladimir Kattsov, Dr. James Renwick, Prof. Holger Meinke, Dr. Alberto Troccoli, Mr. Mark Svoboda, Dr. Melissa Finucane
18:00 -	Reception hosted by the President of the University of Hawai'i	

APEC Climate Symposium 2011: Working Group Meeting Thursday October 20, 2011 Koi Room		
9:00-12:00	Session IX (Closed meeting)	Working Group Meeting Chair: Dr. Jae-Kyung E. Schemm Rapporteur: Dr. Siegfried Schubert
9:00-9:05	Transfer of Chairmanship	From Director Chung or representative to Dr. Jae-Kyung Schemm
9:05-9:15	Review of Agenda and addition of other matters	APCC
9:15-9:45	Structured discussion of APCC activities in the past year: • Research and development • Climate products and services • Climate applications	APCC
11:30-11:50	APCS 2012 • Presentation of Concept Note • Host and Venue	APCC
11:50-12:00	Other matters	
12:00-13:30	Lunch (on your own)	
APEC Climate Symposium 2011: Tutorial Session Thursday October 20, 2011 Koi Room		
13:30-17:00	Session X	Tutorial Session on Downscaling and CLIK Conducted by Dr. Saji Hameed (Aizu University/Japan)
13:30-15:00	Techniques for higher resolution regional forecasts	Using CLIK for statistical downscaling
15:00-15:15	Coffee Break	
15:15-17:00	Techniques for higher resolution regional forecasts	Using CLIK for statistical downscaling
APEC Climate Symposium 2011: APCC SAC Meeting Thursday October 20, 2011 POST Building Room 414		
9:00-12:00	Session XI (Closed meeting)	Co-Chairs: Prof. Jagadish Shukla and Prof. In-Sik Kang Rapporteur: (Ms. Sangwon Moon)
9:00-9:10	Opening Remarks	Prof. Jagadish Shukla
9:10-9:30	Opening Remarks	Prof. In-Sik Kang
9:30-12:30	Stocktake of APCC Activities and Future Directions:	Presentation by APCC Representative
9:40-9:55	• Review of APCC Activities • Strategic future directions for APCC: Needs, requirements and capacity	
9:55-10:10		
10:10-10:40	Discussion on Cooperative Activities of APCC and other issues	SAC Members
10:40-12:30	Discussion	

12:30-13:30	Lunch	
13:30-15:00	Discussion	SAC Members
15:00-15:15	Coffee Break	
15:15-17:00	Discussion	SAC Members