

出國報告(出國類別：研習)

赴韓國氣象廳進行全球天氣與氣候 預報系統短期交流研習

服務機關：交通部中央氣象局

姓名職稱：陳建河 簡任技正

張庭槐 科 長

張美玉 技 正

胡志文 副研究員

劉邦彥 技 佐

派赴國家/地區：韓國/首爾

出國期間：107 年 11 月 27 至 12 月 1 日

報告日期：108 年 2 月 20 日

摘 要

韓國氣象廳(Korea Meteorological Agency, KMA)為世界氣象組織(World Meteorology Organization, WMO)成員國之一，除了作業化的氣象預報之外，也有許多附屬的研究機構研發新的天氣與氣候模式，例如數值模式中心(Numerical Modeling Center, NMC)與國家數理研究所(National Institute for Mathematical Sciences, NIMS)，以及於 2011 年為了建置韓國氣象廳自己的大氣模式而成立的韓國大氣預報系統研究所(Korea Institute of Atmospheric Prediction Systems, KIAPS)。因此，此行希望透過訪問 KMA，可以更加瞭解彼此大氣與氣候模式發展狀況，並可能討論相關合作議題。

由於次季節預報到季節預報(2 至 4 周的預報)為未來中央氣象局全球模式預報發展的主軸之一，因此本次參訪主要參與討論的為 KMA 轄下單位包括氣候預報部(Climate Prediction Division, CPD)、NMC、KIAPS 以及 NIMS，討論內容涵括：中長期天氣與氣候預報及模式校驗方法、韓國下一代模式發展現況等等。

目 錄

壹、前言.....	4
貳、過程.....	5
參、心得與建議.....	7
肆、附錄.....	9
一、韓國氣象廳 107 年度交流互訪計畫議程表.....	9
二、107 年參訪韓國氣象廳相關照片及說明.....	11
三、英文縮寫名稱對照表.....	15

壹、前言

韓國氣象廳(Korea Meteorological Administration, KMA)為韓國環境部轄下之行政機關，主要負責氣象之測報作業與研究，同時也包含了地震、火山活動觀測與研究等相關事務。KMA 於 2010 年開始引進英國氣象局(United Kingdom Met Office, UKMO)之單一化模式(Unified Model, UM)作為作業預報用之全球模式系統直到現今，但期間 KMA 亦同時積極投入大量研發資源，於 2011 年成立韓國大氣預報系統研究所(Korea Institute of Atmospheric Prediction Systems, KIAPS)，全力發展其下一代之全球模式預報系統韓國整合模式(Korean Integrated Model, KIM)。

KIM 之動力核心架構採用波譜單元法(Spectral element method)，網格採用立方球形體(Cubed-Sphere)配置，格點系統與未來美國國家環境預報中心(National Center for Environmental Prediction, NCEP)將於 2019 年第一季上線作業之有限體積法第三代動力核心(Finite Volume Cubed-Sphere Dynamical Core 3, FV3) 全球模式相似，與過往全球模式甚至是資料同化系統所採用之高斯網格系統之間有相當大差異，因此全球模式採用立方球形體格點系統的同時，前端之資料同化系統勢必隨之更動。目前 KIAPS 已成功將資料同化系統建置於立方球形體之網格系統上，此舉大幅度提升了 KMA 全球模式(KIM)之預報能力。

於短期氣候預報作業上，KMA 轄下之國家數理研究所(National Institute for Mathematical Sciences, NIMS)引進 UKMO 所發展之第 5 代全球季節預報系統(Global Seasonal forecast system 5, GloSea5)作為短期氣候預報之作業系統，並與 UKMO 結盟，共同分享模式之輸出資料，以有效增加系集預報之發散度，供更具指標性的次季節預報，除此之外，更將模式後端產品應用於深度學習、公共衛生及地球系統等跨領域的運用與研究，使該模式之預報資料可發揮其最大價值。

由於次季節預報到季節預報(2 至 4 周的預報)為中央氣象局(以下簡稱氣象局)全球模式預報發展的主軸之一，同時目前氣象局已引進 NCEP FV3 全球預報系統(NCEP FV3 Global Forecast System, NCEP FV3GFS)，做為下一代之全球天氣預報系統，因此本次訪問除了瞭解 KMA 目前的氣候作業模式現況與校驗方法之外，也期望能參訪天氣與氣候模式發展團隊，藉此吸取 KMA 在天氣與氣候預報系統發展之成功經驗，並思考全球模式小組未來對於引進 NCEP FV3 後，其後續研發及後端應用價值的發展策略。

貳、過程

本次訪問及研習內容主要針對 KMA 的中長期預報及模式發展進行更深入之瞭解。參與討論的單位包括：氣候預報部(Climatic Prediction Division, CPD)、數值模式中心(Numerical Modeling Center, NMC)、KIAPS 及 NIMS。有關於本次研習之行程安排及雙方合影紀錄請參考附錄一、二。

11 月 27 日(星期二)，下午 12 點 25 分從桃園機場搭乘 KE692 航班出發，韓國時間下午 3 點 5 時抵達韓國仁川機場。

11 月 28 日(星期三)，主要與 CPD 的主任 Dr. Kim 會面，並贈送紀念品，緊接著便開始與 KMA 氣候預報組討論，上午的會議主要分享 KMA 與氣象局的長期預報並討論。KMA 在 2、3、5 月及 11 月各有一場媒體發表會，而每個月也會有新聞稿發給各家媒體，除使用 NIMS 所發展的 GloSea5 來做長期預報外，也有發展夏季梅雨的預報系統，以及與其他單位的模式合作。

下午主要分為 2 個部分，第 1 個部分為介紹 KMA 的氣候監測與分析，接著參訪 KMA 的資訊中心及預報中心。在氣候監測方面，韓國在 6、7 月及 8 月(June, July and August, 以下簡稱 JJA)時常會有熱浪發生，韓國 JJA 平均氣溫為攝氏 25.4 度，所以當每日最高溫超過攝氏 33 度時，KMA 就會發熱浪警告；晚上的最低溫度高於 25 度時，也會發夜間熱浪警告。由於臺灣夏季時常會達到 33 度，所以我們對韓國 33 度就發熱浪警告有點意外，但是 KMA 提醒韓國的 JJA 平均溫度是 25 度左右，33 度對他們來說已經很高了，就如同臺灣的寒潮爆發時，所降低的溫度對於韓國來說並不算相當寒冷。李清騰副研究員針對臺灣的物理經驗函式季預報進行討論，說明臺灣發展了適用於本身的預報因子來進行物理經驗預報。隨後，前往 KMA 資訊中心及預報中心參訪。KMA 預報中心在韓國的海邊架設了許多攝影機，隨時監看海象狀況，對於短期的天氣系統監看很有幫助。

11 月 29 日(星期四)，本日的會議主要與 KMA 模式發展的人員討論韓國目前的模式發展與校驗，以及下一代韓國天氣預報系統的發展現況。目前 KMA 於天氣預報作業之模式為 UKMO 所發展的 UM，整套系統中包括了全球模式、全球模式系集預報系統、東亞地區區域模式、區域資料同化與預報系統(Local Data Assimilation and Prediction System, LDAPS)、區域系集預報系統，以及區域即時資料同化與預報系統(Very short-range Data Assimilation and Prediction System, VDAPS)等。由於 KMA 為世界氣象組織(World Meteorology Organization, WMO)會員國之一，因此他們也使用了 WMO 所制定的標準校驗模式方法去檢驗 KMA 的模式。由於臺灣目前不是 WMO 會員國，因此若能與 KMA 持續聯繫，期望透過 KMA 學習 WMO 的校驗方式來校驗氣象局自己的模式。在聽取完 NMC 的作業化模式介紹之後，劉邦彥技佐介紹了其目前新發展的動力核心使得大氣模式可以更有效率的做中短期天氣預報，陳建河簡任技正也介紹了目前氣象局的模式發展，以及未來的規劃，過程中透過積極提問與回應，始得雙方更加深入瞭解彼此模式發展現

況及未來走向。

KMA 在 2011 年開始成立 KIAPS，並著手研發屬於自己的大氣模式 KIM。KIAPS 之編制包含 57 位博士後研究員及 12 位行政人員，除發展模式外，也同時進行模式校驗。目前機構運作已進入後期階段，預計於 2020 年將發展完成的大氣模式移交給 KMA 作業化。

11 月 30 日(星期五)，主要與 CPD 和 NIMS 討論 KMA 目前次季節預報的發展。目前 KMA 使用 GloSea5 的海氣耦合模式來做次季節預報，而 NIMS 主要為發展 GloSea5 模式。GloSea5 為 UKMO 所發展的系集預報模式，時間尺度為月預報到季預報。這個耦合模式除大氣與海洋外，還耦合海冰及陸地模式。目前 KMA 所處理事後預報資料，因為電腦資源關係，是從 1991 年開始模擬。為了解 GloSea5 的可預報度，主要針對聖嬰現象—南方震盪(El Niño–Southern Oscillation, ENSO)、冬季的北極震盪(North Atlantic Oscillation, NAO)、馬登—朱利安振盪(Madden Julian Oscillation, MJO)、赤道地區海溫、赤道地區降雨、季節性降雨等現象來校驗模式。

由於韓國位於中緯度地區，極區海冰的變化對於韓國的氣候也會有影響，因此除聖嬰現象等低緯度地區的現象外，他們也模擬極區的海冰變化現象。在氣象局的報告方面，李清騰副研究員也針對目前氣象局所發展的次季節預報產品做了簡介，目前氣象局使用了許多指標與統計方法來檢驗模式結果以及做次季節與季節預報。除次季節與季節預報外，李副研究員的團隊也做了新的熱帶氣旋預報系統，由於韓國也做熱帶氣旋預報，因此李副研究員也對此向 KMA 提出資料交換之建議，我們也可以利用自有的系統來檢驗熱帶氣旋的模擬及預報結果，除可檢驗自有的系統外，也可以提供韓國資訊。本日下午有 NIMS 的研究員參加，因此胡志文副研究員介紹了目前氣象局作業中的海氣耦合氣候模式，同時也對其正開發中的新氣候模式表現結果進行討論。

行程最後的討論，由於本次參訪，KMA 協助我們參訪了許多韓國氣象廳的預報與研發單位，不論是天氣到氣候模式，或目前的天氣預報模式到下一代的天氣預報模式發展，我們都有深入的概念。另外，也為未來的合作可能性進行了討論，除了有關氣象局的熱帶風暴追蹤系統(Tropical Cyclone Tracker, TC Tracker)的合作之外，氣象局的區域氣候模式也對於 NIMS 中的東亞地區整合區域氣候降尺度實驗(Coordinated Regional climate Downscaling Experiment – East Asia, CORDEX-EA)計畫很有興趣，因此 NIMS 的 Dr. Hyung 將於會後提供該計畫聯絡人資訊給我們，以便未來進行進一步的聯繫。由於臺灣不是 WMO 會員國，因此在取得 WMO 的資料會有些困難，但 KMA 提到，之後將會把一些資料提供給我們參考與使用。此外，氣象局也不定時的會舉行天氣與氣候模式相關的研討會，希望能邀請 KMA 的專家學者們一同參與。

行程的最後，參訪人員於 12 月 1 日(星期六)，下午 4 點 20 分從韓國仁川機場搭乘 KE693 航班出發，臺灣時間下午 6 點 15 時抵達臺灣桃園機場。

參、心得與建議

本次交流研習主要接觸到 2 大領域，分別為長期預報作業與模式發展，在長期預報作業的參訪中，除了聽取氣候預報部的介紹外，亦共同參與其預報討論會，過程中發現其運作方式與氣象局相似，亦是採用 3 分類機率之方式呈現月季預報結果，但較為不同的地方在於，氣象局的預報單中呈現的僅是數字與文字之描述，但 KMA 在月季 3 分類機率預報（圖 1），則是採用長條圖且搭配顏色來呈現，其視覺化的效果讓資訊接收者可以產生更清晰易懂的感受，並且很快速地就可以將訊息烙印在腦海之中。大量資訊如何整合且有效地傳達是一門專業的學問，雖然氣象局的主要業務是精進並提升預報產品的精確度，但如何將氣象局的產品以一般民眾可以接受的方式傳達，而非使用過度專業的圖表，這亦是氣象局未來仍須努力的課題之一。

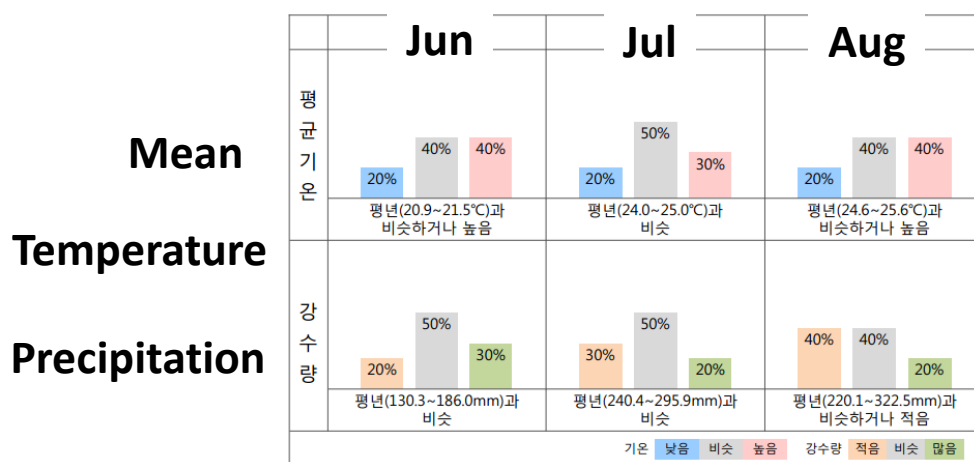


圖 1. KMA 月季 3 分類機率預報圖。(摘錄自 CPD 提供之簡報檔)

就模式發展部分，KMA 發展數值天氣預報之歷史，可以追溯自 2010 年起，當時 KMA 採用了 UKMO 的 UM 做為天氣預報之作業模式直到現今，但另一方面亦成立了 KIAPS 積極自主發展下一代之全球天氣模式。在採用 UM 做為作業模式之過程中發現，縱使 KMA 與 UKMO 採用了相同版本之全球模式，其積分之表現仍略低於 UKMO 之表現，相信 KMA 亦理解到資料同化系統之資料品質對於短期天氣預報有相當大的影響，因此 NMC 之人員亦花費了相當大的力氣針對資料同化的品質進行控管，並在 WMO 所制定的準則下開發校驗模式工具，進一步幫助模式小組了解模式之問題並改善。

在次季節至季節預報上，KMA 亦引進 UKMO 所發展之 GloSea5 做為主要作

業之全球氣候模式，雖然在數值模式上僅是使用者，但在應用面上，除了與 UKMO 簽訂合作協議分享模式預報資訊外，NIMS 更積極發展模式資料後端的應用分析，進一步提升模式的應用價值，如此的研究過程更可以了解模式中之物理特性，且因 GloSea5 為一耦合模式，地球系統的交互作用更可藉由模式中的耦合過程而得到一些分析與驗證。

此外，KIAPS 對於下一代全球模式 KIM 的介紹，內容上雖是較為廣泛性的介紹，但同時分享了一本論文集，其中內容包含他們正在發展中的全球預報系統相關技術之文獻，而整本論文集便訴說著過去 8 年來的所有心血成果，也顯示了 KMA 對於自主發展數值天氣預報系統的堅定決心。

氣象局目前已引進 NCEP FV3GFS，並規劃做為下一代作業化之全球模式，其狀態上就好比 2010 年當時的 KMA，氣象局全球模式小組現階段也逐漸將模式發展的能量逐漸轉為投入研究並熟悉 NCEP FV3GFS 這套模式系統架構，現今也唯有紮紮實實地做好全球預報系統中的每一個環節，才有可能將 NCEP FV3GFS 在氣象局中發揮出最大效益。另外，除正確地將 NCEP FV3GFS 建構於氣象局外，氣象局未來仍必須思考要如何經營與 NCEP 之合作關係，畢竟 NCEP FV3GFS 被定位成所謂的共有模式 (community model)，建議氣象局未來仍需投入更多人力資源針對這個模式進行更深入的研究，甚至進一步發展更新的數值技術或是物理參數化，且回饋至這套模式之中，與世界各地之使用者共享。此外，保持如此的研發能量，除了改善目前這套 NCEP FV3GFS 外，更可為發展氣象局下一代全球模式打下一定的基礎，亦更能培養出更多不同領域的專家，為氣象局之數值天氣預報發展注入更多活水。

肆、附錄

一、韓國氣象廳 107 年度交流互訪計畫議程表

Agenda and plans for CWB Experts Visit

28-30 November 2018

KMA climate Prediction Division, Seoul, Korea

-	Departure (12:25 in TPE) → Arrival (15:50 in ICN) by KE692
Wednesday, 28 November	
10:00~10:30	Meeting with director general of Climate Science Bureau & director of Climate Prediction Division (CPD)
10:30~12:00	<p>(KMA) Introduction to Long-range forecast of KMA <i>Mr. Seo Taegun, (Climate Prediction Division)</i></p> <p>(CWB) CWB Long-range Forecast Services <i>Dr. Lee Ching-Teng, (Research and Development Center)</i></p> <p>※ long-range forecast briefing(KMA: Ms. Lim Juyoun)</p>
12:00~14:00	Lunch
14:00~16:00	<p>(KMA) Status of Climate monitoring and analysis <i>Ms. Lim Juyoun, (Climate Prediction Division)</i></p> <p>(CWB) The physics-based empirical forecast models for seasonal climate. <i>Dr. Lee Ching-Teng, (Research and Development Center)</i></p>
16:00~17:00	National Meteorology Center & Information and communication Center Tour in KMA building
18:00~20:00	Dinner
Thursday, 29 November	
10:00~11:30	<p>(KMA) Introduction to KMA operational numerical prediction system Data assimilation for KMA operational global system. <i>Ms. Shin Hyun-Cheol, (Numerical Model Development Division, Numerical Modeling Center)</i></p> <p>(CWB) Use of Non-iteration Dimensional-split Semi-Lagrangian (NDSL) in Central Weather Bureau Global Forecast System <i>Mr. Liu Pang-Yen, (Research and Development Center)</i></p>
11:30~13:30	Lunch

13:30~15:30	<p>(KMA) Introduction to KMA operational global model <i>Dr. Boo Kyung-On, (Numerical Model Development Division, Numerical Modeling Center)</i></p> <p>(KMA) Verification for KMA operational numerical prediction system <i>Mr. Park Sangwook, (Advanced Modeling Infrastructure Team, Numerical Modeling Center)</i></p> <p>(CWB) The CWBGFS - Now and future (2018-2023) <i>Dr. Chen Jen-Her, (Meteorological Information Center)</i></p>
15:30~17:30	<p>(KMA) Development of a non-hydrostatic global atmospheric model in KIAPS <i>Dr. Kim JungEun (Korea Institute of Atmospheric Prediction Systems)</i></p> <p>(KMA) Hybrid Data Assimilation System in the KIAPS <i>Dr. Kwon InHyuk (Korea Institute of Atmospheric Prediction Systems)</i></p>
Friday, 30 November	
10:00~11:30	<p>(KMA) Status of Subseasonal prediction development <i>Dr. Park Byoung-Kwon, (Climate Prediction Division)</i></p> <p>(CWB) Introduce subseasonal forecast product in CWB. <i>Dr. Lee Ching-Teng, (Research and Development Center)</i></p>
11:30~13:00	Lunch
13:30~15:30	<p>(KMA) Current Climate prediction model <i>Dr. Hyun Yu-Kyoung, (Earth System Research Division)</i></p> <p>(CWB) Seasonal Forecast System <i>Dr. Hwu Jyh-Wen (Research and Development Center)</i></p> <p>(CWB) The 45 Days CWBGFS Ensemble Prediction System based on Singular Vector <i>Dr. Chen Jen-Her, (Meteorological Information Center)</i></p>
15:30~17:00	<p>Total Discussion</p> <p>Wrap-up meeting</p>
Saturday, 1 December	
-	Departure (16:20 in ICN) → Arrival (18:15 in TPE) by KE693

二、107 年參訪韓國氣象廳相關照片及說明



11 月 28 日 陳建河簡任技正贈送 CPD 主任 Dr. Kim 紀念品。



11 月 28 日 參訪人員與 CPD 討論 KMA 最新次季節預報產品與應用。



陳建河簡任技正贈送氣候科學局局長 Mr. Kim 紀念品。



參訪人員與氣候科學局局長 Mr. Kim、NIMS ESRD 副主任 Dr. Hyun、CPD 主任 Dr. Kim、Dr. Park 合影。



11 月 29 日 陳建河簡任技正報告。



11 月 29 日 KMA NMC(Numerical Modeling Center)Dr. Boo 報告 KMA 作業用全球模式現況。



11月30日參訪人員於KMA中庭與CPD組員合影。

三、英文縮寫名稱對照表

英文縮寫	英文全名	中文全名
CORDEX- EA	Coordinated Regional climate Downscaling Experiment – East Asia	東亞地區整合區域氣候降 尺度實驗
CPD	Climate Prediction Division	氣候預報部
ENSO	El Niño–Southern Oscillation	聖嬰現象-南方震盪
FV3	Finite Volume Cubed-Sphere Dynamical Core 3	有限體積法第三代動力核 心
GFS	Global Forecast System	全球預報模式
GloSea5	Global Seasonal forecast system 5	第五代全球季節預報系統
KIAPS	Korea Institute of Atmospheric Prediction Systems	韓國大氣預報系統研究所
KIM	Korean Integrated Model	韓國整合模式
KMA	Korea Meteorological Agency	韓國氣象廳
LDAPS	Local Data Assimilation and Prediction System	區域資料同化與預報系統
MJO	Madden Julian Oscillation	馬登－朱利安振盪
NAO	North Atlantic Oscillation	北極震盪
NCEP	National Center for Environmental Prediction	美國國家環境預報中心
NMC	Numerical Modeling Center	數值模式中心
NIMS	National Institute for Mathematical Sciences	韓國國家數理研究所
TC Tracker	Tropical Cyclone Tracker	熱帶風暴追蹤系統
UKMO	United Kingdom Met Office	英國氣象局
UM	Unified Model	單一化模式
VDAPS	Very short-range Data Assimilation and Prediction System	區域即時資料同化與預報 系統
WMO	World Meteorology Organization	世界氣象組織