

科技部補助專題研究計畫年度成果報告

臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置 (2/3)

計畫類別： 整合型計畫

計畫編號： MOST 103 - 2621 - M - 865 - 001

執行期間： 103 年 5 月 1 日至 104 年 5 月 31 日

執行機構及系所：國家災害防救科技中心、交通部中央氣象局交通部中央氣象局氣象科技研究中心、國立臺灣大學生物環境系統工程學系暨研究所、國立臺灣師範大學地理學系(所)、國立臺灣師範大學地球科學系(所)、國立交通大學土木工程學系、國立中央大學大氣科學系、臺北市立大學地球環境暨生物資源學系、中國文化大學大氣科學系、長榮大學職業安全與衛生學系、中央研究院環境變遷研究中心、農委會農業試驗所農業工程組、財團法人國家實驗研究院高速網路與計算中心

計畫主持人：林李耀研究員

共同主持人：葉天降副局長、盧孟明研究員、柳再明簡任技正、鄭克聲教授、翁叔平副教授、洪致文教授、鄒治華教授、黃婉如助理教授、陳正達教授、葉克家教授、林沛練教授、洪志誠教授、蘇世顥助理教授、吳佩芝副教授、劉紹臣院士、許晃雄研究員、林傳堯副研究員、姚銘輝研究員、林錫慶研究員、于宜強副研究員、陳韻如助研究員、張志新副研究員、吳宜昭助研究員、朱容練助研究員、劉俊志助研究員、鄭兆尊副研究員、陳永明副研究員

協同研究人員：陳亮全教授、程家平主任、陳雲蘭技正、陳孟詩課長、卓盈旻博士、沈里音科長、陳進益技士、鄭琇孺技正、吳亭燁助研究員、黃柏誠助研究員、李欣輯副研究員、郭士筠助研究員、陳偉柏助研究員、蘇元風助研究員、魏曉萍助研究員

博士後研究：趙益群博士、徐永衡博士、童裕翔博士

中 華 民 國 104 年 5 月

摘要

本年度為台灣氣候變遷推估與資訊平台計劃 (TCCIP) 第二期的第二年,本年度最主要成果包含 IPCC AR5 統計降尺度資料產製與對外提供服務,兩組高解析度 GCM 動力降尺度資料模擬與分析比較,公衛、農業、水資源及災害領域應用 AR5 資料的技術發展與評估結果,以及建置新版的氣候變遷資訊平台網站,科技部並於 104 年 5/27 召開對外記者會正式公告。該網站整合了 TCCIP 目前主要的執行成果,同時提通線上申請資料服務,該平台網站提供國內氣候變遷推動相關工作上完整豐富的參考內容,本計畫已通過 Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences (TAO) 專刊申請,預計將研究成果刊登於 TAO 期刊之上。

各分組的主要成果簡述如下：

第一工作小組 (Team1) 本計畫年度在氣候現象分析部分,工作重點在極端降雨變化趨勢、春季環流特徵及鋒面降雨分析...等,並完成氣候現象探討及評估量表的製作,提供氣候變遷相關衝擊研究及政策制定者對氣候現象物理機制的瞭解。

第二工作小組 (Team2) 完成 CMIP5 全球氣候模式資料的降尺度推估以及建立極端指標之統計降尺度方法,完成三個未來情境下 11 種降水與 9 種溫度極端指標變化之分析。動力降尺度部份,完成 HiRAM 與 MRI 全球模式之動力降尺度及全球暖化環境下歷史颱風事件模擬實驗模組建置,並分析過去與未來動力降尺度之季節降水特性。

第三工作小組 (Team3) 的任務主要為氣候變遷資料銜接與應用推廣,著重氣候變遷上下游資料推廣關鍵技術研發。本年度進行模式的偏差校正分析,包括颱風事件降雨偏差校正、日輻射資料比較與偏差校正及最劣情境假設等,以解決農業、公衛及全流域防災應用上的問題。

第四工作小組 (Team4) 在氣候變遷資料服務方面,完成資料申請平台提供線上資料申請服務、辦理全國分區資料說明會、專家座談會...等,第二期計畫服務的國內研究計畫已超過 75 個。本計劃並完成新版資訊平台網站的架設與內容建置,提供 AR5 資料完整的圖表資訊呈現以及豐富的氣候變遷研究報告以及影音資料,同時完成氣候知識 FAQ,以及重要報告摘要等知識轉譯文章以及 IPCC 第五次評估統整報告) 影片中文版製作。

關鍵詞：氣候評估量表、極端指標、降尺度、偏差校正、資料服務、氣候科學知識

Abstract

The Project “Taiwan Climate Change Projection and Information Platform” (TCCIP) phase II is carried out in the second year. In this year, the substantial outcomes of TCCIP are summarized as follows: the data production and services of IPCC AR5 statistical downscaling data, simulation and comparative analysis for the two sets high resolution GCM dynamical downscaling data, the evaluation and application of AR5 data on public health, agriculture, water resource and disasters management fields, and the new version of TCCIP web platform. The ministry of science and technology hold a press conference for the web platform on 27 May 2015. The main outcomes of TCCIP are released on the website which also provides online data services and references of climate change in Taiwan. This project has applied to a special issue for the journal of Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences (TAO), and our results will be published in the journal.

Overall, the substantial outcomes are summarized as follows:

The key results of Team1 in this project on phenomena matrix: validated the extreme rainfall trend, large scale parameters in spring and the associated front precipitation and so on. Meanwhile, we’ve also done the climate phenomena analysis and the related validation table to prove the research on the adaptions of climate change and the police maker understood the physical mechanism in climate.

Team2 finish the dynamic downscaling based CMIP5 CGCM simulations and the methodology in statistic downscaling of 11 precipitation and 9 temperature extreme indices under 3 future scenarios. For dynamic downscaling, we’ve done the simulations based on the GCMs of HiRAM and MRI, and the experience of historical typhoon based on the global warming. We also analysis the features of seasonal precipitation in present climate and future projection in these downscaling simulations.

The main tasks of Team 3 are connecting, applying and promoting climate change data with research and development of key technologies. This year, Team 3 modifies the model bias corrections, including extreme rainfalls in Typhoon events, daily radiation, and the worst case supposition in water resources. These results helped solving the gaps in applications of agriculture, public health, and watershed disaster prevention.

In terms of delivering climate service covering data and science knowledge, Team4 has launched the second version of climate information platform website. The website provides complete sets of data of IPCC Fifth Assessment Report (AR5), climate change research papers, reports and videos, along with climate science knowledge articles, summaries of important reports, and the traditional Chinese version of IPCC AR5 Synthesis Report video. Team 4 has also

organized series of promotion and training events including nationwide introduction tour of climate data service, expert meetings. There are 75 data applications from varies of research projects served by us.

keywords: phenomena matrix, downscaling, bias correction, data service, climate science knowledge

目錄

第一章 前言.....	1
1.1 TCCIP 第二期計畫整體規劃	1
1.2 本年度工作重點及成果.....	4
Team1: 臺灣地區氣候變遷觀測與模式資料分析	6
工作重點項目	6
進度與成果說明	6
Team2: 氣候變遷降尺度推估技術發展與資料產製	8
工作重點項目	8
進度與成果說明	8
Team3: 氣候變遷資料應用技術發展與研究	10
工作重點項目	10
進度與成果說明	10
Team 4: 氣候資料服務與推廣應用	13
工作重點項目	13
進度與成果說明	13
第二章 臺灣地區氣候變遷觀測與模式資料分析	17
2.1 背景說明	17
2.2 氣候現象分析	18
2.2.1 極端降雨變化趨勢	18
2.2.2 春季環流特徵分析	19
2.2.3 春季鋒面降雨分析	21
2.3 氣候現象評估量表	21
2.3.1 寒潮氣候現象量表與變遷分析	22
2.3.2 水資源現象量表	25
2.3.3 梅雨季之氣候現象量表	25
2.3.4 極端高溫現象量表	26
2.3.5 颱風易向臺灣移行現象量表與環流特徵	28
2.3.6 秋季豪雨 (極端降雨)	28

2.4 海平面變化趨勢.....	29
2.4.1 研究背景.....	29
2.4.2 研究成果.....	29
2.5 臺灣地區氣候變遷資料之建置與現象分析.....	30
2.5.1 氣象資料數位化.....	30
2.5.2 臺灣降雨指數.....	31
2.5.3 乾旱指標分析.....	32
參考文獻.....	34
 第三章 氣候變遷降尺度推估技術發展與資料產製.....	 35
3.1 背景說明.....	35
3.2 統計降尺度的執行與技術研發.....	36
3.2.1 極端指標.....	36
3.3 動力降尺度的執行與技術研發.....	38
3.3.1 動力降尺度之季節降水與溫度分析.....	38
3.3.2 全球暖化環境下歷史颱風事件模擬.....	40
3.4 動力降尺度中氣候變遷原因主題式的探討.....	42
3.4.1 冬、春季降雨變遷特徵之探討.....	42
3.4.2 日夜變化與夏季午後陣雨變遷特徵之探討.....	44
3.4.3 颱風變遷特徵之探討.....	46
3.4.4 極端氣溫變遷特徵之探討.....	48
參考文獻.....	50
 第四章 氣候變遷資料應用技術發展與研究.....	 51
4.1 氣候變遷降尺度資料應用技術研發.....	52
4.1.1 動力降尺度颱風事件降雨之偏差校正.....	52
4.1.2 日輻射資料比較與偏差校正.....	52
4.1.3 假設最劣假設情境.....	55

4.2 農業、公衛相關領域應用技術研發.....	56
4.2.1 因應農糧與公衛研究需求衍生未來氣候情境下之日氣象資料.....	56
4.2.2 農業領域應用.....	58
4.2.3 公衛領域—氣候變遷對民眾健康影響.....	63
4.3 高屏溪全流域防災影響評估整合方法建立.....	64
4.3.1 MRI-WRF 動力降尺度降雨偏差校正後颱風事件排序之探討.....	65
4.3.2 極端降雨對於高屏溪上游坡地之土砂影響.....	66
4.3.3 高屏溪流域河道水位演算與淹水模擬.....	70
4.3.4 氣候變遷對高屏溪河道輸砂行為之影響.....	71
4.3.5 連續颱風事件模擬概念.....	74
4.4 水資源影響與評估.....	74
4.3.1 氣候變遷降雨特性探討.....	74
4.3.2 氣候變遷對流量影響.....	76
第五章 氣候資料服務與推廣應用.....	79
5.1 完成 TCCIP 新版網站，提供更多知識與資訊.....	79
5.2 完成資料申請平台，提供多元的氣候資料服務.....	81
5.3 持續相關推廣活動，啟動知識轉譯與科學溝通.....	84
5.3.1 舉辦各式推廣活動（使用者經驗分享研討會、資料說明會、專家座談）.....	84
5.3.2 計畫形象與推廣文宣設計.....	86
5.3.3 知識轉譯.....	87
5.4 完成編撰第二版科學報告第一冊草稿.....	89
5.5 通過 TAO 專刊申請，預計第三年度計畫結束前完成專刊出版.....	91
第六章 國際學術交流.....	93
6.1 持續進行氣候資料交換（日本）.....	93
6.2 舉辦國際研討會（國外學者來臺交流）.....	93
6.3 執行短期移地研究工作（英國）.....	97

第七章 第三年度工作規劃.....	99
7.1 Team1 臺灣地區氣候變遷觀測與模式資料分析	99
7.2 Team2 氣候變遷降尺度推估技術發展與資料產製	101
7.3 Team3 氣候變遷資料應用技術發展與研究	104
7.4 Team4 氣候資料服務與推廣應用	107

表目錄

表 1.1	TCCIP 第一工作組 (Team1) 本計畫年度工作重點項目及其成果.....	6
表 1.2	TCCIP 第二工作組 (Team2) 本計畫年度工作重點項目及其成果.....	8
表 1.3	TCCIP 第三工作組 (Team3) 本計畫年度工作重點項目及其成果.....	10
表 1.4	TCCIP 第四工作組 (Team4) 本計畫年度工作重點項目及其成果.....	13
表 2.1	臺北測站冬季各月份寒潮發生次數及低溫日數及其在整個冬季所佔的比例。	23
表 3.1	各模式和觀測於西北太平洋和影響臺灣地區之現在和世紀末時期的颱風總數及各強度颱風所占比率 (單位：%)	47
表 3.2	模式與觀測之 TWCN 颱風比較表。相關計算範圍為 110-160°E, 5-35°N。	48
表 3.3	NCEP-WRF 1979-2003 時期與 ECHAM5-WRF、MRI-WRF 在 1979-2003、2015-2039、2075-2099 三個時期極端低溫日閾值 (單位：°C)。	49
表 4.1	本計畫產製之資料清單與使用對象	58
表 4.2	土石流情境模擬結果	68
表 4.3	高屏溪歷史颱風事件與氣候變遷下最極端降雨事件推估之崩塌土砂量及崩塌率結果	69
表 4.4	高屏溪集水區在氣候變遷條件下基期及世紀末土砂產量成果	69
表 5.1	新版及舊版網站內容及功能比較	81
表 5.2	TCCIP 對外提供的資料列表	83
表 5.3	第二版科學報告第一冊的章節架構與主筆作者	90
表 6.1	2015 國際研討會講者與其講題	94
表 7.1	「臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置(3/3)」經費預核清單.....	110
表 7.2	TCCIP-II 第三年度經費使用規劃	111

圖目錄

圖 1.1	TCCIP 計畫之整體目標	2
圖 1.2	TCCIP 計畫與各部會氣候變遷相關計畫之關係圖	2
圖 1.3	TCCIP 第二期計畫之參與單位與對內對外關係架構圖	3
圖 1.4	四個工作小組分工架構圖	4
圖 2.1	Team1 工作規劃架構圖	17
圖 2.2	氣象局 23 個局屬測站分布圖與 6 個各區域代表測站的 RX1day 每年變化時間序列，其中阿里山 (Alishan) 與玉山 (Yushan) 為高山測站。	19
圖 2.3	青康藏高原附近地表溫度時序圖。	20
圖 2.4	1950-2011 年冬季寒潮發生次數及低溫日數。	23
圖 2.5	寒潮偏多年份海平面氣壓、500hPa 高度場、地面風場合成之平均場及距平場。	24
圖 2.6	1950~2098 年 CMIP5 模式系集平均後之 (a) 寒潮次數、(b) 低溫日數及 (c) 48 小時降溫幅度，直方圖為年變化，紅色實線為 9 年滑動平均線。	24
圖 2.7	基隆潮位資料第一期均一化後 (a) 與重新調整修正後 (b) 海平面分析比較圖	30
圖 2.8	測站 SPEI 資料，經過 REOF 分後，得到的時間序列 (principal component, PC 值)。	32
圖 2.9	臺灣測站 SPEI 資料，經 REOF 分析後，得到不同主模 (mode) 在不同季節時的乾溼變化空間分佈。	33
圖 3.1	Team2 工作規劃架構圖	35
圖 3.2	臺灣地區各極端氣候指標在四情境下 CMIP5 各氣候模式之中位數於世紀末氣候變化百分比 (%) 分布圖。	37
圖 3.3	臺灣地區各溫度極端氣候指標在四情境下 CMIP5 各氣候模式之中位數於世紀末氣候變化量分布圖。	37
圖 3.4	世紀末時期 (2076-2099 年) 降尺度的氣候推估結果在各季節臺灣地區的降水變化率(通過 95%的統計檢定)。第一列為 WRF-MRI、第二列為 WRF-HiRAM 的結果。單位：%	39
圖 3.5	世紀末時期 (2076-2099 年) 的氣候推估結果在各季節的日均溫變化。第一列為 WRF-MRI、第二列為 WRF-HiRAM 的結果。單位：oC	39

圖 3.6	降尺度前 (左圖) 後 (右圖) 之年平均颱風降雨和平均降雨強度指標在 21 世紀末改變率 (%) 的空間分布圖。	40
圖 3.7	(a) 是 2009 莫拉克颱風降雨模擬結果, (b)、(c) 是 2009 莫拉克在 A1B 及 RCP8.5 的 21 世紀末暖化情境下的總降雨改變率。	41
圖 3.8	模式世紀末 (2076-2099) 與基期 (1979-2003) 的環流場差異。分別為 A. 海平面氣壓場 (hPa)、B. 850hPa 南北向風場 (m/s) 的春季氣候值分布圖。	43
圖 3.9	紅色圈為模式 Performance Index 的值。模式 1-4 分別代表第一期 MRI 模式、第二期的 MRI 模式 HiRAM 模式及 CAM5 模式等四組動力模式降尺度資料。	43
圖 3.10	臺灣夏季(JJA)時雨量平均, (a) 為 TCCIP 網格化降雨資料 (Grid-TCCIP v2), (b)、(c) 分別為 HiRAM、WRF-HiRAM 之分析結果。	44
圖 3.11	(a)、(b)、(d) 分別為 HiRAM、WRF-HiRAM 臺灣 TSA 頻率平均之分布, 而 (c)、(e)為 HiRAM、WRF-HiRAM 世紀末 (2075~2099) 減去現在 (1979~2003) 的差值。	45
圖 3.12	(a)、(b)、(d) 分別為 HiRAM、WRF-HiRAM 臺灣 TSA 降雨強度平均之分布, 而 (c)、(e) 為 HiRAM、WRF-HiRAM 世紀末 (2075~2099) 減去現在 (1979~2003) 的差值。	45
圖 3.13	西北太平洋颱風路徑密度分布圖	46
圖 3.14	JTWC 1979-2003 年 6-11 月 TWCN 颱風軌跡及 2.5x2.5° 通過頻率。	48
圖 3.15	影響西北太平洋颱風軌跡機制之示意圖。	48
圖 3.16	各時期冬季低溫日大尺度系統與冬季氣候平均的差異分布狀況, 分別為 (a) ECHAM5 1979-2003 時期、(b) ECHAM5 2015-2039 時期、(c) ECHAM5 2075-2099 時期、(d) MRI 1979-2003 時期、(e) MRI 2015-2039 時期與(f) MRI 2075-2099 時期。	49
圖 4.1	Team3 與其他工作小組之關聯	51
圖 4.2	颱風降雨事件之總降雨量 (a) 測站資料; (b) MRI-WRF 校正前; (c) MRI-WRF 校正後	52
圖 4.3	全臺灣日輻射觀測站與資料數化成果	53
圖 4.4	衛星影像繁衍之日輻射量資料 (年平均: 2014/3/25 ~ 2015/3/24)	53
圖 4.5	MRI-WRF 動力降尺度資料偏差校正前後展示圖	54

圖 4.6 AR4 A1B 之 MRI-WRF 動力降尺度日輻射量資料.....	54
圖 4.7 AR5 RCP8.5 之統計降尺度日輻射量資料	55
圖 4.8 假設水資源最劣情境之示意圖	56
圖 4.9 AR4 與 AR5 最劣情境之降雨改變率比較	56
圖 4.10 AR5-RCP 8.5-ensemble 資料驗證成果圖	57
圖 4.11 AR4 統計降尺度資料；(a) 基期 (1980~1999)、(b) 近未來 (2020~2039) 及 (c) 21 世紀末 (2080~2099) 之第一期作水稻生育期間 (2~6 月) 日射 量之網格面化圖	59
圖 4.12 臺灣各鄉鎮市區第一期作水稻模擬產量，(a)基期、(b)近未來、(c)世紀 末	60
圖 4.13 相較於 AR4 統計降尺度基期；(a) 近未來及 (b) 世紀末水稻產量改變 率之面化圖	60
圖 4.14 MRI 動力降尺度颱風事件模擬農糧署各分署轄區縣市水稻災害基期與 世紀末 (RCP8.5) 平均被害程度 (%) 及改變率 (%)：(世紀末平均被害 程度 / 基期平均被害程度)-1 x 100%。	61
圖 4.15 MRI 動力降尺度颱風事件模擬，不同季節之颱風所造成水稻災害基期與 世紀末(RCP8.5) 縣市平均被害程度及改變率：(世紀末平均被害程度 / 基期平均被害程度)-1 x 100%	62
圖 4.16 全臺於各時期登革熱危險地區分布圖。	63
圖 4.17 臺灣地區於 IPCC AR5 RCP8.5 情境的增溫分布圖 (a) 2016-2035 年 (b) 2046-2065 年 (c) 2081-2100 年	64
圖 4.18 全流域防災資料串接方法概念圖	65
圖 4.19 高屏溪總降雨量排序之前 20 場颱風事件之比較	66
圖 4.20 高屏溪世紀末累積 24 小時排序之前 20 場颱風事件之比較	66
圖 4.21 基期與世紀末最大 24 小時累積雨量與平均降雨延時成果圖	67
圖 4.22 基期與世紀末兩時期下無因次化後的平均崩塌率分布	67
圖 4.23 TOP1-TOP5 淹水水深比較圖	70
圖 4.24 TOP1-TOP5 淹水深度統計	70
圖 4.25 高屏溪基期與世紀末最極端事件下之淹水模擬結果與溢堤位置	71
圖 4.26 高屏溪本流在極端氣候下洪峰流量水位與左右護岸相對關係圖	72

圖 4.27 極端氣候下高屏溪整體水流流況分布情形	72
圖 4.28 高屏溪澗線變化趨勢	73
圖 4.29 高屏溪澗線底床高程變化與延程累積泥砂量成果圖	73
圖 4.30 2008 年辛樂克颱風、哈格比颱風及薔蜜颱風在里嶺大橋所量測之實測 流量歷線	74
圖 4.31 最劣情境假設下近未來與世紀末 RCP4.5 與 RCP8.5 情境月降雨改變率	75
圖 4.32 近未來與世紀末豐枯水期降雨改變率成果圖	76
圖 4.33 不同排放情境下的世紀末豐枯水期流量變化以大漢溪為例	77
圖 4.34 AR4 與 AR5 豐枯水期流量變化比較以隘寮溪為例	77
圖 5.1 第二期資訊平台首頁	80
圖 5.2 第二期資訊平台相關功能頁面	80
圖 5.3 資料申請平台首頁	82
圖 5.4 資料申請平台友善的資料申請頁面 (左圖) 與審核頁面 (右圖).....	82
圖 5.5 TCCIP 資料申請平台申請件數統計	84
圖 5.6 「2014 TCCIP 臺灣氣候變遷推估資料說明會」活動情形	85
圖 5.7 問卷結果	86
圖 5.8 TCCIP 標誌介紹	87
圖 5.9 TCCIP 簡報版型 (左) 與海報版型 (右).....	87
圖 5.10 氣候變遷新聞網頁	88
圖 5.11 IPCC 影片截圖	89
圖 6.1 2015 國際研討會活動剪影：研討會場內情形、研討會講者大合照	96
圖 7.1 Team1 三年重點工作關聯圖	101
圖 7.2 氣候表現量表示意圖	102
圖 7.3 Team2 三年重點工作關聯圖	103
圖 7.4 Team3 工作進展與第三年規劃	105
圖 7.5 Team3 三年重點工作關聯圖	106
圖 7.6 Team4 三年重點工作關聯圖	109

第一章 前言

1.1 TCCIP 第二期計畫整體規劃

政府間氣候變遷專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 第一工作組 (Work Group I) 於 2013 年公布第五次評估報告 (AR5): “*Climate Change 2013: The Physical Science Basis*”。該報告指出 1880 至 2012 年間, 全球平均溫度上升 0.85°C , 並出現加速增溫的現象, 海平面高度升高, 熱浪、乾旱及豪大雨等極端氣候發生的強度與頻率增加。從 1950 年起, 開始有更全面而多樣的觀測, 透過古氣候的重建, 回溯到數百年至數百萬年前; 綜合這些資料所提供對於大氣、海洋、冰雪圈及地表的變異與長期變遷的全面性檢視, 氣候系統的暖化是毋庸置疑的。從 1950 年開始, 許多被觀測到的氣候變化是在過去數十年到數千年間都未曾發生過的。

在全球暖化的衝擊下, 聯合國亦多次呼籲各國政府一方面需持續減少溫室氣體排放以減緩全球暖化, 另一方面須積極面對氣候變遷產生的衝擊並採取積極的調適作為。臺灣屬於高災害風險地區, 氣候變遷的衝擊影響受到政府與民眾強烈關注, 氣候變遷與國土安全問題已成為臺灣不容忽視的課題。我國政府依據聯合國發展規劃署與全球環境基金 (United Nations Development Programme-Global Environment Facility, UNDP-GEF) 所提出的氣候變遷調適策略綱領 (Adaptation Policy Frameworks for Climate Change, APF) 擬定「國家氣候變遷調適政策綱領」, 規劃國家調適策略的整體架構; 並分別從災害、水資源、海岸、農業生產與生物多樣性、健康、基礎建設、能源供給與產業經濟、土地使用規劃與管理等八個不同領域針對氣候變遷衝擊提出具體因應行動方案。該政策綱領已於 2012 年 6 月由行政院正式核定通過。

科技部 (原國科會) 長期推動本地氣候變遷推估與衝擊研究, 已累積相當程度的氣候變遷研究能量與成效。有鑑於國家推動氣候變遷調適策略需要更多的科學數據與研究成果作為政策擬定依據, 從 2009 年開始, 科技部陸續推動三個氣候變遷優勢領域計畫。其中, 本計畫「臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置」(Taiwan Climate Change Projection and Information Platform, TCCIP) 在整體架構中扮演中堅角色, 以國內外最新氣候變遷推估資料的分析與降尺度資料產製為主要工作任務; 一方面建構臺灣的長期觀測資料與未來推估資料提供給使用者, 另一方面建構氣候變遷資訊應用服務的能力與服務平台。TCCIP 整體工作目標如圖 1.1。

TCCIP 在國內相關部會推動氣候變遷研究的角色定位如圖 1.2 所示。TCCIP 主要扮演氣候變遷資料使用者 (相關領域專家) 與資料產製者 (氣象科學家) 的溝通橋樑; 將氣候變遷之分析結果、推估資料與資訊有效的傳遞給使用者。無論是銜接科技部內部的研究計畫 (如 CCLiCS 與 TaiCCAT 計畫)、或是提供研究成果與資料給相關部會 (如水利署、農委會)、抑或是政策綱領相關領域的衝擊研究與調適策略研擬等各方面, 皆扮演重要的關鍵角色。

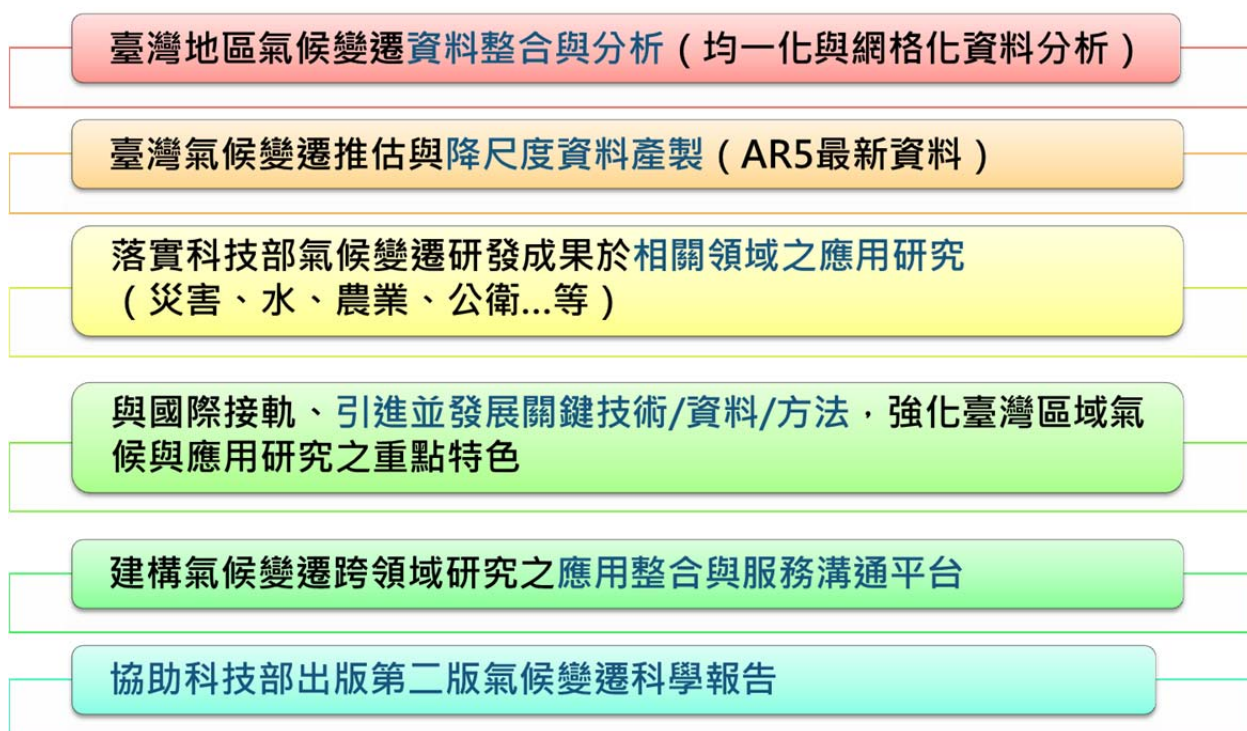


圖 1.1 TCCIP 計畫之整體目標

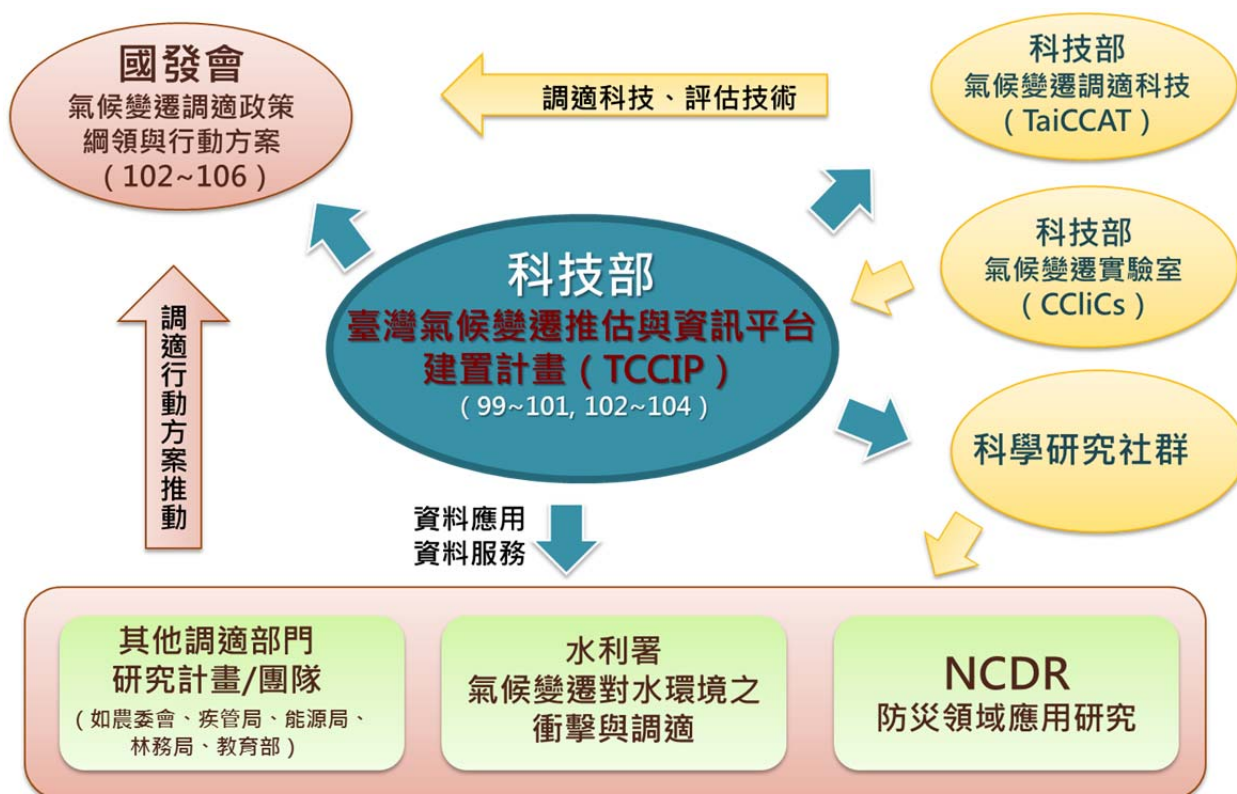


圖 1.2 TCCIP 計畫與各部會氣候變遷相關計畫之關係圖

TCCIP 第二期計畫仍由國家災害防救科技中心 (National Science and Technology Center for Disaster Reduction, NCDR) 進行統籌規劃，參與團隊除了原先的中央研究院、中央氣象局、臺灣大學、臺灣師範大學...等研究團隊外，陸續加入經濟部水利署、農委會農業試驗所等政府部門的合作機制 (圖 1.3)。TCCIP 第一期計畫以水部門及災害領域之資料應用為主，第二期計畫除了強化前期水部門及災害領域的資料應用外，由「國家氣候變遷調適政策綱領」架構的八大領域中，增加農業、公衛以及海岸領域之資料應用與技術發展，其他領域則將提供資料服務。

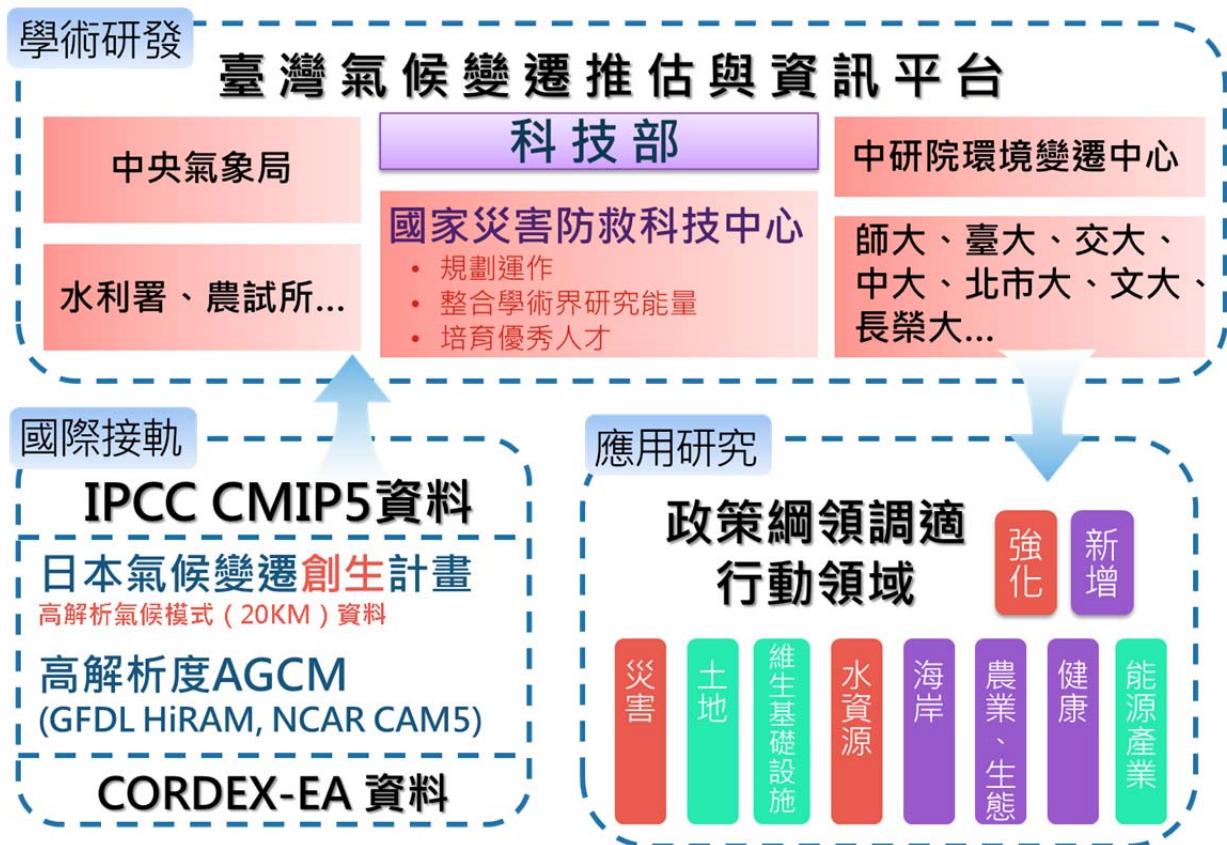


圖 1.3 TCCIP 第二期計畫之參與單位與對內對外關係架構圖

第二期計畫使用之全球氣候模式有別於第一期的 CMIP3 (IPCC AR4) 資料，改以各國氣候中心最新產製的 CMIP5 (IPCC AR5) 為主，並增加 GFDL HiRAM2 (由 CCLiCS 計畫提供) 以及 NCAR CAM5 高解析度模式資料。第二期計畫的整體運作體系與第一期類似，但增加第四工作小組 (Team4)，構築成完整的氣候變遷科學研究、資料產製、後端應用以及服務溝通四大面向 (圖 1.4)。

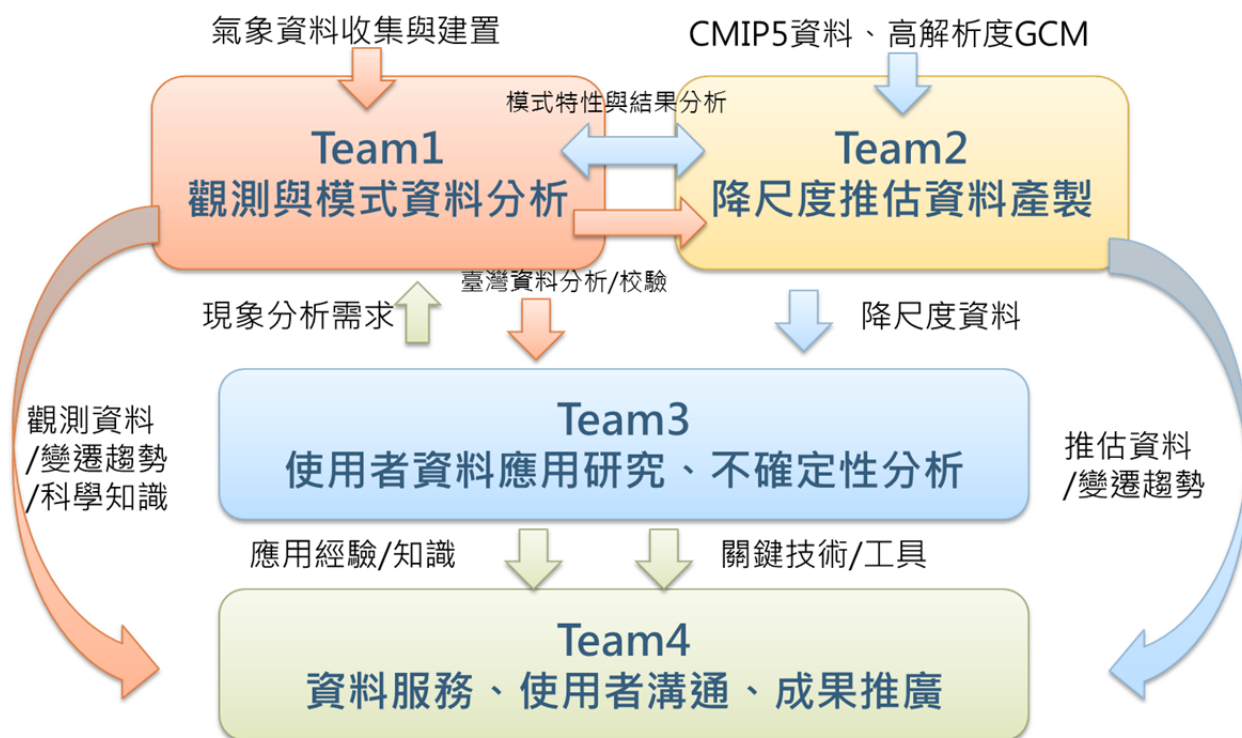


圖 1.4 四個工作小組分工架構圖

1.2 本年度工作重點及成果

第一工作小組 (Team1) 本計畫年度大致完成適合臺灣可操作之氣候現象評估量表 (Phenomenon Metric) 的建立，並配合 Team3 之規劃需求，進行研究臺灣地區氣候與災害、農業及公衛領域之關聯性研究。具體工作方面，在氣候現象分析部分，工作重點在極端降雨變化趨勢、春季環流特徵及鋒面降雨分析；陸續完成過去觀測資料趨勢分析、並確立鋒面偵測方法並開始應用於 CMIP5 各情境下模擬資料。在氣候現象評估量表部分，釐清重點領域關鍵議題與寒潮、水資源、極端高溫、颱風、秋季豪雨...等氣象之可能連結，並嘗試回答相關問題。強化臺灣地區氣候變遷資料之建置與現象再分析部分，進行測站資料的補遺、完成降雨指數的年代際變化分析，並分析乾旱指標與海溫、環流場的特徵；利用臺灣降雨指數分析氣候變遷之下臺灣春季與秋季的季節變遷、完成臺灣梅雨季極端降雨之大尺度環流指數研究、完成臺灣測站網格化資料與 12 個全球模式資料的極端高溫分析等。Team1 對氣候現象探討及評估量表的製作，提供氣候變遷相關衝擊研究及政策制定者對氣候現象物理機制的瞭解。

第二工作小組 (Team2) 工作為使用統計及動力降尺度的方法進行高解析度氣候推估資料的產製，以及對幾個降雨相關主題進行氣候變遷原因的探討。除了完成 CMIP5 (IPCC AR5 評估報告中所使用的耦合氣候模式) 溫度與降水的 5 公里解析度統計降尺的月平均資料，並完成統計降尺度的極端指標之計算與分析。本計畫年度持續統計降尺度推估技術研發，建立極端指標之統計降尺度方法，完成三個未來情境下 11 種降水與 9 種溫度極端指標變化之分析。動力降尺度部份，完成 HiRAM 與 MRI 全球模式之動力降尺度及全球暖化環境下歷史颱風事

件模擬實驗模組建置，並分析過去與未來動力降尺度之季節降水特性。除了分析觀測資料，隨著 MRI-AGCM (Mizuta et al., 2012)、HiRAM (Chen and Lin, 2013) 兩組全球模式氣候推估 5 公里解析度動力降尺度的完成，臺灣氣候變遷主題式議題的探討亦開始使用動力降尺度前、後的推估資料，分析主議題的氣候特徵以及變遷結果。同時，為支援 Team1 氣候現象評估量表與模式表現評估量表建立的工作，Team2 針對幾個主題氣候現象變遷進行深入的分析，包括：春雨發生時高解析度 AGCM 中的環流場及降完尺度後的降雨分析、HiRAM 與 MRI 動力降尺度資料的夏季午後對流降雨 (TSA) 特徵分析、西北太平洋與侵臺颱風個數與強度特性分析，以及觀測及模式極端高 (低) 溫之定義與大尺度環流特徵分析；氣候變遷主題式探討有助於氣候變遷衝擊研究者正確應用本計畫產製的動力降尺度資料，進行氣候變遷的衝擊評估。

第三工作小組 (Team3) 的任務主要為氣候變遷資料銜接與應用推廣，著重氣候變遷上下游資料推廣關鍵技術研發。本年度進行模式的偏差校正分析，包括颱風事件降雨偏差校正、日輻射資料比較與偏差校正及最劣情境假設等，以解決農業、公衛及全流域防災應用上的問題。因應農業領域應用技術研發部份包括衍生未來氣候情境下之日氣象資料、利用統計降尺度分析未來臺灣水稻產量生產潛勢、氣候變遷下颱風事件對於臺灣水稻農業受損面積比率之預測模式建立等，因應公衛領域應用技術研發部份主要為衍生未來氣候情境下之日氣象資料，應用於探討臺灣地區傳染性疾病流行分布相關性及異常溫度事件對各類健康危害影響。在深化災害領域之降尺度資料應用技術研發方面，利用偏差校正後的高時空解析度動力降尺度資料發展全流域防災模擬技術，整合坡地、海岸以及河道三部分之模擬；以高屏河流域為例，模擬未來情境下之土石流、河道與都市淹水、海岸溢淹等災害，並整合 NCDR 的能量進行災損評估。

第四工作小組 (Team 4) 為第二期計畫中新增的工作小組，主要任務為建構資料服務平台，作為資料產製者、應用技術開發者、資料需求者以及相關領域之衝擊評估與決策者在此平台上進行氣候變遷資料/資訊/知識的溝通與服務。本計畫年度在氣候變遷資料服務方面，完成 IPCC AR5 統計降尺度資料及第三版的觀測歷史網格化資料上架；並完成歷史網格化資料、動力降尺度未來前十名強降雨颱風時雨量、AR4 月推估網格化資料的資料生產履歷；此外，製作資料申請平台介紹影片讓有意申請本計畫產製或加值資料者迅速取得足夠的資訊。第二期計畫服務的研究計畫已超過 75 個。在資訊與知識推廣方面，完成新版資訊平台的架設，提供 AR5 資料完整的圖表資訊呈現以及豐富的氣候變遷研究報告以及影音資料，新版網站於 5/27 科技部召開記者會正式對外說明推廣。

TCCIP 的各項成果產出銜接科技部內部的氣候變遷研究計畫，也提供研究成果與資料給學界及官方，最終服務標的為相關部會氣候變遷政策綱領相關領域的衝擊研究與調適策略研擬。各工作小組 (Team1~Team4) 本年度之研發進度，分別重點摘要條說明於下述表格 (表 1.1 至表 1.4)，進一步詳細內容則在第二章至第五章中說明：

表 1.1 TCCIP 第一工作組 (Team1) 本計畫年度工作重點項目及其成果

Team1: 臺灣地區氣候變遷觀測與模式資料分析	
工作重點項目	進度與成果說明
1. 氣候現象分析	
■ 極端降雨變化趨勢 ■ 春季環流特徵分析 ■ 春季鋒面降雨分析	□ 建立極端降雨標準化分析方法，完成過去觀測資料極端降雨趨勢分析，此方法可用於比較不同測站與不同模式間的相互比較。結果顯示中南部地區的極端降雨變遷趨勢比北部和東部來得明顯。 □ 依據影響春雨的環流評估，建立台灣乾旱與青康藏高原地表加熱及春季大尺度環流關係，此結果可用於 CMIP5 模式評估未來乾旱趨勢之種重要氣象參考因子。 □ 建立鋒面偵測方法並開始應用於 CMIP5 各情境下模擬資料計算，可快速且大量的評估 GCM 模式中鋒面的特性及其變遷趨勢。
2. 氣候現象評估量表	
■ 嘗試以氣候變遷相關議題的方式解答相關問題 ■ 寒潮氣候現象量表與變遷分析 ■ 水資源現象量表 ■ 梅雨季之氣候現象量表 ■ 極端高溫現象量表 ■ 颱風易向臺灣移行現象量表與環流特徵 ■ 秋季豪雨現象量表	□ 透過工作坊以及與 Team3 研究人員的互動釐清重點領域關鍵議題與氣象之可能連結，並建立問題處理與分析的優先性。 □ 建立寒潮的氣候現象量表，並完成觀測與模式寒潮趨勢與特徵大尺度環場分析，結果顯示寒潮在過去與未來均呈現減少趨勢。 □ 依據春雨特性分析，完成春季乾旱特徵環流的探討，例如青康藏高原加熱影響，鋒面發生頻率...等，相關氣候因子將做為第三年進行模式 Performance Metrics 的依據。 □ 完成臺灣梅雨季極端降雨之大尺度環流指數研究，並進行模式的 Performance Metrics 評估，挑選適用於梅雨季極端降雨表現較佳的模式，可提供災

Team1: 臺灣地區氣候變遷觀測與模式資料分析	
工作重點項目	進度與成果說明
	害後續應用參考。 ☐ 完成台灣地區極端高溫(熱浪)分析與大尺度環流之關係，並於 12 個全球模式資料中分析比較相關氣象因子的表現，作為挑選模式的參考評估依據。 ☐ 根據歷史資料完成侵臺颱風的盛行環流場分析，依據其結果作為下年度不同 GCM 模式挑選颱風行為表現之依據。 ☐ 完成秋季侵臺颱風特徵路徑、個數統計以及環流場分析，將依據此結果作為模式中評估秋季颱風之特性參考依據，以作為下一年度後續評估秋季豪雨變遷趨勢之用。
3. 海平面變化趨勢	
■ 海平面變化趨勢	☐ 利用新門檻值標準重新校驗第一期 10 個潮位站的資料均一化工作，並且完成第二期 7 個潮位站資料之均一化工作。經由新門檻值重新校驗後，海平面資料的起伏恢復了應有的自然變化，同時也解決了資料大幅偏移的現象。
4. 臺灣地區氣候變遷資料之建置與現象分析	
■ 氣象資料數位化 ■ 臺灣降雨指數 ■ 乾旱指標分析	☐ 針對氣溫資料，建立資料均一化及補遺方法，在網格化過程中，進行有明顯錯誤之氣象資料之測站資料補遺。 ☐ 利用台灣降雨指數，進行東半年的降雨趨勢分析，發現秋季降雨和春季降雨有明顯反向未關係，且有明顯年代際變化趨勢。 ☐ 利用本計畫建立之乾旱指標 (SPEI)建立不同季節台灣乾旱變異與海溫、環流場特徵之關係，目前結果顯示台灣乾濕季變化與太平洋海溫有明顯關係。

表 1.2 TCCIP 第二工作組 (Team2) 本計畫年度工作重點項目及其成果

Team2: 氣候變遷降尺度推估技術發展與資料產製	
工作重點項目	進度與成果說明
1. 統計降尺度	
■ CMIP5 全球模式資料蒐集與極端指標的計算 ■ 模式極端指標之統計降尺度	□ 建立極端指標之統計降尺度方法，該方法可評估 GCM 多模式、多情境之極端（如溫度、雨量）之變遷趨勢。 □ 完成臺灣地區高解析度降水與溫度極端指標的建立以及三個未來情境下 11 種降水與 9 種溫度極端指標變化之分析。分析結果以降雨為例，臺灣地區世紀末 (2081~2100) 對於基期 (1986~2005) 的降雨指標變化率，不同模式情境下，無論在強度上均會增加，模式結果顯示未來會較容易發生極端降雨事件 (RX1DAY)；雨日 (RR1) 與連續降雨日 (CWD) 天數減少、連續不降雨日(CDD)增加，顯示未來發生乾旱的機會提升，臺灣地區未來正走向乾越乾、濕越濕的極端氣候類型。
2. 動力降尺度	
■ 產製三組高解析度降尺度資料。 ■ 季節降水分析比較。 ■ 進行全球暖化環境下歷史颱風事件模擬。	□ 完成 HiRAM 與 MRI 全球模式之動力降尺度，進行不同組 GCM 的動力降尺度模擬結果比較，該結果有共通性，但也其有差異性，分析結果將做為後續應用此模式結果之參考。不同模式資料已陸續提供 Team1, Team2 以及 Team3 進行使用與資料特性評估。 □ 完成過去與未來動力降尺度之季節降水特性分析。整體而言，台灣未來西半部降雨增加，東半部減少，但降雨日數整體呈現減少趨勢，但降雨強度增加。 □ 完成全球暖化環境下歷史颱風事件模擬實驗模組

Team2: 氣候變遷降尺度推估技術發展與資料產製	
工作重點項目	進度與成果說明
	建置，相關結果顯示暖化後降雨強度與降雨量增加，該結果並已提供 Team3 進行極端災害模擬分析參考。
3. 動力降尺度中氣候變遷原因主題式的探討	
■ 冬、春季降雨變遷特徵之探討 ■ 日夜變化與夏季午後陣雨變遷特徵之探討 ■ 颱風變遷特徵之探討 ■ 極端氣溫變遷特徵之探討	□ 完成春雨高解析度 AGCM 中的環流場及降尺度後的降雨分析，春雨趨勢在兩個模式 (MRI 以及 HiRAM) 的變遷不盡相同，從分析的氣象因子可以了解不同模式的特性，此結果將作為應用端參考不同組降尺度結果的評估依據。 □ 完成 HiRAM 與 MRI 動力降尺度資料的夏季午後對流降雨 (TSA) 特徵分析，結果皆顯示世紀末 TSA 的發生頻率在西半部明顯的減少。 □ 完成不同高解度 AGCM 西北太平洋與侵臺颱風個數、強度特性分析，不同模式的結果顯示颱風的模擬能力不同，未來將根據此結果進行進一步討論，以利使用者在使用該模式結果時有參考依據。 □ 完成觀測及模式極端高(低)溫之定義與大尺度環流特徵分析。根據結果顯示兩個不同模式均顯示極端低溫的變化，山區增溫的現象比平地來得更明顯。

表 1.3 TCCIP 第三工作組 (Team3) 本計畫年度工作重點項目及其成果

Team3: 氣候變遷資料應用技術發展與研究	
工作重點項目	進度與成果說明
1. 氣候變遷降尺度資料應用技術研發	
■ 動力降尺度颱風事件降雨之偏差校正 ■ 日輻射資料比較與偏差校正 ■ 假設最劣假設情境	□ 根據觀測資料與動力降尺度資料，完成未來推估之 5km 解析度的小時降雨的偏差校正，該組資料可提供高解析度需求之應用需求(例如災害模擬)，並已提供外界特殊需求之申請。 □ 依據台灣流域與空間特性，完成不同降雨延時(例如 6 小時、12 小時或 24 小時)為排序之氣候變遷推估之極端颱風事件，產製之相關資料提供外界申請下載。 □ 完成 AR5 的日氣象資料衍生，該組資料提供農業、公衛、能源以及水資源相關領域應用。另以統計迴歸方法產製推估對應之氣候變遷日輻射量資料，提供農業領域進行稻米生產評估使用。 □ 因應水利署需求，產製水文應用需求所需之最劣情境 AR5 資料；依據多重模式平均加減一倍標準偏差(豐水期增加枯水期減少)。並比較 AR4 與 AR5 之間之差異。
2. 農業、公衛相關領域應用技術研發	
■ 利用統計降尺度分析未來臺灣水稻產量生產潛勢 ■ 氣候變遷下颱風事件對於臺灣水稻農業受損面積比率之預測模式建立 ■ 氣候變遷對民眾健康影響	□ 利用本計畫所產製之 AR4 及 AR5 統計降尺度日衍生資料(最高溫、最低溫、日雨量)以及團隊產製之日射量反衍資料，評估未來水稻產量的變化趨勢。根據分析結果顯示，在氣候變遷影響下稻米產量將減少，以第一期作水稻產量估計為例，結果顯示未來臺灣地區水稻生育日數縮短且產量呈現減產的趨勢。基期臺灣地區第一期作水稻生育日數約 133 天，近未來水稻生育日數約 130 天，生育日數約 123

Team3: 氣候變遷資料應用技術發展與研究	
工作重點項目	進度與成果說明
	天。其中減產最關鍵的因素為整體增溫趨勢增加，讓積溫 (GDD) 增加，生長日數減少。其中日較差以及日射量對生長過程雖然重要，但在暖化的情況下相對比較不敏感。 □ 完成西元 1951 年至 2013 年間水稻農損資料及西元 1960 至 2014 颱風基本屬性資料彙整。同時根據預測模式，使用 Team2 所產製的 85 場基期颱風事件與世紀末的 43 場颱風事件，進行氣候變遷下未來臺灣世紀末颱風水稻農損事件的評估。根據結果顯示，基期縣市平均被害程度為 28.82%，世紀末為 33.11%，風險改變率上升 14.89%。 □ 運用 AR5 氣象資料(解析度為 5 公里)計算其均溫大於 18 °C 之月份個數及歷年平均累積年雨量，利用接空間迴歸分析法配適模型進行登革熱未來變遷趨勢評估。結果顯示登革熱流行風險區域除南部地區以外，中、北部及東部地區風險也相對提升。世紀末隨著溫度提高，世紀末的高風險鄉鎮數為現階段的 2.6 倍。以未來溫度變化情境評估，全臺灣各地區登革熱高風險鄉鎮的地理版圖將擴張。 □ 利用 AR5 RCP8.5 的統計降尺度月溫度資料，評估未來臺灣溫度變化情境對全死亡率及心臟血管死亡率之影響。整體年均增溫分佈顯示未來溫度情境相較於 2010 年溫度情境皆為升溫狀況。以分布比率看來，顯示單純增溫可能造成每年死亡人次增加約 1,214~1,249 人之間，且主要分布於西部人口密集之都會區。
3. 極端颱風豪雨事件之全流域防災衝擊評估整合方法建立_高屏溪	
■ 極端降雨對於高屏溪上游坡地之土砂影響	□ 利用 Team3 進行偏差校正後的極端颱風降雨資料進行高屏溪上游集水區颱風降雨事件情境下之崩

Team3: 氣候變遷資料應用技術發展與研究	
工作重點項目	進度與成果說明
■ 高屏溪流域河道水位演算與淹水模擬 ■ 氣候變遷對高屏溪河道輸砂行為之影響	塌模擬及土石流模擬。結果顯示氣候變遷下短延時強降雨強度增加，會增加崩塌量以及土砂生產量。 □ 利用 Team3 進行偏差校正後的極端颱風降雨資料以及颱風暴潮模擬資料，進行高屏溪河道與淹水模擬，評估氣候變遷之衝擊影響與比較。根據模擬結果顯示，未來可能造成超過目前治理標準的極端事件，前五場極端淹水模擬的淹水深度將增加為基期的 1.3 倍。 □ 利用辛樂克颱風、莫拉克颱風、蘇拉颱風等颱風以及現場資料進行輸砂模式的校驗，並模擬高屏集水區不同氣候變遷條件下河道流量對都會地區淹水之影響。未來將進行氣候變遷極端條件下連續三場颱風事件之衝擊模擬
4. 水資源影響與評估	
■ 氣候變遷對流量影響	□ 完成 AR4 與 AR5 成果流量比較，整體趨勢變異不大，均呈現豐水期流量較大，枯水期流量減少，但在不同月份有些許差異 □ 完成 AR5 RCP4.5 與 RCP8.5 流量比較，整體而言，8.51 比 4.5 來得嚴重，相關模擬結果與比較分析以提供水利署氣候變遷計畫執行參考。

表 1.4 TCCIP 第四工作組 (Team4) 本計畫年度工作重點項目及其成果

Team 4：氣候資料服務與推廣應用	
工作重點項目	進度與成果說明
1. 建置第二期資訊平台	
■ 第二期資訊平台建置	□ 本年度完成第二期新版資訊平台，並於 104 年 3 月正式上線測試，5/27 日科技部召開記者會對外正式說明。呈現資料以最新 AR5 資料為主。 □ 新版網站除了呈現氣候變遷推估結果與過去變遷趨勢分析外，已擴充功能為「資訊平台」，內容包含三個單元：氣候變遷資料與圖資、氣候變遷知識、即時資訊。強化完整氣候變遷資訊之提供。
2. 提供氣候資料服務	
■ 資料申請平台 ■ 資料提供與諮詢 ■ 資料生產履歷	□ 完成資料申請平台網站，提供使用者線上申請與下載服務，並於 103 年 3 月正式上線。 □ 不斷更新計畫產製之最新資料，例如 IPCC AR5 統計降尺度資料上架（溫度/雨量，臺灣本島及離島）、第三版的觀測歷史網格化資料（溫度/雨量，含離島，更新至 2012 年）上架 □ 本申請平台上線後，資料申請案件持續增加，本計畫第二期資料申請件數總計為 78 件，若含第一期計畫已超過 100 個研究計畫申請使用本計畫在提供資料同時並持續提供使用者諮詢服務。 □ 建置完成下列資料的生產履歷：歷史網格化資料(月雨量、溫度)、動力降尺度未來前十名強降雨颱風時雨量、AR4 月推估網格化資料（雨量、溫度）。
3. 舉辦推廣活動	
■ 資料使用者經驗分享研討會	□ 103 年 3 月舉辦資料使用者經驗分享研討會，參與人數約 100 人。本計畫根據不同領域使用者分享之

Team 4：氣候資料服務與推廣應用	
工作重點項目	進度與成果說明
■ 分區資料說明會 ■ 專家座談	經驗與意見，彙整相關意見，作為本計畫執行推動之參考，例如能源領域所需之風場，輻射量等資料，本計畫持續評估目前資料之可用性。 □ AR5 統計降尺度資料產製以及資料申請平台完成後，於 103 年 10 月舉辦北、中、南、東四區資料說明會，四場參與總人數超過 350 人。辦理之後資料申請人數明顯增加。 □ 103 年 8 月辦理動力降尺度資料海岸及水文衝擊專家座談，103 年 9 月辦理氣候變遷下農業與水資源關鍵議題專家座談。兩次會議提供相關領域使用者在使用 TCCIP 資料上之建議以及回饋意見收集。
4. 計畫形象與推廣文宣設計	
■ 文宣設計	□ 為有效推廣本計畫成果與宣達本計畫之形象，完成計畫 logo 設計、文宣品、簡報版型、海報版型，並於相關資料說明會、文宣推廣、研討會、對外演講與教育訓練使用。
5. 氣候變遷知識轉譯與服務	
■ 氣候變遷新聞 ■ 氣候知識 FAQ ■ 重要報告摘要	□ 為豐富新版網站之內容及提供氣候變遷之相關資訊，強化與使用者互動及經驗累積，本計畫陸續完成每日氣候變遷新聞收集與翻譯(已收集分享 100 則新聞)，完成氣候知識 FAQ，以及國內外重要報告摘要整理，本計畫歷年計畫簡報、演講以及研討會相關影音檔整理。 □ 完成 IPCC 第五次評估統整報告影片中文版製作，並提供於網路上推廣介紹。
6. 科學報告第二版	

Team 4：氣候資料服務與推廣應用	
工作重點項目	進度與成果說明
■ 科學報告撰寫 ■ 編輯工作小組	☐ 完成編撰第二版科學報告第一冊草稿，預計年底完成出版

第二章 臺灣地區氣候變遷觀測與模式資料分析

2.1 背景說明

本期計畫 Team1 的工作，除了大致完成適合臺灣可操作之氣候現象評估量表 (Phenomenon Metric) 的建立，已逐步開始應用此氣候評估表於 CMIP5 的 CGCM 上，建立相對應現象之氣候模式表現評估量表 (Performance Metric) (如圖 2.1 所示)，以強化與使用者之關連性，配合 Team3 之規劃需求，進行研究臺灣地區氣候與災害、農業及公衛領域之關聯性研究。

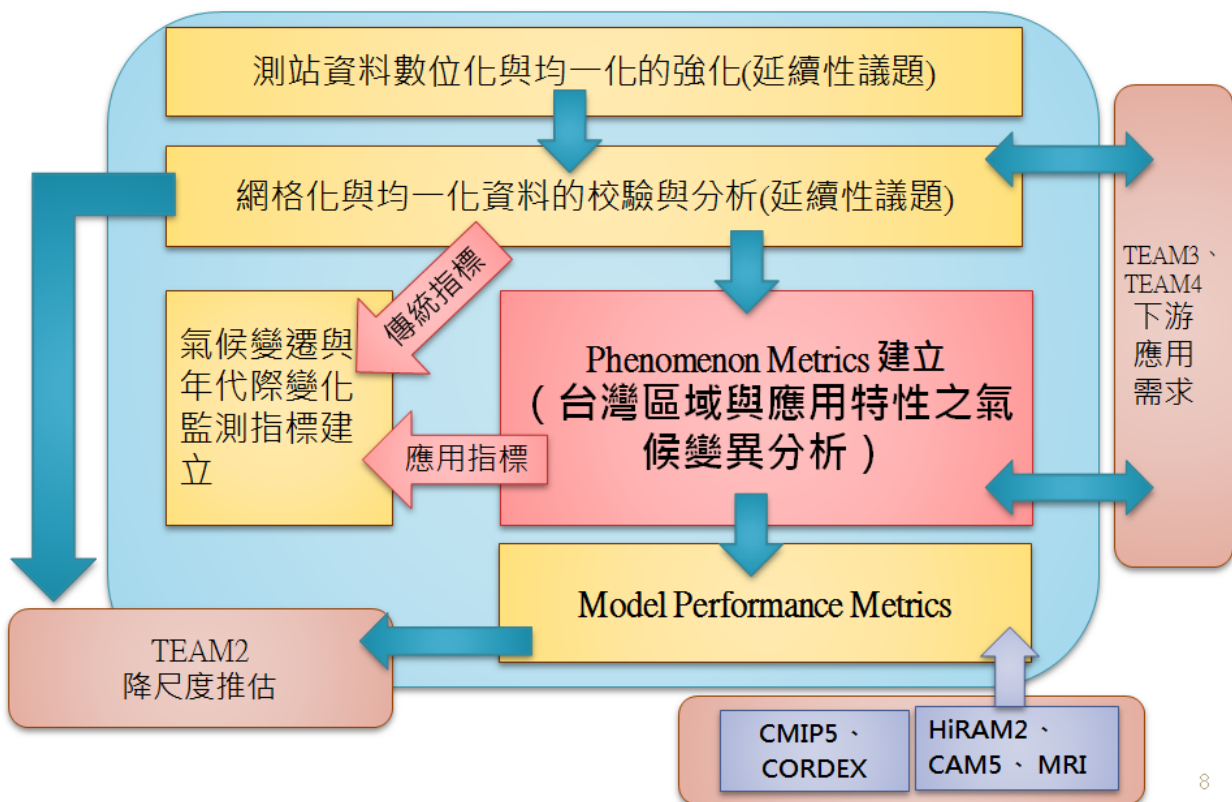


圖 2.1 Team1 工作規劃架構圖

以下各節說明 Team1 本年度各項工作成果。

2.2 氣候現象分析

2.2.1 極端降雨變化趨勢

※ 研究背景與方法

極端的降水常伴隨災害性的損失 (如淹水、土石流...等)，而對於臺灣水資源管理而言，這類的降水 (如：颱風、梅雨、午後對流...等降雨型態) 又是重要的貢獻來源。因此，分析極端降雨的趨勢變化，則是為在氣候變遷的背景下重要議題。在過去水文統計學的研究，把單一測站極端降水記錄視為空間獨立事件 (Chen and Lu, 2005)，但就氣象的角度而言，鄰近不同測站位置每年發生極端事件原因，往往都是同一氣象事件所引起的短延時強降雨。本研究引用 Min et al. (2011) 的方法，分析每年最大日降雨量 (RX1day)，應用統計上一般極值理論 (General Extreme Value, GEV) 分布，得到相對應可能性指標 (Probability Index, PI)。此均一化轉換，在評估極端降雨變化趨勢時，修正因一些奇異值 (outliner) 所帶來的影響，且讓不同空間位置的長期資料可以相互比較。同時運用在分析多模式模擬 (multi-model) 結果時，減少模式間因系統性誤差所造成的不確定性而影響過去氣候評估與未來情境推估結果。

使用 TCCIP-II 產製 5km 高解度的每日降雨網格資料 (TCCIP_5km)，分析 1960-2009 年間每年 RX1day 變化趨勢。為確認分析資料的準確性，挑選均勻分布於臺灣各地的氣象局 23 個人工測候站 (TW_STN) 長期觀測記錄，其中並包含 2 個高山測站作為交叉驗證分析。

※ 結果與討論

比較 RX1day 均一化前後距平分析的結果 (圖 2.2)，以臺北站 (Taipei) 與臺中 (Taichung) 為例，在均一化轉換為 PI 後，值的變動範圍可以限制在 0-100 之間，50 年極端降雨線性趨勢分別由 0.67 與 1.09 [單位：(mm/day)/年] 變成 0.17 與 0.28 [單位：%/年]。另比較 2 個中部鄰近的高山測站，阿里山 (Alishan) 的 RX1day 在轉換前的變動範圍在 -400 ~ 400 mm/day 間，而玉山 (Yushan) 則是 -200 ~ 200 mm/day 間；均一化後收斂在 -60 ~ 60 %間。此結果有助於量化分析極端值的長期變動趨勢，特別是不同空間分布具有不同降雨特性的測站或網格點間的比較。

就各別區域特性趨勢而言，中、南部的極端降雨的線性增加趨勢最明顯，北部次之而東部最弱。類似結果顯示於各區域平均 (北、中、南、東) 的 TCCIP_5km 網格資料。此交叉驗證結果說明 2 筆觀測資料的一致性與均一化分析的應用能力。在臺灣整島區域平均部份，TCCIP_5km 與 TW_STN 每年 PI 距平值的相關性為 0.79 且線性趨勢為 0.25 (%/年)，特別在 2000 年以後極端降雨有顯著增加的情況，此結果與 Tu et al. (2009) 分析西北太平洋颱風路徑的年代際變化轉換的時間點一致，應與太平洋高壓在 2000 年後減弱使侵臺颱風轉為盛行通過臺灣西北路徑，致使伴隨引進西南氣流的降雨特性有關。

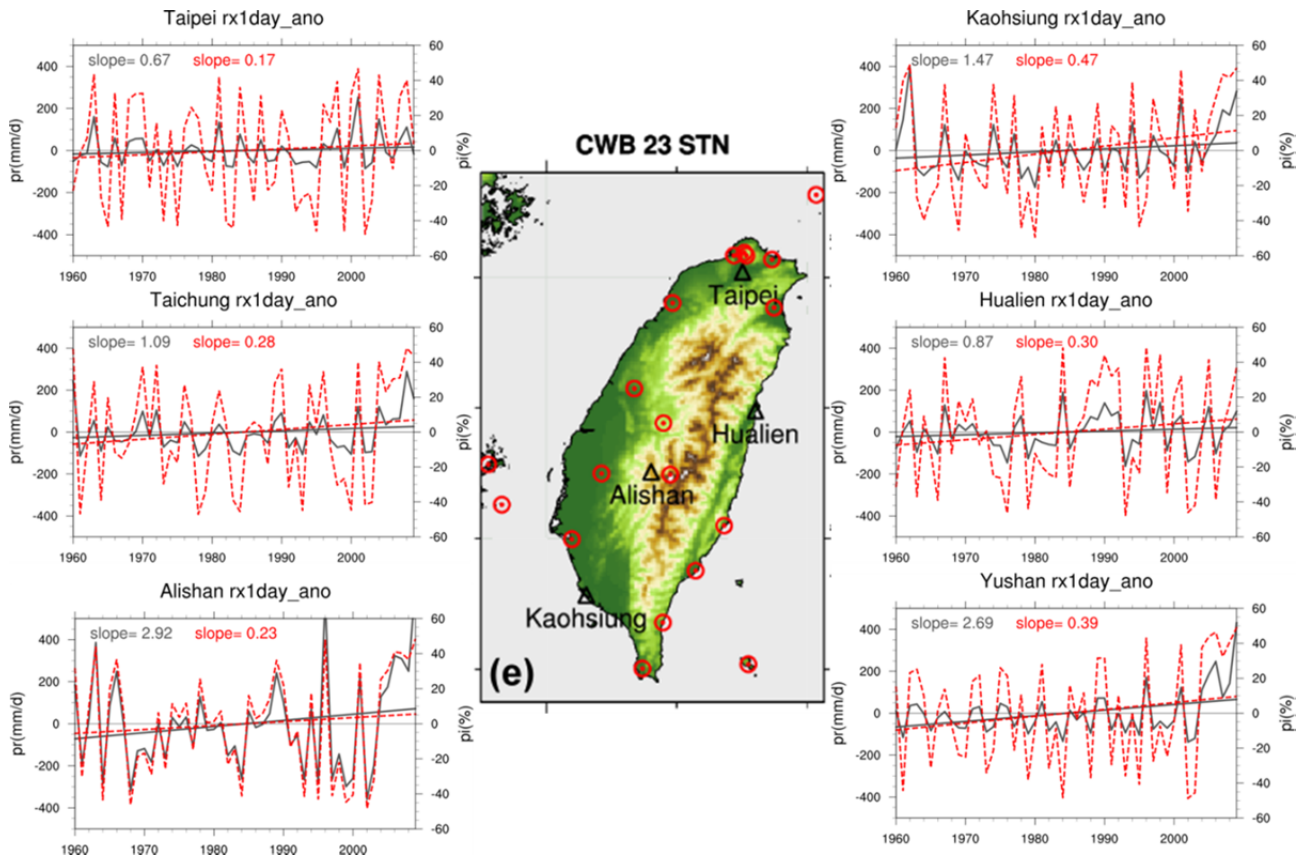


圖 2.2 氣象局 23 個局屬測站分布圖 (e) 與 6 個各區域代表測站的 RX1day 每年變化時間序列，其中阿里山 (Alishan) 與玉山 (Yushan) 為高山測站。黑色實線為 RX1day 距平值 (單位：mm/day)。紅色虛線為均一化後的 PI 距平值 (單位：%)。時間序列圖左上數值表各別的線性趨勢。

2.2.2 春季環流特徵分析

從 TCCIP 前期研究至今，已陸續發現幾個可能與臺灣春雨有關之大尺度環流特徵，並已應用於氣候現象量表之製作中。另一方面，本年度亦嘗試分析青康藏高原周邊環流與臺灣春雨的關聯，初步研究發現，青康藏高原附近之地表溫度與臺灣春季降雨呈現負相位的分佈。圖 2.3 為以臺灣春季乾溼年為依據所繪製而成之青康藏高原附近之地表溫度時序圖。由圖可知，乾濕年與氣候場之原始資料皆隨季節演進而轉變，乾濕年的差別較不明顯。而標準化後數值則具有具體之差異：乾年時，該區之區域平均值多為正值，此現象自當年 11 月持續至隔年 1 月；反之，濕年則多為負值。惟同為乾年的 2003 年有不同的表現，其 12 月前的區域平均呈現負值。此嘗試性領先監測指數顯示，此指數或具有自當年冬季預期隔年春雨乾濕年之可信度，然其準確性仍須加強，例如更精確其選取之區域與變數，或佐以其他工具輔助等。此改進方向亦為未來之研究目標。此外，地表溫度的變化似乎與青康藏高原的熱源有關，惟青康藏高原熱源如何影響東亞季風區的環流以及如何將此影響延續至隔年春季？這些問題與這部分的研究工作也將會是後續進行的參考方向。

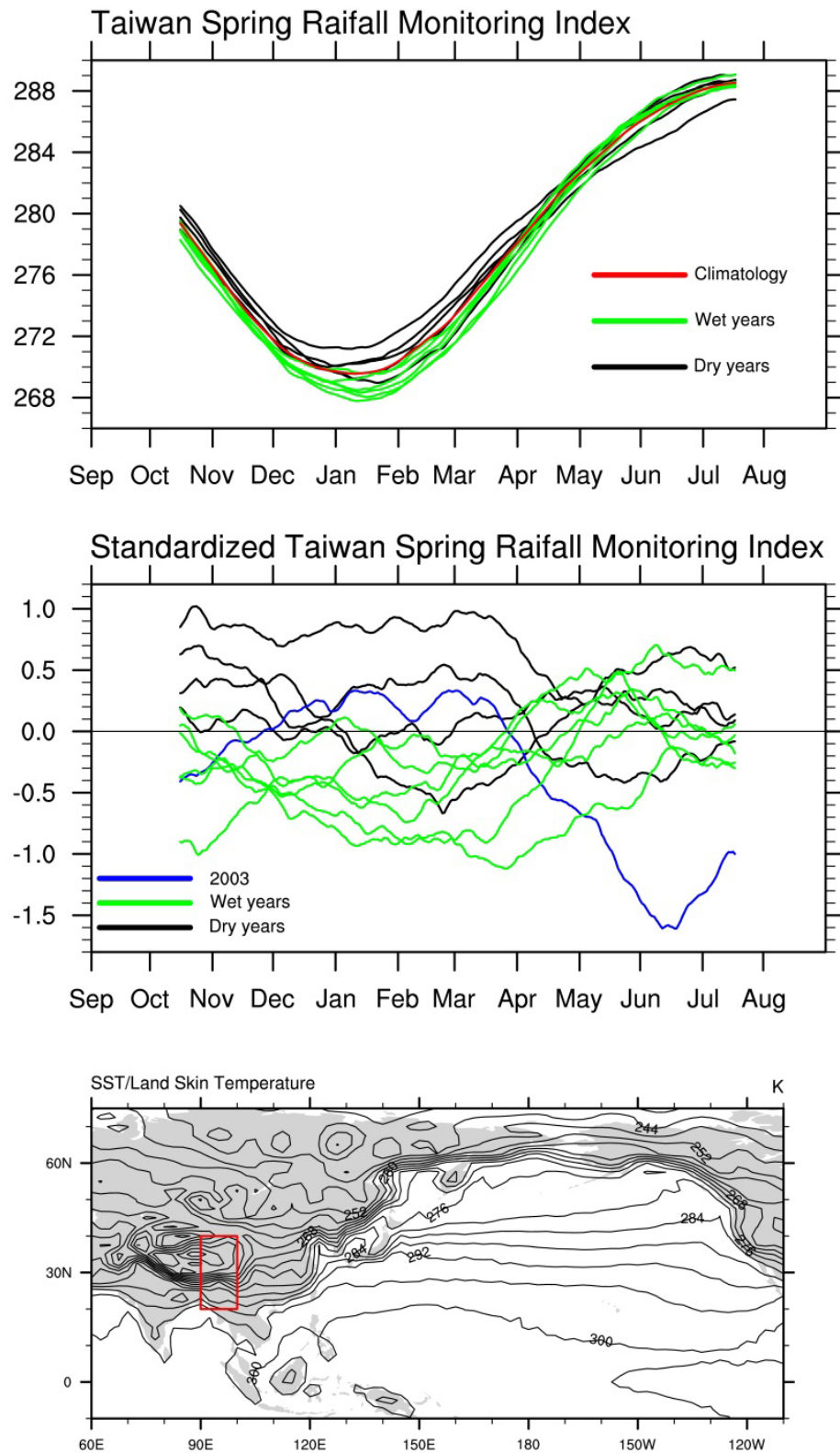


圖 2.3 青康藏高原附近地表溫度時序圖。計算方式為選取變數地表溫度，取 $20^{\circ}\text{N}\sim 40^{\circ}\text{N}$ ， $90^{\circ}\text{E}\sim 100^{\circ}\text{E}$ (如最下方紅色區塊) 作區域平均後，再經 90 天滑動平均。最上方為乾濕年與氣候場的區域平均值；中圖為標準化後結果。黑色線為乾年，綠色線為濕年，紅色線為氣候值，藍色線為 2003 年。

2.2.3 春季鋒面降雨分析

※ 研究背景

以往劃定鋒面，雖以客觀環流場分析為主，但最終仍以人為主觀判斷確認鋒面最後位置，每人主觀認定上的差異，使鋒面定位並不完全客觀。長期氣候分析與統計上，也需翻閱天氣圖，於界定範圍內尋找鋒面，才能再進行統計分析，使用資料相當不便且難以應用在模式資料。Hewson (1998) 提出了客觀鋒面的分析定位方法，以三個參數定義鋒面的位置，可用在觀測或模式資料以及任一氣壓層。

※ 研究結果

計算參數 [M1]、[M2]、[L]，再濾除雜訊，定義出鋒面的位置。三個參數分別代表溫度梯度的大小、變化率、變化率的輻合輻散。鋒面定位方法可偵測到鋒面帶隨季節的移動，透過量化鋒面影響日數，得到臺灣受鋒面影響時的環流場配置為：位在輻合上升的低壓帶，溫度梯度密集且多雨，上空有氣旋式風切特徵。符合以往對於鋒面的環流場研究結果。整體而言 CMIP5 與 HiRAM 以及 MRI 各模式歷史模擬 (historical) 皆有模擬出鋒面帶位置，但均有頻率訊號偏弱的情形，僅有 ERA40 的三分之一左右。

CMIP5 未來模擬 (RCP8.5) 鋒面分布型態結與歷史模擬類似。冬季，臺灣鋒面呈現略微減少的趨勢，日本本島與臺灣東側海面鋒面增加。日本、韓國至中國東北區域頻率減少趨勢明顯。春季，東亞鋒面趨勢明顯且呈現三極的分布，中國北方鋒面減少，日本、韓國與華北華中一帶鋒面增加，臺灣與中國華南鋒面減少。梅雨季，除了日本北部，東亞普遍鋒面增加，尤以臺灣與中國浙江一帶增加趨勢最為明顯。HiRAM 鋒面趨勢與 CMIP5 類似，唯梅雨季較為不同。HiRAM 梅雨季趨勢日本與韓國以及華北鋒面增加，臺灣與華中鋒面減少。

2.3 氣候現象評估量表

釐清重點領域關鍵議題與氣象之可能連結，並嘗試回答相關問題。

領域	impact	可能連結	嘗試解答問題
農業	2 月低溫小於 10oC，將抑制秧苗生長，影響一期稻育苗工作	寒潮（東北季風）	氣候變遷下，寒潮發生頻率與強度
	5 月高溫大於 35 oC，將稻米不易結穗，影響一期稻作產量	太平洋副高	太平洋副高位置與強度
	6、10 月日降雨大於 130mm，易造成稻作倒伏	梅雨季、颱風季極端降雨	梅雨季極端降雨發生頻率、侵臺頻率
乾旱	冬、春雨偏少將影響春季水資源供需問題	鋒面個數、低層環流、ENSO、PDO、	氣候變遷下，各連結變化

領域	impact	可能連結	嘗試解答問題
公衛	每年月溫度大於 18 oC 的月份超過 11 個月=>登革熱	月溫度的變化	氣候變遷下月溫度的變化
	極端日高溫、濕度變化對心血管疾病的衝擊	溫度、濕度的變化	氣候變遷下北中南東的溫度變化
	水災受災地區易有傳染病的發生 (A 肝、腸病毒、細菌性痢疾)	極端降雨的發生頻率	氣候變遷下極端降雨的變化
坡洪災	極端降雨易導致坡地災害	颱風降雨 (48 小時累積雨量)	氣候變遷下的颱風發生頻率

2.3.1 寒潮氣候現象量表與變遷分析

時間	12, 1, 2 月		
天候現象	冬季低溫事件		
影響	一期稻育苗工作		
氣象因子	SLP	☒ 寒潮發生的頻率與 SOI (Southern Oscillation Index) 呈正相關。 ☒ AO (北極振盪) 負相位時，西伯利亞高壓加強，東亞主槽加深，東亞冬季季風增強。 ☒ NAO (北大西洋振盪) 指數異常偏低時，冷高壓與東亞冬季風轉強。 ☒ 計算 20N-70N 之間 160E(SMH)與 110E(AL)的緯向氣壓差來定義冬季季風指數，與臺灣寒潮發生頻率、低溫天數有顯著相關。 (Chang et al., 2006; Wu and Wang, 2002; Zhang et al., 1997; 武與黃, 1999; 李與盧, 2009)	
	SST	☒ 短天期的臺灣寒潮次數與 Nino3.4 並不顯著，但在長天期的持續性低溫事件方面，8 個個案中有 7 個個案皆發生在反聖嬰發生期間。 ☒ 2 月份平均氣溫與前 3 個月的赤道東太平洋海溫呈正相關，與南海至臺灣附近同時期海面溫度呈正相關。 (吳, 2010; 許與陳, 1991)	
	U200	☒ 冬季季風指數(IEAWM5)逐年平均值變化與臺灣寒潮發生頻率、低溫天數有顯著相關，但與低溫程度沒有關係。IEAWM5= [U200 (30°N~35°N/90°E~160°E) - U200 (50°N~60°N/70°E~170°E)] + [U200 (30°N~35°N/90°E~160°E) - U200 (5°S~10°N/90°E~160°E)] / 2 (Li and Yang, 2010; 李與盧, 2013)	
	U300	☒ 利用 SH 發展時與 U300,低溫的良好關係，以中高緯 300hPa 的緯向風切來定義東亞冬季季風指數(EAWMI)。EAWMI = U300 (27.58°N~37.58°N, 110.8°E~170.8°E) - U300(50.8°N~60.8°N, 80.8°E~140.8°E)，與臺灣寒潮發生頻率、低溫天數有顯著相關。 (Jhun and Lee, 2004; 李與盧, 2013)	
其它定性描述		☒ 寒潮爆發時，東亞主槽與貝加爾湖一帶的高空脊出現加強現象，華南、臺灣一帶的北風分量皆出現明顯增強的現象。	

❁ 寒潮的定義

參考盧與李 (2009) 的寒潮定義，使用百分位的概念作為寒潮的門檻值分析臺灣各地測站包含平地站及高山站的寒潮發生次數及低溫日數 (圖 2.4)，各測站的長期變化趨勢呈現一致的結果，1960-1970 年間為寒潮偏多時期，而後呈現減少的趨勢，1980 年代進入寒潮偏少時期，至 2000 年後又出現寒潮次數及天數增加的趨勢，寒潮事件發生日的 48 小時降溫幅度則無明顯的長期變化趨勢。

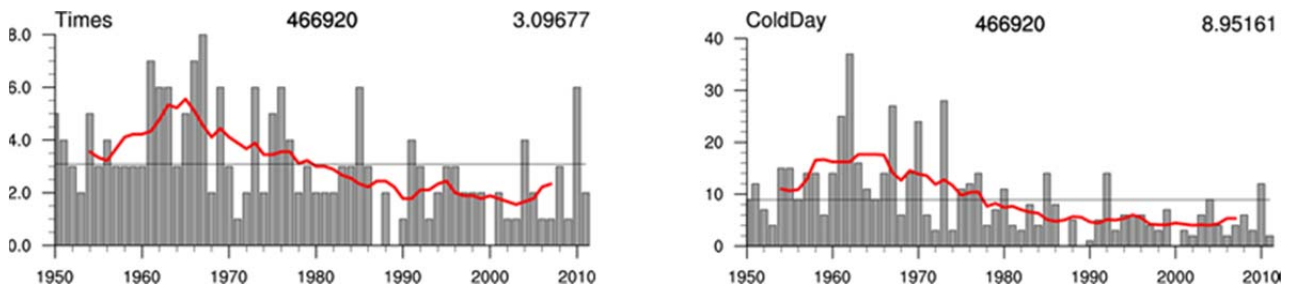


圖 2.4 1950-2011 年冬季(a) 寒潮發生次數、(b) 低溫日數。

以臺北站為代表 (表 2.1)，1950-2011 年冬季共發生 192 次寒潮事件及 555 天的低溫日，平均每年有 3.1 次寒潮及 9 天的低溫日，其中以 1 月份所佔比例最多，寒潮次數佔冬季的 43.8%，天數佔 50.8%，其次為 2 月份 (次數 28.6%，天數 29.5%)，12 月所佔比例最少 (次數 27.6%，天數 19.6%)。2 月份寒潮的長期趨勢與整個冬季的變化相同，寒潮次數在 1999 年以後急劇減少，至 2011 年冬季為止僅有 3 年有寒潮事件的發生，低溫日數也偏少。

表 2.1 臺北測站冬季各月份寒潮發生次數及低溫日數及其在整個冬季所佔的比例。

台北	12月	1月	2月	冬季
寒潮次數	53 (27.6%)	84 (43.8%)	55 (28.6%)	192
低溫日數	109 (19.6%)	282 (50.8%)	164 (29.5%)	555

❁ 大尺度環流特徵

西伯利亞高壓及阿留申低壓在冬季寒潮偏多年份出現明顯的增強，華南、臺灣一帶海平面氣壓及地面風場北風分量也為增強的情形，500hPa 東亞主槽及貝加爾湖上方的高壓脊同樣有明顯加強。2 月寒潮偏多年份的環流特徵與冬季結果相似，但地面及高空的系統加強相較於冬季結果更為明顯 (圖 2.5)。臺北站寒潮次數的年際變化與西伯利亞高壓指標有 0.5 的正相關，其次為 NAO、AO 約有 -0.3 的負相關，均高於 62 年的 95%顯著性相關係數值 (0.246)，與 Nino3.4 及 PDO 指標的相關則偏低，分別只有 -0.2 及 -0.1 的相關係數。

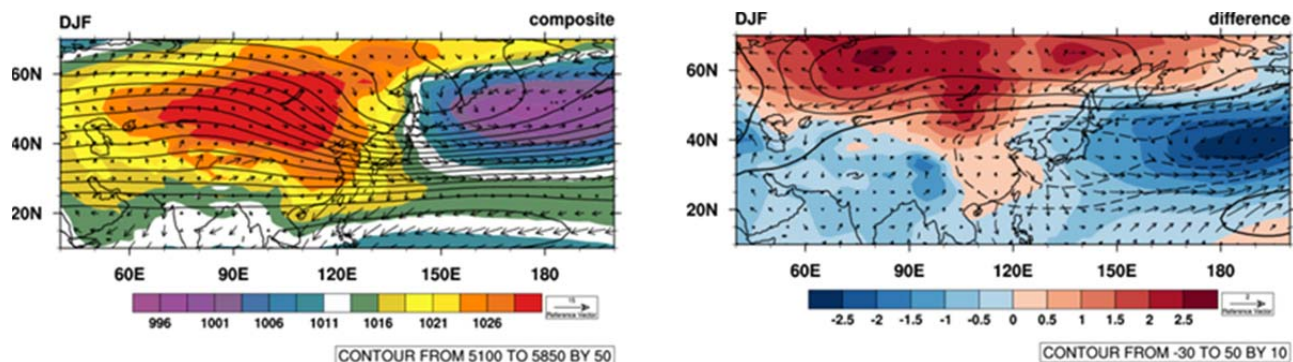


圖 2.5 寒潮偏多年份海平面氣壓 (陰影)、500hPa 高度場 (等值線)、地面風場 (箭頭) 合成之 (a) 平均場及 (b) 距平場。

✻ 模式結果

27 個 CMIP5 模式的系集平均結果 (圖 2.6) 顯示，臺灣寒潮次數及低溫日數的 9 年滑動平均線在 1960 年之後呈現減少的趨勢，1960~1990 年期間減少的趨勢較為平緩，90 年代後期則開始顯著減少直至 21 世紀末，降溫幅度在 2010 年以前並無明顯改變，2010~2040 年期間開始下降，但變化幅度不大，2040 年以後則出現明顯的下降趨勢。

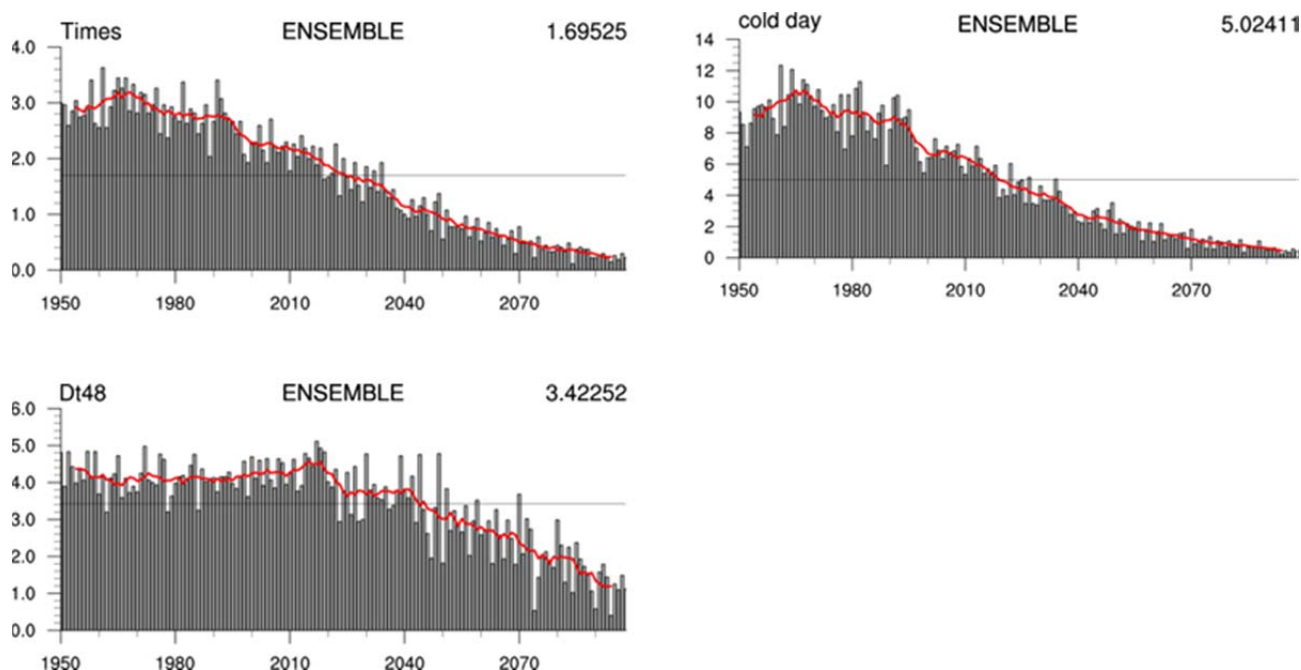


圖 2.6 1950~2098 年 CMIP5 模式系集平均後之 (a) 寒潮次數、(b) 低溫日數及 (c) 48 小時降溫幅度，直方圖為年變化，紅色實線為 9 年滑動平均線。

2.3.2 水資源現象量表

時間		2, 3, 4 月
天候現象		春季乾旱
影響		臺灣春季水資源分配
氣象因子	V925	☒ 5°N ~ 25°N, 110°E ~ 130°E 南風分量負相關
	U200	☒ 15°N ~ 35°N, 110°E ~ 130°E 西風分量負相關
	DIV200	☒ 5°N ~ 25°N, 130°E ~ 150°E DIV 正相關 ☒ 30°N ~ 40°N, 170°E ~ 170°W DIV 負相關
	SLP	☒ 菲律賓東方之氣壓負距平
	SST	☒ 冬季 Nino3.4 海溫負距平
其它定性描述	850 渦度場	☒ 華南地區負渦度距平

2.3.3 梅雨季之氣候現象量表

時間		5, 6 月
天候現象		梅雨
影響		極端降雨
氣象因子	VOR850	☒ 10°N ~ 30°N, 110°E ~ 140°E 北方有正渦度，南方有負渦度的空間分布 (pattern)
	V850	☒ 15°N ~ 25°N, 110°E ~ 140°E 南風分量為正值
	U850	☒ 15°N ~ 25°N, 110°E ~ 140°E 西風分量為正值，且風速達到 40% 的最大風速
指標	SWFI	☒ 每年達到三項條件的天數

※ 臺灣梅雨季極端降雨年發生率之推估

梅雨季劇烈降雨是臺灣重要的災害性天氣，近年來因全球氣候變遷的影響，災害性天氣更是世界共同關心的問題。由於目前全球氣候模式仍無法合理模擬梅雨鋒面的氣候特性，因此難以直接利用模式結果探討梅雨季劇烈降雨的變異特徵。為克服這個限制，本研究提出用大尺度環流指數來代表臺灣極端降雨發生頻率的方法，及如何依據此大尺度環流指數變化來推估氣候變遷對臺灣梅雨季極端降雨事件發生頻率的影響。

第二章 臺灣地區氣候變遷觀測與模式資料分析

本研究以 1951~2000 年 5~6 月臺灣西部 10 個測站的日雨量資料得到 179 天極端降雨事件，分析極端降雨事件的大尺度環流特徵，發現從華南經東海到日本南方的洋面上存在低壓氣旋環流（正渦度區），菲律賓往西北太平洋延伸出高壓反氣旋區（負渦度區），從南海北部到琉球附近有明顯的西南強氣流位於正、負渦度距平之間，表示當臺灣西北和東南部分別存在低壓和高壓環流場時，由南海北部來的西南氣流就容易造成臺灣地區出現災害性降雨的發生。

根據此低層環流的空間分布，設計了西南氣流指數 (SouthWest Flow Index, SWFI) 來代表臺灣梅雨季極端降雨發生時的大尺度環流條件，並建立極端降雨年發生率與 SWFI 機率的迴歸關係，即當極端 SWFI 年發生日數偏多(少)，測站極端降雨的年發生日數亦偏多(少)。然後採用貝氏統計概念為基礎的降尺度分析法，以卜瓦松 (Poisson) 分布模擬 SWFI 三個類別 (偏強、正常、偏弱) 的極端降雨年發生率，便可得到整體極端降雨年發生機率的分布曲線，根據機率分布隨西南氣流指數的變化，即可推估氣候變遷對臺灣梅雨季極端降雨事件發生頻率的影響。

2.3.4 極端高溫現象量表

時間	6, 7, 8 月	
	7, 8, 9 月	
天候現象	極端高溫	
	夏季熱浪	
影響	農作物生長、能源使用與公共衛生	
	引發人類心血管、腦血管疾病，甚至熱衰竭死亡。影響作物收成。增加傳染病發生機會。	
氣象因子	500hPa 高度場	☒ 125°E ~ 140°E, 20°N ~ 25°N 平均高度場正相關
		☒ 副高延伸至 110°E 以西，脊線在 28°N 以南，且呈滯留時，華南地區易有高溫事件 (徐等，2009 中國高溫熱浪危害特徵的研究綜述)
其它定性描述	氣壓場	☒ 太平洋副熱帶高壓強度

✻ 研究背景與方法

本研究使用 TCCIP 所產製之臺灣測站網格化資料以及 CMIP5 中 12 個模式的日最高溫資料，分析時間為 1960 至 2005 年間的 5 至 10 月份。採用 CTX90pct、EHF 等兩種熱浪定義方法，分別探討各方法的熱浪發生頻率、持續天數以及強度。兩種方法下，模式對於熱浪的掌握還算不錯，分析結果皆與觀測相近。進一步分析模式中對於造成熱浪的機制，透過大環境場的重力位高度場、溫度場、下沉氣流場以及環流場的分析，發現 12 個 CMIP5 模式中有近

50%的模式顯示與觀測的熱浪發生機制結果一致。

※ 重力位高度場分析

副高的西伸是在熱浪發生時所有模式中最一致的特徵。同時在觀測與部分模式資料中可發現，在熱浪發生時，200hPa 的重力位高度距平場會出現一類似波列的結構，因此認為或許該波列之結構對於臺灣地區的熱浪有相當程度的影響，故選出在統計檢定上有超過百分之 90 以上顯著差異的區塊，進一步分析各區塊的重力位高度場變化與臺灣地區熱浪事件的關係。觀測結果發現從副熱帶到中緯度地區的重力位高度距平與臺灣熱浪的溫度高低有不錯的正相關，而大部分的模式結果也顯示，加入中緯度的重力位高度變化，比起只觀察臺灣地區的重力位高度變化，更能在臺灣熱浪發生時的溫度變化上得到更好的相關，顯示不管是在觀測還是在模式中，中緯度地區重力位高度的變化對於臺灣的熱浪有相當程度的影響力，不僅僅是只考慮副高的西伸與增強而已。

未來的輻射量增加的愈多，則熱浪的持續時間與強度都會明顯增加增強。模式中，RCP85 在世紀末的環境場也顯示，除了溫度會增加約 4-8°C，模式對於重力位高度的變化也一致呈現上升的趨勢，雖然各模式對於未來環流場的評估不太一致，部分模式認為未來西北太平洋的氣旋式環流場增強，部分則顯示為減弱；但是多數模式認為臺灣地區的西南季風未來有減弱的趨勢。降水場方面多數模式顯示臺灣附近未來的降水有增加的趨勢。另外又分析近未來時期 (2031~2060 年間) 7~9 月的 200hPa 重力位高度，發現 12 個 CMIP5 模式中僅 5 個模式顯示波列的特徵，有 4 個模式顯示未來在熱浪發生時，200hPa 的重力位高度較平常還要低。這部份需要進一步探討。參考 Reicher and Kim (2008) 所建立的 Performance index，對 CMIP5 中 12 個模式的 200hPa 重力位高度距平進行量化的計算。發現表現與觀測較接近的模式為 MPI-ESM-LR、CMCC-CMS 和 ACCESS1-3。未來在使用 200hPa 重力位高度做臺灣地區熱浪的推估時，會優先參考這三個模式的結果。

※ 熱浪的變遷

過去利用 TCCIP 的 5 公里網格化資料分析臺灣地區的熱浪發生頻率、持續時間以及強度時，發現到在 1970 年代中後期左右，熱浪的頻率以及持續時間有一個跳升的現象。因此分析 1970 年代前後，大環境場的差異，欲了解可能導致臺灣熱浪的事件增加且增強的因素。分析結果發現，兩種熱浪定義下雖然選出來的熱浪個案不盡相同，不過在環境場中的表現還算一致，前後期的合成分析結果也很類似，在後期的副高脊向南偏，同時季風槽減弱，導致在菲律賓一帶出現反氣旋式環流距平，進而增強西南風場，將南海一帶的暖空氣往北帶向臺灣地區，同時伴隨更強的下沉氣流，使得臺灣地區的沉降作用加強，也減少降水發生的機會，讓臺灣處於相對較高溫且乾燥的環境。

由於模式空間解析度與資料的限制，另外選出七個模式 (CCSM4、CSIRO-Mk3-6-0、IPSL-CM5A-MR、MIROC5、MPI-ESM-LR、MRI-CGCM3、NorESM1-M)，進行月平均溫度變遷的探討。結果顯示，未來若有嚴格控制溫室氣體的排放量 (考慮 RCP 2.6 情境)，臺灣地區到了世紀末增溫情況可以控制在 1°C ~ 2°C 以內。但即使將排放量降到最低，2000 年以後

第二章 臺灣地區氣候變遷觀測與模式資料分析

已達到連續 11 個月月均溫達 18°C ，滿足登革熱疫情惡化的條件；而到了 2030 年，臺灣全年各月均溫皆可達 18°C 。從模式的推估結果可知未來的疫情有很大的機會逐漸趨向嚴重，因此現在要先擬定好未來對於防疫的措施與策略。

2.3.5 颱風易向臺灣移行現象量表與環流特徵

時間	7, 8, 9 月	
天候現象	西北太平洋颱風容易移行至臺灣附近	
影響	颱風易導致極端降雨，進而導致坡地災害	
氣象因子	850~500hPa 重力位高度垂直積分	☒ $10^{\circ}\text{N} \sim 37.5^{\circ}\text{N}$, $117.5^{\circ}\text{E} \sim 152.5^{\circ}\text{E}$ 高壓脊西伸
	U850, V850, 850hPa 渦度	☒ $15^{\circ}\text{N} \sim 25^{\circ}\text{N}$, $105^{\circ}\text{E} \sim 160^{\circ}\text{E}$ 季風槽增強
	200-850 hPa 垂直風切	☒ $15^{\circ}\text{N} \sim 25^{\circ}\text{N}$, $105^{\circ}\text{E} \sim 160^{\circ}\text{E}$ 垂直風切減少
	月平均 SST 距平	☒ $5^{\circ}\text{S} \sim 5^{\circ}\text{N}$, $130^{\circ}\text{E} \sim 175^{\circ}\text{E}$ 赤道西太平洋海溫升高

2.3.6 秋季豪雨（極端降雨）

時間	9, 10, 11 月	
天候現象	豪雨頻率（日數）與豪雨雨量	
影響	公衛、農業、波洪災	
氣象因子	¹ 影響臺灣颱風數目	☒ 臺灣豪雨約 70 (80)% 豪雨（大豪雨）由侵臺颱風造成。
	² WNPTC 的颱風數目	☒ 影響臺灣颱風與 WNPTC 具有 0.9 的正相關。
	WNPTC 生成位置	☒ WNPTC 與 110o-140oE 颱風生成數目呈正相關
	500hpa 和 850hpa 的副高	☒ WNPTC 與 $(15^{\circ} - 30^{\circ}\text{N}, 120^{\circ} - 140^{\circ}\text{E})$ 副高強度呈負相關。
	850hPa 10-90 天季內振盪變異量	☒ WNPTC 與 $110^{\circ} - 140^{\circ}\text{E}$ 西北太平洋地區 850hPa 季內振盪變異數呈正相關。

註: 1. 影響臺灣颱風：為進入臺灣海岸線 300 公里範圍內，且停留長達 12 小時者。

2. WNPTC：西北太平洋地區向西或向西北行的颱風。

2.4 海平面變化趨勢

2.4.1 研究背景

過去對於氣溫及雨量等天氣因子已有長期的觀測與統計分析，但對於臺灣鄰近海域海象的了解仍然欠缺，尤以波浪與海平面變化之氣候分析更是少見。因此，本研究計畫以均一化後的長期觀測海平面資料來分析研究臺灣周遭海域海平面之變化特徵，期許未來能對於臺灣沿海區域之經濟活動、海岸工程防災以及颱風暴潮之研究等提供實質的參考依據。

然而，架設於全臺岸邊之海平面觀測潮位站易受到風災、地殼變動、地層下陷、儀器問題（故障、更換儀器、變更設置地點）、或人為因素（廠商維護）等影響，故觀測記錄往往會有中斷現象且可能造成基準面之偏移。因應於此，氣象局開發海平面資料檢校系統，此系統目標為針對觀測潮位資料龐大與記錄缺失的特性，設計出自動檢核模組與手動校正模組，其中自動檢核模組可自動檢核偵錯，並記錄所需要修正的時段，而手動校正模組則可建立不同的分析方法來計算基準面調整之差值，對潮位觀測資料中異常偏移的基準面進行修正，使得潮位觀測資料可運用於海平面長期統計分析。

2.4.2 研究成果

在前一期的研究結果中發現，在篩選異常事件時，條件門檻過高，導致許多自然訊號被移除，因此降低篩選條件的門檻，將修正計算結果絕對值低於某值的事件忽略不修正，這個某門檻值可以高雄測站潮差為標準，潮差差距大於高雄潮差的 $\frac{1}{3}$ 則為 200mm，潮差差距小於高雄潮差的 $\frac{1}{3}$ 則為 100mm，跟高雄潮差相近的測站則為 150mm，舉例來說，淡水測站的潮差約 750mm，因此若計算出修正結果絕對值小於 200mm 的事件，則忽略不修正。若潮差差距與高雄潮差的 $\frac{1}{3}$ 相差甚巨，則門檻值再斟酌調高或調低。

目前已完成用新門檻值標準重新校驗第一期 10 個潮位站（基隆、高雄、花蓮、蘇澳、成功、新竹、澎湖、塭港、淡水、東石）的資料均一化工作，並且完成第二期 7 個潮位站（富岡、竹圍、梗枋、臺中港、將軍、蘭嶼、蟳廣嘴）資料之均一化工作，修正後的結果如圖 2.7a 與圖 2.7b 所示。從圖 2.7a 可看出第一期均一化後大部分都呈現平緩之情形，過度的修正導致自然的海水位變化被移除。經由新門檻值重新校驗後，海平面資料的起伏恢復了應有的自然變化，同時也解決了資料大幅偏移的現象（如圖 2.7b）。

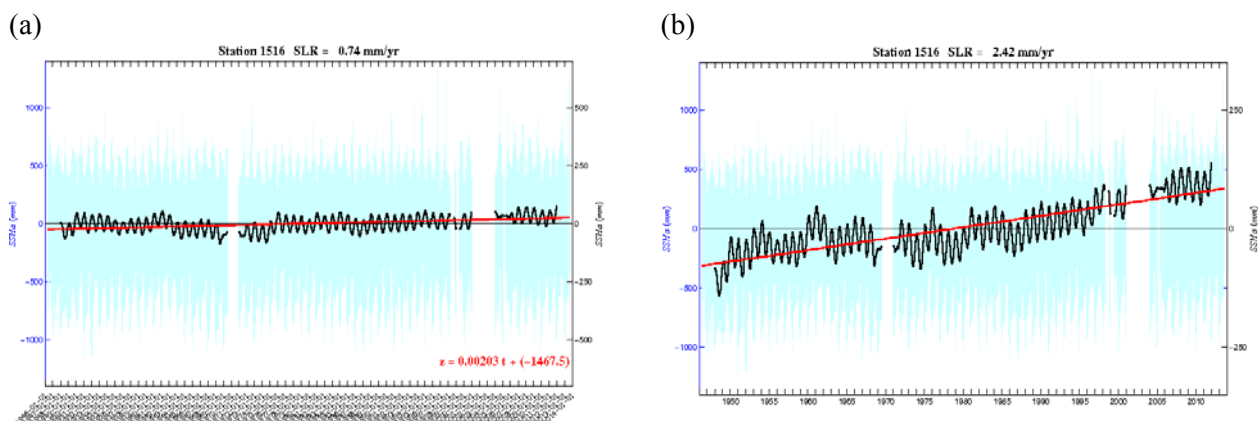


圖 2.7 基隆潮位資料第一期均一化後 (a) 與重新調整修正後 (b) 海平面分析比較圖

本期研究完成遍佈於臺灣沿海地區之17個觀測時間較長之潮位觀測站資料均一化作業，藉由線性回歸分析後發現臺灣地區周圍海岸皆呈現海平面上升之情形，這些潮位觀測站所分析得到的海平面上升速率與 IPCC 第五次評估報告之全球海平面上升速率相近，約為2.4~3.8 mm/yr。此外，本期研究亦從此17個潮位觀測站中挑選出缺值比例較少、資料品質較穩定的10個測站進行長期海平面變遷分析。由總體經驗模態方法(EEMD)之分析結果可知，大多數的潮位觀測站之訊號強度以C6、C7為最大，一年以下週期(C1至C5)訊號強度比一年以上(C8至C13)強，僅澎湖測站較為例外，其週期16年(C11)的power大於1。

2.5 臺灣地區氣候變遷資料之建置與現象分析

2.5.1 氣象資料數位化

✻ 研究背景

本工作組在本計畫第1年(102年)的工作以提供了解TCCIP-I所產製網格化資料不確定性為目標，發現進行對於高解析網格化資料的分析與產製，採用的方法不同確實可造成差異，但網格化資料的不確定性並不僅由分析方法造成，所使用參考觀測站的密度與品質甚至可能更為關鍵。在進行網格化資料不確定性的分析過程，我們注意到一些源自於觀測資料品質而產生的問題，例如測站地理資訊(經度、緯度、高度等詮釋資料)的正確性、觀測數值的合理性及均一性、各站月統計資料的有效代表性等。因此也建議在後續計畫應強化此部份的工作。

根據上一年的建議事項在TCCIP-II計畫第2年(103年)的工作規劃是先從氣溫單一地面觀測要素開啟長期資料的均一化與網格化資料分析及整理，其中安排進行測站詮釋資訊匯整、研發方法以完成一套經資料再檢查及缺遺問題處理的氣溫觀測長期檔案資料、並進一步以克利金方法產製城鄉尺度應用所需的高解析網格化資料。工作項目包含：測站站況及相關

資訊整集與分析、氣溫時資料的整理及品質檢查、資料補遺及氣溫月資料的整理與分析、氣溫月資料均一性檢測方法調查、高解析網格化資料不確定性分析。

※ 結果與討論

在本年度進行臺灣氣溫長期資料的均一化與網格化發展工作，特別強調網格化過程引用參考觀測站資料品質及測站數量多寡對網格化結果的影響，由於自動站因遠地儀器維修不易及電訊傳遞有時不良等資料接收問題，其資料品質相對於人工測站較不穩定，特別在部分測站缺遺程度較高的情況下，非完整的觀測資訊將對網格化內插過程引入錯誤的空間統計關係。為避免資料樣本的不一致性，我們建議在網格化程序之前需對資料進行完整補遺或其他均一化的概念，本年度工作提出結合簡易插補法與利用鄰近站空間統計關係插補法的優點，分別處理非連續性缺值與連續性多筆缺遺值的問題，初步分析結果認為合理可行。有關資料均一化處理方面，本年度先以時空採樣均一的概念進行初期資料的處理與分析，同時間並展開對國際氣象組織所介紹均一化檢測與調校等相關工具套件的調查。此外，本計畫使用的網格化工具乃由克利金方法發展而來。除了用於產製高解析網格化資料之外，此網格化方法亦用於資料補遺過程所需的空間統計內插工具。

2.5.2 臺灣降雨指數

※ 結果與討論

本研究探討氣候變遷之下的臺灣季節變異，第一部分使用臺灣地區長期雨量資料的分區降雨指數，檢視雨量年代際變化在臺灣的空間差異，第二部分以年際及年代際的時間尺度檢視臺灣地區降雨的變化與大尺度環境場的關係，第三部分則以分區雨量指數探討臺灣地區降雨季節的時序變化，本年度主要聚焦探討西半部春季及秋季降水的年際及年代際變化關係。

分區雨量指數顯示百年來降雨除了秋季（春季）有些微增加（減少）趨勢之外，西半部臺灣有明顯約 40~60 年週期的年代際變化，而且春季與秋季呈現反相位，春季多雨年代同時也是秋季少雨的年代。環境場分析顯示此一變化與 PDO 的長期變化有關係，春雨多的時期，東太平洋赤道海溫較暖，菲律賓海的反氣旋距平加深臺灣上空的槽，而秋季則是此一氣旋式距平直接影響臺灣，使得降雨偏少。年際變化方面，秋季雨量與隔年的春季雨量呈現負相關；值得注意的是，不論是年際或年代際尺度，影響春季多雨及秋季少雨的海溫型態相似，但卻在環流相對位置不同的情形之下，造成臺灣地區雨量的多寡不同。此外，本研究也發現春季降雨較早增強的年代秋雨也較早減弱，但是詳細機制還有待釐清。

長期平均的 PDO 指數於 2000 年左右進入負的相位，表示赤道東太平洋海溫未來幾十年的平均偏向較低溫的狀態，以本研究得到的結論「年際及年代際時間尺度都顯示赤道東太平洋海溫與春季雨量成正相關」來推論，臺灣接下來已經進入弱春雨期，秋季降雨較多而隔年春季降雨較少的發生次數將會增加，如何留存秋季水資源以減少隔年春季較少所面臨的水資源壓力，是管理單位要謹慎面對的議題。

2.5.3 乾旱指標分析

利用臺灣測站乾旱指數 (SPEI) 資料，分析臺灣在季節循環下，不同季節的乾溼變化型態和大尺度環流場的關係，希望從中找出影響臺灣乾溼變化的主因與機制。分析兩種不同的測站乾旱指數 (SPEI、SPI) 資料特性，發現考慮溫度效應的 SPEI 資料比起 SPI 能夠更明確的描述臺灣的乾溼變化。還分析測站 SPEI 資料在不同季節的標準差，結果顯示暖季時 (夏、秋季)，標準差較大，冷季 (春、冬季) 時，標準差較小。

從臺灣測站 SPEI 資料，經 EEOF 與 REOF 分析，發現有三個主模具有統計意義，每個主模 (Mode) 會得到一組主成分時間序列 PC 值和季節循環下 (夏→秋→冬→春)，不同季節的乾溼變化空間分佈。分析結果顯示主模 2 的主成分時間序列 (PC2) 領先主模 1 的主成分時間序列 (PC1) (圖 2.8)，還發現臺灣在季節循環下的乾溼變化型態有 3 種 (圖 2.9)，當主成分時間序列為正(負)值時，臺灣季節循環下的乾溼變化型態，則互為相位相反的空間分佈。

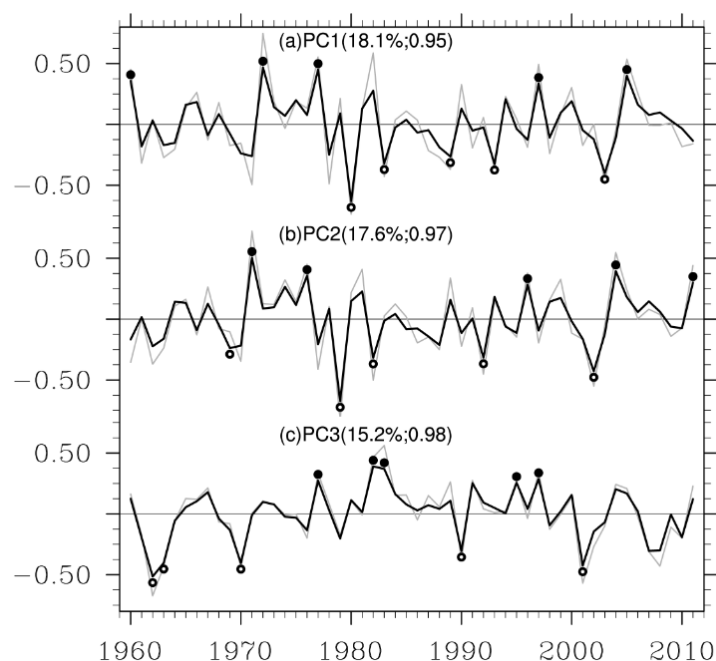


圖 2.8 測站 SPEI 資料，經過 REOF 分後，得到的時間序列 (principal component, PC 值)。黑色線是全臺灣測站 (共 1426 站) 的結果；灰色線是氣象局局屬測站 (共 26 站) 的結果，括弧中百分比值是每個主模所佔的百分比，第二個值是黑色線與灰色線的相關係數。黑 (白) 色圓點是做組合分析時所挑選出來的年份。

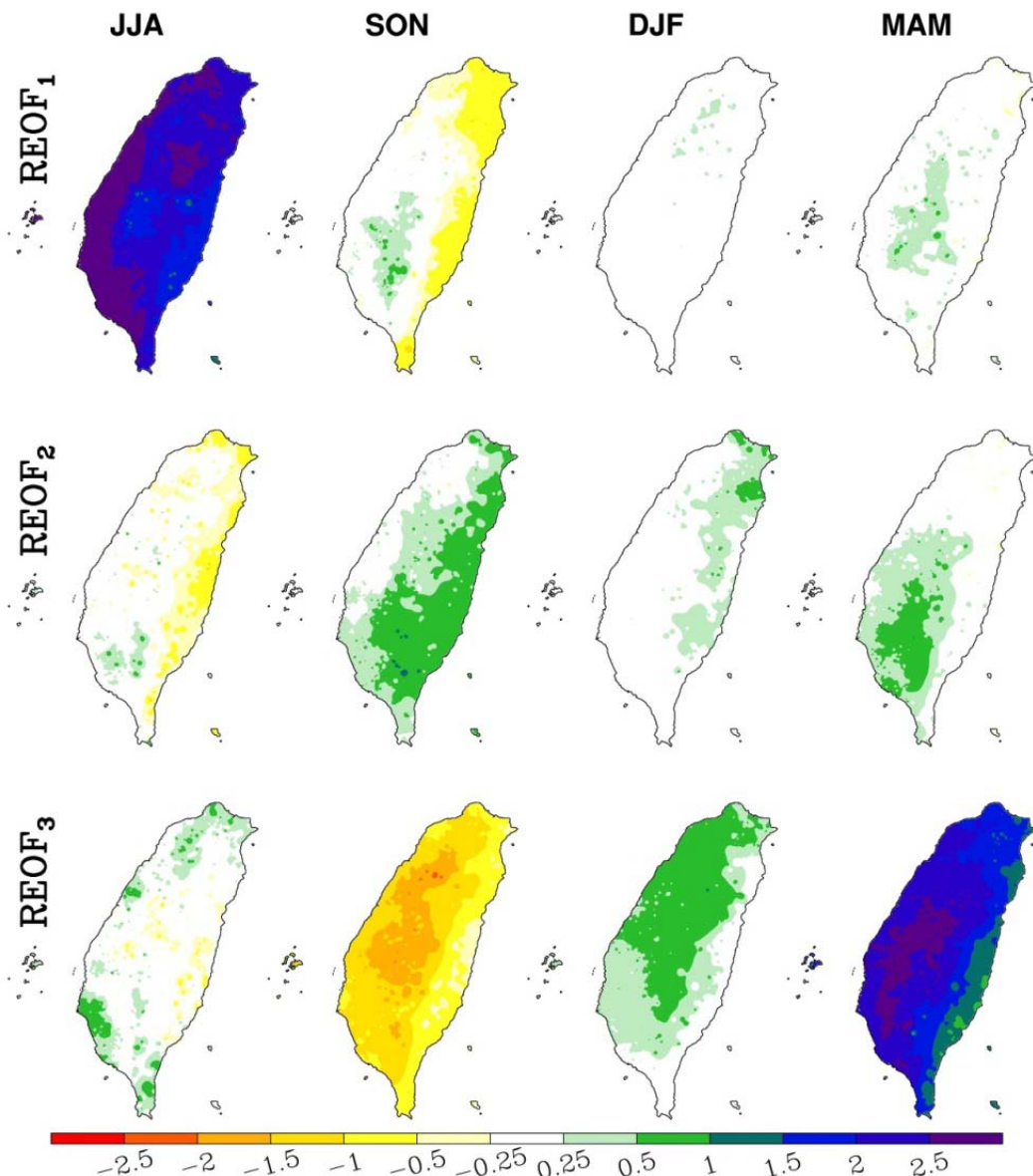


圖 2.9 臺灣測站 SPEI 資料，經 REOF 分析後，得到不同主模 (mode) 在不同季節時的乾溼變化空間分佈。(由上而下是主模 1~3；由左而右分別是夏、秋、冬、春季)。

另外，組合分析的結果顯示，由於主成分時間序列 PC2 領先主成分時間序列 PC1，所以海溫主要變化特徵呈現從 REOF2 東太平洋的冷海溫距平，轉變成 REOF1 的暖海溫距平。也就是說，REOF2 到 REOF1 的海溫距平變化，顯示出類似於反聖嬰現象轉變為朝聖嬰現象發展時的過渡時期之海溫變化 (圖略)。另外，REOF3 海溫變化隨季節演進，東太平洋海溫距平逐漸增強，在冬季時訊號最強，與聖嬰(ENSO)發生時，東太平洋的海溫變化趨勢一致。此外，REOF3 的海溫距平，在南海和印度洋區域有正海溫距平發展，從秋季開始，持續到春季 (圖略)。使用模式中大尺度水汽傳送風場 (U_q 、 V_q)、垂直運動 (Ω) 與日本 APHRODITE 降水資料做組合分析，發現模式資料的距平場分佈與臺灣不同季節的乾溼變化型態互相一致 (圖略)。

參考文獻

- 李天浩，2009：應用克利金法建立高解析度網格點氣象數據之研究。交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告。
- 卓盈旻，盧孟明，2013：臺灣梅雨季極端降雨之大尺度環流指數研究。天氣分析與預報研討會論文彙編，中央氣象局，A3-92-96
- 洪致文，2012：臺灣降雨指數（TRI）的建立與其分析應用，地理學報，67，73-96。
- 黃瓊珠、李汴軍、高家俊（2006），天文潮位資料補遺之探討，氣象學報，第四十六卷，第二期，第15-27頁。
- 翁叔平和楊承道，2012:臺灣地區月降雨及溫度1公里網格資料庫之建(1960-2009)及其在近未來(2015-2039)的氣候推估應用，大氣科學，40，349-370。
- 顏沛華、莊文傑、蔡宗旻、謝東發、王詠祺(2010a)，直接應用 NAO99b 全球潮汐模式預報臺灣環島沿岸潮位之適用性評估，第32屆海洋工程研討會論文集，第653-658頁。
- Catto, J. L., C. Jakob, G. Berry, and N. Nicholls (2012), Relating global precipitation to atmospheric fronts, *Geophys. Res. Lett.*, **39**, doi:10.1029/2012GL051736.
- Chen, C.-J., and M.-M. Lu, 2005: Detection of the Climatic Extreme Rainfall Events in Taiwan. *Atmos. Sci.*, **35**, 105-117.
- Hewson, T. D. (1998). Objective fronts, *Meteorol. Appl.*, **5**, 37-65, doi:10.1017/S1350482798000553.
- Karl E. Taylor, 2001, Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram. *J. Geophys. Res.*, **106 (D7)**, 7183-7192.
- Min, S.-K., X. Zhang, F. W. Zwiers, and G. C. Hegerl, 2011: Human contribution to more-intense precipitation extremes. *Nature*, **470**, 378-381, doi:10.1038/nature09763.
- Reichler, T. and Kim, J. (2008). How well do coupled models simulate today's climate? *Bull. Am. Meteorol. Soc.* **89**, 303-311.
- Tseng, Y. H., L. C. Breaker, E. T. Y. Chang (2010), Sea level variations in the regional seas around Taiwan. *J. Oceanogr.*, **66**, 27-39
- Tu, J. T., C. Chou, and P. S. Chu, 2009: The abrupt shift of typhoon activity in the vicinity of Taiwan and its association with western North Pacific-East Asian climate change. *J. Clim.*, **22**, 3617-3628, doi:10.1175/2009JCLI2411.1.

第三章 氣候變遷降尺度推估技術發展與資料產製

3.1 背景說明

本期計畫 Team2 的工作為使用統計及動力降尺度的方法進行高解析度氣候推估資料的產製，以及對幾個降雨相關主題進行氣候變遷原因的探討 (圖 3.1)。在今年上半年完成 CMIP5 模式 (IPCC AR5 評估報告中所使用的耦合氣候模式) 溫度與降水的 5 公里解析度統計降尺的月平均資料，也開始進一步計算其統計降尺度的極端指標。另外，除了分析觀測資料，隨著 MRI-AGCM (Mizuta et al., 2012)、HiRAM (Chen and Lin, 2013) 與 CAM5 (Julio et al., 2014) 三組全球模式氣候推估 5 公里解析度動力降尺度的完成，臺灣氣候變遷主題式議題的探討亦開始使用動力降尺度前、後的推估資料，分析主議題的氣候特徵以及變遷結果。

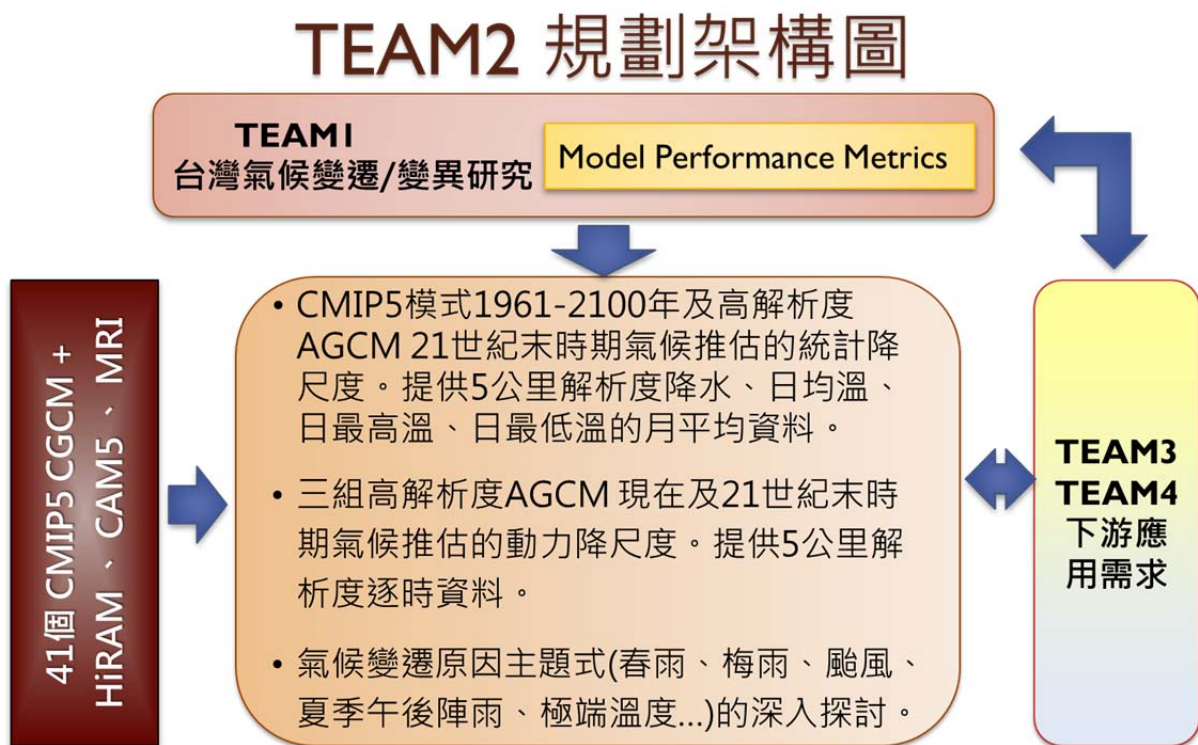


圖 3.1 Team2 工作規劃架構圖

以下各節說明 Team2 本年度各項工作成果。

3.2 統計降尺度的執行與技術研發

3.2.1 極端指標

※ 研究資料與方法

我們引用 Wood et al. (2002, 2004) 與 Maurer (2007) 所發展的誤差校正空間分解法 BCSD (Bias correction and spatial disaggregation)，依據高解析度的觀測資料來源進行統計降尺度，首先計算出季風亞洲和臺灣地區詳細的未來月平均最高溫、平均溫與最低溫之推估氣候變化情形，接著使用氣候模式所提供的日資料中計算出臺灣地區的極端指標。

IPCC 第五次評估報告 (IPCC AR5) 整理出多數氣候模式所模擬推估的極端降雨，在未來發生豪大雨的機率增加，且小雨發生的機率也大量減少。本研究使用 IPCC AR5 評估報告中所使用的耦合氣候模式數值實驗計畫 CMIP5 之模式，透過熱帶降雨觀測計畫 (Tropical Rainfall Measuring Mission, TRMM) 所估計的高解析度降雨觀測資料，運用統計關係提升現有氣候模式的空間解析度，進而分析氣候變遷未來對臺灣極端降雨指標，最大日降雨 (RX1DAY)、最大連續五日累積降雨量 (RX5DAY)、簡單日降雨強度 (SDII)、雨日 (RR1)、大雨日數 (R10mm)、非常大雨日數 (R20mm)、乾期連續日數 (CDD)、雨期連續日數 (CWD)、非常大雨日累積雨量 (R95pTOT)、極端大雨日累積雨量 (R99pTOT)、雨日累積雨量 (PRCPTOT)，的變化可能性的機率分布。另外也針對極端溫度指標，平均日溫差(DTR)、每月日高溫的最大值 (TXx)、每月日低溫的最大值 (TNx)、每月日高溫的最小值 (TXn)、每月日低溫的最小值 (TNn)、暖化持續指標 (WSDI)、冷化持續指標 (CSDI)、熱浪持續指標 (HWDI)、寒潮持續指標 (CWDI) 對分析臺灣未來溫度的變化。

※ 結果與討論

臺灣地區世紀末 (2081~2100) 對於基期 (1986~2005) 的降雨指標變化率來說(圖 3.2)，四情境都在強度 (RX1DAY、RX5DAY、SDII、R95pTOT、R99pTOT、PRCPTOT) 或是在頻率 (R20mm)上均會增加，顯示未來會較容易發生極端降雨事件 (RX1DAY)；雨日 (RR1) 與連續降雨日(CWD) 天數減少、連續不降雨日(CDD)增加，顯示未來發生乾旱的機會提升，臺灣地區未來正走向乾越乾、濕越濕的極端氣候類型。

極端氣候溫度指標方面，由於無高解析度日觀測資料，而模式本身又有誤差的存在，因此避開一些需要絕對溫度的指標，進而挑選使用相對溫度的前述 9 種指標，臺灣地區世紀末 (2081~2100) 對於基期(1986~2005)的變化量來說(圖 3.3)，日夜溫差 (DTR) 並無明顯改變；TXx、TNx、TXn、TNn 四者變化一致，空間分布也相同；WSDI 與 HWDI 明顯上升呈現南部略高於北部；CSDI 與 CWDI 明顯減少。顯示世紀末明顯升溫造成臺灣地區全面暖化，熱浪 RCP8.5 的情境下甚至半年以上都是處於熱浪事件。

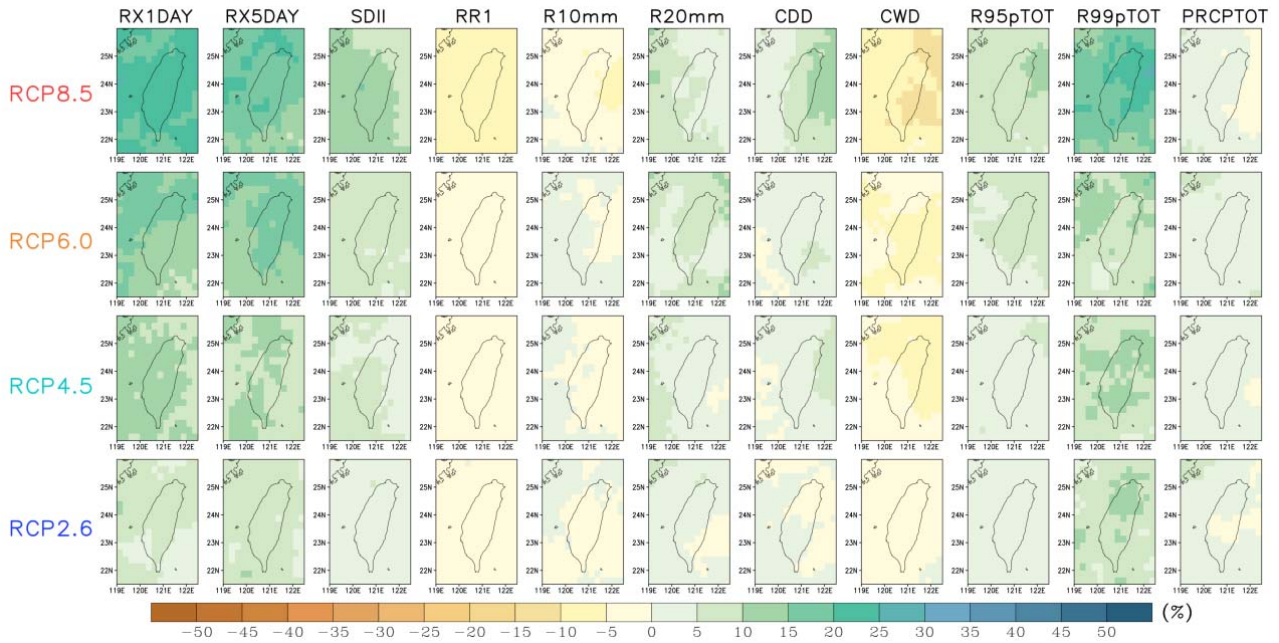


圖 3.2 臺灣地區各極端氣候指標在四情境下 CMIP5 各氣候模式之中位數於世紀末氣候變化百分比 (%) 分布圖。

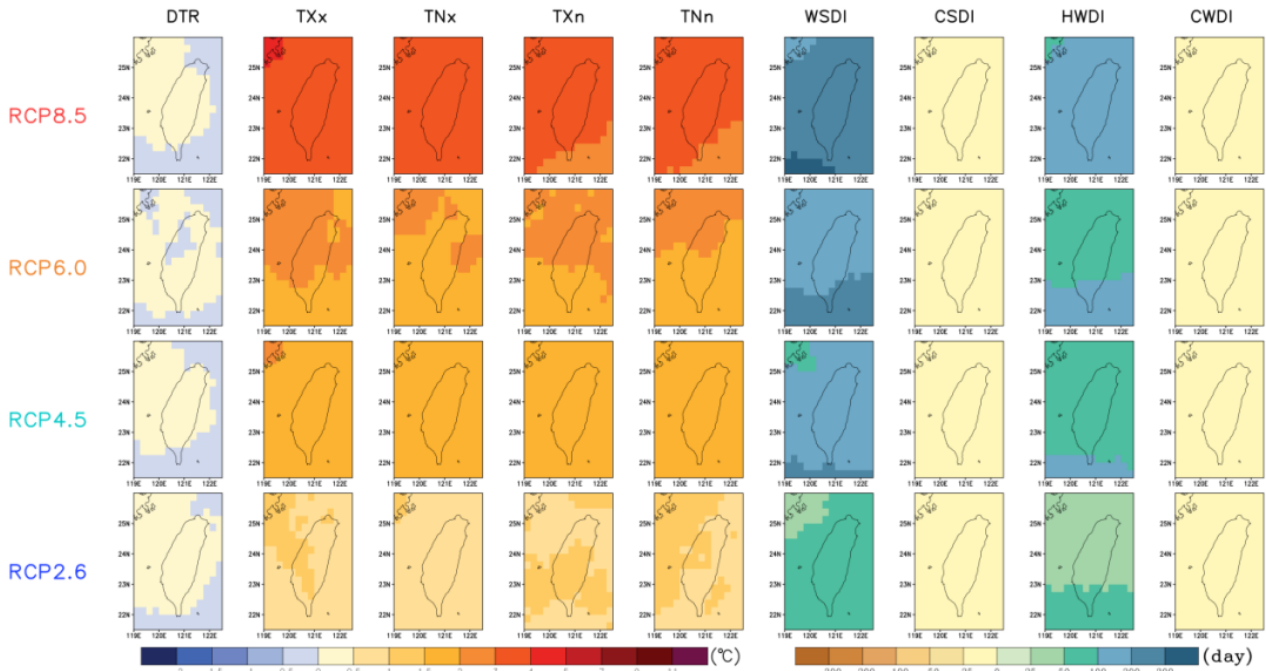


圖 3.3 臺灣地區各溫度極端氣候指標在四情境下 CMIP5 各氣候模式之中位數於世紀末氣候變化量分布圖。

月平均降尺度針對月均溫 (tas)、月平均最高溫 (tasmax) 與月平均最低溫 (tasmin) 的部分，最高溫、平均溫與最低溫之世紀末升溫情形相同，與情境所設定之變化表現一致。RCP8.5 升溫最為劇烈，RCP2.6 最為和緩。

3.3 動力降尺度的執行與技術研發

3.3.1 動力降尺度之季節降水與溫度分析

本期動力降尺度的執行重點之一為產製三組高解析度全球氣候模式推估的動力降尺度資料，希望藉由分析多組高解析度氣候推估對臺灣地區氣候變遷推估的一致性或不一致性，對臺灣地區可能的氣候變遷情境能有更進一步的了解。由於 CAM5 未來時期的氣候模擬遲遲未能開始進行，以致此部分動力降尺度也無法進行，因此，僅以 MRI-AGCM 及 GFDL HiRAM 兩組未來臺灣地區的降水及溫度之氣候動力降尺度的推估結果（分別以 WRF-MRI 及 WRF-HiRAM 代表）來進行分析。

※ 結果與討論

針對大尺度環流場及降水的氣候分布，大氣全球模式皆能掌握其季節變化及空間分布的特性，降尺度前後的差異分析中顯示，夏季的溫度場及水氣場與降尺度前有較大的差異之外，其他季節則差異不大。在臺灣地區的降水評估中，兩組氣候推估資料在經過降尺度後，空間配置及量值上明顯比降尺度前更接近觀測值，顯示出執行動力降尺度之重要性。

世紀末的氣候推估部分，臺灣地區的年平均降水變化在 WRF-MRI 與 WRF-HiRAM 的推估結果相當一致（圖 3.4），西半部地區的降水為增加的趨勢，尤其是沿海地區，變化的範圍介於+10%至+40%之間，東半部地區則為減少，變化的範圍介於 -10%至 -30%之間。此外，兩組降尺度結果在各季節的降水空間變化情形呈現區域性的差異，兩組降尺度資料的結果也不完全一致，意味著氣候推估結果存在著不確定性。另外，在降水的頻率分析中顯示，未來臺灣地區的降雨日數呈現減少的趨勢，平均一個月減少 2 至 4 天。而在強降雨發生的次數上，與現今多數區域模式所推估的結果相同，認為強降雨事件的發生頻率在未來會增加。兩模式在梅雨季的中南部山區及夏季的南部地區，呈現相反的結果。

溫度部分則普遍呈現增溫的趨勢（圖 3.5），臺灣地區的暖化現象與大尺度有著共同的特徵，冬季的增溫程度最大，夏季最小，且兩組降尺度的結果相當一致，增暖的幅度在 2.8°C 至 4°C 左右。除此之外，臺灣地區的地面氣溫增暖情形與鄰近地區上空的暖化程度有著相當密切的關係，顯示地面暖化特徵有可能受全球模式中大氣增溫的垂直分布以及溫度平流所影響。

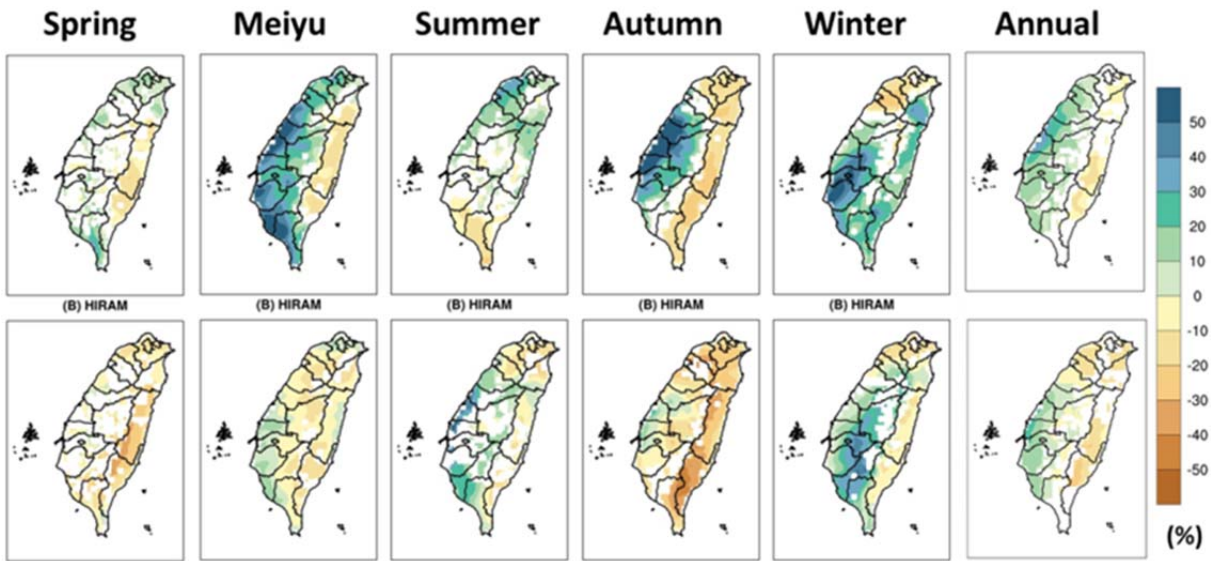


圖 3.4 世紀末時期 (2076-2099 年) 降尺度的氣候推估結果在各季節臺灣地區的降水變化率(通過 95%的統計檢定)。第一列為 WRF-MRI、第二列為 WRF-HiRAM 的結果。單位：%

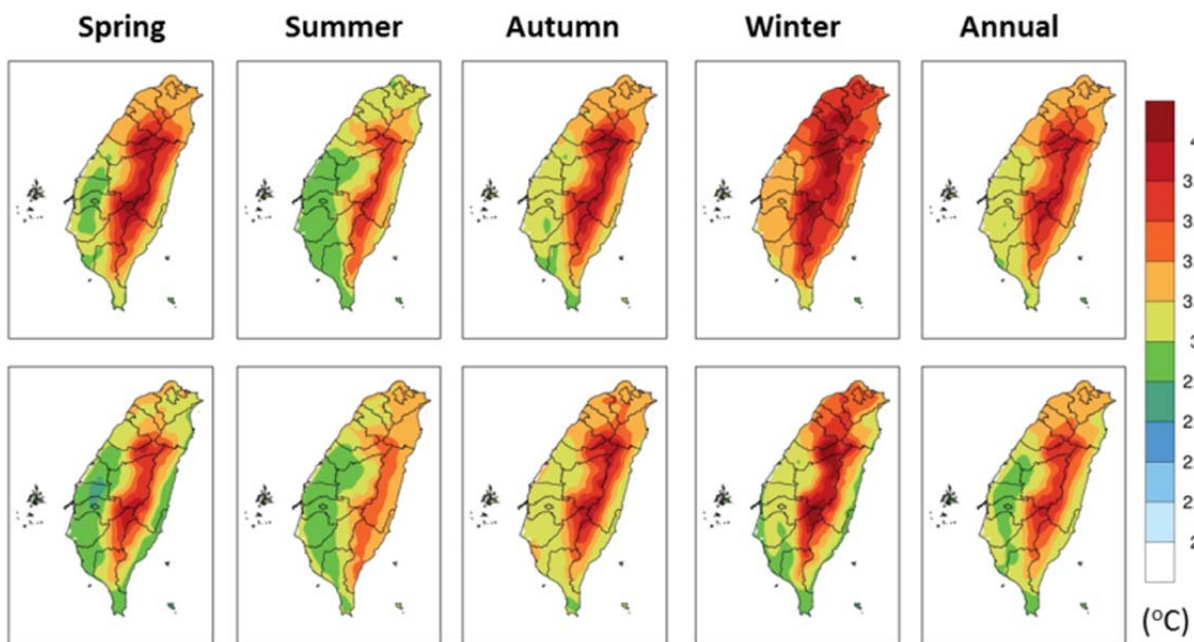


圖 3.5 世紀末時期 (2076-2099 年) 的氣候推估結果在各季節的日均溫變化。第一列為 WRF-MRI、第二列為 WRF-HiRAM 的結果。單位：°C

在高解析度全球模式所模擬出來的颱風事件，可透過動力降尺度後得到更合理的降水空間分布。圖 3.6 為降尺度前後之颱風年降雨及降雨強度在 21 世紀末的改變率。降尺度前的推估結果顯示，除了 MRI 的部分西北地區部之外，臺灣地區颱風總降雨量多呈現減少的趨勢。經過降尺度過後，WRF-HiRAM 的颱風降雨變化與降尺度前的變化一致，全臺皆呈現減少的趨勢，以東半部減少較為顯著，造成降雨減少的原因可能主要以颱風數目顯著減少有關，亦

和颱風路徑的變化有關。然而 WRF-MRI 的颱風降水量在西部地區則是增加，以嘉南和桃園地區較顯著，大部分西部地區變化趨勢與降尺度前的變化趨勢相反；東部的減少趨勢則與降尺度前的推估結果是一致的。WRF-MRI 中西部降雨的增加可能與基期西半部降雨的低估、較少颱風登陸北臺灣、以及未來颱風路徑的改變有關。MRI 中部分西北地區降雨的增加其實也反映出此一特徵。在颱風降雨強度的變化部分，不同模式不同解析度所推估出來的結果非常一致，除了部分屏東和東南地區，降雨強度皆明顯地增加，可增加超過 60%。東南部降雨強度的減少應該與第 5 路徑颱風比例的減少有關係。

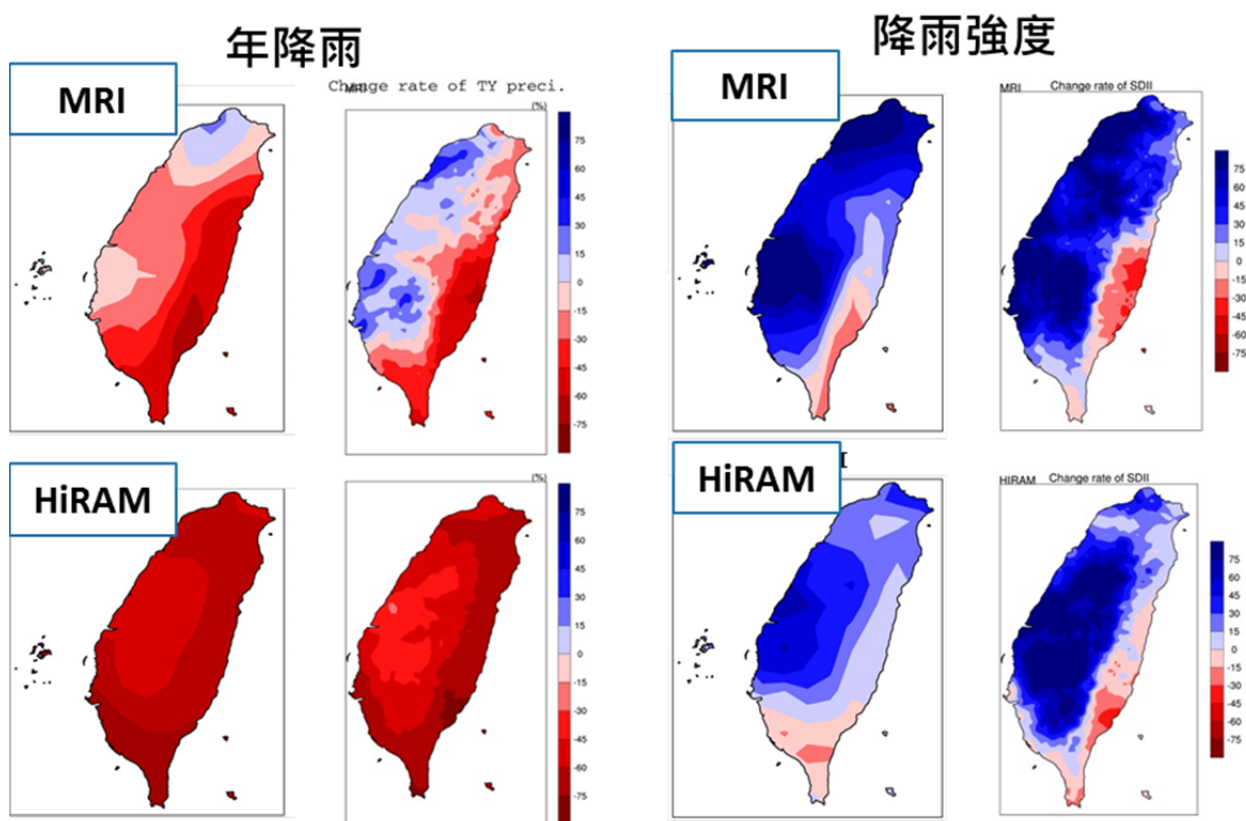


圖 3.6 降尺度前 (左圖) 後 (右圖) 之年平均颱風降雨 (黑線左邊，單位：mm/yr) 和平均降雨強度指標在 21 世紀末改變率 (%) 的空間分布圖，上下排分別為 MRI 和 HiRAM。

3.3.2 全球暖化環境下歷史颱風事件模擬

在 TCCIP 計畫之前的研究顯示，高解析度 AGCM 模式中的颱風樣本數目的不足以及樣本路徑偏差會讓颱風降水變遷趨勢的推估存在極大的不確定性。雖說未來大氣熱力條件改變很可能會導致強降雨頻率增加，模式中臺灣地區現在與未來颱風路徑的變化也有可能是強降雨增加或減少的重要原因之一。可惜臺灣這個研究區域太小，颱風路徑變異性本來就很大，現在時期推估的颱風路徑與觀測已經呈現蠻大的差異，以目前有限的樣本的結果來看，未來颱風路徑改變的推估並不具太大的意義。

考慮到小區域颱風路徑變遷的不確定性太大、甚至不具統計意義，在不涉及路徑改變的議題下，本研究採取另一方法來探討氣候變遷對歷史極端降雨事件的影響。在此我們採用 Kimura and Kitoh (2007) 的方法 (以 PGW, Pseudo Global Warming 稱之)，來研究暖化對歷史極端事件個案的影響。PGW 的大氣環流 (C_{PGW}) 是以歷史個案的環流 ($C_{history}$) 加上暖化所造成的大氣環流差異 (兩時期溫度、相對濕度、風場、高度場及海溫氣候值的差異)。 $C_{PGW} = C_{history} + (\bar{C}_{future} - \bar{C}_{present})$ ，在本研究中 $\bar{C}$ 為當月月平均氣候值。這個方法除了將海溫跟大氣的增溫考慮進來，亦同時將大氣環流、垂直風切、大氣穩定度平均狀態的改變也一併考慮進來。

※ 結果與討論

本研究目前選擇的極端降雨事件為 2009 年重創臺灣的莫拉克颱風，由 MRI-AGCM3.2S 的氣候推估計算出 A1B 以及 RCP8.5 暖化情境下的大氣環流改變量。考慮到單一模擬結果除了無法評估改變量的統計上的顯著程度，也有可能僅因為降雨系統模擬在空間的些微偏移而導致局部地區的降雨出現極明顯的增加或減少，所以本研究採用多模式系集模擬的平均值來呈現降雨的改變。這裡的多模式是使用 WRF 模式中 96 種不同輻射、積雲、雲微物理以及邊界層參數化的組合，在現在、A1B、RCP8.5 暖化情境下，各進行了 96 場模擬。

圖 3.7 所示為實驗的結果，顯示模式可以合理地模擬出莫拉克颱風降雨的空間分布與降雨量，除了臺中山區與阿里山區的降水有點低估。在暖化情境下的 2009 莫拉克颱風除了在山的背風面少雨區降水無顯著變化之外，在其他地區的降水多是增加的。在 A1B 情境下西部平地降雨增加率 (10%~40%) 高於山區 (5%~10%)；在 RCP8.5 情境下的增加更為明顯，西部平地增加率大於 60%，而山區的增加也達到 20~40%。

2009-Morakot Precip. 08-05_00 - 08-10_00

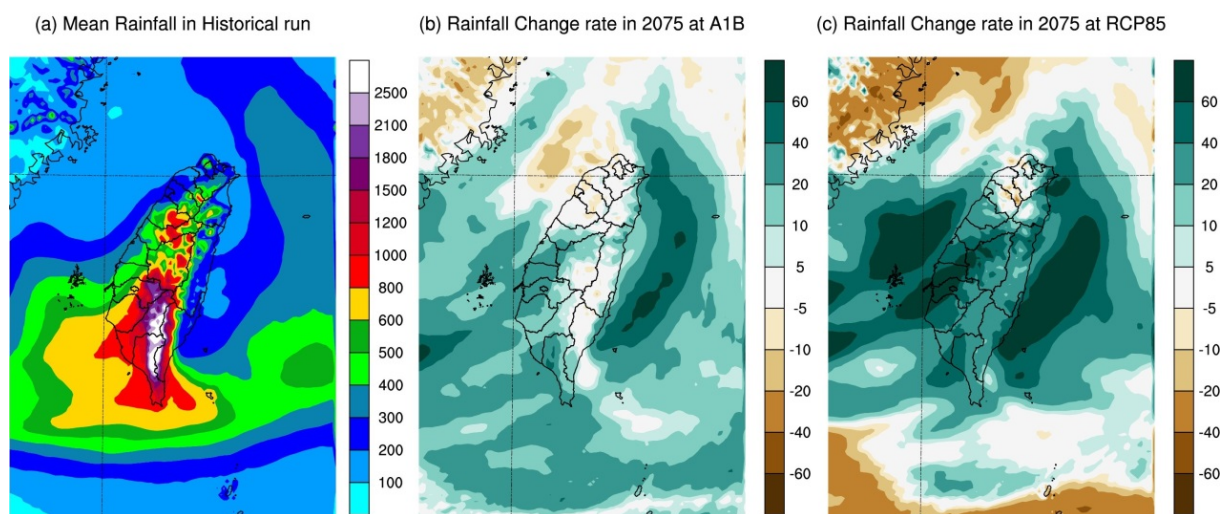


圖 3.7 (a) 是 2009 莫拉克颱風降雨模擬結果 (單位：毫米)，(b)、(c) 是 2009 莫拉克在 A1B 及 RCP8.5 的 21 世紀末暖化情境下的總降雨改變率(單位：%)。

3.4 動力降尺度中氣候變遷原因主題式的探討

3.4.1 冬、春季降雨變遷特徵之探討

※ 研究背景與方法

延續前期的成果，本期研究冀望從多組動力模式的氣象資料估算氣候變遷情境下，春季鋒面對臺灣的影響；並利用模式降尺度後的降雨情境資料，和觀測資料進行比較分析，評估模式在春季模擬上的掌握能力，並將方法延續到近未來及世紀末兩個未來的時期，藉以了解春季降雨在未來的變化情形。

觀測資料為 TCCIP 所產製 5 公里解析度的月降雨觀測資料。大尺度環流場氣象資料則是使用 NCEP/NCAR Reanalysis 資料。模式資料的部份則分別使用了四組降尺度前後的動力模式資料：A1B 情境下的 MRI-AGCM，RCP8.5 情境下的 MRI-AGCM，HiRAM，CAM5 推估資料經過動力降尺度後的結果，WRF-MRI_v1，WRF-MRI_v2，WRF-HiRAM，WRF-CAM5。。

首先計算 Performance Index 以比較三種動力模式和觀測的降雨資料差異，並評估各個動力模式對春雨的模擬表現。對應大尺度的環流場氣候值氣象變數的分布，分析是何種氣象因子造成降雨分布的差異。接著使用 MRI_v1 模式鋒面資料進行分析，和 WRF-MRI_v1 模式的降雨計算相關性，最終期望能夠應用到模式未來推估的情境下，分析春季降雨及鋒面可能的變化情形。

※ 結果與討論

透過動力模式世紀末 (2076-2099) 與基期 (1979-2003) 的環流差異分析，來了解模式春雨的表現 (如圖 3.8)。結果顯示，氣候變遷下，動力降尺度模式春雨於世紀末與基期的差異，以 WRF-MRI_v1 和 WRF-HiRAM 的變化較為明顯，其中 WRF-MRI_v1 在世紀末時呈現春雨增加的情形；WRF-HiRAM 則為減少情況。這樣的差異可能與模式環流結構有關。由環流分析結果可知，世紀末時的 HIRAM 春季 SLP 明顯偏強，由日本向西延伸至華南地區，間接抑制臺灣春季降雨，造成該模式世紀末春雨明顯減少。另一方面，由前其研究發現，春季南海地區低層若呈現西南風距平，則臺灣春雨有增多的趨勢，WRF-MRI_v1 世紀末春雨增多的環流配置與此結果吻合。

本研究仿照 Recher and Kim (2008) 的評估方式，利用前一節所述海平面氣壓場、U200、U850、V850、Q850 等五個春雨的氣象變數，計算四個動力模式的 Performance Index，以判斷這些模式對臺灣春雨的掌握能力。初步計算結果可知 (圖 3.9)，HiRAM 模式於 Performance Index 的得分相對較高，但是從 3.1 節的降雨分析中發現，該模式於降尺度過後之春雨占全年百分比比較低，若全然以 Performance Index 作為模式資料使用的基準，在某些情況下可能會有適用性的問題，如何應用 Performance Index 進行模式資料選取，尚待進一步討論。

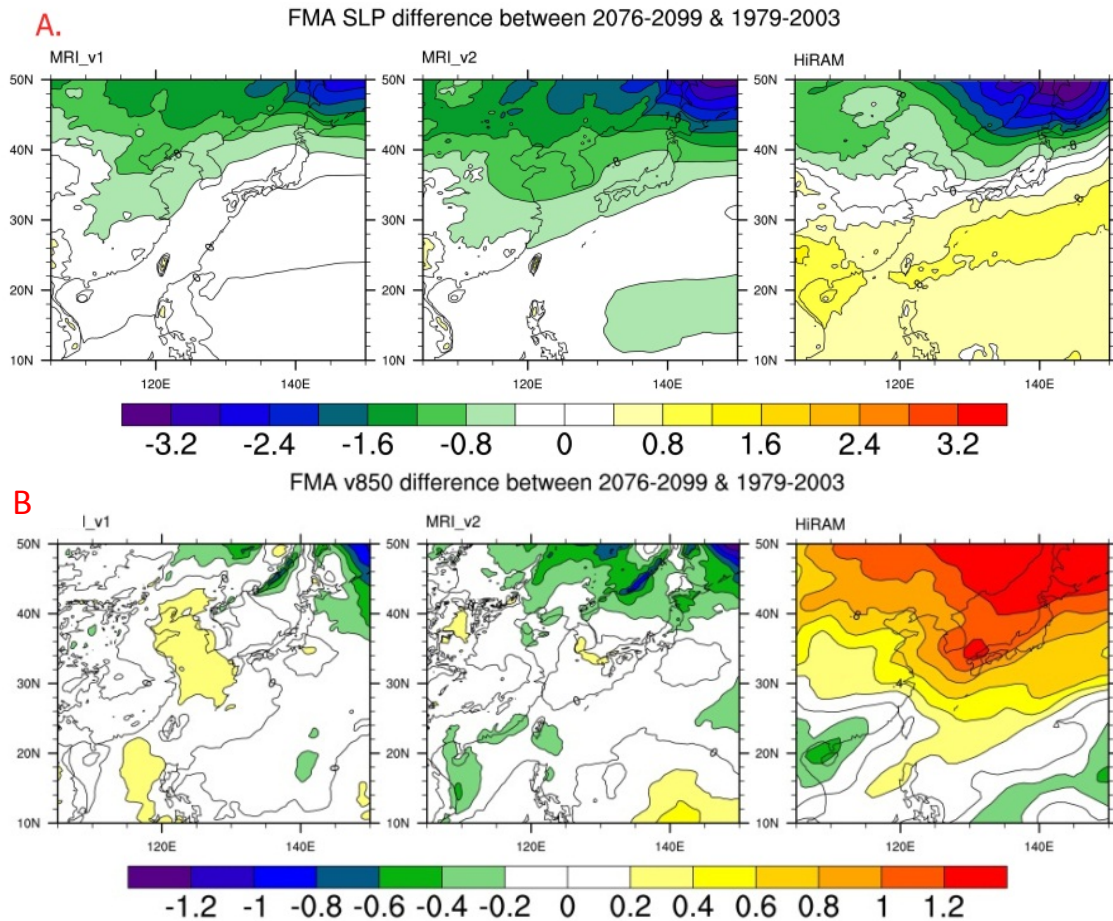


圖 3.8 模式世紀末 (2076-2099) 與基期 (1979-2003) 的環流場差異。分別為 A. 海平面氣壓場 (hPa)、B. 850hPa 南北向風場 (m/s) 的春季氣候值分布圖。(由左至右分別為第一期 MRI 模式、第二期的 MRI 模式及 HiRAM 模式等三組動力模式降尺度資料。)

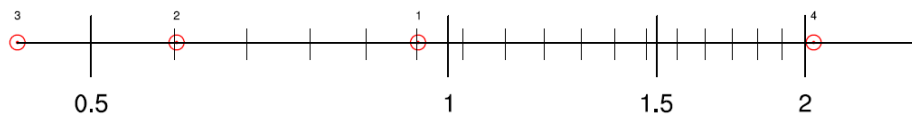


圖 3.9 紅色圈為模式 Performance Index 的值。模式 1-4 分別代表第一期 MRI 模式、第二期的 MRI 模式 HiRAM 模式及 CAM5 模式等四組動力模式降尺度資料。

分析動力降尺度模式之春雨特性發現，WRF-MRI_v1 模式和 WRF-MRI_v2 模式較接近觀測數值。WRF-MRI_v1 模式與 WRF-HiRAM 模式於世紀末時之春雨分別有增加及減少的結果差異，該部分之差異則與原始 GCM 模式本身之低層風與場 SLP 變化特性有關。由 Performance Index 計算而得模擬春雨主要變數最佳的是 HiRAM；CAM5 則較為不理想，惟使用方式與時機尚待進一步討論。將 MRI_v1 的鋒面資料進行分析篩選後，所得到的鋒面影響日數和 WRF-MRI_v1 模式的降雨資料進行相關分析，其結果並沒有十分符合期待，除了篩選方法是一種原因之外，春季的鋒面尺度較小，在模式資料中常呈現破碎狀而非線狀，顯示此種鋒面偵測的方法不完全適合應用於春雨分析。

3.4.2 日夜變化與夏季午後陣雨變遷特徵之探討

為了解大氣環流變化對臺灣夏季午後雷陣雨的降雨機制與長期變化趨勢所造成的影響，應用觀測及模式模擬資料做以下的研究。計畫第一年已針對觀測資料進行分析。本年度（第二年）進度為針對及模式模擬 (MRI, CAM5, HiRAM, WRF-MRI, WRF-CAM5, WRF-HiRAM) 資料進行分析討論。目的希望透過比較模式模擬結果與觀測的差異性，進而了解模式模擬臺灣夏季 (JJA) 之午後降雨發生頻率、強度與其趨勢變化的能力，並且進一步對於臺灣地區世紀末夏季降雨進行推估。針對各測站午後對流 (TSA) 降雨，採用該站當日降雨的比例來定義：即午前 1~11 時的降雨小於等於整日降雨的 10%，且午後 12~22 時的降雨大於等於整日降雨的 80%，該站達到此條件則記錄為一午後對流降雨日。研究發現，此定義可以成功篩選出 TSA 的事件並去除颱風和鋒面系統的影響。

✿ 結果分析

三組 AGCM 對於臺灣夏季的降水分布及日夜變化與觀測皆存在明顯的誤差，而從三組動力降尺度結果來看，可以發現降尺度後的結果明顯受地形影響，但也同時修正了臺灣西南部地區的降雨分布。另外，模式對於臺灣日夜降雨中發生最大降雨的時間皆無法掌握同於實際觀測的時間 (圖 3.10a)，其結果發現 HiRAM 有延遲的現象 (圖 3.10b)，MRI 則相反。從三組 WRF 降尺度的結果可以得知，利用動力降尺度的方法有將降雨時間修正較接近實際觀測的降雨時間 (圖 3.10c)。整體而言 HiRAM 和 MRI 的表現較 CAM5 佳，動力降尺度後模式在中部、西南部地區皆較接近觀測結果，且之間之差異性小。

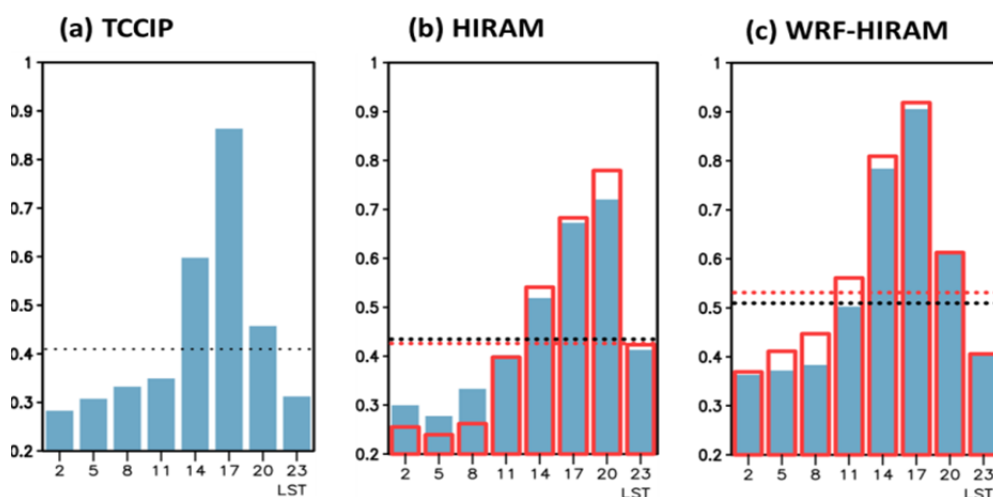


圖 3.10 臺灣夏季 (JJA) 時雨量平均，點線為日平均值，其中 (a) 為 TCCIP 網格化降雨資料 (Grid-TCCIP v2)，(b)、(c) 分別為 HiRAM、WRF-HiRAM 之分析結果。藍色實心長條圖及黑色點線為現在 (1979~2003) 之分析結果；紅色空心長條圖及紅色點線為世紀末 (2075~2099) 之分析結果。(單位：mm/hr)

從模式對於世紀末的推估結果來看，模式及其動力降尺度之結果，對於臺灣地區降雨世紀末之推估，會與現在之模擬結果有相同的特徵分布。此外，雖然降尺度前後對於臺灣地區 TSA 的模擬、推估結果會有不同的影響，但整體而言，在模式的模擬及降尺度後的推估下，臺灣地區夏季降雨及日夜變化皆顯現出在東半部有相同的特徵；另外，降尺度前後皆顯現出世紀末 TSA 的發生頻率在西半部明顯的減少（圖 3.11b、圖 3.11e），降雨強度東半部的增加量大於西半部的情形（圖 3.12b、圖 3.12e）。

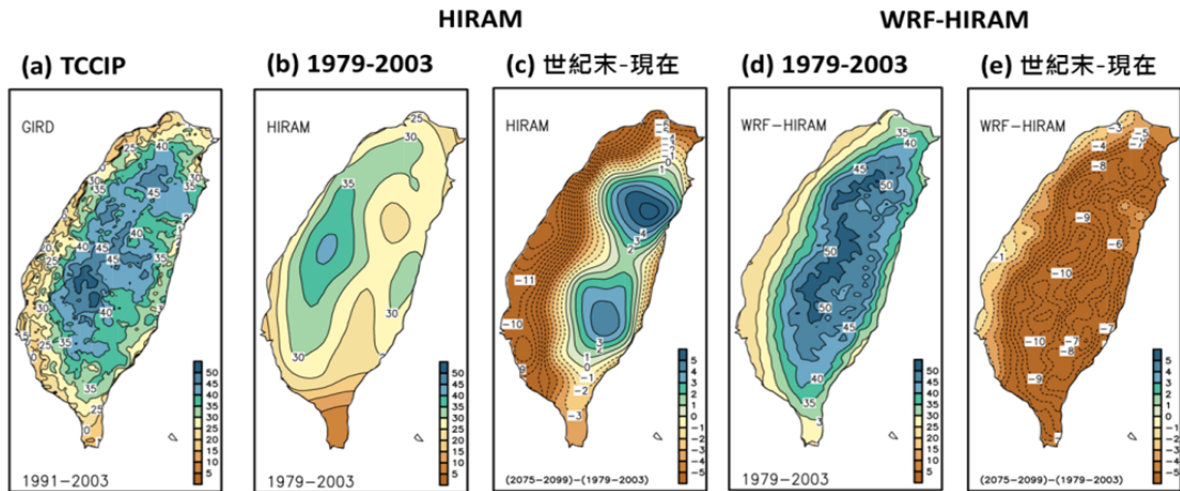


圖 3.11 (a)、(b)、(d) 分別為 HiRAM、WRF-HiRAM 臺灣 TSA 頻率平均之分布，而 (c)、(e) 為 HiRAM、WRF-HiRAM 世紀末 (2075~2099) 減去現在 (1979~2003) 的差值。(單位：day/JJA)

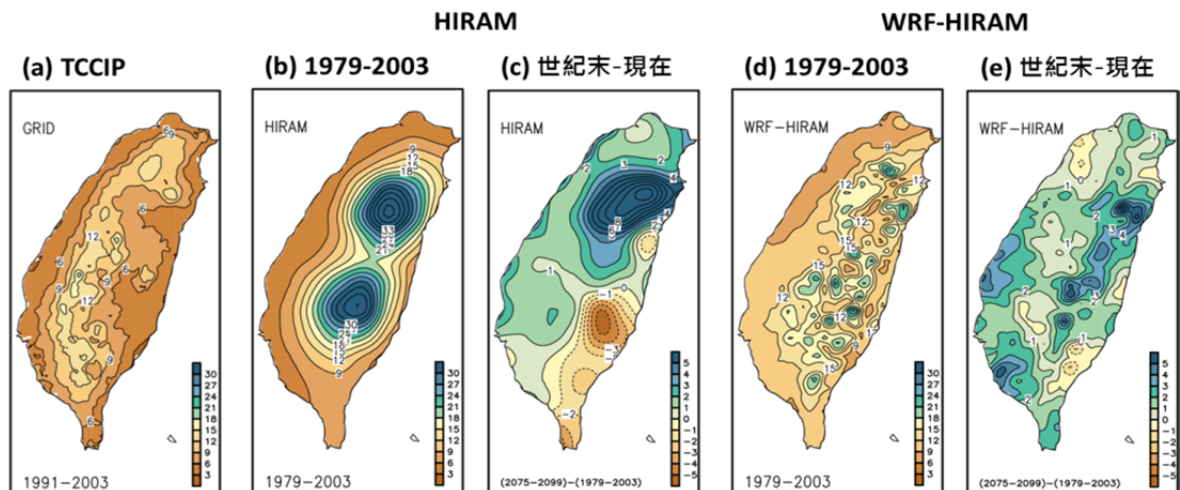


圖 3.12 (a)、(b)、(d) 分別為 HiRAM、WRF-HiRAM 臺灣 TSA 降雨強度平均之分布，而 (c)、(e) 為 HiRAM、WRF-HiRAM 世紀末 (2075~2099) 減去現在 (1979~2003) 的差值。(單位：mm/TSA day)

3.4.3 颱風變遷特徵之探討

本研究利用 20 公里的 HiRAM 高解析度氣候模式，分析模式對於現在 (1979-2003) 的颱風活動模擬情形，並推估在 RCP85 情境下，全球暖化對世紀末 (2075-2099) 西北太平洋、影響臺灣 (中心進入到距臺灣本島海岸線 300km 範圍內之颱風)、以及通過臺灣華南地區 (TWCN) 颱風活動的變遷。本研究利用 GPI 和 PI 分析颱風活動變遷的機制。

※ 西北太平洋以及影響臺灣颱風變遷

在西北太平洋，颱風移動方向主要受副熱帶高壓影響，除了在南海生成的颱風，多數颱風在太平洋形成後沿著高壓南緣邊西行，向南海、中國大陸移動，或轉往北/東北方向朝韓國、日本移動，在這些區域會有較高的颱風密度分布。除了 CAM5 嚴重低估颱風生成的頻率，HiRAM 及 MRI 皆可以成功模擬出西北太平洋颱風路徑的特徵 (圖 3.13)。表 1 為統計模式和觀測於西北太平洋和影響臺灣地區的颱風。MRI 所模擬之西北太平洋颱風總數偏低 (為觀測的 60%)，HiRAM 模擬個數則偏高 (為觀測的 140%)。颱風強度部分，MRI 模擬的強度明顯偏強，強颱所占比率 (~32%) 顯著偏高，輕颱明顯偏低 (~18%)；HiRAM 模擬的強度則明顯偏弱，強颱所占比率僅不到 1%，輕度颱風所占比率偏高。MRI 和 HiRAM 模擬皆顯示世紀末颱風個數有減少的趨勢，強颱所占比率則有增加的趨勢，在西北太平洋 MRI 推估減少約 46%、HiRAM 的推估則是減少了約 42%。

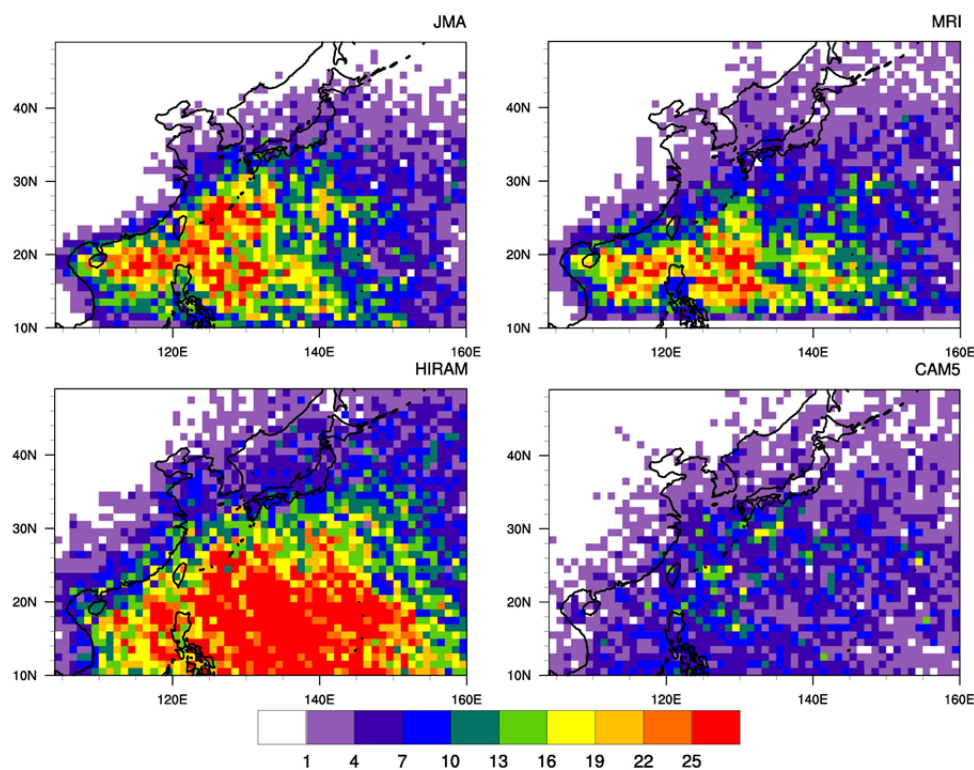


圖 3.13 西北太平洋颱風路徑密度分布圖，由左上、右上至右下分別為觀測、MRI、HiRAM 和 CAM5

MRI 模擬顯示影響臺灣之颱風個數有低估的情形，HiRAM 則為高估 (表 3.1)。強度部分，MRI 強度偏強，強颱所占比率顯著高估；HiRAM 則有偏弱的情形，輕颱所占比率偏高，強颱偏低。於 21 世紀末時期，MRI 和 HIRAM 皆顯示強颱的比率有增加的趨勢。分析平均每場颱風影響臺灣的時數顯示，兩組模式皆顯示與觀測的影響時數相似。至於影響臺灣颱風個數的變遷，在 MRI 與西北太平洋颱風個數減少的比例相近，約為 50%；但在 HIRAM 中，減為原來的三分之一左右，高於西北太平洋颱風個數減少的比率 (減為現代的二分之一左右)。

表 3.1 各模式和觀測於西北太平洋和影響臺灣地區之現在和世紀末時期的颱風總數及各強度颱風所占比率 (單位：%)

		西北太平洋				影響臺灣				
模式	時期	總數	輕度	中度	強烈	總數	輕度	中度	強烈	時數
MRI	1979-2003	393	19.08	41.22	39.69	85	17.65	50.59	31.76	31
	2075-2099	212	14.62	34.91	50.47	43	13.95	44.19	41.86	41
HiRAM	1979-2003	918	59.26	40.20	0.54	128	50.00	50.00	0.00	34
	2075-2099	537	63.50	33.33	3.17	44	38.64	50.00	11.36	30
OBS	1979-2003	658	44.53	42.40	13.07	115	30.43	53.04	16.52	34

✿ 臺灣華南地區颱風活動模擬與未來推估

西北太平洋地區的颱風軌跡可分為向西、向西北與向北轉向三種類型。而影響臺灣的颱風主要為西北行軌跡 (圖 3.14)，我們將侵襲此區域的颱風，定義為 TWCN 颱風。每年 6~11 月侵襲 TWCN 的颱風數目統計於表 3.2。HiRAM 模擬 TWCN 颱風數目，與觀測極為相似，且侵襲 TWCN 颱風軌跡頻率的模擬優，與觀測頻率相關可高達 0.8。HiRAM 侵襲 TWCN 颱風的 TY1 與 TY2 颱風數目較多，而模擬 TY4 與 TY5 的颱風數目極少，因此模擬低估颱風平均強度。世紀末時期，由於西北太平洋颱風生成數目顯著減少，因此侵襲 TWCN 颱風生成數目亦減少。因此，模式推估未來臺灣附近颱風頻率減少。未來侵襲 TWCN 的弱颱 (TY1 及 TY2) 數目減少，然而強颱 (TY4 及 TY5) 數目增加，平均最大風速增強。而通過臺灣附近的颱風平均風速亦增強。

✿ 利用 GPI 和 PI 探討影響未來颱風活動變遷機制

本研究利用 GPI 公式 (Murakami and Wang, 2010)： $GPI = |10^5 \eta|^{3/2} \left(\frac{RH}{50}\right)^3 \left(\frac{PI}{70}\right)^3 (1+0.1V)^{-2} \left(\frac{-\omega+0.1}{0.1}\right)$ ，及 PI 公式，分別探討未來颱風生成數目減少及強度增強的原因。分析方法請參考完整報告。世紀末時期颱風生成數目減少機制以示意圖 (圖 3.15) 顯示。在世紀末時期，雖然海溫增高與垂直風切減小使颱風生成數目增加，但相對濕度減少、相對渦度與垂直速度變弱則使颱風生成數目減少。PI 計算顯示在世紀末時期，海溫增高使 20°N 以北的西北行颱風

強度增強。

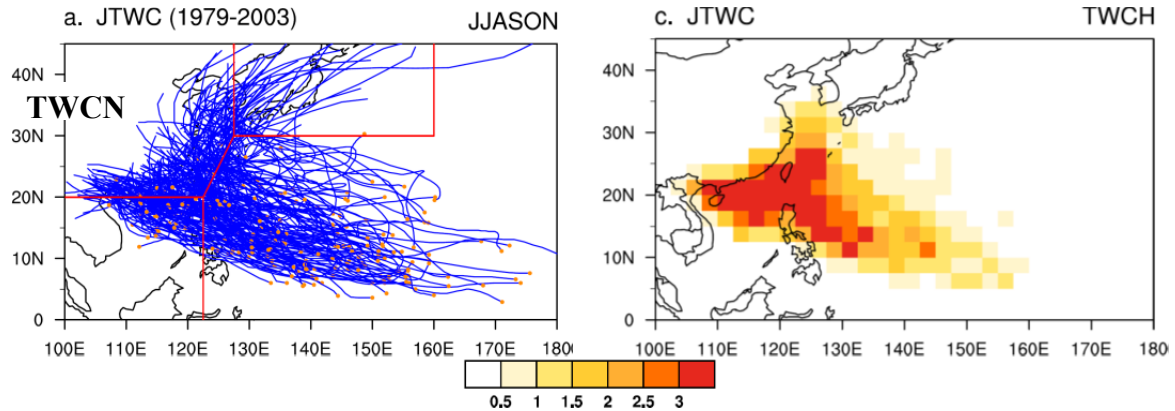


圖 3.14 JTWC 1979-2003 年 6-11 月(a) TWCN 颱風軌跡，(c) 為 $2.5 \times 2.5^\circ$ 通過頻率。

表 3.2 模式與觀測之 TWCN 颱風比較表。相關計算範圍為 $110-160^\circ\text{E}$ ， $5-35^\circ\text{N}$ 。

TWCN	生成數目 (個數/年)	軌跡頻率 相關係數	TY1 與 TY2 (個數/年)	TY4 與 TY5 (個數/年)	平均最大強度 (m/s)
JTWC	8.9	0.83	3.2	2.00	43.5
HiRAM	8.6		4.6	0.04	38.2
2075-2099	3.8		1.6	0.3	41.2

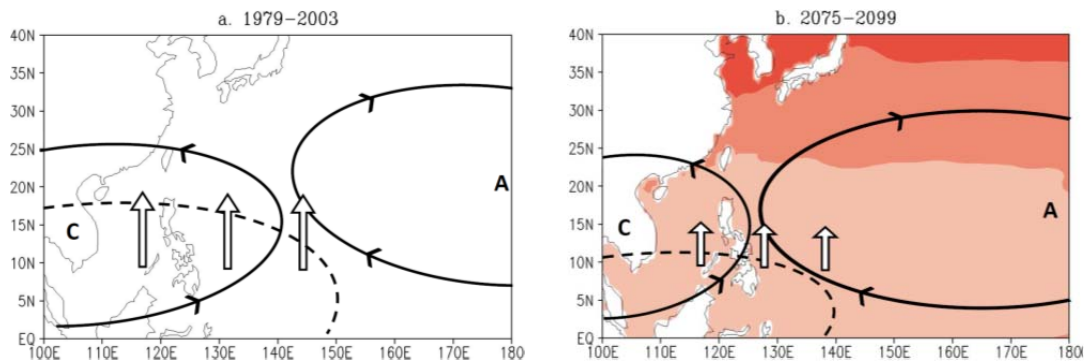


圖 3.15 影響西北太平洋颱風軌跡機制之示意圖。(a) 1979-2003 年，(b) 2075-2099 年。紅色陰影表示海溫增暖。實線為大尺度環流場，”A”與”C”分別為副高與季風槽。虛線為 600 hPa 相對溼度 75% 等值線。白色箭頭為 500hPa 垂直運動。

3.4.4 極端氣溫變遷特徵之探討

因為溫度分布受地形影響極大，本研究著重在分析動力降尺度後的高解析度氣候資料，目前分析以 A1B 情境 (前期計畫 MRI-AGCM 與 ECHAM5 動力降尺度資料) 中的極端溫度事件，探討極端溫度事件發生時特徵的異同，以及發生的原因。

✿ 極端低溫

極端低溫的定義主要是參考去年極端高溫研究的定義，並且考慮人類活動範圍以及山區溫度會拉低閾值，因此將判斷的範圍限定在臺灣地區 500 公尺以下區域，極端低溫的閾值是以每個時期各自的日最低溫排序百分位數 5 的溫度做為各時期自己的閾值 (表 3.3)，而日最低溫小於這個閾值溫度即為低溫日。

表 3.3 NCEP-WRF 1979-2003 時期與 ECHAM5-WRF、MRI-WRF 在 1979-2003、2015-2039、2075-2099 三個時期極端低溫日閾值 (單位：°C)。

各時期門檻值	NCEP-WRF	ECHAN5-WRF	MRI-WRF
1979-2003	12.40	12.22	10.84
2015-2039		12.74	11.81
2075-2099		15.10	13.45

受地形高度主宰，未來與現在的低溫日平均溫度的空間分布差異不大，僅溫度增加，可以兩時期的差異來突顯兩時期間的不同 (圖未示)。可以發現，兩模式未來低溫日平均溫度在山區增加的溫度較平地明顯，且都有北部增溫較南部增溫顯著。未來兩個模式在臺灣發生極端低溫時，大尺度環流系統的空間分布與現在時期並無太大不同，所以在此以大尺度環流系統的距平 (減去當期的氣候值) 來顯示未來發生低溫時的系統特徵。在圖 3.16 中兩個模式在三個不同時期臺灣發生極端低溫時都顯示，影響臺灣的大陸高壓與北方南下的冷風強度比當時期的氣候平均強，也就是現在與未來臺灣低溫日時大尺度系統分布的特徵都很相近。

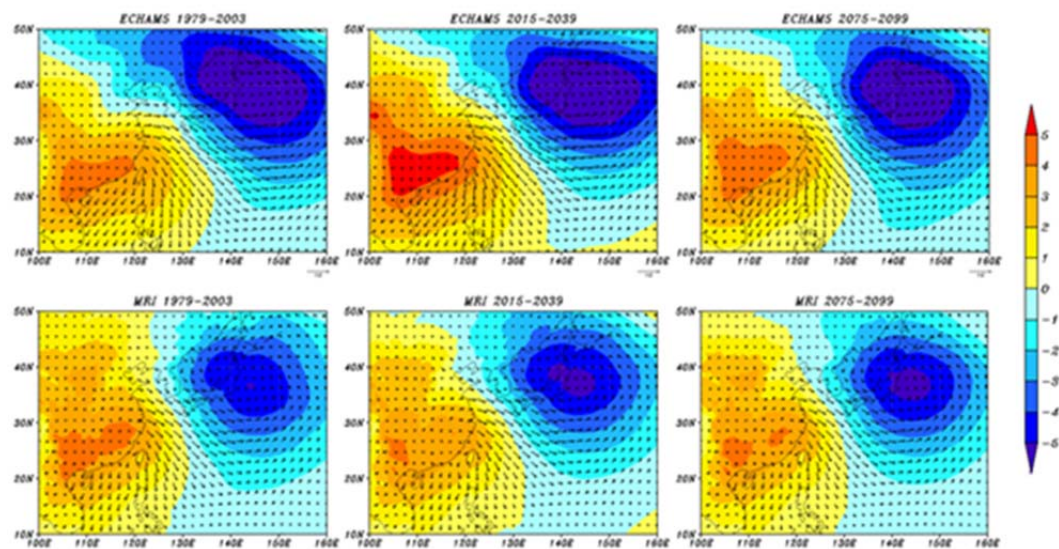


圖 3.16 為各時期冬季低溫日大尺度系統與冬季氣候平均的差異分布狀況，分別為 (a) ECHAM5 1979-2003 時期、(b) ECHAM5 2015-2039 時期、(c) ECHAM5 2075-2099 時期、(d) MRI 1979-2003 時期、(e) MRI 2015-2039 時期與(f) MRI 2075-2099 時期。

參考文獻

- Chen, J.-H., and S.-J. Lin, 2013: Seasonal Predictions of Tropical Cyclones Using a 25-km-Resolution General Circulation Model. *J. Climate*, **26**, 380–398. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00061.1>
- Emanuel, K. A., and D. S. Nolan, 2004: Tropical cyclone activity and global climate. Preprints, 26th Conf. on Hurricanes and Tropical Meteorology, Miami, FL, *Amer. Meteor. Soc.*, 240–241.
- Julio T. Bacmeister, Michael F. Wehner, Richard B. Neale, Andrew Gettelman, Cecile Hannay, Peter H. Lauritzen, Julie M. Caron, and John E. Truesdale, 2014: Exploratory High-Resolution Climate Simulations using the Community Atmosphere Model (CAM). *J. Climate*, **27**, 3073–3099. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00387.1>
- Kimura, F., and A. Kitoh, 2007: Downscaling by Pseudo Global Warming Method, The Final Report of ICCAP, 43–46.
- Mizuta, R., H. Yoshimura, H. Murakami, M. Matsueda, E. Hirokazu, O. Ose, K. Kamiguchi, M. Hosaka, M. Sugi, S. Yukimoto, S. Kusunoki and A. Kitoh, 2012: Climate simulations using MRI-AGCM3.2 with 20-km grid. *J. Meteor. Soc. Japan*, **90A**, 233–258.
- Murakami, H., and B. Wang, 2010: Future change of North Atlantic tropical cyclone tracks: Projection by a 20-km-mesh global atmospheric model. *J. Climate*, **23**, 2699–2721.
- Reichler, T., and J. Kim (2008), How well do coupled models simulate today's climate? *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, **89**, 303–311.
- Simpson, J., C. Kummerow, W.-K. Tao, and R. F. Adler, 1996: On the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). *Meteor. Atmos. Phys.*, **60**, 19–36.
- Wang, S.-Y., and T.-C. Chen, 2008: Measuring East Asian summer monsoon rainfall contributions by different weather systems over Taiwan, *J. Appl. Meteor. Clim.*, **47**, 2068–2080.

第四章 氣候變遷資料應用技術發展與研究

Team3 在 TCCIP 計畫的定位，主要是 Team1 與 Team2 產製（資料產製者）之氣候資料的應用技術研發與溝通互動，以落實從使用者需求強化氣候變遷研究之核心精神 (Bottom-Up)，滿足各領域（資料使用者）對氣候變遷資料應用之需求，Team3 關鍵核心價值在於氣候變遷上下游資料推廣關鍵技術研發，注重氣候變遷資料銜接與應用推廣（圖 4.1）。

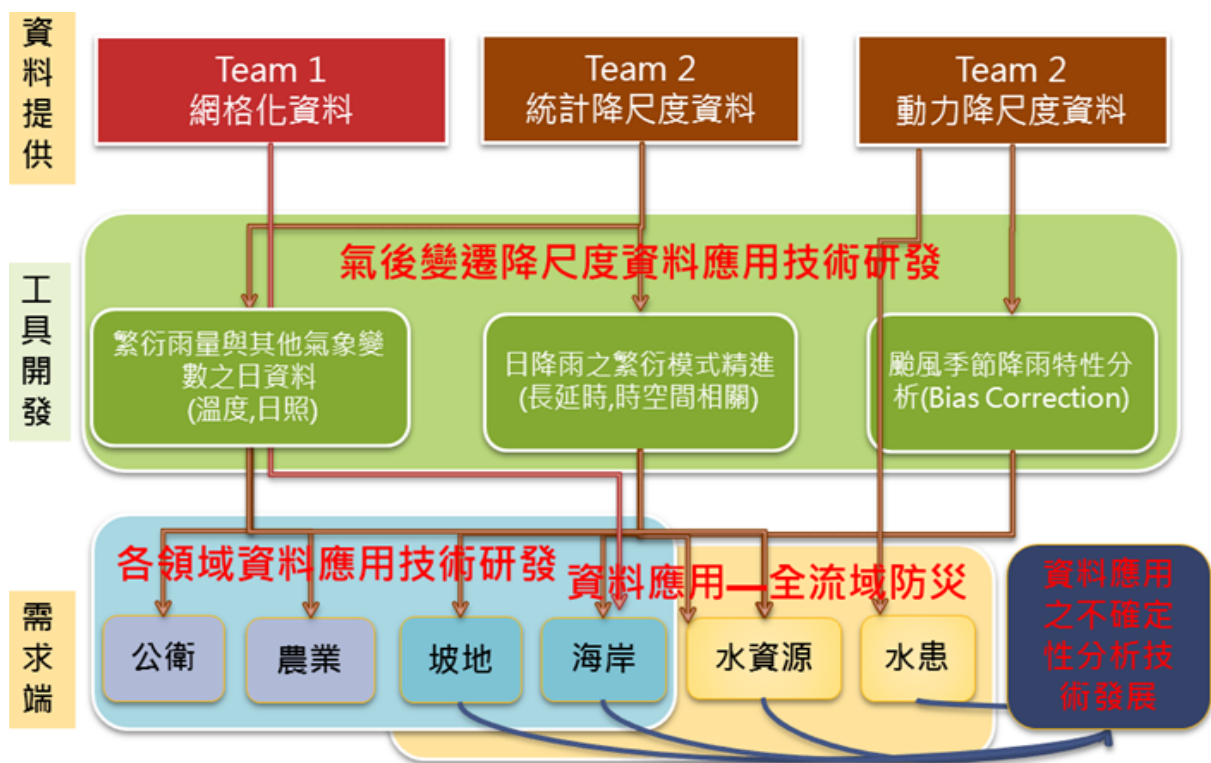


圖 4.1 Team3 與其他工作小組之關聯

第一期計畫中，Team3 的工作以水部門之災害應用為主，相關研究成果提供水利署及國家災害防救科技中心 (NCDR) 相關災害影響及水資源影響評估應用為主；過程中已累積經驗與成果。第二期計畫中，Team3 除了強化防災領域的整合應用，加入了農業以及公衛領域，目標在於以氣候變遷資料應用技術與研究，協助並滿足各領域氣候變遷資料使用者之需求。

如圖 4.1 所示，Team3 本身亦是 Team1 及 Team2 產製資料之使用者；為滿足各領域使用者初步應用氣候變遷資料的需求，Team3 工作項目分為：(1) 氣候變遷降尺度資料應用技術研發、(2) 農業、公衛相關領域應用技術研發、(3) 極端颱風豪雨事件之全流域防災影響評估整合方法建立及(4)水資源影響與評估。其成果分述如下。

4.1 氣候變遷降尺度資料應用技術研發

透過與日本革新計劃 (2007~2011) 的合作，TCCIP 計畫於 2012 年承接 MRI 動力降尺度結果，進一步使用 WRF 模式產製臺灣區域動力降尺度資料，該資料具有空間解析度 5 公里以及時間解析度 1 小時 (MRI-WRF-5km)。此資料時空間尺度適合用於臺灣集水區範圍之研究，然而過去的分析顯示在颱風時期之降雨有低估的情形；另一方面，在與農業試驗所合作後發現，MRI-WRF-5km 日輻射量有高估的情形。因此，為滿足水文、農業及公衛領域需求下，先將各動力與統計降尺度資料進行模式的偏差修正分析，其結果如下。

4.1.1 動力降尺度颱風事件降雨之偏差校正

為解決動力降尺度降雨低估的問題，本研究以氣象上之颱風定義：「颱風中心距離落在臺灣沿岸 300 公里距離內之時間」取出颱風事件進行偏差校正。經偏差校正後，理論上在測站位置點的網格，其觀測資料與動力降尺度資料的颱風總降雨量平均值應該具有相同之統計特性，例如平均值。由圖 4.2 的颱風事件之總降雨量參數來看，MRI-WRF 動力降尺度資料在校正前明顯低估 (圖 4.2b)，而經過 ECDF 對應的校正後，其總降雨量參數則整體提升至與觀測資料相同的水準；整體上解決總降雨量低估的問題。然而，由於總雨量無法適當反應出動力降尺度資料降雨強度增加之特性，故今年以特定降雨延時進行颱風事件排序，以反應未來氣候變遷下降雨量強度增加之特性。其說明請詳見 4.3 節。

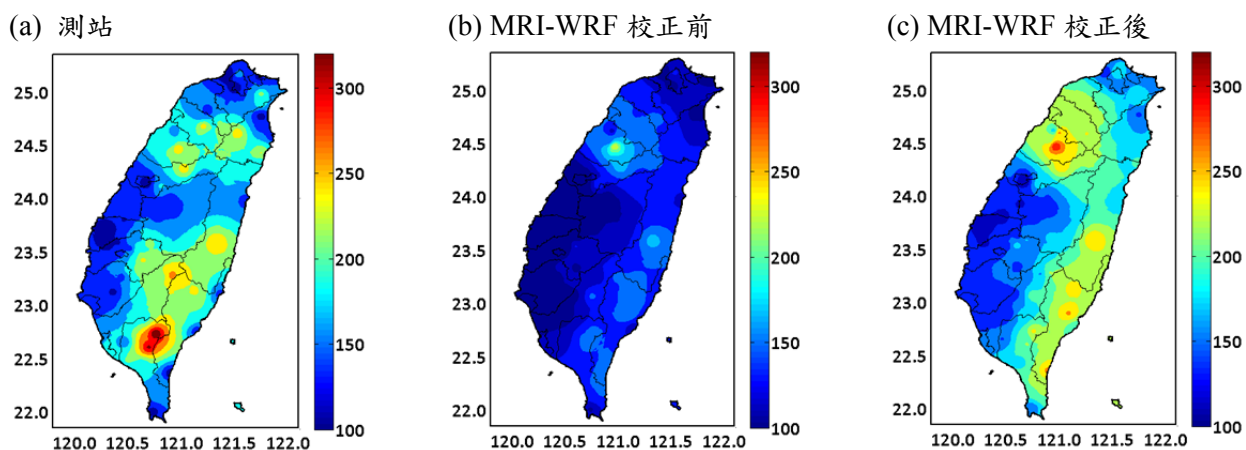


圖 4.2 颱風降雨事件之總降雨量 (a) 測站資料；(b) MRI-WRF 校正前；(c) MRI-WRF 校正後

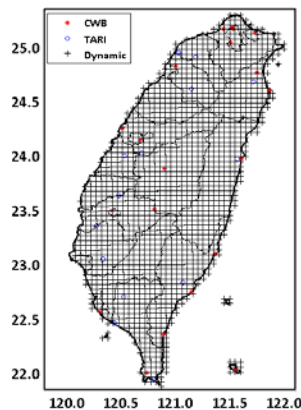
4.1.2 日輻射資料比較與偏差校正

本計畫今年比較日輻射量的觀測資料 (包括測站觀測資料以及衛星影像繁衍之資料)、動力降尺度資料與統計降尺度資料並進行偏差校正。首先針對各日輻射資料進行簡單介紹：

※ 測站觀測資料

測站觀測資料來自氣象局與農試所，共 33 個氣象測站，使用資料年限為 2003~2012 年。測站之空間分佈如圖 4.3a；將各測站資料內插後所得之全臺日輻射量數化結果如圖 4.3b。由於測站數量少，加上不同測站之觀測資料可能存在某些系統性偏差，導致內插後空間分佈並不連續，許多測站的觀測值與其附近的日輻射量變化趨勢明顯不同。

(a) 氣象局與農試所輻射量測站空間分佈圖



(b) 日輻射量測站資料數化成果

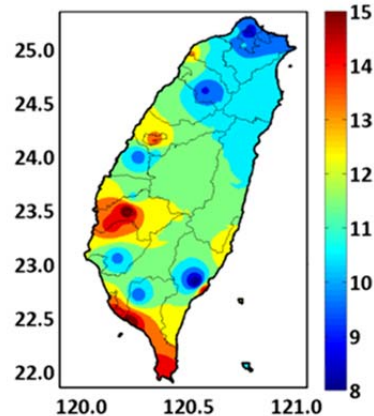


圖 4.3 全臺灣日輻射觀測站與資料數化成果

※ 衛星影像繁衍之資料

本資料由中央氣象局提供，根據衛星影像繁衍，資料記錄年限為 2014/2/24 ~ 2015/3/24。本研究擷取 2014/3/25 ~ 2015/3/24 之資料，計算年平均值得圖 4.4。

※ 動力降尺度資料

本資料為 AR4 A1B 情境之 MRI-WRF 動力降尺度資料，並利用測站觀測資料進行偏差校正 (Bias Correction, BC)。圖 4.4 展示偏差校正前後之資料，經過偏差校正後，日輻射量之數值範圍已接近圖 4.3b 所示之測站觀測資料。圖 4.5 展示完整的動力降尺度資料，包括 AR4 基期、近未來和世紀末等三個期程。與觀測資料比較，動力降尺度資料的空間分佈趨勢與衛星影像估算的資料類似；另外，在偏差校正前其數值範圍亦與衛星影像資料接近。

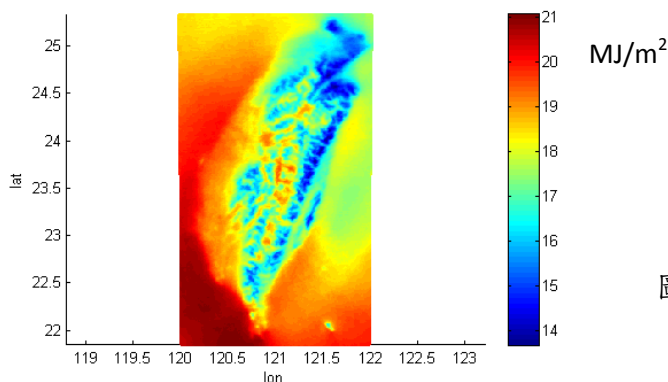


圖 4.4 衛星影像繁衍之日輻射量資料
(年平均：2014/3/25 ~ 2015/3/24)

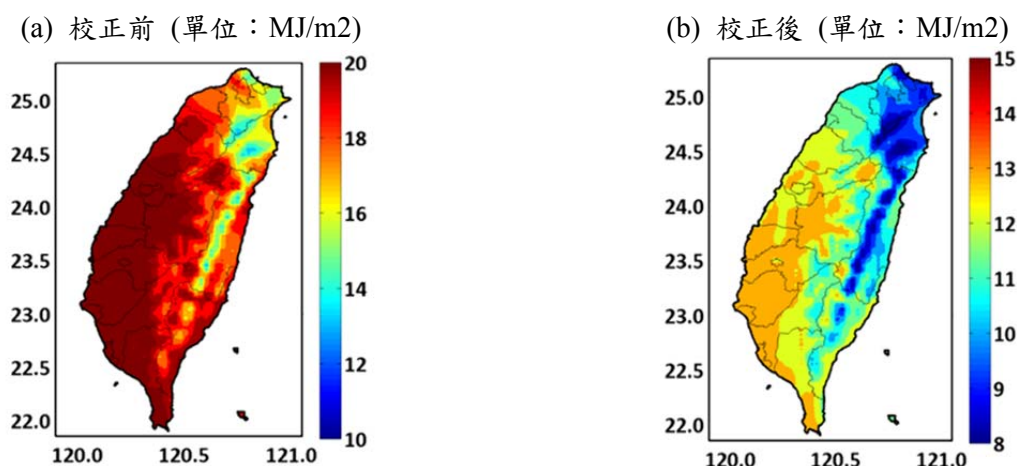


圖 4.4 MRI-WRF 動力降尺度資料偏差校正前後展示圖

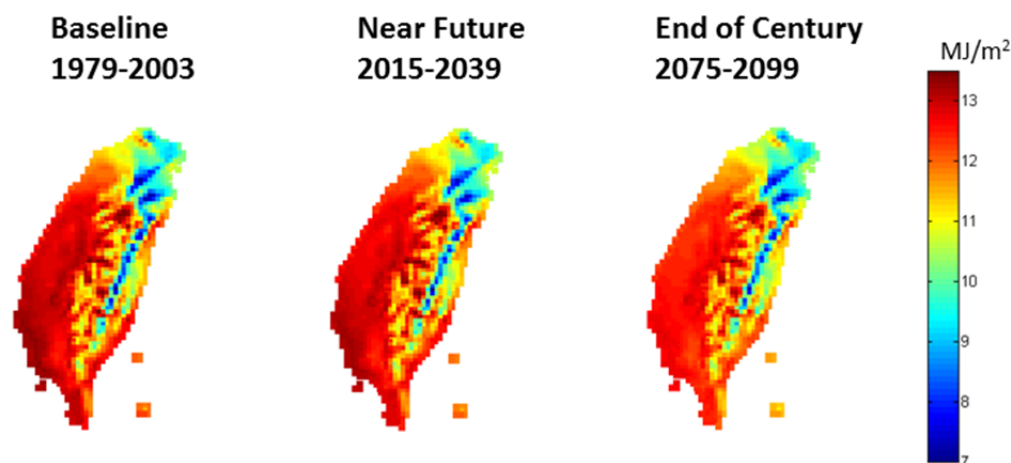


圖 4.5 AR4 A1B 之 MRI-WRF 動力降尺度日輻射量資料

✻ 統計降尺度資料

本資料係根據本計畫 Team2 產製的 AR5 RCP8.5 統計降尺度資料，由天氣衍生器繁衍日氣象變數，再根據其中的日最高溫、日最低溫變數以統計迴歸的方式推估日輻射量其中統計迴歸使用之觀測資料為測站觀測資料，其相關方法與關係式請詳見 4.2.1 小節與表 4.1。圖 4.6 為統計降尺度資料繁衍 200 年的平均，包括 AR5 基期、近未來及世紀末等三個期程。由於統計降尺度資料來自於測站的歷史觀測資料，因此無論空間分佈趨勢或數值範圍均較接近測站資料。

在比較四種不同日輻射量資料後，本計畫整理以下 4 點結論：

- (1) 測站觀測資料是目前僅有的紀錄年限較長的資料。然而由於測站數量的不足，該資料無法呈現日輻射量在整個台灣地區的空間分佈趨勢。
- (2) 衛星影像推估資料擁有密集、大量的資料點，因此能夠完整呈現日輻射量的空間分佈趨勢；但其缺點為僅有 1 年的觀測資料，不足以作為各類統計分析的基礎。

- (3) 測站觀測資料與衛星影像推估資料在數值範圍上有一段差距，是否為衛星資料觀測年限不足、受推估方法影響或另有原因，須待更進一步探討。
- (4) 動力降尺度資料的空間分佈及偏差校正前的數值範圍均與衛星影像一致，此證明利用大氣模式所推估未來氣候變遷下之日輻射量具有良好之表現。

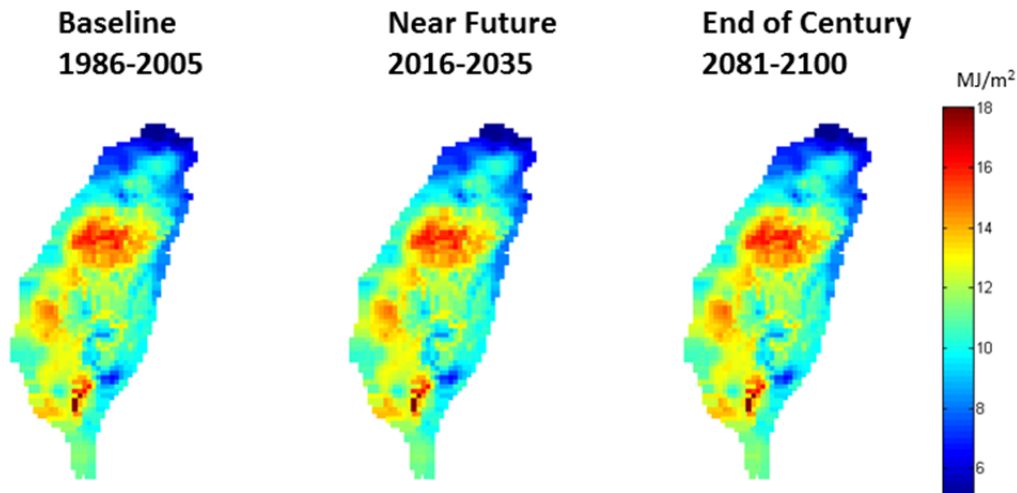


圖 4.6 AR5 RCP8.5 之統計降尺度日輻射量資料

4.1.3 假設最劣假設情境

為滿足水文領域對氣候變遷條件下降尺度資料之需求，其中假設最劣情境 (worst case) 依據多重模式平均 (multi-model ensemble) 之各月降雨豐枯改變率為參考座標，為符合多重模式平均豐愈豐且枯愈枯之降雨情境，假設最劣情境是將豐水期 (5 至 10 月) 加 1 倍標準差枯水期減 1 倍標準差之所產製的月降雨改變率；其中標準差來自於該月份所有模式降雨變化之統計值，示意如圖 4.8。

為瞭解 AR4 與 AR5 資料對水資源之影響，本計畫將 AR4 與 AR5 全臺網格平均各月降雨改變率進行比較。圖 4.8 呈現近未來與世紀末期間各月份之系集平均 (ensemble mean) 與假設最劣情境的降雨變化。以近未來為例，AR4 的 A1B 情境下系集平均降雨變化在枯水期的降雨影響較 AR5 的 RCP4.5 與 RCP8.5 影響大；但在豐水期期間則相反，即 AR5 的影響較 AR4 大。相同的在假設最劣情境上，AR5 的豐水期降雨變化的增加量較 AR4 大，但枯水期的則是以 AR4 的降雨改變率減少較多。故 AR4 與 AR5 降雨特性比較，整體仍是呈現豐增枯減趨勢，但以 AR5 降雨特性在豐水期影響量加大，但枯水期的降雨率則相對 AR4 些許減輕。另外，從圖 4.8 可明顯發現，AR5 於世紀末豐增枯減趨勢較近未來明確，故世紀末影響大於近未來時期。

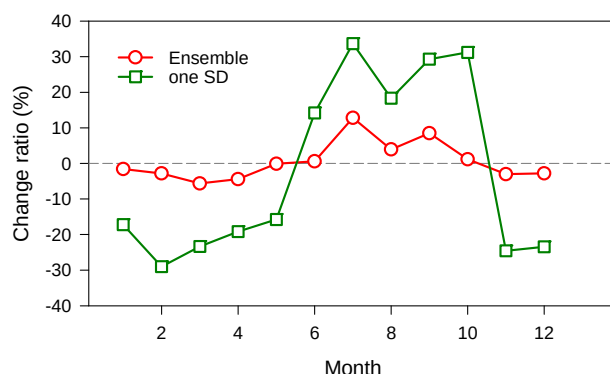


圖 4.7 假設水資源最劣情境之示意圖

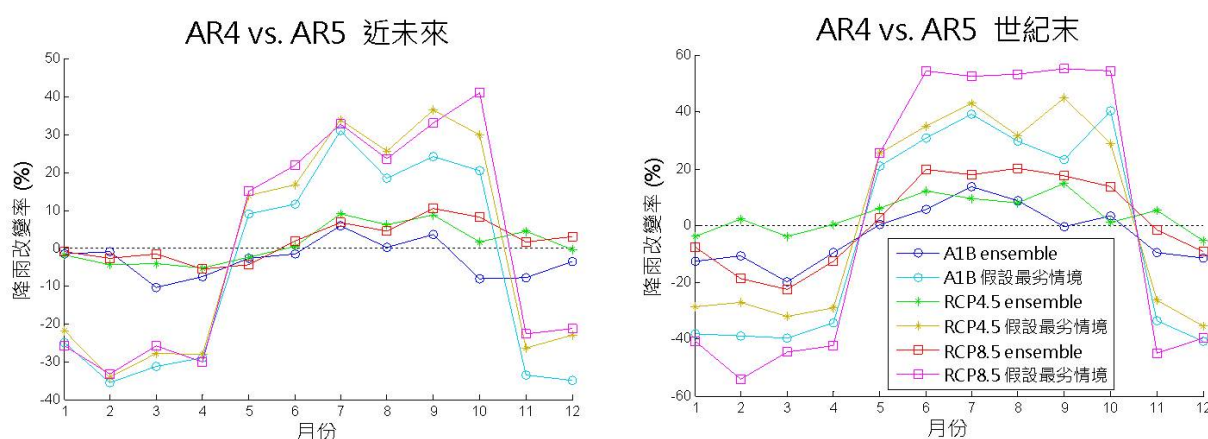


圖 4.8 AR4 與 AR5 最劣情境之降雨改變率比較

4.2 農業、公衛相關領域應用技術研發

本工作主題可概分為農糧與公衛研究需求而進行的日氣象資料衍生與農業與公衛領域應用兩主體。其研究結果分述如下。

4.2.1 因應農糧與公衛研究需求衍生未來氣候情境下之日氣象資料

隨著極端氣候事件與其所帶來的影響越加劇烈，氣候變遷早已不再是大氣科學專有的議題，而廣泛應用在各領域的相關研究中。為產製氣候變遷的數值資料提供各領域研究之用；本章節研究目標則是繁衍未來氣候情境下的日氣象資料，提供農業與公衛領域使用。本章節承接 Team 1 及 Team 2 產製之 AR4 及 AR5 統計降尺度資料，繁衍未來氣候情境下之日氣象資料，提供農業與公衛領域使用，主要可分為兩個部分：(1) 以天氣衍生器衍生日最高溫、日最低溫與日雨量資料及 (2) 以統計迴歸推估日射量資料。

除了資料的產製外，本研究進行以下兩種驗證，以了解 LARS-WG 衍生資料的特性與品質：(1) 基期—歷史觀測資料：評估 LARS-WG 模擬之天氣數據的統計特性與歷史觀測資

料的相近程度、(2) 衍生資料的改變量 (未來時期與基期的差) — 情境檔：探討衍生資料的統計特性是否擬合歷史觀測資料加上情境檔 (統計降尺度資料) 的描述。由於產製資料眾多，但特性大同小異，因此僅以 AR5 的 RCP8.5 的 ensemble 模式作為代表，分別就溫度、雨量與輻射量等三個層面闡述資料產製與驗證成果。

由圖 4.9 可看出衍生資料的空間分佈特性與歷史觀測資料一致；在時序變化方面，無論是日最高溫或日最低溫，兩個未來時期的溫度相較於基期均為增加，變化趨勢與情境檔描述大致相同。在基期—觀測資料的比較中，可看出 LARS-WG 繁衍之基期資料相對於觀測資料溫度均偏高。另外，衍生資料—情境檔的比較則顯示 LARS-WG 繁衍的增溫幅度均小於情境檔的描述。此類系統性偏誤應是 LARS-WG 本身的問題，確切原因目前仍在探討中。目前可確定的是衍生資料的空間分佈與變化趨勢都符合歷史觀測資料與情境檔的描述，僅數值上沒有反映出溫度增加的幅度。在日雨量衍生資料與驗證結果方面，衍生資料與觀測資料一致；在時序變化上，未來時期相對於基期雨量並無明顯增/減趨勢。從資料驗證的角度檢視，無論是基期—觀測資料或衍生資料—情境檔，其差異均非常小，且誤差呈現隨機分佈，顯示 LARS-WG 在雨量模擬的表現是較好的。日射量衍生資料與驗證結果部分。由於日射量無 5 公里解析度之歷史觀測網格資料，所以利用統計迴歸模式進行推估，由結果顯示，未來日射量相較於基期變化不大，呈現北部略減、中南部略增的現象。

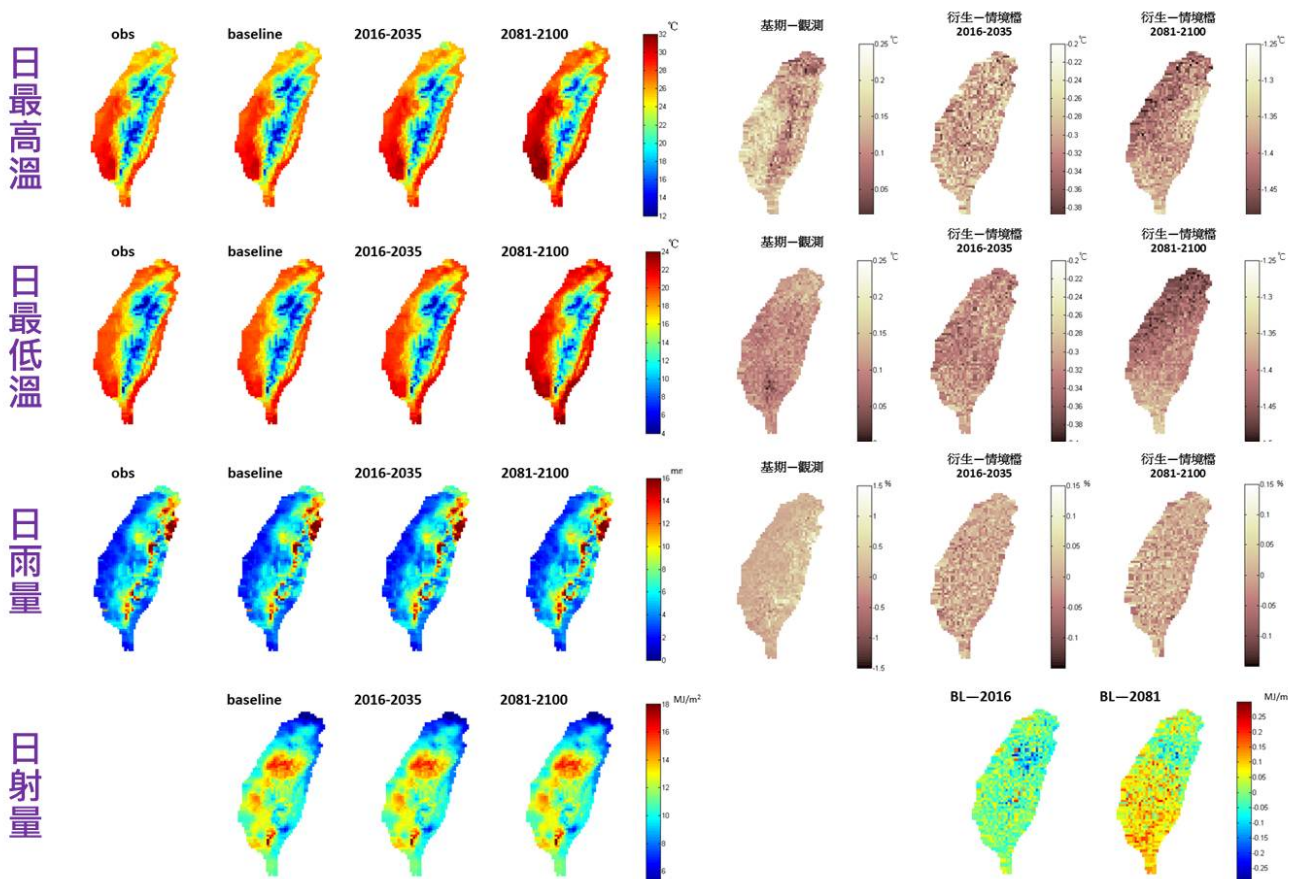


圖 4.9 AR5 - RCP 8.5 - ensemble 資料驗證成果圖

第四章 氣候變遷資料應用技術發展與研究

最後本章節研究重點如下：(1) 本研究利用天氣衍生器繁衍日氣象資料，可滿足農業及公衛領域研究之需求、(2) 目前已繁衍 AR4 中 A1B 情境下的 9 個模式，以及 AR5 中 RCP4.5、RCP8.5 情境下的 2 個模式、(3) 日射量資料係根據少數的測站資料推得，在缺乏更完整的觀測資料的情況下，目前尚無驗證、比較的基礎，仍需更多相關研究與探討及 (4) 目前此資料以提供農業試驗所、長榮大學及工研院使用，未來預計新增疾病管理局等使用機構。

本研究以 LARS-WG 繁衍 CMIP3、CMIP5 中數個全球氣候模式 (Global Climate Model, GCM) 之統計降尺度資料的日氣象資料 (包括日最高溫、日最低溫及日雨量等參數)；再以統計迴歸的方式推估日射量資料，所有產製之資料詳列於表 4.1。

表 4.1 本計畫產製之資料清單與使用對象

	情境	GCM	時期	衍生資料長度	包含參數	使用對象
AR4	--	baseline	1980-1999	1000 年	$T_{\max}$ (日最高溫) ¹ $T_{\min}$ (日最低溫) ¹ rain (日雨量) ¹ srad (日射量) ²	農業試驗所 工研院綠環所 長榮大學 TaiCCAT
	A1B	ensemble bccr_bcm2_0 csiro_mk3_0 csiro_mk3_5 giss_aom inmcm3_0 miroc3_2_hires miroc3_2_medres ncar_ccsm3_0	2020-2039 2080-2099	200 年		
AR5	--	baseline	1986-2005	1000 年		
	RCP4.5 RCP8.5	ensemble GFDL-CM3	2016-2035 2046-2065 2081-2100	200 年		

註：¹由 LARS-WG 繁衍

²由統計迴歸推估，其關係式為： $R_{sp} / R_a = a(T_{\max} - T_{\min})^b$ 。式中， R_a 為大氣層外日射量(MJ/m^2)、 R_{sp} 為近地表之全天空日射量(MJ/m^2)、 $T_{\max}$ 與 $T_{\min}$ 為日最高溫與日最低溫($^{\circ}C$)、 a 與 b 則為迴歸係數

4.2.2 農業領域應用

農業領域應用又可概分為氣候變遷下臺灣水稻產量變化趨勢評估及農業災害潛勢等兩部分，茲將結果分述如下

※ 利用統計降尺度分析未來臺灣水稻產量生產潛勢 (詳見附錄3)

臺灣水稻產量生產潛勢部分係與行政院農業委員會農業試驗所進行合作，主要使用農業試驗所農業氣象研究室所開發之「不同氣候情境糧食生產評估系統」，藉由多模式與多情境之結果，推估未來氣候變遷下臺灣地區水稻第一期作產量，並分析各空間尺度之可能氣候變遷

趨勢，以了解未來氣候變遷下對農業生產過程中造成的影響變化，以作為因應氣候變遷農耕制度調整策略之基礎。而水稻產量模擬所使用之氣象資料主要為 A1B 情境下之統計降尺度資料，即 4.2.1 節所產製之日衍生資料。日射量在農業生產或模擬作物生長模式的研究中，是不可或缺的氣象資料，但受限於國內現行的日射量資料在觀測點數及地域分佈並不足夠，因此 TCCIP 團隊利用日較溫繁衍日射量，以解決此問題。此章節旨在探討於未來氣候情境下，相較於基期 (1980~1999 年) 氣候條件對水稻第一期作產量造成之影響。主要結果如下：

基期、近未來及世紀末 3 個時期之日射量資料逐月平均值變化趨勢一致且數值差異不大，並且空間分布情況亦有相同之趨勢 (圖 4.10)。主要因為所推估之日較溫並沒有明顯差異，而日射量為利用日較溫迴歸統計方式繁衍而得，造成基期、近未來及世紀末之結果差距不大。

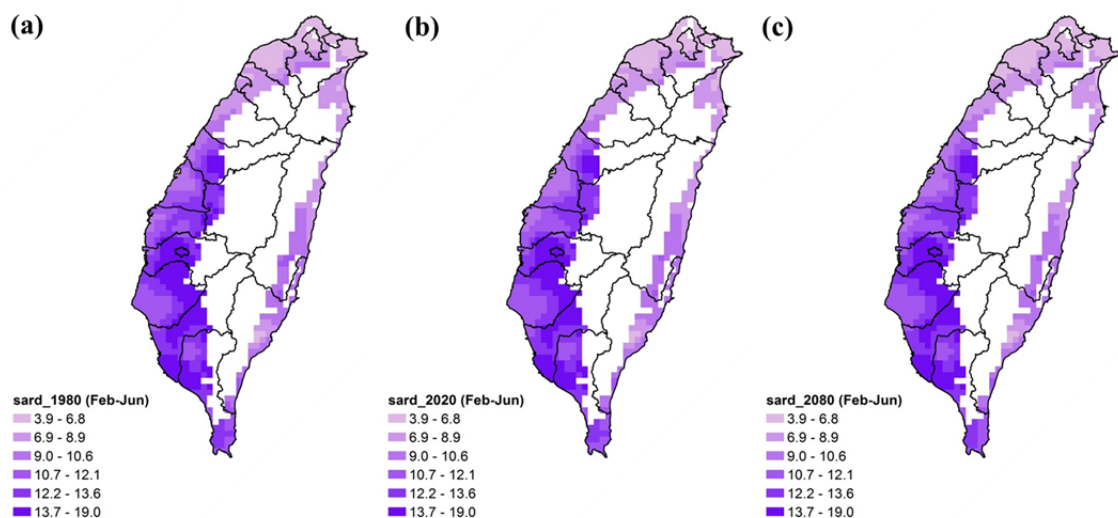


圖 4.10 AR4 統計降尺度資料；(a) 基期 (1980~1999)、(b) 近未來 (2020~2039) 及 (c) 21 世紀末 (2080~2099) 之第一期作水稻生育期間 (2~6 月) 日射量之網格面化圖

在第一期作水稻產量平均成果方面，結果顯示未來臺灣地區水稻生育日數縮短且產量呈現減產的趨勢 (圖 4.11)。基期臺灣地區第一期作水稻生育日數約 133 天，單位面積產量平均 $8394 \pm 1615 \text{ kg ha}^{-1}$ ；近未來水稻生育日數約 130 天，單位面積產量平均 $7949 \pm 1611 \text{ kg ha}^{-1}$ ；世紀末第一期作水稻生育日數約 123 天，單位面積產量平均 $7349 \pm 1607 \text{ kg ha}^{-1}$ 。並由圖 4.11 結果顯示，水稻高產區位於中部及南部地區，而產量較低的地區大多位於北部及東部地區。

相較於基期水稻產量，近未來改變率平均約 -5.5%，平均減產 480 kg ha^{-1} 。近未來臺灣地區水稻第一期作產量均呈現減產趨勢，又以北部及東部地區的變化較多；產量改變率較少的地區則集中於中部及南部地區 (圖 4.13a)。由圖 4.13b 結果顯示，相較於基期水稻產量，世紀末改變率平均約 -12.9%，平均減產約 1048 kg ha^{-1} 。世紀末臺灣大部分地區均呈現減產，並同樣以北部及東部地區的變化較大，且台北市、新北市、桃園縣、新竹縣市、宜蘭縣及花蓮縣等地區出現減產的鄉鎮數又更多，而產量改變率較少的地區亦同樣分布於中部及南部地區，其中以台中與屏東地區鄉鎮數量所占比例較多。

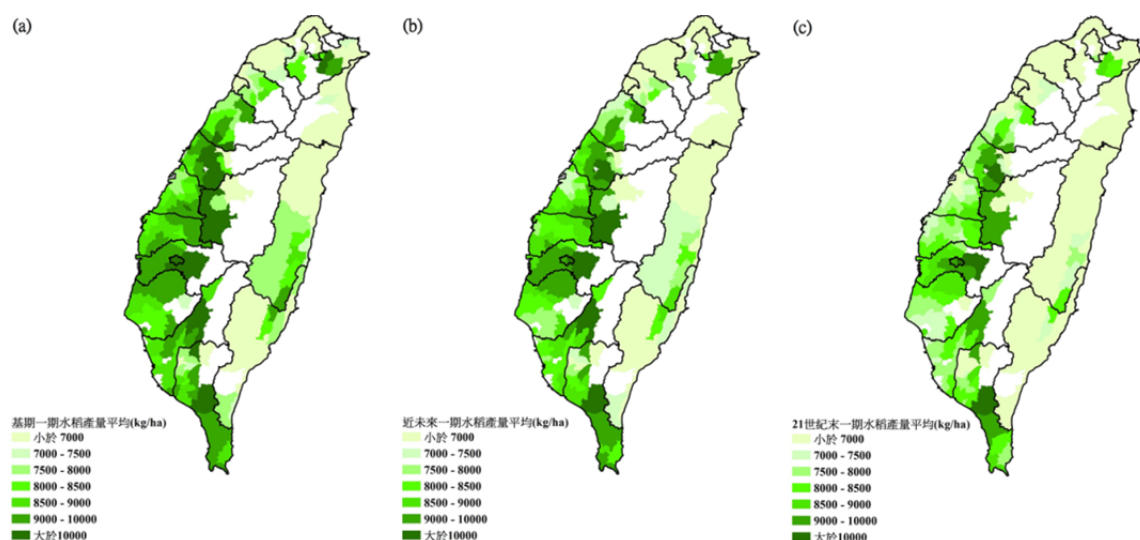


圖 4.11 臺灣各鄉鎮市區第一期作水稻模擬產量，(a)基期、(b)近未來、(c)世紀末

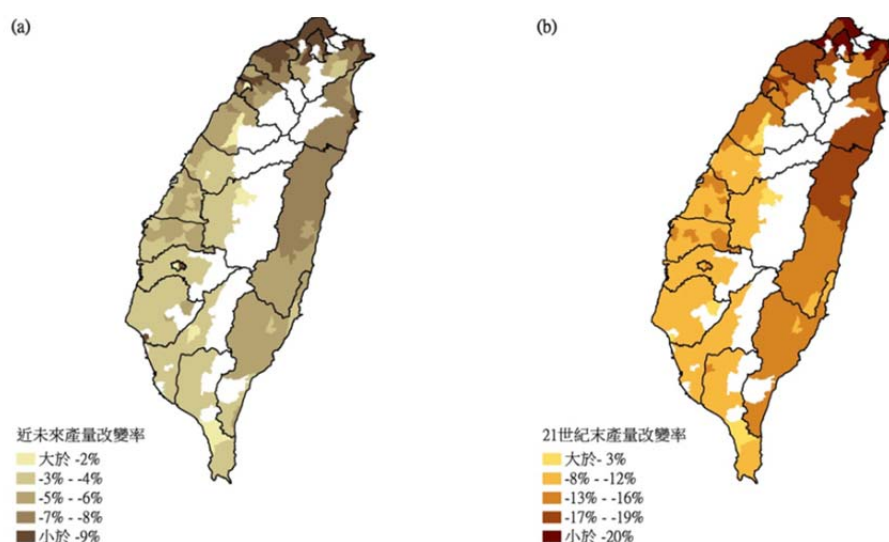


圖 4.12 相較於 AR4 統計降尺度基期；(a) 近未來及 (b) 世紀末水稻產量改變率之面化圖

本研究以不同氣候情境糧食生產評估系統模擬未來氣候影響下臺灣地區水稻產量，結果顯示水稻產量將朝向減產趨勢發展。主要由於未來氣候變遷影響下，氣溫上升造成水稻生育日數縮短，造成產量下降；尤其夜溫上升，使作物呼吸作用過於旺盛，加速消耗同化物質，進而影響產量。另外，由於日射量測站不足將影響氣候-作物模式在空間上之評估能力。

※ 氣候變遷下颱風事件對於臺灣水稻農業受損面積比率之預測模式建立

本研究探討 1960~2009 年颱風事件災害與水稻受害程度 (%) 的關係，利用類神經網路 (artificial neural network, ANN) 以交叉驗證法 (cross-validation) 與拔靴法 (bootstrap method) 建立經驗模式，並將訓練好的 ANN 模式應用於氣候變遷下颱風事件水稻農損模擬。本研究所建立的水稻農損經驗模式，在變數的選擇上，考慮颱風事件發生的空間性與時間性，在水稻生產地區與生長週期交互的關係，也納入颱風對水稻植株物理傷害的影響因子，除了考慮

變數解釋層面之外，模式變數的設計特別選用容易取得的資料類型，增加模式的可用性及易用性。

模式中輸入層的自變數考慮 6 種影響因子：月份、地區別、侵臺路徑分類、近中心最大風速 (m/s)、各縣市平均日累積雨量、颱風影響台灣天數。月份因子在模式中為描述水稻不同的生長時期，5、6 月份的颱風事件，常見於危害一期作水稻的孕穗期、穀粒充實期、成熟期，而 8、9 月時期，則常正逢二期作水稻的苗期與分蘗期等營養生長階段，9 月份之後的颱風事件則威脅到二期作開花期、孕穗期、穀粒充實期、成熟期。颱風來襲期間，強風是造成水稻機械性傷害的主要原因之一，而風的強度常與颱風強度有關，但由於高品質網格化的觀測風速取得不易，為了模式的易用性，因此本模式中使用近中心最大風速描述颱風強度。各縣市平均日累積雨量與颱風影響台灣天數因子，則分別描述颱風期間的降雨強度與累積降雨量，地區別與侵臺路徑分類因子，則代表颱風侵臺位置與受害地區的相對空間屬性，首當其衝面對颱風來襲的地區所遭受的影響較大，而地處中央山脈的東西岸，也會因颱風路徑的不同有著相異的影響程度。

模擬研究中使用 Team2 所產製的 85 場基期 (1979~2003) AR5 MRI 颱風事件與世紀末 (2075~2099) 情境 RCP 8.5 的 43 場颱風事件，進行氣候變遷下未來臺灣世紀末颱風水稻農損事件的評估。根據 10,000 拔靴樣本模擬的結果顯示，基期縣市平均被害程度為 28.82%，世紀末為 33.11%，風險改變率上升 14.89%。此外，進一步將模擬事件的輸入變數與被害平均進行複回歸分析，結果發現地區別、雨量因子是最重要的兩個影響因子，雨量增加亦會造成受損程度上升，而北部地區較南部地區容易受害。以臺灣各分區模擬結果而言 (圖 4.13)，臺灣中部地區在世紀末遭受颱風事件的改變率較基期提高 18.05%，南部地區 15.90%，雖然東部地區的改變率為 9.09%，但臺灣東部所面臨的颱風威脅仍就比其他區域高，整體而言，在世紀末的 RCP 8.5 情境下，臺灣全區遭受颱風事件的縣市平均被害程度將提高到 32% 以上。

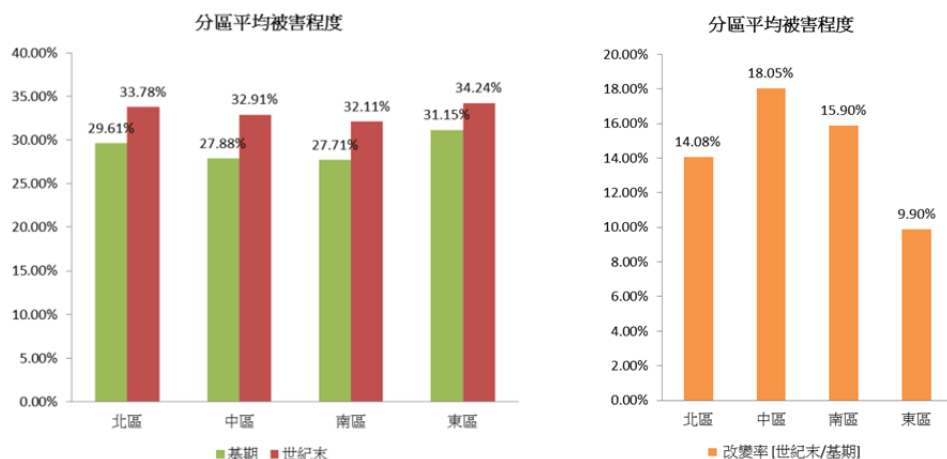


圖 4.13 MRI 動力降尺度颱風事件模擬農糧署各分署轄區縣市水稻災害基期與世紀末 (RCP8.5) 平均被害程度 (%) 及改變率 (%): (世紀末平均被害程度 / 基期平均被害程度) - 1 x 100%。各分署負責地區：北區-臺北、桃園、新竹、苗栗；中區-臺中、彰化、南投、雲林；南區-嘉義、臺南、高雄、屏東；東區-宜蘭、花蓮、臺東

夏、秋兩季的颱風對於一、二期作水稻生產影響很大，四個季節颱風事件在世紀末的風險改變率皆為增加的趨勢 (圖 4.14)，其中冬季颱風事件對於風險的提升達到了 44.46%，在氣候變遷的暖化下，冬季颱風事件的增加對於臺灣水稻生產確實是一項需要提防的威脅，特別是二期作延後插秧的栽培管理方式，以及二期水稻補植的田區，皆會增加水稻成熟收穫期時遭遇颱風災害的風險。根據模擬結果顯示，在氣候變遷 RCP8.5 的暖化情境下，颱風事件對臺灣水稻生產威脅的增加幅度是呈現增加的趨勢，其中降雨強度的增加是主要原因。

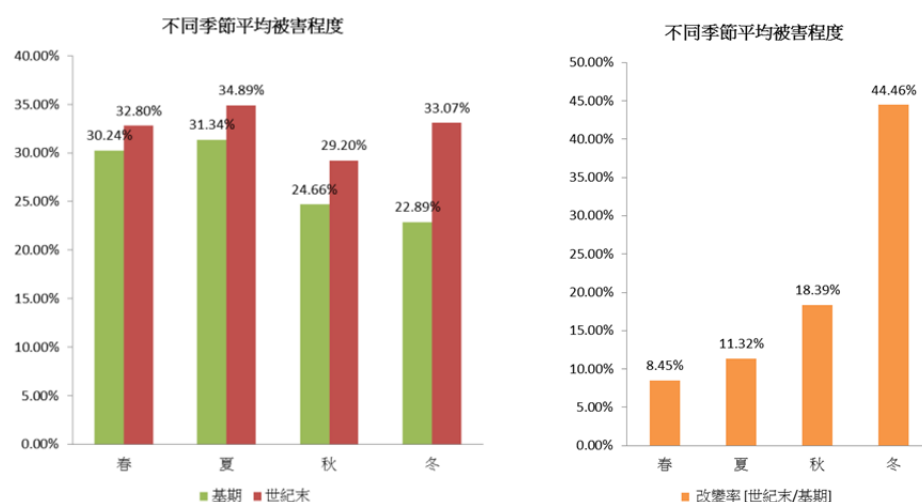


圖 4.14 MRI 動力降尺度颱風事件模擬，不同季節之颱風所造成水稻災害基期與世紀末 (RCP8.5) 縣市平均被害程度及改變率： $(\text{世紀末平均被害程度} / \text{基期平均被害程度}) - 1 \times 100\%$

本研究開發的模式除了可應用於氣候變遷的模擬探討外，也能提供農政決策單位在颱風來臨前後，快速推估各縣市水稻災害可能受害比例，針對近未來資料模擬，則可提供現行水稻生產風險調適規劃，此外，也能提供國家災害防救中心之臺灣颱風災損評估系統 TLAS (李等, 2013) 系統水稻農損模組的核心計算函數，協助有效及快速的進行農業災害評估。

除水稻颱風災害事件世紀末的研究，近未來的情境模擬、更精確的雨量網格資料，甚至納入或開發其他網格化的氣象因子，如風速、濕度等，都是水稻颱風災害事件研究可改進的方向。但在農業上仍有其他災害項目：如雨害、寒害、乾旱、熱浪、氣象因素導致之病蟲害與生理障礙等氣象災害別，及其他作物種類的農損事件，如玉米、大豆、毛豆、小麥等重要糧食作物、高經濟價值農藝特用作物、嗜好料作物、園藝作物蔬菜、花卉、果樹等，在未來氣候變遷下被害程度、發生頻率、高風險地區變化的研究，皆是非常極需探討的議題，最終本團隊期能將研究結果提供給國家農政決策單位參考，以利國家糧食安全、高經濟價值農產作物的品種改良、農業生產調適規劃與應變策略。

4.2.3 公衛領域—氣候變遷對民眾健康影響

應用 TCCIP 產製資料對於台灣地區傳染性疾病流行分布相關性及異常溫度事件對各類健康危害影響進行探討，其結果分述如下：

※ 環境及氣象因子與台灣地區傳染性疾病流行分布相關性探討-以登革熱為例

依據前期研究方法步驟分析，使用主成分分析法 (principle component analysis) 分析 2010 年人口普查資料 (NCDR 提供)，從中萃取出 3 個主要成分 (都市化、老年人口及原住民人口)，搭配運用 Team2 提供之 AR5 氣象資料 (解析度為 5 公里)。將歷年每月溫度平均後，計算其均溫大於 18 °C 之月份個數及歷年平均累積年雨量接著藉由空間迴歸分析法配適模型，其結果顯示每年月均溫高於 18°C 之月份個數、都市化及原住民人口對發生率皆有顯著解釋力，故以其 3 個因子為風險指標。本研究再以不同時期 IPCC AR5 RCP8.5 之 41 個模式平均的風險潛示地圖進行呈現，由圖 4.16 顯示登革熱流行風險區域除南部地區以外，中、北部及東部地區風險也相對提升。更進一步分析顯示，以 2016~2035 年 IPCC AR5 RCP8.5 之 41 個模式之月平均溫度推估屬於高風險鄉鎮數為 38 個；2046~2065 年月平均溫度推估屬於高風險鄉鎮數為 63 個；2081-2100 年月平均溫度推估屬於高風險鄉鎮數為 91 個。世紀末隨著溫度提高，世紀末的高風險鄉鎮數為現階段的 2.6 倍。以未來溫度變化情境評估，全臺灣各地區登革熱高風險鄉鎮的地理版圖將擴張。

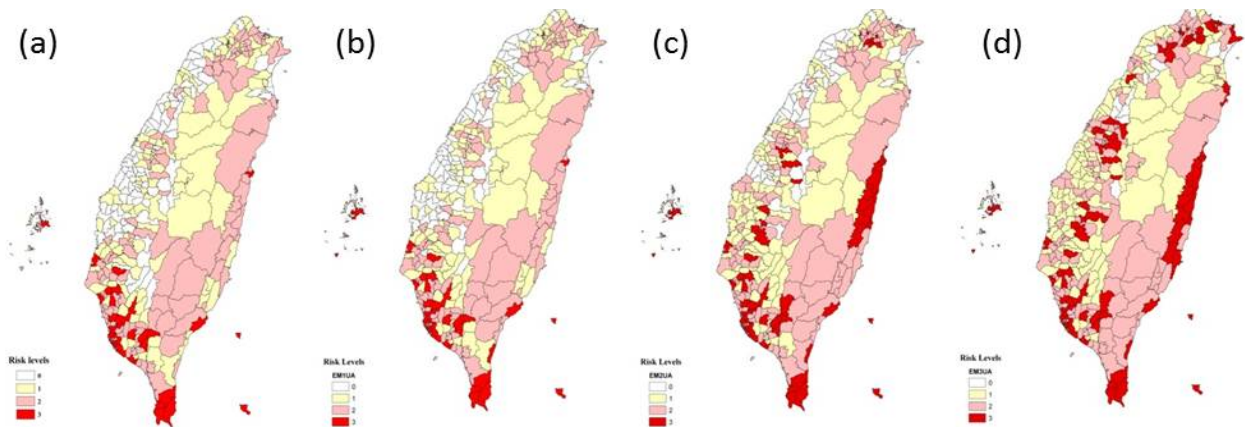


圖 4.15 全臺於各時期登革熱危險地區分布圖。(a) 2003-2013 年歷史觀測溫度資料 (b) 2016-2035 年 IPCC AR5 RCP8.5 之 Ensemble 模式 (c) 2046-2065 年 IPCC AR5 RCP8.5 之 Ensemble 模式 (d) 2081-2100 年 IPCC AR5 RCP8.5 之 Ensemble 模式

※ 評估未來台灣溫度變化情境對全死亡率及心臟血管死亡率之影響

利用前期研究 (Sung et al., 2013) 中 6 個城市 (基隆、臺北、臺中、嘉義、臺南、高雄) 之溫熱指標臨界值與相對風險值，加以運算其相對應之健康影響函數 (β)，並搭配 Team2 提供之 IPCC AR5 RCP8.5 資料進行未來情境估算。受限於未來濕度情境資料暫時無法取得，本

年度推估未來情境時，暫不考慮濕度資料變化，以月平均溫度之數據取代溫熱指標 (Heat Index)，並運用 IPCC AR5 統計降尺度的 RCP 8.5 情境下 41 個模式平均的模式進行估算。由分析方法之結果顯示 2010 年 (以此年為基期) 與未來溫度情境差異分布圖 (圖 4.17) 中，其數據皆大於 0，整體年均增溫分佈顯示未來溫度情境相較於 2010 年溫度情境皆為升溫狀況。以分布比率看來，北部區域每年因增溫而增加的死亡人數占 41%、中部區域占 27%、南部區域占 29% 及東部區域則占 3%，顯示單純增溫可能造成每年死亡人次增加約 1,214~1,249 人之間，且主要分布於西部人口密集之都會區。本研究初步僅以單一影響函數估算全臺各區域之未來影響情境，但由於高溫或低溫對臺灣死亡率之影響受到人口組成，如高齡族群比率、醫療資源、原住民易感族群的影響相當顯著 (Wu et al., 2012)，不同地區之影響效應 (影響函數) 應進一步校正入空間上這些因子，組成及變動量之影響。本研究將進一步於下一階段分析中，進一步加入上述因子校正估算之。

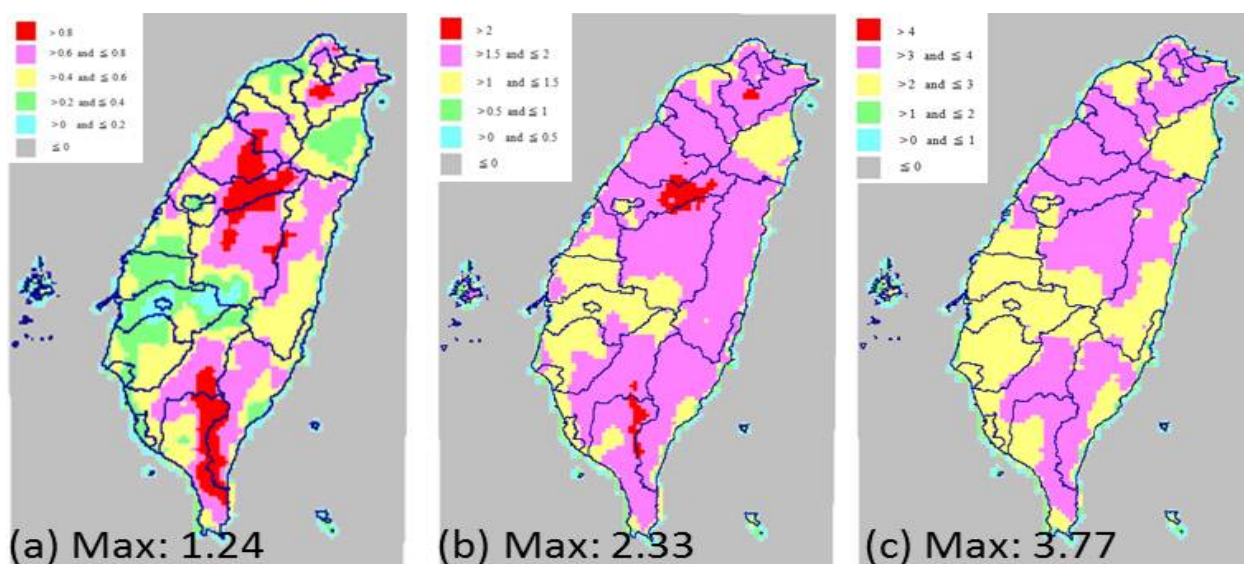


圖 4.16 臺灣地區於 IPCC AR5 RCP8.5 情境的增溫分布圖 (a) 2016-2035 年 (b) 2046-2065 年 (c) 2081-2100 年

4.3 高屏溪全流域防災影響評估整合方法建立

全流域防災模擬分由颱風事件選擇、土砂災害、淹水與河道沖淤等 4 部分研究結果組成，並選高屏溪流域為研究區域進行研究，如圖 4.18 所示。其中土砂災害部分藉由 TRIGRS 及 FLO-2D 模式進行集水區上游在極端事件下進行造成之崩塌及土石流災害之土方量估算；淹水模擬則藉由 SOBEK 模式進行都市淹水模擬；河道沖淤則利用 CCHE2D 進行河道沖淤變化模擬。其中淹水及河道沖淤模擬之下游出海口邊界條件引用 NCDR (2015) 年度技術報告中 FVCOM 暴潮模擬結果。

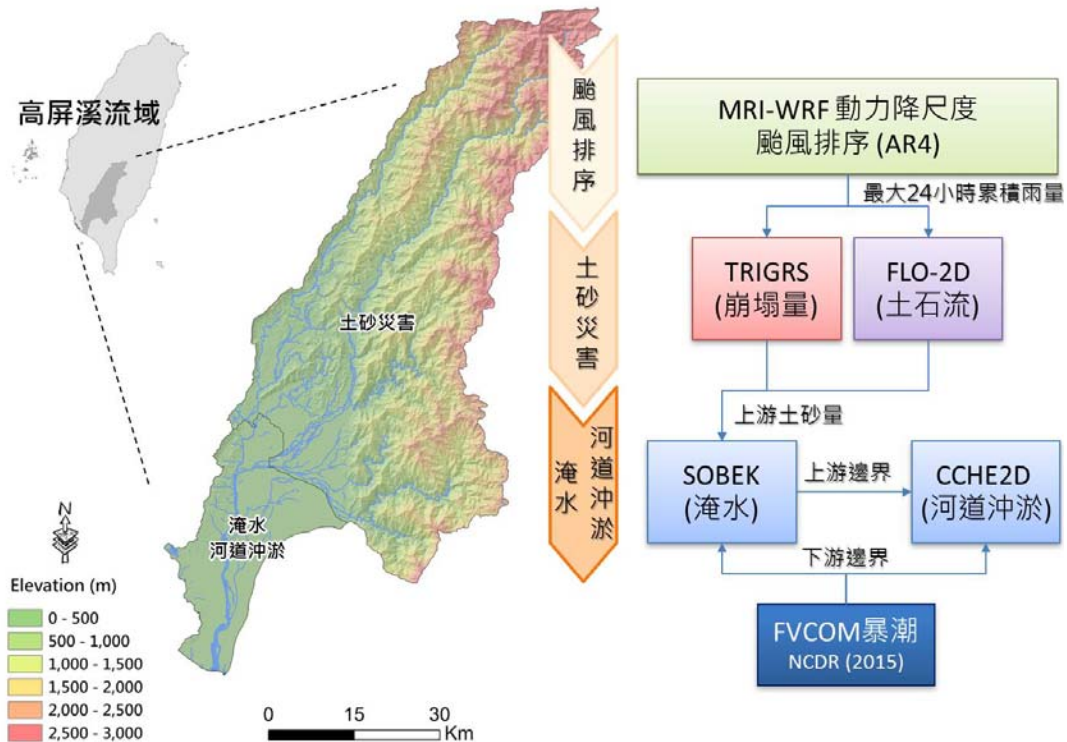


圖 4.18 全流域防災資料串接方法概念圖

4.3.1 MRI-WRF 動力降尺度降雨偏差校正後颱風事件排序之探討

第一年所完成之動力降尺度降雨資料，經過偏差校正後，已大幅改善其颱風事件降雨量低估的問題，且經過偏差校正後之降雨資料也已陸續提供外界進行使用。根據過往經驗顯示，使用者往往只要求提供基期、近未來與世紀末三個時期，最大的颱風事件或是最大的前十名颱風事件進行最大影響分析，所以颱風事件排序則相對重要。

以高屏溪為例，以總降雨量為颱風事件排序依據時，基期的最大颱風事件總雨量為 1,872mm，大於世紀末的所有颱風事件（最大總降雨量為 1,737mm），如圖 4.19 所示。由於基期的最大颱風事件之降雨延時長達 120 小時，降雨強度則不大，而世紀末之降雨強度較高，但是降雨延時較短，造成基期的最大颱風事件大於世紀末的所有颱風事件。當使用這樣的颱風事件排序，進行洪水演算時，可能發生基期的最大颱風事件，其洪峰流量小於世紀末之前幾名颱風事件所模擬之洪峰流量。如此會造成解釋上的困難，也顯示出以總降雨量作為排序並不恰當，無法適當反映出此組動力降尺度資料降雨強度增加的特性。

為解決此問題，本年度依累積延時分別為 3 小時、6 小時、12 小時、24 小時、48 小時與 72 小時之颱風事件排序結果進行討論。結果顯示，當採用特定延時之累積雨量時，可發現世紀末之降雨強度增加的現象，可適當的反應出來；並有幾場事件之累積雨量會大於基期的事件。舉例來說，高屏溪世紀末共有十場颱風事件之三小時累積雨量大於基期的最大場次 (149mm)，此現象突顯出世紀末高屏溪面臨短延時強降雨的颱風事件威脅增加。而隨著累積延時增加，世紀末颱風之累積雨量大於基期最大場次的數量則逐漸減少；顯示未來降雨強度

增加的特性隨著累積延時而消失。最後累積 72 小時的結果，與使用總降雨量做排序的結果非常接近。為考量下游使用者的需求，本文選擇使用累積 24 小時之雨量，作為颱風事件排序之依據，其高屏溪的排序結果，如圖 4.20 所示。

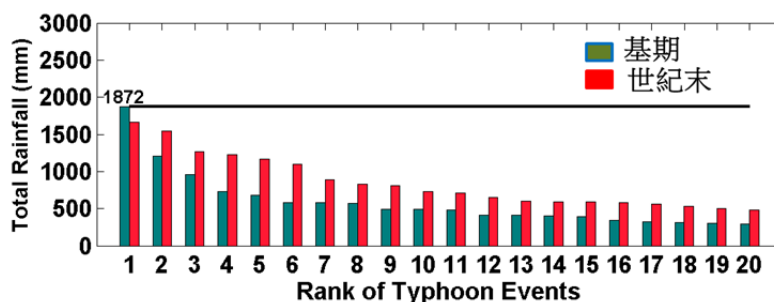


圖 4.19 高屏溪總降雨量排序之前 20 場颱風事件之比較

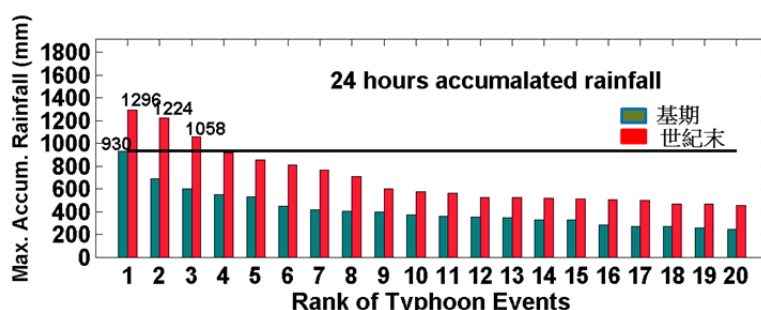


圖 4.20 高屏溪世紀末累積 24 小時排序之前 20 場颱風事件之比較

最後重點整理如下：(1) 以總降雨量作為颱風事件排序無法適當反映出動力降尺度資料降雨強度增加的特性、(2) 當採用特定延時之累積雨量時，可發現世紀末之降雨強度增加的現象，可適當的反應出來，並有幾場事件之累積雨量會大於基期的事件及 (3) 本文雖以高屏溪為例，但全臺主要集水區的颱風事件排序都已完成，排序時是以最大累積 24 小時雨量為排序之依據，未來將於資料申請平台提供使用者申請。

4.3.2 極端降雨對於高屏溪上游坡地之土砂影響

此部分將個別針對崩塌以及土石流與極端降雨的關係進行深入探討外，最後成果將以 TRIGRS 及 FLO-2D 模擬之崩塌及土石流土砂量呈現。

✻ 極端降雨與崩塌之關係

本研究分析了基期 88 場及世紀末 82 場颱風降雨事件的降雨型態發現，從最大 24 小時累積雨量來看降雨強度的規模，世紀末平均最大 24 小時累積雨量明顯較基期增加約 100 mm 以上的降雨量 (圖 4.21a)；而從平均降雨延時來看，世紀末又較基期減少約 4 小時以上的降雨延時 (圖 4.21b)，可預期於世紀末將趨向於短延時、強降雨的極端降雨型態為主。

而這樣的降雨型態的改變，其所直接或間接影響到的上游崩塌土砂量影響為何，本研究分析了基期 88 場及世紀末 82 場的平均崩塌率顯示 (圖 4.22)，於短延時影響下，其所誘發的土砂量有限，但強降雨的特色卻使得世紀末的崩塌發生時間提早外，前期崩塌速率也較基期來得快，突顯了世紀末降雨強度增加而導致的土砂影響影響。然而，於長延時下則是顯示基期的平均崩塌率較大，原因在於世紀末的延時均變短，整體雨量變少。

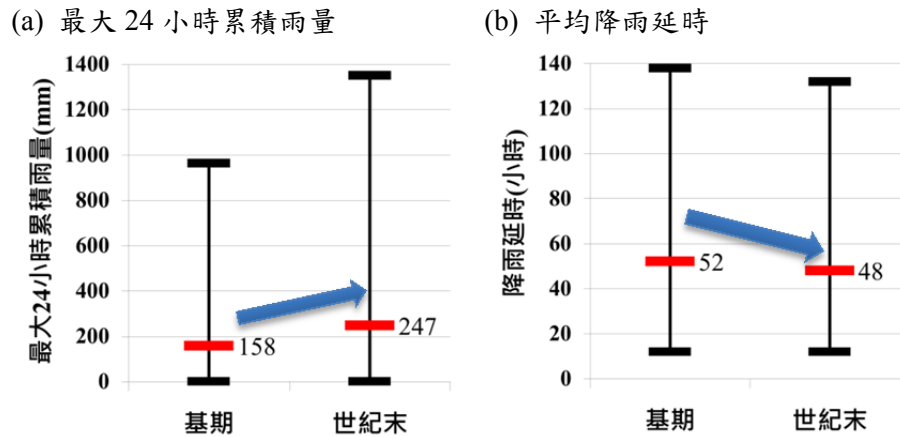


圖 4.17 基期與世紀末最大 24 小時累積雨量與平均降雨延時成果圖

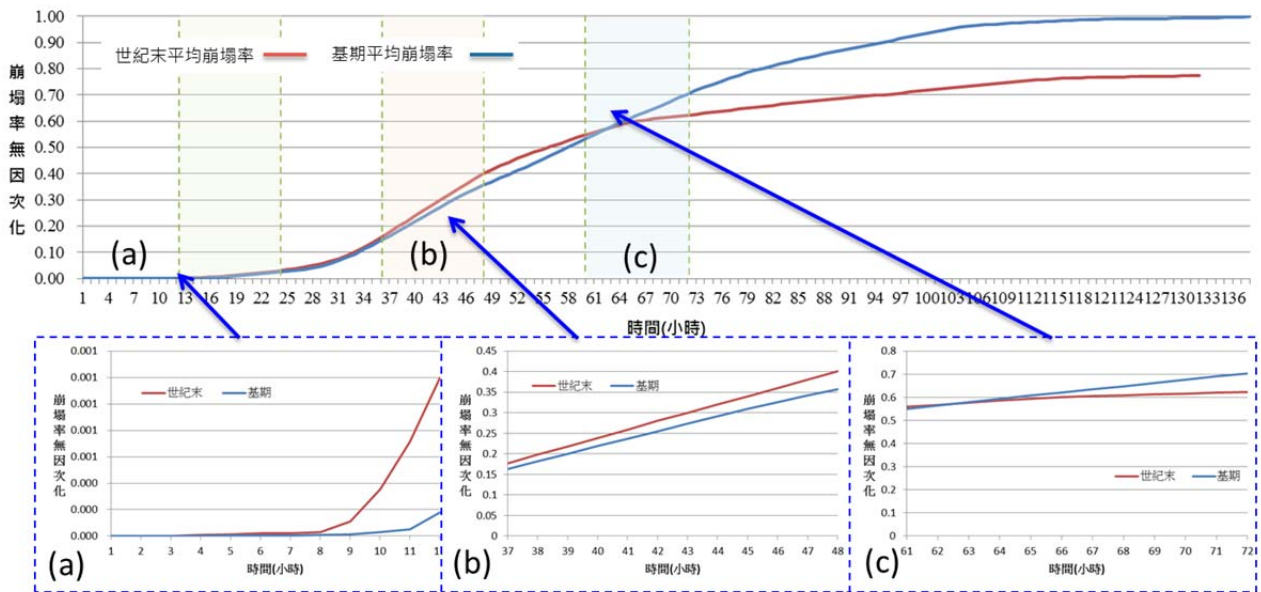


圖 4.22 基期與世紀末兩時期下無因次化後的平均崩塌率分布

✿ 極端降雨與土石流之關係

由於土石流模擬所需的時間較崩塌模擬耗時許多，因此僅能挑選出基期與世紀末最極端的降雨事件來做為該時期的代表，作為兩時期的比較依據。本研究透過最大 24 小時累積雨量進行颱風事件的排序，從中分別挑選出基期與世紀末最極端事件，模擬其所直接影響主河道之土石流的淹沒影響範圍之面積以及土方量的推估。在兩場事件的比較方面 (表 4.2)，世紀

末造成的影響面積和土砂量較基期要少，其中世紀末之土砂量，最大是高市 DF095，造成的土方量約為 5.45 百萬立方公尺，其他潛勢溪流之土方量多介於 1~2 百萬立方公尺左右；而基期之土砂量，最大是高市 DF063，造成土方量為 3.6 百萬立方公尺，許多潛勢溪流的土方量皆在 1~3 百萬立方公尺。該結果顯示，造成土方量的差異，除了在於事件之延時和強度有關之外，世紀末的土砂差異量較基期為大，因此雖然世紀末部分事件造成的土砂量較大，但基期的總土砂量較世紀末的事件為大。但仍要注意的是，該結果是經由挑選最大 24 小時累積雨量排序後的事件的結果，不同的事件挑選方式，將會影響模擬結果。若要避免單一挑選事件的影響而看整體的趨勢，則應在基期和世紀末分別模擬 10 場事件後再將結果平均較為合理。

表 4.2 土石流情境模擬結果

潛勢溪流 編號	世紀末 TOP1		基期 TOP1	
	影響 面積	土砂量	影響 面積	土砂量
高市 DF007	99,400	639,630	-	-
高市 DF011	109,450	902,231	110,300	1,004,342
高市 DF012	104,125	644,746	120,725	1,207,733
高市 DF013	-	-	-	-
高市 DF014	93,750	861,559	93,800	995,155
高市 DF018	-	-	-	-
高市 DF019	-	-	-	-
高市 DF021	132,875	345,242	145,475	1,429,946
高市 DF022	44,125	362,900	44,625	441,969
高市 DF024	156,500	1,269,559	40,400	373,598
高市 DF037	-	-	-	-
高市 DF044	105,050	664,446	109,225	788,875
高市 DF045	120,950	1,783,204	-	-
高市 DF046	39,275	658,919	39,275	726,236
高市 DF048	266,875	1,937,219	271,425	2,175,402
高市 DF054	184,275	872,436	176,500	1,076,887
高市 DF058	111,800	2,373,479	104,300	1,449,980
高市 DF059	76,725	386,769	55,375	201,371
高市 DF062	158,975	1,292,235	159,650	1,309,708
高市 DF063	261,600	2,681,096	269,225	3,633,777

潛勢溪流 編號	世紀末 TOP1		基期 TOP1	
	影響 面積	土砂量	影響 面積	土砂量
高市 DF065	164,300	1,055,677	160,000	939,293
高市 DF067	197,650	1,361,634	193,825	1,222,017
高市 DF069	92	260	2,300	6,506
高市 DF071	12,800	18,132	12,800	18,132
高市 DF072	156,500	244,049	43,575	81,093
高市 DF073	24,700	56,048	160,000	939,293
高市 DF074	-	-	-	-
高市 DF076	3,381	32,097	86,650	990,926
高市 DF085	106,925	958,973	102,100	863,812
高市 DF092	6,110	106,372	153,600	2,897,009
高市 DF093	7,425	61,484	179,225	1,683,236
高市 DF094	6,230	50,476	157,425	1,437,353
高市 DF095	584,800	5,458,572	390,475	3,007,541
高市 DF096	4,555	21,749	113,875	688,140
高市 DF098	3,404	51,761	88,475	1,519,834
高市 DF099	111,500	804,086	111,900	1,015,751
高市 DF100	2,227	5,831	73,550	222,464
高市 DF101	4,681	109,393	119,125	3,154,449
高市 DF102	1,995	23,222	51,925	704,004
高市 DF109	3,432	54,215	85,850	1,361,438

註： -表示該潛勢溪流無直接進入主河道之土砂

※ 土砂量推估

表 4.3 為高屏溪集水區歷史颱風事件與氣候變遷條件下最極端之降雨事件所推估之崩塌量與崩塌率，再配合土石流事件所產生之土方量可知，基期最極端颱風事件造成高屏溪集水區上游 $61.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ 之土砂量，而世紀末最極端颱風降雨事件產生 $10.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ 土砂量。而土石流所模擬之土砂量結果在基期與世紀末最極端事件下分別為 $88.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ 與 $71.6 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。一般而言，短延時降雨容易促發淺層崩塌；相反地，長延時降雨則易造成深層崩塌。而深層崩塌所造成之土砂量遠大於淺層崩塌之土砂量。在氣候變遷條件下之基期最極端事件之降雨延時為 120 小時，世紀末最極端事件之降雨延時為 48 小時，故造成基期總土砂量為世紀末總土砂量之 3.9 倍之多（表 4.2）。

表 4.3 高屏溪歷史颱風事件與氣候變遷下最極端降雨事件推估之崩塌土砂量及崩塌率結果

	經山崩目錄面積推估		模式預測		總雨量(mm) (甲仙站)
	實際崩塌體積 (m^3)	崩塌率 (%)	推估崩塌體積 (m^3)	崩塌率 (%)	
2004 敏督利颱風	--	1.3 ⁽²⁾	--	--	579.5
2005 海棠颱風	57,615,548 ⁽¹⁾	--	53,873,944 ⁽¹⁾	--	1,016.5
2008 薔蜜颱風	--	1.4 ⁽²⁾	--	--	413.0
2009 莫拉克颱風	192,831,248 ⁽¹⁾	7.3 ⁽²⁾	117,111,960 ⁽¹⁾	--	1,911.0
基期最極端事件	--	--	612,071,200	5	1,889.2 ⁽³⁾
世紀末最極端事件	--	--	107,448,000	0.9	1,511.7 ⁽³⁾

註： ⁽¹⁾ 根據李錫堤等(2011)及成大防災中心所提供之初步山崩目錄估算

⁽²⁾ 根據 Wu et al. (2013)提供高屏溪上游集水區崩塌率

⁽³⁾ 模擬區域總雨量

表 4.2 高屏溪集水區在氣候變遷條件下基期及世紀末土砂產量成果

	基期	世紀末
崩塌(m^3)	612,071,200	107,448,000
土石流(m^3)	87,972,512	71,575,106
總土砂量(m^3)	700,043,712	179,023,106

4.3.3 高屏溪流域河道水位演算與淹水模擬

為探討高屏溪流域在氣候變遷條件下之淹水情形，本章節利用 4.1.2 節所產製之氣候變遷資料，結合 SOBEK 降雨逕流與河道模式，模擬未來氣候變遷下基期 (1979~2003)、近未來 (2015~2039) 與世紀末 (2075~2099) 降前 10 大極端颱風雨事件河道流量之變化趨勢；其研究成果重點如下。

由水利署所提供之高屏溪治理規劃報告中指出，高屏堰治理計畫流量 (Q_{100}) 為 26,800 cms，修正前雨量所模擬河道尖峰流量於三個時期 (基期、近未來與世紀末) 都無超過治理計畫流量 (Q_{100}) 為 26,800cms 之慮。而經過偏差校正後的雨量，基期與近未來所模擬出來水位尚無超過計畫洪水位之情形；但於世紀末時，於高屏堰水位站發生 2/10 之超越場次。

圖 4.23 為基期與世紀末 TOP1-TOP5 淹水水深比較圖，由圖中可以觀察出在世紀末淹水的面積幾乎都比基期大於一倍，尤其 TOP2 至 TOP5 在淹水水深大於三公呎地方，更為 1.5 倍以上，這說明在世紀末極端颱風事件中淹水水深的地方將恐增加。圖 4.24 為 TOP1 至 TOP5 淹水深度統計，由結果可以得知，以研究區域而言，世紀末五場事件中淹水水深平均約基期的 1.3 倍。

經由世紀末 (2079~2099) 最烈情境下的颱風事件雨量與下游潮位的淹水模擬結果(圖 4.18)，可以觀察出高屏溪河道中遊河段有多處有溢堤風險如圖 4.18 標示紅色線段處所示。另外，基期事件模擬結果淹水主因為溢堤與內水漫地流 (超過內水設計與承載標準)，受影響區域是包括中下游人口集中處。但該模擬結果並未加入區域排水與下水道設施，未來若有資料建議加入模式中，可使模擬結果更趨近真實。

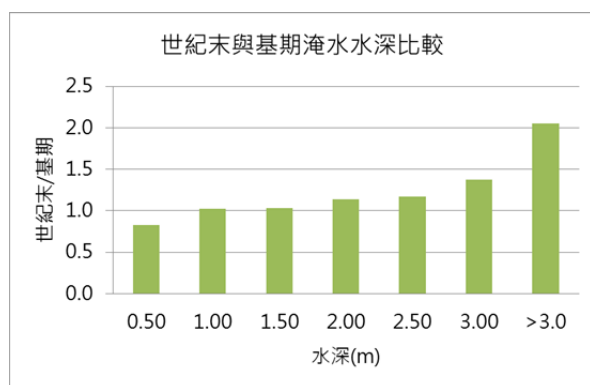


圖 4.23 TOP1-TOP5 淹水水深比較圖

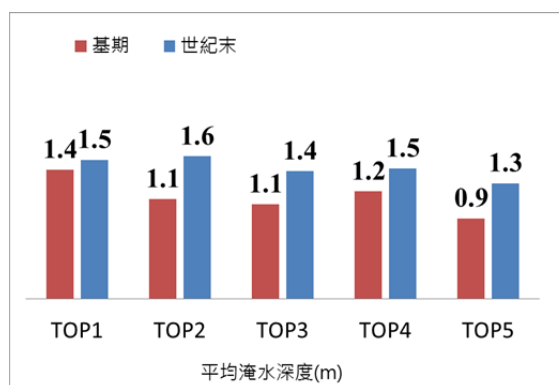


圖 4.24 TOP1-TOP5 淹水深度統計

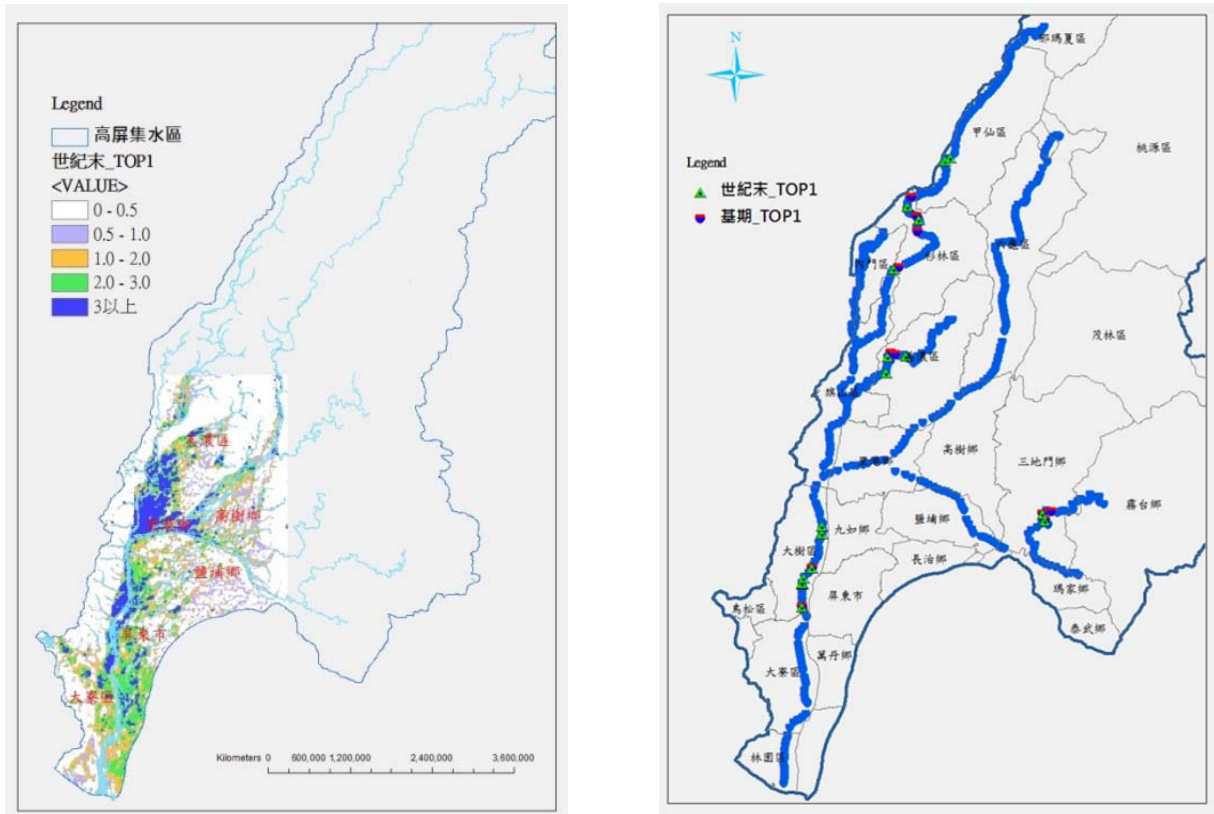


圖 4.18 高屏溪基期與世紀末最極端事件下之淹水模擬結果與溢堤位置

4.3.4 氣候變遷對高屏溪河道輸砂行為之影響

本章節為了探討在未來極端氣候下，集水區之泥砂收支平衡管理問題，本研究利用 A1B 氣候變遷排放情境所產製之動力降尺度資料作為氣候變遷影響所需資料，並使用 CCHE2D 進行高屏溪主河道在未來極端氣候下極端洪水事件河道底床地形之沖淤模擬。本章節將分為極端流況模擬（水理模擬）及上游土砂邊坡災害對高屏溪本流底床變化之影響（動床模擬）兩部分。

※ 水理模擬結果

本研究選擇之極端氣候災害所產生之洪峰逕流量於里嶺大橋為 $33,021 \text{ m}^3/\text{s}$ ，較莫拉克颱風增加 20%。圖 4.26 為高屏溪本流在極端氣候下洪峰逕流量水位與左右護岸之相對關係圖。結果顯示，左岸及右岸之溢堤位置均集中在高屏大橋以上之區域（圖中綠色區域內）。主要因為該堤防設計時所使用之防洪設計頻率係採用 Q_{100} 設計；而在未來極端氣候條件下所發生之極端降雨事件，其逕流洪峰量與莫拉克颱風所產生之洪峰量均超過當初所設計之防洪頻率年，故較易產生溢堤之危害。另外，由於模式在峰值水位表現有低估之情形，故真實情形下溢堤危害會比模擬結果更為嚴重。

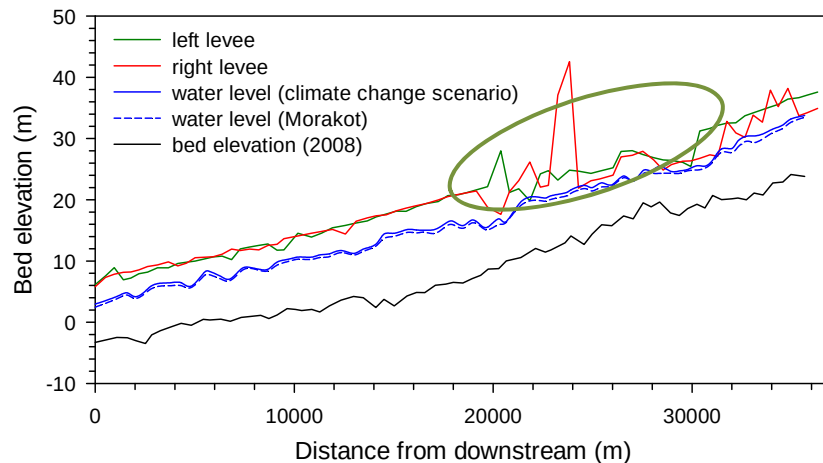


圖 4.26 高屏溪本流在極端氣候下洪峰流量水位與左右護岸相對關係圖

圖 4.27 為未來極端氣候下模擬區內水流流況分布情形，其平均水深為 3.78m，與莫拉克颱風時相比分別增加 11%。根據模擬成果可發現，當水流順著旗山溪及荖濃溪匯入高屏溪本流後河道窄縮使得水位抬升且往右岸偏移，使得里嶺大橋附近斷面受到強烈影響。接續受到高屏堰固定堰之影響，水流偏向右岸且水流剪應力降低。高屏大橋附近水位受到曹公圳影響，水深有明顯跌落之現象且水流偏向左岸。接續水流受到堤岸影響導向右岸，由於此時河道展寬，水流剪應力於此呈現穩定之狀態。至萬大橋上游，水流流況偏向右岸；接續受到左右堤岸影響，水流左右擺盪。但是整體而言，高屏溪本流於洪峰期間為了加速逕流量之通過，加上受到堤防束縮影響，使得高屏溪本流於洪峰期間，呈現順直河道之情形。

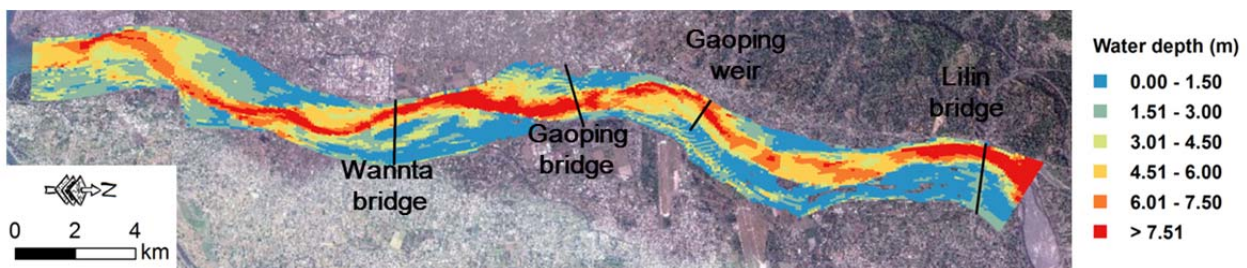


圖 4.27 極端氣候下高屏溪整體水流流況分布情形

※ 動床模擬結果

最後根據 2008 年至 2013 年之大斷面實測資料與氣候變遷條件下之模擬成果，進行高屏溪本流底床變化趨勢之探討，如圖 4.19 所示。從結果可發現，雖然高屏溪之底床變化之趨勢為負相關；即近年來都是河床屬於淤積之情形，但淤積情形趨於緩和，於世紀末時河道會出現掏刷之情形。但上述結果僅是以水流帶動泥砂為條件進行模擬研究。但如果未來發生降雨強度不大，但降雨沿時較長之情形，則會出現大規模崩塌後進入主河道之巨大土砂量，因水流強度較弱無法帶動下泥沙往下游運移，則會出現大量土砂淤積於河道上之情形。

圖 4.20 為高屏溪澗線底床高程變化與累積泥砂量成果圖。從圖 29a 中可知，高屏溪於 2008 年至 2013 年間經歷過多起颱風事件造成了大量的淤砂，約 $2,903 \times 10^6 \text{ m}^3$ 之土砂量。而在受到氣候變遷條件下世紀末期間最極端之氣象條件下，高屏溪河道與 2013 年相比，將會增加 $1.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ 之土砂量（圖 29b）。

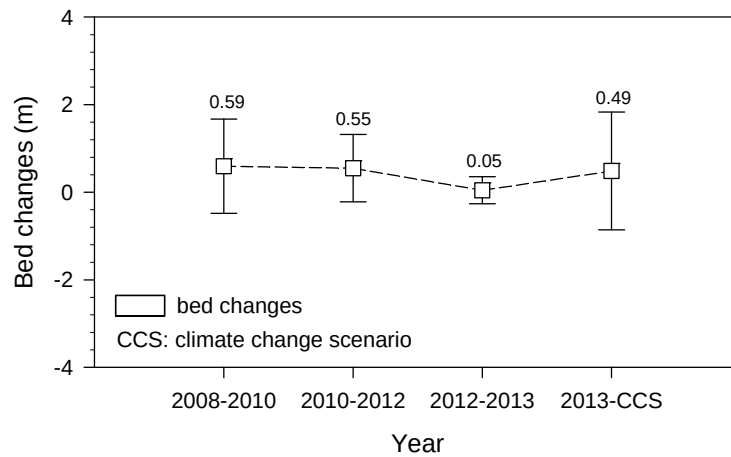


圖 4.19 高屏溪澗線變化趨勢

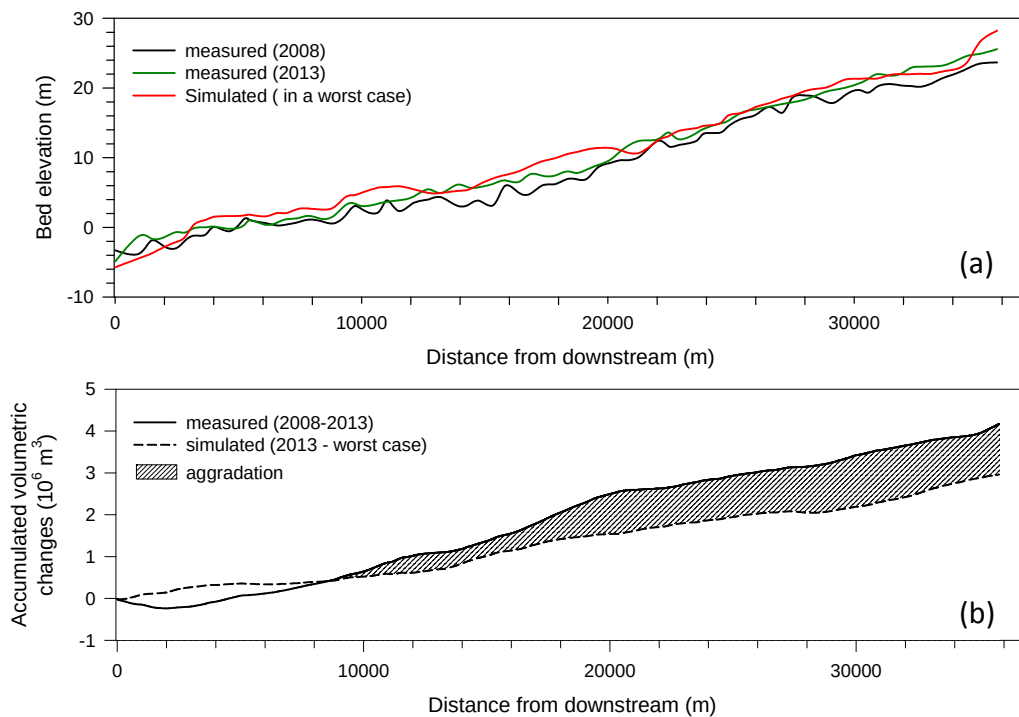


圖 4.20 高屏溪澗線底床高程變化與延程累積泥砂量成果圖

4.3.5 連續颱風事件模擬概念

自 1996 年賀伯颱風開始至 201 年麥德姆颱風為止，臺灣本島颱風季節總會受到颱風影響，輕則道路中斷，重則造成人民及經濟上之嚴重損失；2008 年 9 月 11 日至 9 月 29 日止，15 日內共有辛樂克颱風、哈格比颱風及薔蜜颱風等 3 場連續颱風事件侵襲臺灣（圖 4.30），共計造成 16 人死亡、9 人失蹤及 81 人受傷等嚴重災情。另據農委會統計，包括農業產物估計損失及民間設施毀損在內的農業損失，共損失新台幣 30 億 3,054 萬元。隔年莫拉克颱風除了造成全臺灣共有 678 人死亡、33 人受傷外，整體農業產物估計損失及民間設施毀損計 192.17 億元。

根據研究指出，未來氣候暖化的影響下，颱風數量有增加之趨勢，並且有降雨強度增加及降雨延時減短等降雨特性改變，此將造成都會地區及河川等排水不及造成淹水等災情。而目前多數研究，均針對單一洪水事件進行模擬，並未考慮短時間內多場洪水事件對都會地區排水及集水區河道泥砂問題等進行研究。因此，本計畫將在明年加入多場洪水事件進行模擬，以瞭解連續颱風事件對都會地區淹水及河道排洪與泥砂問題進行系列研究。

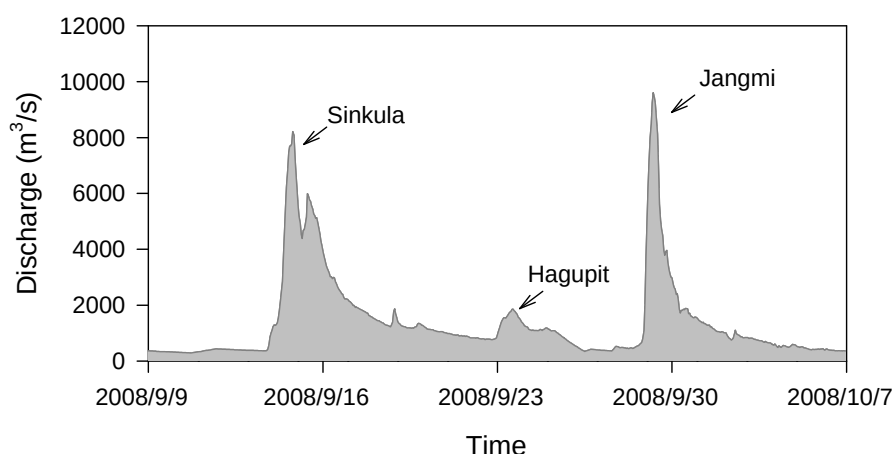


圖 4.30 2008 年辛樂克颱風、哈格比颱風及薔蜜颱風在里嶺大橋所量測之實測流量歷線

4.4 水資源影響與評估

此章節主要可分為氣候變遷降雨特性探討及氣候變遷對流量影響兩部分，其主要成果分數如下。

4.3.1 氣候變遷降雨特性探討

IPCC 於第 5 次評估報告 (AR5) 中提出 4 種碳排放情境 (RCP2.6, RCP4.5, RCP 6.0 及 RCP8.5)與多達 126 種 GCM 模式評估結果。對於多數情境資料的使用者，無法針對所有模式

進行分析，故本研究針對水文領域使用者，提出假設最劣情境與豐枯特性方式挑選模式等方法，提供給水文領域應用端，進一步評估氣候變遷影響研究。由於 IPCC 所提供之 RCP2.6 與 RCP6.0 排放情境之 GCM 模式數相對偏少，且較樂觀的排放情境未來發生的機率偏低，對災害的影響亦較低；另外，過去使用端應用 AR4 資料主要分析 A1B 之情境，其情境的變化與 RCP4.5 相近。故本研究主要針對 RCP4.5 與 RCP8.5 進行分析，下文中分別說明最劣情境的分析結果與 GCM 模式之降雨豐枯特性。

將 AR5 各 GCM 模式之各月降雨改變率，利用盒鬚圖呈現降雨變化率的分佈，並將各月份降雨改變率的多模式平均結果與假設最劣情境，繪製於圖 4.31 中。在近未來時期，月降雨改變率約介於 -20~-30%之間，而豐水期的降雨改變率介於 15%~30%之間；故枯水期在不同 RCP 中各月差異不大。然而在世紀末時期，RCP8.5 的改變率約介於-50%，而 RCP4.5 則是介於 -30%之間。由此可知，在枯水期 RCP8.5 的改變率明顯較 RCP4.5 嚴重許多。根據上述結果可瞭解，假設最劣情境在近未來期間的不同排放情境的降雨影響差異不大，在世紀末時 RCP8.5 的降雨影響量較為顯著。

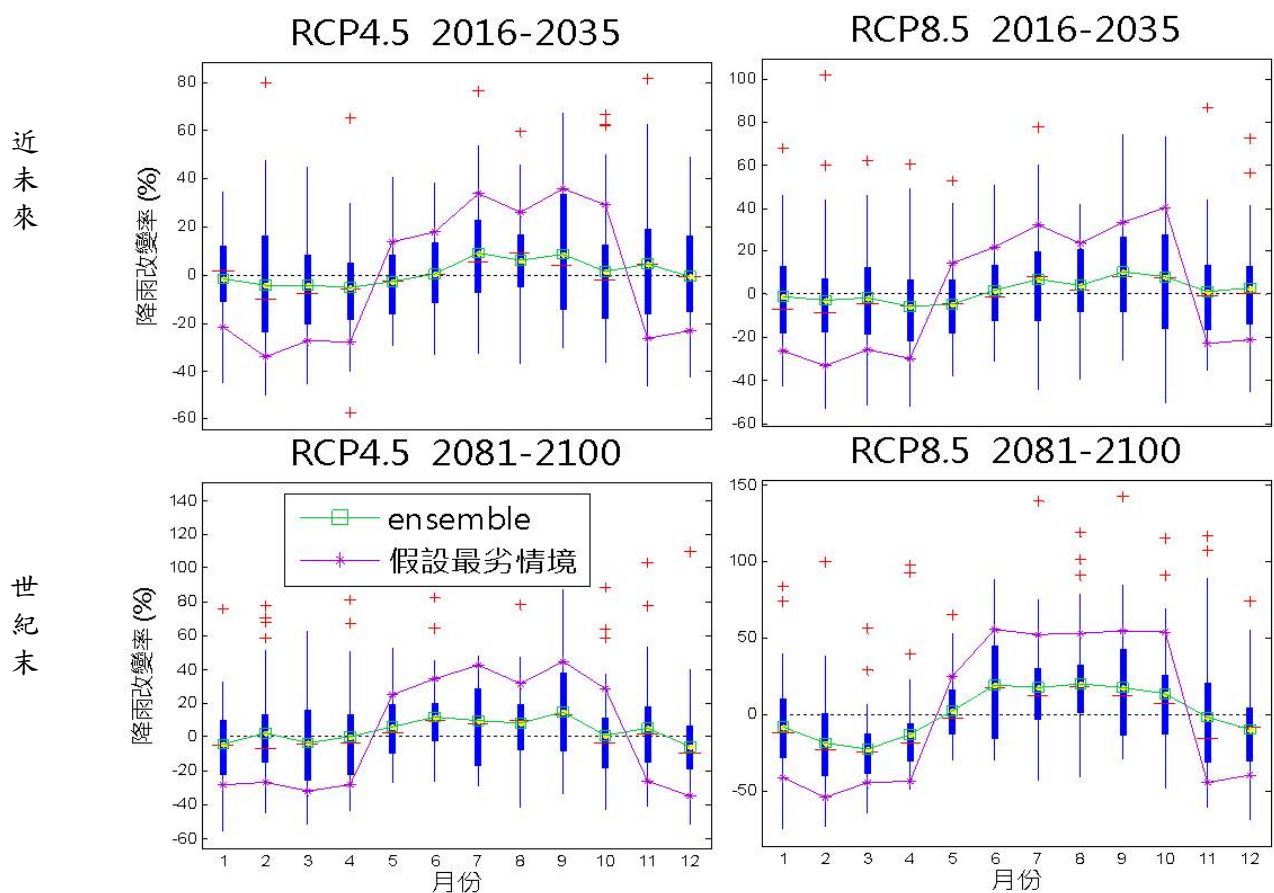
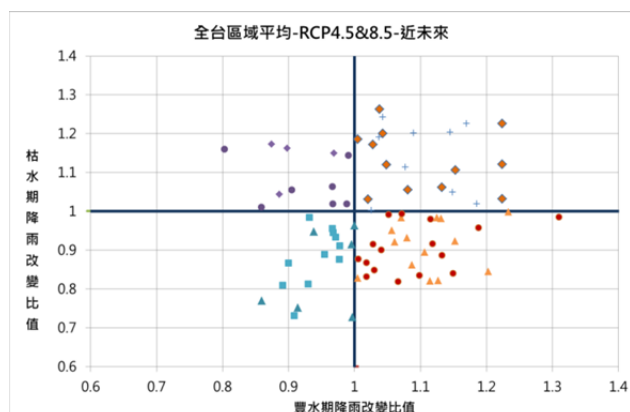


圖 4.21 最劣情境假設下近未來與世紀末於 RCP4.5 與 RCP8.5 情境下月降雨改變率

豐枯水期的降雨特性評估，主要是依據各月降雨改變率計算豐枯水期的平均降雨改變率，並以 4 個象限呈現變化。圖 4.32 為近未來與世紀末期間各 GCM 模式豐枯特性結果，圖中可知全臺降雨區域平均，RCP4.5 與 8.5 情境於兩個推估期都是以豐增枯減特性 (第 IV 象限) 的模式數量相對較多。其模式降雨改變率約於在近未來期間，豐水期降雨變化增加約為 20%，而枯水期則是減少 -20%；世紀末降雨改變率衝擊加重成豐水期增加 40%，而枯水期則減少 40%。

(a) 近未來降雨改變率之豐枯特性



(b) 世紀末降雨改變率之豐枯特性

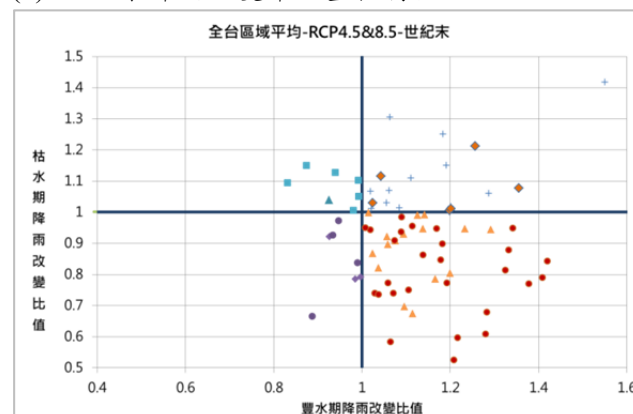


圖 4.32 近未來與世紀末豐枯水期降雨改變率成果圖

4.3.2 氣候變遷對流量影響

氣候變遷對水資源的影響部分，主要利用 AR5 統計降尺度的 5 km 網格的月降雨與月溫度資料，進一步分析各月份的流量變化，評估近未來與世紀末期間，豐枯水期平均流量的變化。評估過程中應用天氣衍生器 (weather generation) 產製日雨量與日溫度資料，並利用流量模擬模式 (GWLF) 模擬上游流量的變化。下文將以大漢溪與隘寮溪為案例，說明氣候變遷影響下豐枯水期流量的影響。

圖 4.22 為世紀末期間大漢溪在不同 RCP 情境下豐枯流量變化情形。由圖中可知多數模式落在豐越豐枯越枯的流量特性 (第 4 象限)。流量影響的程度，符除了 RCP6.0 較不明顯外，其餘均符合 RCP 濃度越高影響量越大之情況 (如圖中的方框所示)；如 RCP8.5 的流量變化多數座落於是豐水期增加 0~60%，枯水期減少 0~80% 左右。

圖 4.23 利用累積機率圖表示所有 GCM 模式在豐枯水期時之流量變化率，圖中包含 AR5 的 4 種情境與 AR4 中 3 種情境 (A1B、A2、B1) 流量改變率結果。再豐水期時，AR4 情境下流量增加量約 0~15%，而 AR5 情境下豐水期流量影響增加至 0~40%，且有 50% 以上的機率是呈現流量增加的趨勢；故 AR5 相對 AR4 的情境其增加的趨勢更為顯著。在枯水期時，AR4 中約 70% 模式呈現枯水期流量減少的情形。但 AR5 情境下，約 65% 之模式於隘寮溪呈現枯水期流量增加的情形，其流量變化介於 0~100% 之間，約增加 1 倍的流量。

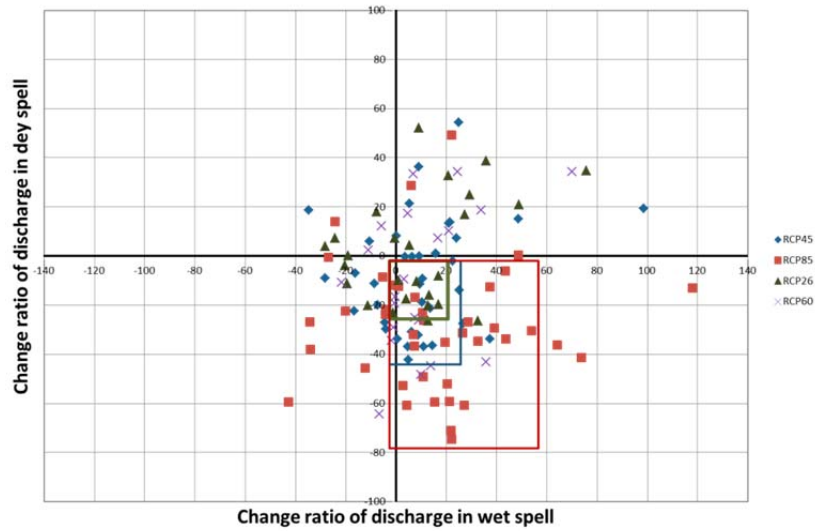


圖 4.22 不同排放情境下的世紀末豐枯水期流量變化以大漢溪為例

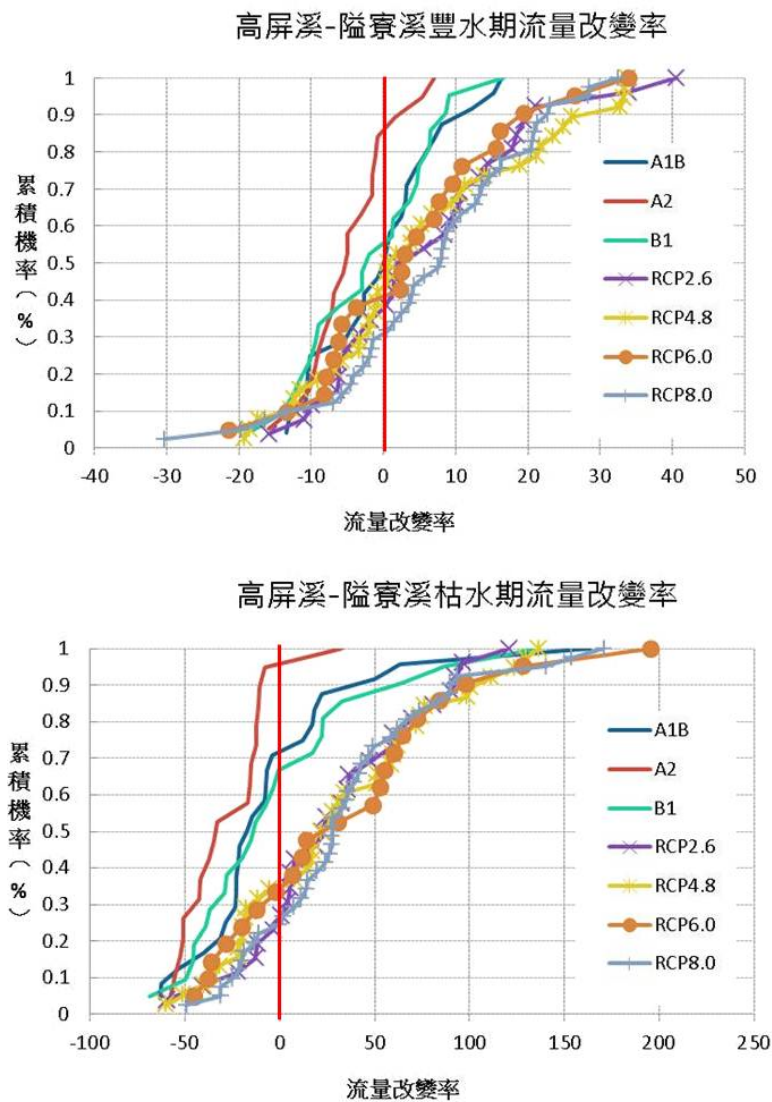


圖 4.23 AR4 與 AR5 豐枯水期流量變化比較以隘寮溪為例

第四章 氣候變遷資料應用技術發展與研究

隘寮溪 AR5 的分析結果與過去 AR4 評估結果有明顯的差異，故在因應影響與調適方面需特別注意。在洪災評估方面，因考量豐水期降雨與流量增加，AR5 與 AR4 趨勢相同，唯獨影響量加重，但於水資源評估方面，未來高屏溪流域評估，需考量全年多雨趨勢，亦即枯水期降雨增加的量對流量及水資源管理的影響。

第五章 氣候資料服務與推廣應用

5.1 完成 TCCIP 新版網站，提供更多知識與資訊

本計畫第二期其中一項主要工作項目即為「建置第二期資訊平台網站」，除了本計畫團隊，此工作項目更與國網中心合作。2014 年起本計畫 Team4 陸續召開 2 次的內容架構討論工作坊，在這些工作坊中，決定了第二期資訊平台的定位，由第一期的「資料平台」擴充功能為「資訊平台」，對外提供更多氣候變遷相關知識與資訊。此外，考量到 TCCIP 計畫的主要特性（臺灣氣候資料的產製），故在網站中所佔的單元內容比例中，約略設計為：資料為 60%、知識 30%，以及資訊 10%。目前第二期資訊平台已於 2014 年底完成所有功能，並於 2015 年 3 月正式上線（圖 5.1）。以下概述三個單元的涵蓋重點，圖 5.2 則呈現網站中相關功能頁面。

■ 資料（過去變遷、未來推估）：

「過去變遷」單元包含測站資料、網格資料及颱風資料，測站資料觀測時間較長（依測站設站時間，最長達百年），為 28 個測站的溫度（5 種參數）、雨量（5 種參數）、溼度、風速（三種參數）的時序變化資料；網格資料則是 1960-2012 年全臺 5X5km 溫度及雨量的網格資料，有空間分佈及時序變化資料；颱風資料則包含了影響臺灣颱風、路徑 4 分類及 10 分類及西太平洋個數/強度年際變化。「未來推估」單元則是使用 IPCC AR5 的 5X5km 網格推估資料，同樣有空間分佈及時序變化，另外有不同情境跟不同推估時間的比較。

■ 知識（知識專欄、出版品）：

「知識專欄」單元包含氣候變遷新聞、氣候知識 FAQ、摘要報告，以及氣候專欄。每天會進行國際氣候變遷科學新聞的蒐集與分享，每月會蒐整氣候變遷相關的報告進行摘要撰寫，不定期則會針對氣候變遷相關的常見問題進行淺顯易懂的回答，及進行專家學者特稿的撰寫。「出版品」單元則是分成了專書、簡報、圖集及影音、研究報告，以及團隊發表文章。專書是 TCCIP 歷年來出版的專書（例如：科學報告），簡報及圖集是搜整計畫歷年來重要的簡報及圖片，讓使用者可直接引用，影音是計畫的宣傳影片，研究報告與發表文章則為計畫團隊人員的學術著作。

■ 資訊（關於我們、歷史會議、最新消息、資料服務）：

「關於我們」單元包含 TCCIP 計畫的簡介、人員組織及資料來源/引用說明。「歷史會議」單元包含最新的會議資訊及蒐整了 TCCIP 計畫從 2010 年至 2015 年 9 場會議的相關資訊，並將可公開的簡報及講者演講影片都上線提供。「最新消息」單元則是會提供目前計畫最新的活動訊息及資料服務的相關更新資訊，除了在首頁有一獨立區塊外，並有最新消息資訊看板，讓使用者可知道目前網站最新更新的內容。「資料服務」單元簡單介紹資料服務的內容、資料

第五章 氣候資料服務與推廣應用

清單、申請流程、注意事項及 Q&A，並讓有資料申請需求的使用者導向資料申請平台進行資料申請。



圖 5.1 第二期資訊平台首頁

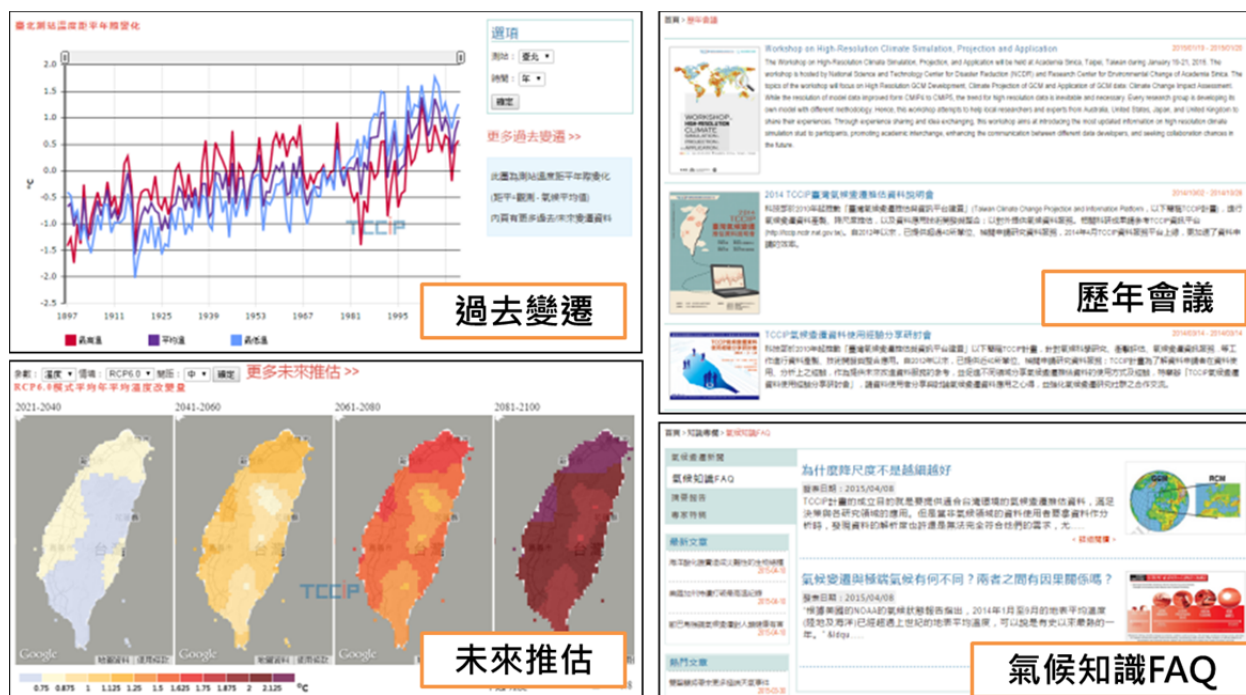


圖 5.2 第二期資訊平台相關功能頁面

此資訊平台整合我國在歷史觀測與未來推估的氣候資料庫，並將此龐大數據 (Big Data) 化為線上圖庫、使用者互動繪圖、氣候變遷知識與影音知識庫，以及即時線上資料申請…等氣候科學開放資料 (Open Data) 服務。這些龐大資料包括歷史觀測資料更新到 2013 年、未來推估資料則是使用 IPCC AR5 的資料其解析度並提高到 5 公里，目前網站內有超過 7 萬筆氣候資料、10 萬張圖片、過去 TCCIP 舉辦研討會的簡報 180 份、影片 140 則及 TCCIP 出版的專書 3 本，研究報告…等。另外，研究團隊所產製之氣候變遷資料更將近 600 Terabyte，可提供進階研究求使用，新版及舊版網站內容及功能比較如表 5.1。

表 5.1 新版及舊版網站內容及功能比較

	TCCIP 第一期網站 (舊版)	TCCIP 第二期網站 (新版)
過去變遷	1897~2009	1897~ 2013
未來推估	IPCC AR4 @25 公里	IPCC AR5 @ 5 公里
知識專欄	無	有
歷屆研討會資料	無	有
資料服務	僅有資料列表及聯絡方式	可線上申請及下載

綜整以上，第二期資訊平台具備有以下幾點特色：

- ☒ 臺灣長期觀測網格資料線上圖庫 (測站、分區、各個月份/季節...)
- ☒ 臺灣高解析度未來百年氣候變遷推估圖庫 (不同年代、不同情境互動比較)
- ☒ 氣候變遷知識庫 (發表論文、研究報告、出版專書、氣候變遷新聞、專欄文章…等)
- ☒ 氣候變遷研討會影音資料庫 (TCCIP 歷年國際研討會、說明會簡報資料與影音資料庫)

5.2 完成資料申請平台，提供多元的氣候資料服務

針對本計畫產製的龐大的氣候資料，本計畫第一期之資料提供服務僅以書面方式列表及後續聯絡，據此，第二期計畫第一年即開始建置線上系統——「資料申請平台」(圖 5.3)，經過內部測試，已於 2014 年 3 月正式上線對外服務，截至 2015 年 3 月底為止申請帳號的人數 65 人，資料申請的件數則為 65 件次。此系統介面對使用者十分友善，使用者可於線上直接勾選所需資料參數，提出申請，再經審核程序後，並可直接下載資料 (圖 5.4)。資料申請平台後續仍會持續進行新資料的上架及細部功能微調，此平台預計在計畫第三年整合進第二期資訊平台，可讓使用者在統一的網頁平台下，進行資料申請，並簡化申請流程。

第五章 氣候資料服務與推廣應用



圖 5.3 資料申請平台首頁

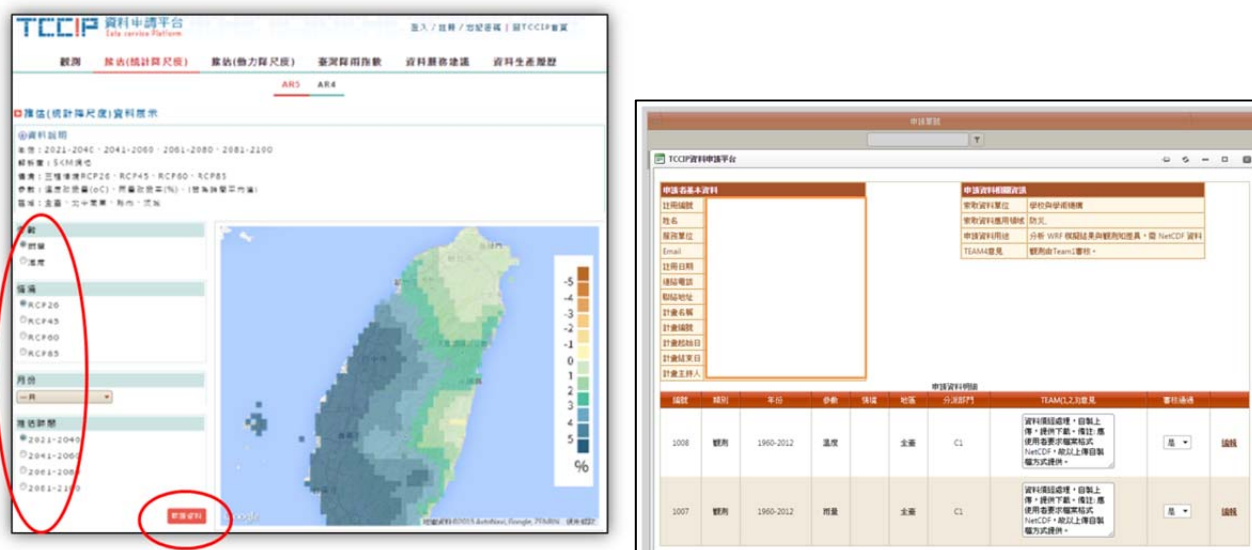


圖 5.4 資料申請平台友善的資料申請頁面 (左圖) 與審核頁面 (右圖)

在新增資料的部分，本計畫上半年新增了兩筆資料。第一筆為 IPCC AR5 推估月溫度及月雨量資料，並包含離島地區的網格資料；第二筆為將歷史網格月溫度與月雨量資料更新為第三版，此第三版與第二版的差別主要有二，其一為資料長度延長至 2012 年 12 月；其二則是新增離島地區（金門、馬祖除外）之網格化資料，這組資料可提供外界研究離島地區氣候變遷時參考與使用。目前對外提供的所有資料如表 5.2。

表 5.2 TCCIP 對外提供的資料列表

資料	資料說明
觀測	年份：1960~2012 年 解析度：5KM 網格 參數：溫度、雨量、最高溫及最低溫 (皆為月平均值) 區域：全臺、北中南東、縣市、流域
推估 (統計降尺度) (AR5)	年份：2021-2040、2041-2060、2061-2080、2081-2100 解析度：5KM 網格 情境：三種情境 RCP26、RCP45、RCP60、RCP85 參數：溫度改變量 (°C)、雨量改變率 (%) (皆為時間平均值) 區域：全臺、北中南東、縣市、流域
推估 (動力降尺度) AR4)	年份：1979-2003、2015-2039、2075-2099 解析度：5KM 網格 情境：一種情境 A1B 參數：颱風整場降雨前 20 名 (依據不同區域) 時雨量 區域：全臺、北中南東、縣市、流域
臺灣降雨指數	臺灣降雨指標代表臺灣地區雨量年際變化，降雨指數 (TRI_m、TRI_d) 其氣候值基期為 1961-1990、降雨指數延伸 (TRI_mex、TRI_dex) 氣候值基期則隨測站設站時間不同而有變化。 年份：1901~2000、1885~2010 (延伸) 時間：日、月 區域：全臺

TCCIP 對外提供之資料皆為各 Team 橫向整合後之結果，其中科學數據的部分包含各 Team 之模式運算過程。為讓使用者易於掌握資料使用特性，Team4 於計畫第二期開始便著手製作「資料生產履歷」，希望在提供數據資料給外界使用的同時，也能附帶額外資料特性之描述。生產履歷中有幾個主要的資訊，包含原始資料來源，產製流程與方法，基本評估以及可能之應用方式等。本工作於 103 年 3 月份進行流程圖製作與討論、5 月份完成各資料細部方法說明文件彙整、並於 7 月份完成進階應用分析，目前已完成多項資料之第一版生產履歷製作。總計有歷史月溫度網格化資料、歷史月雨量網格化資料、動力降尺度未來前十名強降雨颱風時雨量、AR4 月推估雨量網格化資料、AR4 月推估溫度網格化資料 (資料生產履歷請詳見附錄)。

截至三月底為止，本計畫第二期資料申請件數為 78 件，此數量比第一期計畫之資料申請件數 (41 件) 成長許多，顯見 TCCIP 計畫提供氣候資料服務之任務已逐漸被我國氣候變遷科研社群瞭解。而在資料申請平台上線以來，已提供 24 個科研與政府部門計畫 (含大型整合型計畫) 資料服務，連同計畫第一期開始提供資料服務以來，共累積提供資料給超過 84 個學校、單位等研究氣候變遷相關計畫使用。這些計畫涵蓋許多學術領域，分別為防災、氣象、水文、生態、農業、公衛等等。

資料申請平台經過 10 月份的資料說明會後，資料申請件次顯著上升（圖 5.5），10~11 月即有 17 件次。平台上線後持續針對使用者的需求進行功能及版型調整，並配合第二年團隊資料陸續產製完成，於 4 月上架資料生產履歷、7 月上架 IPCC AR5 資料、9 月上架新版觀測資料（更新至 2012 年，含離島），10 月並配合 TCCIP 正式 Logo 進行整體網站色系調整。為了使的使用者能夠更了解 TCCIP 提供的資料服務，本計畫亦完成了資料申請平台的介紹影片，內容包括 TCCIP 計畫團隊簡介、資料服務項目及資料申請的操作流程教學。影片網址：<http://youtu.be/Q1yR2Eal7dM>。

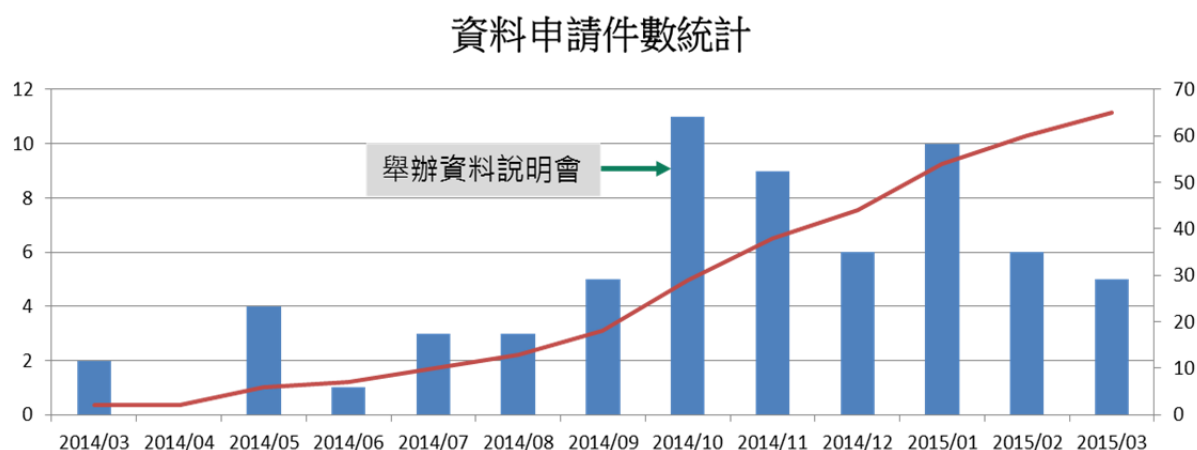


圖 5.5 TCCIP 資料申請平台申請件數統計

除了提供基本的資料之外，本計畫亦儘可能協助部分科研計畫之特殊需求，例如，TCCIP 計畫亦協助 TAiCCAT 計畫處理 IPCC AR5 氣候模式，包含基期與推估年總計超過百年之逐月雨量資料，包含情境有 RCP2.6 (26 組)、RCP4.5 (38 組)、RCP6.0 (21 組)、RCP8.5 (41 組)，並且轉成團隊較易分析之資料格式提供。

5.3 持續相關推廣活動，啟動知識轉譯與科學溝通

5.3.1 舉辦各式推廣活動（使用者經驗分享研討會、資料說明會、專家座談）

✻ 使用者經驗分享研討會

本期計畫重點中除了持續向使用者溝通 TCCIP 計畫產製之資料特性之外，更逐漸將重點擴充為「了解使用者需求」，意即我們不僅是單向傳遞資訊，而是逐漸開始進行雙向溝通。因此，本期計畫舉辦各式推廣活動，包括：使用者經驗分享研討會、資料說明會、專家座談。TCCIP 計畫為了解資料申請者在資料使用、分析上之經驗，作為提供未來改進資料服務的參考，並促進不同領域分享氣候變遷推估資料的使用方式及經驗，特舉辦「TCCIP 氣候變遷資料使用經驗分享研討會」，請資料使用者分享與討論氣候變遷資料應用之心得，並強化氣候變

遷研究社群之合作交流。分享的研究領域包含有防災應用（洪旱、水文、水資源、坡地災害）、生物多樣性、能源、農糧安全、公共衛生等。參與人數約 100 人。

※ 資料說明會

此外，為因應本計畫於 103 年上半年應用統計降尺度技術，根據 CMIP5 模式推估產製完成臺灣地區 IPCC AR5 氣候推估資料（新上架之資料），特舉辦北中南東四區 TCCIP 臺灣氣候變遷推估資料說明會（圖 5.6）。主要議程包括：IPCC AR5 簡介、TCCIP 簡介、TCCIP 提供之資料服務。此外，場外同時也展示計畫介紹海報、各 Team 研究介紹，另有資訊平台及資料申請平台的展示介紹。本次活動以 TCCIP 氣候資料的使用者及潛在使用者為主要邀請對象，四場次累積參與人數超過 350 人。主要內容由本計畫同仁規劃負責，行政庶務等事務由協辦單位協助，例如：中興大學環境保育暨防災科技研究中心、東華大學環境學院、臺灣大學氣候天氣災害研究中心、成功大學研究發展處。本系列活動手冊請見附錄。



圖 5.6 「2014 TCCIP 臺灣氣候變遷推估資料說明會」活動情形（左圖為中部場、右圖為臺北場）

本系列活動為 TCCIP 計畫第一次辦理分區的活動，特地設計問卷以了解外界對 TCCIP 的認識程度，並瞭解使用者的需求。總計四場活動，回收 150 份問卷，其中有效問卷 138 份中做出的整理分析，結果發現參與者對於主題的設計、講師的表達能力、內容豐富度、活動流程與安排皆表示滿意，僅在活動宣傳上滿意度相對較低（圖 5.7）。此外，亦有參與者表示對於議程中現階段資料的使用上，對於計畫資料的產製過程、資料的應用方式及加值應用的案例分析較不了解，希望能夠再詳盡說明。另一方面，隨著氣候變遷議題逐漸被大家所重視，能提供資料的平台也越來越多，對於 TCCIP 計畫與其他計畫產製的資料差異，也希望能夠說明。此外，也希望計畫未來在產製資料時能夠提供如：日輻射量、風速、濕度、二氧化碳濃度...等，另外對於現有的網格資料，也希望計畫未來可以提供空間解析度更細的網格資料，以利使用可以更精確。

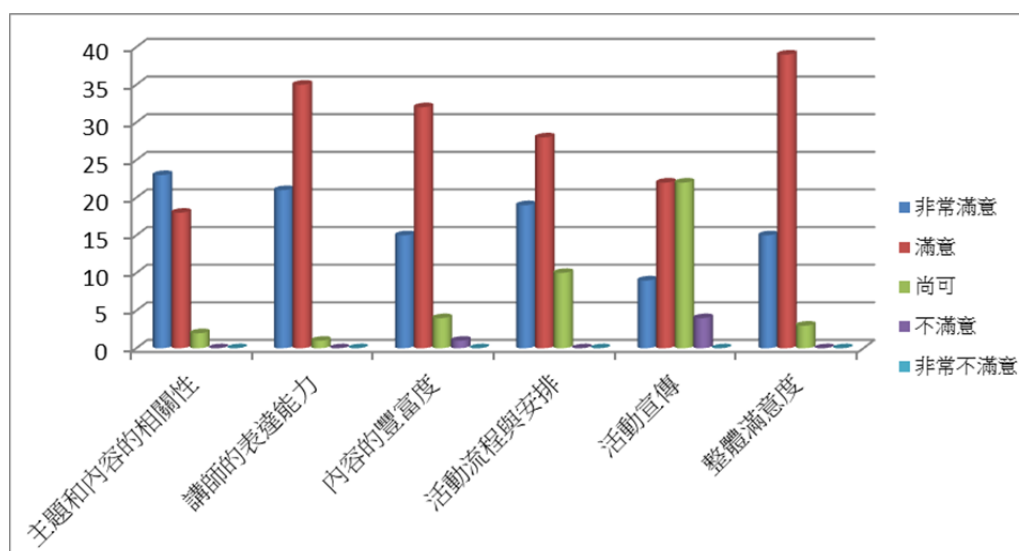


圖 5.7 問卷之結果

※ 專家座談

TCCIP 計畫所提供的氣候資料服務除了一般性的資料提供之外，還包含配合資料使用者的需求，研發資料應用技術的半客製化資料服務；還有，由 TCCIP 計畫建立完整一條鞭式的研發流程，進行深化研究，以便提供資料使用者參考相關流程，研發合適其專業領域的氣候資料使用方式。然而，無論是哪一種型式的資料服務，在使用氣候變遷資料上，仍須透過與使用者進行深度溝通才能夠真正了解使用者的需求與資料不足之處，也才能確保使用者正確的應用氣候變遷資料，並從適當的角度探討分析的結果。

本計畫辦理專家座談，針對特定研究計畫之動力降尺度資料需求與使用進行深入的探討，並於 103 年 8 月舉辦動力降尺度資料討論會議。座談中主要針對水利署「氣候變遷對中部(雲中彰)與花東海岸防護衝擊與調適研究」、「因應氣候變遷水源設施脆弱度盤查方法研究」兩個研究計畫對動力降尺度資料的使用經驗及未來需求進行討論。

5.3.2 計畫形象與推廣文宣設計

TCCIP 計畫執行四年以來，常藉由資訊/資料平台、出版報告及辦理各項研討會、資料說明會等活動對外推廣與宣傳計畫產出的資料、資訊與知識。為增強宣傳對象對計畫的印象、提升推廣的效果，特別透過統一的視覺設計，將計畫的理念和精神傳遞出去，和推廣對象建立雙向溝通的關係。本期的成果包括計畫「標誌」、文宣品、簡報與海報版型三項目的設計。TCCIP logo 的「標誌」部份，以單一、連續方格表達 TCCIP 所提供的「網格化資料」，並刻意將 I 設計為小寫 i 凸顯「資訊、資料」意涵；「標準色」以氣候變遷中大氣、降雨與暖化意象的藍色、紅色為主，同時藉藍色傳達「資料值得信賴」的形象；而紅色顯現「熱忱用心」的服務 (圖 5.8)。同時，針對計畫團隊人員演講時的需求，以 TCCIP logo 意象為主，設計兩

款 TCCIP 簡報與海報版型 (圖 5.9)。各式文宣品成果請見附錄。

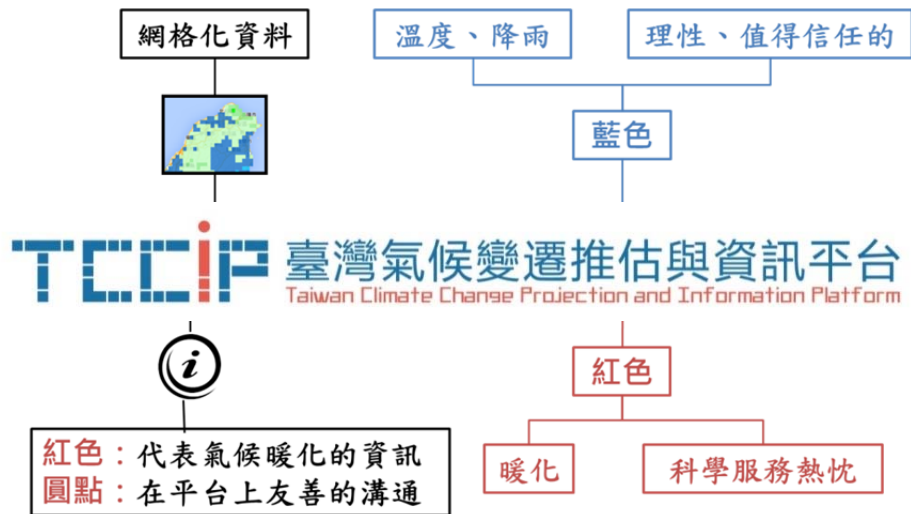


圖 5.8 TCCIP 標誌介紹

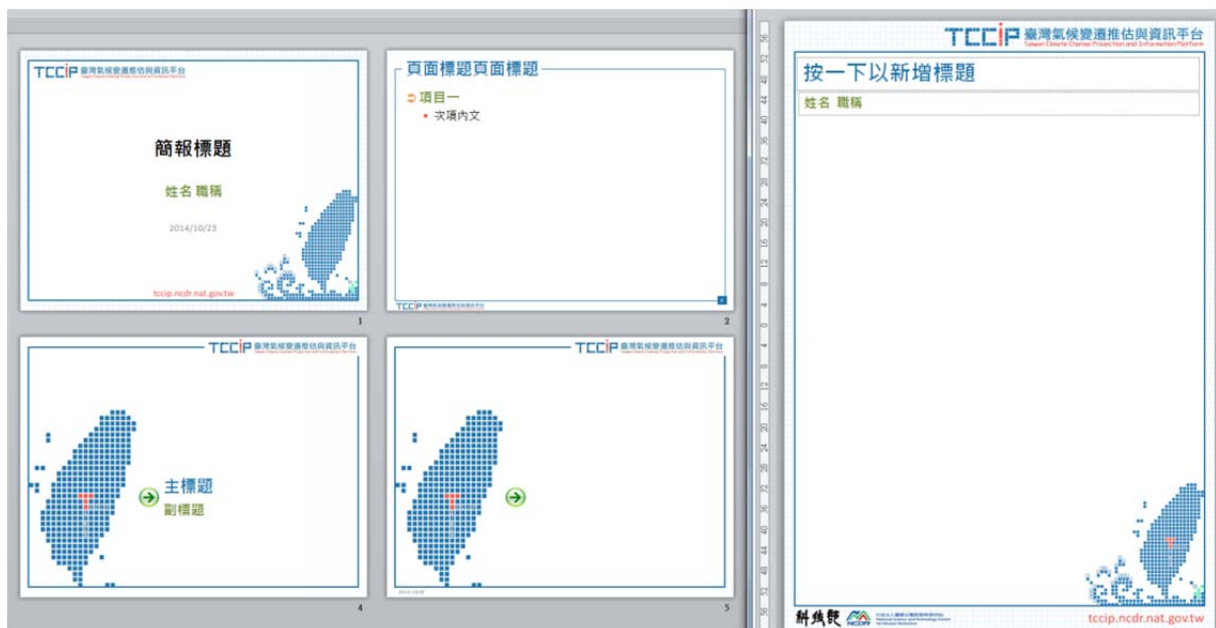


圖 5.9 TCCIP 簡報版型 (左) 與海報版型 (右)

5.3.3 知識轉譯

✿ 氣候變遷新聞

本計畫自 2015 年 2 月開始，每天在 TCCIP 第二期計畫網站即時線上更新國際氣候變遷新聞，新聞來源包含美國主流媒體如紐約時報、華盛頓郵報；科研期刊如每日科學、科學人；專業研究機構如美國太空總署、海洋暨大氣總署；非營利組織如 Inside Climate, Climate Central

等；同時也訂閱歐洲各國專業媒體科學專欄如英國獨立報、衛報、德國之聲等。由計畫同仁每日大量閱讀新聞並選擇適當主題做摘要分享，使用專業但平實的文字敘述，提供本計畫同仁及使用者國際氣候變遷科學知識及世界趨勢，這些選擇的重要新聞大致可分為**氣候科學新發現**、**國際氣候變遷政策**、**產業及社會衝擊**及**極端天氣災害**等四類。網站頁面如圖 5.10。截至三月底為止，已收集分享 84 則新聞，新聞分享請見附錄。



圖 5.10 氣候變遷新聞網頁

※ 知識專欄

如前所述，第二期資訊平台規劃了「知識專欄」，負責傳播轉譯過的氣候變遷相關知識與資訊，內容分成氣候知識 FAQ，以及重要報告摘要。所有內容請見附錄，以下簡述涵蓋內容：

□ 氣候知識FAQ：每篇知識專欄文章都是全新的知識學習歷程

除了在新聞中找尋新資訊，也針對資料使用者的常見問題整理分類，與相關領域專家學者討論、訪談過後，寫成知識專欄文章，例如「甚麼是氣候變遷?」「為什麼降尺度不是越細越好?」、「為什麼建議使用者採用所有模式的結果而不建議挑選模式?」「甚麼是極端氣候?與

氣候變遷有何不同？」等，編者以資料使用者的角度提出疑問並用深入淺出的方式回答問題。

□ 重要報告摘要：反覆閱讀艱深的專業文章，找尋有趣的切入觀點解答常見問題

知識專欄的設定目標就是能用平實的文字解釋專業氣候變遷科學知識，尤其現在媒體傳播無遠弗屆，品質良莠不齊，盡量引用權威性的報告例如 IPCC 的氣候評估報告、美國及歐盟不定期出版的氣候報告...等為依據，摘要整理，並能連結到臺灣本身的氣候變遷研究現況，從讀者關心的生活角度出發，引起共鳴。目前摘錄兩份重要報告：「美國氣候評估報告：氣候變遷元凶直指能源石化工業」，以及「亞洲開發銀行報告：變遷將嚴重危害南亞經濟」。

□ IPCC AR5 Synthesis Report (第五次評估統整報告) 影片中文版製作

IPCC 自 2013 至 2014 陸續發表了三個工作小組的氣候變遷科學報告，並於 2014 年底發表統整報告，同時在聯合國氣候變遷大會上發布精華影片，內容簡介這份報告的重要發現及政策建議，對無暇細讀數千頁科學報告的大眾而言，除了閱讀決策者摘要，這段長達 15 分鐘的影片也有助迅速掌握報告重點。TCCIP 計畫團隊將影片字幕翻譯成中文，放在計畫網站上提供大眾參考。影片截圖如圖 5.11 所示。

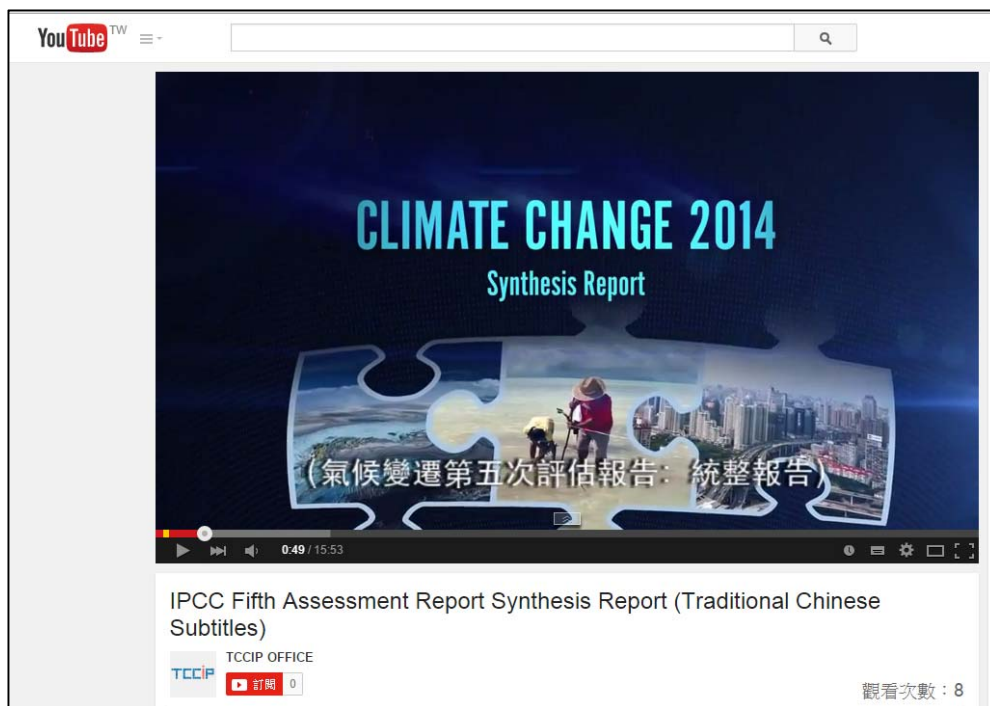


圖 5.11 IPCC 影片截圖

5.4 完成編撰第二版科學報告第一冊草稿

暨本計畫第一期於 2011 年出版的「臺灣氣候變遷科學報告」後，國際及國內的氣候變遷科學研究亦進展許多，故更新資訊的第二版科學報告有其必要性。102 年 3 月的啟動會議決

議第二版的臺灣氣候變遷科學報告擬區分為兩冊，分別就氣候變遷的物理現象與機制等科學面向（第一冊），以及氣候變遷的衝擊與調適面向（第二冊），進行科學性撰述。此份報告第一冊的主筆由各領域專家學者擔任，本計畫 Team 4 則負責此工作項目相關的行政與編輯事務，希望提供國際 (IPCC WGI AR5) 與臺灣在氣候變遷的物理現象與機制的最新科學資訊。本工作項目於 102 年 5 月開始的一年期間，成立科學報告編輯委員會，完成科學報告分冊篇章初步架構，並召開數場編輯委員會議，釐清各主題的科學問題，各章主筆及共同執筆者即開始進行文獻蒐整、回顧與撰寫 (表 5.3)。並於 103 年 10 月開始進行草稿的編修 (包括：逐章內容討論、圖表的引用與重製、跨章節的架構調整，以及專有名詞的使用與格式的統整)，目前各章節已完成第一輪的逐章檢視，將進入第二輪的校修及審查，預計在 104 年年底可定稿。

表 5.3 第二版科學報告第一冊的章節架構與主筆作者

章	主筆作者	小節
第一章 全球氣候變遷	周佳 羅敏輝 陳維婷	1.1 前言 1.2 溫度及大氣環流 1.3 降雨及水循環 1.4 極端天氣 1.5 雲、氣膠與輻射 1.6 古氣候 1.7 未來推估 1.8 北極放大 1.9 結語
第二章 海洋系統與變遷	李明安	2.1 前言 2.2 海洋系統 2.3 海流 2.4 水溫暖化 2.5 海平面 2.6 海水酸化 2.7 古海洋 2.8 未來推估 2.9 結語
第三章 年代際變化、氣候模態 與暖化停滯現象	許晃雄	3.1 前言 3.2 年代際變化 3.3 氣候遷移 3.4 氣候模態 3.5 暖化停滯 3.6 北極放大 3.7 結語
第四章 東亞與西北太平洋氣候 變異與變遷	洪志誠 鄒治華	4.1 前言 4.2 氣候特徵 4.3 古氣候 4.4 季風 4.5 熱帶氣旋 4.6 未來推估 4.7 結語
第五章 臺灣氣候觀測分析	盧孟明 洪致文	5.1 前言 5.2 資料與方法 5.3 長期變化趨勢 5.4 季節循環 5.5 極端天氣 5.6 颱風 5.7 大氣成分 5.8 臺灣周遭海域長期變化 5.9 結語
第六章 臺灣未來氣候變遷推估	陳正達 鄭兆尊	6.1 前言 6.2 氣候推估資料的區域化 6.3 臺灣未來氣溫推估 6.4 臺灣未來降雨推估 6.5 區域特定天氣與氣候現象 的未來推估 6.6 未來氣候推估資料使用說明指引 6.7 結語

5.5 通過 TAO 專刊申請，預計第三年度計畫結束前完成專刊出版

計畫執行以來研究成果豐碩，相關研究成果陸續發表至相關國內外期刊及研討會，然而，隨著資料服務的科研團隊數量的增加，學界對於 TCCIP 計畫的科研成果的引用殷切；一則為完整的、有系統的呈現 TCCIP 計畫科研成果，以及各領域應用 TCCIP 加值產製資料的應用成果，一則為對國際展現臺灣對於氣候推估資料產製、加值與應用的實力與能力，本計畫年度以“Climate Changes and Their Impacts in Taiwan”為題，向地球科學叢刊 (TAO) 專刊 (Special Issue)，今 (104) 年 1 月通過申請，隨即對外徵求稿件，投稿截止日為 104 年 5 月 31 日，預計於 105 年 4 月完成專刊出版，具體呈現本計劃近幾年之研究成果，並突顯本研究團隊之具體學術成績。目前 TCCIP 團隊有意願投稿的文章約 22 篇，預計於 5 月上旬會陸續完成投稿程序。

第六章 國際學術交流

為促進 TCCIP 計畫研究人員與國際氣候變遷研究社群交流，以跟進國際最新研究課題，並拓展可能的國際合作機會，本期計畫持續進行國際學術交流的工作，主要有三項主要工作，分別為：持續進行氣候資料交換（日本）、舉辦國際研討會（國外學者來臺交流）、執行短期移地研究工作（英國）。工作內容與成果分述如下三小節：

6.1 持續進行氣候資料交換（日本）

本期計畫與日本 SOUSEI 計畫在氣候資料交換的合作項目與執行狀況，共有以下五點：

- 日本氣象研究中心（MRI）提供給 TCCIP 計畫 20 公里解析度 MRI-AGCM3.2S 現在及 21 世紀末時期各 25 年的氣候推估資料，以進行 5 公里解析度動力降尺度。兩個時期降尺度資料皆已在 TCCIP 計畫第 2 年度完成。
- 進行 MRI-AGCM 以及 HiRAM 兩個高解析度 AGCM 模式比較的工作。
 - MRI 提供現在及 21 世紀末各 25 年海溫及海冰推估資料以及相關技術，資料轉給科技部 CCLICS 計畫進行 23 公里解析度 HiRAM 模式的全球氣候推估。HiRAM 的推估資料再提供給 TCCIP 進行 5 公里解析度的動力降尺度。
 - 邀請 SOUSEI 成員參加 2015 年 1 月在台北中研院舉辦的高解析度氣候推估國際研討會。
 - MRI 與中研院雙方交換 MRI-AGCM 以及 HiRAM 氣候推估資料，進行模式表現的比較研究。目前提供資料以壓力層的日資料為主。
- 共同在 2014 AOGS 年會提案，舉辦氣候推估降尺度以及台日韓氣候變遷衝擊評估兩個議程。
- SOUSEI-D 邀請 TCCIP 計畫主持人參加 SOUSEI 在 11 月橫濱舉行的年會議。
- 拜訪 DPRI 與 SOUSEI-D 的研究人員進行學術交流。

6.2 舉辦國際研討會（國外學者來臺交流）

本期計畫於 2015 年 1 月召開「2015 氣候變遷國際研討會—高解析度氣候模擬、推估與應用（Workshop on High-resolution Climate Simulation, Projection, and Application）」，本次研討會以 Team 1 及 Team 2 的「高解析度氣候模式資料」為主題，分別規劃「高解析度全球氣候模式的發展」、「全球氣候模式推估：季風、熱帶氣旋與極端事件」及「氣候資料應用與衝擊研究」等三個議題進行討論與分享。

第六章 國際學術交流

依據上述之主題與議題，本次會議由 TCCIP 計畫、科技部的另一項氣候變遷優勢領域計畫「氣候變遷研究聯盟 (CCliCS)」，以及中研院「氣候變遷與都市發展/土地利用研究」計畫，三項計畫共同合作舉辦。為了促進國內學者與國外學者的學術交流，本次會議邀請目前世界主要開發並產製高解析度氣候模式國家的學者來臺（例如：美國、日本、英國、澳洲、中國等），讓我國的學者有機會與這些頂尖學者交流互動，藉此了解世界主要氣候變遷研究社群，以及重要研究課題，主要講者與其講題如表 6.1。除了國外的講者 12 位之外，其他參與者包括 TCCIP 暨 CCliCS 計畫內研究人員約 50 位，以及來自氣象局、研究單位（中研院、國研院颱洪中心及國網中心等）、學校（臺灣大學、臺灣師範大學、中央大學等）及民間單位非計畫人員 78 位，本次會議總參與人數約 140 位。

表 6.1 2015 國際研討會講者與其講題

議題	講者姓名	國籍/單位	講題
議題一：高解析度氣候模式資料 (High Resolution GCM Development)	Akio Kitoh	日本/筑波大學	High-resolution modeling under the Program for Risk Information on Climate Change (SOUSEI Program)
	Masaki Satoh	日本/東京大學	A 20-year climatology of a NICAM AMIP-type simulation
	Malcolm Roberts	英國/氣象局 Met Office	Global modelling of climate processes at high resolution – from one model towards multi-model
	Jack Katzfey	澳洲/科學與工業研究組織(CSIRO)	High-resolution climate projections for SE Asia: Downscaling of 6 GCMs and two RCPs
	Shain-Jiann Lin	美國/國家海洋大氣管理局(NOAA)	Recent advances in high resolution weather-climate modeling at GFDL
議題二：全球氣候模式推估：季風、熱帶氣旋與極端事件 (Climate Projection of GCM: Monsoon / Tropical Cyclone / Extreme events / Others)	Kevin Reed	美國/大氣研究中心(NCAR)	High-resolution CAM5 simulations of current and future climate
	Izuru Takayabu	日本/氣象研究中心(MRI)	Skillful scale of high resolution models
	吳奇樺	台灣/中央研究院環境變遷研究中心/CCliCS	Monsoon simulation in GFDL HiRAM
	Masato Sugi	日本/氣象研究中心(MRI)	Comparison of tropical cyclones simulated by high-resolution MRI-AGCM and NICAM
	Ming Zhao	美國/國家海洋大氣管理局(NOAA)	Global modeling of tropical cyclone activities and response to global warming using 50-km resolution GFDL HIRAM
	陳正達	台灣/國立師範大學海洋環境科技研究所/TCCIP	Tropical cyclones simulated by very high resolution global climate models

議題	講者姓名	國籍/單位	講題
	許晃雄	台灣/中央研究院環境變遷研究中心/CCLICS	Tropical cyclones and extreme precipitation in GFDL HIRAM
	Bo-wen Shen	美國/聖地牙哥州立大學	Short-term climate simulations of African easterly waves with a global mesoscale model
	Bao Qing 包慶	中國/中國科學院大氣物理研究所	Development of High-Resolution AGCM in LASG/IAP
議題三：氣候資料應用與衝擊研究 (Application of GCM data: Climate Change Impact Assessment)	Kenji Tanaka	日本/防災研究所 (DPRI)	Impact of climate change on water resources
	林傳堯	台灣/中央研究院環境變遷研究中心	Urban climate simulation using GFDL HiRAM
	林李耀	台灣/國家災害防救科技中心/TCCIP	Brief Introduction to TCCIP
	鄭兆尊	台灣/國家災害防救科技中心/TCCIP	Dynamical downscaling using high-resolution AGCM projection data over Taiwan area
	李欣輯	台灣/國家災害防救科技中心/TCCIP	Flood Impact Assessment of Climate Change on Zhengwen River basin

為期兩天的國際研討會順利進行並圓滿完成，前面一天半的會議著重於每位講者的專題報告，第二天下午則進行深度討論，日本及英國的講者在資料分享上積極鼓勵多方參與並找尋國際夥伴，並肯定臺灣科技部在提供這樣國際交流機會上的努力，活動剪影請見圖 6.1，會議相關資料請見附錄。總結以上，本次會議達到以下三點成果：

☒ 了解國際趨勢，建立夥伴關係

從 CMIP3 到 CMIP5，氣候模式的解析度不斷提高已經是國際趨勢，台灣雖然尚未具備模式開發能力，但是，透過與美、日、英、澳等世界頂尖模式開發國家的交流，預期可提供國內氣候變遷研究社群最新資訊以及高解析度模式使用經驗。

☒ 參與國際合作，取得更多模式資料

除了深化與美國、日本既有的合作關係，也藉此開拓與英國、澳洲後續合作的可能性，期待藉由參與國際合作計畫 (HiResMip/CMIP6) 取得更多不同國家的氣候模式資料，增進國內氣候推估資料完整性。

☒ 邊際效益—台澳合作、台英合作

本次研討會結束後，另安排澳洲國家研究單位 CSIRO 研究員 Jack Katzfey 至國家災害防救科技中心與 TCCIP 計畫團隊交流，更針對數項合作議題深入討論，未來雙邊可能的合作機會有：雙邊學者交換、資料交換、氣候變遷調適政策研究及氣候變遷資料服務經驗交換等。

第六章 國際學術交流

此外，更因本次國際研討會英國氣象局人員的參與，本計畫於同年3月更安排英國移地研究，前往氣象局深入了解。



圖 6.1 2015 國際研討會活動剪影：研討會場內情形（上圖）、研討會講者大合照（下圖）

6.3 執行短期移地研究工作（英國）

為促進臺灣氣候變遷科學研究計畫與國際接軌、增進研究人員之國際交流，以及拓展潛在的國際合作對象，暨 2014 年的澳洲行之後，本期計畫於 2015 年 3 月率團前往英國進行移地研究（七天），實地探訪英國進行氣候變遷相關計畫的研究單位，主要目的為了解其國家氣候變遷計畫內容、營運情形，以及衝擊研究與調適應用現況，並同時介紹臺灣氣候變遷相關科學研究情形，加強科研意見交換，並建立未來可能的合作機會。此行預計拜訪英國四個主要從事氣候變遷之國家型計畫相關國家機構，分別為 UKCIP(UK Climate Impacts Programme)、Uni. Of Exeter 與 CORFU 計畫（Collaborative research on flood resilience in urban areas）、MET Office，以及 Grantham Institute of Imperial College。除了四所英國氣候變遷機構之外，本次行程更彈性安排一些英國學者的個別拜訪與交流，以及泰晤士河防潮閘的參觀（表 6.2）。

表 6.2 2015 年英國短期移地研究行程

日期	工作紀要	上午	下午	晚間
2015/3/1 Day 1	去程	3/1 09:10 - 3/1 19:10 (BR067) Transit at Bangkok Travel from London to Oxford (1.5hr)		Hotel in Oxford
2015/3/2 Day 2	UKCIP	UKCIP	Oxford Scholars meetings Travel from Oxford to Exeter (3.5hr)	Hotel in Exeter
2015/3/3 Day 3	Uni of Exeter & CORFU	Uni of Exeter & CORFU	Uni of Exeter & MET Office Flood Forecast Center	Hotel in Exeter
2015/3/4 Day 4	MET Office	MET Office	MET Office Travel from Exeter to London (3.5hr)	Hotel in London
2015/3/5 Day 5	Grantham Institute	Imperial College, Grantham Institute		Hotel in London
2015/3/6 Day 6	Thames Barrier/ 回程	Thames Barrier Information Centre	3/6 21:20 - 3/7 21:45 (BR068) Transit at Bangkok	Hotel in London
2015/3/7 Day 7	回程	3/6 21:20 - 3/7 21:45 (BR068) Transit at Bangkok		Sweet Home

本次短期移地研究參與成員皆為我國執行氣候變遷相關計畫之研究人員，10 名團員來自國內七個機關單位，除了 TCCIP 計畫之成員之外，更有其他兩支科技部氣候變遷主軸計畫研究人員的參與（CCliCS 計畫、TaiCCAT 計畫）。在行前準備事項上，由 TCCIP 計畫 Team4 協助各項行前事務之準備，及相關行政庶務安排（包含：行前會議召開、細部行程規劃、公文與請購等行政事務執行、拜訪對象聯繫、討論內容設定、航班、內陸交通、住宿等庶務安排、文宣品之設計與印製、資料彙整與提供等）。

第六章 國際學術交流

此次行程成果豐碩，除了了解英國 Met Office 豐富的氣候變遷研究之外，由數個機構的計畫可以觀察到，英國的氣候科學已經逐漸朝向「滿足使用者需求」、「服務導向」的方向發展，此「天氣/氣候服務 (Weather/Climate Service)」旨在提供能輔助決策者或政府制定政策的氣候資訊，也因如此，此次的機構都強調後端的調適政策研擬及中端的知識轉譯與分享，這也是我國的氣候變遷科學研究未來可以加強的部分。本次出國心得報告詳見附錄。

第七章 第三年度工作規劃

第三年度為 TCCIP 第二期計畫 (TCCIP-II) 最後一年，工作重點將呈現第二期工作的整體成果與預期達成目標。包含：

- 氣候現象評估量表 (Phenomenon Metrics) 與模式表現量表 (Performance Metrics) 的方法建置與應用，尤其應用於特定應用對象的多模式選擇與不確定性降低評估。
- 高解析度動力模式降尺度多模式、多情境的應用以及結果比較。
- 氣候變遷資料於災害、水資源、公衛、農業的應用技術發展。
- 氣候變遷資訊平台服務以及第二版科學報告出版。
- 第二期計畫的擴大成果發表會。

以下是各分組第三年工作的執行規畫：

7.1 Team1 臺灣地區氣候變遷觀測與模式資料分析

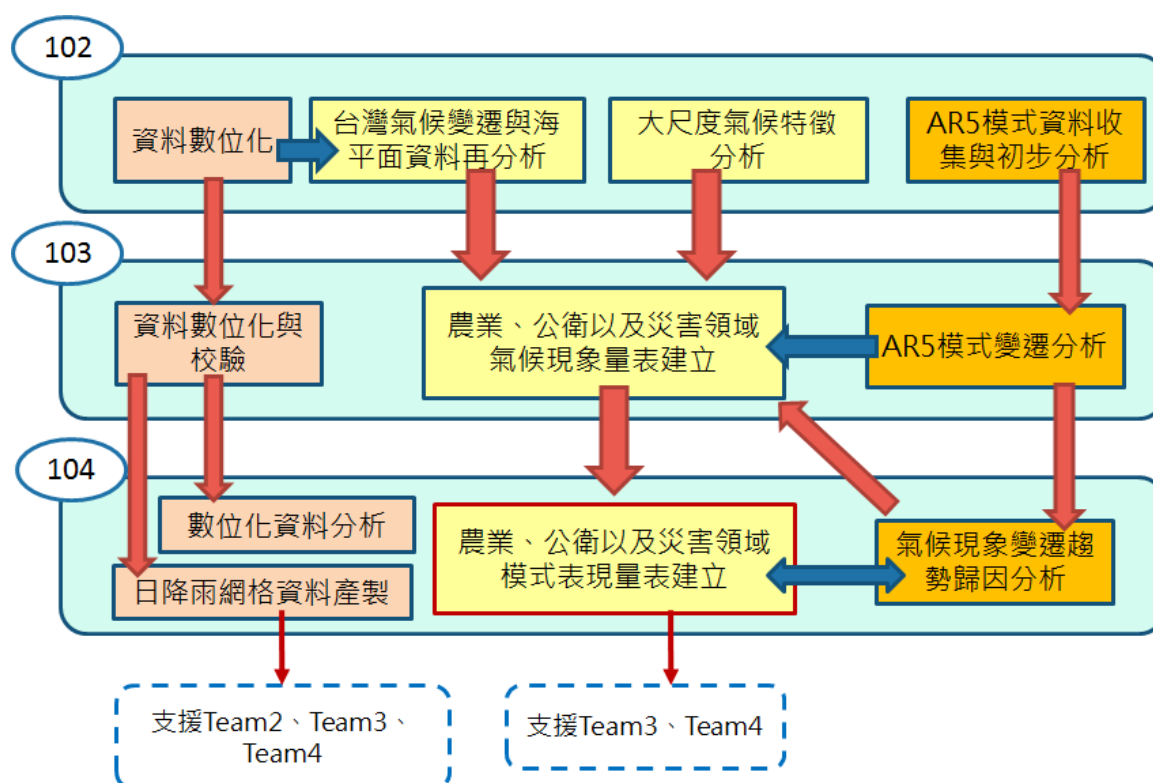


圖 7.1 Team1 三年重點工作關聯圖

第七章 第三年度工作規劃

如圖 7.1 所示，本計畫 Team1 前二年的主要工作為數位資料庫建置與驗證、台灣氣候變遷趨勢再分析、海平面趨勢分析以及氣候現象量表之建立，其中氣候現象量表 (Performance Metrics) 為針對 Team3 農業、公共衛生與災害等領域等特定議題所製作，如寒潮、高溫、熱浪、春季乾旱、極端降雨等。協助不同議題，率定可能造成影響的氣候變數、時間與範圍，相關工作已於第二年完成。第三年將從氣候現象量表出發，評估 AR5 氣候模式對於量表的掌握能力，建立各議題的模式表現量表，提供 Team3 以及外界申請 TCCIP 統計降尺度資料之使用者，模式使用上之參考依據。完成後之氣候表現量表將以類似圖 7.2 之方式呈現。圖 7.2 中橫軸為評估模式表現氣候因子，縱軸為 AR5 模式，欄位數字部分則為模式於特定評估氣象因子之表現得分。並且分析基期與世紀末的氣候變遷趨勢，並就變遷趨勢進行歸因探討。

另外，有鑑於極端降雨對台灣所造成的衝擊以及國內氣候變遷研究對日資料的需求，Team1 將於第三年利用前二年所建置之長期測站資料，發展日雨量網格化技術，產製 5 公里空間解析度之台灣長期日降雨歷史網格資料。

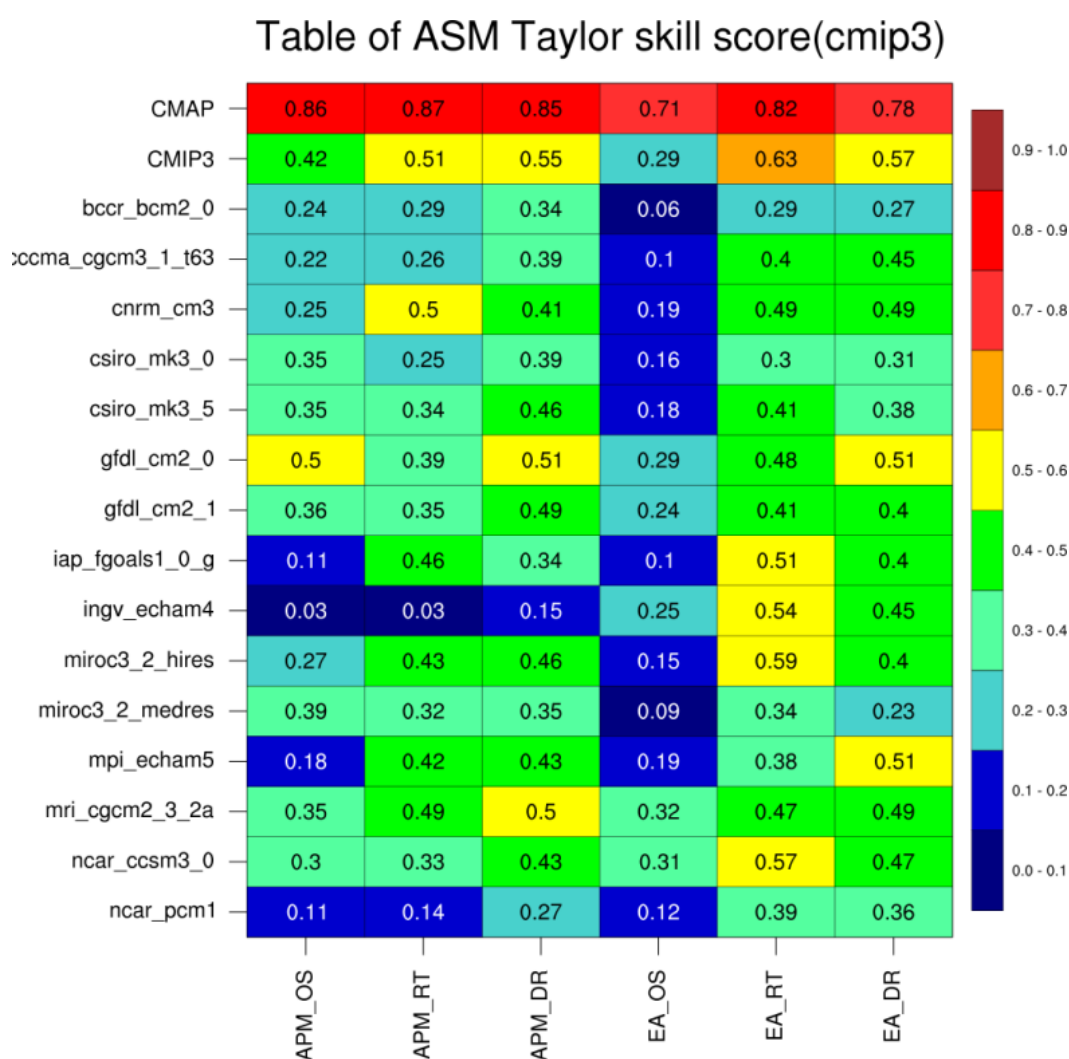


圖 7.2 氣候表現量表示意圖

※ 氣候現象評估量表 (Phenomenon Metrics)

☐ 特定議題變遷趨勢之歸因分析

延續與 Team3 共同討論所擬定之特定議題，進行氣候變遷趨勢分析，透過基期、近未來與世紀末的氣候特徵比較，了解不同情境間的變化特性，分析未來可能之變遷趨勢，並進一步進行歸因探討，提高特定議題探討的完整度。

※ 模式表現評估量表 (Performance Metrics)

☐ Performance Metrics 建立

建立評估 AR5 氣候模式模擬表現之評估流程與技術得分，以氣候現象量表之議題為基礎，評估氣候模式於該些議題之掌握能力並繪製成表。

※ 強化臺灣地區氣候變遷資料之建置與現象再分析

☐ 台灣長期日降雨歷史網格資料庫建置

因應外界對日降雨網格資料的需求，第三年將加入新增之數位化測站資料，提高原始資料品質，發展日資料網格化技術，產製第二版的 5 公里空間解析度之台灣長期日降雨歷史網格資料，以提供外界使用。

☐ 數位化資料分析

過去所建置完成之龐大數位化資料庫，涵蓋各領域所需之種氣象變數，為因應既有研究領域規劃(如農糧、公衛、災害)，並考量其他領域需求(如能源產業、關鍵基礎設施、生態等)，Team1 將進行多種長期觀測氣象變數之分析，例如輻射資料之分析、相對溼度之變遷分析以及風場資料等，此外，海岸災害及農業議題相關之海平面變遷趨勢以及溫度均一化等工作，亦將持續進行。

Team1 第三年整體預期有三，其一為完成 IPCC AR5 氣候模式對於台灣農業、公衛以及災害領域中特定議題之掌握能力評估，並且以圖表方式呈現，提供 Team3 以及外界使用 AR5 模式統計降尺度資料時之參考。再者為發展日降雨網格化技術，完成台灣長期歷史日降雨網格資料庫建置。最後則是完成特定議題之歸因分析以及符合不同領域需求之氣象變數歷史變遷分析。

7.2 Team2 氣候變遷降尺度推估技術發展與資料產製

Team2 前二年的工作成果如圖 7.3，主要工作為統計降尺度與動力降尺度資料產製及技術研發，在動力降尺度方面，將陸續完成未來時期之模擬，並針對颱風進行偵測分析以及進行 PGW 歷史颱風模擬，亦將探討降尺度資料於季節降雨與極端事件變遷，支援 Team1 之氣候現象評估量表之工作。

TEAM2工作進展及第三年規劃

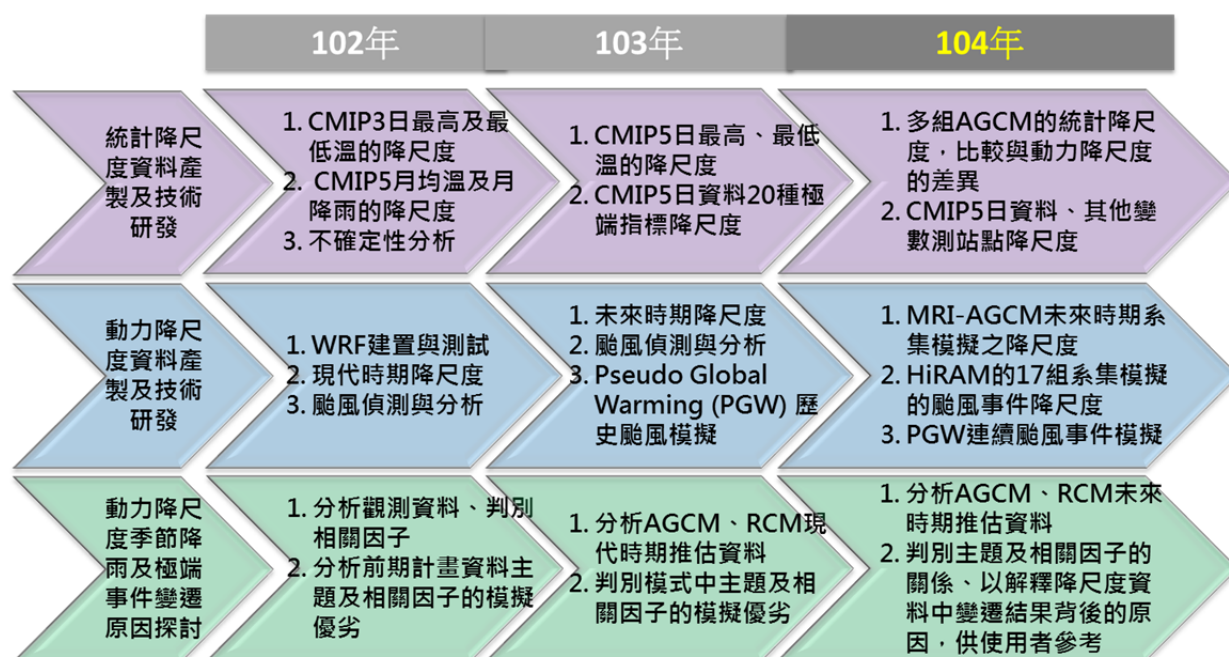


圖 7.3 Team2 三年重點工作關聯圖

※ 統計降尺度資料產製與技術研發

□ 完成 AGCM 資料統計降尺度資料產製

第三年將針對高解析度 AGCM 的推估資料進行統計降尺度，結果可與動力降尺度的結果比較，來評判動力降尺度究竟多增加了那些價值。除了進行月平均資料的降尺度，因為高解析度 AGCM 本身蘊含極端事件並可提供日資料，可一步進行極端指標的統計降尺度，這是個新的嘗試，結果的優劣值得進一步探討。倘若統計降尺度結果可以某種程度來替代動力降尺度，未來將可考慮推廣使用到 50~60 公里解析度的 AGCM 系集模擬，來解決單一模式單一情境無法評估不確定性的困擾。

□ 進行新增氣象變數統計降尺度

因為有越來越多的需求是降水及溫度之外的變數的變遷趨勢，所以在這嘗試使用溫度、降雨之外的氣象變數(例如風場、相對溼度及輻射)資料進行統計降尺度，受限於觀測資料，第三年將針對測站上的觀測，進行機率密度分布變化的計算。

※ 動力降尺度資料產製與技術研發

□ 延伸現在時期 5 公里動力降尺度資料產製至 2005 年

因應 IPCC AR5 基期調整，HIRAM 及 MRI-AGCM 的動力降尺度亦隨之作此展延。

□ 完成 3 組 21 世紀末不同 SST MRI-AGCM 的 5 公里動力降尺度資料產製

為了稍微評估一下 AGCM 氣候推估的不確定性，日本 MRI 將 AR5 模式中未來海溫的變化分為三類，針對這三類不同海溫的變化個別進行氣候模擬。我們亦取回此資料，進行動力降尺度以了解台灣地區氣候變遷的其他幾種可能，分析其相似性及歧異程度。

□ 完成 17 組 HIRAM 系集模擬中所有颱風事件動力降尺度資料產製

因為颱風變遷的推估是台灣地區災害衝擊研究者亟欲取得的資料，然而這部分的推估結果的不確定性太大，在應用上仍有很大的困難。雖說高解析度模可以直接模擬出颱風，但是單一模式小區域的結果，侵台颱風樣本數目不夠、路徑的不確定性太高，以現有能力無法對未來颱風變遷做出確切全面性的結論。為此透過與 CCLiCS 計畫的合作，CCLiCS 將進行 50 公里解析度 HIRAM 的 17 組系集氣候模擬 (4 組不同初始場現在時期加上 13 組 21 世紀末不同海溫、不同初始場設定)，Team2 將針對這 17 組系集模擬，挑出所有的侵台颱風進行動力降尺度。預計會有 17 組的颱風路徑的氣候值來讓 Team1 研究颱風路徑的變遷，如此一來在現在及世紀末大概皆會有 500 場左右的侵台颱風可供分析。完成後將會是一組較豐富的資料庫，除了可供 Team1 分析颱風路徑變遷、供 Team2 分析颱風降雨在未來的變化、供 Team3 進行衝擊研究，也可提供 Team4 做資訊服務。

□ 完成 2008 三場颱風事件 PGW 模擬實驗

因應 Team3 的需求，研究連續事件造成在暖化環境下長延時降雨的衝擊，而有此工作項目。將挑選 2008 年 9 月 10 日至 30 日期間，辛樂克、哈格比以及薔蜜颱風連續侵襲台灣當作模擬對象，使用 NCEP-CFSR 資料及 WRF 模式進行現在時期的動力降尺度，之後疊加上 MRI-AGCM 模擬出此事件在 21 世紀末的環流差異進行 PGW 的系集模擬。模擬後的結果將提供給 Team3 進行衝擊研究。

※ 動力降尺度季節降雨及極端事件變遷原因探討

□ 完成動力降尺度推估資料中研究主題相關因子的模擬結果評估

特定主題變遷原因的探討研究在過去已經完成觀測資料分析與研究主題相關之因子判別(以春雨這主題而言，相關因子為鋒面、低層暖溼西南風...等，以夏季午後陣雨而言，相關因子為大氣穩定度、太平洋高壓脊位置、海陸風環流...等)，並試著在 AGCM 中找到這些相關因子，以評估 AGCM 模擬這些相關因子的能力。最後一年要分析 AGCM 所模擬出這些相關因子的面貌、與 AGCM 中研究主題的相關性如何，並比較這相關因子最未來變遷與研究主題變遷的關聯性、並解釋造成變遷背後的物理機制。這部分的研究成果可以做為資料使用者選擇使用哪一組推估資料的依據。

7.3 Team3 氣候變遷資料應用技術發展與研究

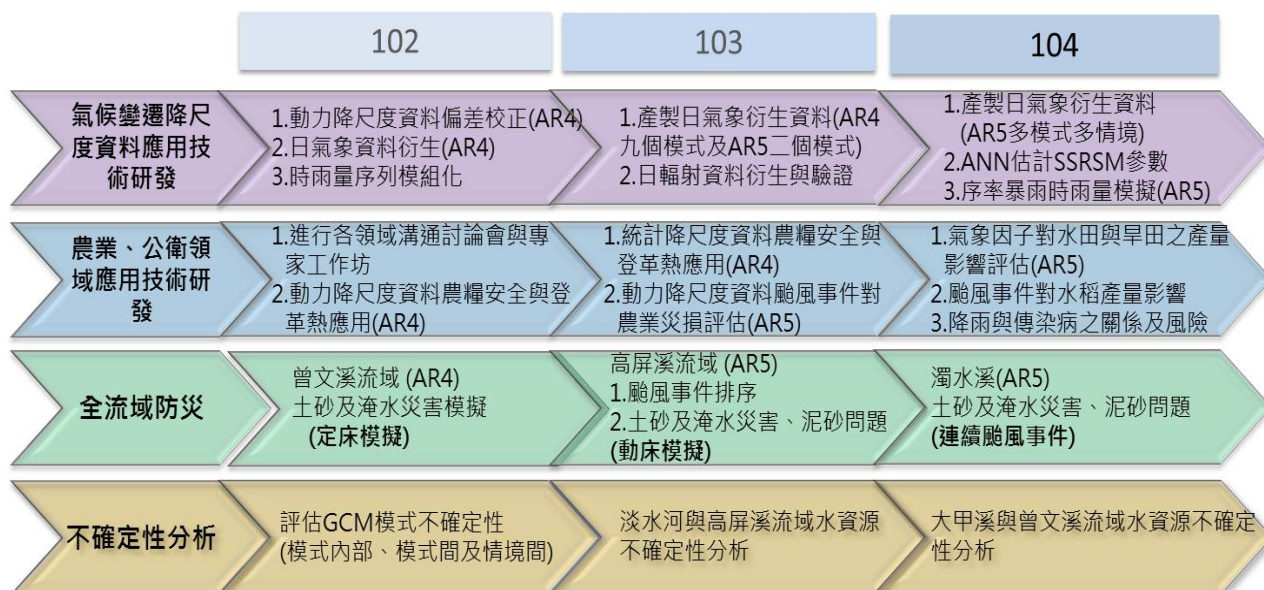


圖 7.4 Team3 工作進展與第三年規劃

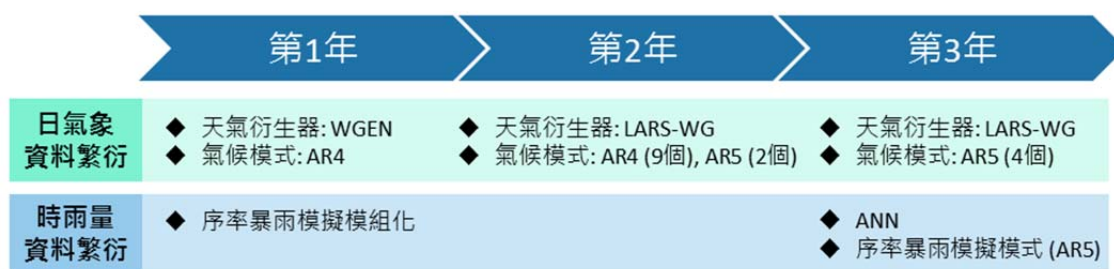
如圖 7.4 所示，本計畫 Team3 前二年的主要工作為氣象資料衍生與模式資料之偏差校正 (AR4 以及 AR5)、農業與公衛領域之 AR4 與 AR5 資料初步應用、全流域防災之曾文與高屏溪模擬。其中重點工作為符合各領域之需求，產製氣象衍生資料、進行模式偏差校正、颱風降雨排序、以及不確定相關分析。各領域 AR4 資料以及 AR5 資料之初步應用分析，均於第二年完成。第三年為符合各領域之需求，將從產製多模式、多情境氣象衍生資料開始，據以完成各領域 AR5 多模式、多情境影響。另外，並與 Team2 合作，選擇以 2008 年辛樂克、哈格比及薔蜜連續颱風當作模擬對象，進行 PGW 的系集模擬實驗，進行相關影響研究評估。

※ 氣候變遷降尺度資料應用技術研發

- 因應農業、公衛與能源領域之求，以天氣衍生器繁衍 AR5 未來情境下的日氣象資料
- 因應淹水模擬之需求，以序率暴雨模擬模式繁衍 AR5 未來情境下的時雨量資料農業、公衛相關領域資料應用技術研發

前兩年計畫產製的未來情境日氣象資料大多屬 AR4 模式，AR5 僅有 ensemble 和 GFDL-CM3 兩個模式。第三年計畫預計產製 4 個 RCP 情境 AR5 模式之日氣象資料：以 LARS-WG 繁衍日最高溫、日最低溫和日雨量等變數，再以統計迴歸的方式推估對應之日輻射量。此外，亦將使用序率暴雨模擬模式產製時雨量資料，其中模式所需參數由類神經網路推估。預計產出 4 個 RCP 情境 AR5 模式之日氣象資料，並提供給更多領域應用；另外時雨量資料可提供全流域防災模擬使用。

(a) 氣象資料衍生



(b) 全流域防災

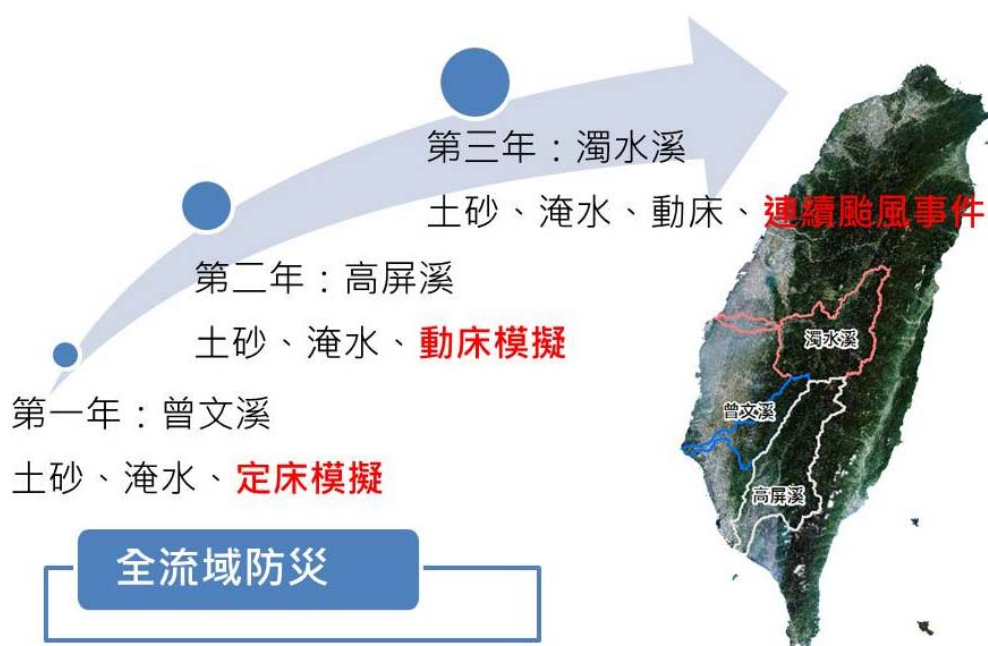


圖 7.5 Team3 三年重點工作關聯圖

✿ 農業、公衛相關領域資料應用技術研發

□ 氣候變遷對台灣糧食作物生產之影響評估

為因應氣候變遷提升國內農業生產調適能力，本計劃以我國主要糧食作物之水稻（水田）與玉米（旱田）進行未來產量評估，以了解氣候變遷對國內作物產量之影響。應用 AR5 統計降尺度資料，包含四種情境 RCP 2.6、RCP 4.5、RCP 6.0 以及 RCP 8.5，數個 GCM 模式，利用多情境及多模式的氣候資料進行評估，並且在考慮二氧化碳效應下，模擬未來台灣糧食作物產量之變化趨勢。本研究主要著重於氣象因子對作物生產量之影響，包括溫度、雨量以及日射量，因此，以日最高溫、日最低溫、日降雨量以及日射量之全年逐日氣象資料，結合 DSSAT 作物模式評估其產量，探討於不同氣候情境下，相較於基期氣候條件對作物產量造成的影響。建立旱田(玉米)產量推估所需作物參數，並進行未來台灣地區玉米產量推估。

第七章 第三年度工作規劃

預計以盒鬚圖與 GIS 面化圖方式呈現糧食作物產量之時間與空間變化趨勢。於氣象因子之分析中，以折線圖與 GIS 面化圖解釋產量平均變化趨勢及各糧食作物產區產量差異情況。

☐ 氣候變遷下颱風事件對於臺灣水稻農業受損比率探討

依據過去兩年以颱風歷史觀測事件所建立的水稻農損經驗模式，利用 Team2 在第三年計畫工作項目所產製最新的颱風事件資料進行農損模擬，並針對資料以農業領域應用的觀點進行分析與討論。

預期可分析以氣候變遷下的情境探討颱風事件對水稻生產的影響，並評估研究團隊產製之情境模擬資料在農業應用上的可行性。

☐ 降雨趨勢與相關傳染病之關係及風險

建立疾病資料庫：桿菌性痢疾(第二類)、類鼻疽(第四類)、日本腦炎(第三類)、鉤端螺旋體病(第四類)、恙蟲病(第四類)。以及建立淹水資訊：區域、持續時間、深度。並經由模式分析後，預計可了解極端降雨事件對特定地區疾病流行風險的影響。

※ 全流域防災影響評估整合方法建立-以濁水溪為例

全流域防災可概分為極端事件之坡地災害影響評估、河道輸砂模擬及下游淹水模擬等 3 部分。氣候變遷條件為利用 CMIP5 氣候模式中溫室氣體排放 RCP8.5 模式進行以下模擬。

☐ 極端事件之坡地災害影響評估

☐ 極端事件之河道輸砂模擬

☐ 極端事件之下游淹水模擬

主要利用 TRIGRS 及 FLO-2D 進行崩塌及土石流災害影響模擬。崩塌部分，今年以小集水區取代以往地質分類劃分之參數區分，以建立更符合現況的崩塌潛勢分布。土石流模擬部分，將利用集水區降雨逕流模擬取代以往之設計雨型作為入流邊界條件。並根據現地調查結果與文獻回顧方式進行驗證。最後利用不同颱風事件之雨量條件進行模擬，分析崩塌和土石流從基期與世紀末之災害影響變動趨勢；利用 CCHE2D 進行濁水溪彰雲大橋至龍神橋間之輸砂模擬。模擬重點將特別著重於集集攔河堰淤砂、攔河堰下游軟岩沖刷及河灣處之岸壁淘刷等問題。並利用連續颱風事件模擬未來氣候條件下之泥砂運動情形；利用 FVCOM 進濁水溪過彰雲大橋後進入平原區之淹水模擬。了解濁水溪下游溝圳等系統在氣候變遷條件下之排水能力，並針對易淹地區進行問題分析及探討。

預期可探討，以事件造成之土砂量和崩塌分布及土石流影響範圍規模，評估災害衝擊的大小。另外，透過多場事件之模擬，了解災害影響之變動；透過連續颱風事件之模擬，了解濁水溪河床變動對河道兩岸防洪等相關設施之影響；瞭解濁水溪下游溢淹地區問題及改善方式。如以全臺重要流域觀點而言，本研究目前已完成高屏溪及曾文溪流域，

下年度著手進行濁水溪流域之模擬，故尚須補足大甲溪與淡水河極端災害模擬評估，以完成全臺重要流域極端災害模擬之資料庫。

※ 資料應用之不確定性分析技術發展-以水資源流量為例

應用 AR5 統計降尺度與動力降尺度資料，於大甲溪與曾文溪流域，並利用不同天氣合成模式 (LARS-WG 與 WG)，產製之日降雨與日溫度資料評估流量衝擊，以分析採用不同降尺度、不同情境下、與不同天氣合成模式之不確定性。預期可獲得以盒鬚圖與累積機率分佈圖方式呈現流量衝擊不確定性。

Team3 第三年整體預期有四，第一為符合各領域對日以及時氣象衍生資料之需求，陸續完成 IPCC AR5 多模式、多情境、多氣象變數之衍生；第二為公衛與農業領域使用 AR5 統計降尺度資料進行各領域氣候變遷影響分析；第三為全流域防災特別針對 AR5 動力降尺度之時雨量偏差校正、颱風大小排序、PGW(pseudo global warming)試驗進行濁水溪流域模擬；最後則是完成大甲溪與曾文溪流域之流量影響不確定性分析，預計可探討不同降尺度、不同情境下、與不同天氣合成模式之不確定性。

7.4 Team4 氣候資料服務與推廣應用

TCCIP 計畫推動的重點在系統性整合氣候變遷之資料、技術、知識與服務，因此在氣候變遷資料服務與推廣應用層面上的主要工作目標為建構資料服務平台，供資料產製者、應用技術開發者、資料需求者以及相關領域之衝擊評估與決策者在此平台上進行氣候變遷資料 (Data) / 資訊 (Information) / 知識 (Knowledge) 的溝通 (Communication) 與服務 (Service) (圖 7.6)。另外，TCCIP 計畫透過與外國國家級氣候變遷研究單位或大型計劃的交流，提升資料/資訊服務的品質，並提供規劃 TCCIP 計畫未來方向的參考。承接前二年度之工作，以新版之資料申請平台提供氣候變遷資料，並將第二期資訊平台上線。為讓使用者更了解資料特性，亦將產製更多資料生產履歷，並積極辦理資料說明會、國際研討會與專家座談/工作坊等，並將持續氣候變遷知識轉譯與服務等工作。

※ 科學社群溝通與服務

□ 強化資料提供及溝通，完成資料申請自動化、完成資料生產履歷

資料申請平台持續運作中，對於資料申請者的需求也更了解，針對目前申請流程，使用者也有一定的配合度，使用者多半已了解自身需求，針對其所需的資料進行申請，唯現在因氣候變遷研究為大眾所重視，許多資料可能需進一步的客製化完成，針對此特殊需求的使用者進行了解及溝通，也初步可解決使用者對於申請資料的使用方式有更進一步的了解，目前網頁上已放上資料生產履歷第一版，目前持續修正中，將訂定生產履歷標準、品管、製作規範等一系列說明文件供使用者參考，讓使用者能正確且時效內使用申請資料，也為將來 OPEN DATA 做準備。

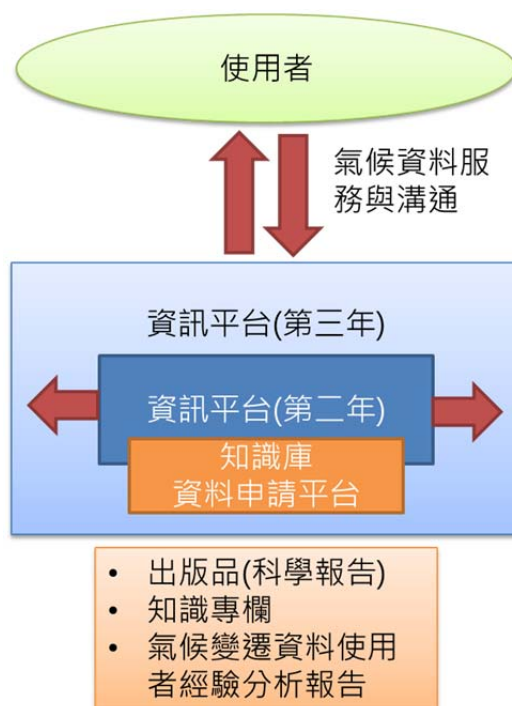


圖 7.6 Team4 三年重點工作關聯圖

□ 舉辦國際研討會、計畫成果發表會、專家座談會、資料應用說明會與問卷調查

國際研討會於每年底計畫均會舉行國際研討會，就各 TEAM 研究成果進行交流，下年度將是本期計畫的重點，預計將以 conference 的方式辦理，除維持與日方的合作之外，也提供各國了解國內外的氣候變遷研究進展，邀請氣候變遷相關領域學者進行研究分享，有助於計畫人員了解國際在氣候變遷資料的應用及需求。

另外由於計畫在推廣這塊需再進一步做努力，下年度更規劃與使用者訪談，藉由面對面的溝通，了解使用者的需求並將其問題作分析，將計畫可能的資料服務做擴大提供的努力，不只是氣候變遷，更將擴及跨領域的應用，將使用者的訪談記錄分析後，彙整「氣候變遷資料使用者經驗分析報告」，提供計畫團隊參考，除現有資料的提供外，讓計畫的產出更能有增值應用的可能。

✻資訊平台

□ 完成第二期資訊平台建置及擴充(中、英文版)

目前將平台改版中，預計將於五月底正式上線，除介面修正更簡單明瞭，第二期資訊平台設計將配合「資料、知識、資訊」三主題，以提供更多氣候變遷知識的需求，依照原本第一版資料的展示占 60%、知識 30%及資訊 10%之架構完成第二期資訊平台，知識及資訊是第一期網站沒有提供的，而多方面的氣候變遷知識是未來計畫將積極推廣的主題，待網站更新完畢後，未來在更進一步將網頁英文化，除了讓國際合作對象隊本計畫能有進一步的了解，更可以將台灣對於氣候變遷的研究推向國際。

※ 科學報告

□ 出版第二期台灣氣候變遷科學報告 (中、英文版)

第二版科學報告第一冊著重氣候變遷的物理現象與機制等科學面向，本年度已完成本文的草稿修訂；預計第三年度期中報告前可完成中文版編審修訂，提交科技部；並著手科學報告第一冊的精簡版英譯本。

規劃於審訂程序完成後安排科學報告發表會，引導科學家、決策者及一般民眾解讀科學數據中的資訊。

※ 氣候變遷知識轉譯與服務

□ 轉譯計畫重要成果及其他氣候變遷資訊、製作推廣出版品

第三年主要目標是將 TEAM1-TEAM3 的重要研發成果轉譯成深入簡出的主題式科普文章，一方面釐清資料申請者對資料的使用疑問，一方面作為氣候變遷研究的紀錄與重點整理。這些重要成果摘錄文章也將製作成電子報，以雙月刊的方式供網站使用者訂閱。為配合知識平台網站的系列推廣活動，將進一步製作各種出版品如宣傳冊、知識平台介紹影片、資料申請簡介、科學報告第二冊重點摘錄、計畫成果重點介紹簡報等等，透過專業的設計製作專業簡潔的推廣出版品。

預期產出：以計畫各工作小組成果為主題的系列科普文章、計畫成果宣傳冊、知識平台介紹影片、科學報告第二冊重點摘錄

※ 建立第一版知識庫

將計畫第二期新增的氣候變遷知識轉譯成果做有系統的規劃整理，內容將包括長時間持續的撰寫所累積的數百篇氣候新聞、為非大氣專業資料使用者量身訂做的氣候變遷知識 FAQ、國際重要氣候報告摘要(如美國氣候評估報告、聯合國氣候相關報告、歐盟氣候報告等)。

目標為建立一個完整、豐富並具可讀性的氣候變遷知識庫，資料使用者可從每日氣候新聞中與世界同步更新氣候新知，並且藉由 FAQ 文章深度了解氣候科學，最後連結到國際重要報告理解國際趨勢。

Team4 在第 3 年工作規劃預期產出包含 3 大主題的知識庫__氣候新聞、氣候 FAQ、重要報告摘要，並且將這一系列知識轉譯的過程記錄成一份科學知識轉譯評估研究報告。