

## 氣候變遷下不同暖化情境差異比較

陳韻如<sup>1</sup>、林修立<sup>2</sup>、陳正達<sup>2</sup>、陳永明<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 國家災害防救科技中心 氣候變遷組

<sup>2</sup> 國立臺灣師範大學 地球科學系

---

---

### 摘要

IPCC 定期更新氣候變遷評估報告，做為推估未來氣候情境下氣候值之參考。對於資料使用的研究者與決策者，不易於短時間內重新評估與規劃未來可能遭受的氣候變遷衝擊與採取因應的調適措施。故新舊版的情境差異比較分析，便可提供情境資料的使用者，在全面重新進行氣候變遷衝擊評估前與滾動式修正調適路徑之參考。研究結果顯示，全台增溫幅度在 A1B 的情境下增溫量介於 RCP4.5 情境(每平方公尺的輻射強迫力增加了 4.5 瓦)與 RCP8.5 情境(每平方公尺的輻射強迫力增加了 8.5 瓦)之間。在降雨方面，A1B 情境的季節與年降雨變化率與 RCP8.5 類似，維持豐水期（夏秋）雨量增加、枯水期（冬春）減少的降雨變化趨勢，亦是豐越豐，枯越枯的氣候特性。根據流量衝擊的分析比較，近未來期間(2015~2039 年)，淡水河與曾文溪大

致上維持「豐增枯減」的特性，且 RCP8.5 情境下的流量衝擊較 A1B 情境更為嚴重。但高屏溪在 RCP8.5 的情境下，多數模式呈現枯水期流量增加趨勢，可能會造成流量及水資源管理的影響，未來在因應衝擊與調適方面需特別注意全年多雨的趨勢。

## 一、前言

氣候變遷衝擊評估研究過程中，多數都需大氣環流模式（General circulation model, GCM）所推估的未來氣候情境下氣候值，進行相關的衝擊評估研究。政府間氣候變化專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）提供各國利用 GCM 模式所推估的模擬之降雨與溫度資料，應用於各領域的氣候變遷衝擊評估調適策略擬定。IPCC 約六年更新一次氣候變遷衝擊評估報告，其情境資料也隨著 GCM 模式的演進，考量更完整的氣候系統的因子以及全球的大氣環境、減碳情形與社經環境變化，進而更新推估未來氣候情境下的氣候值。由於持續的更新氣候情境資料，會對於資料使用的研究者與決策者，不易於短時間內重新評估以及規劃未來可能因氣候變遷的衝擊而採取因應的調適措施。故新舊版的情境差異比較，可提供情境資料的使用者，在重新進行氣候變遷衝擊評估前與滾動式修正調適路徑之參考。

本研究針對 IPCC 的 2007 年第四次評估報告 (Fourth Assessment Report, AR4) 與 2013 年的第五次評估報告 (Fifth Assessment Report, AR5), 比較不同情境下的氣候值變化, 主要針對台灣地區的推估年的降雨與溫度資料比較差異。研究中採用的情境資料主要是利用科技部之臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫 (Taiwan Climate Change Projection and Information Platform, 簡稱 TCCIP) 經過統計降尺度後, 所得到的 5km 網格解析度的月降雨與月溫度資料, 進行 AR4 與 AR5 的情境比較。此外, 研究中亦將情境資料應用於評估台灣流域上游的豐枯水期流量衝擊。

研究中評估不同情境下, 全台網格平均在不同季節溫度與降雨變化趨勢, 以瞭解氣候變遷各情境下可能的氣候值變化範圍; 並比較使用者較常採用的多模式系集平均 (Multi-model ensemble mean) 與假設最劣情境 (Worst case) 於新舊版本中各月降雨改變率的差異, 最後則是利用水文模式模擬在各情境下, 流域之流量變化衝擊差異, 以作為水資源調適策略規劃擬定參考。

## 二、 氣候變遷情境資料說明

IPCC 的 AR4 報告中推估未來的氣候變遷, 主要分成 A1、A2、B1 和 B2 四大類, 其中 A1 情境中考量未來可能的社經與排放量又分

成三類 A1F1、A1T 和 A1B，各情境下全球的可能增溫量如圖 1 所示，不同的排放濃度情境下，溫度會隨著溫室氣體減量的多寡影響著推估期的增溫量。

AR5 報告中的推估情境則是以代表濃度路徑<sup>1</sup>表示分為 RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0 與 RCP8.5 四種情境。RCP8.5 情境，表示世界各國並無任何溫室氣體減量之假設情境，此情境是相對於是最劣排放情境，以險峻的情境進行推估，可做較保守的調適操作。所有情境中以 RCP2.6 情境對於未來的溫室氣體減量相對樂觀。AR4 與 AR5 各情境下 IPCC 提供的 GCM 模式數、基期與推估期的設定，如表 1 所示。

在考量使用者應用於衝擊評估之能力與評估資源有限的情況下，AR4 中經常被應用的情境為 A1B。AR5 的情境中考量 RCP2.6 其發生的可能性較低與 RCP6.0 情境相對模擬該情境的 GCM 模式數量較少，其不確定性較高。因此，建議使用者可優先分析 GCM 模式數較多的 RCP8.5 與 RCP4.5 情境，此兩個情境至世紀末的溫度增溫量分別約 2°C 與 4°C，介於過去 A1B 情境下的溫度增加量約為 3°C。

---

<sup>1</sup> AR5 報告是以「代表濃度途徑(Representative Concentration Pathways(RCPs))」(途徑所指的是濃度的變化歷程)來定義未來變遷的情境。詳見請參考臺灣氣候變遷推估與資訊平台網站：[http://tccip.ncdr.nat.gov.tw/v2/future\\_scenario\\_text.aspx](http://tccip.ncdr.nat.gov.tw/v2/future_scenario_text.aspx)

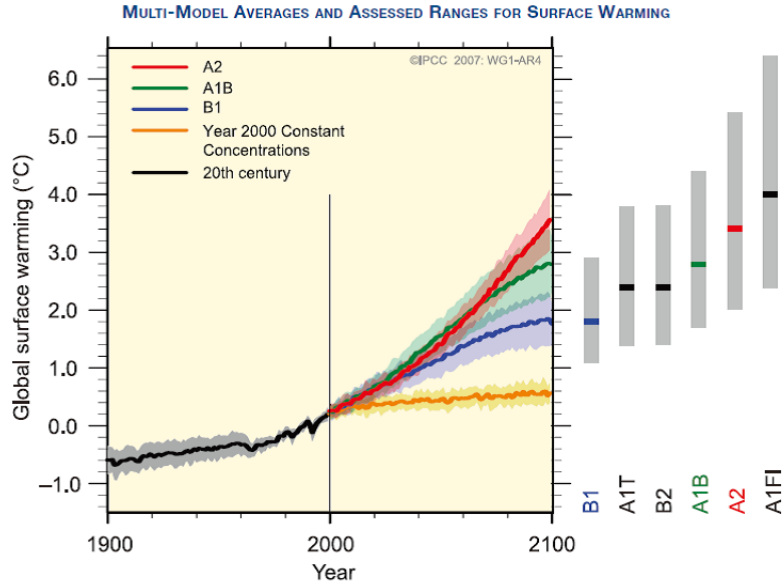


圖 1 IPCC AR4 之不同氣候變遷情境下全球地表溫度變化  
(資料來源:IPCC5 之 AR4 Synthesis Report Fig. SPM.05)

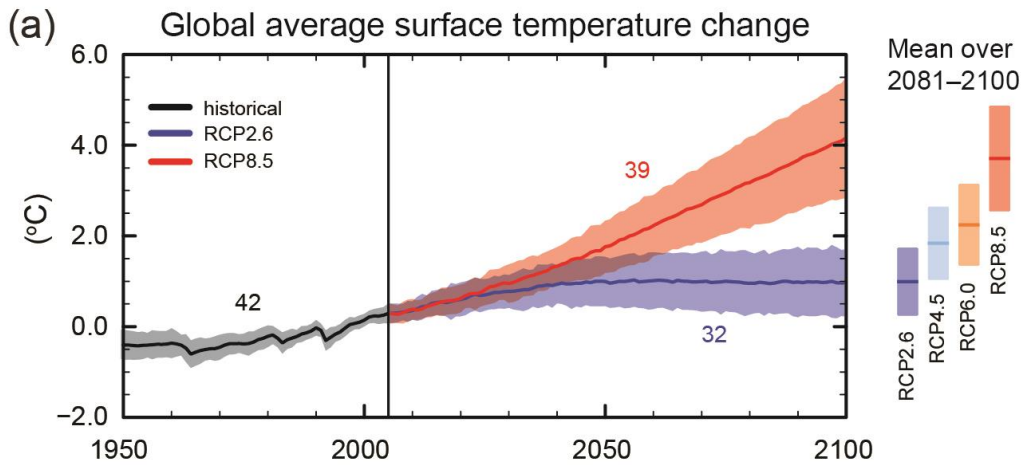


圖 2 IPCC AR5 之不同氣候變遷情境下全球地表溫度變化  
(資料來源：AR5 WG1 Fig. SPM.07)

表 1 AR4 與 AR5 氣候情境資料說明

	AR4 (CMIP3)	AR5 (CMIP5)
基期	1980~1999 年	1986~2005 年
近未來	2020~2039 年	2016~2035 年

世紀末	2080~2099 年	2081~2100 年
排放情境 (模式數)	A1b(24)、 A2(19)、 B1(21)	Rcp2.6(26)、 Rcp4.5(38)、 Rcp6.0(21)、 Rcp8.5(41)

### 三、 氣候變遷情境下氣候值變化比較

#### (1) 不同季節降雨與溫度變化比較

本研究利用 TCCIP 所提供統計降尺度氣候變遷之月降雨與月溫度資料，比較不同情境下台灣在不同季節的溫度增加量與降雨變化，如圖 3 與圖 4 所示。圖 3 中呈現世紀末 (2081~2100 年) 所有 GCM 模式於各情境在季節的溫度可能變化範圍，結果顯示 AR4 的三個情境增溫幅度以 A2 最多 A1B 次之，B1 則是最小。在 A1B 情境各季節的增溫量約 2.2°C，模式中最大的增溫量是在夏季的 3.7°C。AR5 的四個情境中，RCP8.5 情境平均增溫幅度則是達到 3°C，夏季的最大可能的增溫量高達 5°C。全台增溫幅度 A1B 的增溫量介於 RCP4.5 與 RCP8.5 之間。

在降雨方面，不同情境對降雨造成的影響，不如溫度增溫來得明顯。但大致而言，A1B 情境的季節與年降雨變化率與 RCP8.5 類似，維持豐水期雨量增加 (夏秋)、枯水期雨量減少 (冬春) 降雨變化趨勢。A1B 情境下之除了夏季的模式平均呈現降雨增加趨勢，平均約增

加 17%，其餘季節則是呈現減少的情形，以冬季減少 16.5% 較為顯著。RCP8.5 情境在夏季與冬季的模式，平均的降雨變化趨勢與 A1B 情境相同。

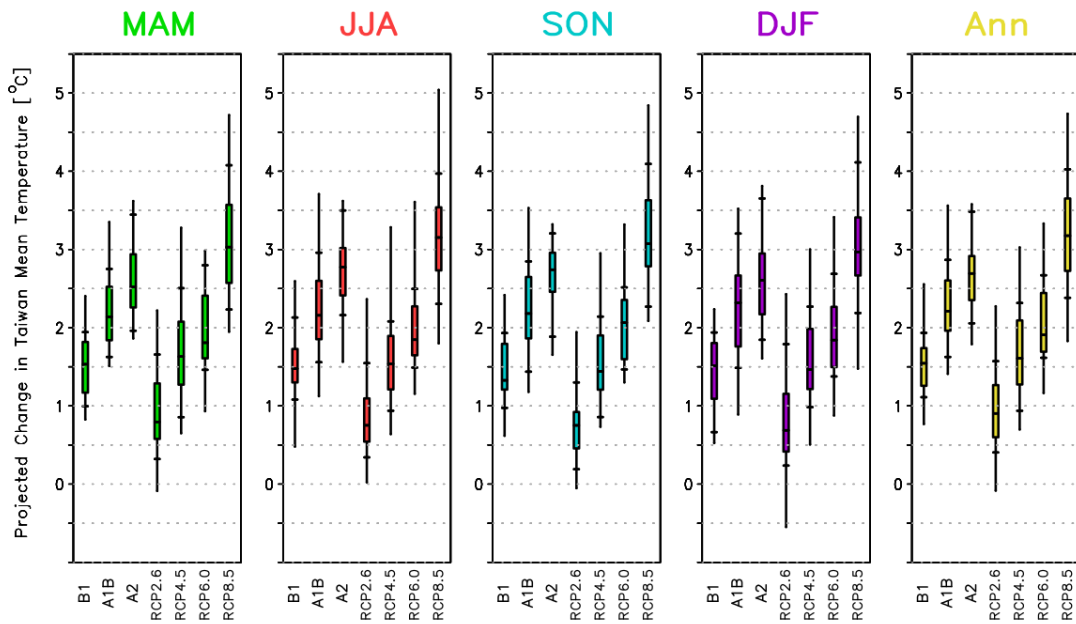


圖 3 全台不同情境下不同季節溫度變化

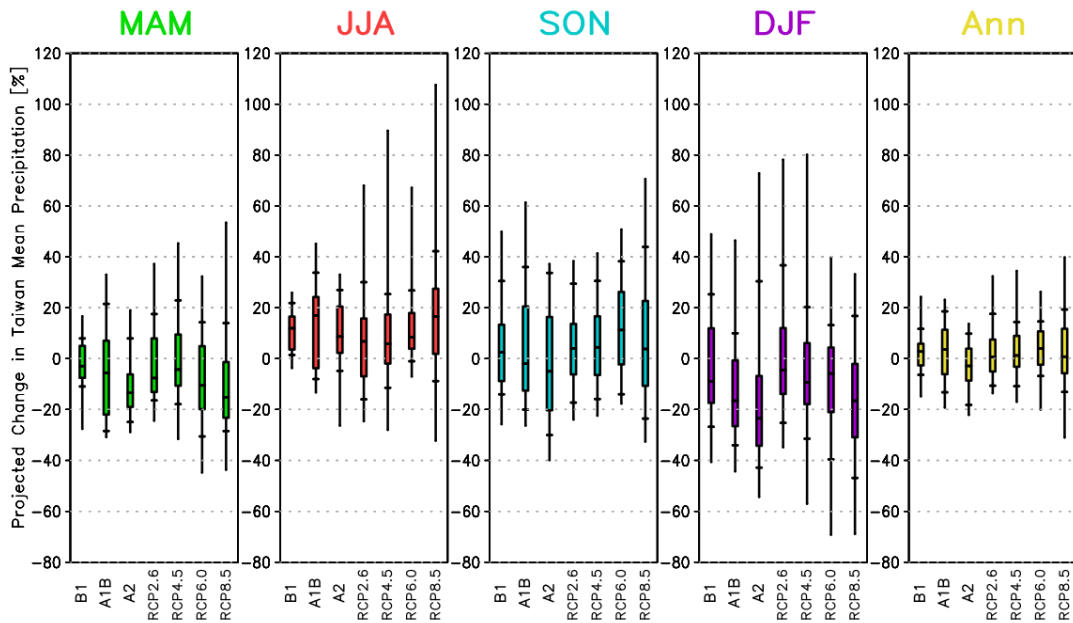


圖 4 全台不同情境下不同季節降雨改變率變化

## (2) 月降雨改變率比較

氣候變遷情境資料為降低 GCM 模式的不確定性，氣候科學家建議採用多模式平均的結果，應用於衝擊評估的分析。以 AR4 情境資料中，使用者多是以 A1B 情境進行衝擊分析模擬，於 AR5 情境中建議使用者可採用 RCP8.5 與 RCP4.5 情境，故比較三個排放情境下各月降雨改變率。

圖 5 為不同情境下多模式平均之各月份的降雨改變率變化，由圖 5 中可知 A1B 情境下在豐增枯減的差異較為顯著，RCP8.5 與 RCP4.5 情境下枯水期的降雨減少趨勢則較不顯著，而是呈現 1~6 月減少，7~12 月降雨增加趨勢，且於豐水期降雨改變率較大。

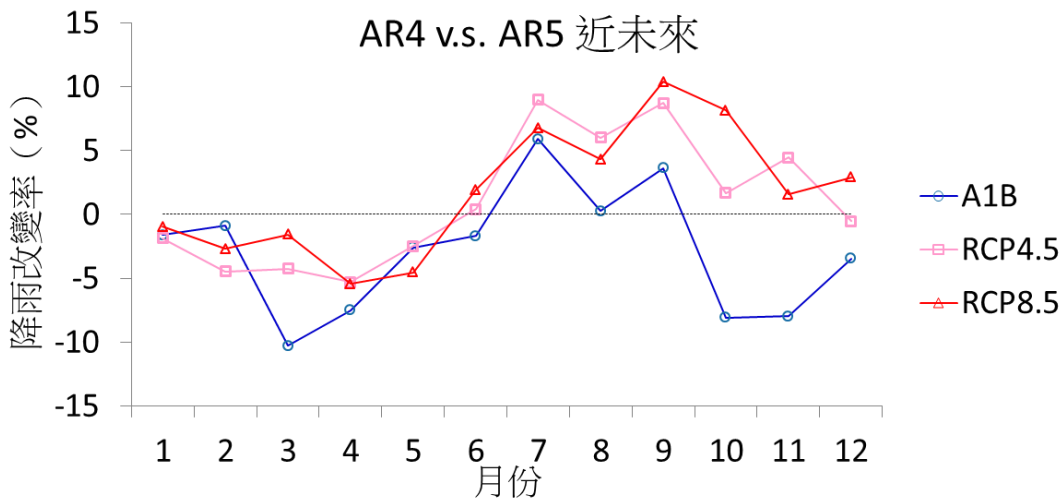


圖 5 AR4 與 AR5 情境下之多模式平均各月降雨變化

## 四、 氣候變遷下流量衝擊比較

根據前述 TCCIP 提供的氣候變遷下月降雨與溫度情境資料，本



研究利用天氣衍生器 (Weather generator) 產製日雨量資料並利用水文模式 (GWLF) 模擬淡水河、曾文溪與高屏河流域之豐枯水期流量變化。表 2 為各流域於在近未來期間 AR4 情境與 AR5 情境下，超過六成的 GCM 模式所呈現的流量變化範圍，淡水河與曾文溪大致上維持豐水期流量增加，枯水期流量減少的特性 (豐越豐，枯越枯)，且 AR5 情境下的流量衝擊大於 AR4 的情境。

高屏河流域豐水期在 AR4 情境下流量增加量約 0~15%，而在 AR5 情境下豐水期流量衝擊增加至 0~40%。圖 6 則是針對枯水期期間的 AR4 與 AR5 情境下流量改變率的比較，由圖 6 中可發現 AR4 多數模式呈現枯水期流量減少的情形，約七成的模式呈現流量減少。但 AR5 的情境下，多數模式於高屏溪呈現枯水期流量增加，約有六成五的模式呈現枯水期是偏濕的情形，流量變化則是落在 0~100% 之間，約增加一倍的流量。

高屏溪的分析結果與過去 AR4 的評估，有明顯的差異，在因應衝擊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，唯獨衝擊量加重，但於水資源評估方面，未來高屏河流域評估，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。

表 2 流域之豐枯水期流量改變率區間 (來自於六成的 GCMs 的結果)

情境		豐水期流量改變率 (%)			枯水期流量改變率 (%)		
		淡水河	曾文溪	高屏溪	淡水河	曾文溪	高屏溪
AR4	A1B	-1~20	1~20	-3~16	-42~-10	-50~-6	-63~-7
	A2	-3~18	-2~18	-6~7	-35~-11	-43~-10	-57~-15
	B1	-1~19	0~17	-3~17	-31~-2	-33~-3	-68~-3
AR5	RCP2.6	-2~45	1~39	3~31	-47~-4	-47~-2	-60~31
	RCP4.5	2~42	0~20	-1~32	-42~0	-63~-8	-66~29
	RCP6.0	1~35	-2~33	3~31	-33~-1	-57~-7	-47~40
	RCP8.5	3~40	-1~23	2~27	-41~-5	-51~-2	-59~24

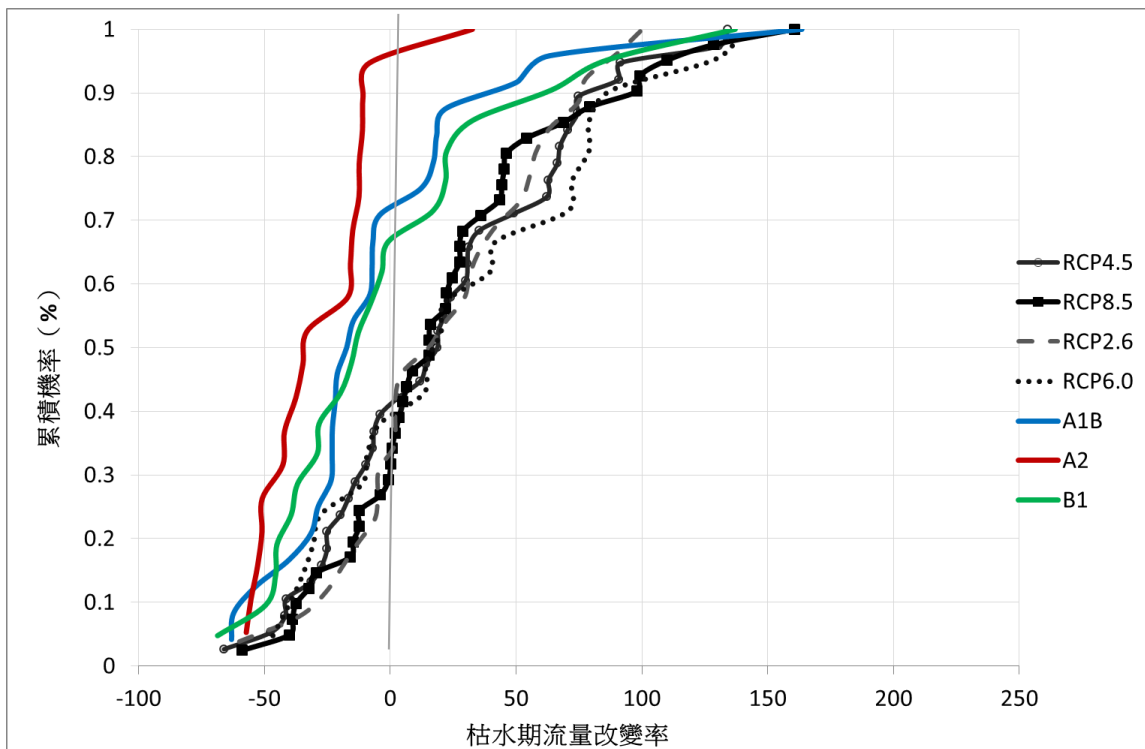


圖 6 不同情境下高屏溪流流域枯水期流量改變率變化 (近未來)

## 五、 結語

針對 IPCC 的 AR4 與 AR5 版本的氣候變遷情境比較，A1B 情境之溫度增溫量介於 RCP4.5 與 RCP8.5 情境之間，RCP8.5 情境增溫量約 3 度 C。

在降雨情境比較，雖降雨改變率的差異，並無溫度方面明顯，在 A1B 與 RCP8.5 情境大致上都維持豐水期雨量增加枯水期雨量減少的趨勢。多模式平均與假設最劣情境下的的降雨改變率比較，RCP 情境的降雨改變率變化較大。

分析三個流域的流量衝擊，在近未來期間，淡水河與曾文溪大致上維持豐越豐，枯越枯的特性，且 AR5 情境下的流量衝擊大於 AR4 的情境。但高屏溪在 AR5 的情境下，多數模式呈現枯水期流量增加趨勢，可能會影響流量及水資源管理，未來在調適方面需特別注意全年多雨的趨勢。

本研究分析中所有採用的情境資料，均可於 TCCIP 網頁申請台灣地區的統計降尺度氣候變遷情境資料，網頁上並提供過去歷史觀測網格資料可供查詢(網址：[http://tccip.ncdr.nat.gov.tw/v2/data\\_service\\_1.aspx](http://tccip.ncdr.nat.gov.tw/v2/data_service_1.aspx))

## 參考文獻

1. 陳韻如、林以淳、陳永明，2015，氣候變遷情境下大氣環流

模式之豐枯水期降雨特性，2015 年災害防救資通訊暨情資研判研習會。

2. 陳韻如、童裕翔、朱容練、陳永明，2015，CMIP5 模式表現量表於流量衝擊評估之應用，2015 農業工程研討會。

3. 童裕翔、朱容練、陳韻如、陳永明，2015，CMIP5 多模式評估台灣乾、濕季降雨變遷，104 年氣象局天氣分析與預報研討會。

4. 林李耀，2016，臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置 (3/3)，科技部補助專題研究計畫年度成果報告。

5. 陳正達、朱容練、許晃雄、盧孟明、隋中興、周佳、翁叔平、陳昭銘、林傳堯、鄭兆尊、吳宜昭、卓盈旻、陳重功、張雅茹、林士堯、林修立、童裕翔、楊承道，2014，台灣氣候變遷推估研究，P207-252，大氣科學 第四十二期第三號。