

# 臺灣夏季午後對流降雨的未來變遷推估

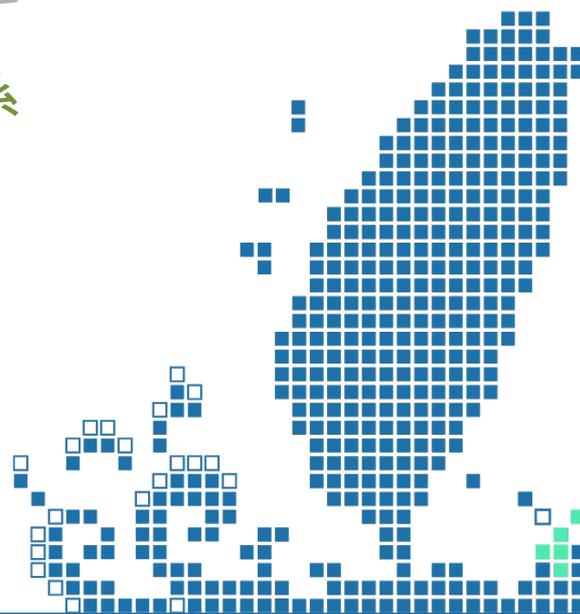
## Projected Changes of Summer Convective Afternoon Rainfall in Taiwan

黃婉如  
國立臺灣師範大學地球科學系

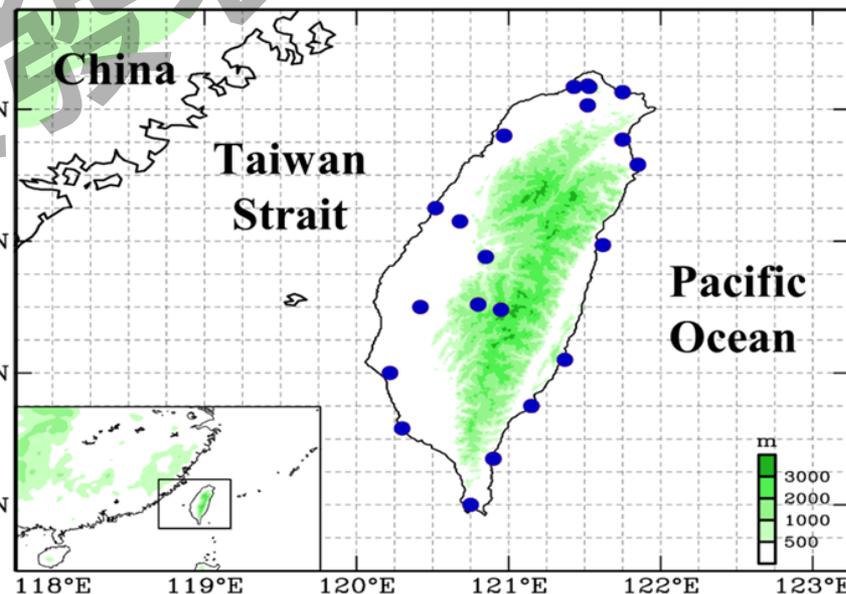
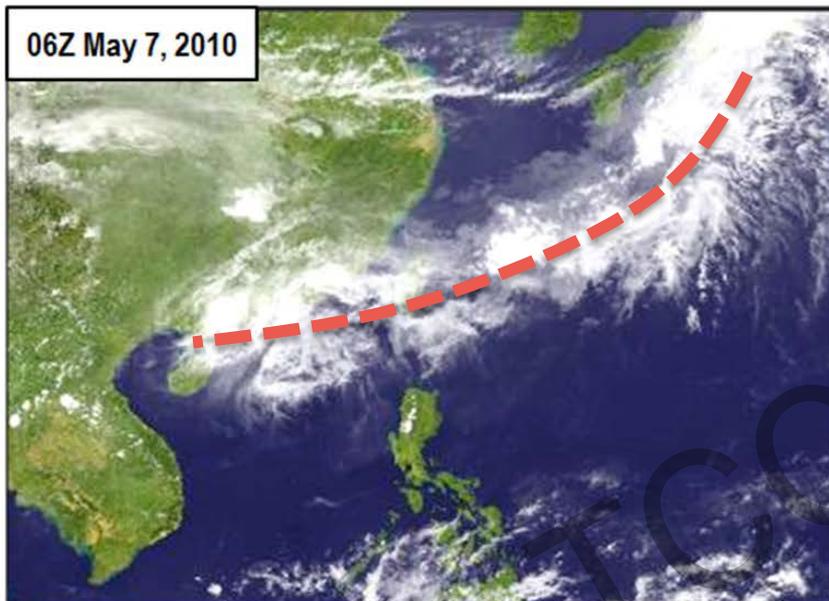
2017/01/18

Co-authors

張雅惠（臺師大）、鄭兆尊（NCDR）、許晃雄（中研院）  
杜佳穎（中研院）、Akio Kitoh（University of Tsukuba）



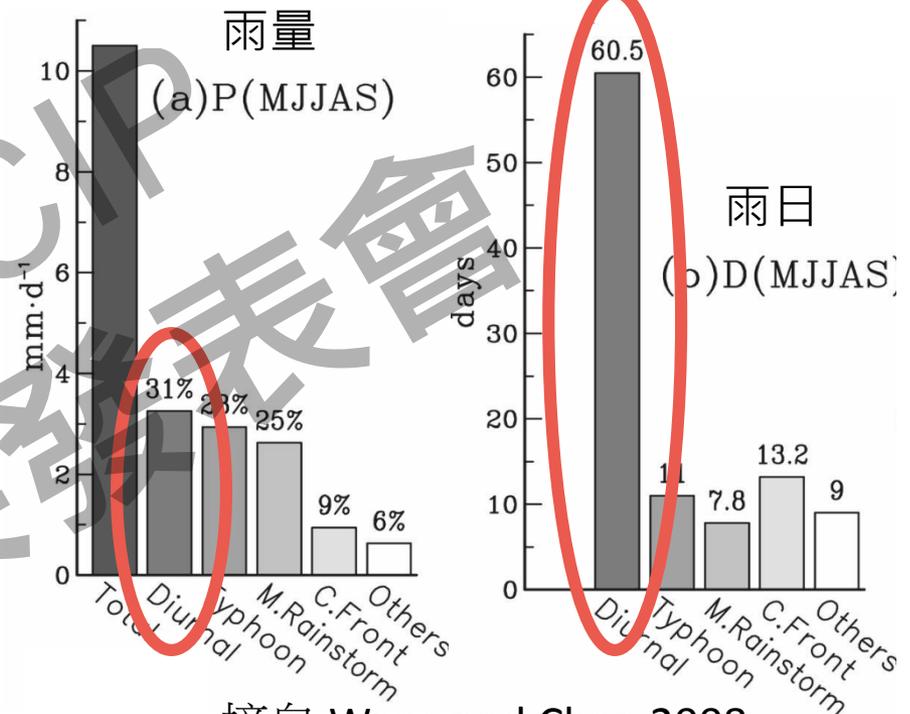
# 前言



# 前言

根據過去研究臺灣地區之各季節降水氣候值分布結果發現，顯著降水主要發生在暖季(5-9月)(Chen and Chen 2003 ; Kerns et al. 2010)。

其中，除了梅雨鋒面和颱風所帶來的豐沛雨量之外，**午後對流降雨 (Convective Afternoon Rainfall, 簡稱 CAR)** 的貢獻亦相當顯著 (Wang and Chen 2008)。



摘自 Wang and Chen 2008

# 前言

新聞圖



由於CAR事件所伴隨的短時間強降雨，常對民眾的生活帶來了諸多的不便與損失，過去有不少文獻曾針對CAR事件的特色與機制進行討論，試圖深入瞭解影響CAR發生的成因。

近年來，受到全球暖化的影響，有越來越多研究開始著重在探討全球暖化對局部地區降雨所可能造成的影響，然而這些研究中，甚少有針對「**臺灣CAR事件的未來變遷**」進行分析。

# 研究目的、方法

有鑑於此，本研究的主要目的即是希望透過分析大氣環流模式及其動力降尺度後的結果，對暖化情境下臺灣CAR事件的可能變遷進行推估，並藉由分析大氣動力、熱力場的變化，找出造成此未來變遷的可能因素。

研究的內容以比對現在時期(1979-2003 ; Historical run)和世紀末時期(2075-2099 ; RCP8.5 scenario)下的模擬降雨結果為主，試圖找出暖化情境(RCP8.5)下臺灣夏季CAR的變遷特性。

# 研究方法

- ➔ 在模式資料方面，本研究採用**HiRAM** 與**MRI** 二個AGCM的模擬資料，透過**WRF** 區域模式對CAR進行**動力降尺度模擬與推估**。往後提及上述兩動力降尺度模式的分析，將以**WRF-HiRAM**、**WRF-MRI** 簡稱代替。
- ➔ 為確保模式能有效掌握CAR的特性，我們將先採用觀測資料與模式資料(現在情境)的比對，而後才利用模式進行未來的推估。

# 觀測與模式資料來源

		空間解析度	時間解析度
觀測資料	TCCIP	5km	1hour
	TRMM	25km	3hour
模式資料	HiRAM	23km	1hour
	MRI	20km	1hour
模式動力降尺度資料	WRF-HiRAM	5km	3hour
	WRF-MRI	5km	3hour

# CAR 個案的選取

針對午後對流降雨(CAR)個案的選取，本研究沿用Huang et al. (2015) 及Huang et al. (2016a, b)的方式定義：

1. 午後 (當地時間1200–2200)的降雨量 $\geq$ 整日降雨量的80%，且午前(當地時間0100–1100)的降雨量 $\leq$ 整日降雨量的10%。
2. 從天氣圖及衛星雲圖的資料上，可判別影響當地的降雨系統非來自其他天氣系統(如颱風、鋒面系統)的影響。

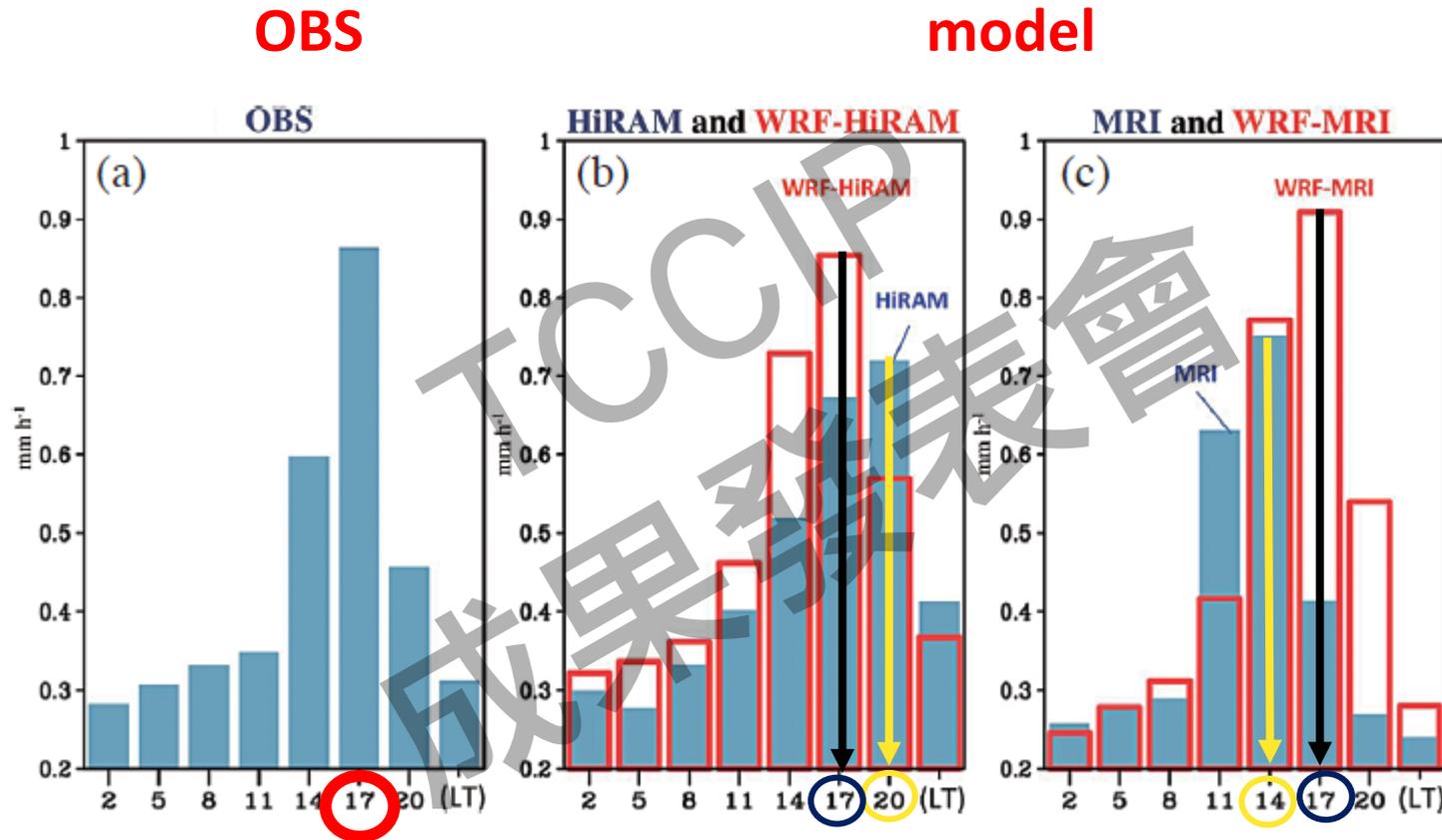
此為經驗測試結果，能有效大致分類CAR與其它類型降雨系統。

## 結果分析

# 觀測資料與模式資料(現在情境)的比對

# 研究成果-現在情境之比對

- ◆ 臺灣夏季發生最大降雨的時間約在當地時間17時左右



- ◆ 動力降尺度後的結果對於臺灣降雨日夜時序變化有較好的模擬結果

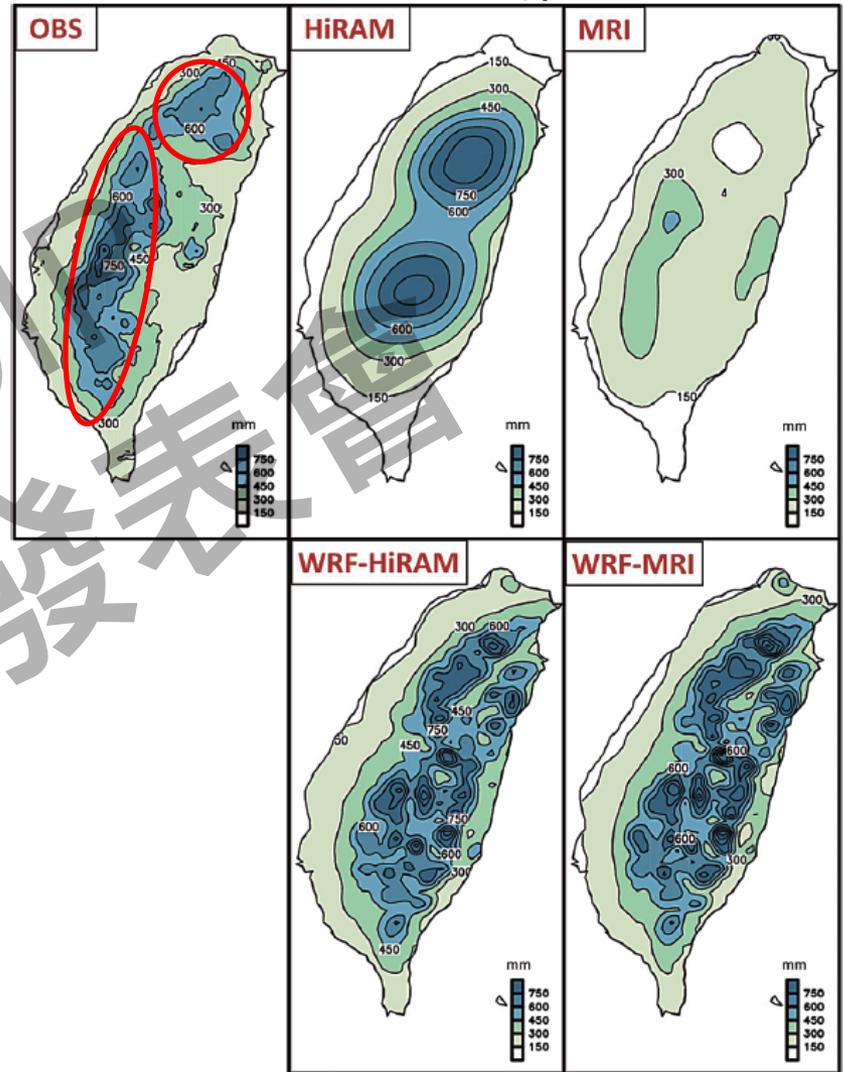
# 研究成果-現在情境之比對

CAR降雨量分布(mm/JJA)

Total amount of CAR, per JJA

## CAR降雨量分析

- ◆ 臺灣CAR降雨主要集中在西部山區的西側以及北部山區
- ◆ HiRAM→山區明顯的高估
- ◆ MRI→降雨量明顯低估許多
- ◆ 動力降尺度之後→在山區及山區東側有高估的情形，而在臺灣西部地區的表現，相較於降尺度前之模擬，更為接近觀測結果



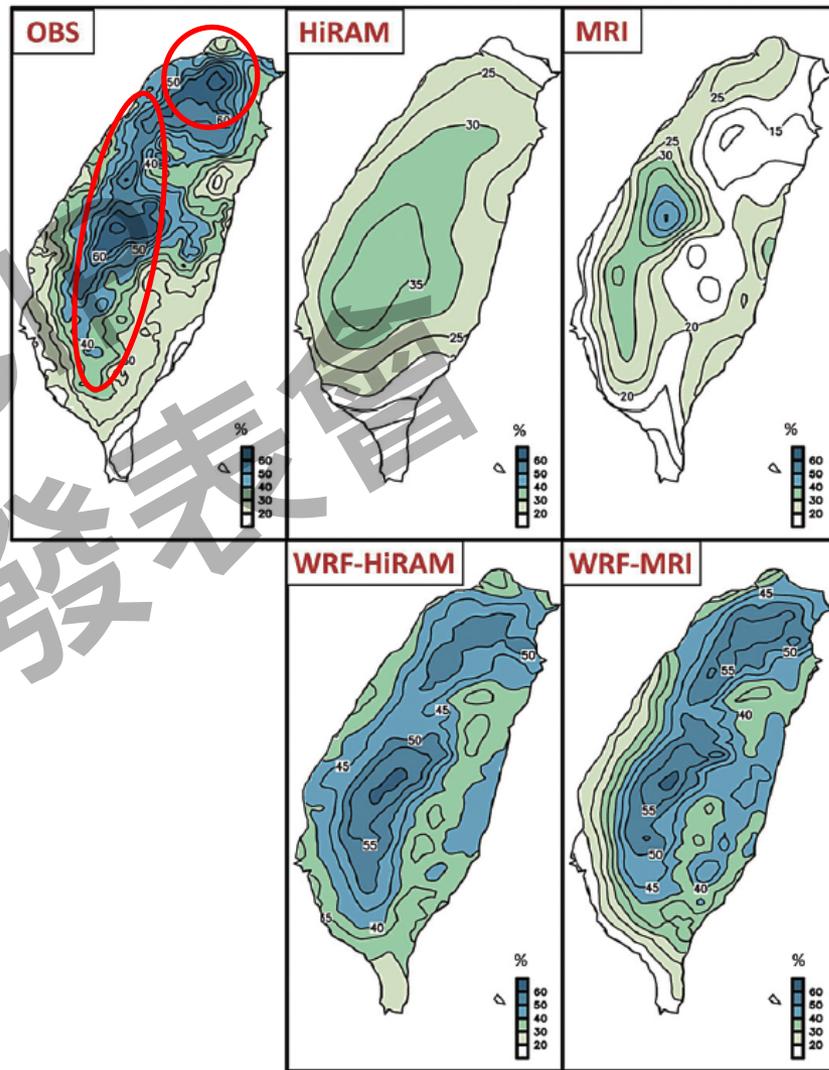
# 研究成果-現在情境之比對

CAR對夏季降雨量貢獻分布(%)

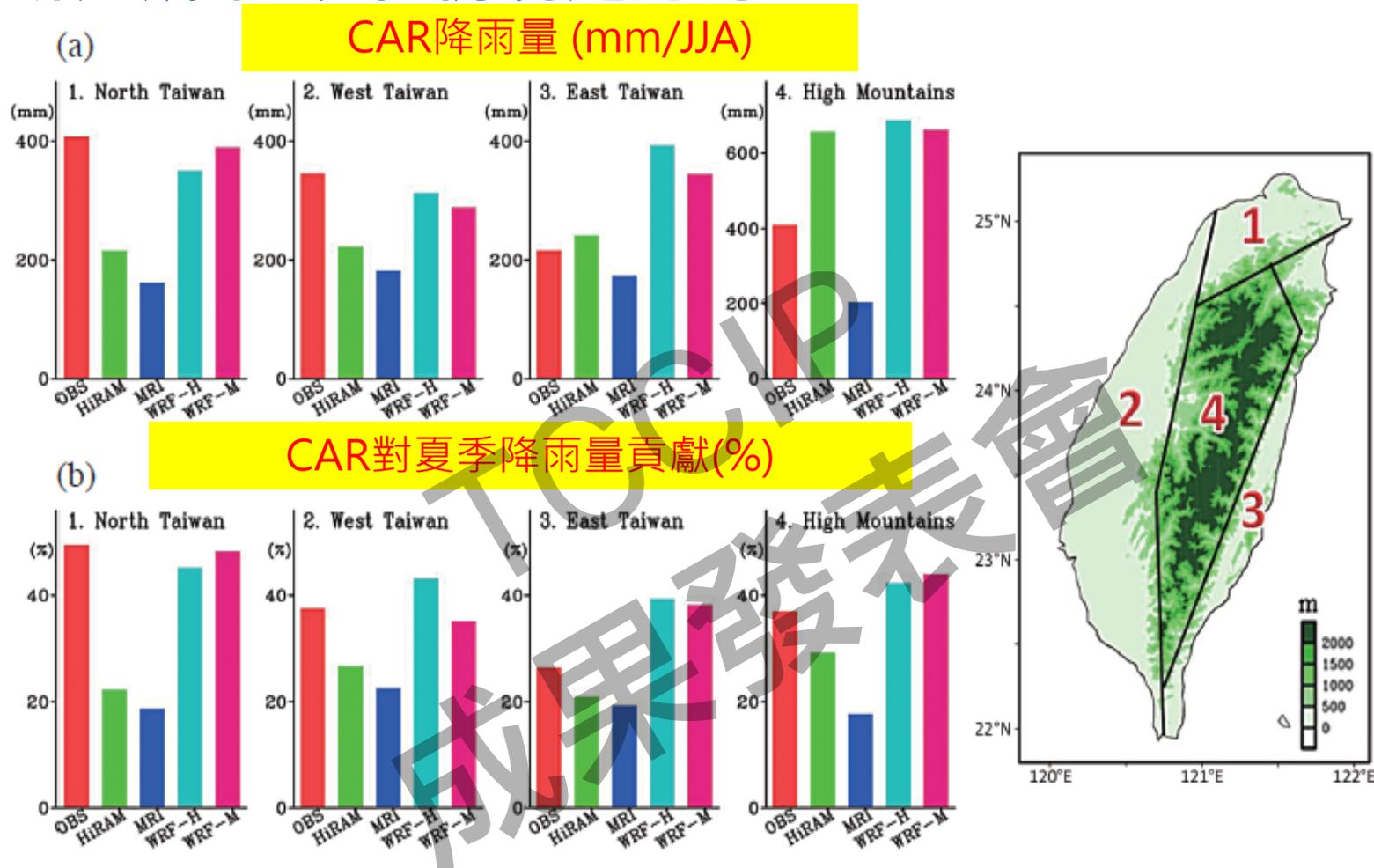
Contribution of CAR to total summer rainfall

## CAR對夏季降雨量貢獻分析

- ◆ 在臺灣西部及北部區域，CAR佔夏季降雨之百分比**較高**
- ◆ HiRAM、MRI→CAR所占百分比皆明顯**低估**
- ◆ 動力降尺度之後→CAR佔夏季降雨百分比在**東部地區高估**，但在**西部及北部地區**的分布及百分比明顯的**與觀測結果較接近**



# 研究成果-現在情境之比對



WRF動力降尺度的結果，雖然受到地形效應影響，在3 + 4區域會有高估的情形，但對於CAR活躍區（即1 + 2區域）之模擬，皆能修正至與觀測較相近之結果。

→根據此結果，我們將以1+2區域為主，進行臺灣地區未來CAR活動變化之推估。

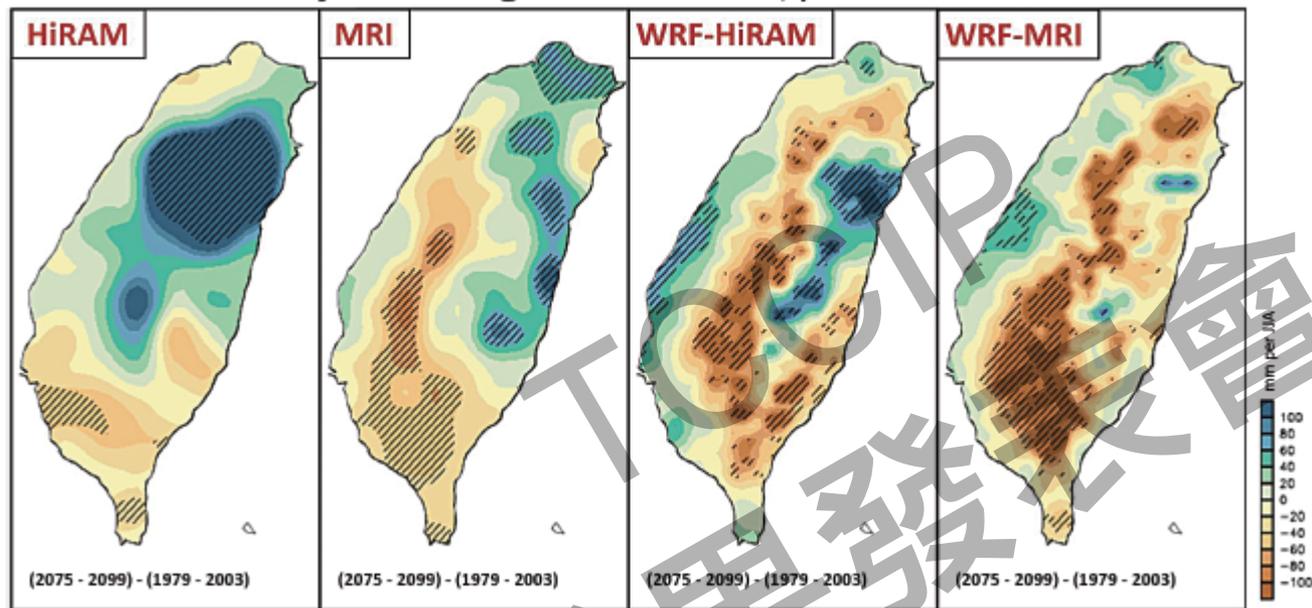
## 結果分析

➔ 未來推估(CAR 總降雨量、頻率、強度)

# 研究成果-未來推估

## 臺灣CAR總降雨量之未來變遷推估

Projected change in CAR amount, per summer



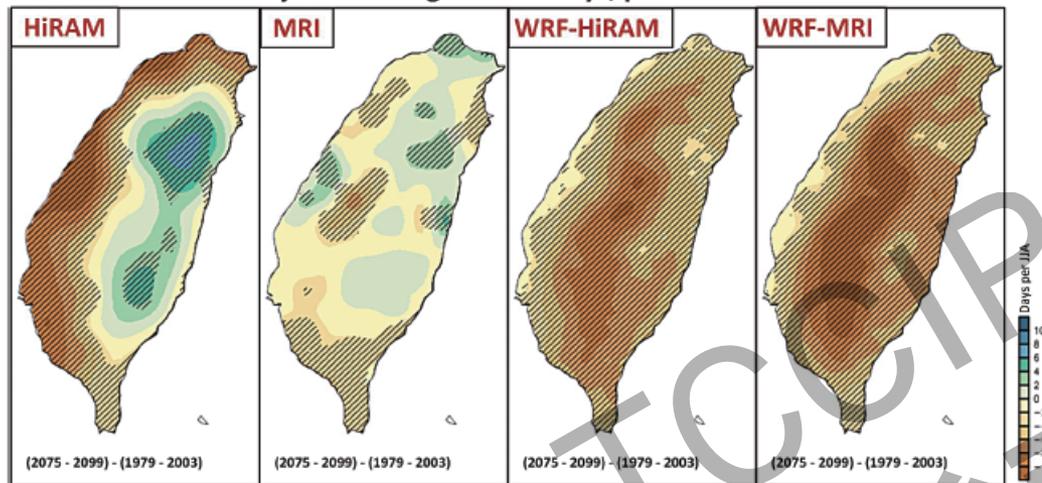
→世紀末時期  
(2075-2099)  
與現在時期  
(1979-2003)  
下之CAR氣候  
平均值的差異  
(斜線區域通過  
90%統計檢定)

- ◆ 各模式皆表現出臺灣西南部之山區西側之CAR降雨量在世紀末時期將較現在時期有減少的趨勢
- ◆ 總雨量與其發生頻率和降雨強度有關，為進一步了解造成CAR 總雨量變化的原因，我們進一步進行了CAR發生頻率和CAR個案強度的推估分析

# 研究成果-未來推估

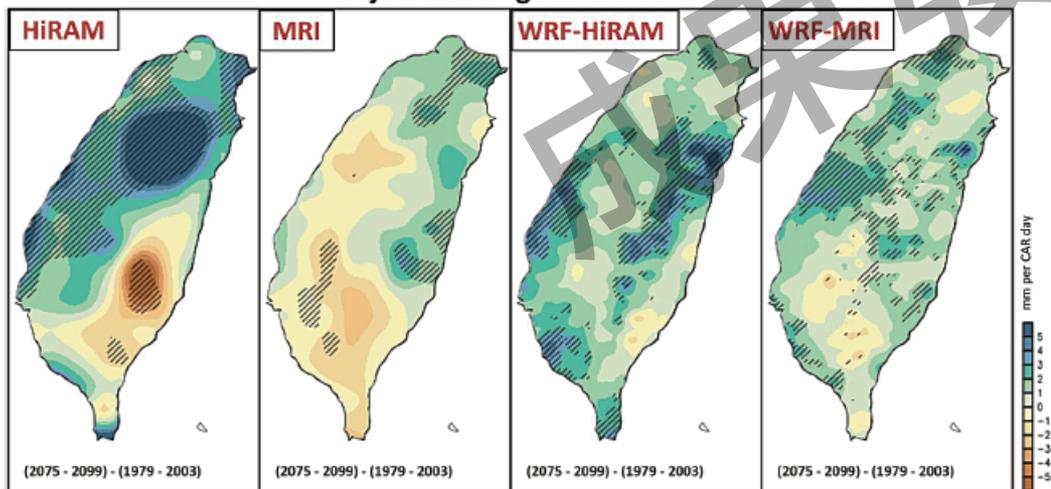
## 臺灣CAR頻率之未來變遷推估

Projected change in CAR days, per summer



## 臺灣CAR強度之未來變遷推估

Projected change in CAR rate



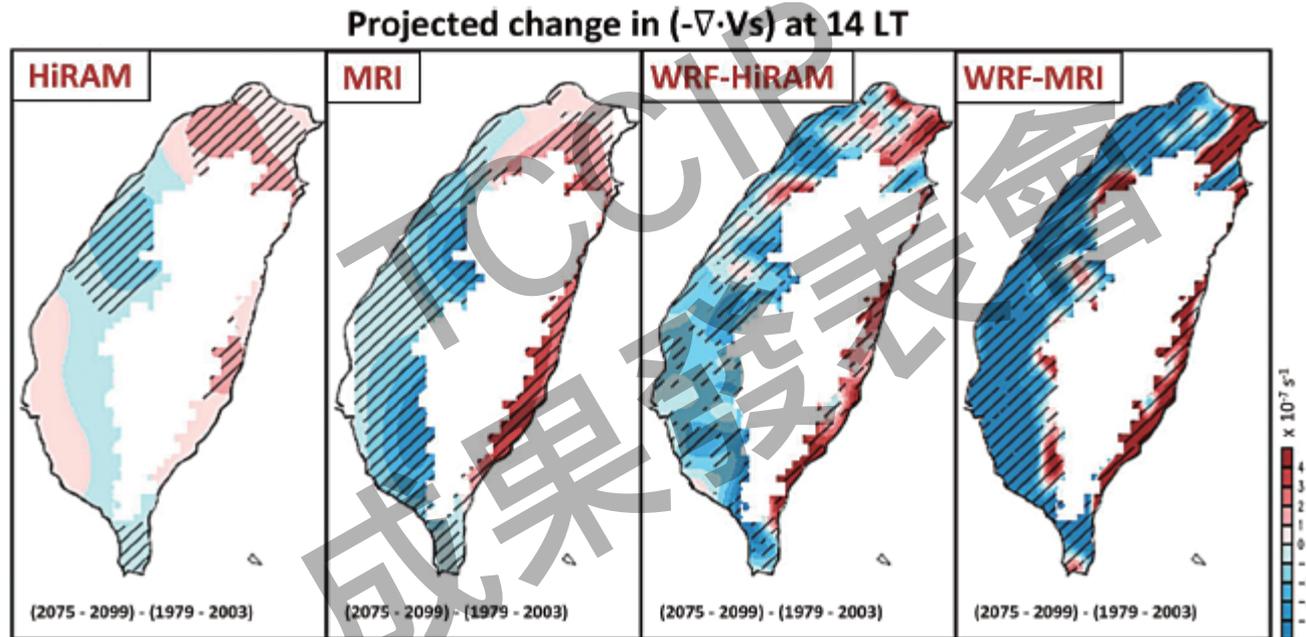
- ◆ CAR 總雨量 = CAR 發生頻率 x CAR 個案強度
- ◆ 四個模式推估的共同特徵：西南部地區之 CAR 發生頻率明顯減少、強度變化則不明顯

→ 由此可推測出 CAR 總雨量在臺灣西南部地區的減少，主要是受到 CAR 發生頻率減少的影響。

# 研究成果-未來推估

## 影響CAR頻率變化因素分析：日間輻合場的變化

- ◆ 日間海風的輻合會提供更多的動力舉升來源，有利於CAR的發展(Lin et al., 2012 ; Huang and Wang, 2014)



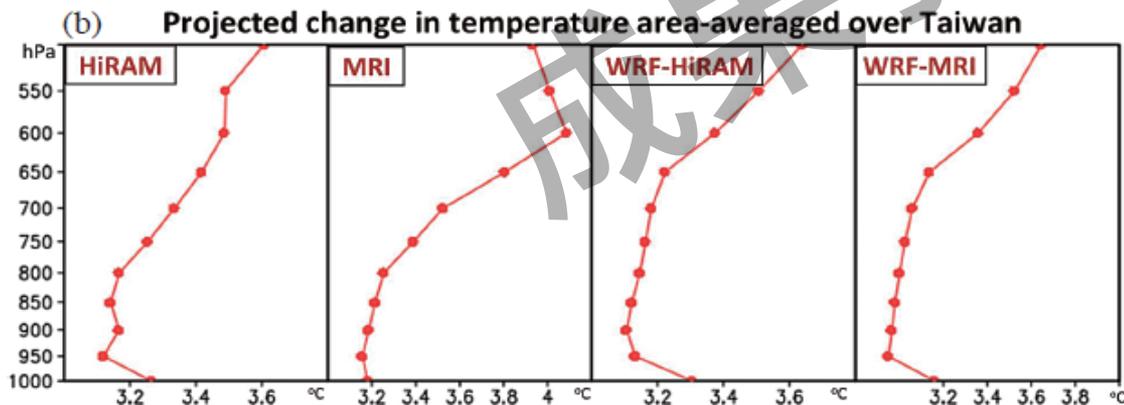
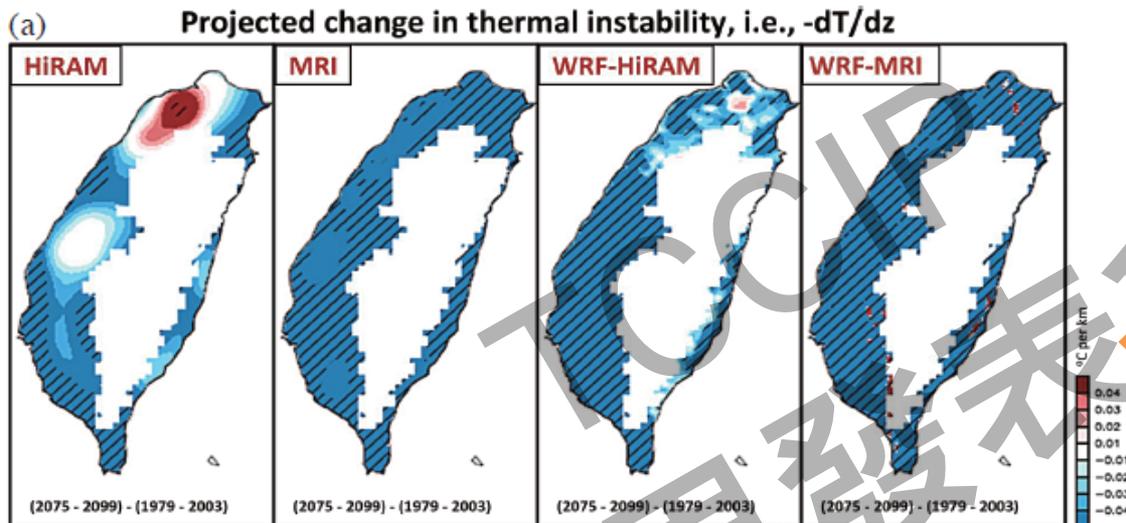
- ◆ 四個模式推估皆表現出在臺灣西半部地區，日間地面風場的輻合會有減弱的情形，這樣的變化會使得動力舉升機制減弱，進而造成CAR發生頻率減少

# 研究成果-未來推估

## 影響CAR頻率變化因素分析：熱力穩定度的變化

↓ 低層大氣(800hPa)及中層大氣(500hPa)溫差的變化

- ◆ 各模式皆表現出熱力不穩定度在全臺灣皆呈現減弱的現象(即垂直溫度差異減小、上層增溫大於下層增溫)
- ◆ 熱力不穩定度的減弱會不利於CAR事件發生。



↑ 台灣平均溫度的垂直變化

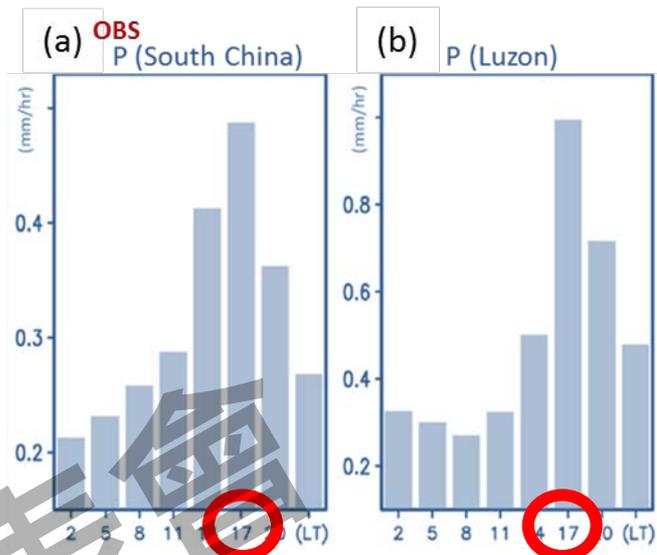
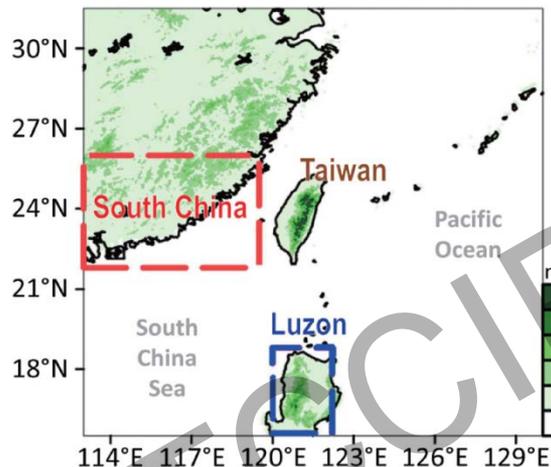
- ◆ 西半部CAR事件減少的原因來自：日間輻合場的減弱 + 熱力不穩定度的減弱

## 結果分析

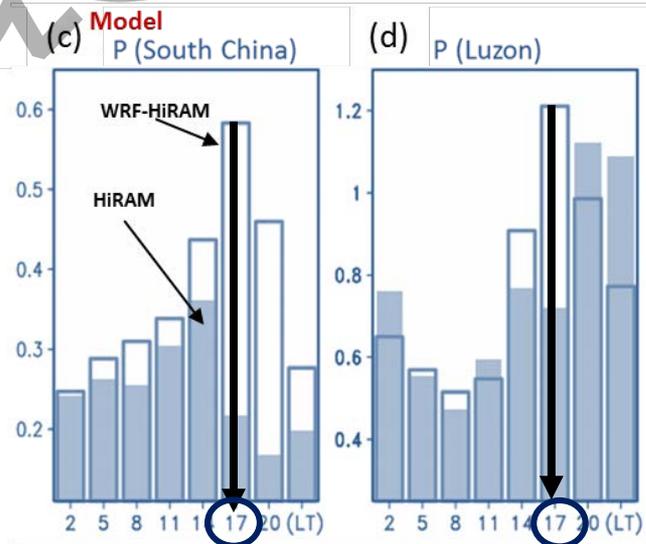
➔ 與鄰近地區（華南、呂宋）之比對

# 研究成果-現在情境分析

為瞭解未來臺灣的午後對流變遷是否和鄰近地區相似，我們進一步分析華南及呂宋地區之日夜降雨變化特徵



- ◆ 華南、呂宋之夏季降雨同樣有明顯的日夜變化特徵
- ◆ 模擬結果顯示，動力降尺度後同樣能有效改善模式模擬華南及呂宋降雨之日夜時序變化



# 研究成果-未來推估

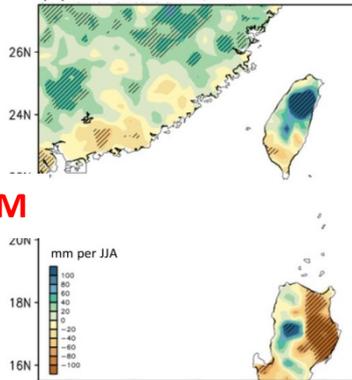
## CAR降雨量

## CAR頻率

## CAR強度

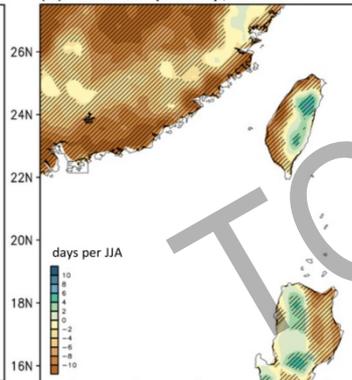
Future-Present

(a) CAR amount; HiRAM

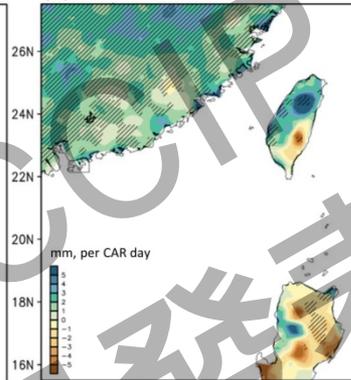


HiRAM

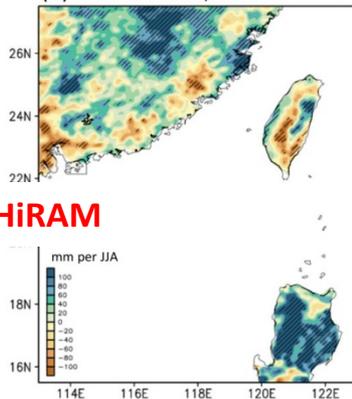
(c) CAR frequency; HiRAM



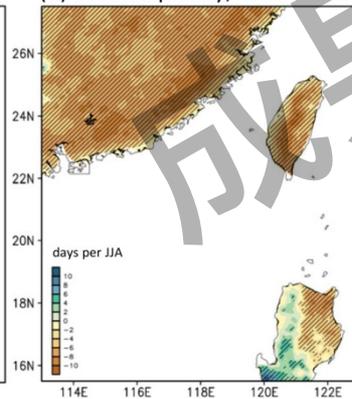
(e) CAR rate; HiRAM



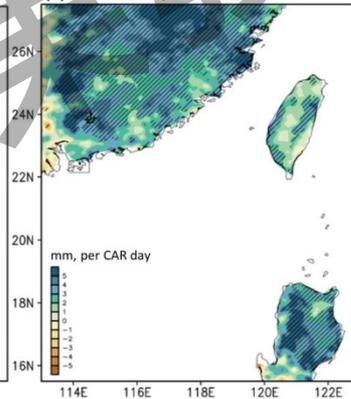
(b) CAR amount; WRF-HiRAM



(d) CAR frequency; WRF-HiRAM



(f) CAR rate; WRF-HiRAM



WRF-HiRAM

## CAR推估

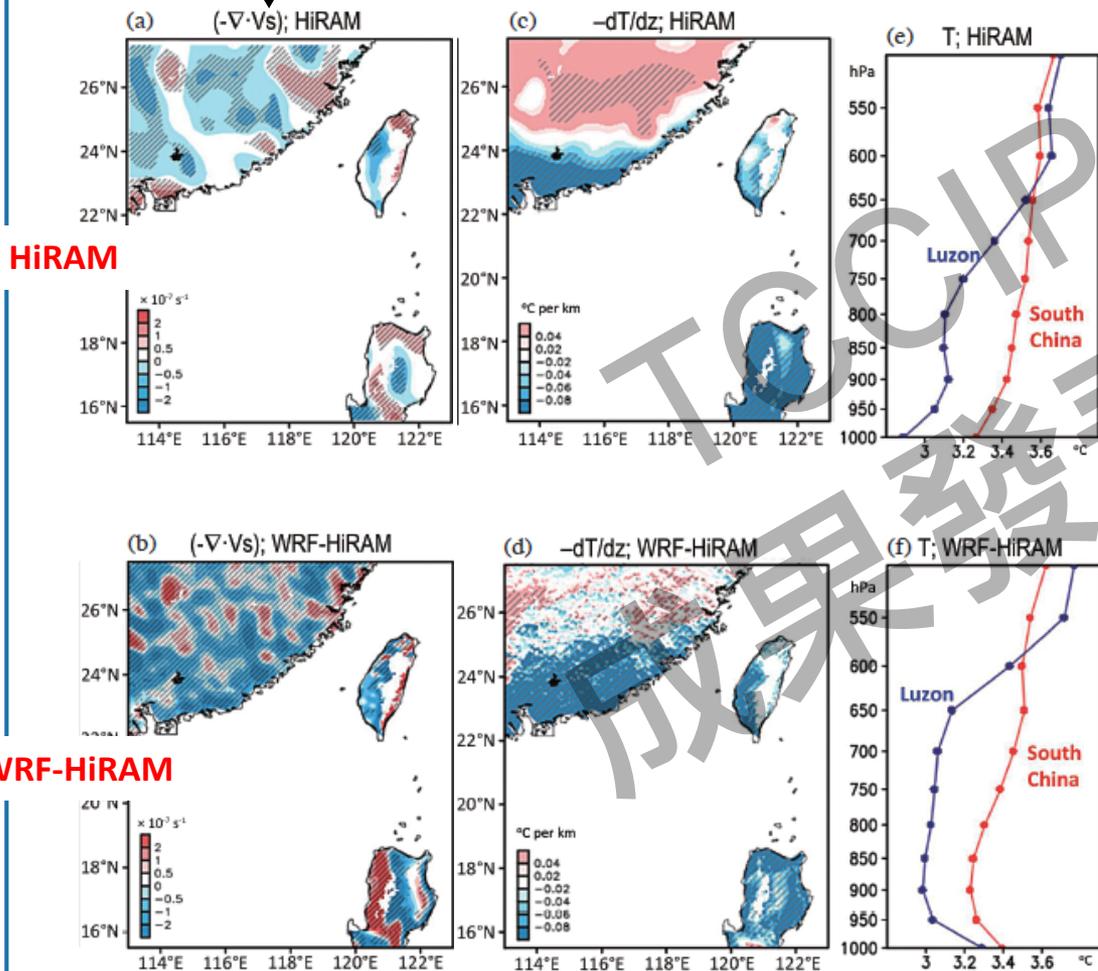
- ◆ 華南地區CAR的發生頻率將會減少，其個案降雨強度增強，而內陸地區(沿岸地區)的CAR降雨強度增強的貢獻大於(小於)發生頻率減少的關係，導致內陸地區(沿岸地區)的CAR降雨量增加(減少)
- ◆ 在呂宋地區，兩個模式對於西部的CAR活動變化都有相似的預估，由於CAR發生頻率跟降雨強度的模擬皆增加，使得CAR的總降雨量也都有上升的趨勢

# 研究成果-機制探討

14LT地表風場輻合差值

低層大氣(800hPa)及中層大氣(500hPa)溫差的變化

平均溫度的垂直變化



## 影響CAR頻率變化因素

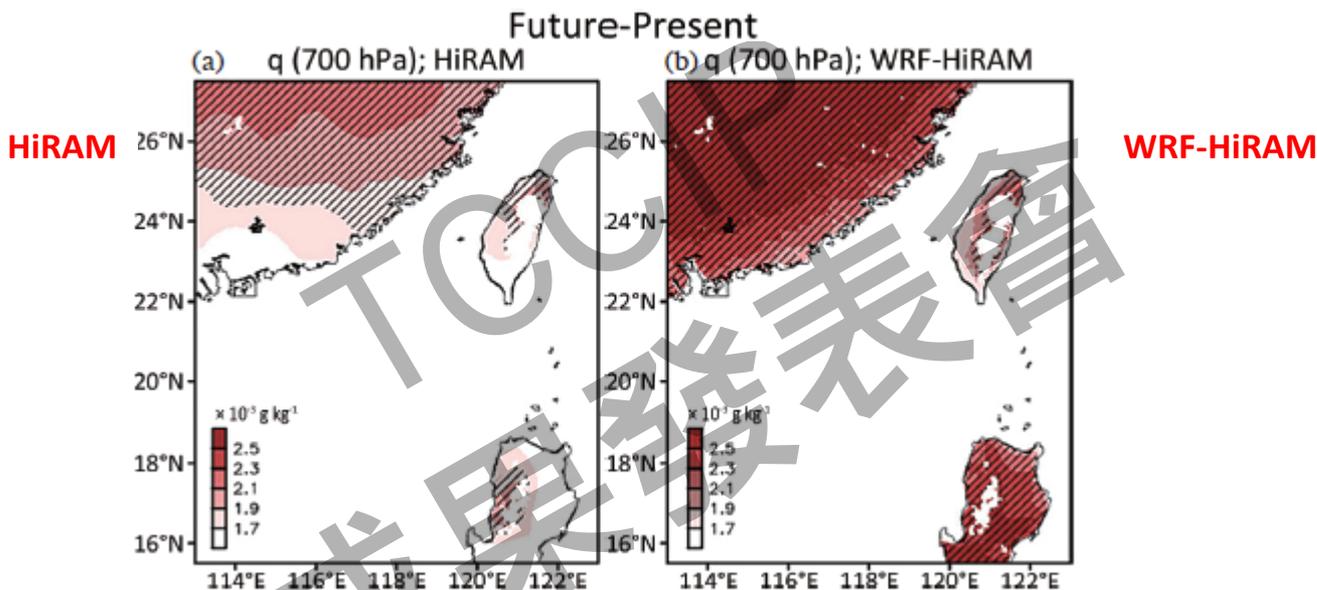
◆ 由於日間風場輻合以及熱力不穩定度的減弱，使華南和呂宋東部地區的CAR發生頻率有減少的現象

◆ 呂宋西部地區，可能是因為日間風場輻合的增強大於熱力不穩定度降低的影響，造成該地區的CAR發生頻率有增加的趨勢(動力觸發條件大於熱力觸發條件)

# 研究成果-機制探討

## 影響CAR強度變化因素分析-700hPa大氣濕度變化

- ◆ 過去研究指出，降雨強度的變化與水氣變化有關



- ◆ 未來華南內陸地區以及呂宋西部地區的大氣濕度增加，使得CAR個案降雨強度增強。
- ◆ 臺灣未來夏季CAR強度變化不明顯的原因，可能與水氣變化不明顯有關。

# 結論

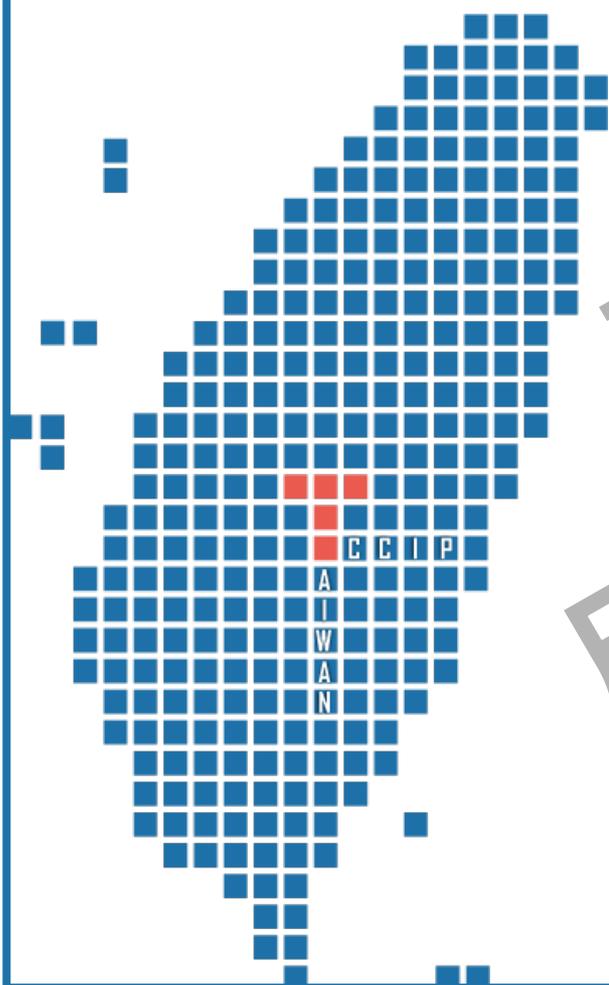
- ➔ 本研究以MRI、HiRAM及兩模式之動力降尺度後(WRF-MRI、WRF-HiRAM)之結果，針對現在時期(1979-2003)與世紀末(2075-2099)臺灣及臨近地區(呂宋、華南)的CAR活動進行模擬及推估。
- ➔ 結果顯示WRF-MRI、WRF-HiRAM對於臺灣、華南、呂宋之降雨日夜時序變化及CAR活動有較MRI、HiRAM好的模擬能力。
- ➔ 世紀末臺灣地區夏季CAR的推估：西半部地區CAR的發生頻率減少、強度增強，而由於頻率減少的貢獻大於強度增強，而使得臺灣西半部CAR降雨量減少。

# 結論

- ➔ 透過熱力及動力機制的探討，我們的研究結果顯示，未來日間風場輻合減弱以及熱力不穩定度的減弱，這兩因素皆為臺灣西半部地區CAR發生頻率減少的主要原因之一。

## ※ 主要參考文獻

- Huang, W. R., Y. H. Chang, C. T. Cheng, H. H. Hsu, C. Y. Tu, and A. Kitoh, 2016a: Summer convective afternoon rainfall simulation and projection using WRF driven by global climate model. Part I: Over Taiwan. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, **27**, 659-671.
- Huang, W. R., Y. H. Chang, H. H. Hsu, C. T. Cheng, and C. Y. Tu, 2016b: Summer convective afternoon rainfall simulation and projection using WRF driven by global climate model. Part II: Over South China and Luzon. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, **27**, 673-685.



TCCIP  
成果發表會



THANKS