

TCCIP臺灣地區氣候資料庫建置計畫

臺灣降雨指數與一公里網格化溫度、降雨資料庫

翁叔平、洪致文、楊承道、林和駿、陳英婷
國立臺灣師範大學地理學系

國科會臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫成果發表會

2013.01.17

資料源：

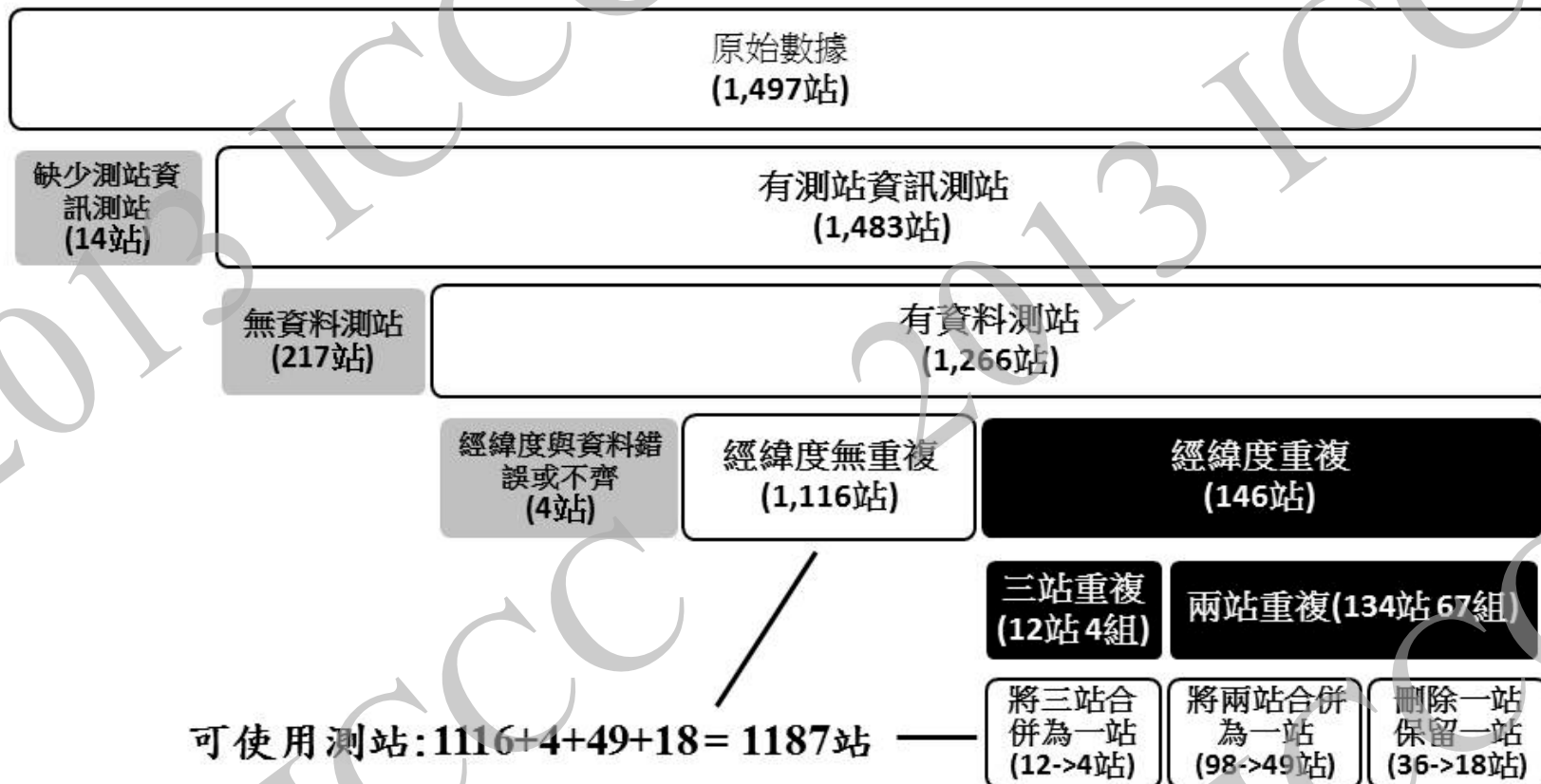
中央氣象局綜觀暨自動雨量測站

TCCIP計畫資料徵集(TRD)

TRD包括：**包括51個政府、民間單位**

臺灣糖業公司 (294站)、經濟部水利署 (251站)、臺灣電力公司 (94站)、行政院農委會林務局 (67站)、菸酒公賣局 (22站)、臺灣製鹽總廠 (18站)
嘉南農田水利會 (96站)、雲林農田水利會 (57站)、彰化農田水利會 (33站)、桃園農田水利會 (21站)、高雄農田水利會 (17站)、農業改良場 (17站)、行政院農委會農委會糧食局 (15站)、行政院農委會林業試驗所 (14站)、屏東農田水利會 (14站)、苗栗農田水利會 (13站)、臺中農田水利會 (13站)、行政院退輔會 (10站)、宜蘭農田水利會 (10站)、臺東農田水利會 (10站)、臺鳳公司 (9站)、南投農田水利會 (8站)、行政院農委會農業試驗所 (7站)、臺北翡翠水庫管理局 (7站)、臺灣大學 (7站)、石門農田水利會 (6站)、茶業改良場 (6站)、高速公路局 (6站)、花蓮農田水利會 (5站)、新竹農田水利會 (5站)、土地銀行 (3站)、行政院農委會 (3站)、畜產試驗所 (3站)、中興大學 (2站)、水產試驗所 (2站)、屏東科技大學 (2站)、中央大學 (1站)、水利署 (1站)、台灣糖業 (1站)、竹林國小 (1站)、竹南農田水利會 (1站)、自來水公司 (1站)、私立中國文化大學 (1站)、亞洲蔬菜研究發展中心 (1站)、青果運銷合作社 (1站)、財團法人農業工程研究中心 (1站)、彰化師大 (1站)、臺中港務局 (1站)、臺灣鹼業公司 (1站)、瑠公農田水利會 (1站)

Stations sifting



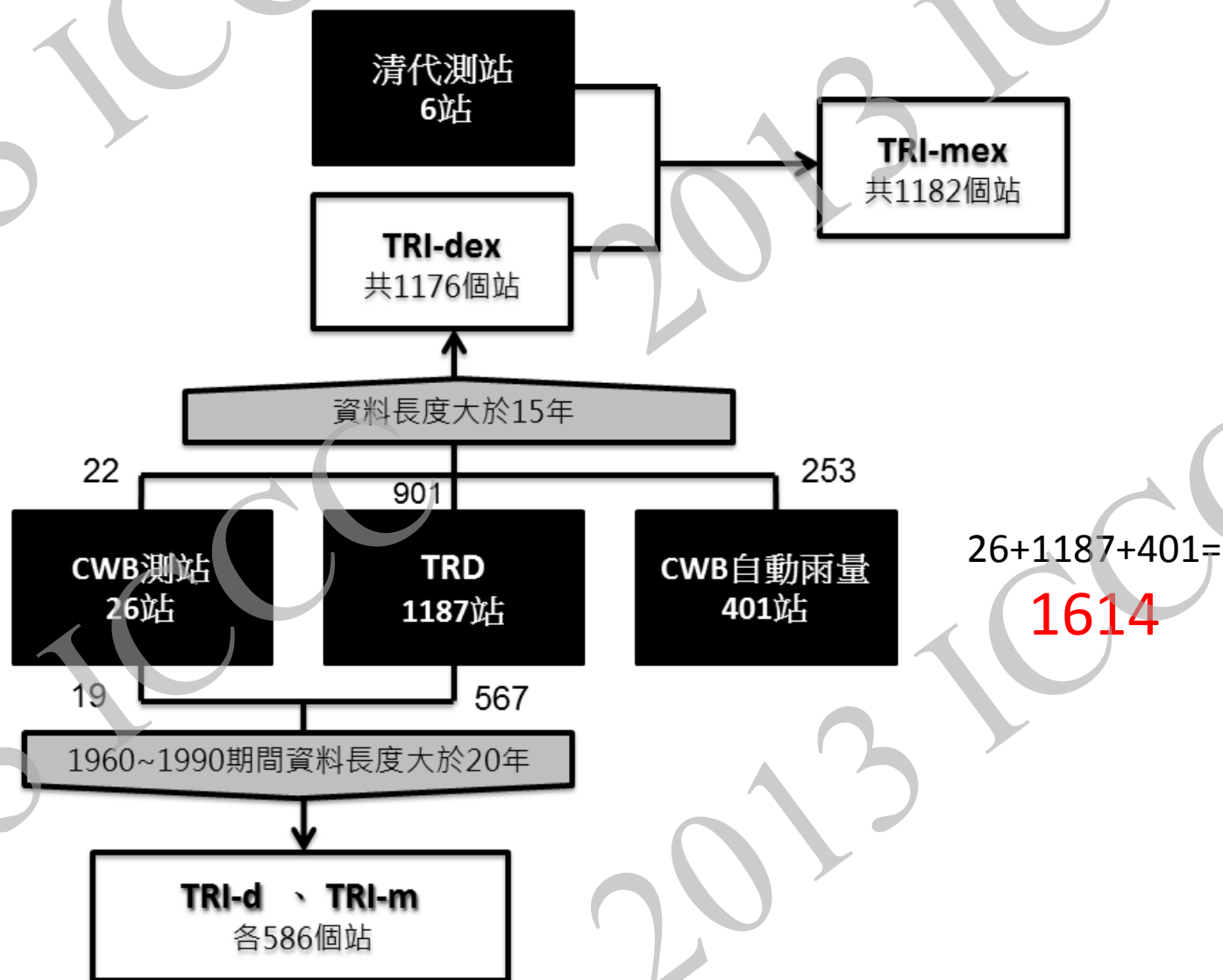
灰底部分: 刪除之測站

黑底部分: 內部處理過程

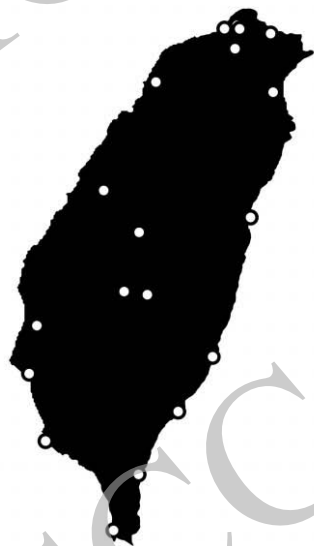
白底部分: 保留之測站

最終使用測站數: 1187站

TRI指數：日資料(TRI-dex, TRI-d)及月資料(TRI-mex, TRI-m)之測站數目統計



TRI-m與TRI-d指數內包含的測站位置圖



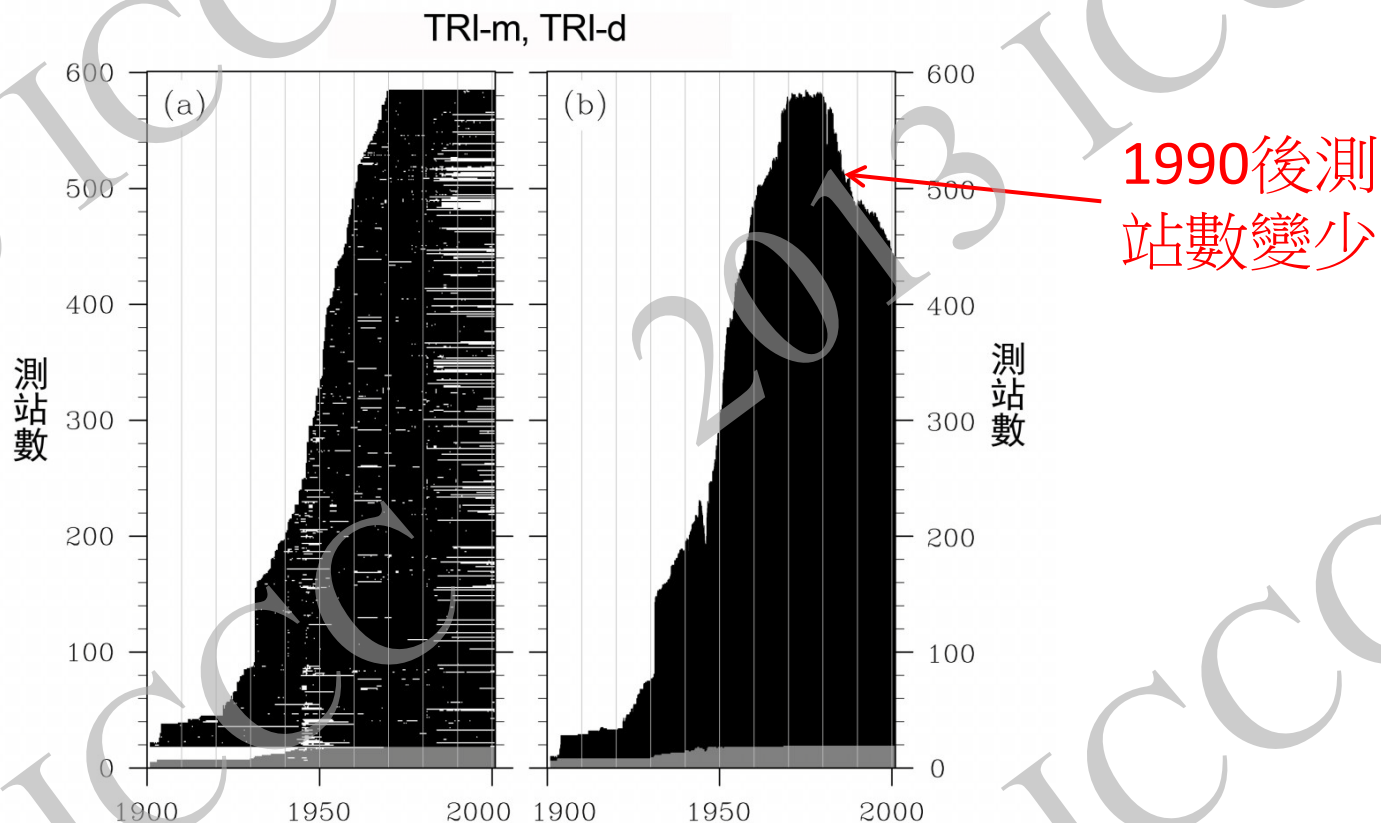
氣象局綜觀氣象站
19站



台灣雨量測站(TRD)
567站

使用在TRI-m與TRI-d 指數內的586個測站分布，左為19個中央氣象局綜觀氣象站，右為567個台灣雨量測站。

使用在TRI-m與TRI-d指數中的資料時間長度與資料總數



- (a) TRI-m與TRI-d內所用的586個測站逐年逐月資料缺漏情形，灰色為中央氣象局綜觀氣象站有資料月份 (19站)，黑色為台灣雨量測站 (TRD) 有資料月份 (567站)，白色為資料缺漏，橫軸為時間，縱軸為各測站。
- (b) 圖(a)中前述測站缺漏情形改為逐年逐月統計有資料的站數，橫軸為時間，縱軸為有資料的站數。

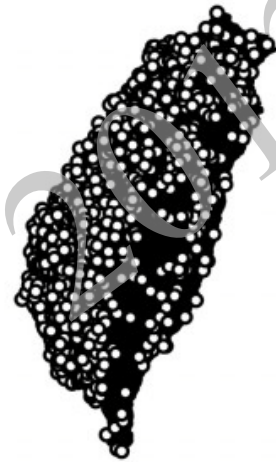
TRI-mex與TRI-d指數內包含的測站位置圖



清代測站
6站



氣象局綜觀氣象站
22站



臺灣雨量測站 (TRD)
901站



氣象局自動雨量站
253站

TRI-mex內1,182個測站位置分布圖，由左至右分別為6個清代測站、22個測站中央氣象局綜觀氣象站、901個台灣雨量測站與253個中央氣象局自動雨量站 (圓點為測站位置)。

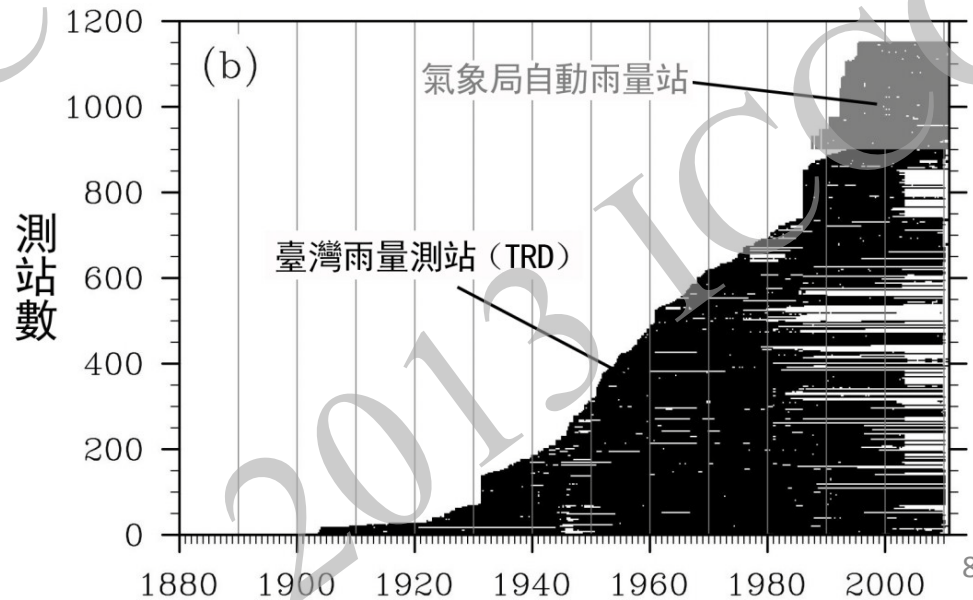
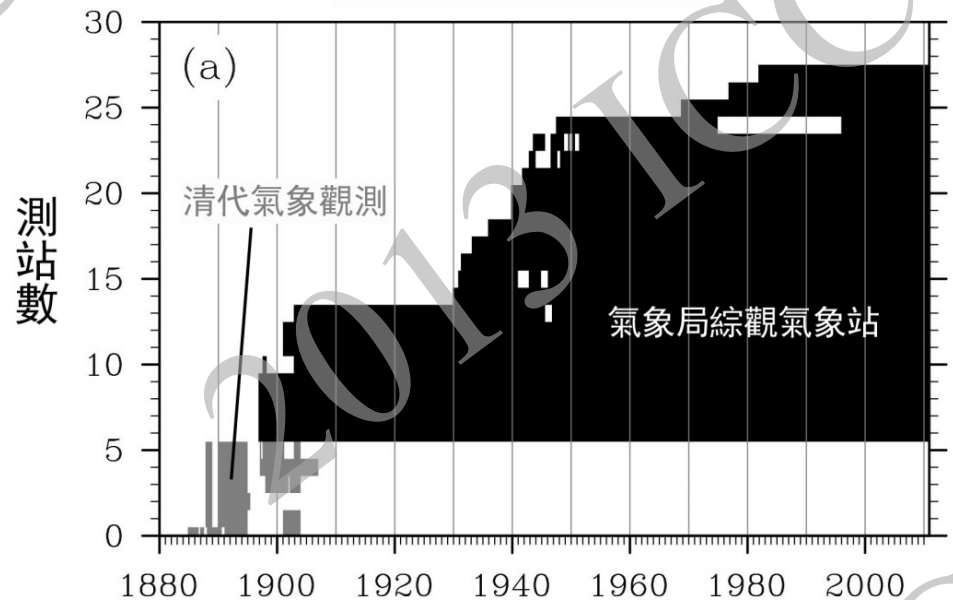
使用在TRI-mex/TRI-dex指數中的數據時間分布

TRI-mex指數中1,182個測站逐年逐月雨量資料缺漏情形:

(a) 中灰色為清代測站有資料月份(6站)，黑色為中央氣象局綜觀氣象站(22站)。

(b) 灰色為中央氣象局自動雨量站有資料月份(253站)，黑色為台灣雨量測站(901站)。

(白色表示資料缺漏)



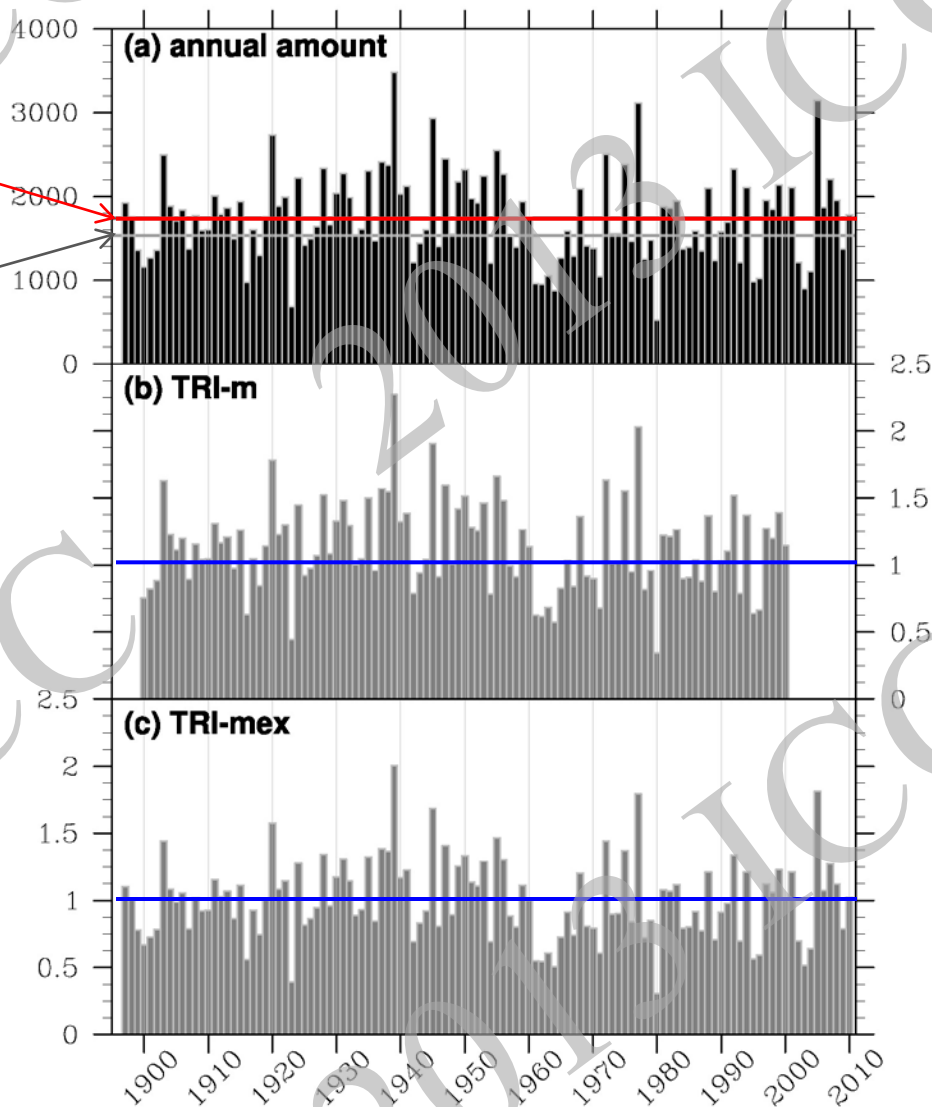
TRI指數計算(以氣象局台南站為例)

紅線為1897~2010平均值

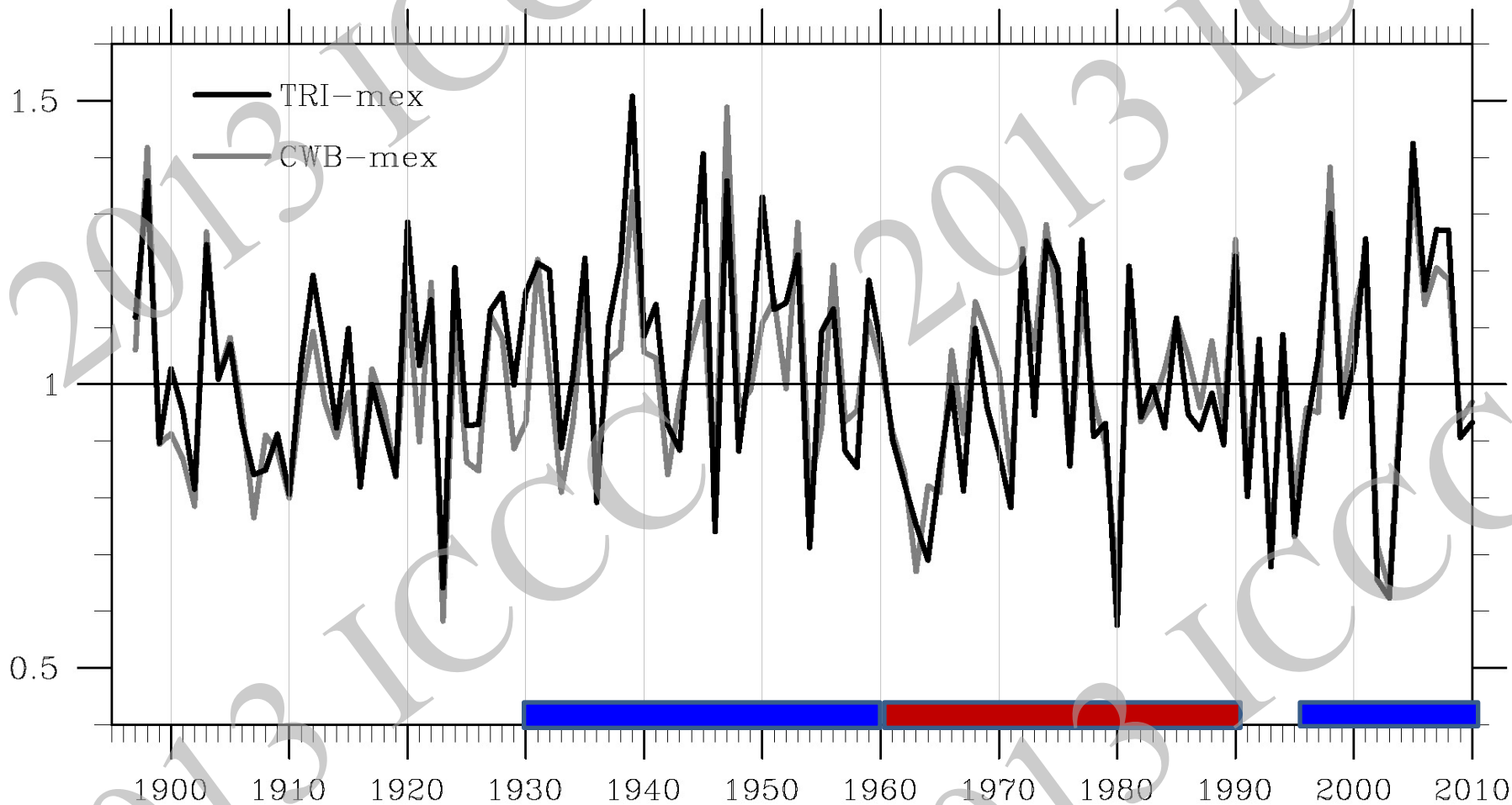
灰線為1961~1990平均值

TRI-m: 月累積雨量值除以
圖(a)中灰線值

TRI-mex: 月累積雨量值除以
圖(a)中紅線值



TRI-mex與CWB-mex(只根據氣象局22綜觀測站)比較



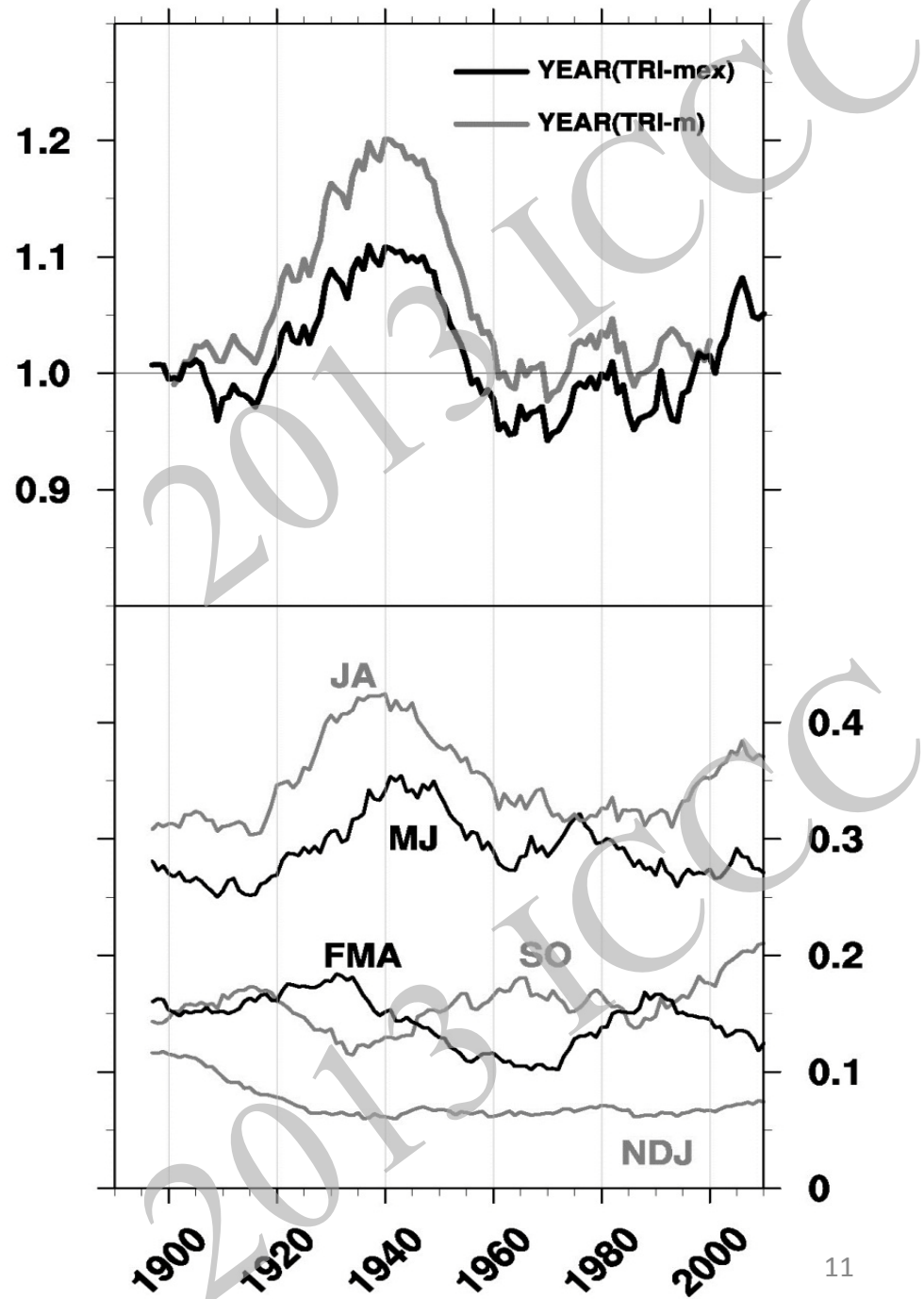
1930-1960年間雨量偏多，1960-1990年雨量較少，1995年後又開始明顯增加

TRI-mex滑動平均所呈現的 各自然季節年代際變化

圖中上半部的粗黑線為TRI-mex、粗灰線為TRI-m所分別算出的年平均年代際變化。

下半部細線中，各線條分別為11~1月 (NDJ)、2~4月 (FMA)、5~6月 (MJ)、7~8月 (JA) 以及9~10月 (SO)，依各季節所含月份累加之TRI-mex數值，呈現各季節的年代際變化。

以上各線，均為21年滑動平均，左側所標之數值，為TRI指數的大小。



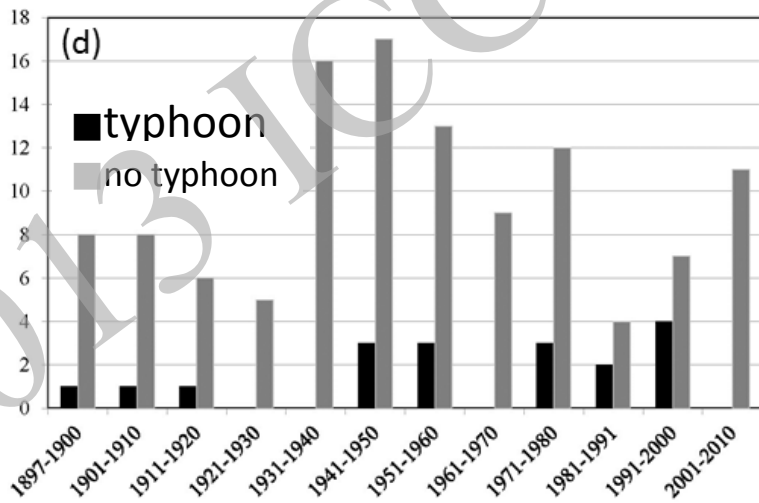
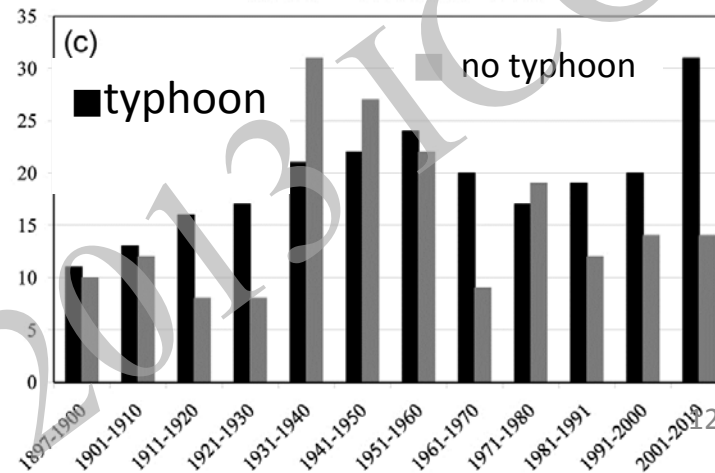
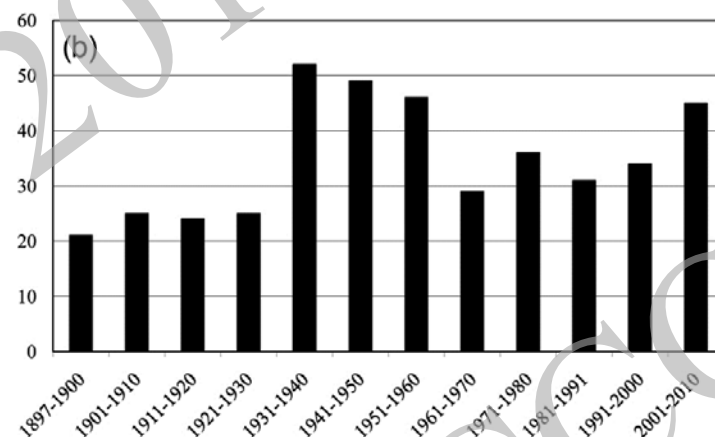
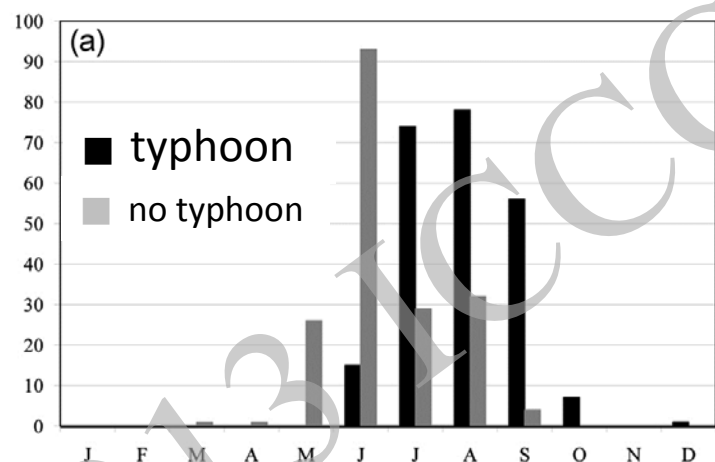
以TRI-dex指數分析1897-2010年 年間，前1%強降雨的特徵

(a) TRI-dex前1%強之極端個案的月份分布，黑色：與颱風有關之個案，灰色：與颱風無關之個案。

(b) TRI-dex前1%強之極端個案的年代分布。

(c) TRI-dex前1%強之極端個案的年代分布，區分為黑色：與颱風有關之個案，灰色：與颱風無關之個案。

(d) 僅計算5-6月份TRI-dex前1%強之極端個案的年代分布，區分為黑色：與颱風有關之個案，灰色：與颱風無關之個案。

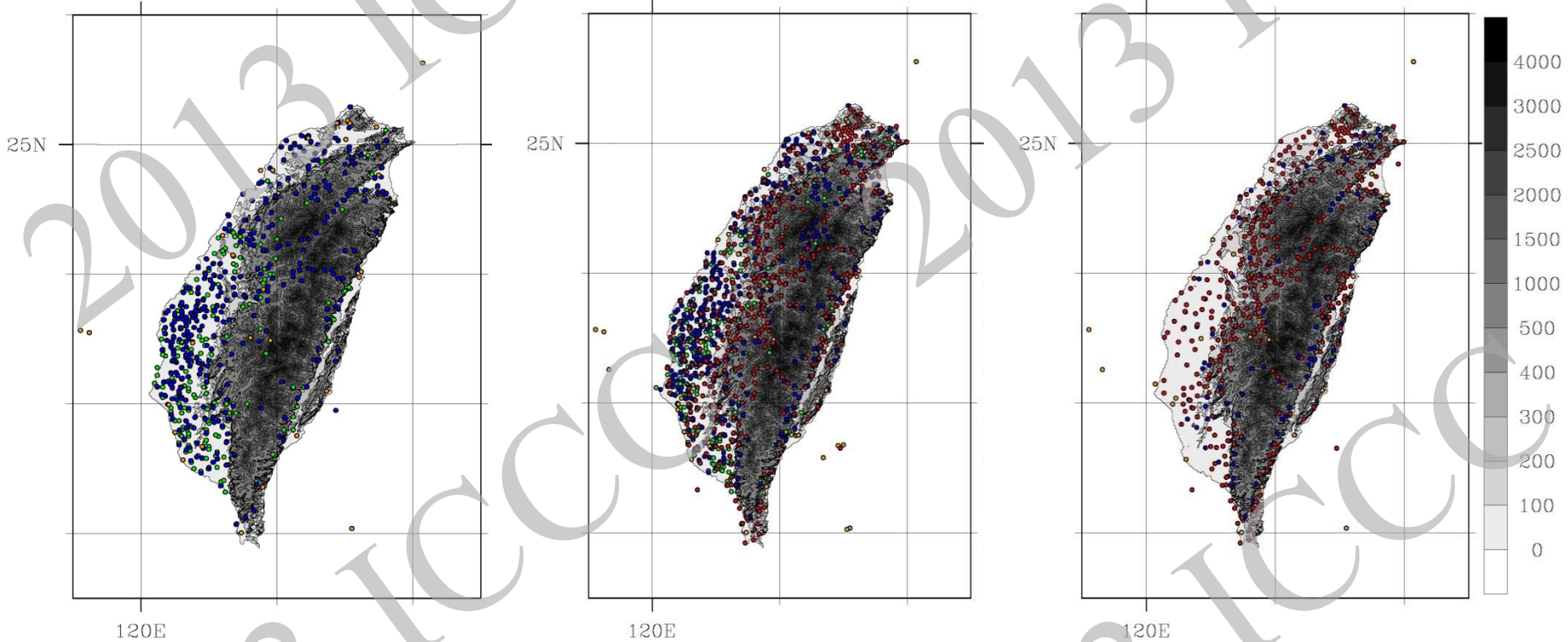


建置一公里網格化溫度、降雨資料庫

1960-01

2000-01

2009-12



Inhomogeneous space-time distribution

紅色圓點:氣象局自動雨量測站

綠色圓點:農業測站

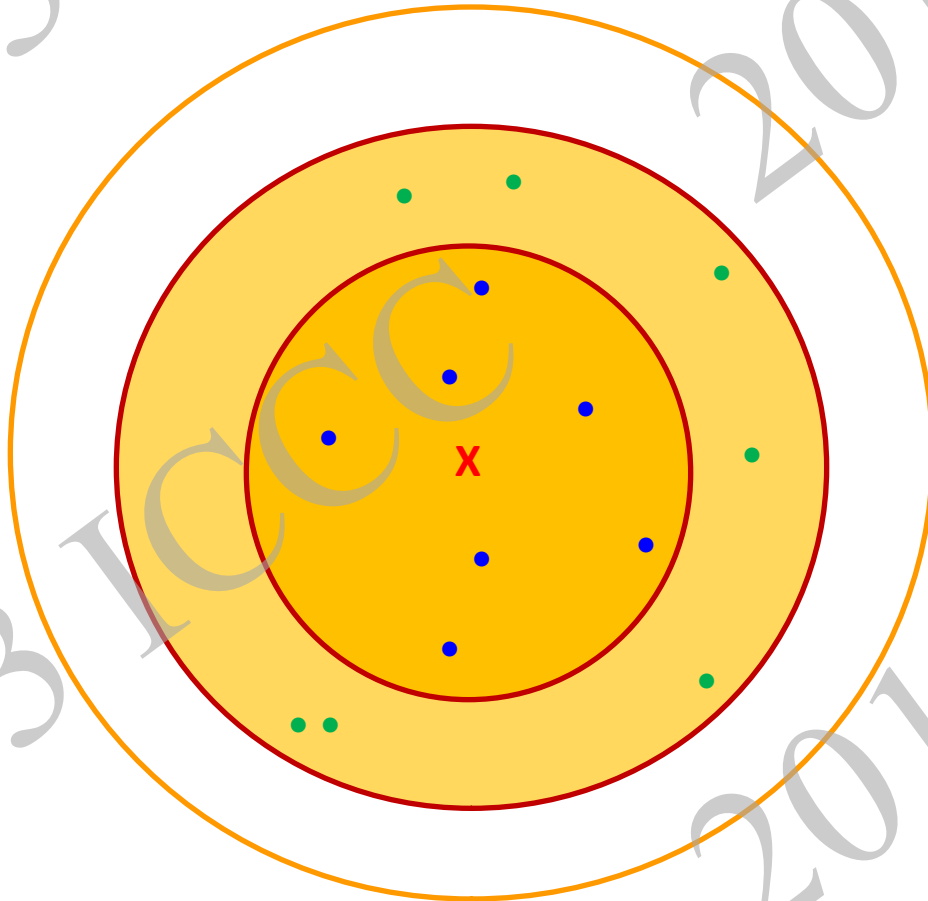
金色圓點:氣象局局屬測站+

空軍測站+民航局測站

藍色圓點:水利署測站

測站降雨、溫度資料補遺和網格化

利用測站地理資訊(經緯度、高度、相對方位角)計算**目標測站**周圍**參考測站**的權重，補遺目標測站缺失的資料。訂定搜尋半徑內至少要有**20**個參考測站在同一時間有資料。再從**20**個參考測站，挑出權重最大的前**10**站，做為補遺時的參考測站。



參考測站權重計算¹

1

$$w_i^d(x, y) = \exp\left(-\frac{d_i^2(x, y)}{c_d}\right) \quad ; \quad c_d = \frac{\overline{d^2}}{\ln 2}$$

- $w_i^d(x, y)$ 為參考測站i的**距離權重參數**
- $d_i(x, y)$ 為參考測站i與目標測站的距離
- c_d 為常數
- $\overline{d^2}$ 為目標測站在不同時間點的搜尋半徑開平方

2

$$w_i^h(x, y) = \exp\left(-\frac{\Delta h_i^2(x, y)}{c_h}\right) \quad ; \quad c_h = \frac{\overline{h^2}}{\ln 2}$$

- $w_i^h(x, y)$ 為參考測站i的**高度權重參數**
- $\Delta h_i(x, y)$ 為參考測站i與目標測站的高度差(km)
- c_h 為常數
- $\overline{h^2}$ 為常數0.35(km)開平方，這是參考 Simolo et al.(2009)的作法而定的

參考測站權重計算²

3

$$w_i^{ang}(x, y) = 1 + \frac{\sum_{j \neq i} w_j^d(x, y) w_j^h(x, y) (1 - \cos \theta_{(x, y)}(j, i))}{\sum_{j \neq i} w_j^d(x, y) w_j^h(x, y)}$$

4

$$w_i(x, y) = w_i^d(x, y) w_i^h(x, y) w_i^{ang}(x, y)$$

最終權重決定於距離、高度、及相對方位角等3個因子

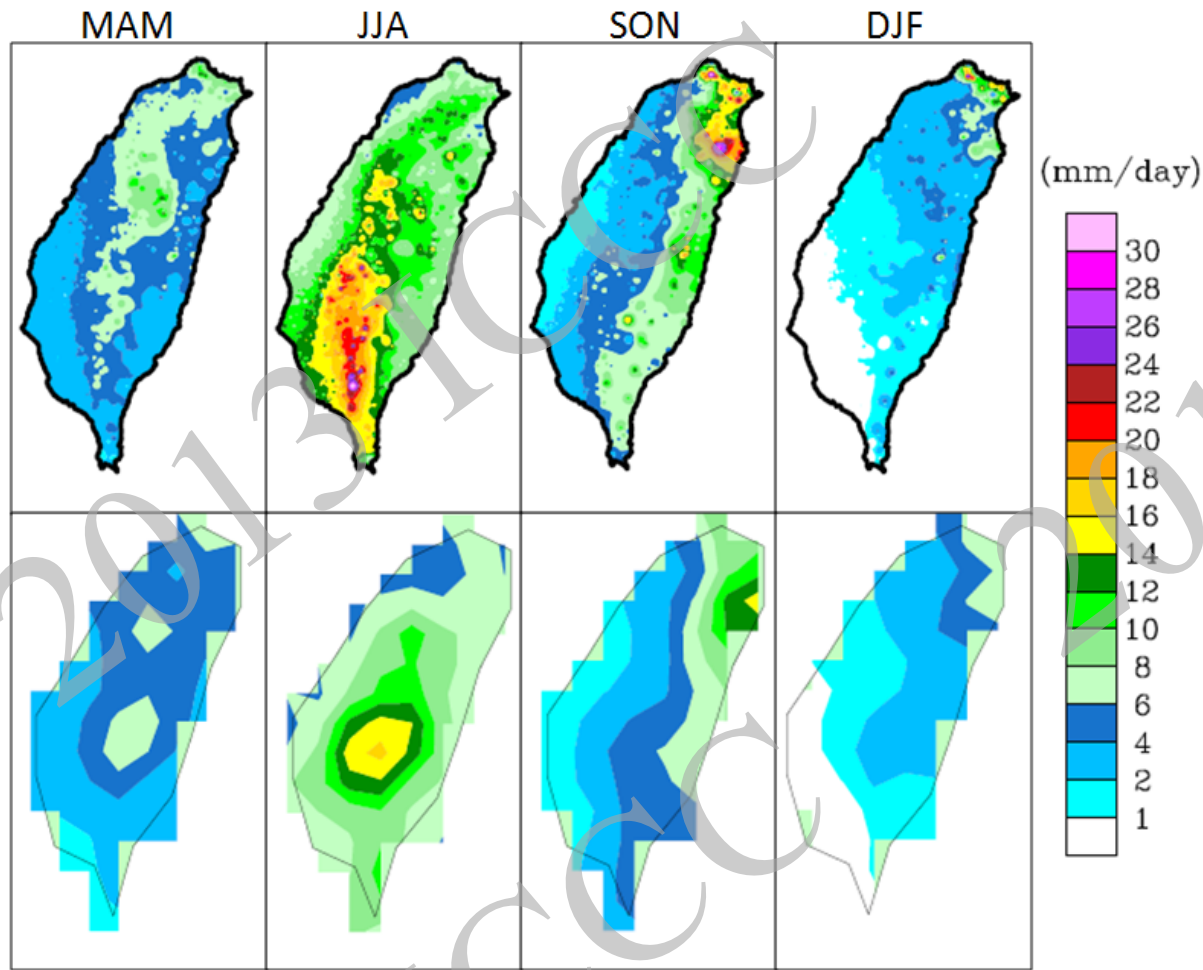
- 式子中i、j皆代表參考測站
- $w_i^{ang}(x, y)$ 是參考測站i相對於目標測站的**方位角權重參數**

- $\sum_{j \neq i} w_j^d(x, y) w_j^h(x, y) (1 - \cos \theta_{(x, y)}(j, i))$

上式代表除參考測站i以外，其餘參考測站j的距離權重參數、高度權重參數以及參考測站j與參考測站i之間夾角的乘積去做累加。

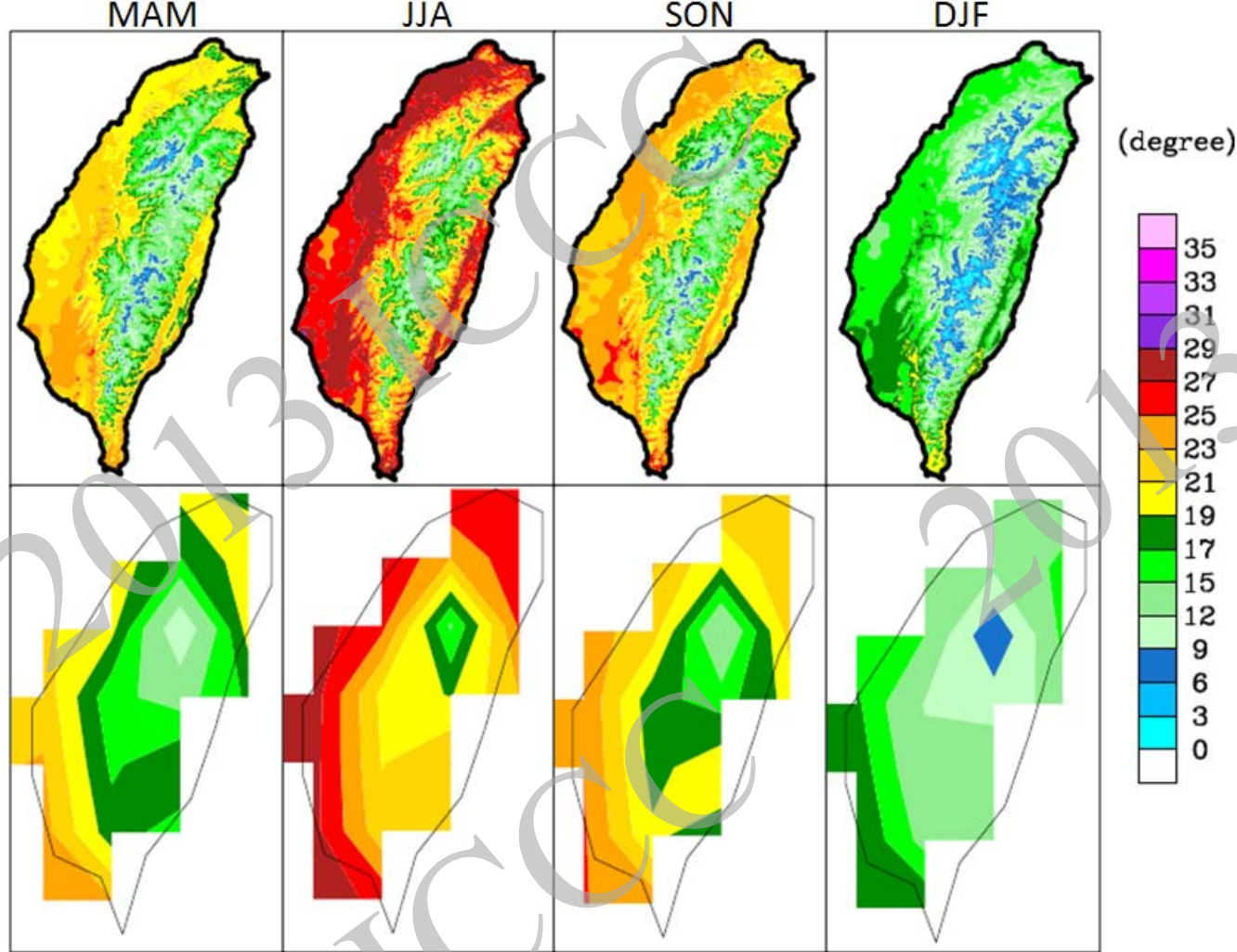
- $\sum_{j \neq i} w_j^d(x, y) w_j^h(x, y)$ 表示除參考測

站i以外，其餘參考測站j的距離權重參數和高度權重參數的乘積做累加。



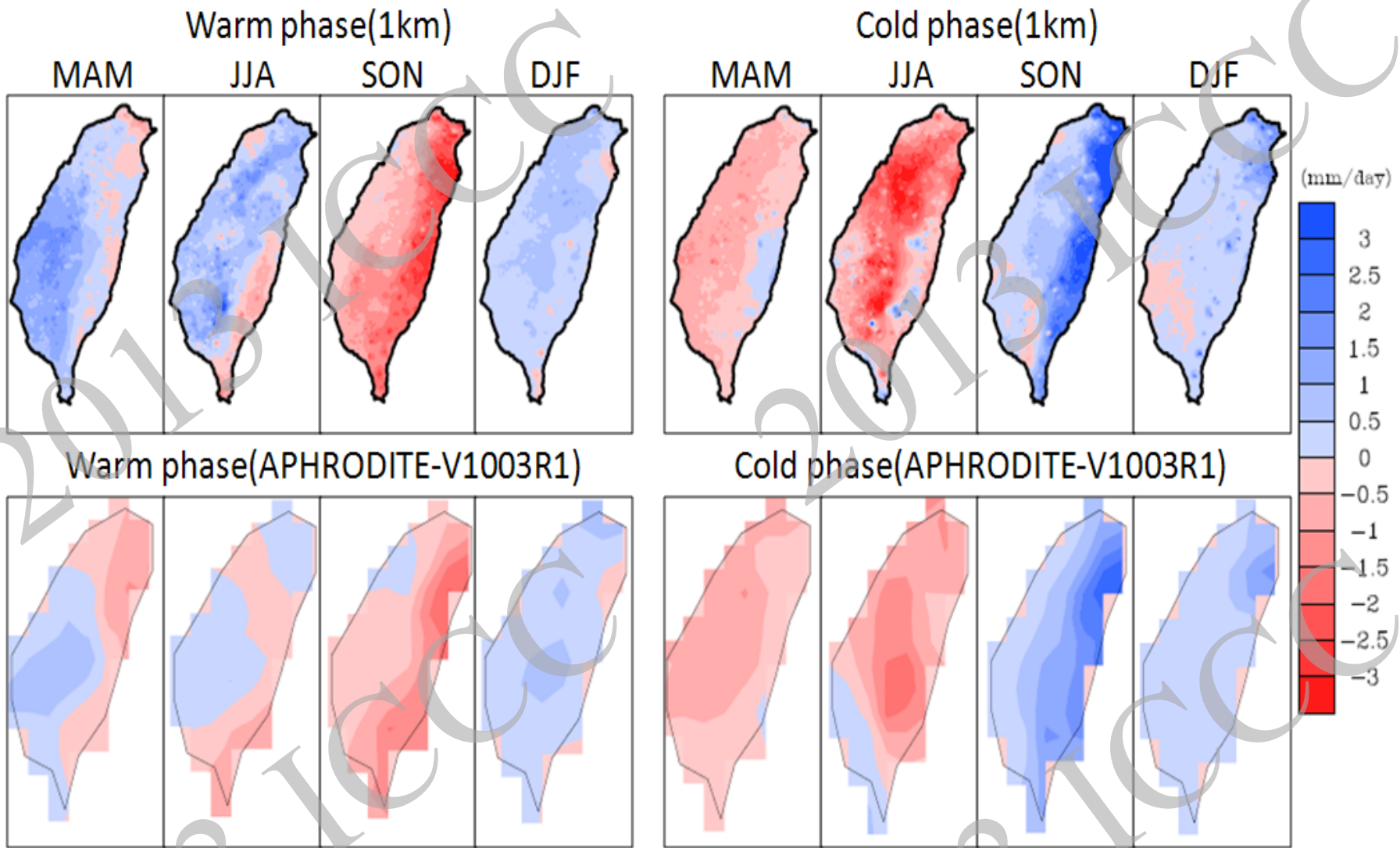
測站觀測資料常常因為人為或自然災害因素甚或是發生戰爭，導致觀測資料遺失和損毀。殘缺不全的記錄對我們研究區域氣候的長期變遷，將造成很大的影響。早期的測站又常設立在交通方便、人跡可達的平原地帶。吾人研究氣候暖化下，對於強化的水文循環敏感度高的高山地區資料的需求，因此通常是付諸闕如。空間解析度不足又有漏失的觀測資料，對於像臺灣這樣地形起伏多變而又位處季風環境的地區，欲研究其水文循環變化，無寧是一大挑戰。蒐集散落在各單位的測站資料，本文的研究目標在於應用補遺(imputation)和空間推估方法，產生一組無缺失，水平解析度1公里，月時間解析度的50年(1960-2009)降雨和溫度資料，以滿足研究臺灣氣候的強烈需求。

上圖比較日本APHRODITE-0.25度網格資料(第2列)和TCCIP產製的一公里解析度的降雨資料(第1列)，在不同季節的氣候平均場。可以發現，兩組資料的降雨分佈雖然相似，但對於局部地區的降雨分佈描述還是有些許不同，尤其是夏、秋兩季時的氣候場。整體來說高解析度資料更能夠凸顯出局部地區降雨空間分佈上的差異。

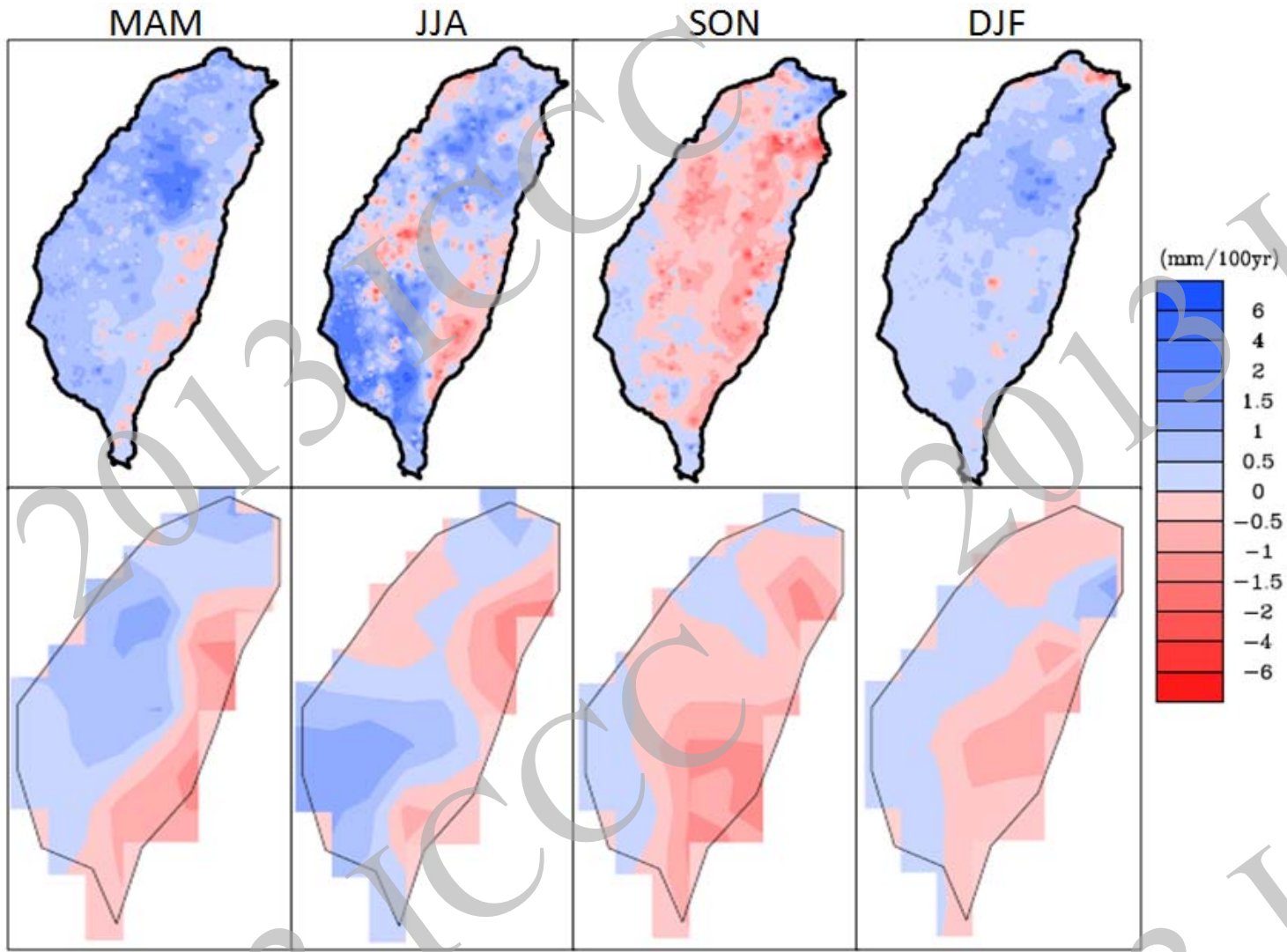


使用的測站觀測資料中央氣象局的局屬測站與自動站之降雨、溫度觀測資料，以及經濟部水利署、農田水利會、台灣電力公司等單位的測站資料。透過國家防救災中心取得的經濟部水利署測站資料，只有降雨紀錄。另外，從中央氣象局取得臺灣省農田水利會測站資料以及台灣電力公司早期在山區探堪、開發電力時，留下的降雨與溫度資料。凍省後匯整到氣象局的上述資料，本文統稱為農業測站資料。除此之外，本網格資料庫之建置也使用來自民航局和空軍測站的降雨與溫度觀測資料。

上圖比較了英國CRU和本研究產製的一公里溫度網格資料(0.5度x0.5度)。由圖可發現粗糙的CRU資料，溫度場只隨地形高度增加而遞減，四季變化的空間分佈都類似，只有數值上高低的差異。高解析度資料除了忠實反應局部地形的影響因素之外，西部主要都會區的熱點，以及海風調節海岸區域氣溫的效應也相當明顯⁸。

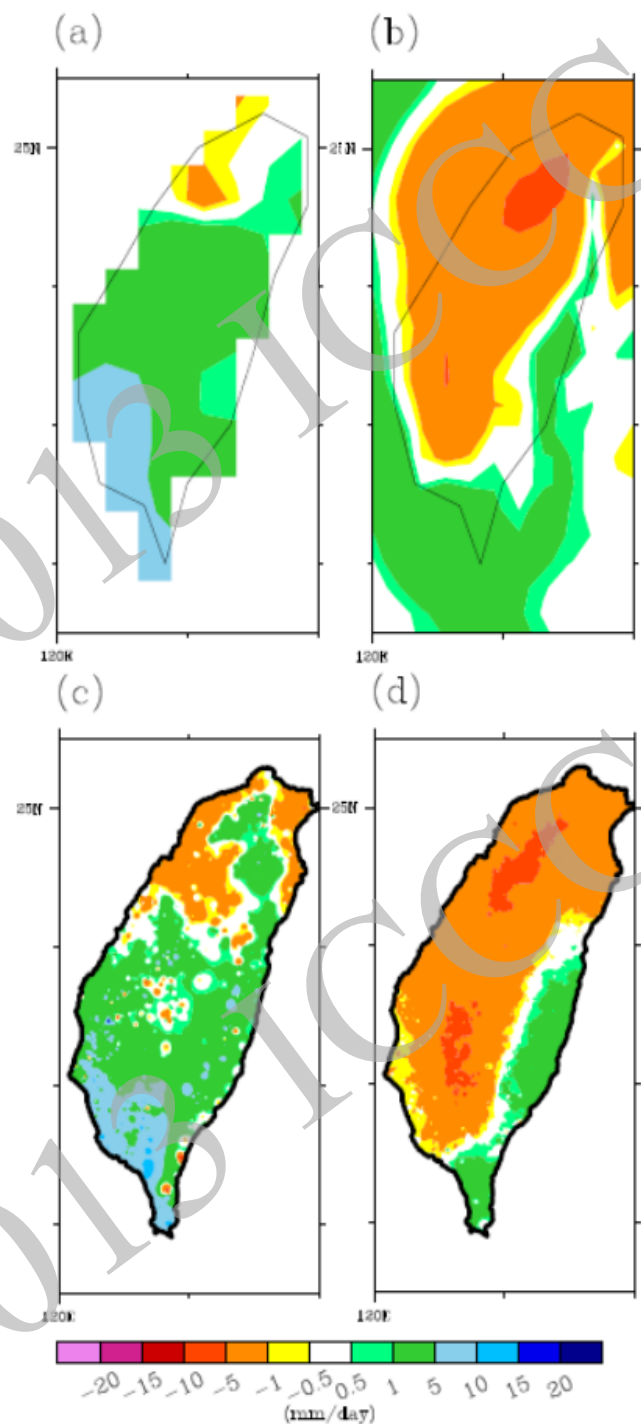


本研究得到的高解析度月降雨網格資料(1km)(上列8張圖)和日本APHRODITE降雨資料(0.25x0.25度, V1003R1版)(下列8張圖), 在ENSO冷暖相位, 於四季(MAM, JJA, SON, DJF)的距平場比較。



這一組基礎資料庫也是吾人利用動力模式推估區域氣候變遷時的參考資料庫。當今模式模擬的氣候或多或少總有系統性偏差，必須先與觀測的氣候場進行動力或統計訂正，也就是降尺度操作。模擬的未來氣候再去除系統性偏差後，才能被用於未來推估。雖然因補遺暨空間推估技術本身也會產生誤差，導致現實上並不存在所謂的觀測氣候場；但是本文所建置的基礎資料庫無疑地提供模式未臻成熟時，對模式資料進行分析時的重要根據。

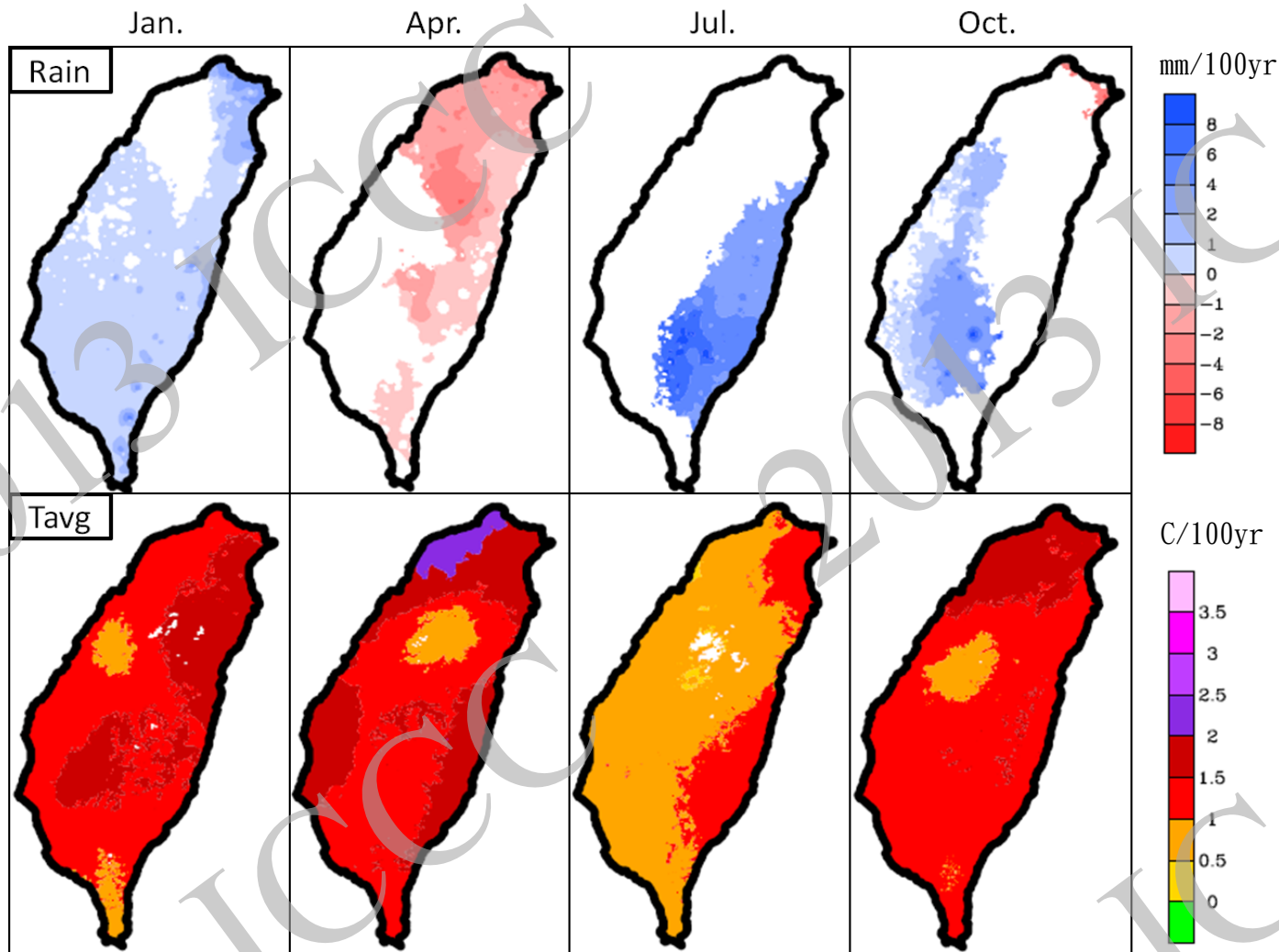
高解析度月降雨網格資料(1km)(上列4張圖)和日本 APHRODITE 降雨資料(0.25x0.25度, V1003R1版)(下列4張圖), 在不同季節的長期線性趨勢(單位: mm/100yr)。



有了1km高解析度的網格化降雨和溫度歷史資料庫後，本研究利用Wood et al. (2004)發展出的偏差訂正空間分解法 (bias-correction and spatial disaggregation, BCSD)，透過改變解析度、修正模式偏差、獲取模擬因子等步驟，將日本氣象廳-氣象研究所(Japan Meteorological Agency/Meteorological Research Institute, JMA/MRI)的MRI-20km模式資料，降尺度到1km解析度的網格，得到于現今(1979-2003)、模式模擬的降雨和溫度網格資料。MRI-20km模式資料先與歷史資料(1979-2003)進行模式系統誤差修正後，再將修正值應用到模擬的(2015-2039)資料，推估近未來的降雨和溫度變化。

1999夏季(JJA)距平場分佈：

- (a)APHRODITE觀測降雨
- (b)訂正前MRI-20km模式降雨
- (c)本研究產製的1km網格化降雨
- (d)經BCSD訂正後的MRI-1km降雨



近未來(2015~2039年)月降雨趨勢(上圖；通過90%信賴水平)，以及月均溫趨勢(下圖；通過95%信賴水平)。沒有通過檢定的地區留白。

結語¹

- 使用超過一千五百站的雨量觀測數據建立的TCCIP-TRI，是臺灣氣象科學觀測史上，**首度整合最多降雨資料**所彙整成的最長雨量指數。
- **TCCIP-TRI**分成日與月尺度，以類似國際上著名「全印度季風降雨指數」(All-Indian Rainfall Index)方式，提供研究者一個方便處理且具有**區域整體降雨特色**的雨量觀測指標。
- 過去一百多年臺灣整體年總雨量的變化，大致呈現**1930-1960年間雨量偏多**，**1960-1990年雨量較少**，**1995年後又開始明顯增加**。上述年代際的變化趨勢，不但表現在年總值上，也出現在極端降雨的發生頻率。
- 臺灣春雨與太平洋年代際震盪有正相關，**秋雨與春雨有明顯負相關**。
- 最近20年，與**颱風(梅雨)**相關的**極端降雨頻率有增加(變少)**的趨勢。

結語²

- 利用測站地理資訊進行補遺，TCCIP已生產一組**完整的、1公里解析度**、長度50年(1960.1-2009.12)的網格化降雨、溫度(包括均溫、最高溫、最低溫)資料庫。
- 與同期的Japan APHRODITE 網格化降雨(0.25度)以及British CRU網格化溫度(0.5度)比較發現，TCCIP資料庫更能夠**凸顯出臺灣局部地區**降雨、溫度在時空分佈上的**細緻差異**。
- 利用日本MRI/JMA區域氣候模式模擬的歷史(1979-2003)，以及推估的近未來(2015-2039)資料，並應用BCSD (bias-correction and spatial disaggregation)統計降尺度方法到1公里資料庫，針對臺灣本島在近未來(2015-2039)的雨量及溫度的可能變化進行推估的結果顯示：**(1)近未來北台灣春雨有減少的趨勢；(2)東南部夏雨及西南部秋雨有增加的趨勢；(3)全島普遍增溫的趨勢下，北臺灣春溫有明顯上升的訊號。**

均一化資料

台灣均一化測站雨量

中央氣象局綜觀氣象站雨量

中央氣象局自動雨量站

Taiwan Rainfall Index-monthly(TRI-m)

Taiwan Rainfall Index-daily(TRI-d)

Taiwan Rainfall Index-monthly-extend(TRI-mex)

Taiwan Rainfall Index-daily-extend(TRI-dex)

網格化資料

月降雨網格資料

月溫度網格資料

月最高溫度網格資料

月最低溫度網格資料

日降雨網格資料

東亞觀測資料

APHRODITE降雨資料

CRU氣溫資料

原始資料

中央氣象局、水利署、農田水利會、台電等測站降雨資料

IPCC AR4氣候模式月資料(20C3M, A1B, A2, B1)

日本MRI高解析度環流模式(20公里)

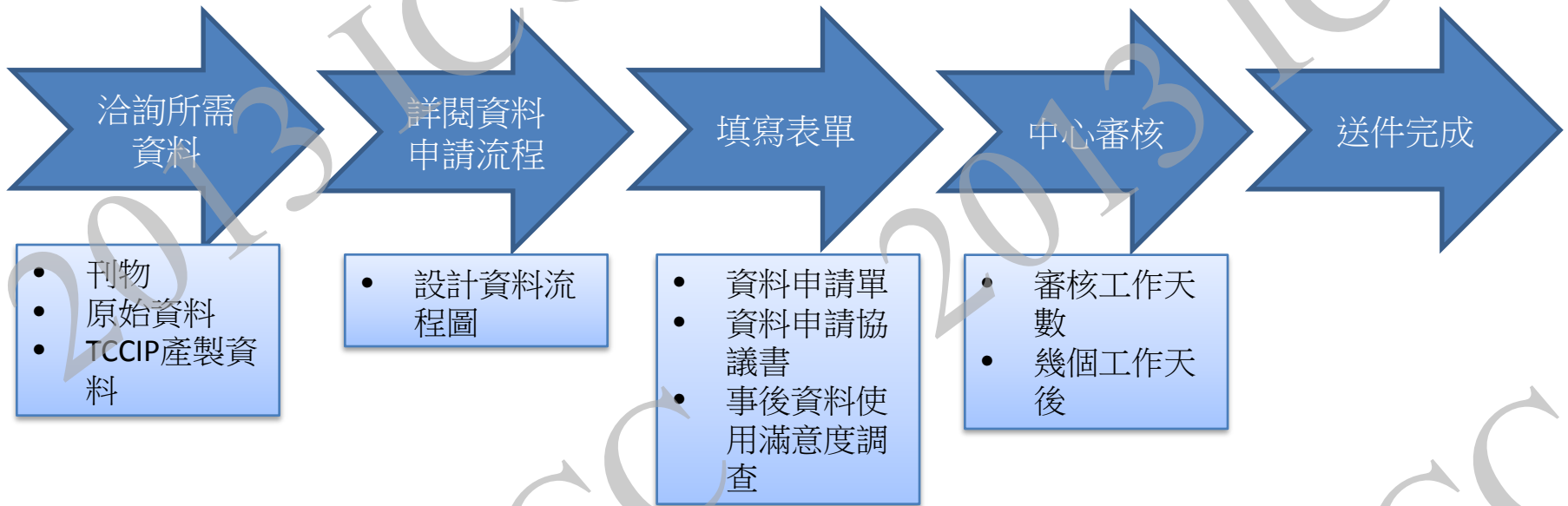
月統計降尺度(based on IPCC AR4 模式)

月統計降尺度(based on MRI 高解析度模式)

WRF動力降尺度

1. Based on MRI model output
2. Based on ECHAM5 model output

TCCIP資料申請流程



Thank you!

TCCIP 加值資料使用原則

TCCIP 團隊所有成員均可使用於 TCCIP 內之研究上

發表論文期刊時，若有使用到加值資料，請將原產製者列為共同作者

計畫外人員使用一律透過 TCCIP 計畫辦公室申請

資料產製者保有該組資料於計畫外研究的使用權利