



# 氣候變遷水資源衝擊圖

## 資料生產履歷



2022 年 7 月 25 日

臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台

Taiwan Climate Change Projection Information and Adaptation Knowledge Platform

# 氣候變遷水資源衝擊圖生產履歷

## 1. 資料紀錄

2020.11(上架)

## 2. 資料產製目的

氣候變遷對於水資源領域之影響層面廣泛，從氣象水文之變遷，到集水區之河川流量、蒸發散等衝擊，再至供水端與用水端之未來供需變化等，可分析討論之面向相當多元。而科技部 TCCIP 計畫宗旨乃持續提供氣候變遷推估資訊供各部會使用，以強化科學基礎，建構全面預警能力，其中 Team2 更聚焦重點於氣候變遷情境下各領域前端資料之分析與提供。

本計畫分別產製氣候變遷水資源危害/衝擊圖，危害圖聚焦於大氣水文之變化，如雨量變化與溫度變化等，而衝擊圖則聚焦於集水區在氣候變遷危害下之反應，如流量變化、蒸發散變化與入滲量變化等。本計畫將臺灣依水資源分區分為北中南東四區，並從中挑選全臺重要水源集水區，再以指標方式簡要提供使用者氣候變遷不同暖化情境下，水資源相關之氣候危害與流量衝擊情況。

以下說明氣候變遷水資源衝擊圖之使用資料與產製流程。

## 3. 資料來源

### ■ 氣候模式資料

水資源領域氣候變遷衝擊指標推估，使用 TCCIP 計畫所產製的統計降尺度日資料 (詳參閱” AR5 推估模式網格日資料生產履歷” )，參考歷史基期時段為 1976-2005 年，推估時段為世紀中 2036~2065 年。

### ■ 集水區劃分以及雨量觀測資料

本計畫氣候變遷衝擊指標所使用之觀測雨量測站與集水區劃分如附表 1 所示。集水區挑選與劃分方式，乃基於臺灣各地區主要水源取水設施或流量參考點作為控制點，並以地表高程劃分該控制點之集水區域。觀測雨量資料則挑選集水區內記錄年限足夠且完整之測站 (1976~2005 年中記錄年限>20 年)。

## 4. 產製流程

### ■ 氣候變遷水資源衝擊圖

氣候變遷水資源衝擊圖產製流程圖(圖 1)以及產製細部流程如下所示。



圖 1 氣候變遷水資源衝擊圖產製流程圖

#### 步驟一、

針對欲進行分析之集水區內觀測雨量測站，與統計降尺度日資料進行空間位置對應，挑選距離測站最鄰近之資料網格點。

#### 步驟二、

將所挑選出之資料網格點，進行”統計降尺度日資料測站偏差修正”，可得到各網格資料點在各氣候模式之偏差修正結果。(統計降尺度日資料測站偏差修正方法詳參”附註 1”)

#### 步驟三、

將上述偏差修正成果，針對個別氣候模式進行徐昇式多邊形法(Thiessen's Polygon Method)(參數詳附表 1)，將同集水區內各點雨量資料轉換為集水區平均資料，可得到各集水區不同氣候模式之平均日雨量。

#### 步驟四、

將上述成果結果帶入”GWLF 水文模式”進行計算，可得到各集水區在各氣候模式之流量推估成果。(GWLF 水文模式介紹詳參”附註 2”)

#### 步驟五、

將上述結果依照上述”氣候變遷水資源衝擊指標”進行計算，可得到各集水區在各氣候模式之指標成果(變化率%)。

氣候變遷水資源衝擊指標共七項，皆為變化率(%)：年總逕流量、乾季流量、濕季流量、年常流量(Q90)、生態基流量(Q95)、年入滲量、年蒸發散量。氣候變遷水資源衝擊指標文獻出處與說明如下表 1 所示。

表 1 氣候變遷衝擊指標文獻出處及說明

指標項目	文獻出處	說明	計算方式
年平均逕流量	強化南部水資源分區因應氣候變遷水資源管理調適能力研究(2011)	影響集水區水源之水量總量變化與季節分配變化狀況	未來推估集水區年平均流量(mm/year)/基期集水區年平均流量(mm/year)
乾季(11-4月)流量			未來推估集水區乾季(11-4月)平均流量(mm/year)/基期集水區乾季(11-4月)平均流量(mm/year)
濕季(5-10月)流量			未來推估集水區濕季(5-10月)平均流量(mm/year)/基期集水區濕季(5-10月)平均流量(mm/year)
年常流量(Q <sub>90</sub> )		集水區之經常流量變化情形，亦為水資源供水單位之重要指標	未來推估集水區年流量大於基期年流量 10 百分位數之數量(次)/基期集水區年流量大於基期年流量 10 百分位數之數量(次)
年入滲量		影響集水區地下水補注量之指標	未來推估集水區年平均入滲量(mm/year)/基期集水區年平均入滲量(mm/year)
生態基流量(Q <sub>95</sub> )	國內水庫壩堰規劃方法	影響集水區與河川生態所需之流量評估指標	未來推估集水區年流量大於基期年流量 5 百分位數之數量(次)/基期集水區年流量大於基期年流量 5 百分位數之數量(次)
年蒸發散	Climate-Fact-Sheets, Garics	影響集水區水源總量變化狀況	未來推估集水區年平均蒸發散量(mm/year)/基期集水區年平均蒸發散量(mm/year)

步驟六、

將計算結果依照分區/集水區進行彙整，可得到各集水區之指標成果(變化率%)，再以盒鬚圖進行資料繪製與成果彙整，即可得到成品”氣候變遷水資源衝擊圖”。

## 5. 參考文獻

Climate fact sheets, [https://www.climate-service-](https://www.climate-service-center.de/products_and_publications/fact_sheets/climate_fact_sheets/index.php.en)

[center.de/products\\_and\\_publications/fact\\_sheets/climate\\_fact\\_sheets/index.php.en](https://www.climate-service-center.de/products_and_publications/fact_sheets/climate_fact_sheets/index.php.en)

Haith, D. A., Mandel, R., & Wu, R. S., 1992: GWLF, generalized watershed loading functions, version 2.0, user's manual. Dept. of Agricultural & Biological Engineering, Cornell University, Ithaca, NY.

Su, Y. F., C. T. Cheng, J. J. Liou, Y. M. Chen, and A. Kitoh, 2016: Bias correction of MRI-WRF dynamic downscaling datasets. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, 27, 649-657, doi: 10.3319/TAO.2016.07.14.01

陳昭銘 (2008)：台灣之自然季節，水利土木科技資訊季刊，42 期。

經濟部水利署 (2011)：強化南部水資源分區因應氣候變遷水資源管理調適能力研究。

經濟部水利署 (2012)：強化北部水資源分區因應氣候變遷水資源管理調適能力研究。

經濟部水利署 (2015)：氣候變遷下河川環境流量之研訂及推動策略究(1/2)。

經濟部水利署 (2019)：因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(1/2)。

## 6. 發表文章

待發表

附表 1 選用集水區及地文資料詳表

分區	集水區	控制點	站名	站號	徐昇式 權重	面積 (km <sup>2</sup> )	GWLF (CN 值)	GWLF (K 值)
北部	基隆河	介壽橋(1)	瑞芳(2)	01A380	1.00	94.4	73	0.076
北部	北勢溪	翡翠水庫	坪林(4)	01A450	0.57	303	71	0.05
北部	北勢溪	翡翠水庫	碧湖	01A190	0.43	303	71	0.05
北部	南勢溪	南勢溪	大桶山	01A440	0.34	318.16	71	0.05
北部	南勢溪	南勢溪	福山(3)	01A430	0.66	318.16	71	0.05
北部	大漢溪	石門水庫	石門(3)	01C400	0.01	763.4	71	0.031
北部	大漢溪	石門水庫	石門	21C050	0.01	763.4	71	0.031
北部	大漢溪	石門水庫	巴陵	21C070	0.07	763.4	71	0.031
北部	大漢溪	石門水庫	高義	21C080	0.08	763.4	71	0.031
北部	大漢溪	石門水庫	嘎拉賀	21C090	0.12	763.4	71	0.031
北部	大漢溪	石門水庫	長興	21C110	0.07	763.4	71	0.031
北部	大漢溪	石門水庫	霞雲	21C140	0.12	763.4	71	0.031
北部	大漢溪	石門水庫	三光	21C150	0.04	763.4	71	0.031
北部	大漢溪	石門水庫	鞍部	21D120	0.01	763.4	71	0.031
北部	大漢溪	石門水庫	秀巒	21D140	0.04	763.4	71	0.031
北部	大漢溪	石門水庫	玉峰	21D150	0.04	763.4	71	0.031
北部	大漢溪	石門水庫	白石	21D160	0.11	763.4	71	0.031
北部	大漢溪	石門水庫	鎮西堡	21D170	0.26	763.4	71	0.031
北部	三峽河	三峽(2)	大豹	01A210	0.82	125.34	76	0.108
北部	三峽河	三峽(2)	三峽	01A220	0.18	125.34	76	0.108
北部	油羅溪	內灣	梅花	01D180	0.61	139.07	71	0.044
北部	油羅溪	內灣	鳥嘴山	01D190	0.39	139.07	71	0.044
北部	上坪溪	上坪	太閣南	01D100	0.44	221.73	71	0.036
北部	上坪溪	上坪	清泉	01D110	0.56	221.73	71	0.036
北部	羅東溪	羅東堰	新北城	01U190	1.00	123.66	64	0.064
北部	雙溪	雙溪	坪林(4)	01A450	0.10	116	72	0.11
北部	雙溪	雙溪	碧湖	01A190	0.05	116	72	0.11
北部	雙溪	雙溪	瑞芳(2)	01A380	0.85	116	72	0.11
北部	青潭溪	青潭堰	大桶山	01A440	0.97	318.16	71	0.05
北部	青潭溪	青潭堰	坪林(4)	01A450	0.03	318.16	71	0.05
中部	中港溪	田美攔河堰	南庄(1)	01E170	1.00	143.12	72	0.04
中部	老田寮溪	明德水庫	和興	01E370	1.00	61.08	85	0.04
中部	後龍溪	打鹿坑堰	大湖(1)	01E270	1.00	247.28	55	0.04
中部	大安溪	士林堰	象鼻(1)	01E060	0.08	450	72	0.04
中部	大安溪	士林堰	松安	01E080	0.92	450	72	0.04
中部	雪山坑溪	雪山坑溪	雪嶺	01F350	1.00	45.32	72	0.04
中部	景山溪	鯉魚潭水庫	卓蘭(2)	01E230	1.00	53.45	88	0.04
中部	大甲溪	石岡壩	八仙山(1)	01F100	1.00	1061	80	0.08
中部	大里溪	溪南橋	頭汴坑	01F680	1.00	269.4	80	0.029
中部	北港溪	南北通橋	清流(1)	01H720	0.18	408	64	0.029
中部	北港溪	南北通橋	惠蓀(2)	00H810	0.38	408	64	0.029
中部	北港溪	南北通橋	翠巒	01H210	0.24	408	64	0.029
中部	北港溪	南北通橋	翠峰	01H310	0.19	408	64	0.029
中部	南港溪	觀音橋	北山(2)	01H680	1.00	338	65	0.0005
中部	貓羅溪	南崗大橋	六分寮	01H590	1.00	253.58	75	0.003

中部	貓羅溪	南崗大橋	草屯(4)	01H630	0.00	253.58	75	0.003
中部	濁水溪	集集攔河堰	玉山	467550	0.09	2034	60	0.02
中部	濁水溪	集集攔河堰	日月潭	467650	0.36	2034	60	0.02
中部	濁水溪	集集攔河堰	集集(2)	00H710	0.05	2034	60	0.02
中部	濁水溪	集集攔河堰	西巒	01H470	0.21	2034	60	0.02
中部	濁水溪	集集攔河堰	內茅埔(2)	01H780	0.06	2034	60	0.02
中部	濁水溪	集集攔河堰	望鄉	01H390	0.15	2034	60	0.02
中部	濁水溪	集集攔河堰	東埔	01H400	0.08	2034	60	0.02
中部	清水溪	桶頭堰	阿里山	467530	0.22	259.2	81	0.04
中部	清水溪	桶頭堰	桶頭(2)	01H110	0.21	259.2	81	0.04
中部	清水溪	桶頭堰	草嶺(2)	01J970	0.57	259.2	81	0.04
南部	曾文溪	曾文水庫	里佳	H1M220	0.31	481	74	0.042
南部	曾文溪	曾文水庫	水山	H1M230	0.11	481	74	0.042
南部	曾文溪	曾文水庫	樂野	H1M240	0.14	481	74	0.042
南部	曾文溪	曾文水庫	表湖	H1P970	0.44	481	74	0.042
南部	後堀溪	南化水庫	關山	01O760	1.00	104	74	0.121
南部	四重溪	牡丹水庫	牡丹	01Q860	1.00	69.2	79	0.024
南部	八掌溪	觸口	小公田(2)	01L360	0.45	83.15	72	0.024
南部	八掌溪	觸口	大湖山	01L390	0.55	83.15	72	0.024
南部	高屏溪	高屏堰	甲仙(2)	01P660	0.20	3007	72	0.062
南部	高屏溪	高屏堰	美濃(2)	01P770	0.17	3007	72	0.062
南部	高屏溪	高屏堰	古夏	01Q610	0.17	3007	72	0.062
南部	高屏溪	高屏堰	新瑪家	01Q920	0.09	3007	72	0.062
南部	高屏溪	高屏堰	三地門	01Q930	0.02	3007	72	0.062
南部	高屏溪	高屏堰	梅山(2)	01V060	0.21	3007	72	0.062
南部	高屏溪	高屏堰	天池	01V070	0.14	3007	72	0.062
南部	旗山溪	阿其巴橋	梅山(2)	01V060	0.19	403.9	75	0.045
南部	旗山溪	阿其巴橋	天池	01V070	0.81	403.9	75	0.045
東部	大濁水溪	南溪壩	大濁水	01U230	1.00	158	75	0.02
東部	馬鞍溪	馬鞍溪橋	馬太安	01T660	1.00	136.46	75	0.04
東部	豐坪溪	立山	苗圃	01T240	1.00	249.4	70	0.015
東部	樂樂溪	卓樂橋	卓麓(4)	01T220	1.00	456.32	60	0.01
東部	富源溪	馬遠橋	大坪	01T650	1.00	85.94	60	0.015
東部	新武呂溪	新武呂(4)	霧鹿	01S430	0.75	638.78	75	0.015
東部	新武呂溪	新武呂(4)	向陽(2)	01S470	0.25	638.78	75	0.015
東部	卑南溪	台東大橋	武陵	01S130	0.50	1584.29	78	0.02
東部	卑南溪	台東大橋	上里	01S570	0.50	1584.29	78	0.02
東部	利嘉溪	利嘉(2)	南鵝	01S560	1.00	148.62	85	0.025
東部	知本溪	知本(3)	知本(5)	01S210	1.00	165.96	90	0.02

資料來源：本計畫彙整、水文資料網整合系統、經濟部水利署(2011)、(2012)a、(2012)b、(2012)c

## 附註 1 統計降尺度日資料測站偏差修正

統計降尺度日資料測站偏差修正使用分位擬合(Quantile Mapping)累積機率密度函數(Empirical Cumulative Density Function, ECDF)的方法對模式日雨量作偏差修正(Su et al., 2016)，以調整降雨強度。基本概念為計算將模式基期資料之 ECDF 曲線修正至與觀測資料 ECDF 曲線一致，並將此關係式應用於修正模式未來推估資料，以還原其相對於觀測資料所低估之降雨強度。分位擬合偏差修正示意圖如下圖所示。

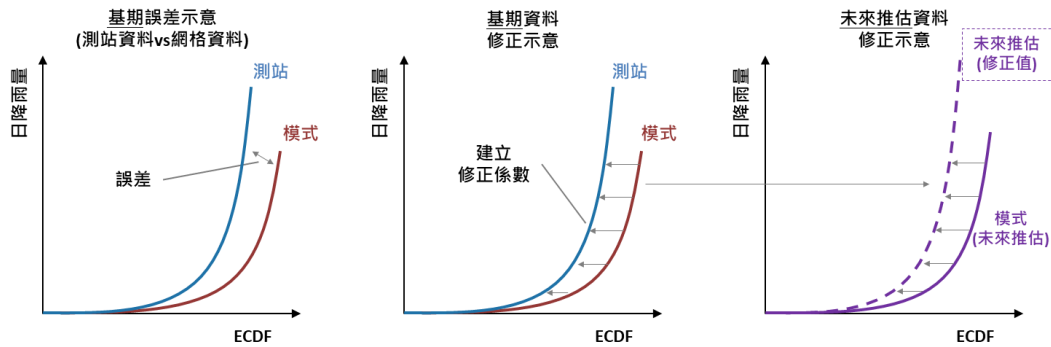


圖 分位擬合偏差修正示意圖

另外將降雨機率做為第二項參數，計算觀測資料之降雨機率，據以調整模式之降雨門檻值，使 GCM 模式之降雨機率符合觀測資料之降雨機率。修正成果如下圖所示。

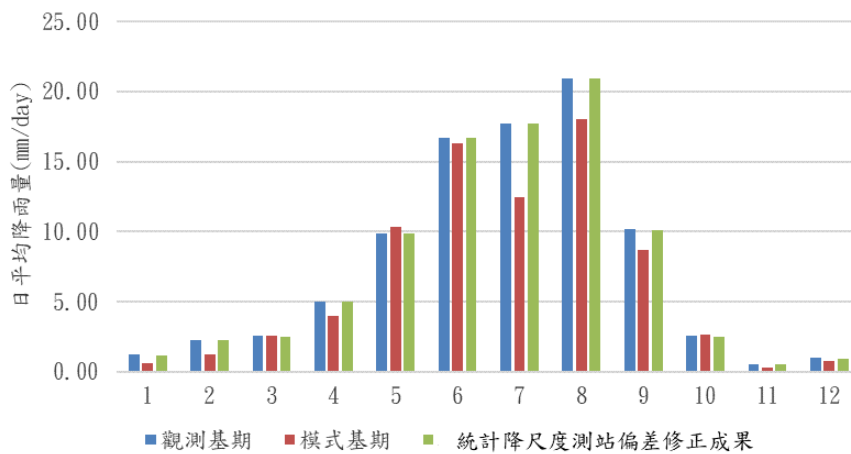


圖 統計降尺度日資料測站偏差修正成果(曾文水庫集水區里佳站為例)



## 附註 2 GWLF 水文模式

本研究使用 GWLF (Generalized Watershed Loading Function) 集水區污染傳輸模式(Haith et al., 1992) 中流量子模式進行集水區流量模擬。該水文模式使用數項水文項目建構集水區之水平衡系統，進而推求集水區之最終出流量。GWLF 模式將集水區內水平衡系統之輸入主要來自降雨(Effective Precipitation)，當降雨到達地面後，部份降雨入滲(Infiltration)至地下，部分則形成地表逕流(Direct Runoff)；入滲之降雨將補充未飽和含水層(Unsaturated Zone)之含水量，當未飽和含水層土壤水分大於田間含水量(Field Capacity)，超過水量則滲漏(percolation)至淺層飽和含水層(Shallow Saturated Zone)；最後淺層飽和含水層將產生基流(Base Flow)。而最終集水區出流量(Stream Flow)則為地表逕流與地下排水量之和。模式水平衡概念如圖所示。所使用之模式參數詳附表 1。

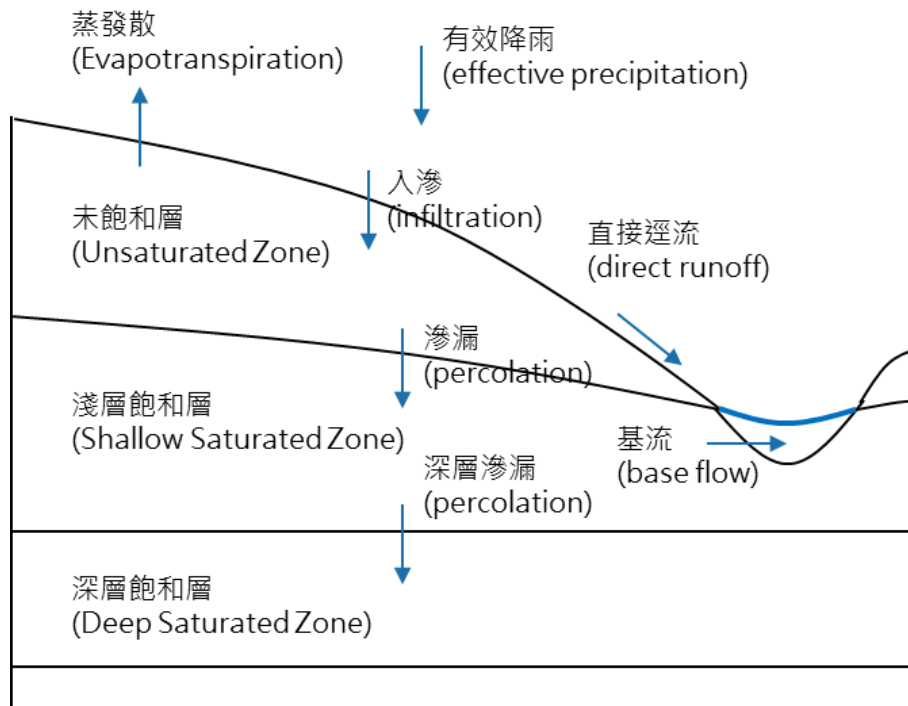


圖 GWLF 模式水平衡概念圖