

發展氣象乾旱即時監測預警產品

中央氣象署 | 海象氣候組 | 氣候預報科
李思瑩、李清滕、林昀靜、羅資婷

前言

臺灣近50年嚴重旱災事件

1973

發生時期 5月下旬~9月中旬
季節 夏季
發生區域 北部、中部

歷時 3 個月

1977

發生時期 2月下旬~10月中旬
季節 春季至秋季
發生區域 全臺、外島

歷時 7 個月

1980

發生時期 2月下旬~11月中旬
季節 春季至秋季
發生區域 全臺

歷時 8 個月

1993

發生時期 9月上旬~次年4月中旬
季節 秋季至隔年春季
發生區域 北部、中部、南部

歷時 7 個月

1983

發生時期 6月中旬~次年4月中旬
季節 夏季至隔年春季
發生區域 北部、中部、南部

歷時 9 個月

1995

發生時期 9月上旬~次年4月下旬
季節 秋季至隔年春季
發生區域 北部、中部、南部

歷時 6 個月

2002

發生時期 2月上旬~7月上旬
季節 冬季至夏季
發生區域 全臺、外島

2003

發生時期 1月中旬~9月上旬
季節 冬季至夏季
發生區域 北部、東部、外島

歷時 8 個月

2004

發生時期 上半年
季節 春季至夏季
發生區域 北部、中部、南部

歷時 6 個月

2006

發生時期 1~3月
季節 春季
發生區域 北部、中部

歷時 3 個月

2009

發生時期 3~8月
季節 春季至夏季
發生區域 桃園

歷時 5 個月

2014

發生時期 9月~次年5月
季節 秋季至隔年春季
發生區域 中南部

歷時 9 個月

2009

發生時期 12月上旬~次年5月中旬
季節 冬季至隔年春季
發生區域 北部、中部、南部、東南部

歷時 6 個月

2017

發生時期 10月~次年6月
季節 秋季至隔年夏季
發生區域 新北、桃竹苗、臺中、嘉義、臺南、高雄

歷時 9 個月

2020

發生時期 9月~次年8月
季節 秋季至隔年夏季
發生區域 全臺

歷時 12 個月

資料來源：NCDR

前言

乾旱是指水文循環中，在廣大的空間範圍中的儲水體（河川、湖泊、水庫、積雪、土壤、地下水）或通流量（降水量、蒸發量、逕流量）長時間缺乏水份的狀態。而當此缺水狀態已超過其正常含水量之門檻值，乃至於造成負面的影響、甚而釀成災害時，可稱為乾旱災害（簡稱旱災）。

乾旱分為水文乾旱、氣象乾旱、農業乾旱

- ✓ 「氣象/氣候乾旱」為氣候變異造成長時間的降雨量不足或蒸發量增加
- ✓ 若乾旱程度增加，土壤含水量逐漸減少，造成農作物產量下降即為「農業乾旱」
- ✓ 更甚者使得地表逕流、河川流量及地下水補注量逐漸減少，產生「水文乾旱」
- ✓ 若已造成供水不足之缺水問題，導致社會經濟損失為「社會經濟乾旱」

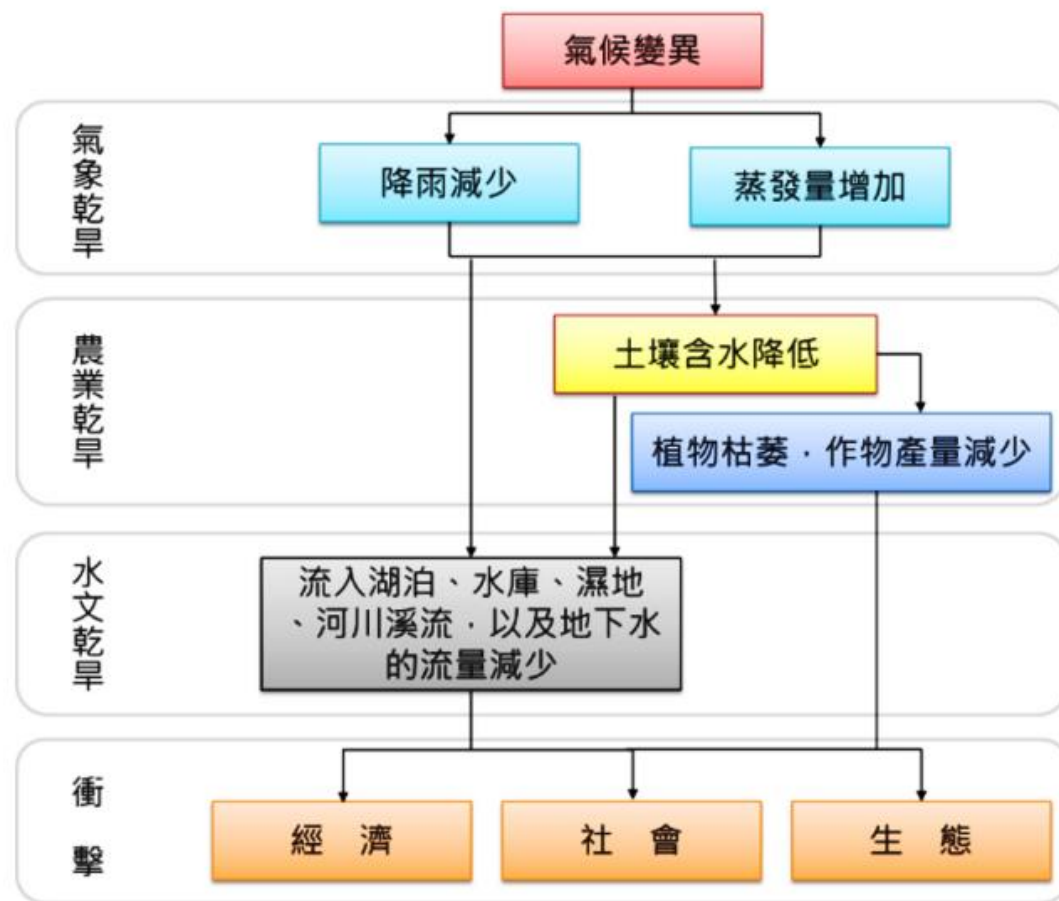


圖1、不同乾旱類型的相互關係及衝擊[3.3.2]

資料來源：NCDR

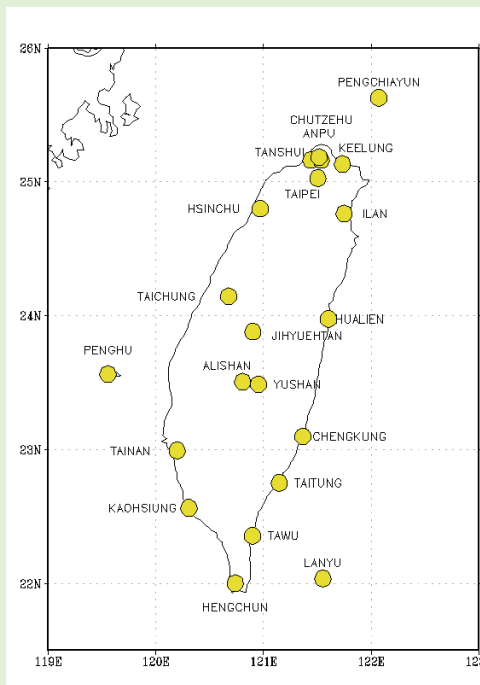
資料

測站資料

- **臺灣22個署屬測站:**

淡水、臺北、基隆、花蓮、宜蘭、臺南、嘉義、臺中、大武、新竹、恆春、成功、臺東、鞍部、竹子湖、日月潭、阿里山、玉山、彭佳嶼、蘭嶼、澎湖、東吉島

- **時間長度:**
1979Jan~now



網格資料

- **臺灣高解析度1公里資料(TaiSA):**

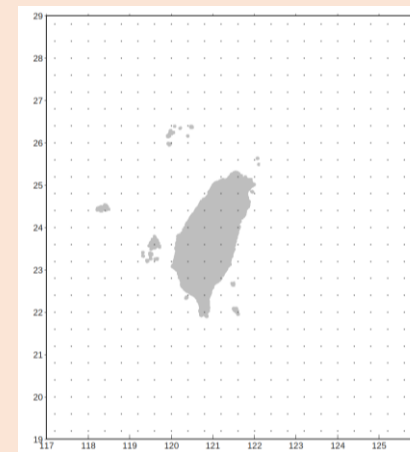
時間長度：1998~now

- **水庫集水區資料:**

時間長度：1998~now

- **ERA5再分析資料**

時間長度：1979~now



臺灣地區的氣象乾旱

極端乾期指數(DS index,卓與盧2013)

卓與盧(2013)計算**極端乾期指數**為先根據各測站的歷史資料決定異常偏長乾期的門檻值，再綜合6個中央氣象局綜觀氣象站(臺北、臺中、臺南、恆春、花蓮和臺東)的乾期判斷結果，計算用以代表全臺的乾旱指數。極端乾期門檻值判定是以各測站**每日前90天**窗區中每段連續不降水期各自的不降水日數為基準，依照日數將連續不降水日數分組並統計各組發生次數，再依照日期統計各組連續不降水日數在此年間的總發生次數，得到6個測站各別的全年時間序列，作為異常偏長乾期門檻值的決定基礎。篩選標準為各測站的全年時間序列中，依照日期選出每日連續不降水日數發生次數百分化中最少的1%組別，其對應的連續不降水日數即為門檻值，從而得到各測站1月1日至12月31日每天一組門檻值，作為是否有異常偏長乾期極端事件發生的判斷條件。

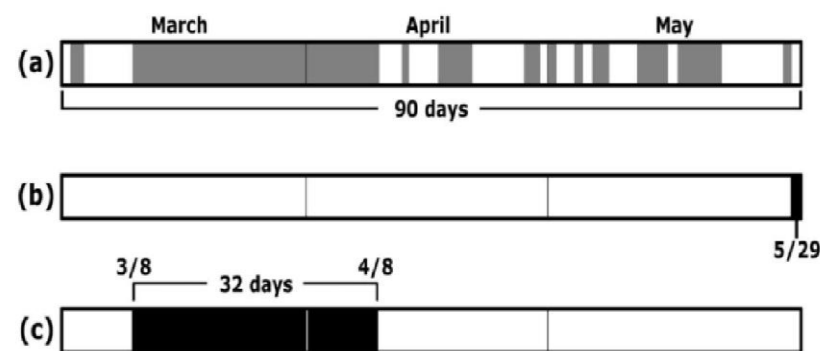
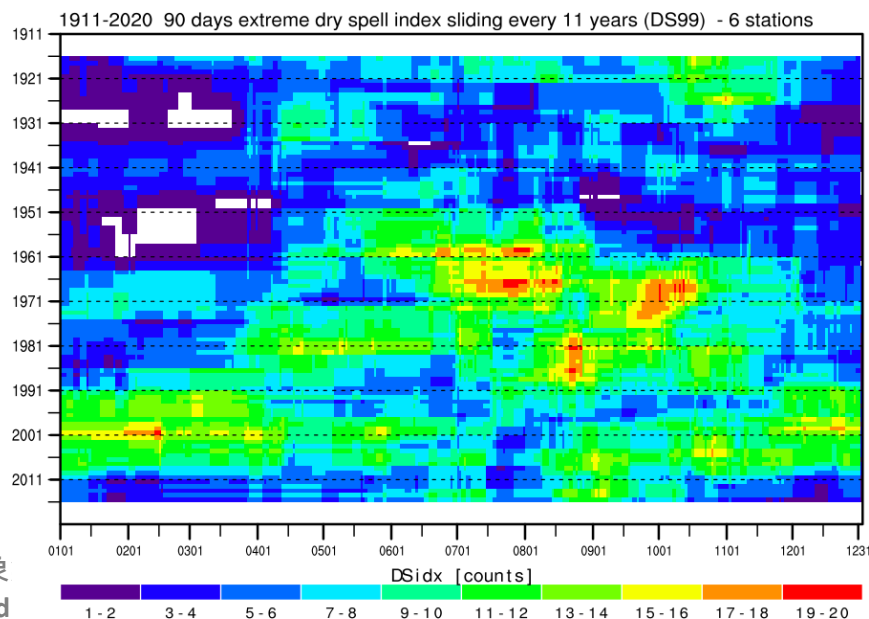


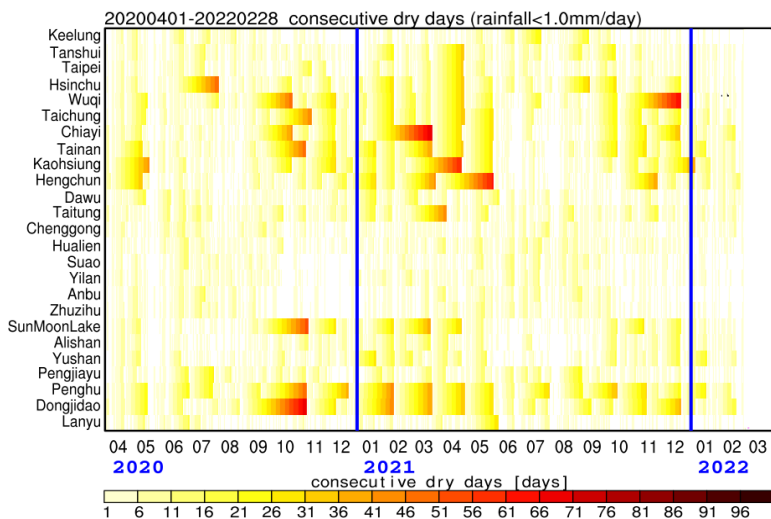
圖3 中央氣象局臺北測站資料，1980年5月29日(含當日)前90天的判斷窗區。(a)所有日雨量未達1mm的無降水日，以灰色格表示。(b)卓與盧(2013)的方法定義出的異常偏長乾期日，以黑色格表示。(c)本研究的方法定義出的實際異常偏長乾期，以黑色格表示。

TMD index 洪與施(2016)

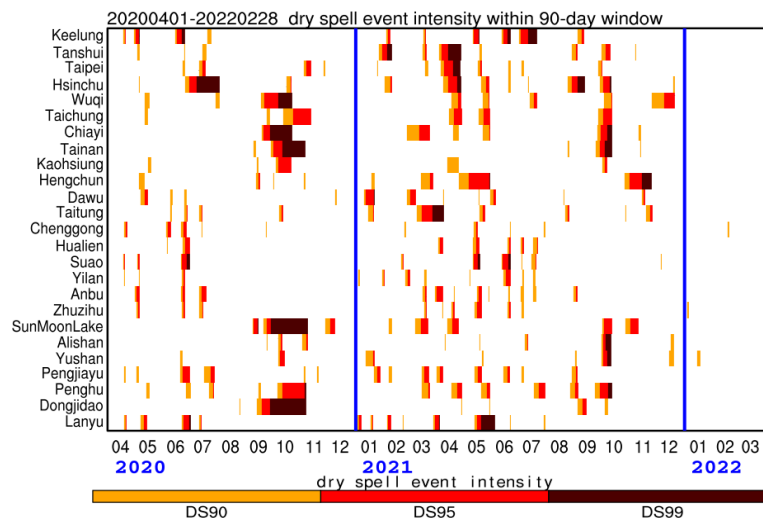
臺灣異常極端乾期監測

監測署屬測站過去一年是否有異常極端的極端乾期發生，即判斷**連續不降雨日數**有無罕見的過長現象。極端乾期是以1951-2010年的每日(含當日)往前90天內不同連續不降雨日事件數為基礎，將連續不降雨日數發生機率低於10%(D90級)的事件定為輕度極端事件，若連續不降雨日數發生機率低於5%(D95級)定為中度，低於1%(D99級)則定為罕見或異常極端乾期。

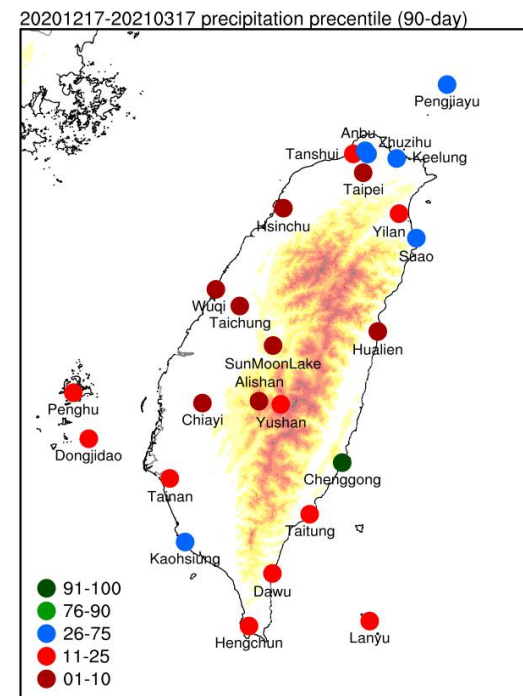
■ 連續不降雨日數



■ 異常極端乾期: 輕度(D90)、中度(D95)、異常(D99)



■ 雨量監測: 過去90天累積雨量轉換為氣候基期的百分位



臺灣地區的氣象乾旱

✓ 蕭(1997)定義

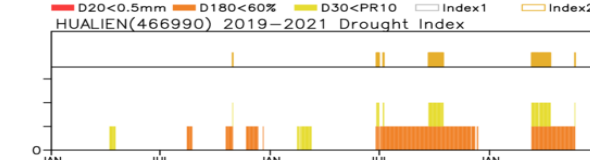
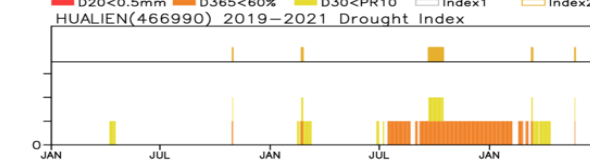
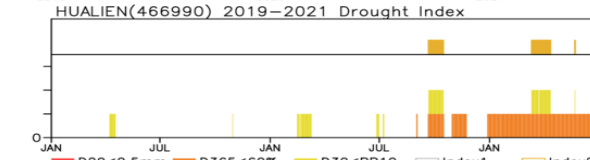
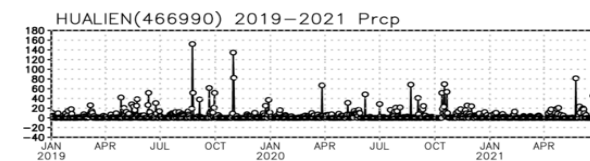
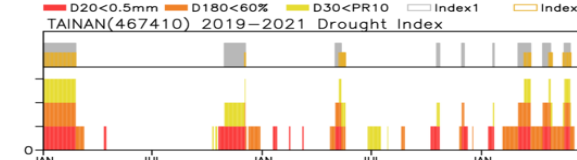
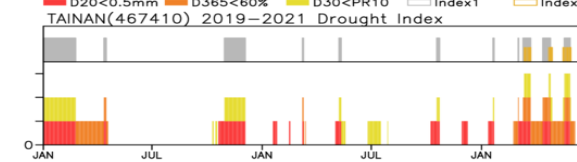
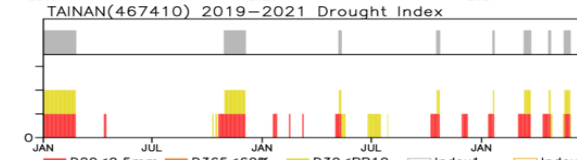
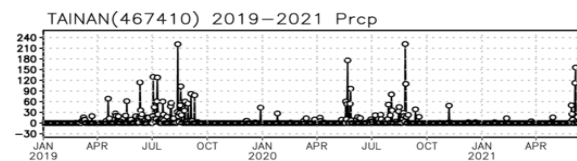
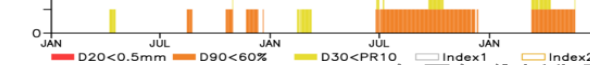
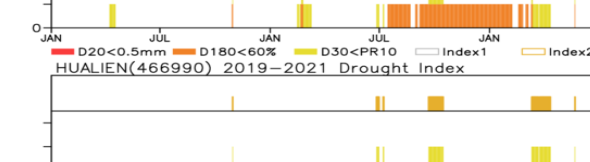
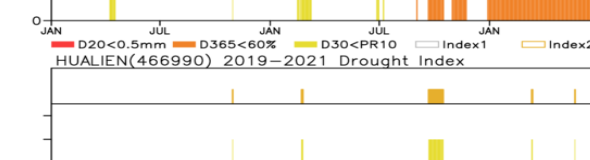
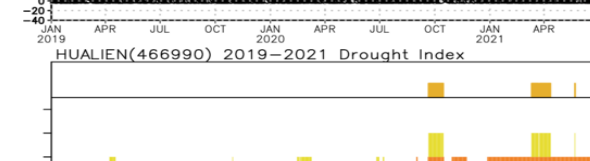
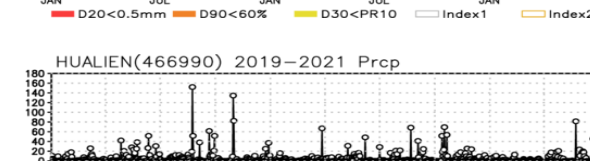
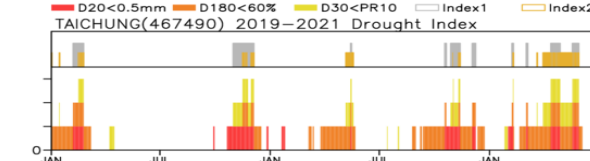
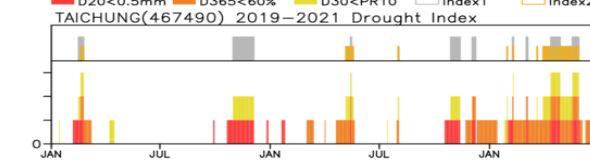
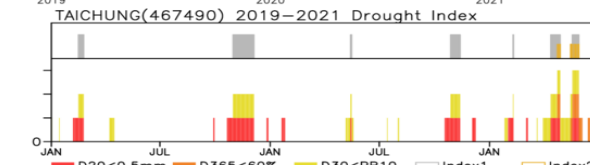
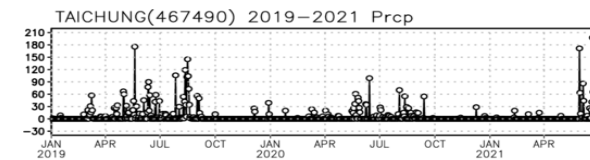
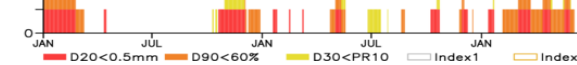
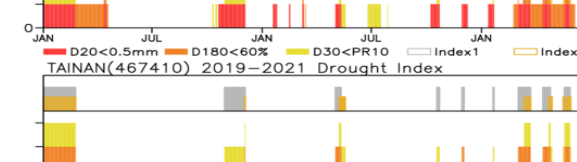
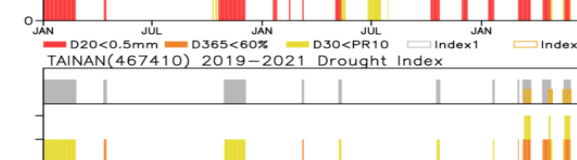
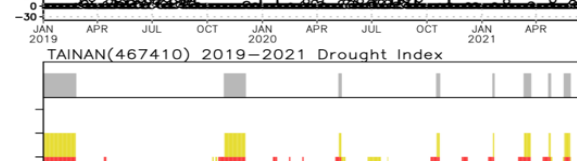
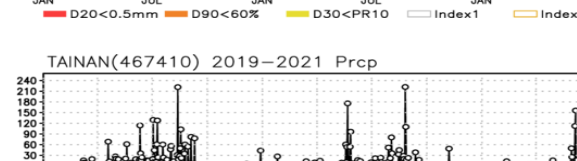
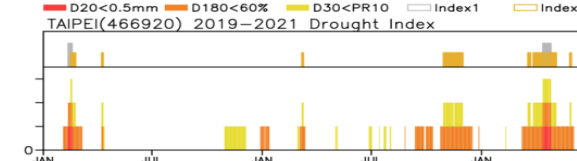
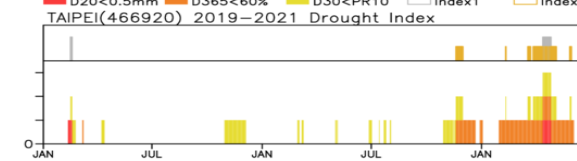
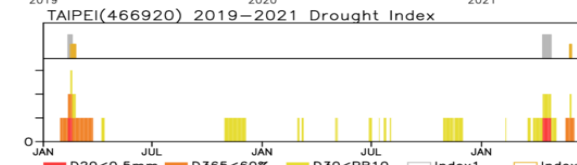
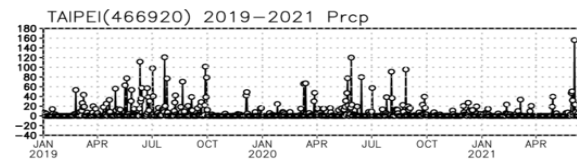
-客觀必要條件：連續20日或以上日降水量均未達0.5mm

-充分條件

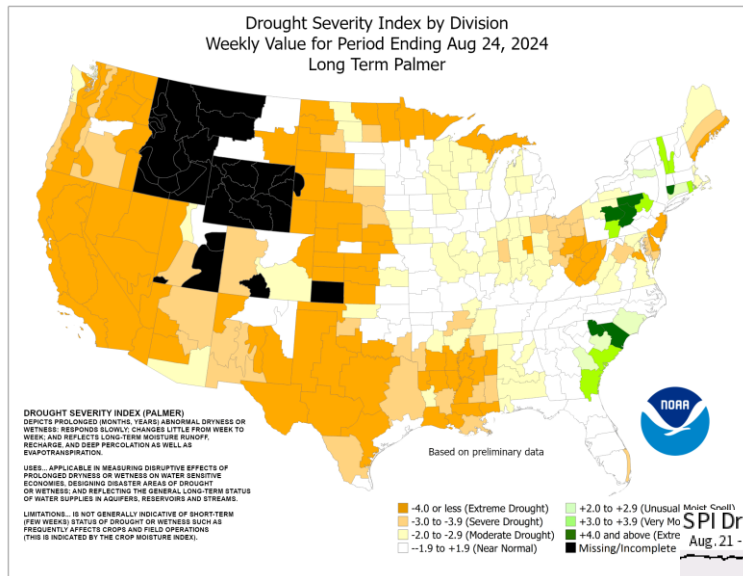
- 1)年降水量(365日之累積量)與最近期準平均值之百分比低於60%
- 2)30日降水量累積值低於最近準平均期同時間之第一個十分位值(該值必須大於或等於0.5mm)

✓ NDI(New Drought Index)

- 1)累積降水量(365日/180日/90日)與最近期準平均值之百分比低於60%
- 2)30日降水量累積值低於最近準平均期同時間之第一個十分位值(該值必須大於或等於0.5mm)



乾旱指標

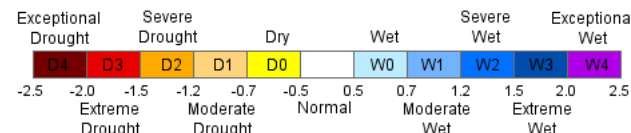
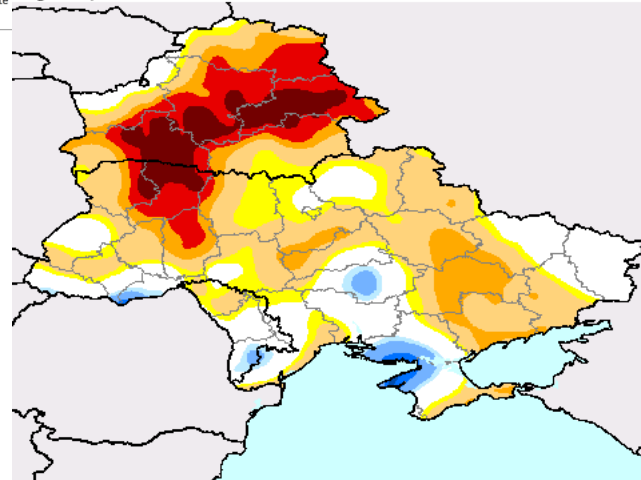


水分分級	PDSI
極度濕潤	≥4.00
過度濕潤	3.00 ~ 3.99
濕潤	2.00 ~ 2.99
輕度濕潤	1.00 ~ 1.99
初始濕期	0.50 ~ 0.99
正 常	0.49 ~ -0.49
初始乾旱	-0.50 ~ -0.99
輕度乾旱	-1.00 ~ -1.99
干 旱	-2.00 ~ -2.99
嚴重乾旱	-3.00 ~ -3.99
極度乾旱	≤ -4.00

表 1. SPI 值

2.0+	极其湿润
1.5至1.99	非常湿润
1.0至1.49	中度湿润
-.99至.99	接近正常
-1.0至-1.49	中等干燥
-1.5至 -1.99	严重干燥
-2 及更小值	极其干燥

SPI Drought Severity (CPC)
Aug. 21 - 31, 2022



Source: NOAA/CPC
<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>

气象学	页码	易用性	输入参数	补充信息
干燥距平指数 (AAI)	11	绿色	P, T, PET, ET	可供印度业务使用
十分位数	11	绿色	P	
Keetch-Byram干旱指数 (KBDI)	12	绿色	P, T	
正常降水百分比	12	绿色	P	计算简单
标准化降水指数 (SPI)	13	绿色	P	世界气象组织强调作为气象干旱监测的起点
加权距平标准化降水 (WASP)	15	绿色	P, T	利用网格资料监测热带地区的干旱
干燥指数 (AI)	15	黄色	P, T	还可用于气候分类
中国Z指数 (CZI)	16	黄色	P	拟对SPI资料加以改进
作物水分指数 (CMI)	16	黄色	P, T	需每周数值
干旱面积指数 (DAI)	17	黄色	P	给出季风季节状况指标
干旱探测指数 (DRI)	17	黄色	P, T	需每月温度和降水
有效干旱指数 (EDI)	18	黄色	P	通过直接与创始人联络提供程序
Selyaninov水热系数 (HTC)	19	黄色	P, T	易于计算以及俄罗斯的一些实例
NOAA干旱指数 (NDI)	19	黄色	P	最佳用于农业用途
帕尔默干旱强度指数 (PDSI)	20	黄色	P, T, AWC	由于计算复杂以及需要连续完整资料, 因而不是绿色
帕尔默Z指数	20	黄色	P, T, AWC	PDSI计算的许多输出之一
降雨距平指数 (RAI)	21	黄色	P	需要连续完整的资料
自标定帕尔默干旱强度指数 (sc-PDSI)	22	黄色	P, T, AWC	由于计算复杂以及需要连续完整资料, 因而不是绿色
标准化距平指数 (SAI)	22	黄色	P	用于描述区域状况的点资料
标准化降水蒸散指数 (SPEI)	23	黄色	P, T	需要连续完整的资料; 输出类似于SPI, 但含有温度部分

乾旱綜合管理計劃 (IDMP)



氣象乾旱指標簡介 SPI (Standardized Precipitation Index)

SPI是美國氣象學會使用的**標準化降雨指數**，由McKee et al.(1993)提出。2009年，WMO推薦SPI作為主要的氣象乾旱指數，各國可將其用於監測乾旱（Hayes, 2011）。通過將SPI確定為廣泛使用的指數，WMO為那些力圖建立乾旱預警的國家提供了方向。以時間為主軸，將不同尺度的降水量化成SPI指數。SPI指數小於0即定義為各種不同程度的乾旱，一般來說小於-2即為非常嚴重之乾旱。

-優點：

- (1)因為僅由**降水量**得出，故計算較簡單，且不受土壤濕度及地形因素影響，可應用於任何季節。
- (2)由於可變時間尺度，可廣泛應用於氣象、農業、水文，也有助於釐清造成乾旱事件之動力機制的分析，優缺點。確定乾旱的開始和結束時間。
- (3)由於標準化的關係，確保極端事件在任何時間、地點的發生頻率是一致的。

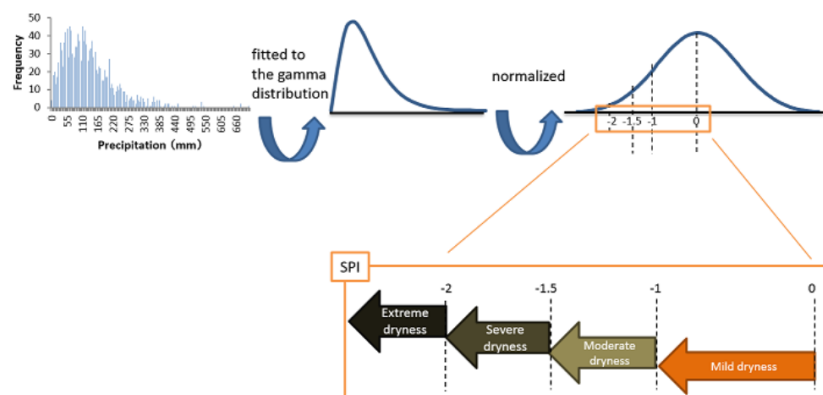


Figure 1. Schematic representation of SPI calculation

Table 1. SPI values and corresponding states in ClimatView (cited from WMO (2012))

SPI	Category	Severity of event
0 ~ -0.99	Mild dryness	1 in 3 years
-1.00 ~ -1.49	Moderate dryness	1 in 10 years
-1.5 ~ -1.99	Severe dryness	1 in 20 years
< -2.0	Extreme dryness	1 in 50 years

氣象乾旱指標簡介

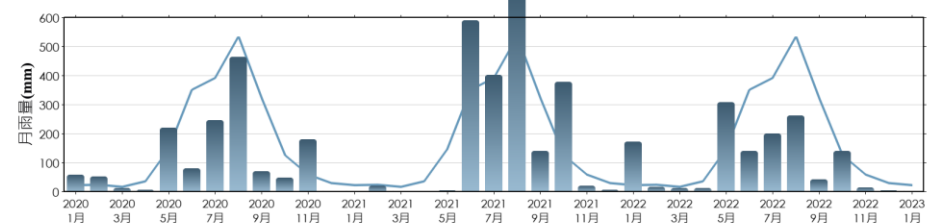
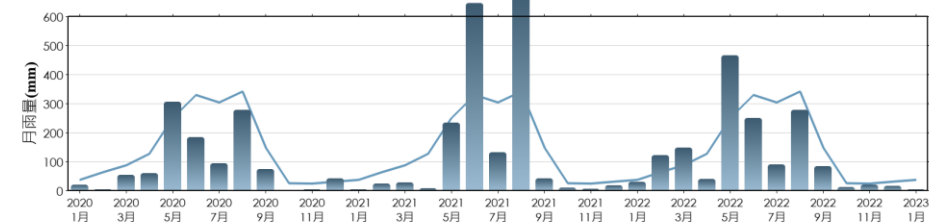
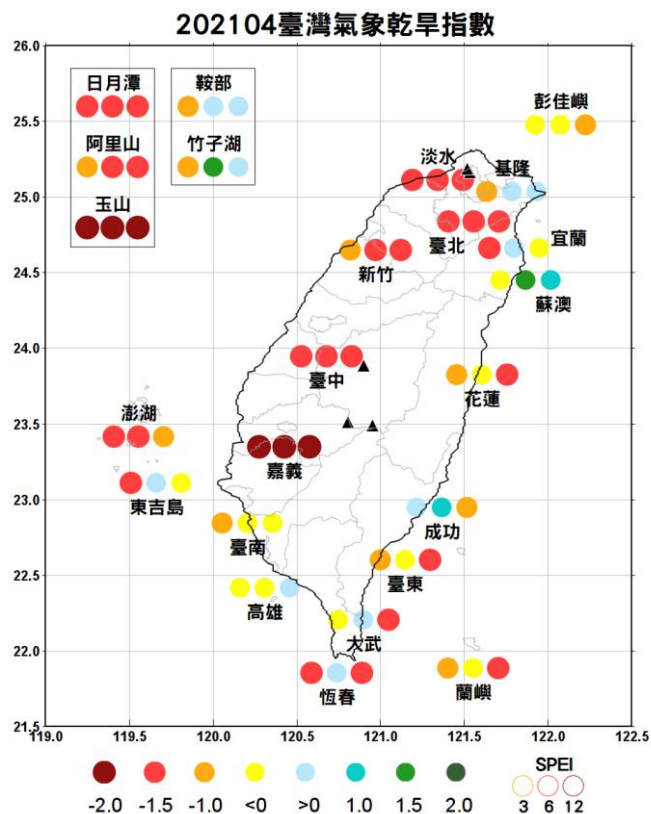
SPEI (標準化降水蒸發散指數 ; 翁與楊2013a,b)

- 利用不同時間尺度的累積降水量和平均溫度資料，推估出潛勢能蒸發散量，並將累積雨量減去潛勢能蒸發散量得到剩水量值，再將剩水量標準化得到SPEI指數資料。SPEI指數負值為乾旱傾向。
- 缺點：SPEI指數因為納入了溫度的變量，考慮蒸發量的計算，因而在臺灣這種夏季高溫地區會造成蒸發量大增而顯示乾旱的訊號。

PDSI (帕爾默乾旱嚴重性指數 ; Palmer, 1965) ; sc-PDSI

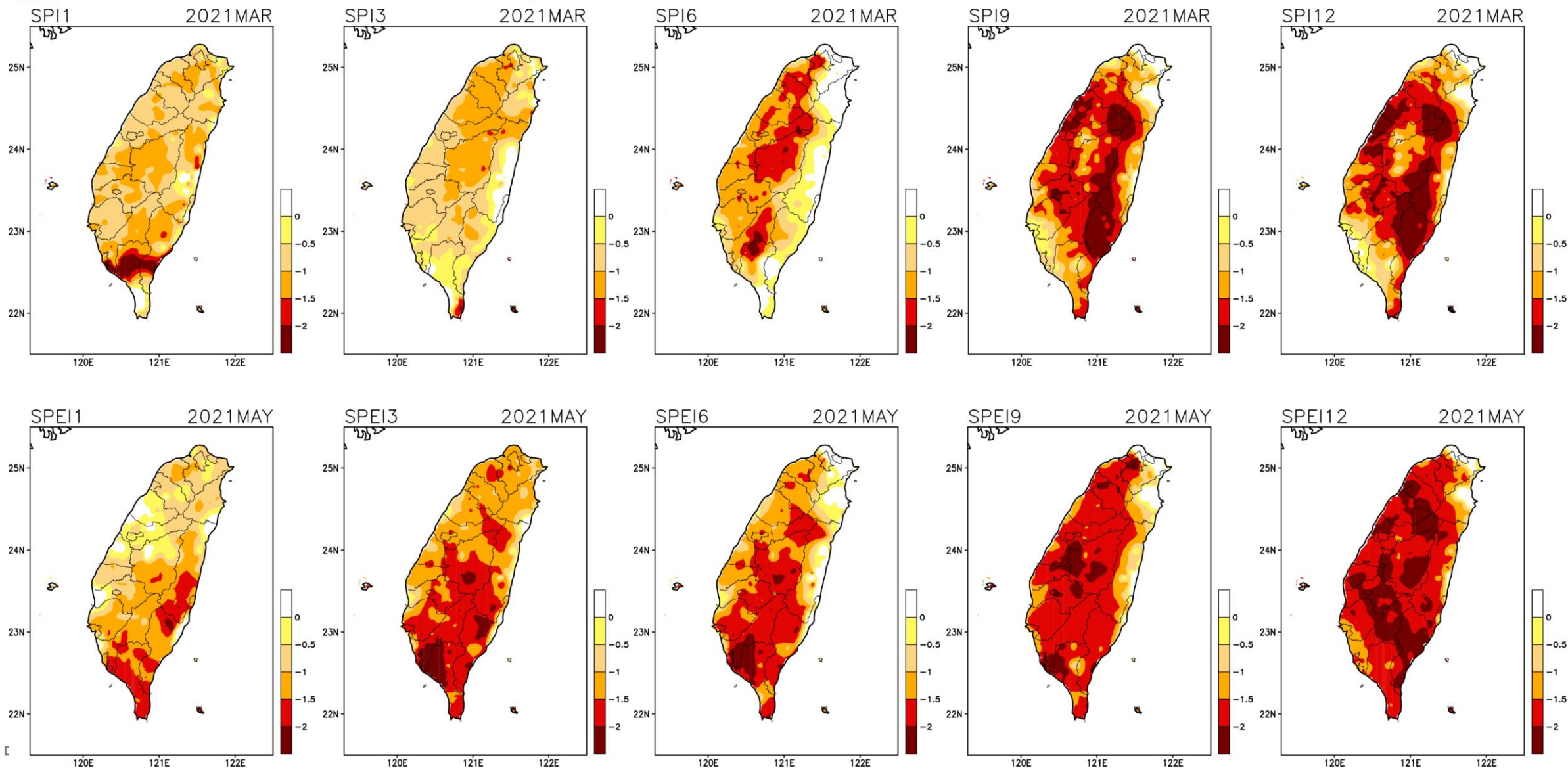
- 使用溫度和降水來估計相對乾燥度。此指數為標準化數值，通常範圍從-10（乾）到+10（濕）。目前如NOAA之類的單位通常顯示的數值範圍是-4到+4，但有可能出現更極端的值。PDSI合理並成功地量化了長期乾旱的程度。由於使用了溫度和物理水平衡模式，因此可以通過潛在蒸散量的變化來捕捉全球變暖對乾旱的基本影響。
- sc-PDSI則是針對各測站本身的氣候值進行校正

署屬測站資料



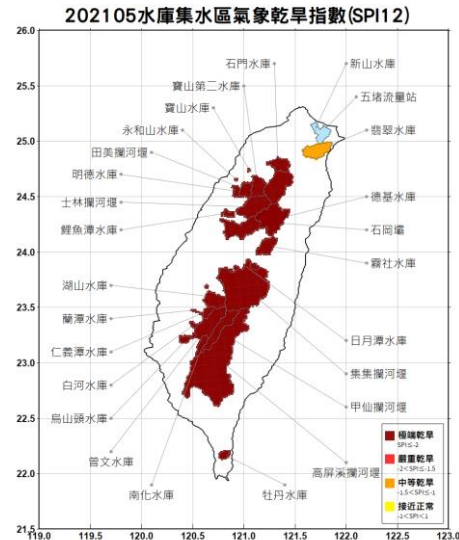
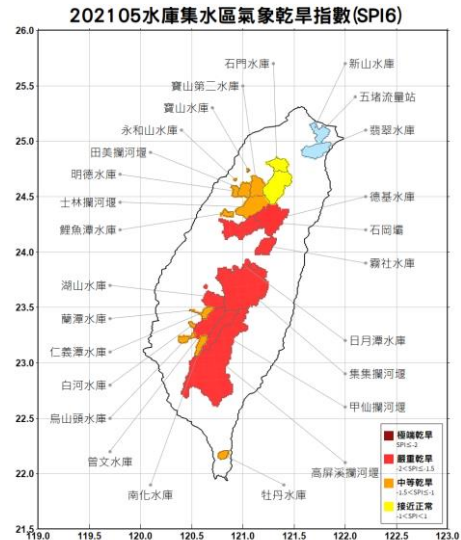
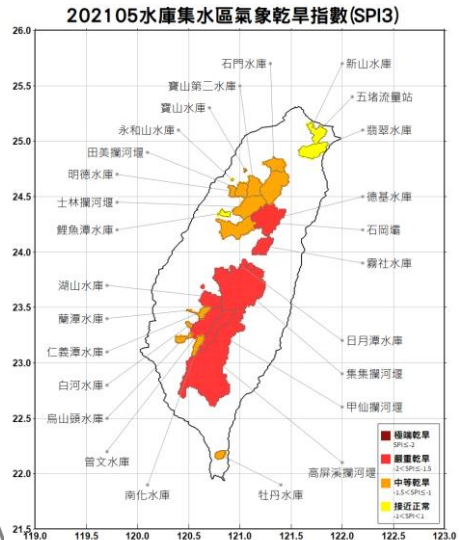
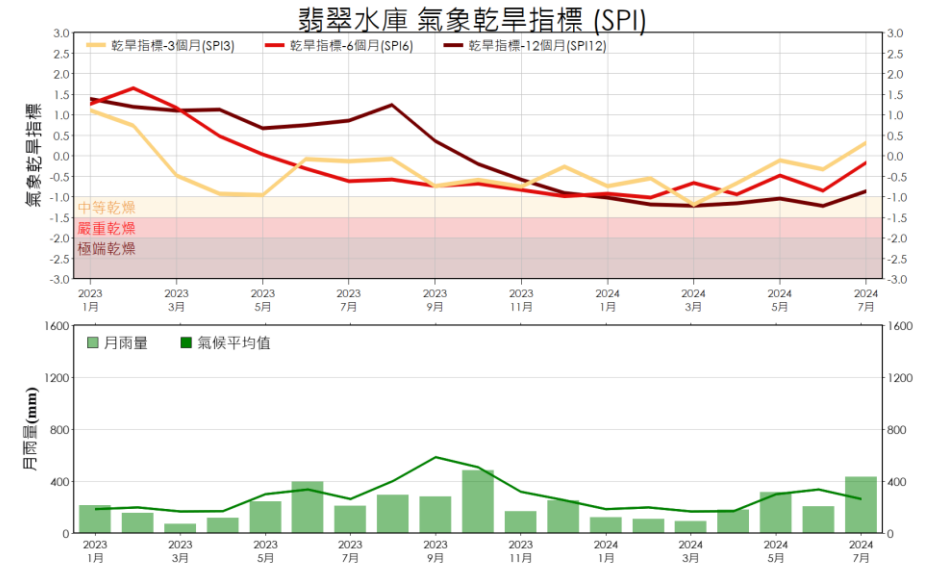
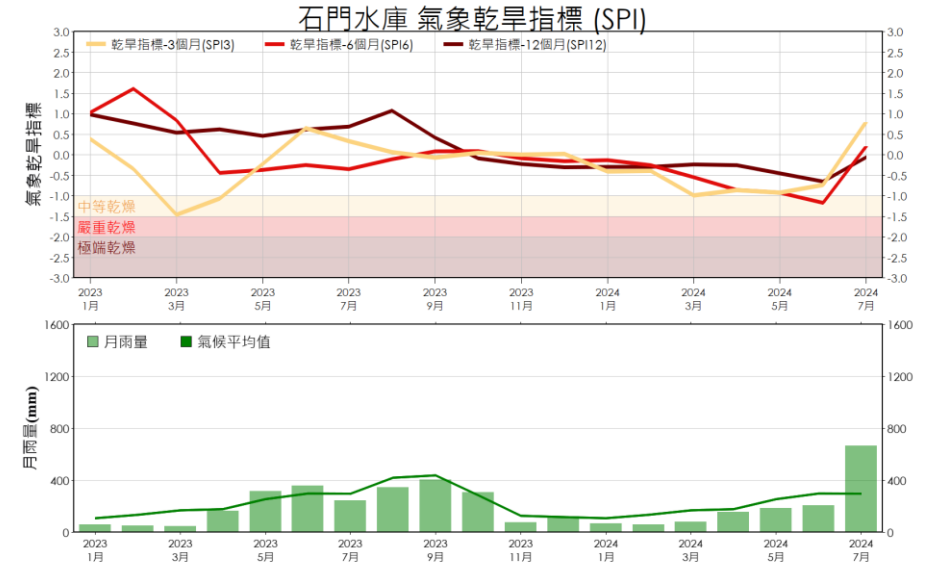
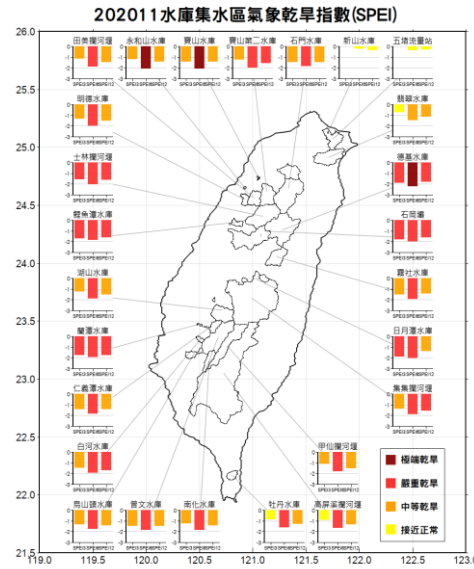
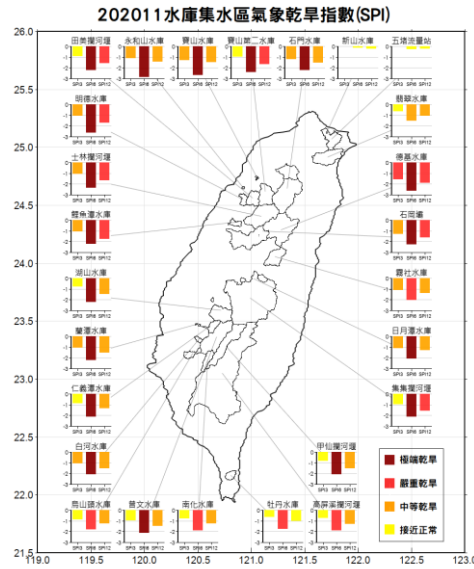
乾旱指標監測產品

氣候觀測雨量/溫度網格資料TaiSA



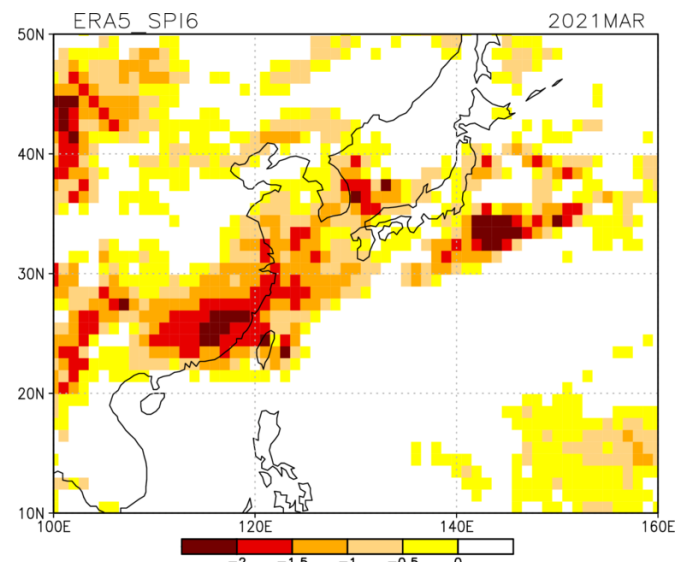
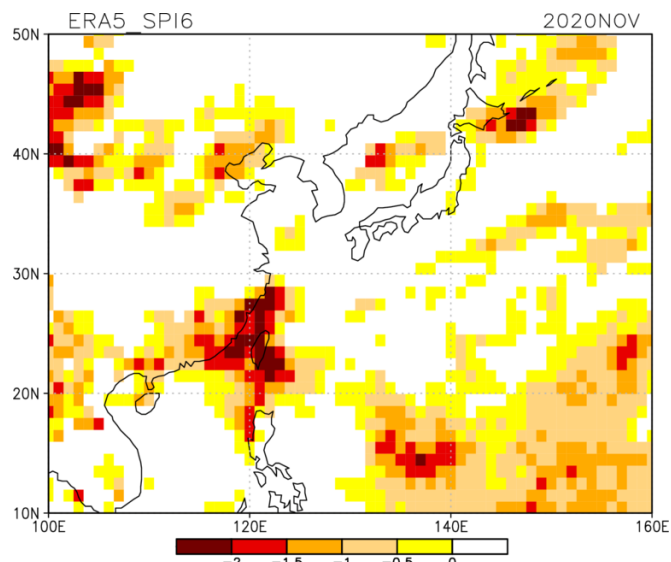
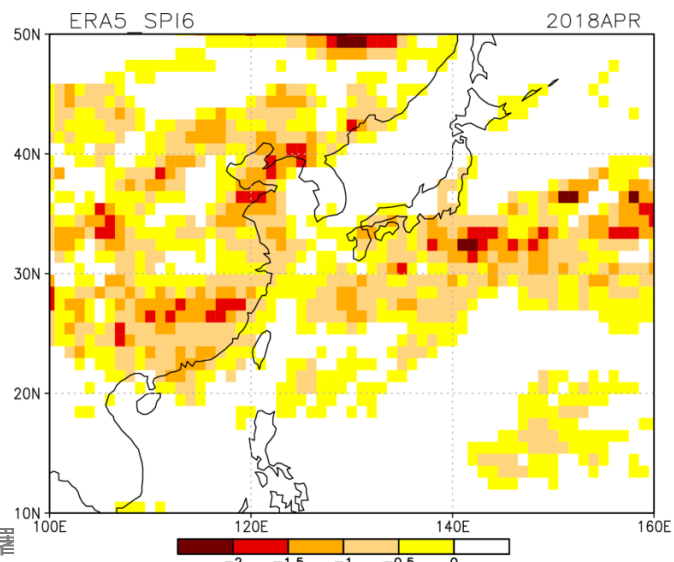
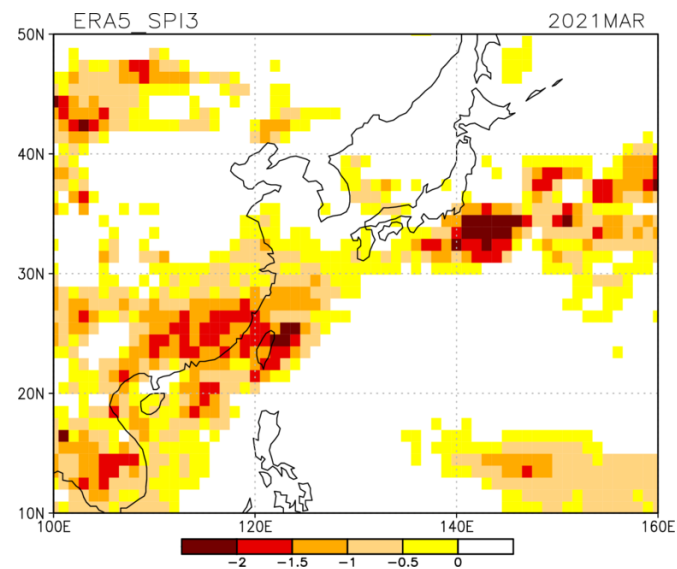
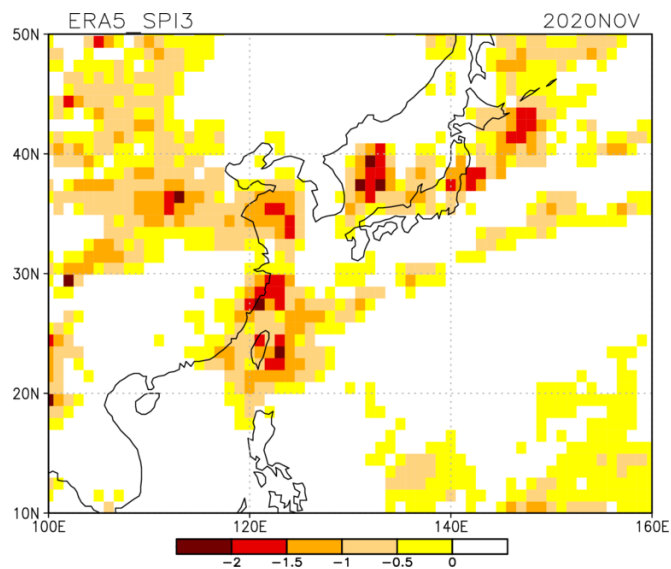
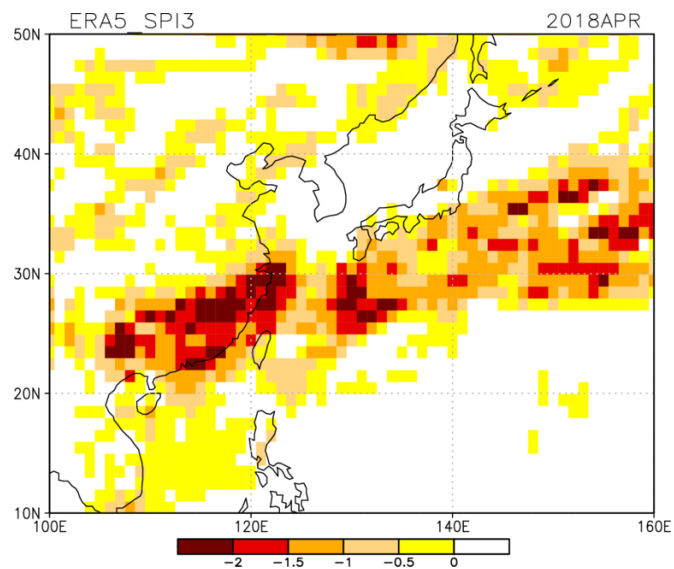
乾旱指標監測產品

水庫集水區資料



乾旱指標監測產品

全球網格資料(ERA5)



未來工作

發展氣象乾旱指標預報產品/發展全面性乾旱指引

觀測資料

以觀測資料(水庫入流量)建立乾旱等級, 應用於預報。

模式預報資料

1. EC_SEAS5 預報資料

解析度: 0.4度

預報長度: 7個月

2. CWACFSv2GSM 預報資料

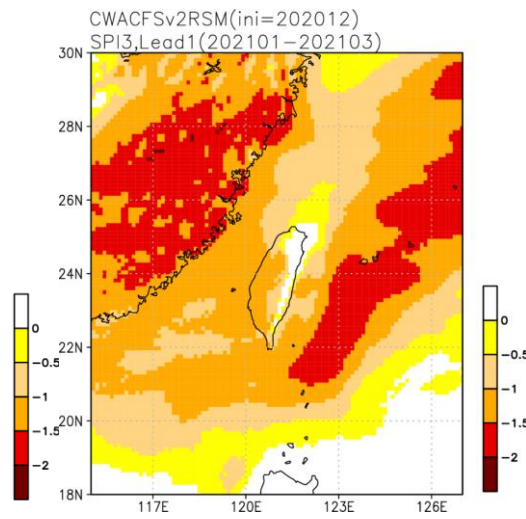
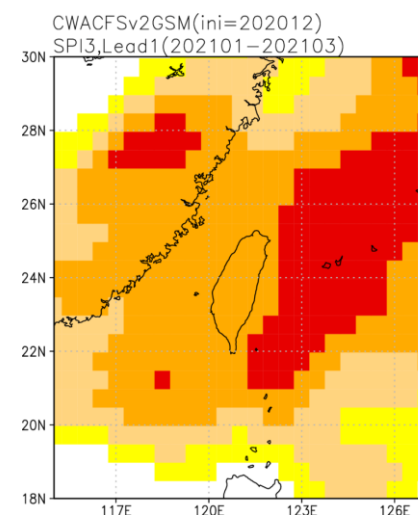
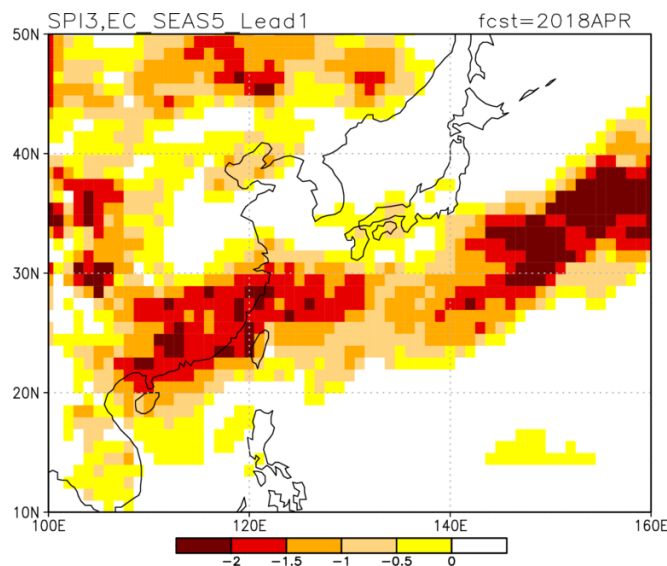
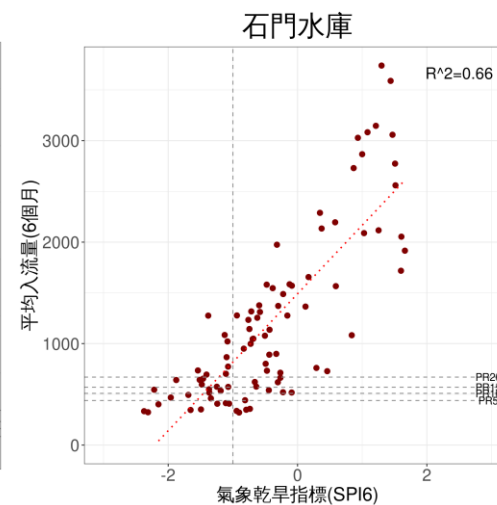
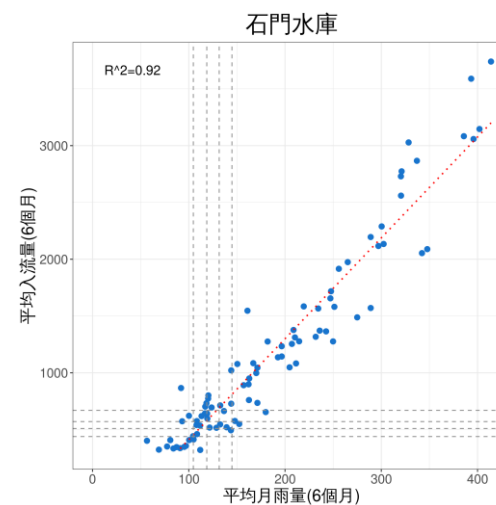
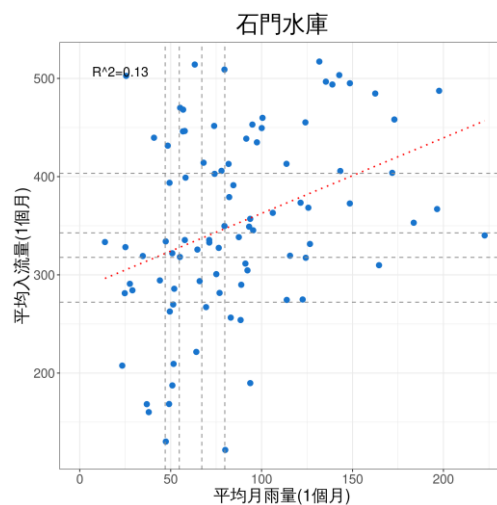
解析度: TL359 (0.5度)

預報長度: 13個月

3. CWACFSv2RSM 預報資料

解析度: 0.4度

預報長度: 7個月





謝謝聆聽 敬請指教
Thank you for your listening.

未來工作

