

1951-2015年全球海表面溫度變化對臺灣氣候的影響

The influence of global sea surface temperature on Taiwan climate
as revealed by 1951-2015 climate data

盧孟明 氣象局科技中心主任研究員

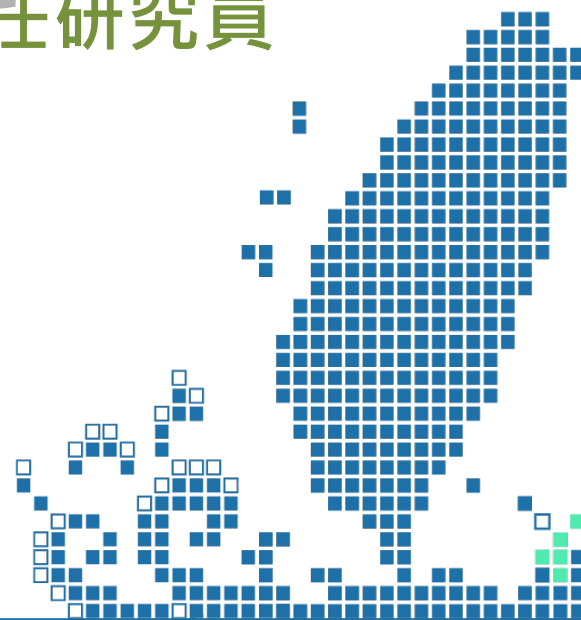


行政法人國家災害防救科技中心
National Science and Technology Center
for Disaster Reduction

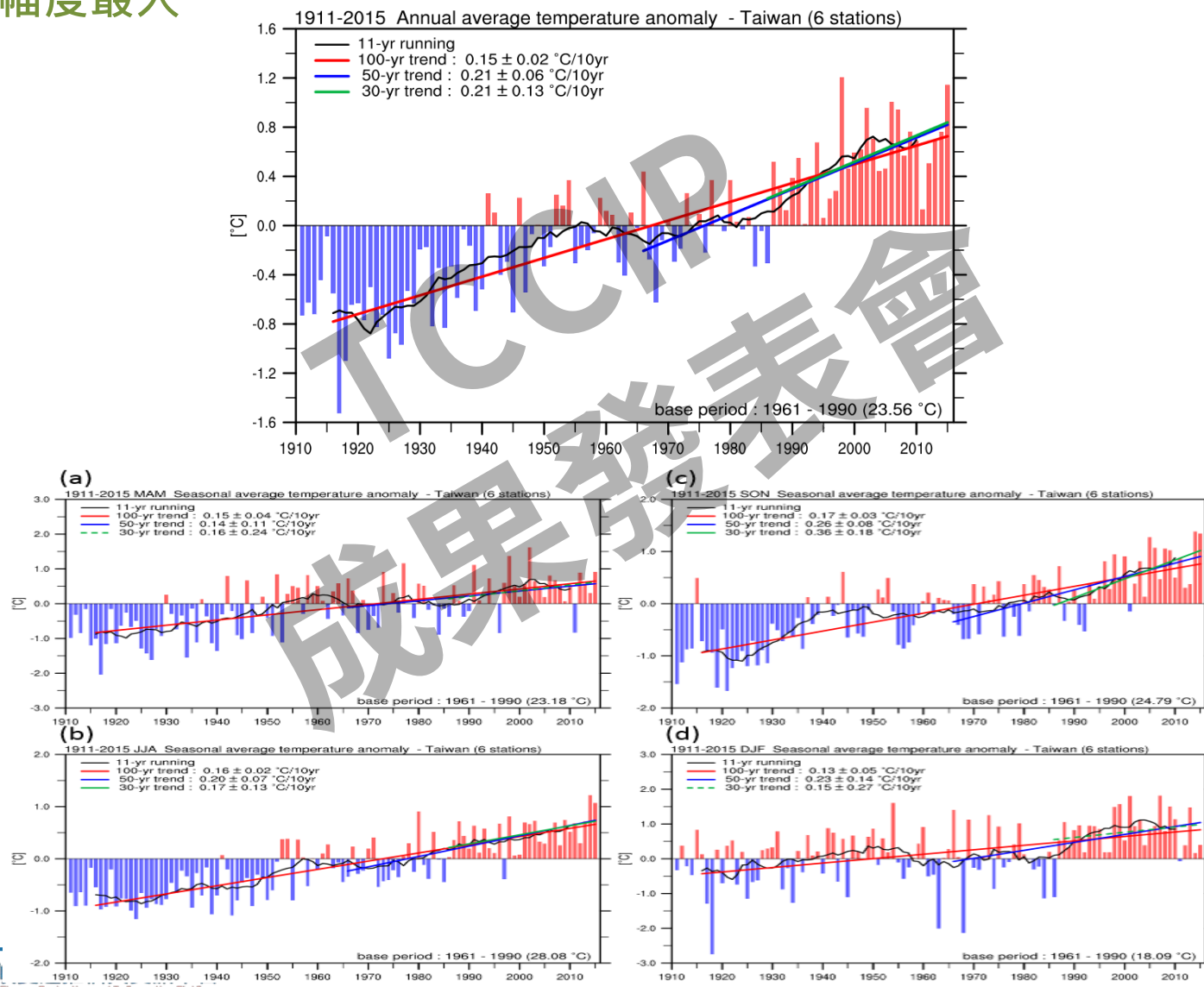
2017/4/5

氣象局團隊：卓瑩旻 氣象局科技中心專案副研究員
劉品誼 氣象局科技中心專案研究助理
黃冠鈞 氣象局科技中心專案研究助理

tccip.ncdr.nat.gov.tw

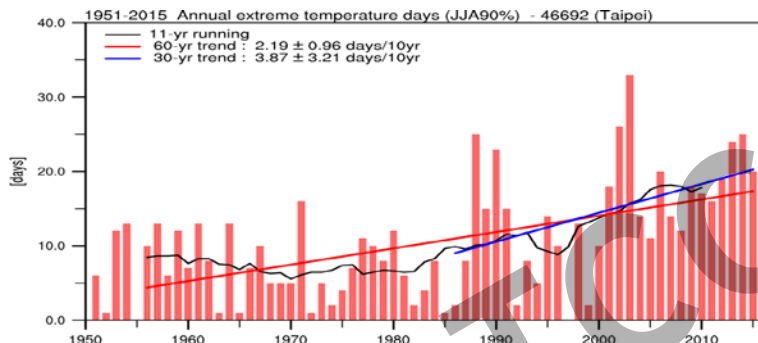


- ➡ 1911-2015 年期間年平均氣溫明顯上升，季平均氣溫以秋季(9-11月)上升幅度最大

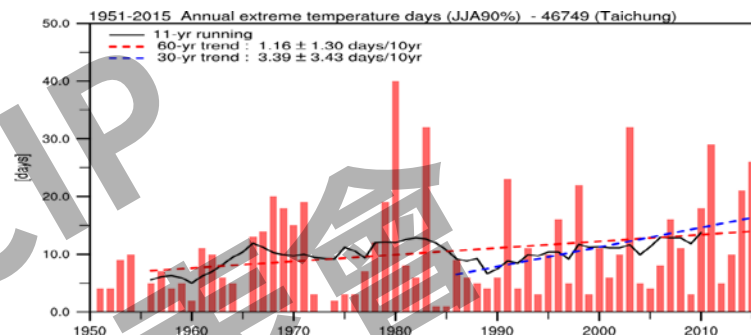


➡ 極端高溫($T_{\text{mean}} > 90\%$ (1961-1990, Jun-Aug, T_{mean}))
事件發生率1970年代中期之後明顯增加

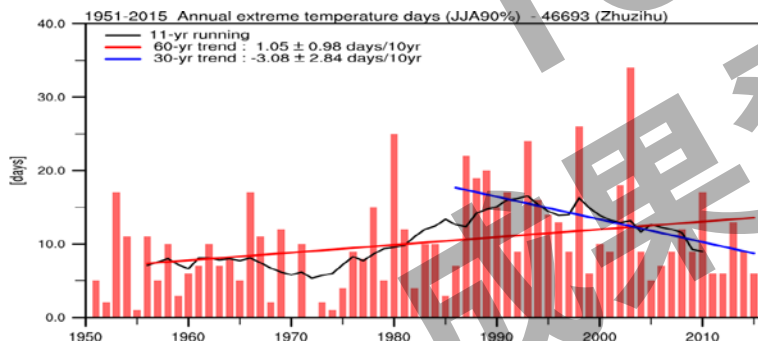
台北



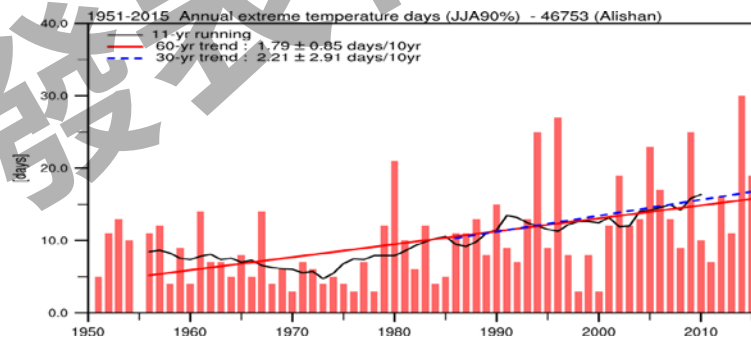
台中



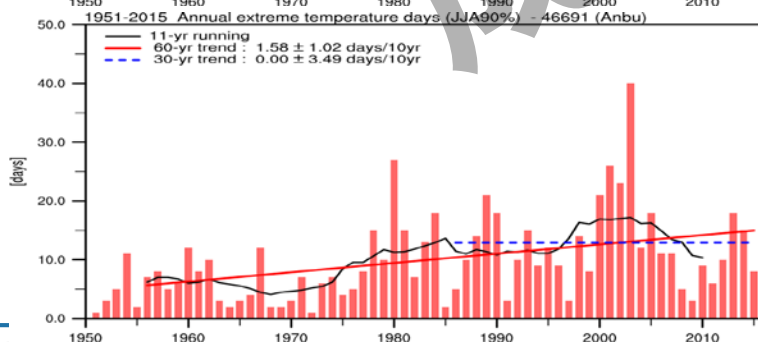
竹子
湖



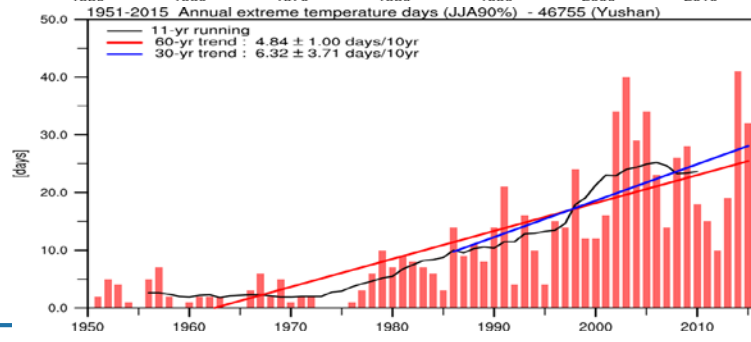
阿里
山



鞍部

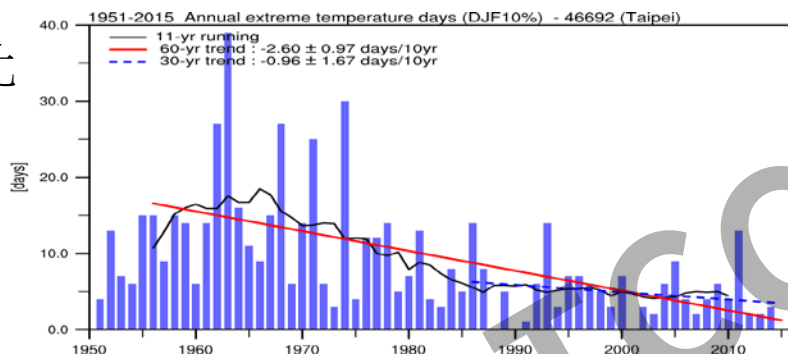


玉山

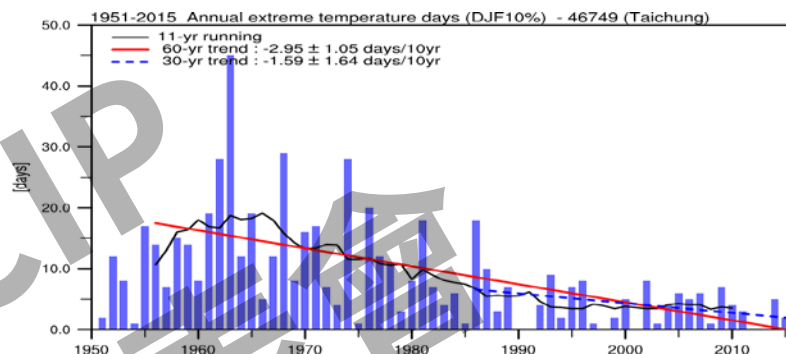


➡ 極端低溫($T_{\text{mean}} < 10\%$ (1961-1990, Dec-Feb, T_{mean}))
事件發生率在1980年代後期之後明顯下降

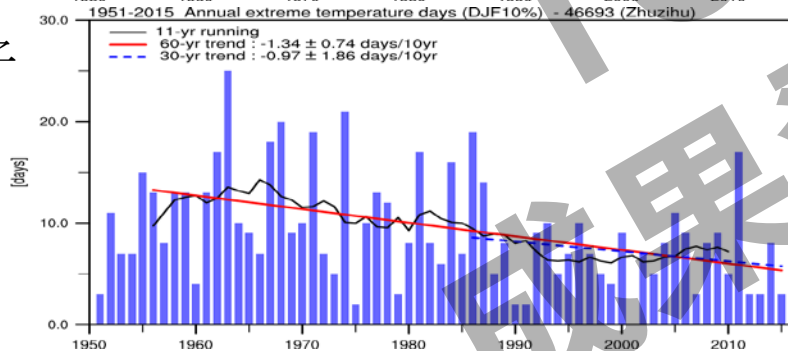
台北



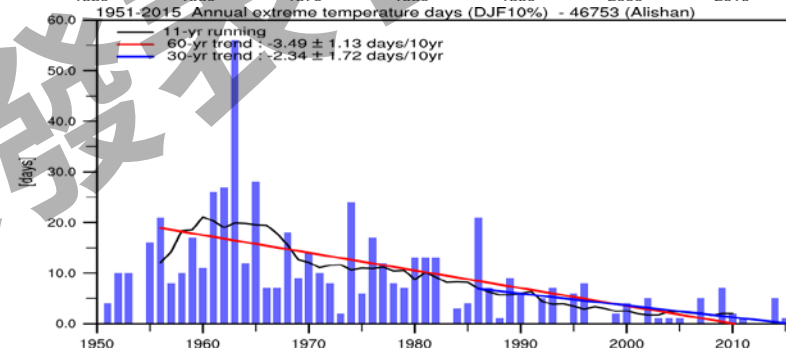
台中



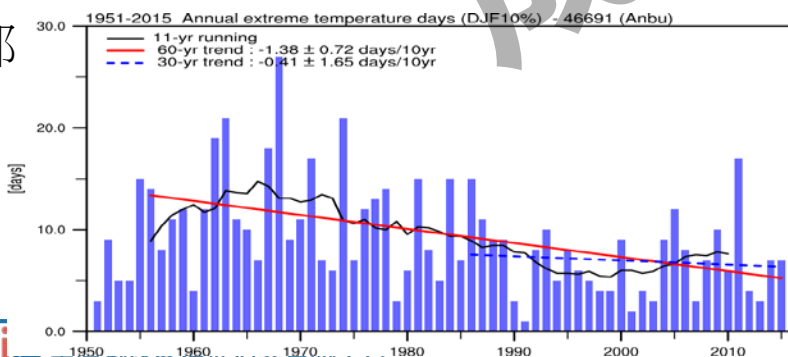
竹子湖



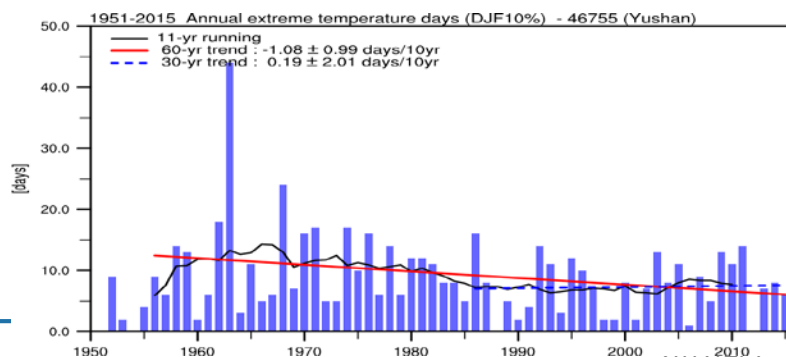
阿里山



鞍部

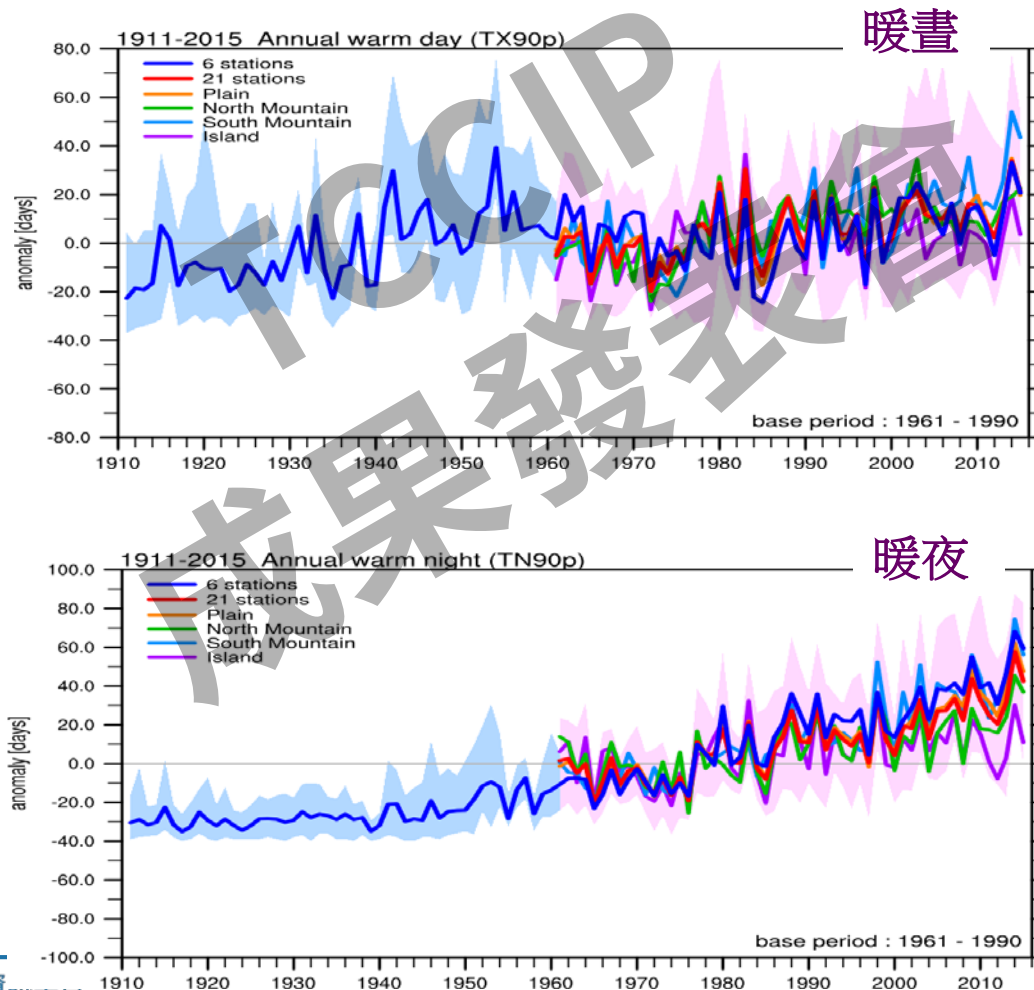


玉山

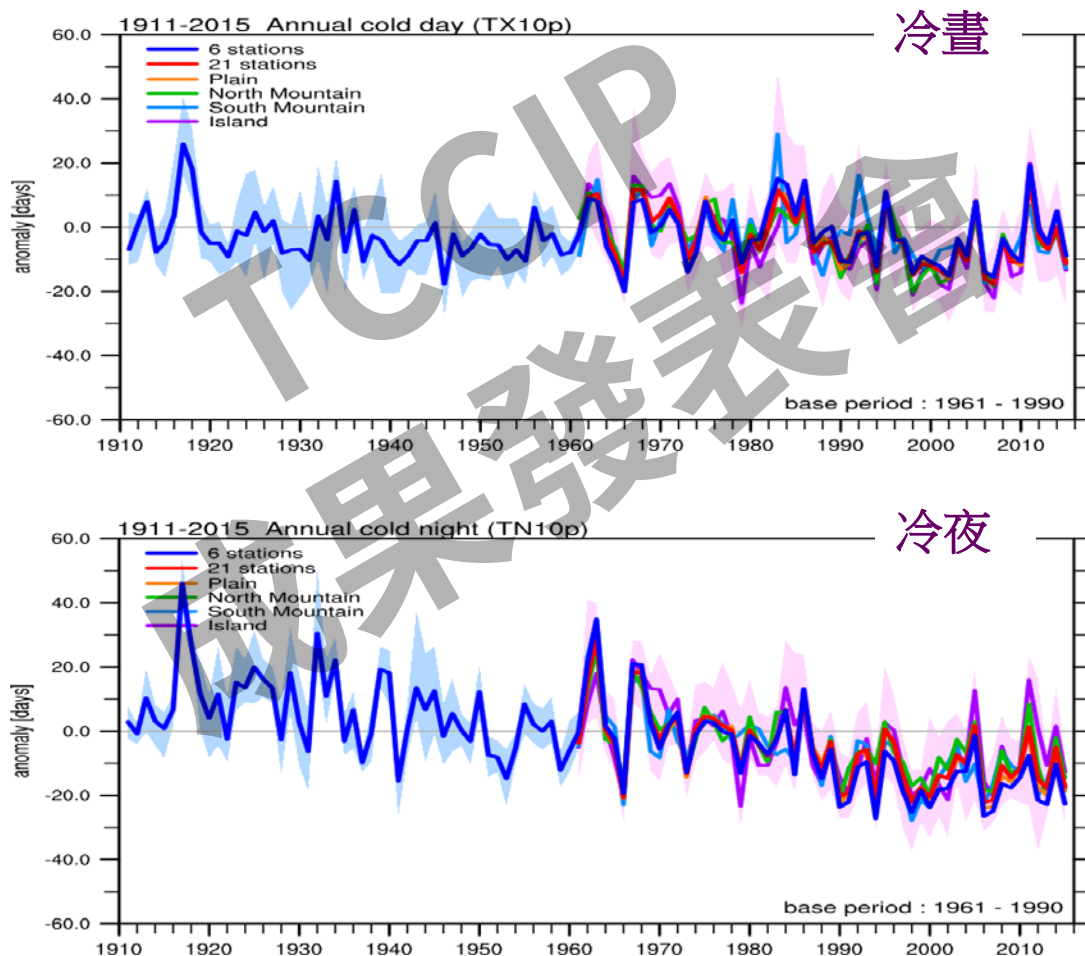


臺灣氣候變化

- ➡ 暖晝($T_{max} > 90\%$ (1961-1990, Jun-Aug, T_{max}))事件發生率在1980年代後期明顯增多, 但遠不如暖夜($T_{min} > 90\%$ (1961-1990, Jun-Aug, T_{min}))增多幅度明顯



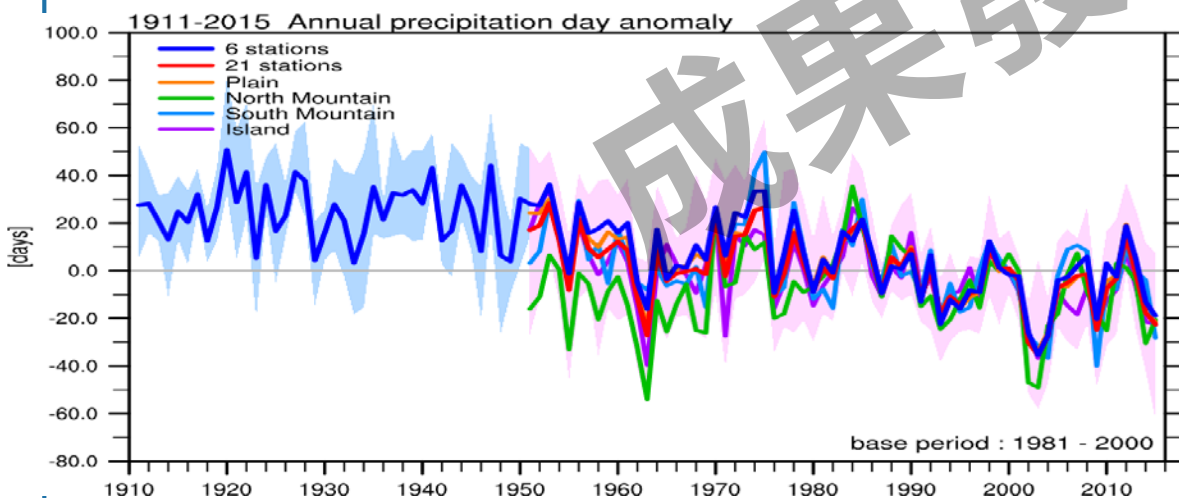
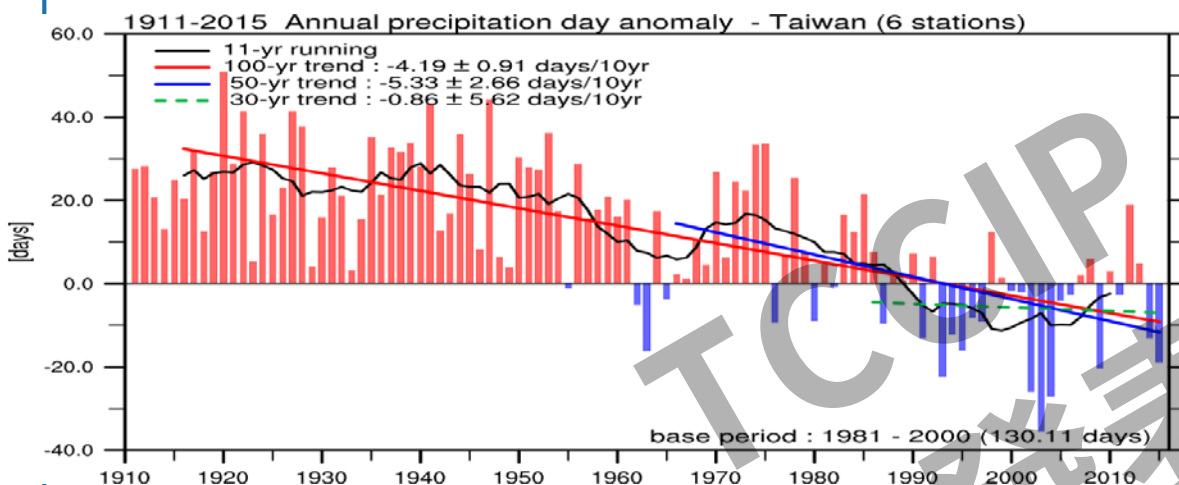
- ➡ 冷晝($T_{min} < 10\%$ (1961-1990, Dec-Feb, T_{min}))事件發生率在1980年代後期明顯減少, 但遠不如冷夜($T_{min} < 10\%$ (1961-1990, Dec-Feb, T_{min}))減少幅度明顯



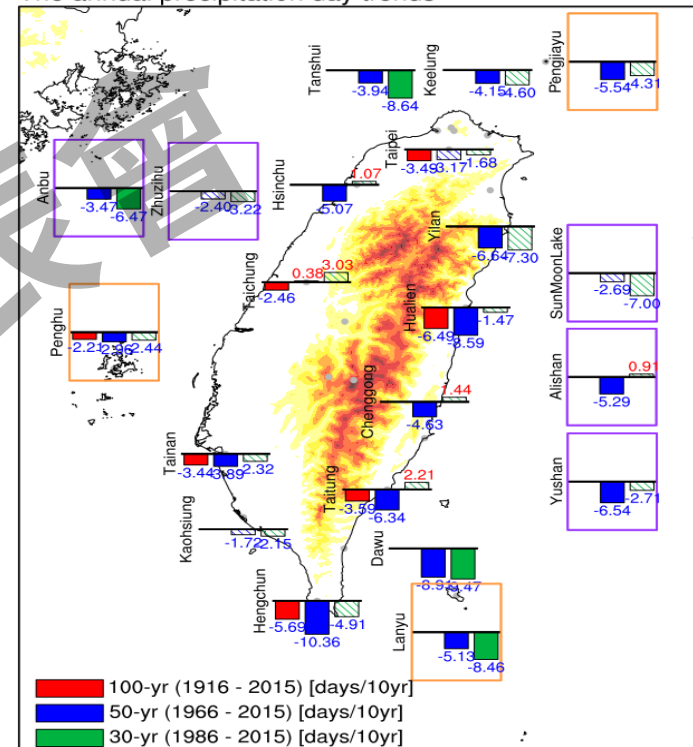
- ➡ 1940-50 年代偏濕，1960年之後出現振盪現象，有6年明顯偏乾其中2002與2003 為連續兩年偏乾，有5年明顯偏濕，平均乾濕振盪週期約11年。1995年之後夏秋偏濕，冬春偏乾。



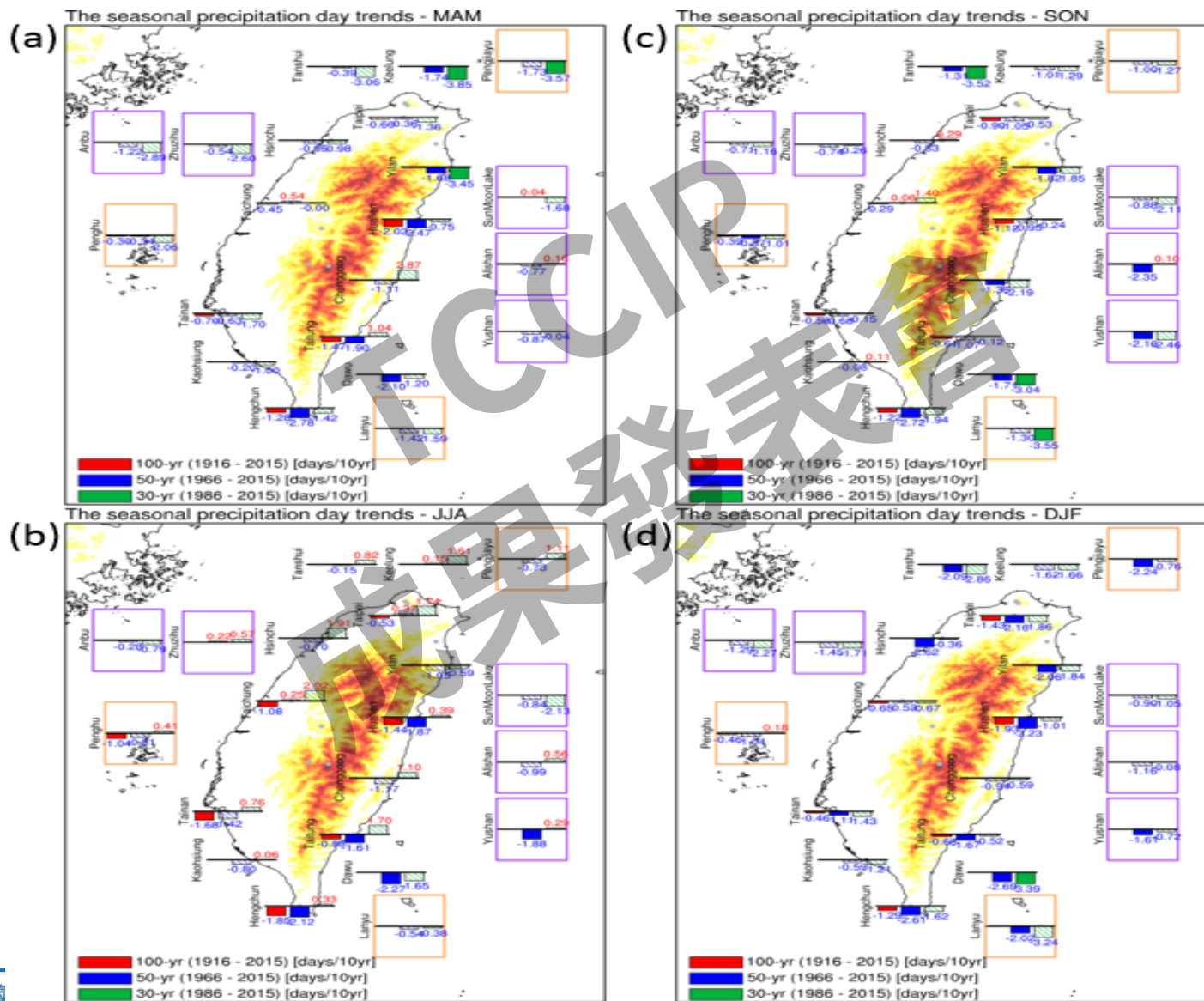
➡ 1950 年代後期出現年雨日減少，1970年代初稍微恢復至中期以後快速下滑，東部減少幅度大於西部。



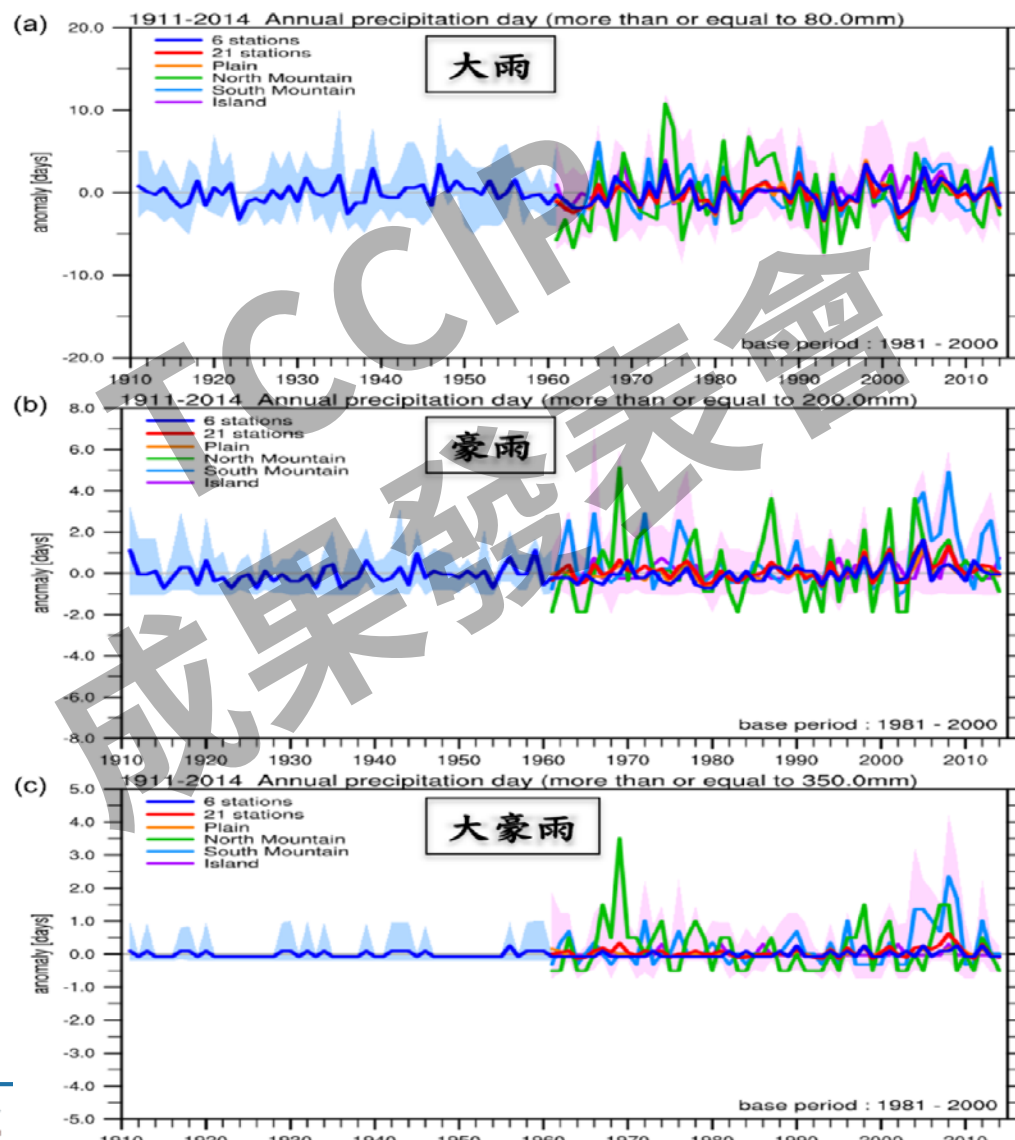
The annual precipitation day trends



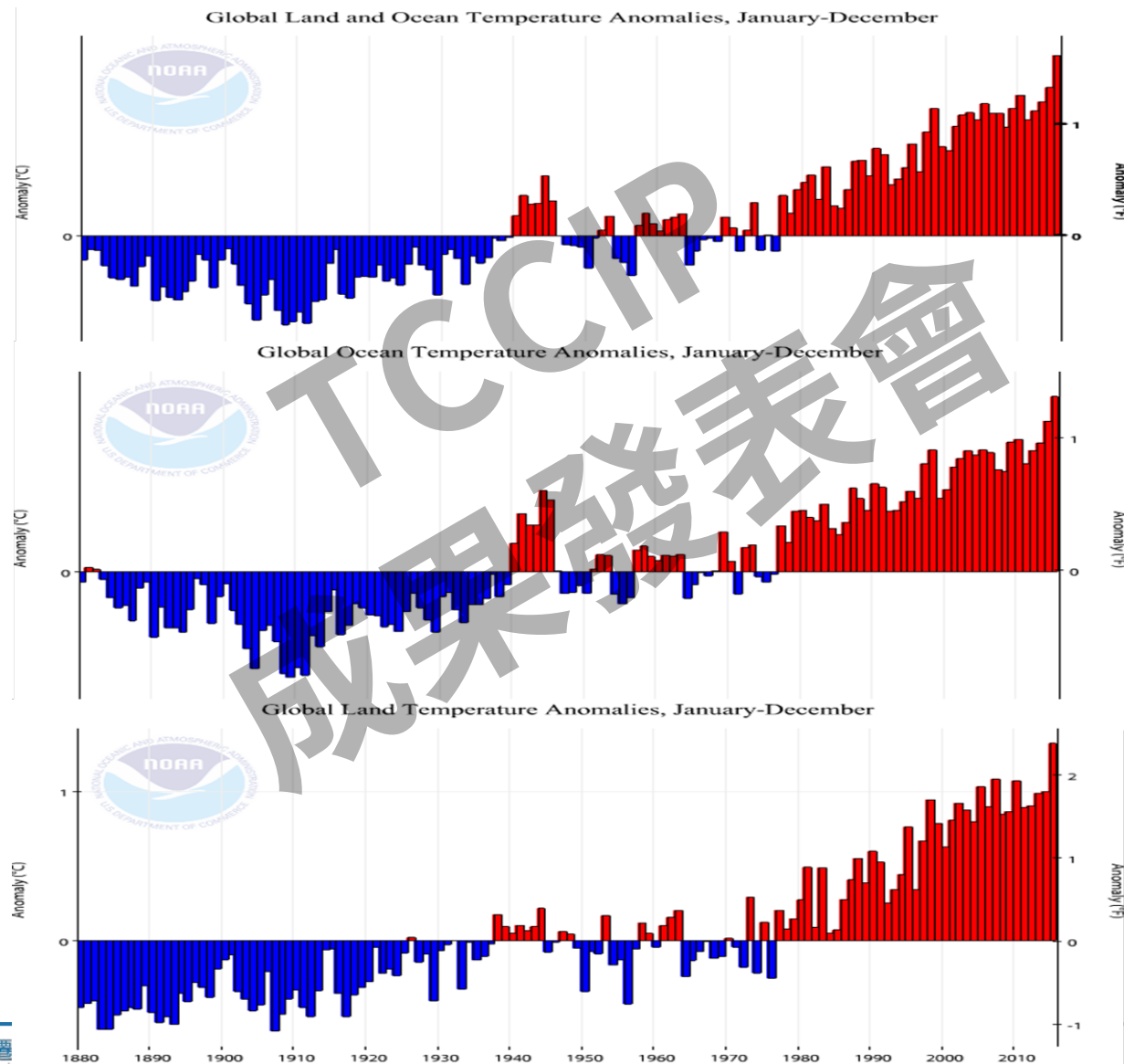
➡ 雨日減少在夏、秋季的西部和北部訊號較弱



- ➡ 豪雨和大豪雨發生率在1960與70年代北部山區偏多，2000年之後南部山區偏多。



➡ 全球平均氣溫不斷攀升，暖化現象明顯。



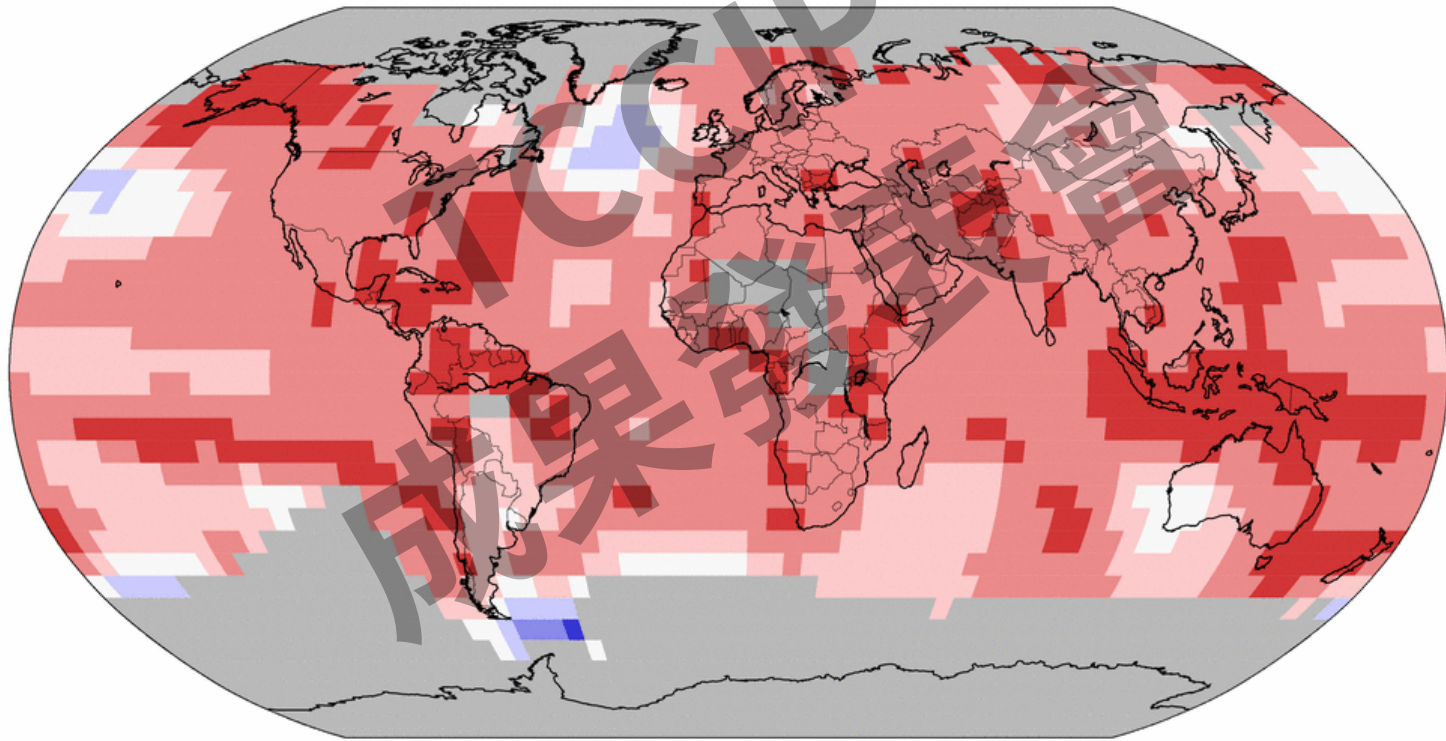
全球氣候變化

➡ 2016年是1880年以來最熱的一年

Land & Ocean Temperature Percentiles Jan–Nov 2016

NOAA's National Centers for Environmental Information

Data Source: GHCN–M version 3.3.0 & ERSST version 4.0.0



Record
Coldest

Much
Cooler than
Average

Cooler than
Average

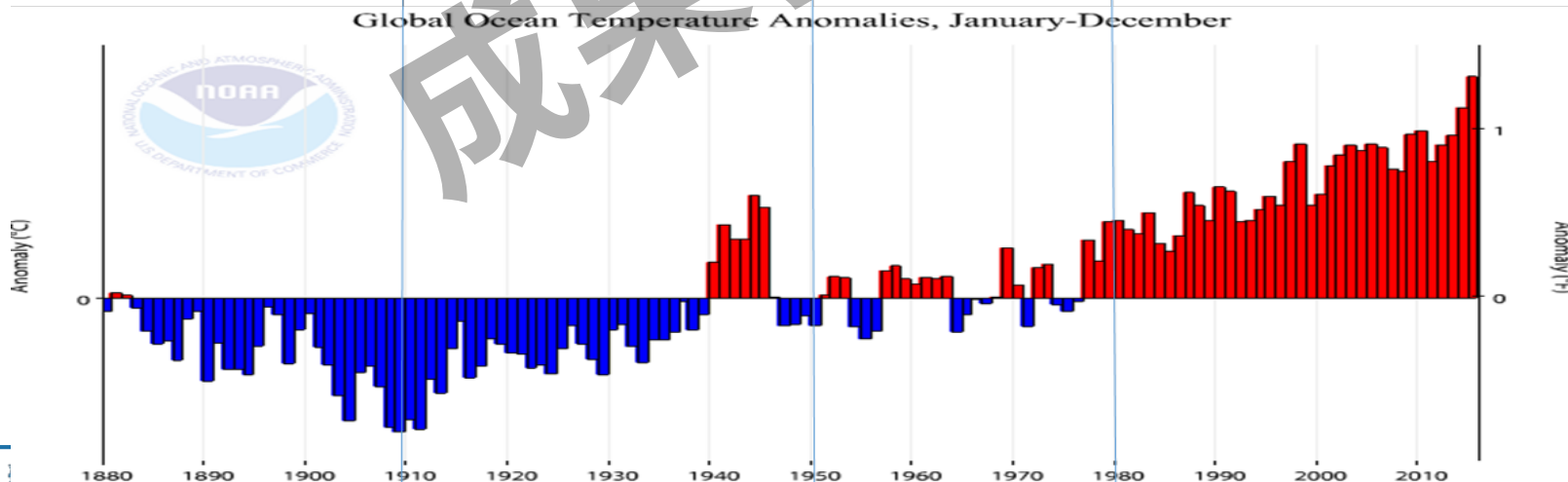
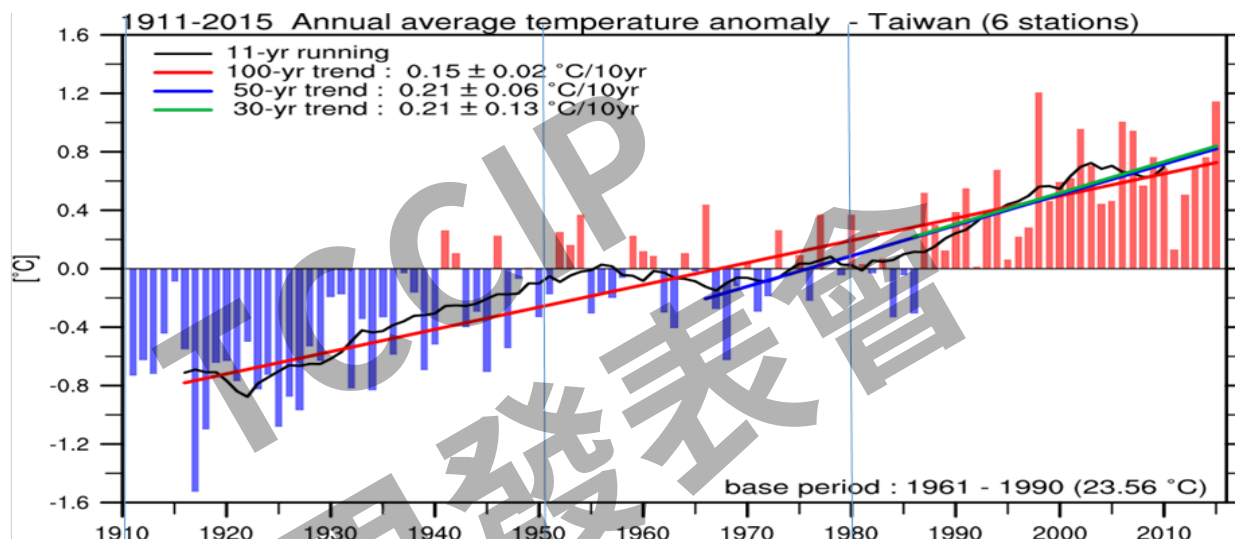
Near
Average

Warmer than
Average

Much
Warmer than
Average

Record
Warmest

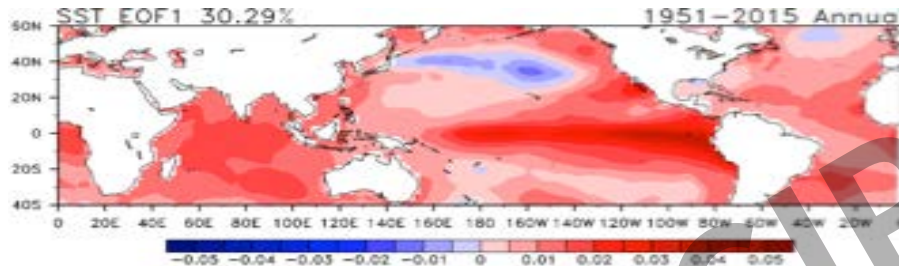
- ➡ 臺灣平均氣溫(6個有100年以上觀測紀錄的氣象站)與全球平均變化極類似



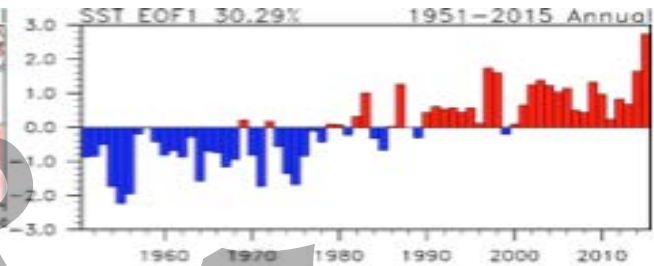
海表面溫度變化

- 1951-2015年全球年平均海表面溫度(Sea Surface Temperature, SST)變化的 4個主模態(major modes) 佔總變異量63.2%

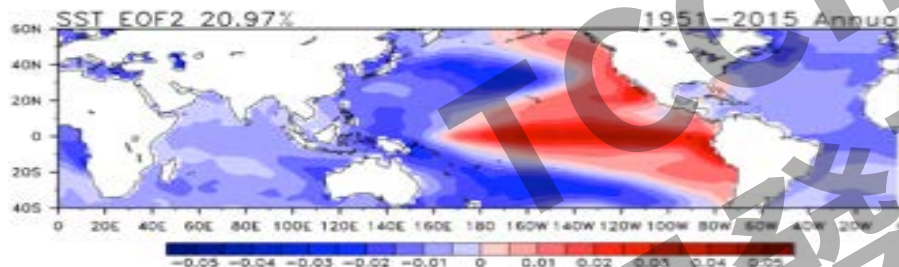
EOF1



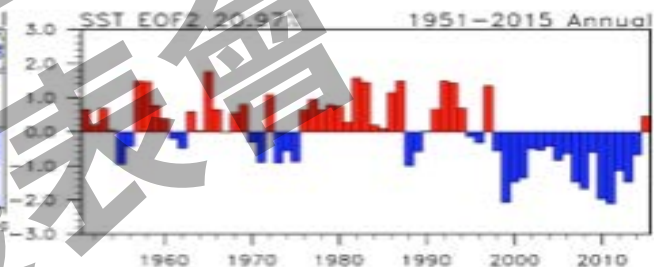
PC1



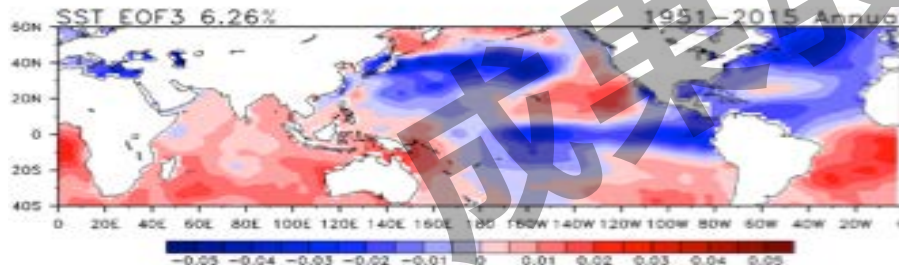
EOF2



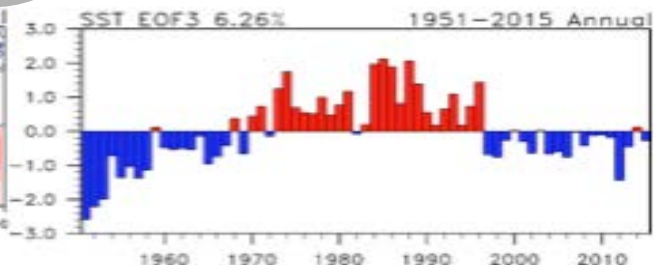
PC2



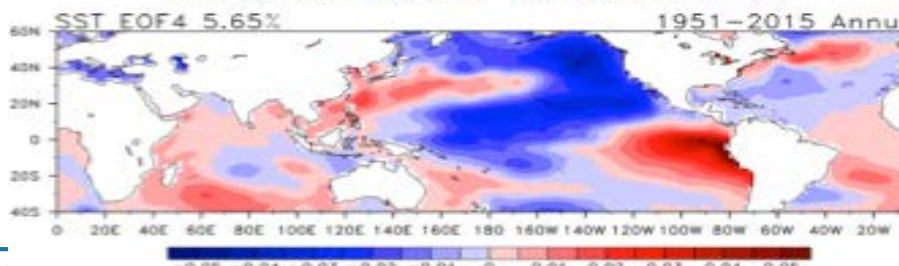
EOF3



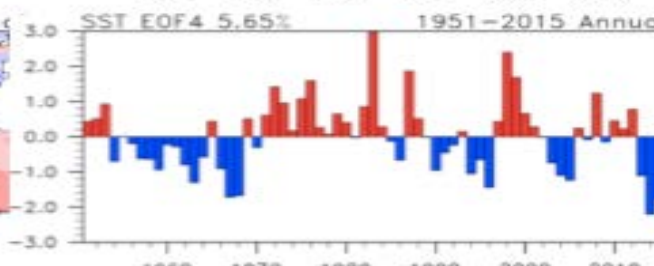
PC3



EOF4

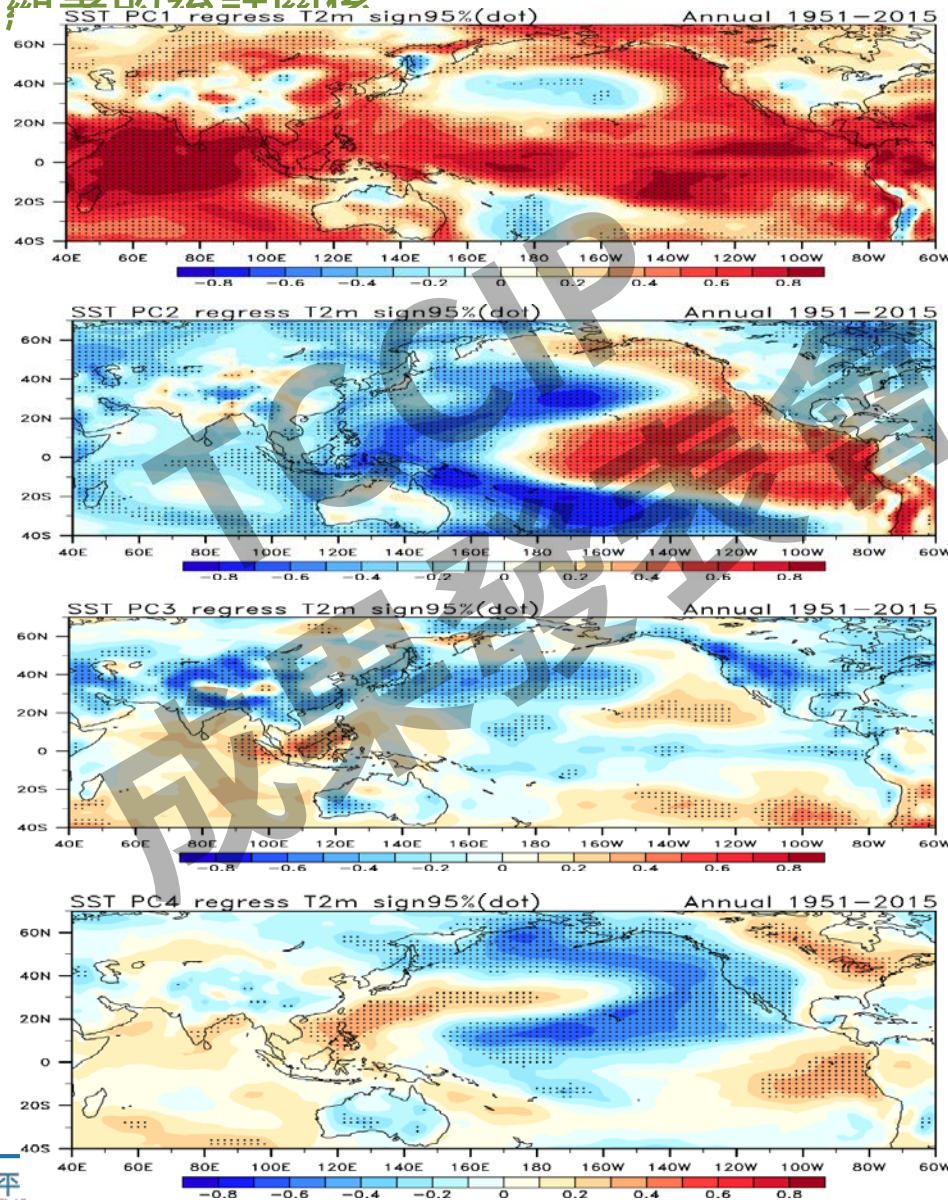


PC4



全球海溫變化與臺灣氣候的關係

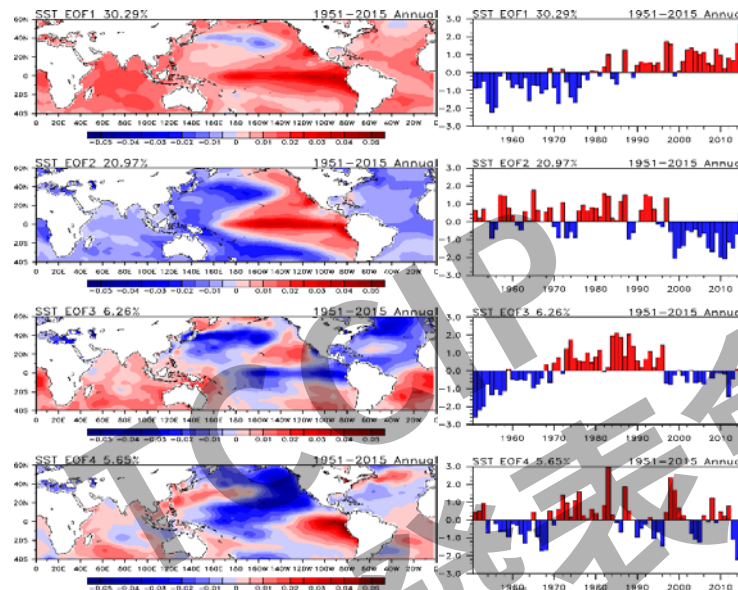
- SST主成分時間序列與全球格點近地表(2公尺高)氣溫迴歸分析結果顯示臺灣附近有顯著的統計關係



海表面溫度變化的季節特徵

➡ 全年平均 vs. 冬季(12-2月) \ 夏季(6-8月) SST 主模態

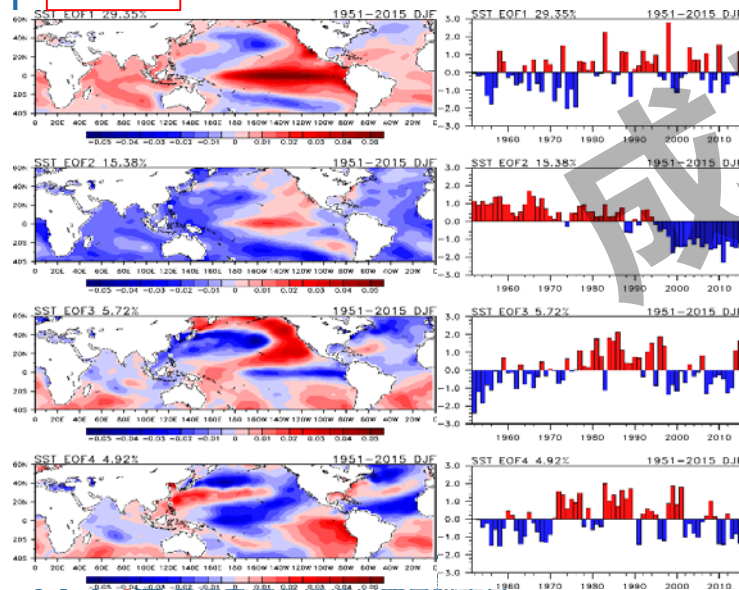
EOF1: Global Warming
 EOF2: Mega-ENSO
 EOF3: AMO
 EOF4: NPGO



Annual

DJF

JJA



nMeg-ENSO

GW

Mega-ENSO

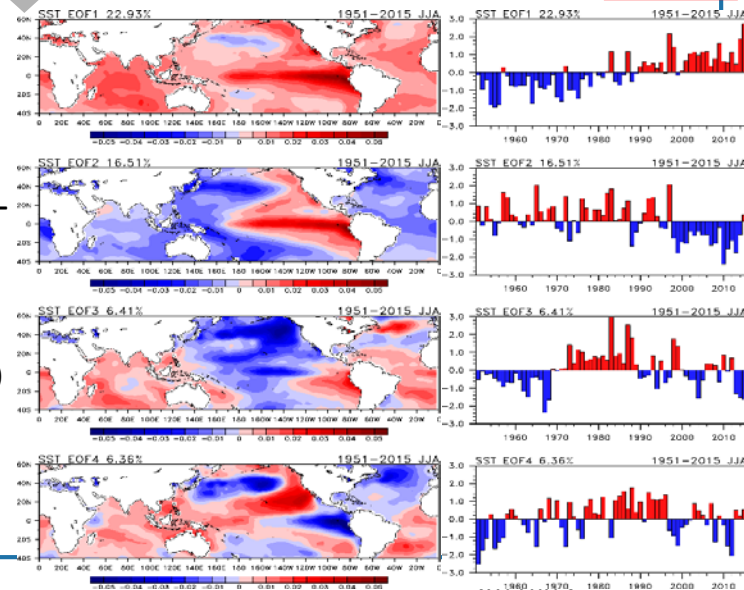
Mega-ENSO

AMO

NPGO

NPGO

AMO



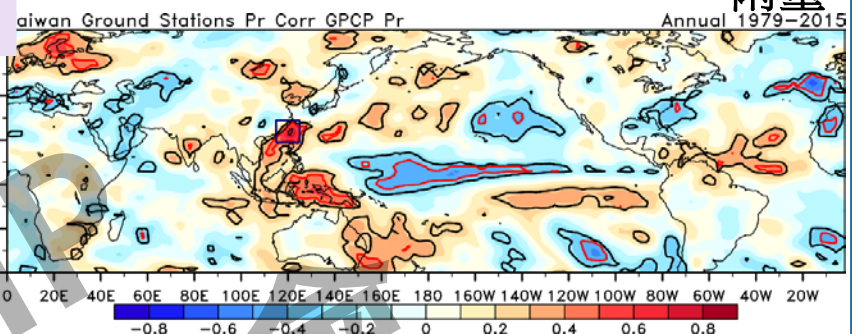
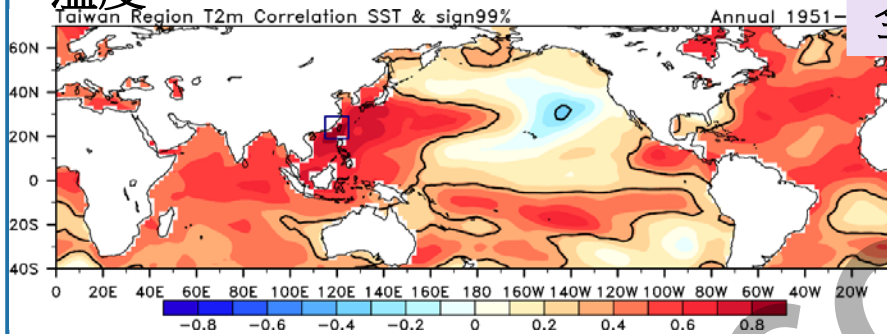
臺灣氣溫和雨量與全球的關係

- 臺灣氣溫與SST 相關係數圖有許多類似SST主模態的特徵；臺灣夏半年(5-10月)雨量僅與鄰近區域相關但冬半年(11-4月)雨量與許多遙遠區域相關。

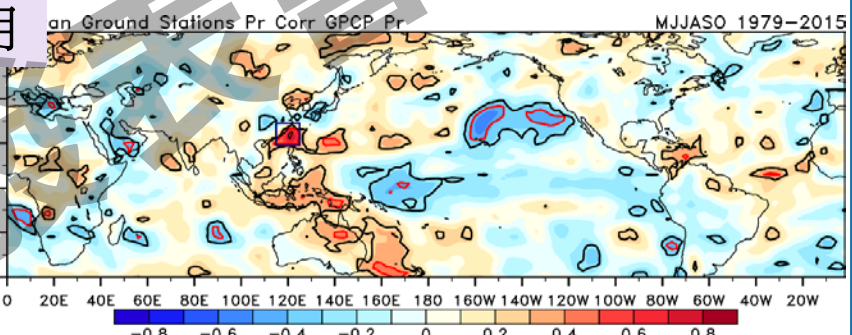
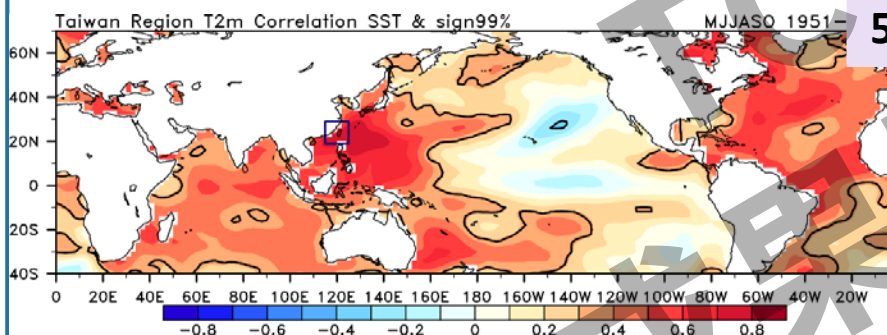
溫度 TWN Box: 19N-29N, 115E-125E

全年

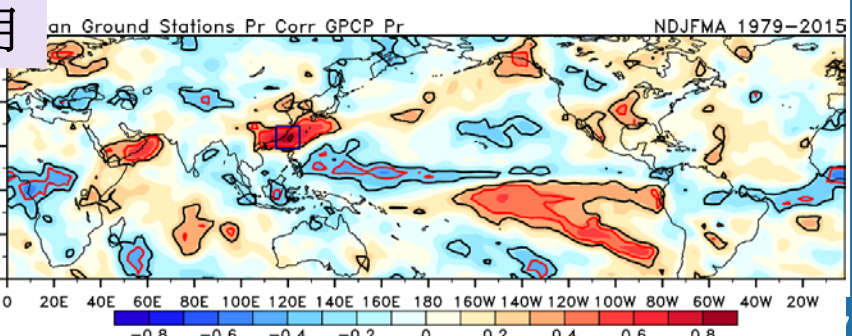
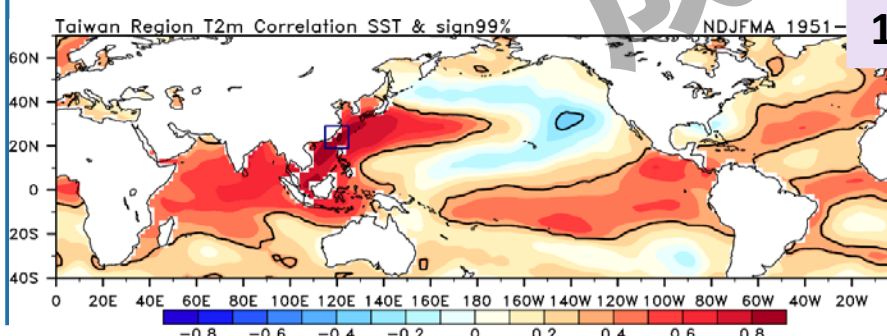
雨量



5-10月



11-4月



臺灣氣候變數與全球SST主模態的關係

- ➔ 臺灣氣溫與SST主模態在季節轉換期(4-6月)關係較弱，與冬半年3個主模態高相關，在盛夏也與2個主模態高相關。臺灣雨量與SST第2主模態在後夏與秋季關係較好，和低層風場在春季及盛夏與秋季SST第1主模態高相關。

1951-2015 Climate Var. TWN-Box corr. SST Modes

	Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
T2m													
PC1	**	**	**	**	**	*	*	**	**			**	**
PC2	**	**	**	**		*		**	**	**	**	**	**
PC3	*	**	**	**	**								
PC4						*							
Rain													
PC1												**	
PC2					*	*		**	**	**	**	*	*
PC3							*	*					
PC4													
UV 850													
PC1	**	**		**					*	**	**	**	**
PC2				**	**					*			
PC3	*			*	*				**				
PC4						*		*		*	*		

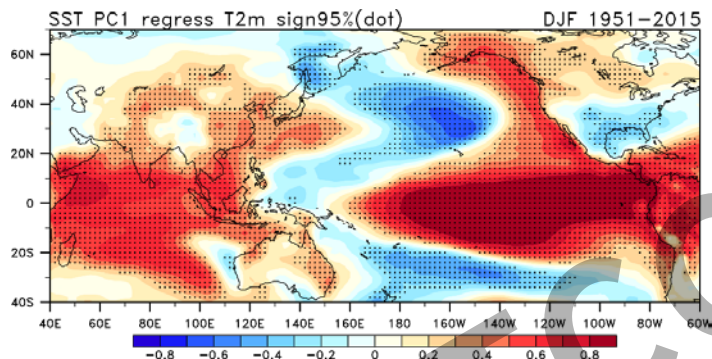
** sig. 0.01 / * sig. 0.05

臺灣氣候變數與全球SST主模態的關係

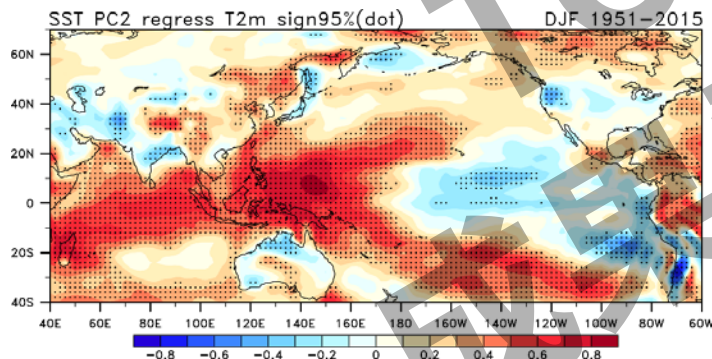
- 冬季2公尺氣溫對冬季SST第1-3個主成分迴歸分析係數顯示臺灣冬季溫度與SST高度相關

12-2月 T2m 迴歸分析係數

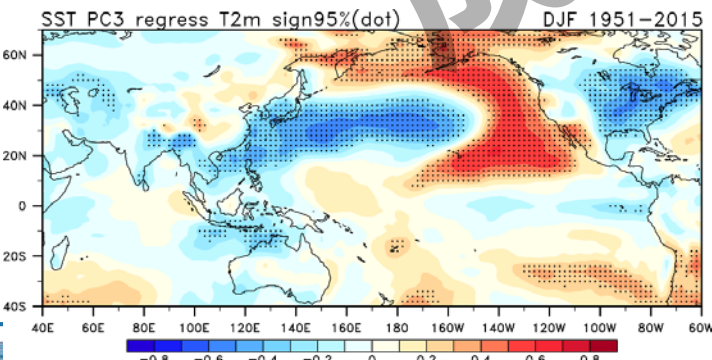
Reg. to
PC1



Reg. to
PC2

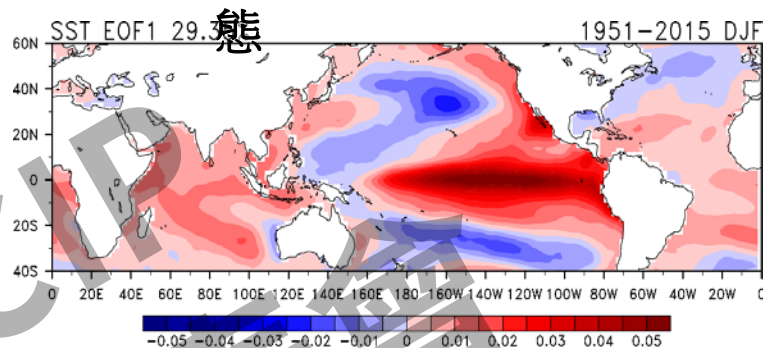


Reg. to
PC3

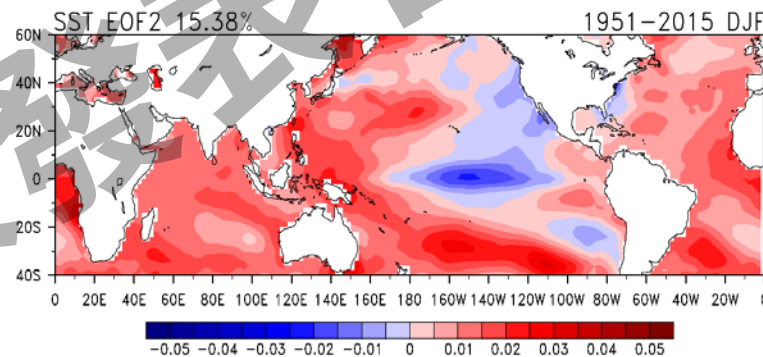


12-2月 SST 主模態

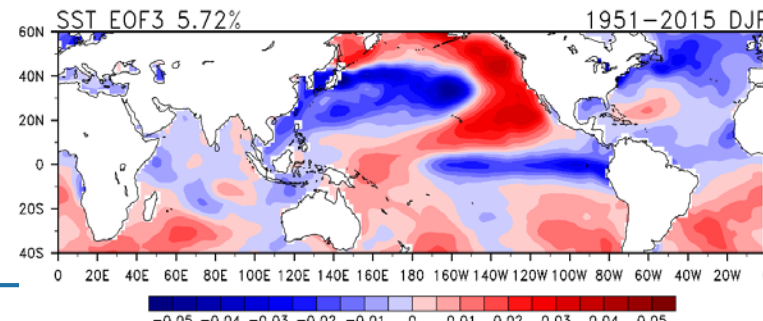
態



EOF1



EOF2



EOF3

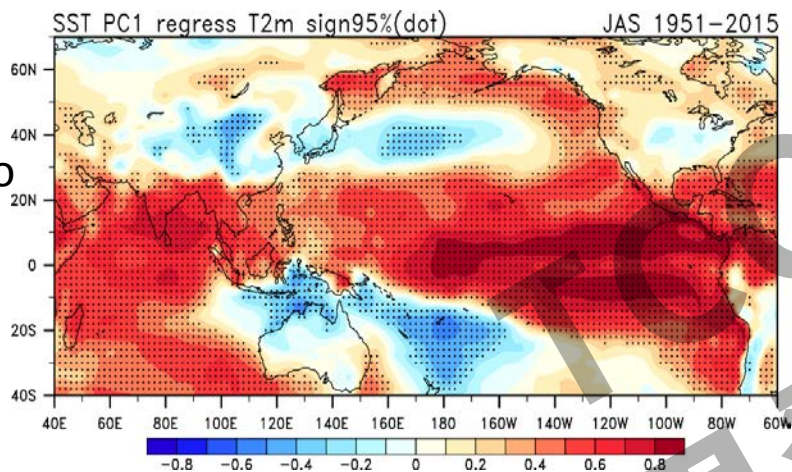
臺灣氣候變數與全球SST主模態的關係

➡ 夏季2公尺氣溫對夏季SST第1-2個主成分迴歸分析係數顯示臺灣夏季溫度與SST高度相關

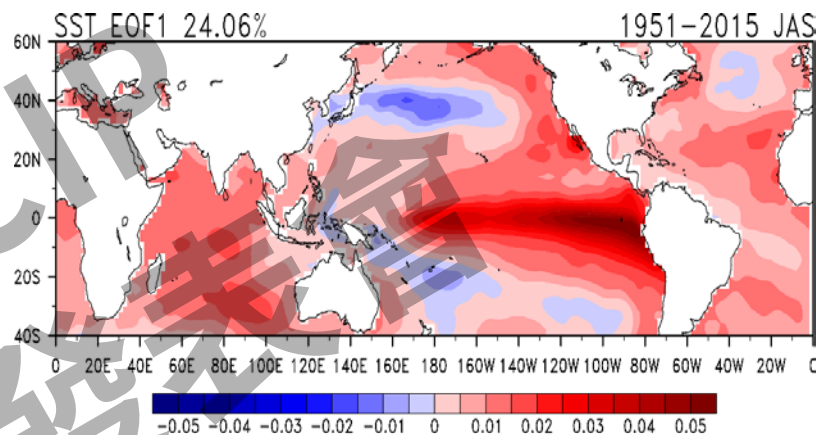
7-9月 T2m 迴歸分析係數

7-9月 SST 主模態

Reg. to
PC1

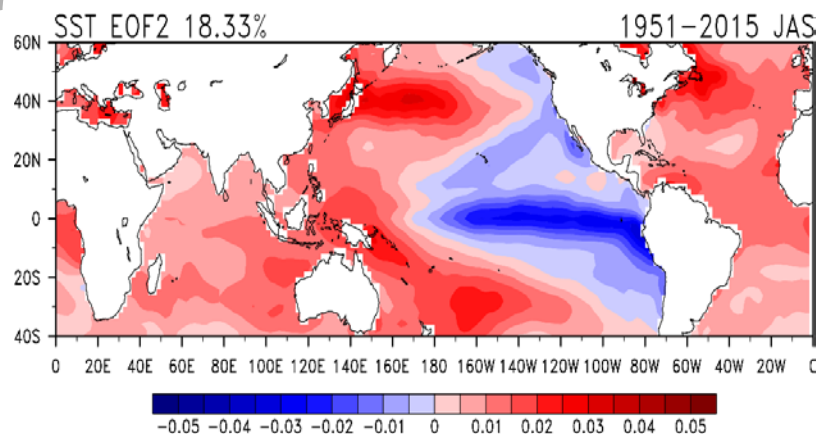
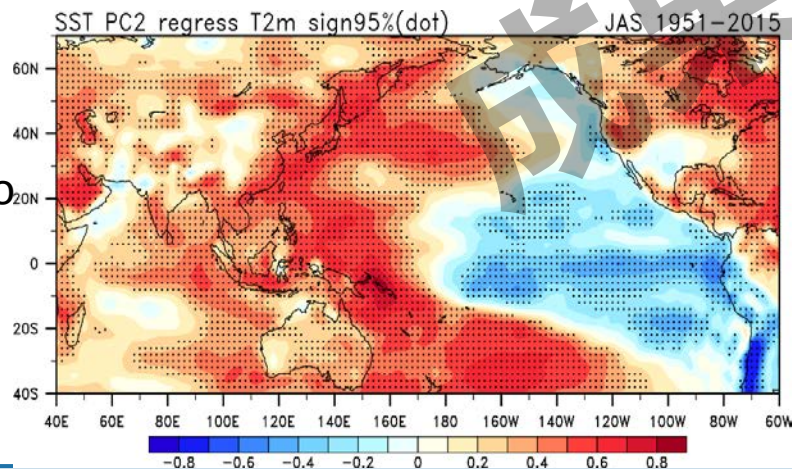


EOF1



EOF2

Reg. to
PC2



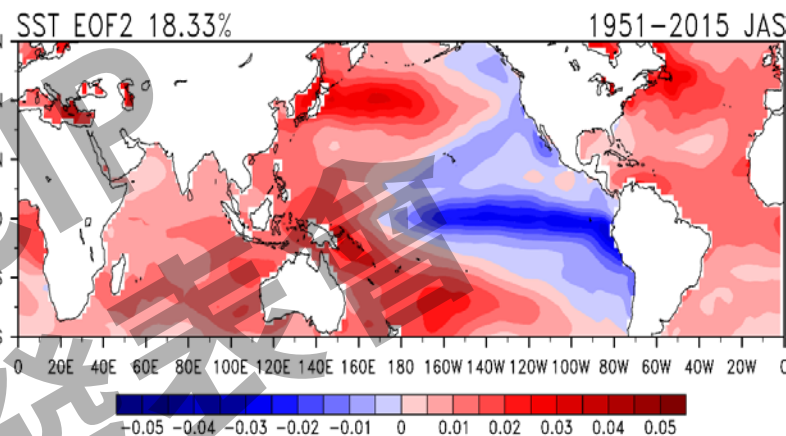
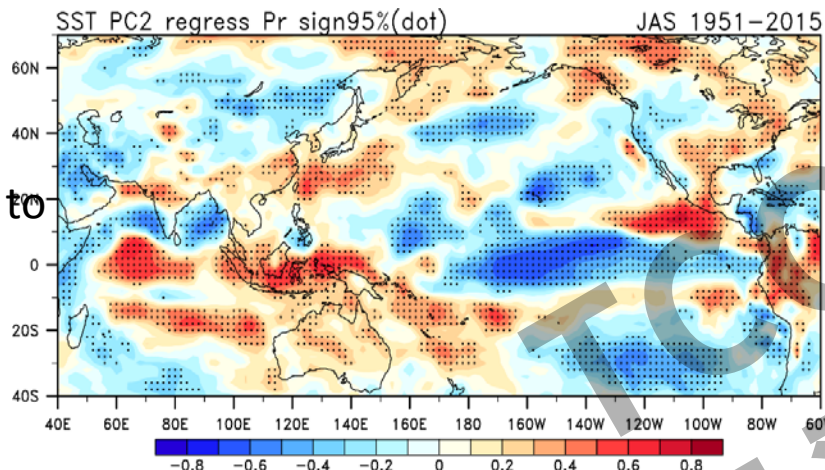
臺灣氣候變數與全球SST主模態的關係

- 夏、秋雨量對夏、秋SST第2個主成分迴歸分析係數顯示臺灣夏、秋雨量受SST變化的影響

7-9月 降水 迴歸分析係數

7-9月 SST 主模態

Reg. to
PC2

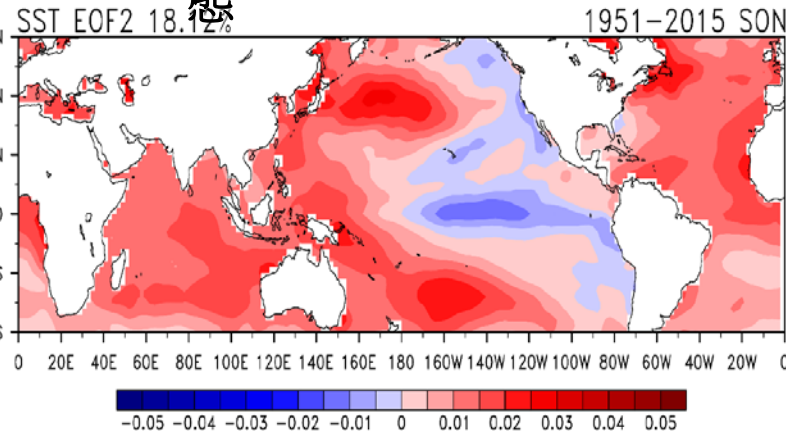
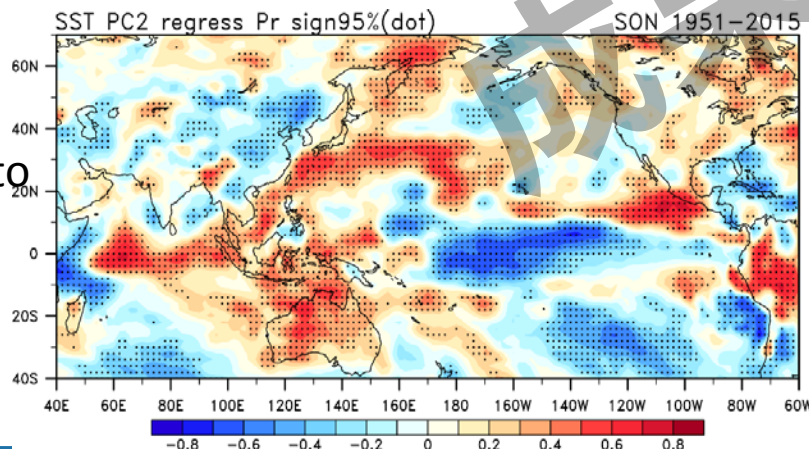


EOF2

9-10月 降水 迴歸分析係數

9-10月 SST 主模態

Reg. to
PC2

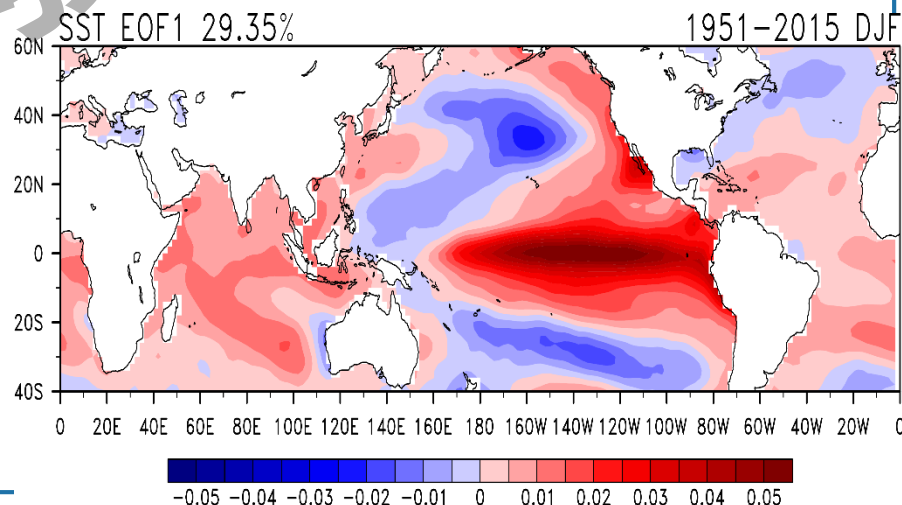
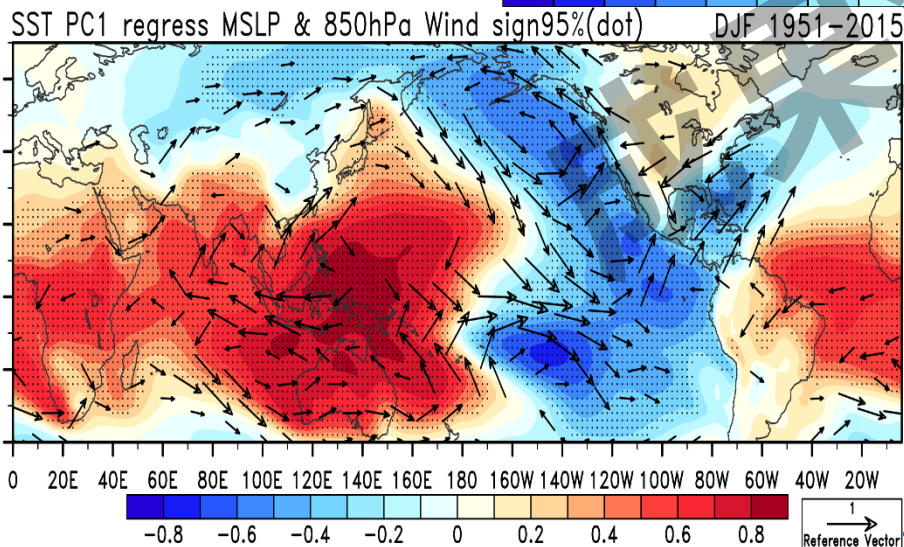
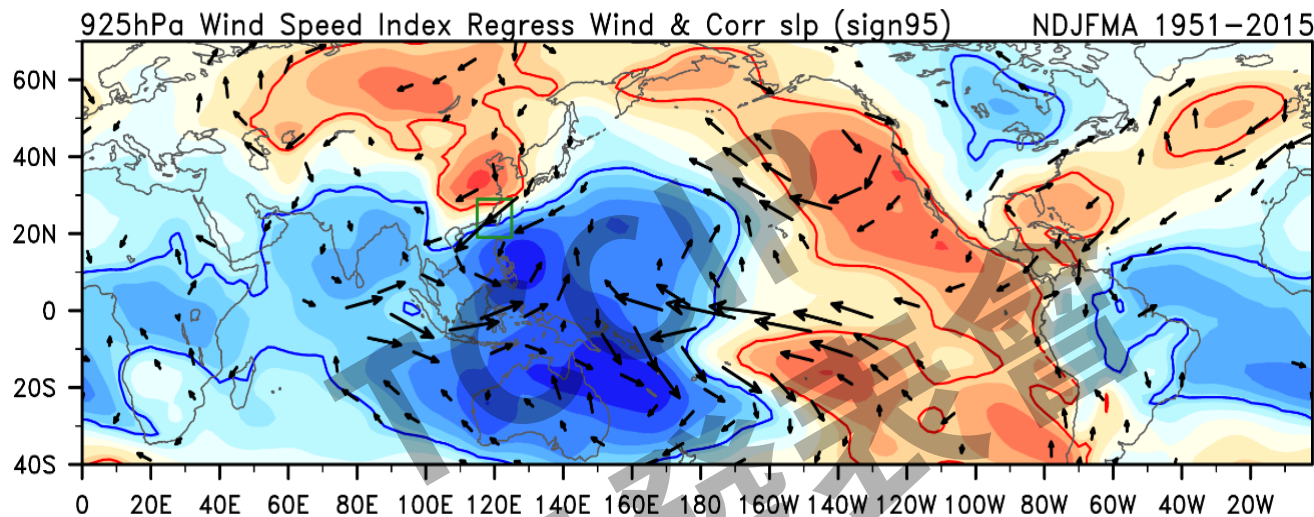


EOF2

臺灣氣候變數與全球SST主模態的關係

- ➡ 以臺灣(19N-29N, 115E-125E)冬季平均風速為自變數迴歸分析低層風場和平均海平面氣壓，發現臺灣附近的風速變化主要受 ENSO 影響

低層風場與海平面氣壓對臺灣(19N-29N, 115E-125E)冬半年平均風速迴歸分析



氣候變化

能模擬SST變化主模態重要特
IPCC CMIP5 氣候模式

評估原則

1 評估模式對 1961-2004 年全年(Annual)平均海溫在全球(70°S~70°N, 0°E~360°E)、印度洋、西太平洋、東太平洋及大西洋 5 個洋區的空間模擬能力。

方法：由模式全年氣候平均海溫場減去觀測全年氣候平均海溫場，利用均方根誤差(Root Mean Square Error, RMSE)分別統計 5 個洋區內各自格點累計得均方根誤差值，再將每一個洋區所有模式得均方根誤差值作排序，以百分位呈現 5 個洋區模式均方根誤差值得分佈。

條件：捨棄均方根誤差值至少在 3 個洋區大於 90 百分位以上，以及在西太平洋及東太平洋均方根誤差值皆在 90 百分位以上的模式。

2 評估模式對 1961-2004 年全年(Annual)海溫在全球、印度洋、西太平洋、東太平洋及大西洋 5 個洋區的年際變化變異度模擬能力。

方法：計算觀測與模式在 5 個洋區得時間變異度(Temporal Variance)，同樣將每一個洋區所有模式得時間變異度作排序，以百分位呈現 5 個洋區各自變異度得分佈，同時將觀測的變異度作為依據，分析每一洋區得觀測變異度是排在所有模式得哪一個幾百分位區間。

條件：捨棄時間變異度小於觀測時間變異度得模式。

3 評估模式對夏季(JJA)、冬季(DJF)及全年(Annual)海溫特徵的模擬能力。

3.1 海溫重組

方法：透過經驗正交函數(Empirical Orthogonal Function, EOF)分析觀測及各模式全球(40°S~60°N, 0°E~360°E)海溫的變異，並以觀測前 3 個模態得總變異量百分比得到各模式累積到該總變異量百分比得模態數，總共有 5 個模態。再利用觀測的前 3 個模態的全球空間變異及各模式前 5 個模態的全球空間變異重組夏季(JJA)、冬季(DJF)及全年(Annual)海溫。

3.2 空間相關分析

方法：由各個季節的觀測前 3 個模態的空間變異選定 6 個位置點(圖 3)，將

選定的位置點對觀測及各個模式重組的 1961-2005 年海溫(40°S~60°N, 0°E~360°E)的每一個格點做時間變異相關分析。接著將各個模式的時間變異相關分布圖與觀測的變異相關分布圖再作空間相關分析，最後統計各個季節空間相關係數的分佈(Histogram)。

BCC_CSM_11m	GFDL_CM3
BNU_ESM	HadGEM2_ES
CCSM4	MIROC5
CESM1_BGC	CMCC_CMS
CESM1_CAM5	NorESM1_M
CNRM_CM5	

- ➡ 臺灣氣候暖化趨勢非常明顯，極端高溫日數攀升，極端低溫日數下降，暖夜日數增多，冷夜日數減少。
- ➡ 臺灣年雨量沒有明顯的增加或減少趨勢，但有數年甚至數十年的長周期變化。
- ➡ 臺灣年總降雨日在1950年之後出現明顯減少趨勢，豪雨和大豪雨日數增多。
- ➡ 臺灣氣候變化與全球大尺度氣候變化關係密切。由於大氣的變化往往須與海洋結合才得以減緩或持續，因此可依循全球海表面溫度變化主要模式的脈絡了解甚至推估臺灣氣候變化。
- ➡ 全球海表面溫度的4個主模式可解釋63.2% 總變異量，其餘部分可歸為雜訊。4個主模式分別能對應到全球增暖(Global Warming)、巨型聖嬰現象(Mega-ENSO)、多年代尺度北大西洋振盪(AMO)、北太平洋渦流振盪(NPGO)，對於臺灣不同季結的溫度、雨量、風速變化有明顯的影響。
- ➡ 分析46個 IPCC CMIP5 氣候模式模擬的全球海表面溫度變化主模式，發現僅有11個模式可大致掌握Global Warming和Mega-ENSO兩個主模式並且幾乎一致顯示Mega-ENSO在未來的暖化氣候將佔有更高比例的變異量。
- ➡ Mega-ENSO的監測、分析、模擬以及對臺灣的影響應列為研究臺灣氣候變異的優先對象。



國家災害防救科技中心

National Science and Technology Center
for Disaster Reduction



THANK YOU !

Questions?

TCCIP
成果發表會

TCCIP
TAIWAN