

# 澳門的氣候變化 與21世紀變化趨勢

鄧耀民 馮瑞權 梁嘉靜 黎婉文



澳門地球物理暨氣象局



# 大綱

- 20世紀的氣候變化情況
  - 資料與分析方法
  - 氣溫、降雨、極端天氣
- 21世紀的氣候變化趨勢(初步預估)
  - 資料與預測方法
  - 氣溫、降雨、極端天氣



# 20世紀氣候變化情況-資料

- 1901~2007澳門逐日的氣溫及雨量資料
- 共三次遷站
  1. 1903~1904 西望洋山 → 東望洋山
  2. 1966年5月 東望洋山 → 大炮台
  3. 1996年8月 大炮台 → 大潭山
- 觀測時間的差異
  1. 1901~1920s 每天5次 → 04、10、13、16、20 時
  2. 1920s ~ 1950s 每天3次 → 09、15、21 時
  3. 1950s 至今 每天24次



# 20世紀氣候變化情況-方法

- 平均氣溫的同化

以1952~2000的每日24次資料建立平均溫度與每日3次和5次的氣溫和最高、最低溫分別按月份建立回歸方程，再利用1952年以前的觀測資料代入求取訂正後的平均溫度。

- 缺測及可能錯誤的紀錄

由香港與澳門兩地氣溫回歸方程補缺或訂正

- 遷站

分析港澳兩地年平均氣溫差之年際變化曲線，只有第一次遷站溫差由0.19降為0.15，其後兩次搬遷沒顯著變化

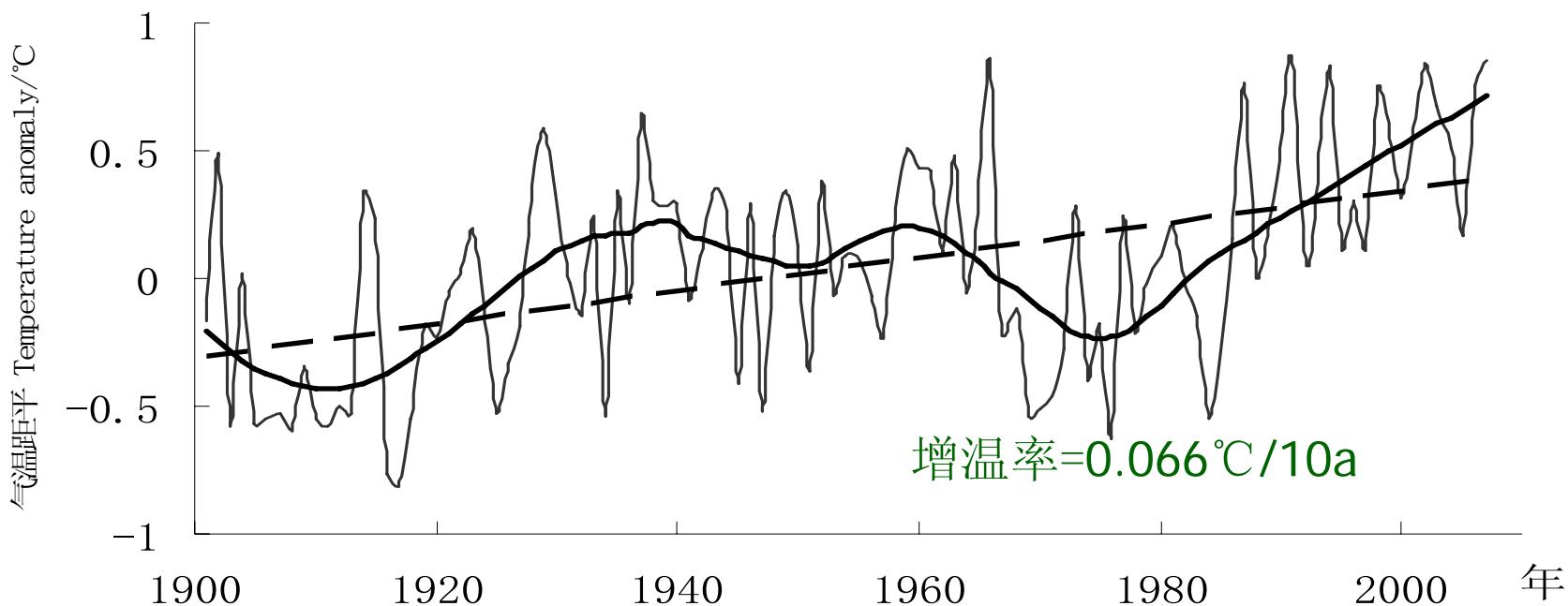


澳門地球物理暨氣象局

# 20世紀氣候變化情況-年平均氣溫

20世紀增溫率 -

澳門  $0.66^{\circ}\text{C}/100\text{年}$  略少於全球平均  $0.74^{\circ}\text{C}/100\text{年}$



- 粗實線為經41點局地權重平滑曲線，粗虛線為線性趨勢線。



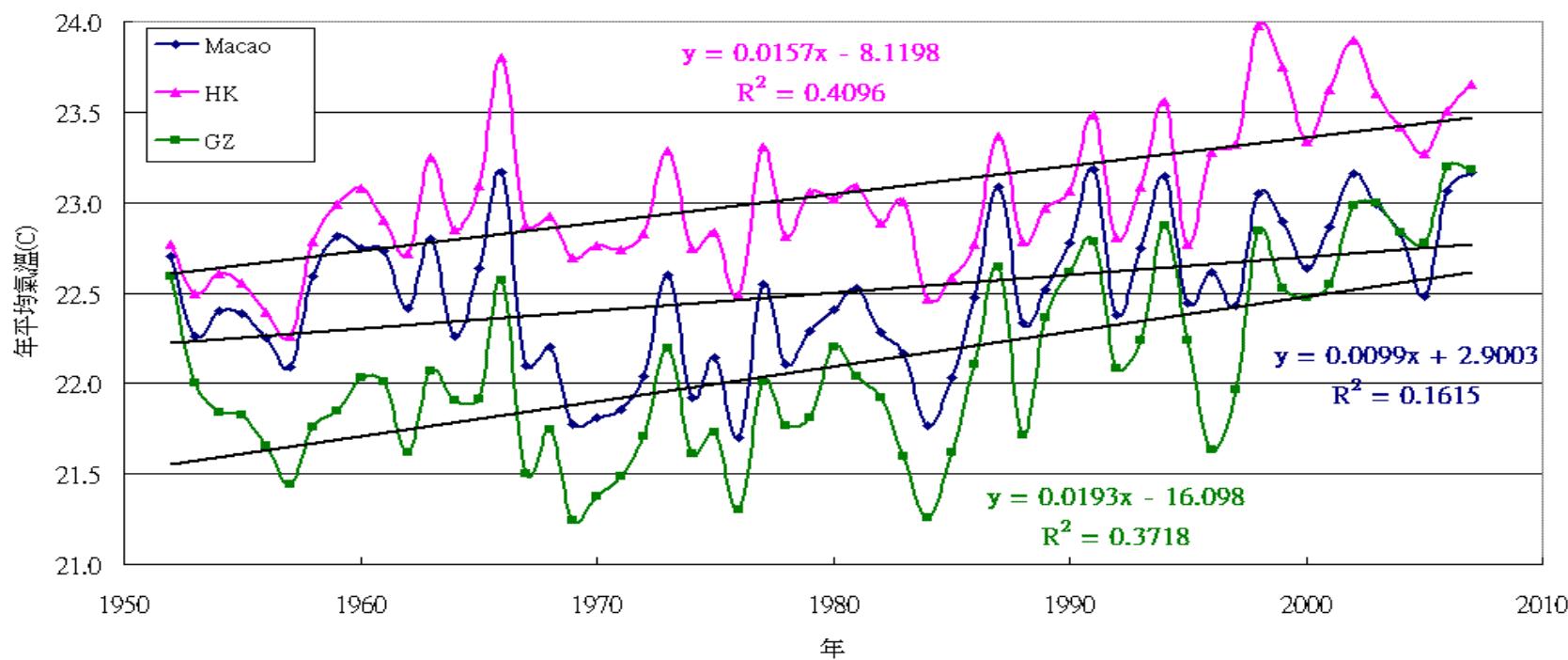
澳門地球物理暨氣象局

# 20世紀氣候變化情況-年平均氣溫

1952~2007(56年) 增溫率(每10年)

澳門(0.099) < 香港(0.157) < 廣州(0.193)

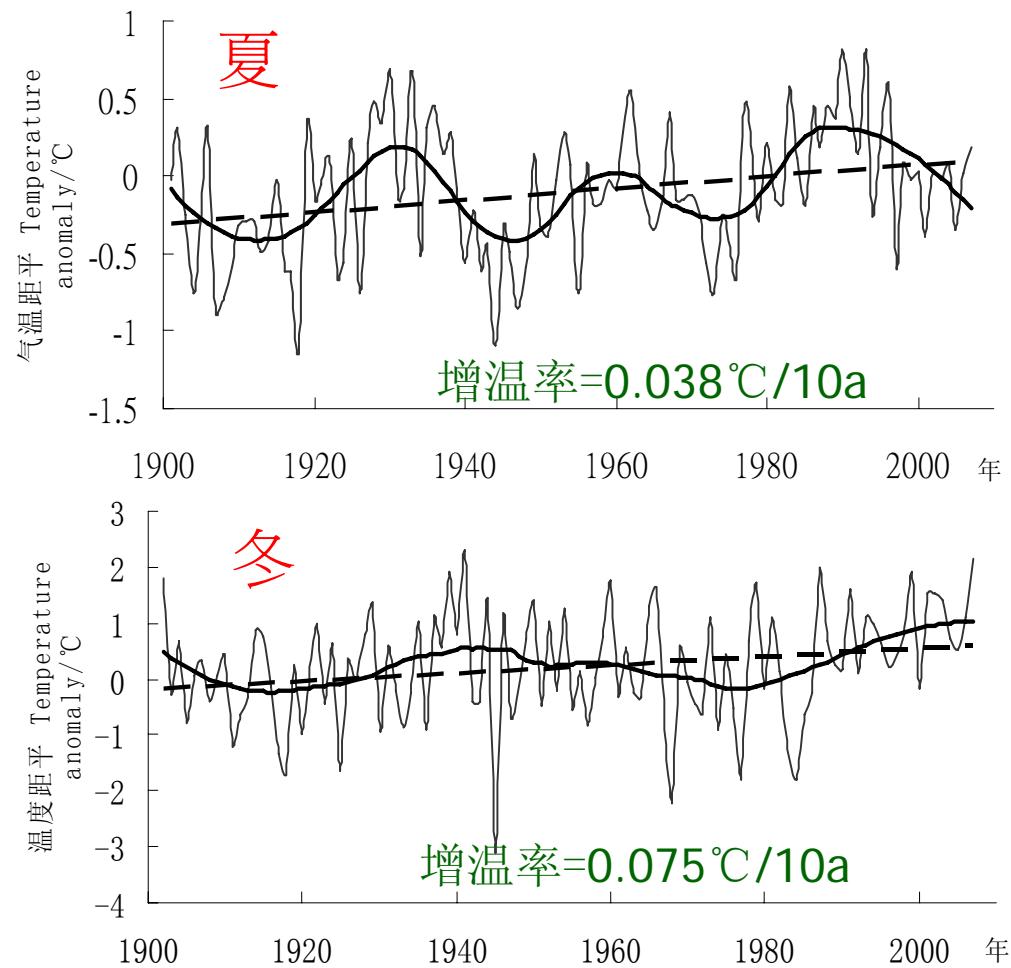
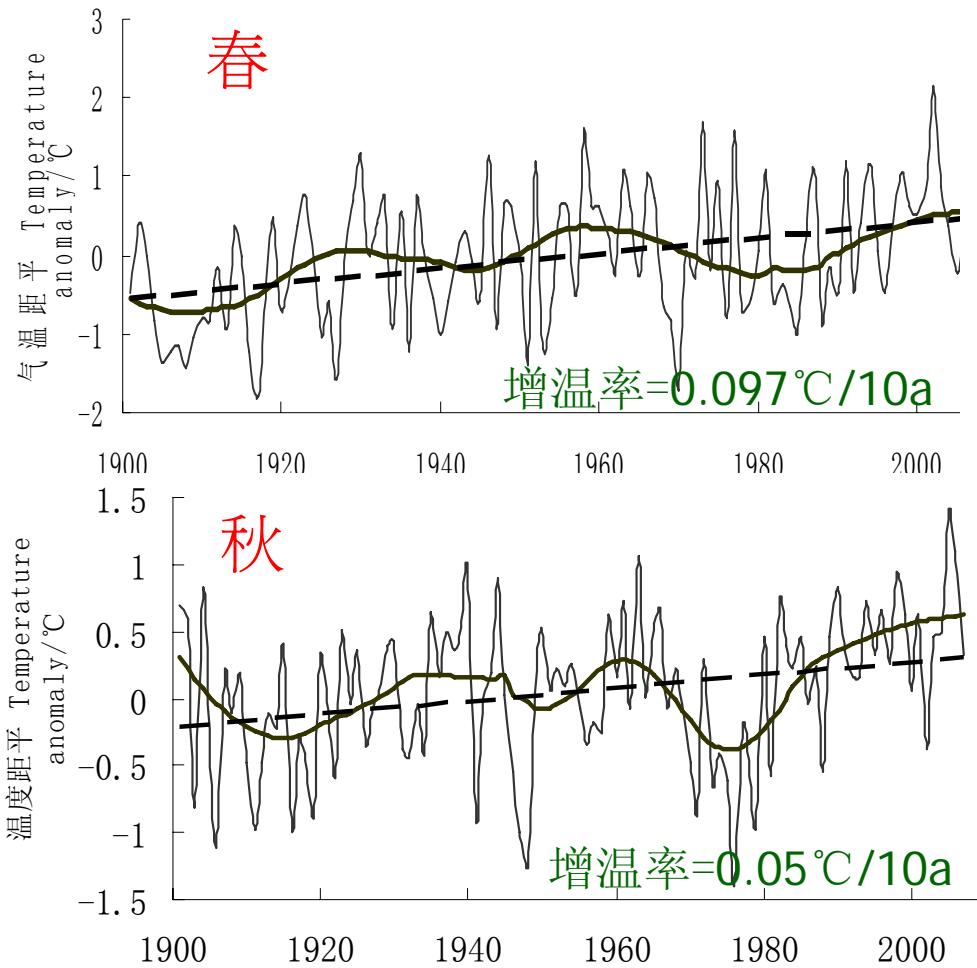
1952~2007 澳門、香港和廣州平均氣溫之年變化





# 20世紀氣候變化情況-季節差異

升溫率：春 > 冬 > 秋 > 夏



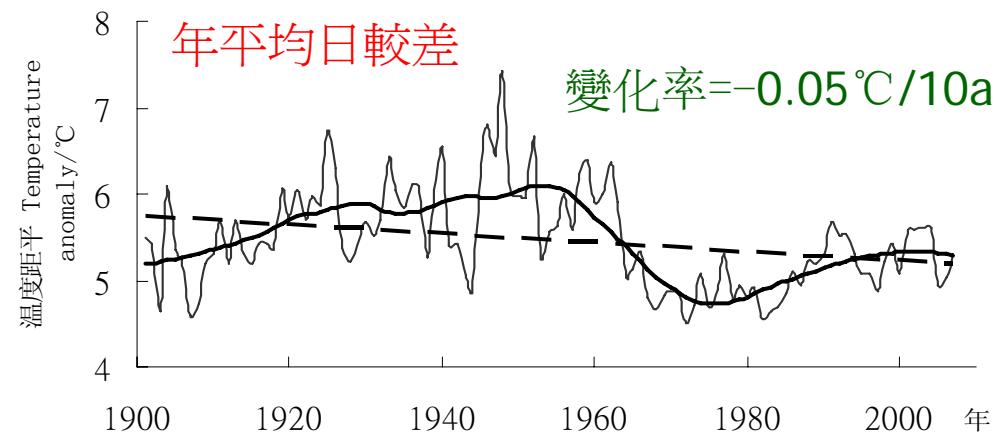
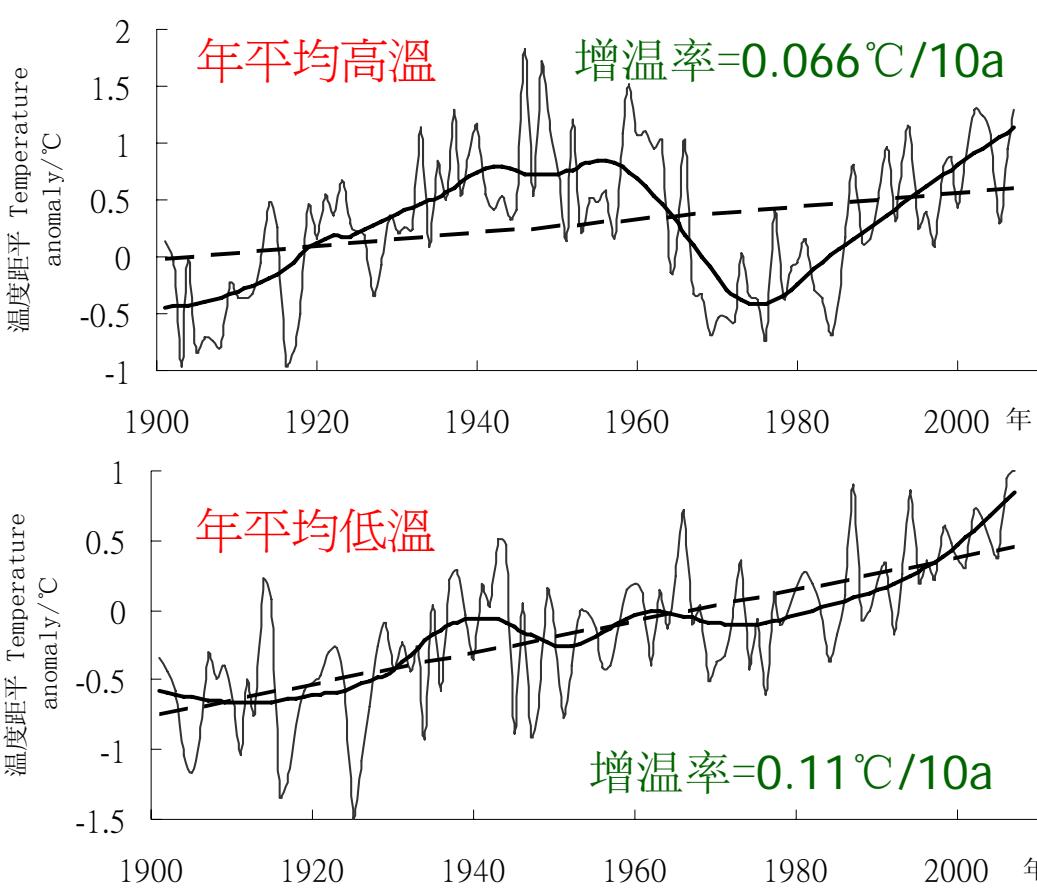


澳門地球物理暨氣象局

# 20世紀氣候變化情況-高溫與低溫

1901~2007升溫率:

平均低溫 (0.11) > 平均高溫 (0.066), 日溫差減少



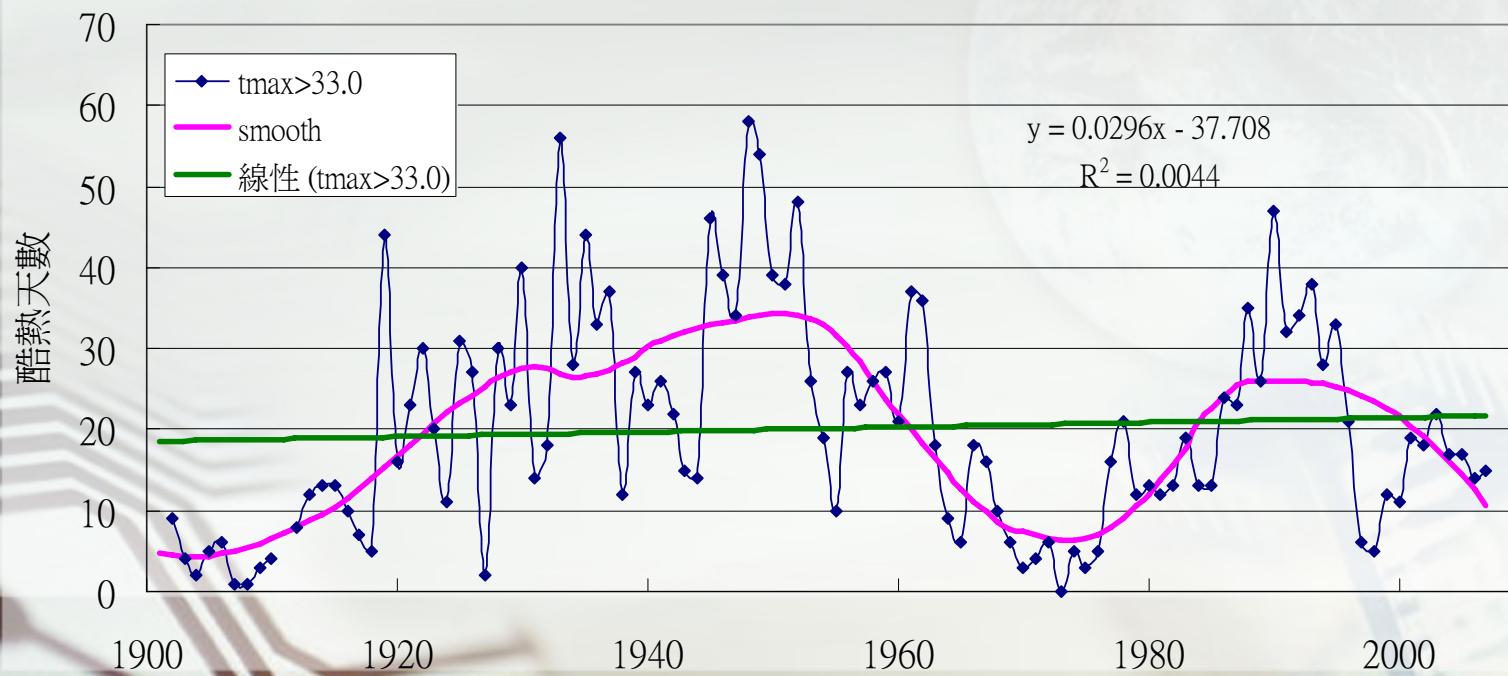


澳門地球物理暨氣象局

# 酷熱天數

有明顯氣候週期變動

1901~2007澳門酷熱(最高氣溫 > 33.0C)天數的年際變化

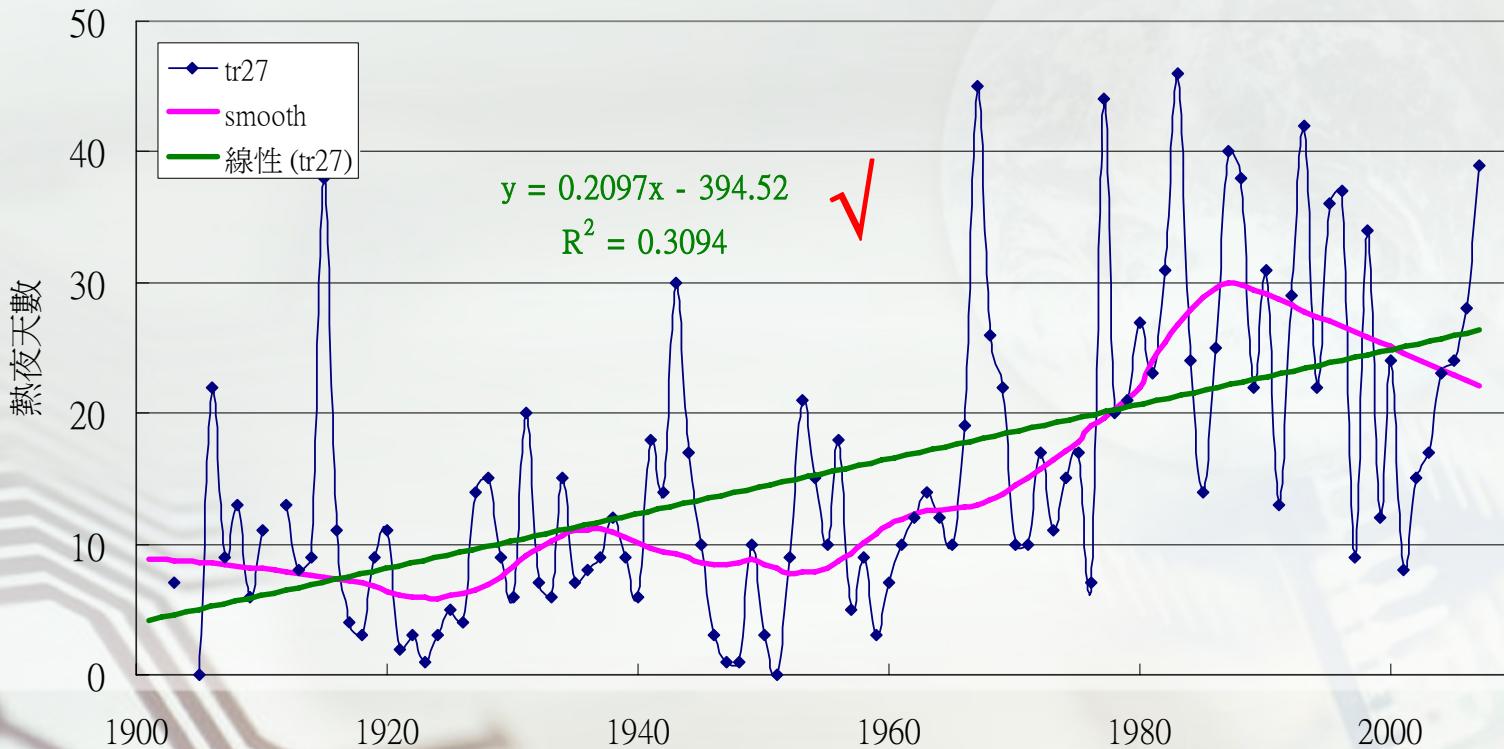




# 熱夜天數

較上世紀初增加約21天

1901~2007澳門熱夜(最低氣溫 > 27.0C)天數的年際變化

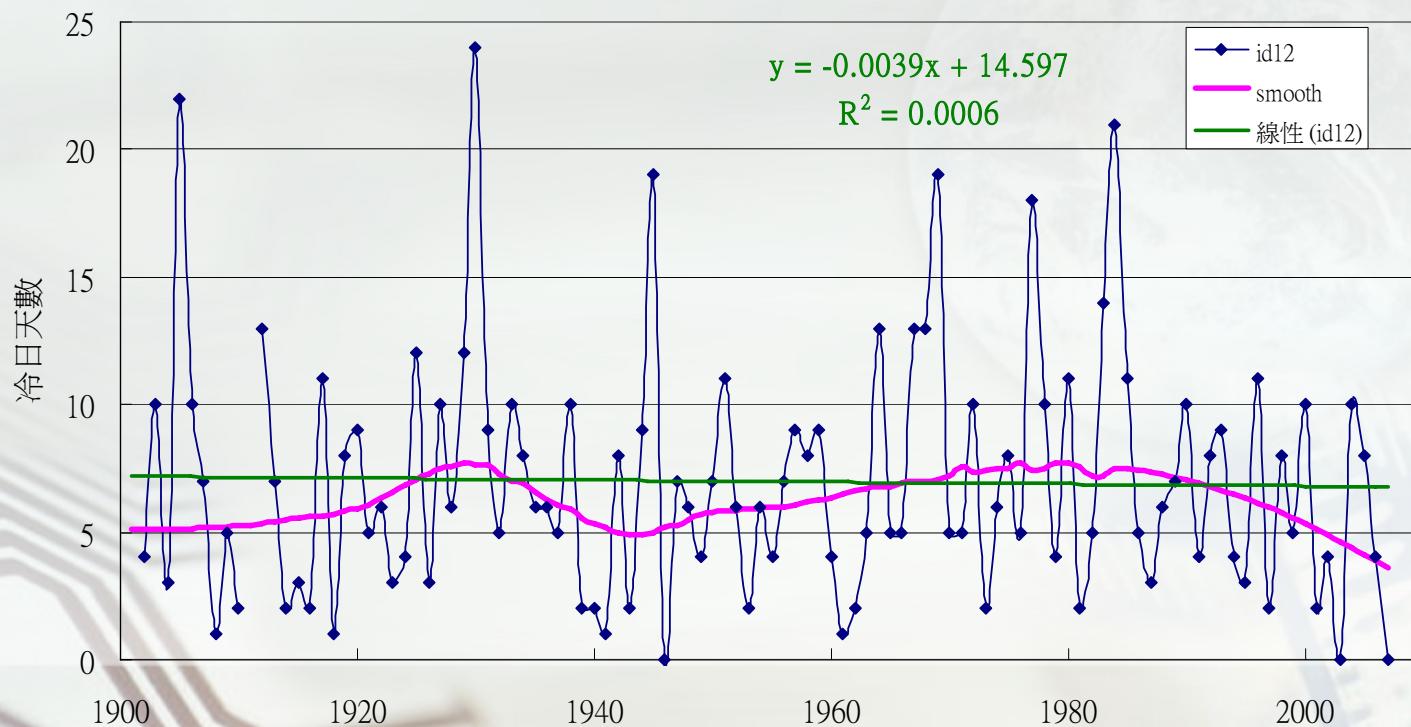




# 冷日天數

變化不顯著

1901~2007澳門冷日(最高氣溫 < 12.0C)天數的年際變化



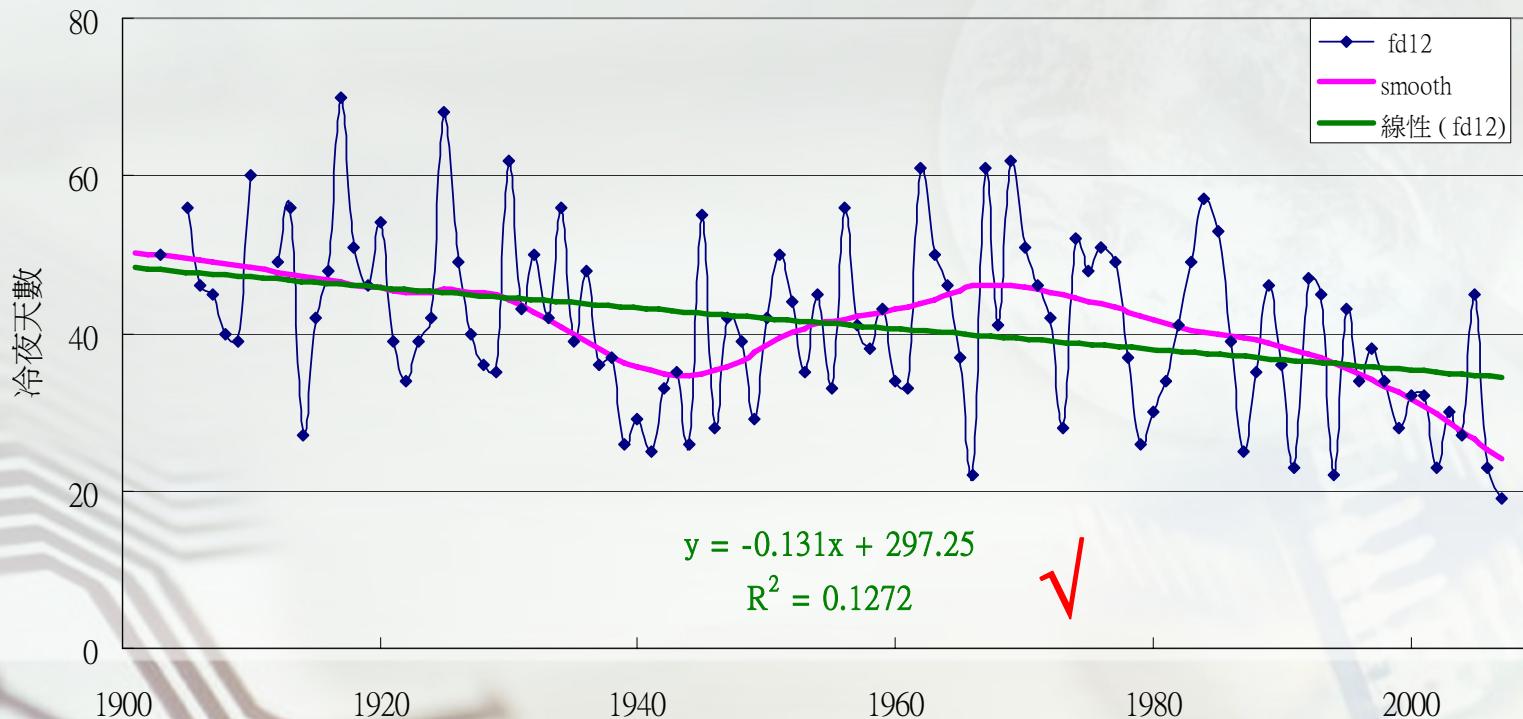


澳門地球物理暨氣象局

# 冷夜天數

過去一世紀減少13天

1901~2007澳門冷夜(最低氣溫 < 12.0C)天數的年際變化





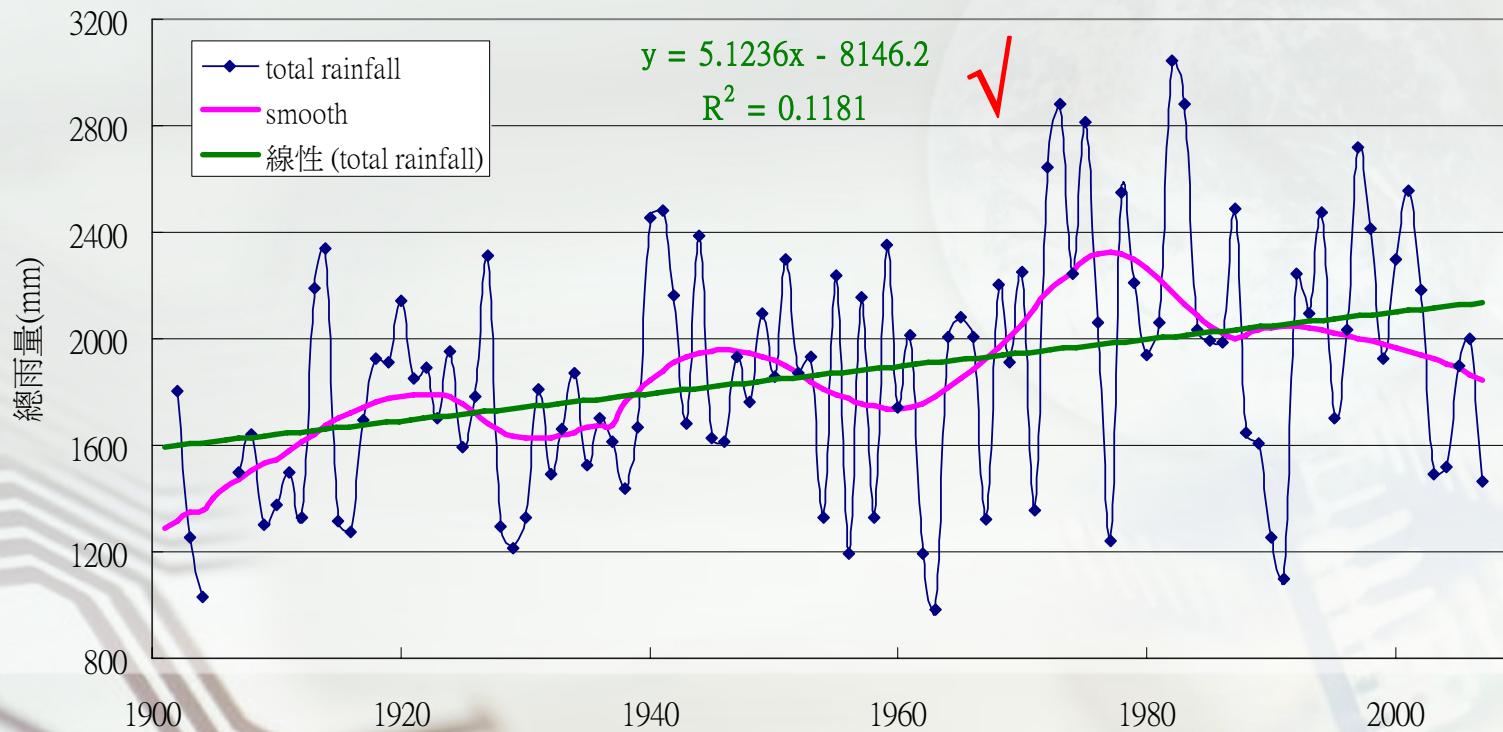
澳門地球物理暨氣象局

# 年總雨量-變化趨勢

年雨量增加率 **51.2mm /10a,**

**60~70年代以後年變化幅度有所增大**

1901~2007澳門總雨量的年際變化



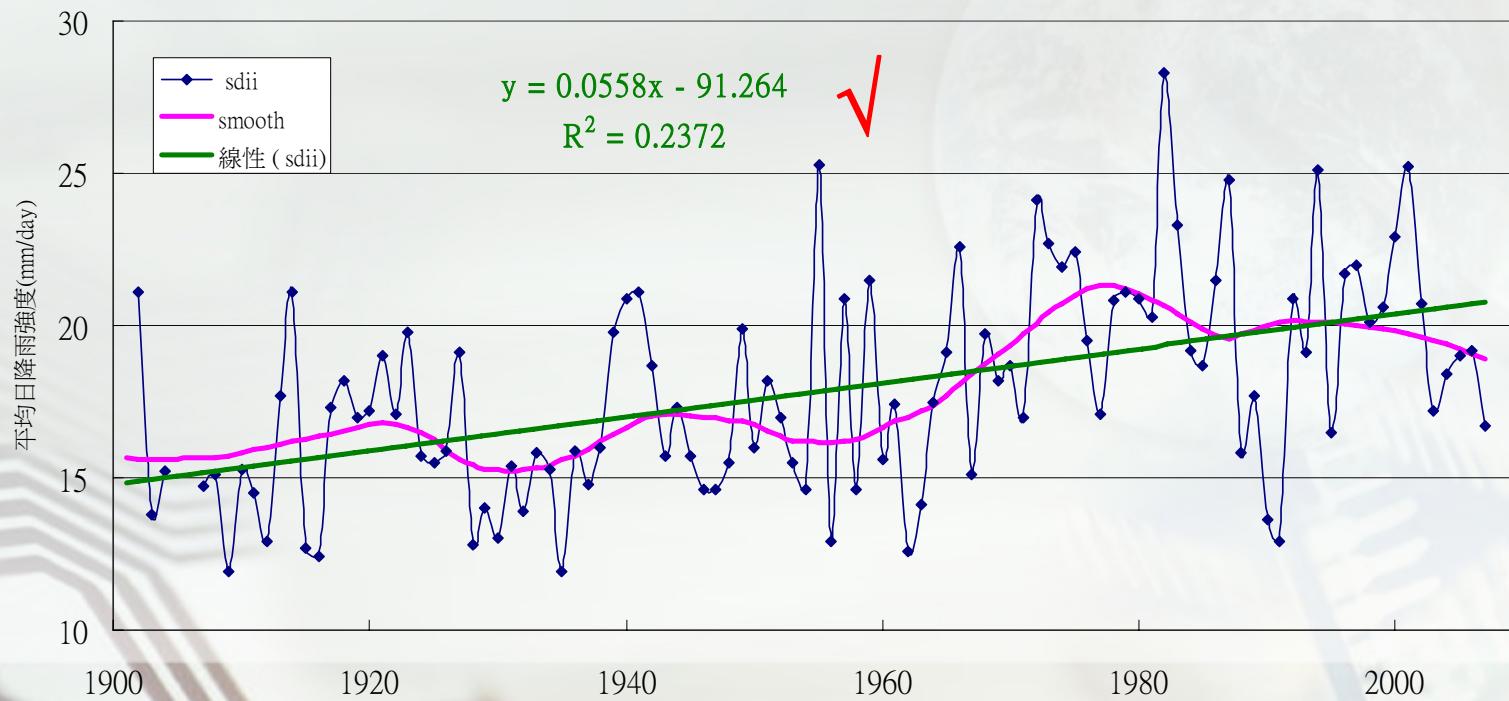


澳門地球物理暨氣象局

# 平均日降雨強度

日降雨強度較上世紀初  
增加約5.6mm/day

1901~2007澳門平均日降雨強度的年際變化





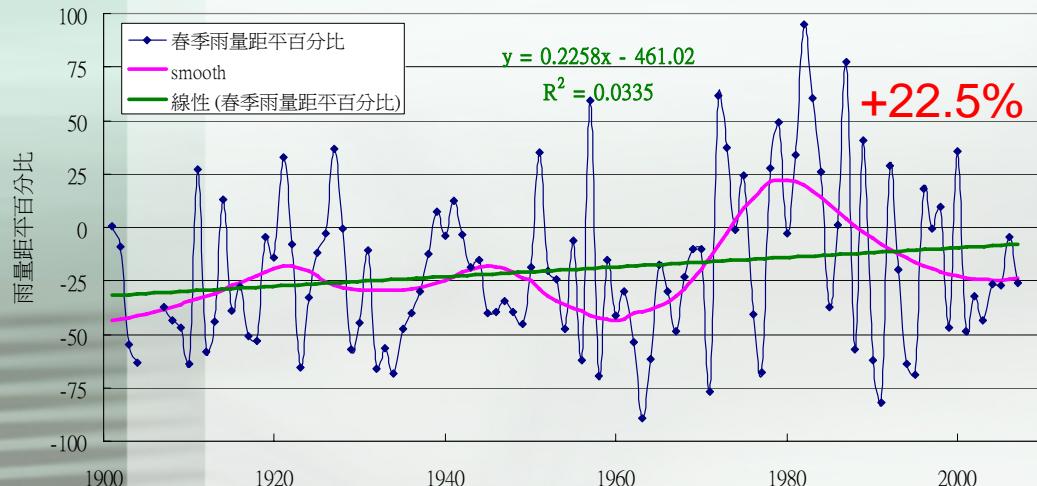
澳門地球物理暨氣象局

# 不同季節雨量變化情況

## 春夏兩季雨量增加趨勢較明顯

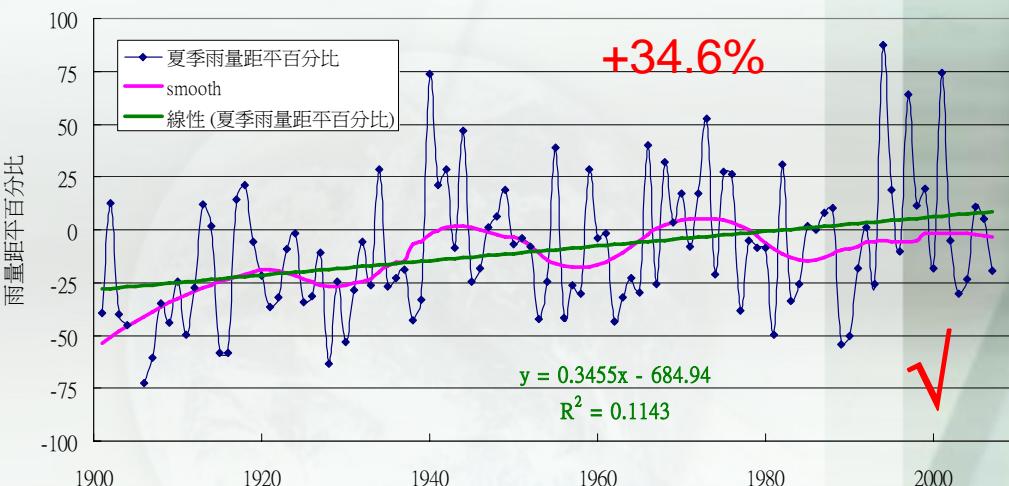
春

1901~2007年春季雨量距平百分比的年際變化



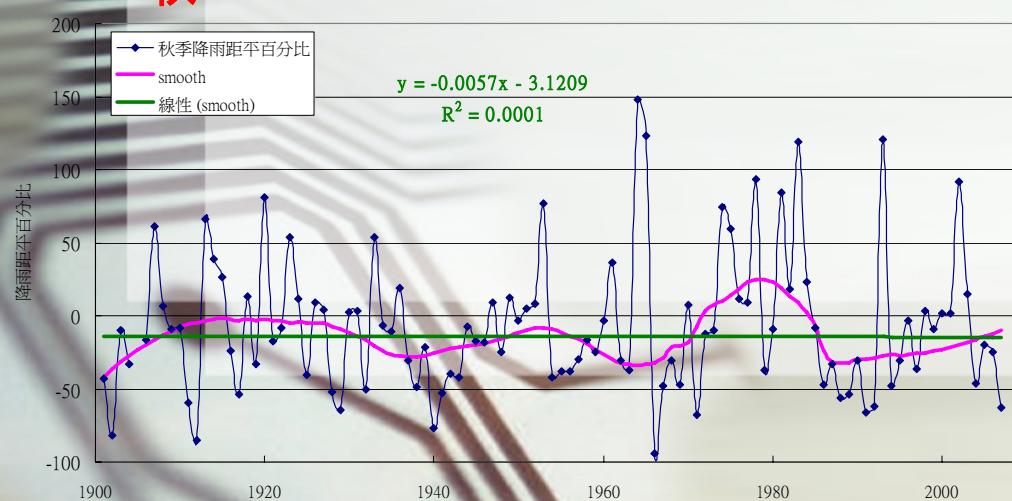
夏

1901~2007夏季雨量距平百分比的年際變化



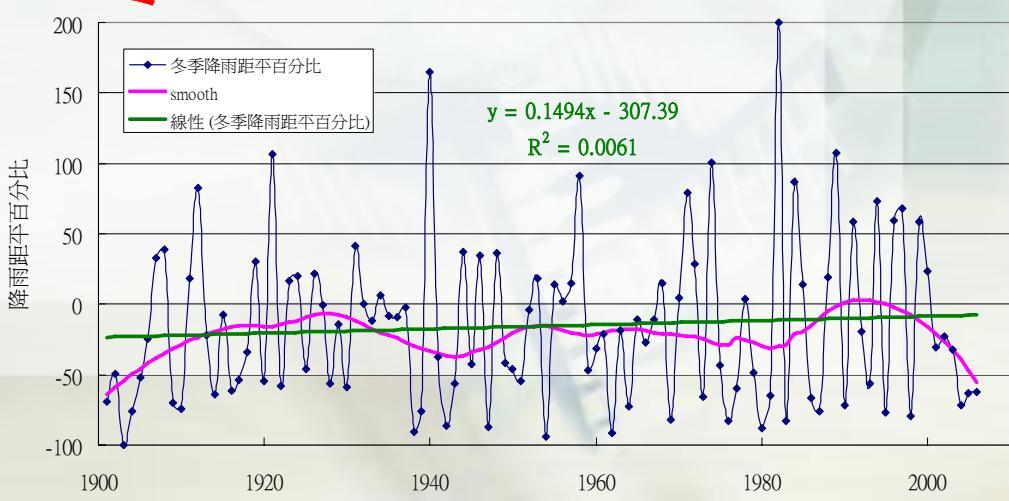
秋

1901~2007秋季降雨距平百分比的年際變化



冬

1901~2007澳門冬季降雨距平百分比的年際變化

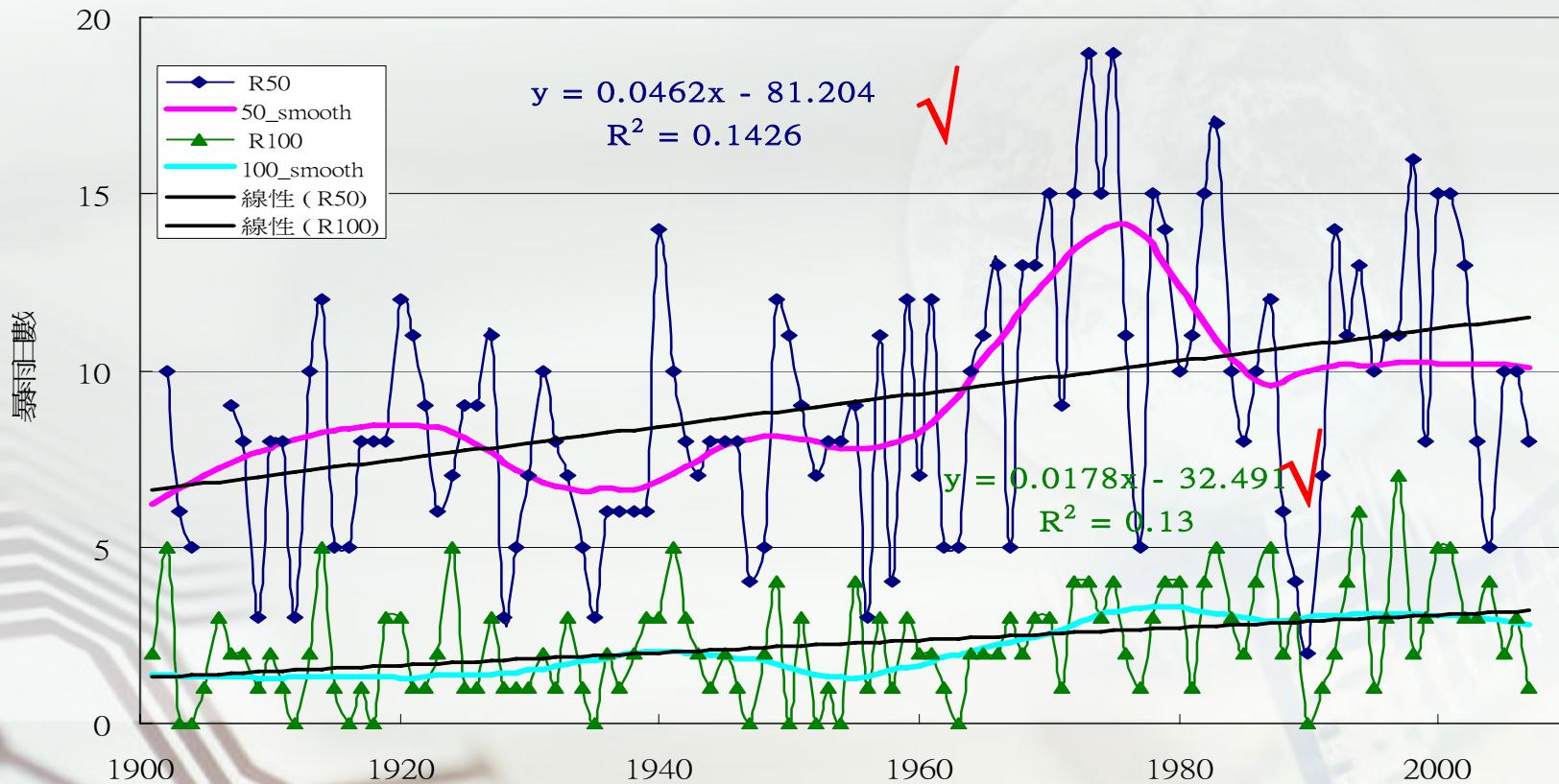




# 暴雨日數

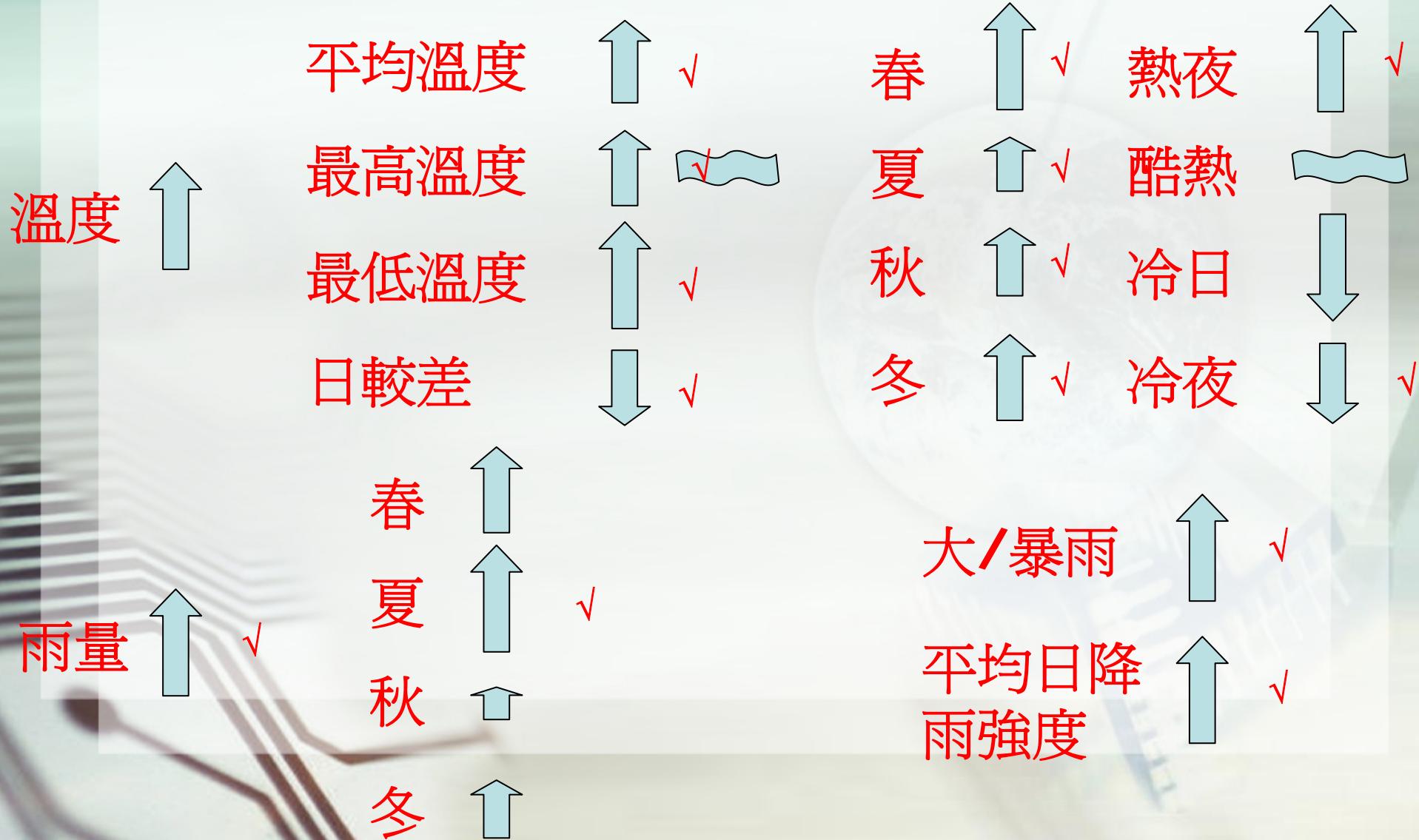
日雨量大於50毫米和100毫米的暴雨分別比20世紀初增加了約4.6天和1.8天

1901~2007澳門暴雨(日雨量大於50mm或100mm)的年際變化





# 澳門氣候變化情況-小結



# 澳門氣候變化趨勢 21世紀初步預測



# 資料

- 1951~2007澳門及華南氣候測站溫度及雨量資料
- IPCC AR4 GCM models Monthly Mean T, R
- 4 Scenarios “20C3M”, “A2”, “A1B”, “B1”

Economic emphasis →

A1 storyline	A2 storyline
<u>World</u> : market-oriented <u>Economy</u> : fastest per capita growth <u>Population</u> : 2050 peak, then decline <u>Governance</u> : strong regional interactions; income convergence <u>Technology</u> : three scenario groups: • A1FI: fossil intensive • A1T: non-fossil energy sources • A1B: balanced across all sources	<u>World</u> : differentiated <u>Economy</u> : regionally oriented; lowest per capita growth <u>Population</u> : continuously increasing <u>Governance</u> : self-reliance with preservation of local identities <u>Technology</u> : slowest and most fragmented development
B1 storyline	B2 storyline
<u>World</u> : convergent <u>Economy</u> : service and information based; lower growth than A1 <u>Population</u> : same as A1 <u>Governance</u> : global solutions to economic, social and environmental sustainability <u>Technology</u> : clean and resource-efficient	<u>World</u> : local solutions <u>Economy</u> : intermediate growth <u>Population</u> : continuously increasing at lower rate than A2 <u>Governance</u> : local and regional solutions to environmental protection and social equity <u>Technology</u> : more rapid than A2; less rapid, more diverse than A1/B1

↑ Global integration ← Environmental emphasis

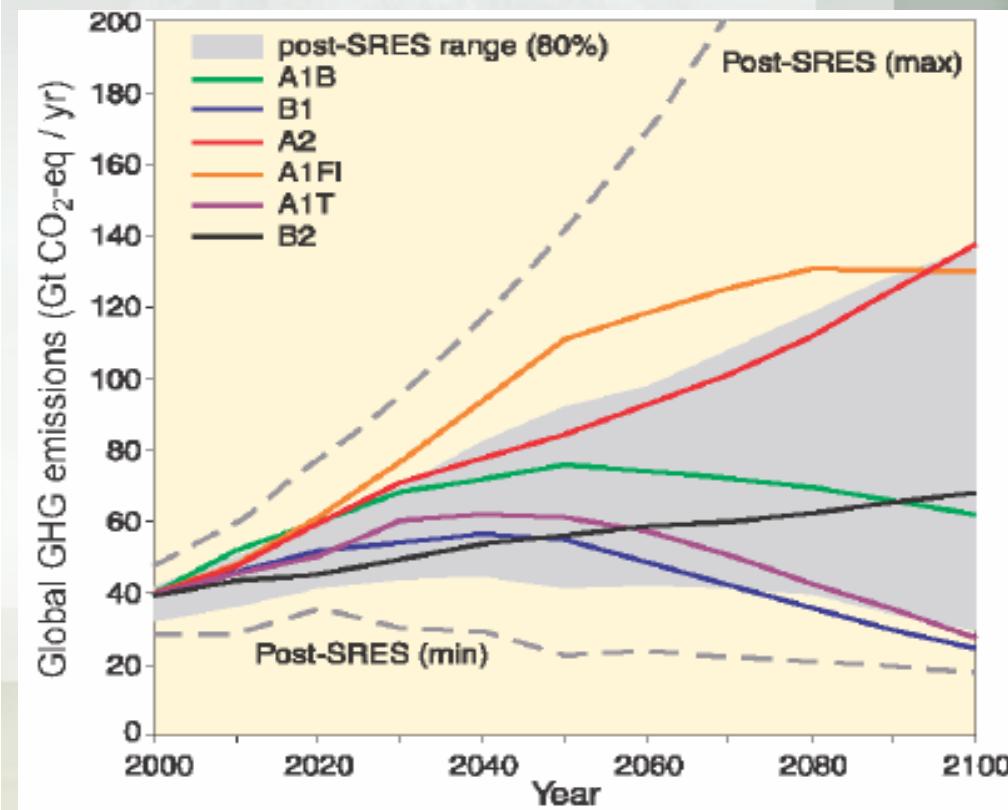


Figure TS.2. Summary characteristics of the four SRES storylines [F2.5]



INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE

## The IPCC Data Distribution Centre

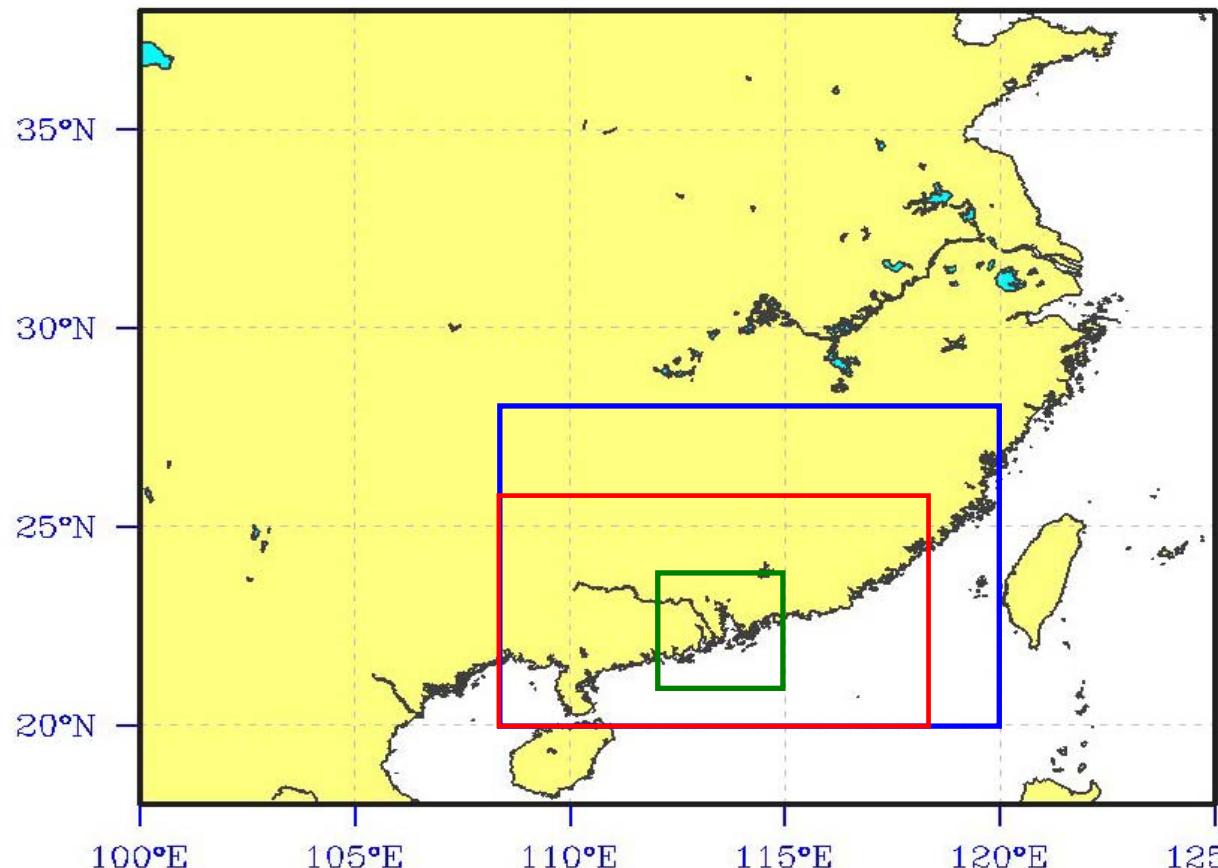


澳門地球物理暨氣象局

Center	Center Acronym	Model	20C3M	A2	A1B	B1	
Beijing Climate Center (China)	BCC	CM1	T63 L16			✓	
Bjerknes Centre for Climate Research (Norway)	BCCR	BCM2.0	T63 L31	✓	✓	✓	
Canadian Center for Climate Modelling and Analysis (Canada)	CCCma	CGCM3 (T47)	T47 L31	✓	✓	✓	
		CGCM3 (T63)	T63 L31				
Centre National de Recherches Meteorologiques (France)	CNRM	CM3	T63 L45	✓	✓	✓	
Au Inc (At Ma (Ge Me (Ge Ins Gr Ins Ge (Us Go Ins (Ru Ins 各模式格點間距及模擬時段不一	20C3M (1850/1870~1999/2000) → 18 models  A2 (2000/2001~2100) → 11 models  A1B (2000/2001~2100) → 17 models  B1 (2000/2001~2100) → 14 models  要素 - 月平均溫度、月平均雨量	NIES	MIROC3.2 hires	T106 L56	✓	✓	✓
National Institute for Environmental Studies (Japan)	MRI	MIROC3.2 medres	T42 L20	✓	✓	✓	
Meteorological Research Institute (Japan)		CGCM2.3.2	T42 L30 (~2.8)	✓	✓	✓	
National Centre for Atmospheric Research (USA)	NCAR	PCM	T42 L26	✓	✓	✓	
		CCSM3	T85 L26	✓	✓	✓	
UK Met. Office (UK)	UKMO	HadCM3	3.75 x 2.75	✓	✓	✓	
		HadGEM1	1.875 x 1.25	✓	✓	✓	



# 方法



Near → 最近澳門的格點

SC1 →

(20~26N, 108~118E)

SC2 →

(20~28N, 108~120E)

Pearl →

(21~24N, 112~115E)

- 20C3M月資料 → (1901~2000)年、四季序列
- A2, A1B, B1月資料 → (2001~2100)年、四季序列
- 合併以上資料後計算與1971~2000的距平序列



# 計算方法

$$\Delta X_{sc} = \Delta X_{model} \times \frac{\bar{X}_{sc}}{\bar{X}_{model}}$$

$\bar{X}_{sc}$  = 華南17站1971~2000平均

$\bar{X}_{model}$  = 20C3M Model 預測華南  
1971~2000平均

$\Delta X_{model}$  = A2/A1B/B2 2001~2100逐年  
Model 預測值與  $\bar{X}_{model}$  距平

$\Delta X_{sc}$  = 預測得的1901~2100華南變幅

$$\Delta Y_{macau} = A\Delta X_{sc} + B$$

A, B 由1971~2007年的澳門距平  
與華南距平作相關求得

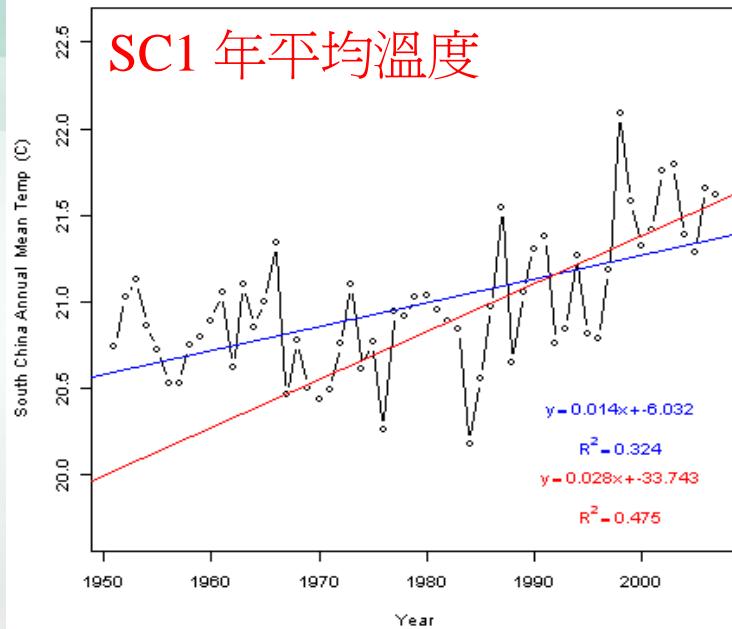
- 1951~2007澳門及華南位於SC1和SC2區內的月氣溫和雨量資料
- SC1(17站), SC2(25站)通過EOF測試 → 各站平均後得年及四季資料序列



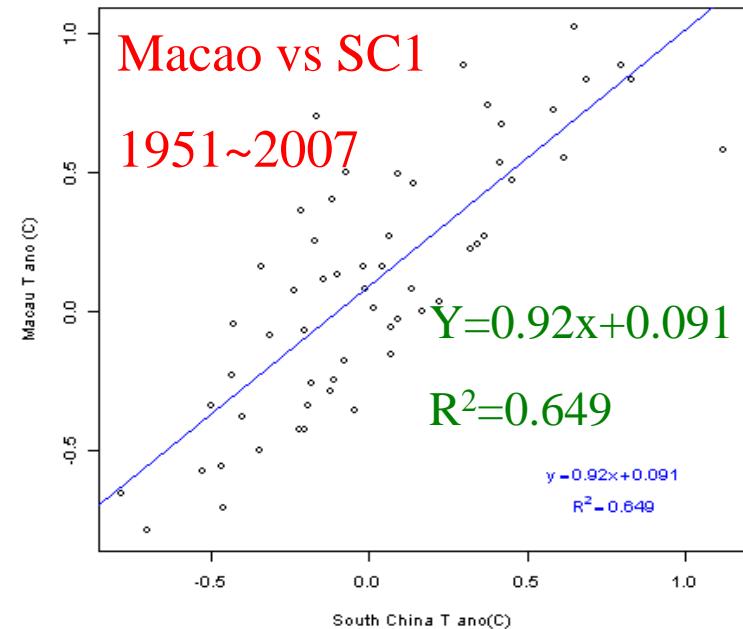
澳門地球物理暨氣象局

# 華南與澳門 溫度距平關係

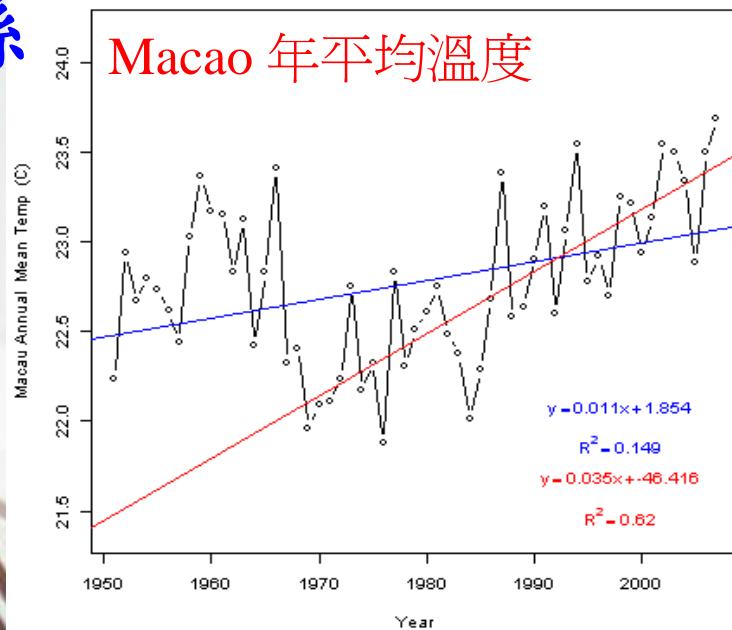
South China Annual Temp (1951~2007)



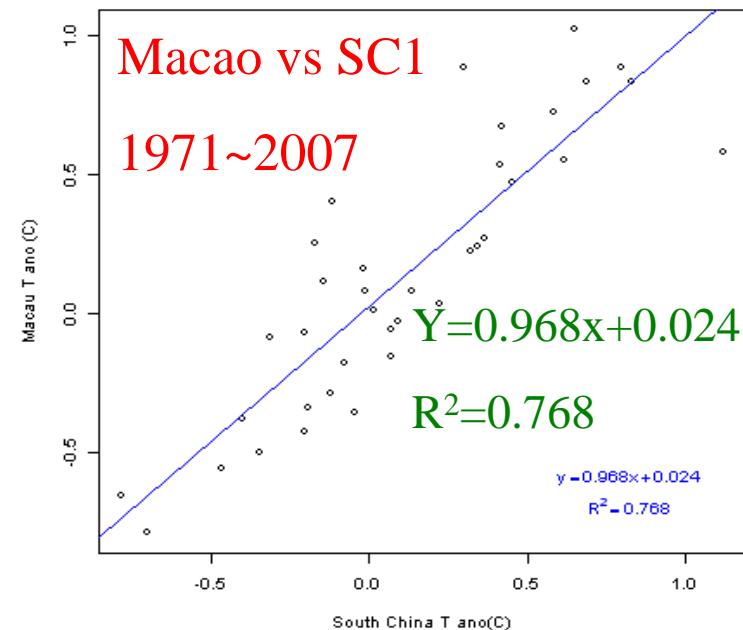
Macau & South China Annual Temp Anomaly Relation (1951~2007)



Macau Annual Temp (1951~2007)



Macau & South China Annual Temp Anomaly Relation (1971~2007)



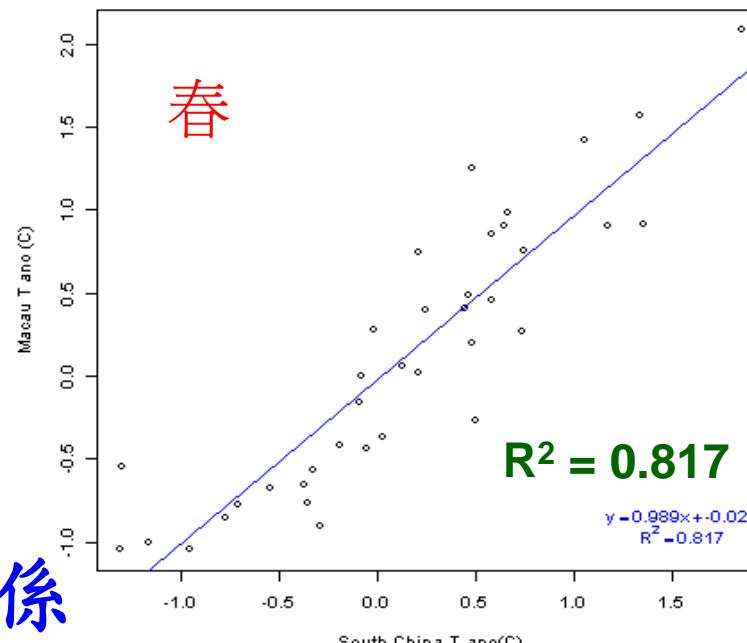


澳門地球物理暨氣象局

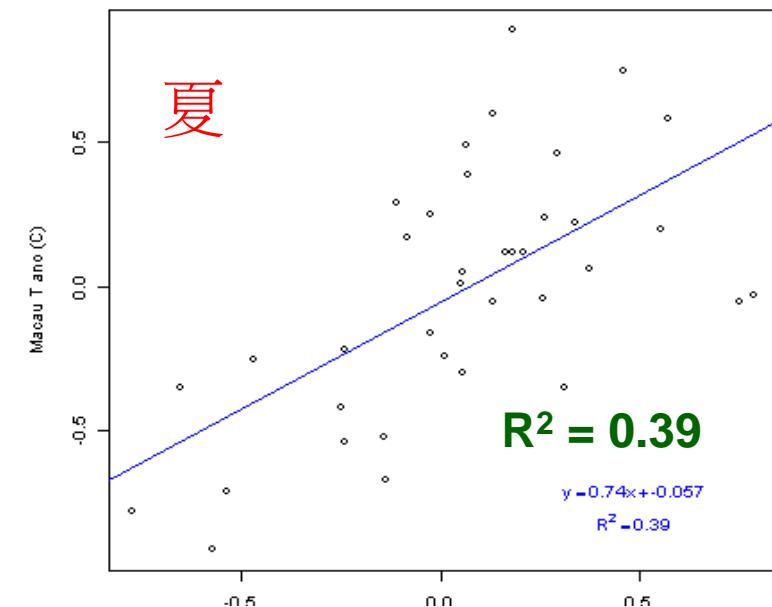
# 華南與澳門 溫度距平關係

Macao vs SC1  
1971~2007

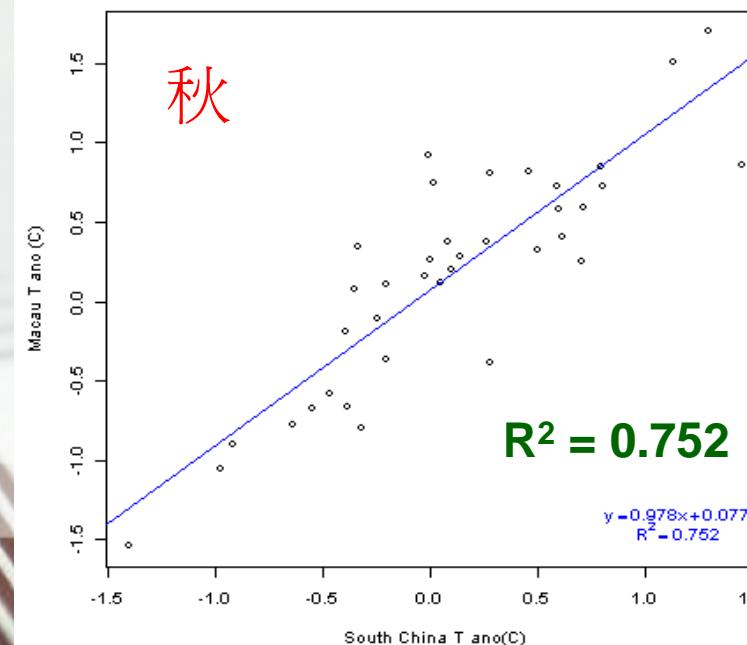
Macau & South China Spring Temp Anomaly Relation (1971~2007)



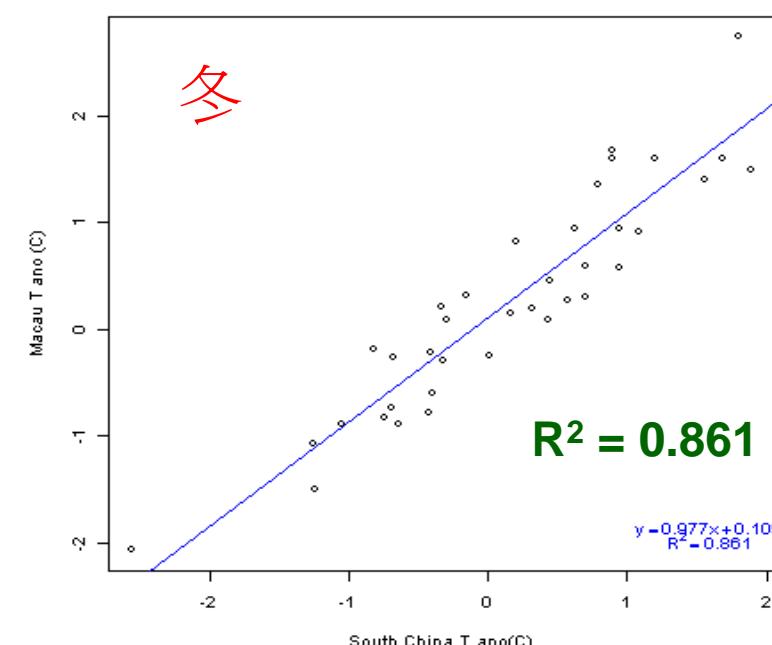
Macau & South China Summer Temp Anomaly Relation (1971~2007)



Macau & South China Autumn Temp Anomaly Relation (1971~2007)



Macau & South China Winter Temp Anomaly Relation (1971~2007)

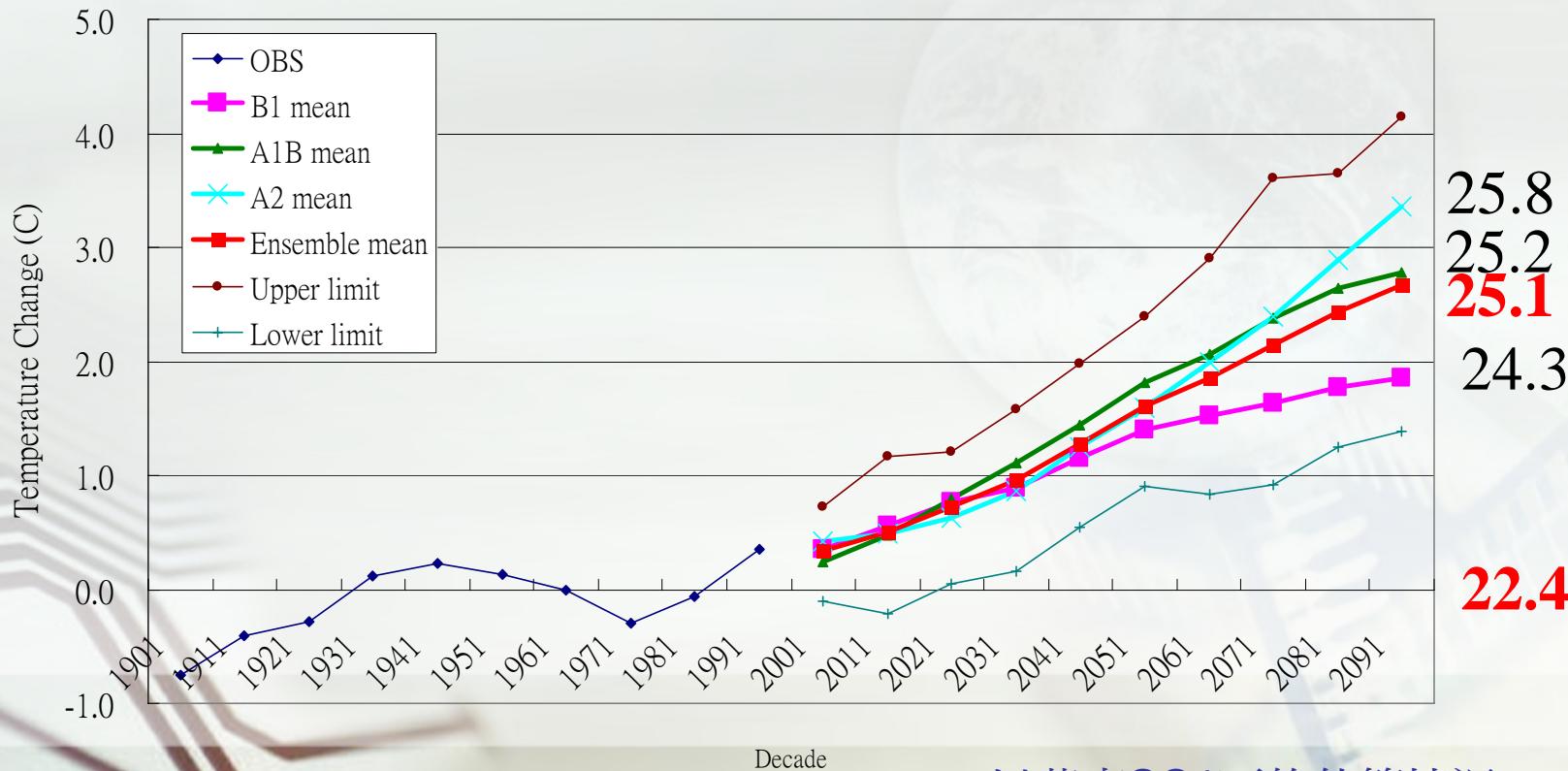




# 年平均氣溫

21世紀末 年平均氣溫約上升2.7度

Annual Temperature Change reference of the 1971~2000 mean



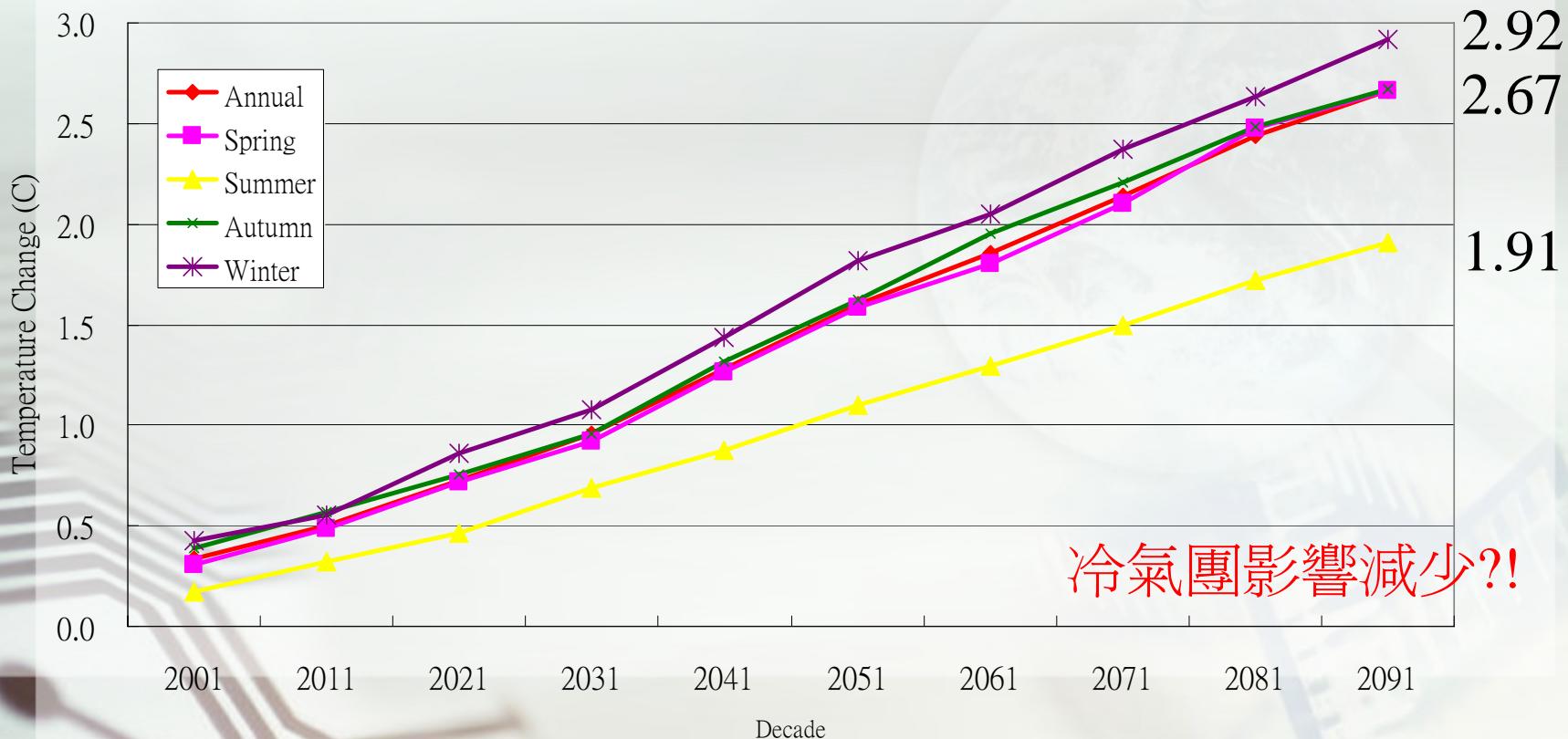
以華南SC1區的估算情況



# 不同季節平均氣溫的升幅

冬 > 秋 = 春 > 夏

Projected Annual and Seasonal Ensemble Mean Temperatre Change reference of the 1971~2000  
normal



冷氣團影響減少?!

以華南SC1區的估算情況

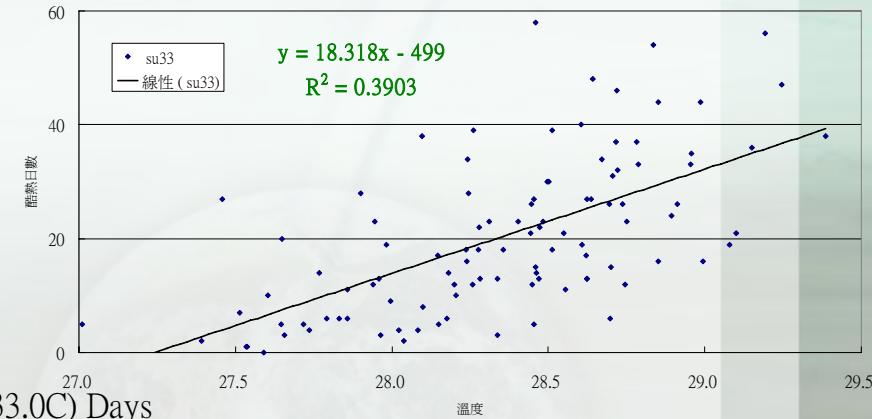


澳門地球物理暨氣象局

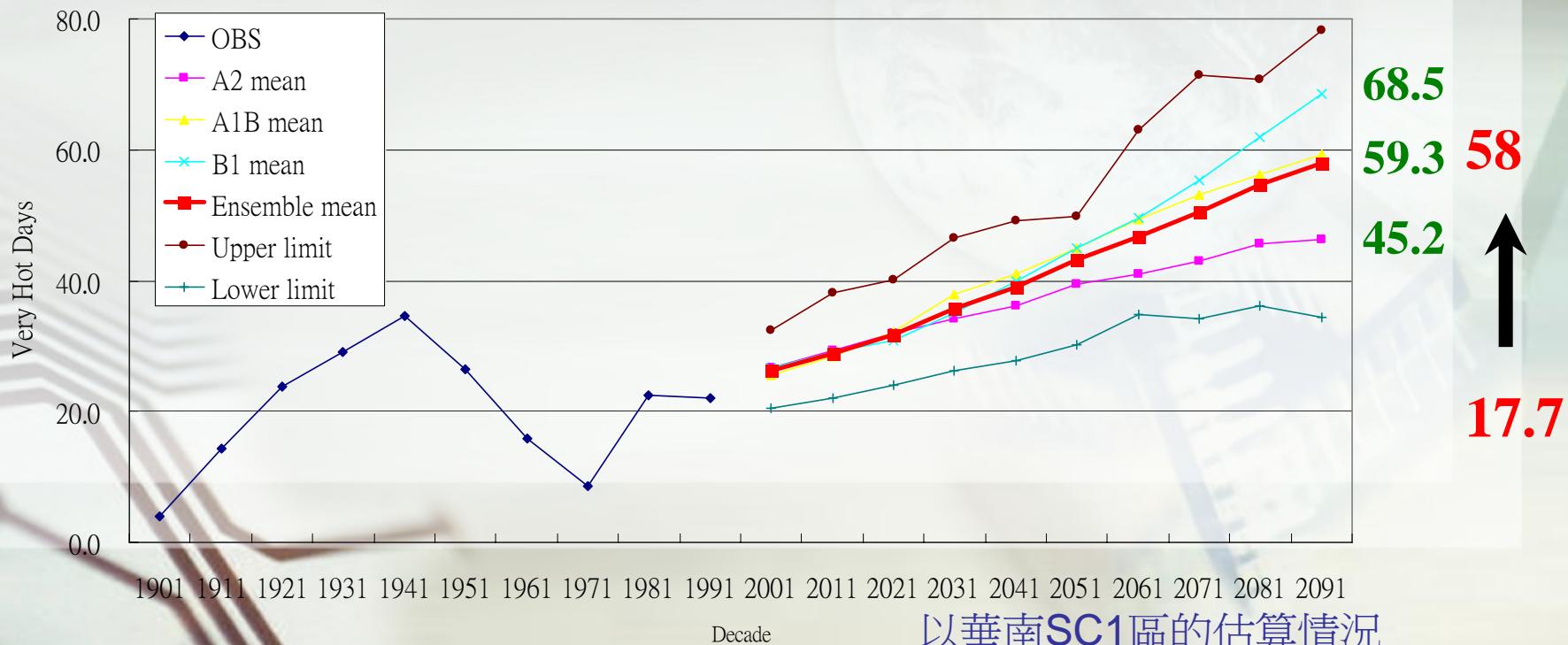
# 酷熱日數

增加約40天

澳門夏季平均溫與酷熱(高溫>33C)日數關係



Projected Macau Very Hot (> 33.0C) Days



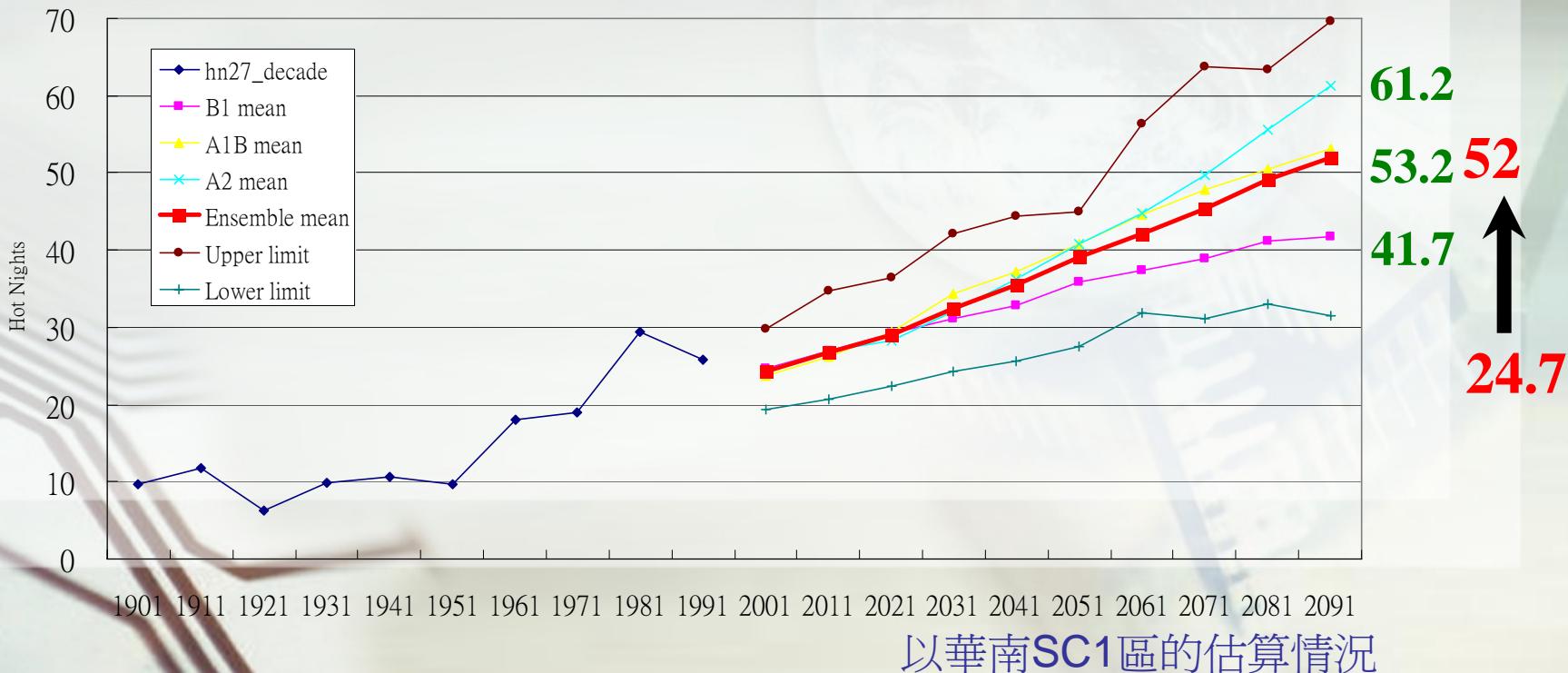
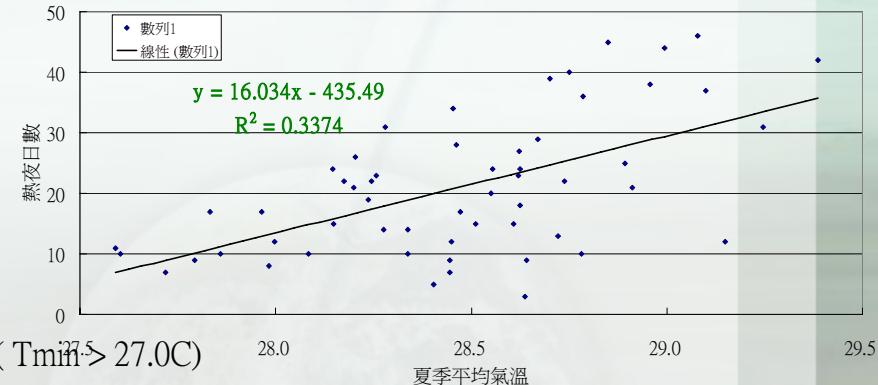


澳門地球物理暨氣象局

# 熱夜日數

澳門熱夜(最低溫>27.0C)與夏季平均氣溫的關係

增加約27天



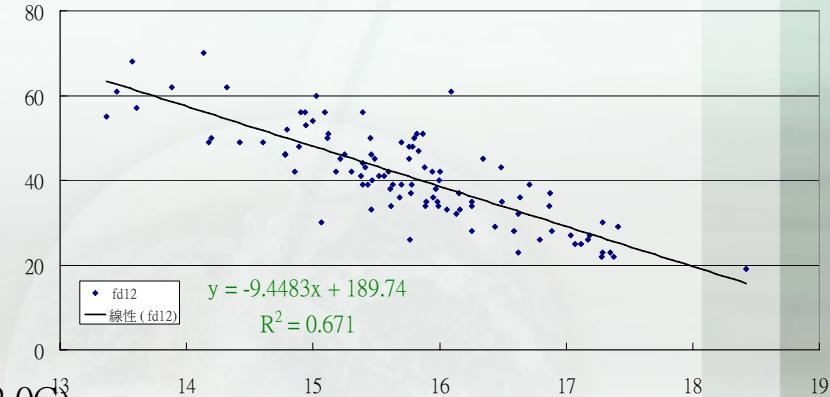


澳門地球物理暨氣象局

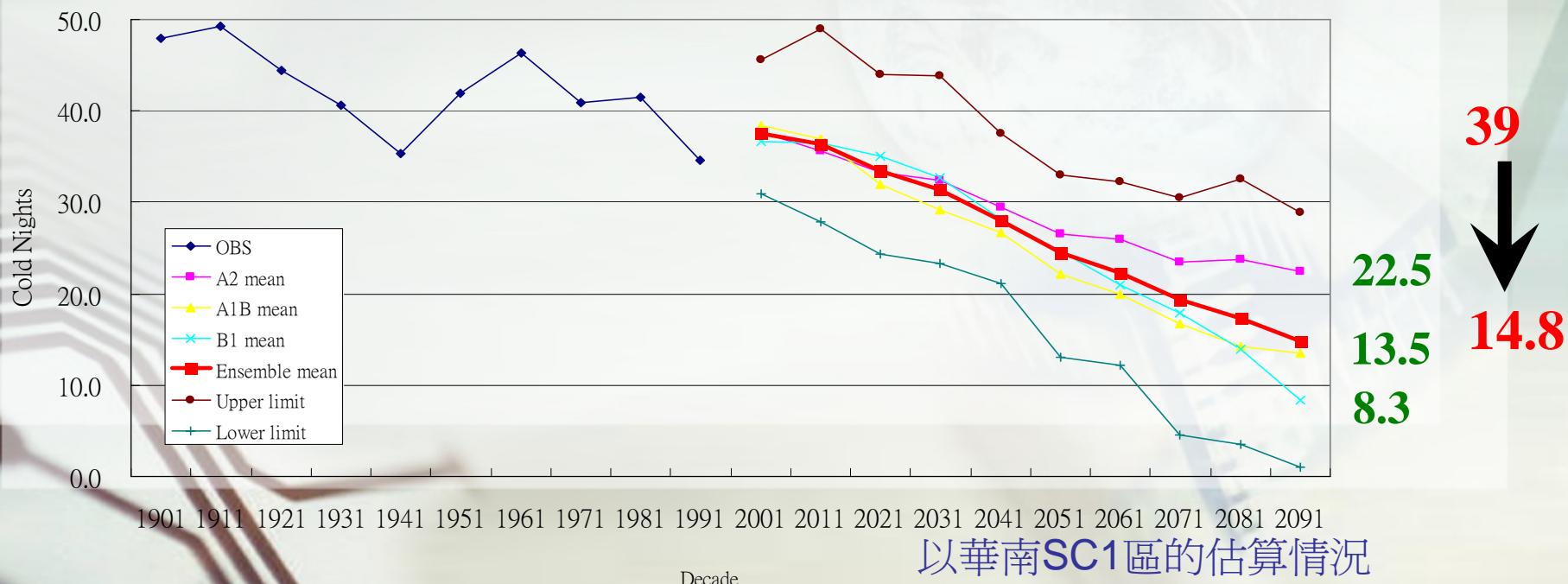
# 冷夜日數

減少約25天

1901~2007冬季(12, 1, 2月)平均氣溫與冷夜(最低氣溫 < 12.0 C)日數的關係



Projected Cold Nights (< 12.0C)

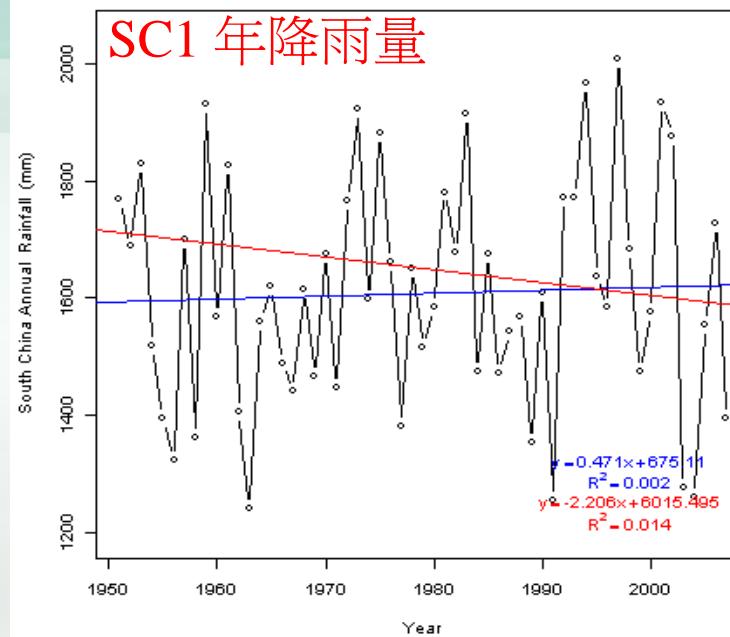




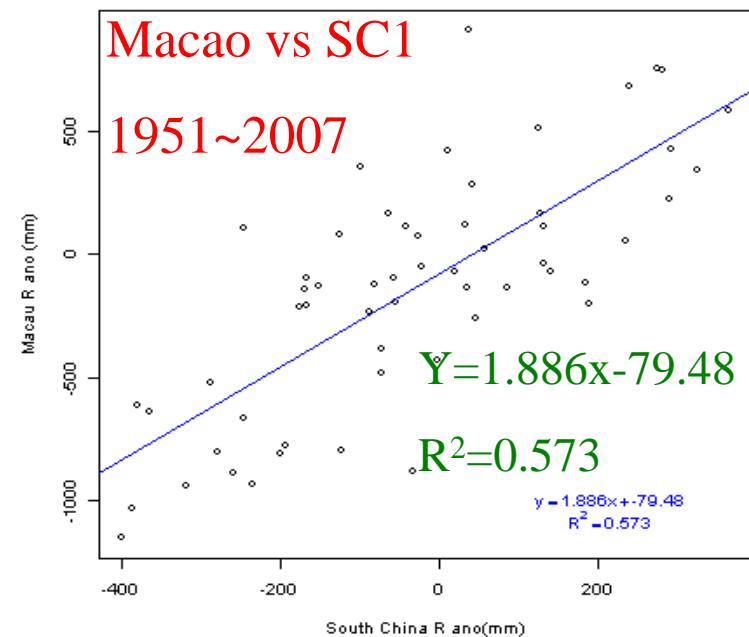
澳門地球物理暨氣象局

# 華南與澳門 降雨距平關係

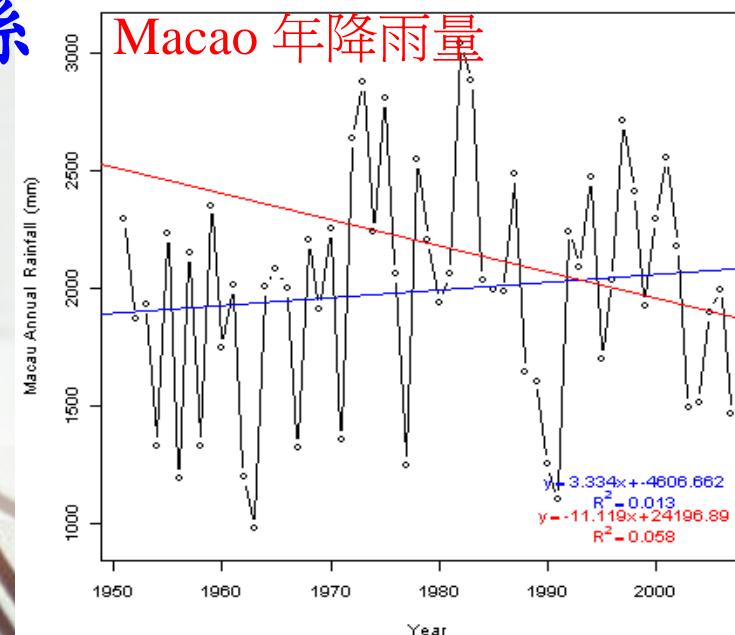
South China Annual Rainfall (1951~2007)



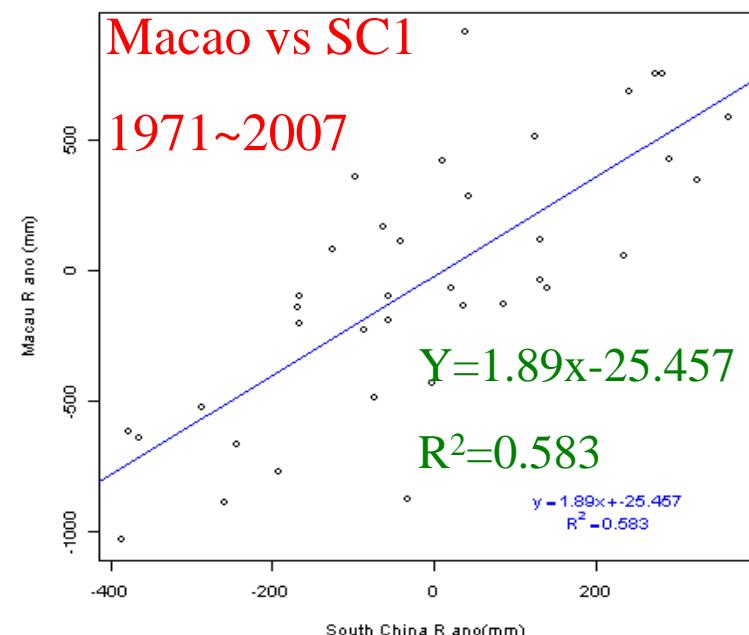
Macau & South China Annual Rainfall Anomaly Relation (1951~2007)



Macau Annual Rainfall (1951~2007)



Macau & South China Annual Rainfall Anomaly Relation (1971~2007)



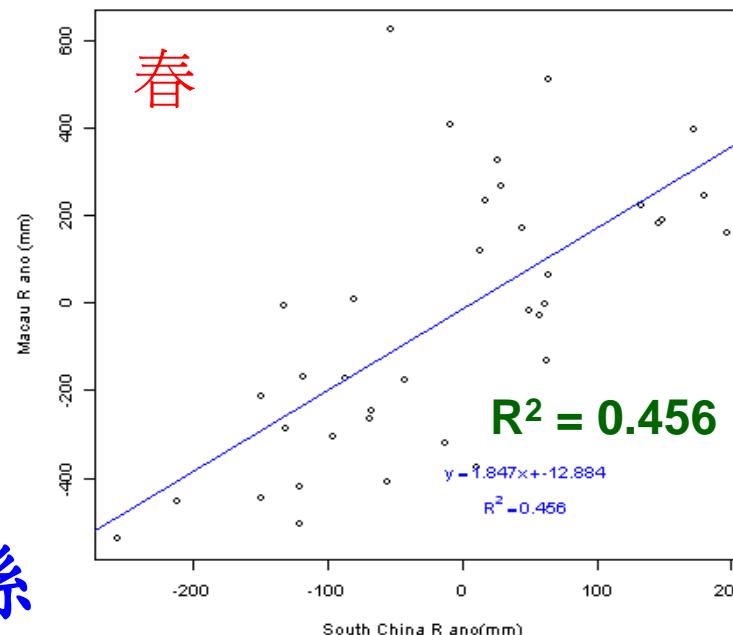


澳門地球物理暨氣象局

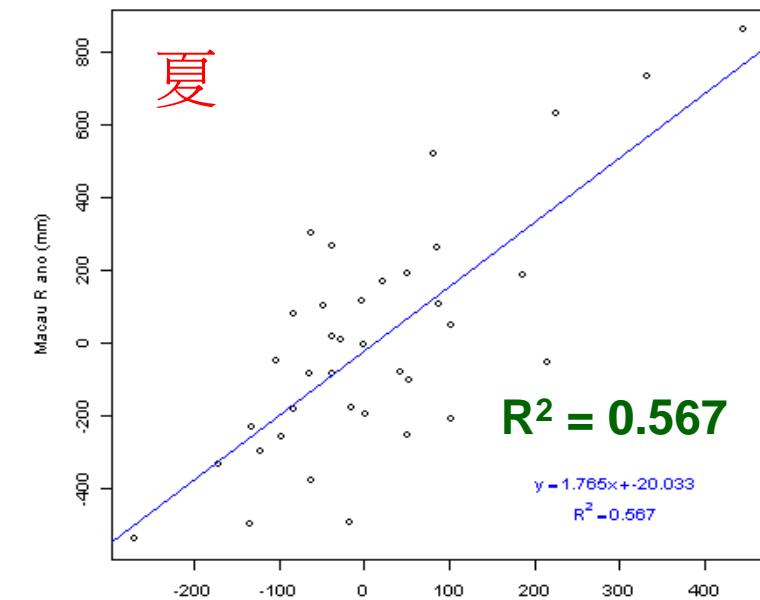
# 華南與澳門 降雨距平關係

Macao vs SC1  
1971~2007

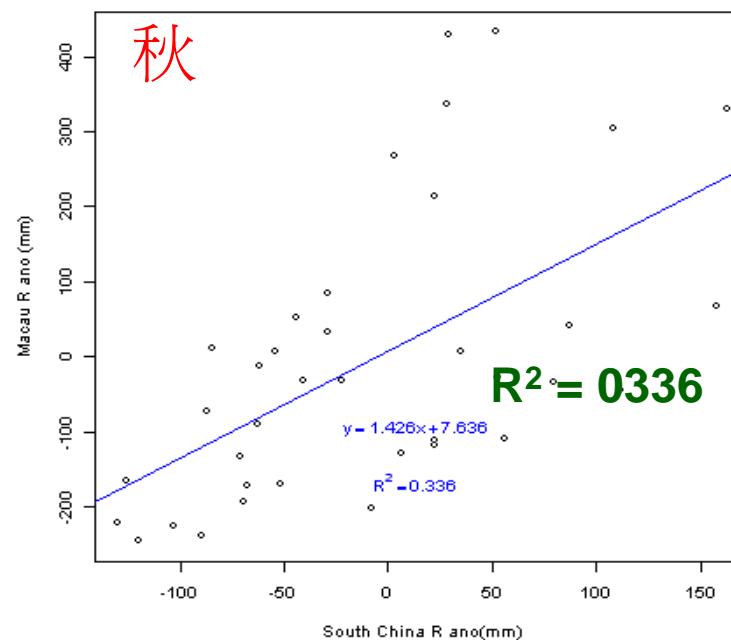
Macau & South China Spring Rainfall Anomaly Relation (1971~2007)



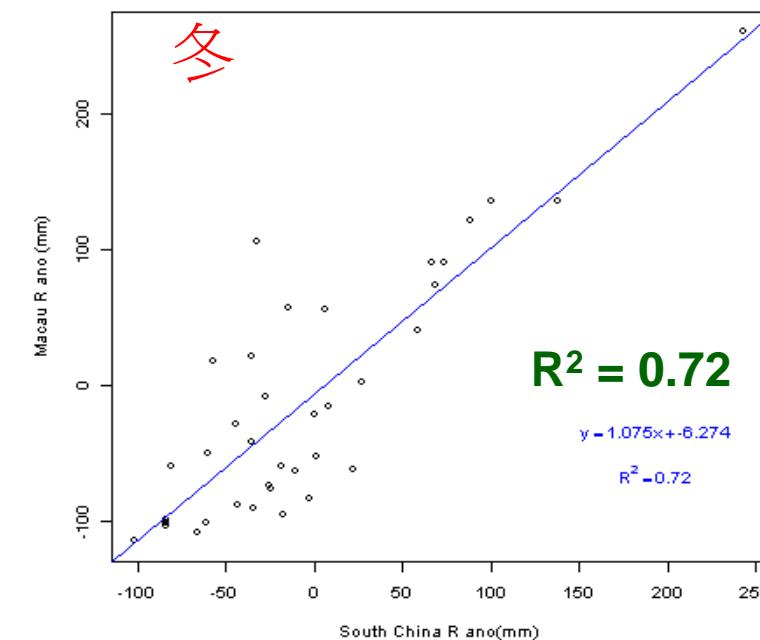
Macau & South China Summer Rainfall Anomaly Relation (1971~2007)



Macau & South China Autumn Rainfall Anomaly Relation (1971~2007)



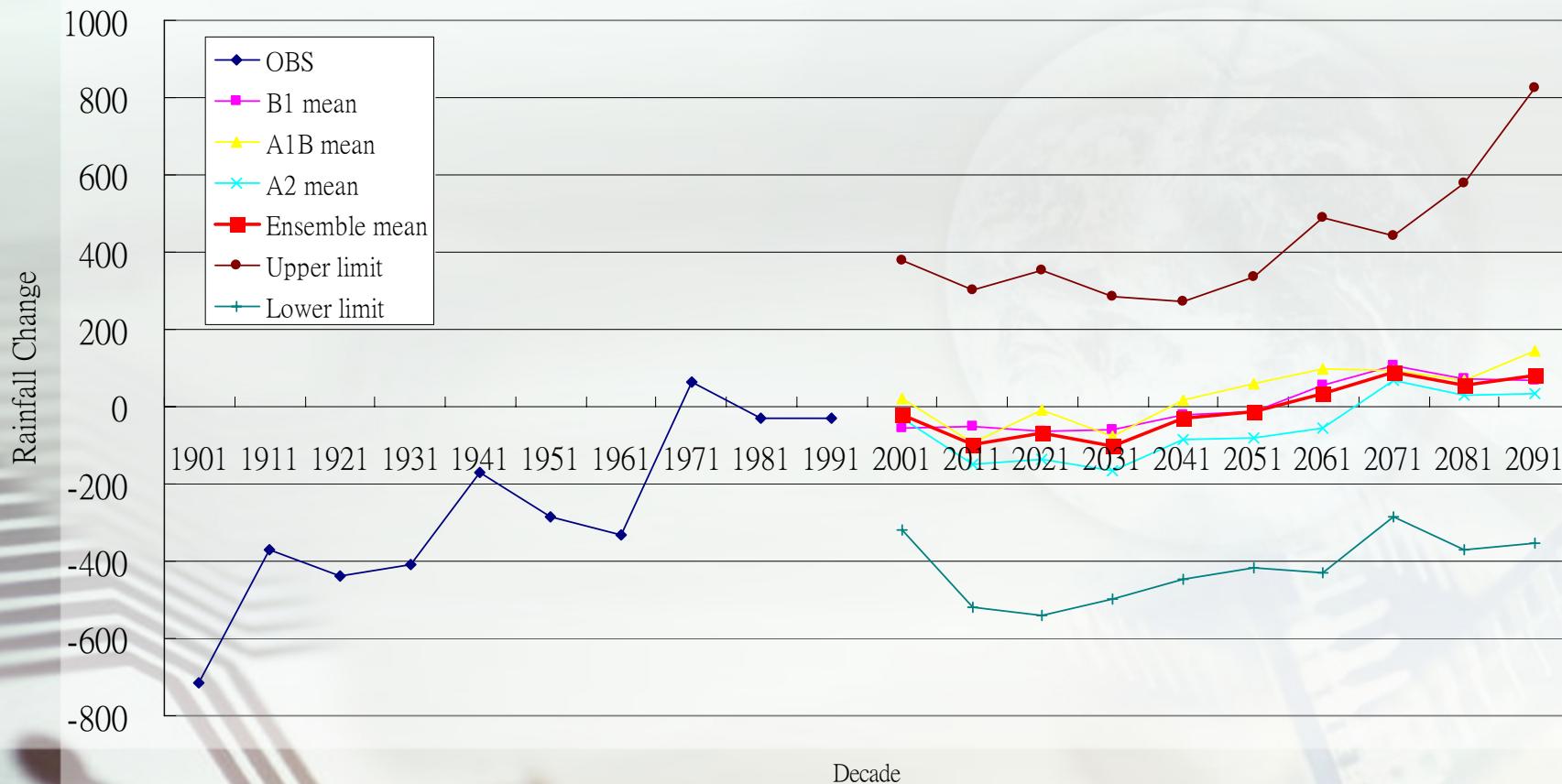
Macau & South China Winter Rainfall Anomaly Relation (1971~2007)





# 年降雨量

Projected Macau Annual Rainfall Change reference of the 1971~2000 normal



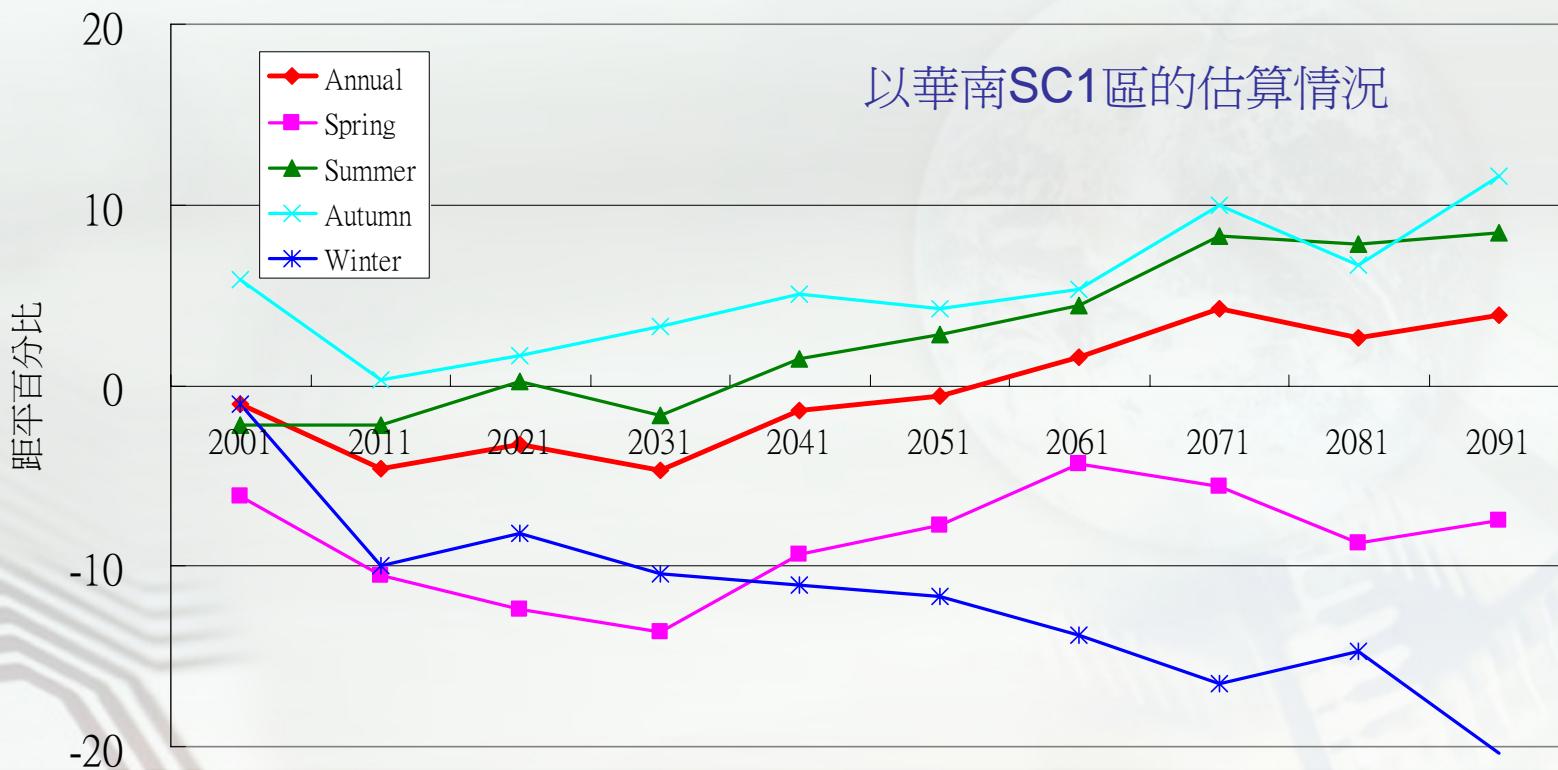
以華南SC1區的估算情況



# 不同季節的雨量變化

夏、秋雨季趨增，冬春雨量趨減

21世紀不同季節的降雨變化趨勢(相對於1971~2000平均)



春冬季降雨減少可能與冷氣團南下的鋒面降雨減少有關

夏秋季降雨增加可能與熱帶暖濕氣流增強或熱帶氣旋影響增加有關



# 夏季總雨量變化(相對於1971~2000平均987.2mm)

澳門地球物理暨氣象局

情境	Ensemble Mean	B1 (14 models)			A1B (17 models)			A2 (11 models)		
		Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max
2001	-22.1	-130.6	-36.3	81.5	-171.3	0.4	124.2	-133.2	-30.3	125.4
2011	-21.7	-163.6	-12.4	151.3	-155.3	-19.3	112.1	-109.4	-33.5	54.0
2021	2.4	-110.7	-19.8	93.9	-148.8	21.0	195.5	-104.9	5.9	123.8
2031	-16.2	-142.3	-16.0	102.4	-163.5	-12.8	229.0	-173.3	-19.9	97.8
2041	15.0	-130.5	11.5	246.1	-48.3	52.5	188.5	-110.7	-19.1	84.7
2051	28.2	-87.7	23.3	167.1	-104.6	63.9	229.2	-123.8	-2.7	133.2
2061	43.8	-51.9	60.2	163.3	-129.8	72.6	331.9	-101.5	-1.5	109.0
2071	81.3	-29.4	73.3	264.0	-179.1	90.2	250.9	-53.0	80.5	187.7
2081	77.3	-241.1	28.9	161.8	-72.5	97.4	351.3	10.3	105.6	339.3
2091	83.9	-63.2	71.3	347.2	-47.8	92.6	373.9	-26.4	87.7	214.2
2011~2040	-11.9	-138.9	-16.1	115.9	-155.9	-3.7	178.9	-129.2	-15.8	91.9
2041~2070	29.0	-90.0	31.7	192.2	-94.2	63.0	249.9	-112.0	-7.8	109.0
2071~2100	80.8	-111.2	57.8	257.7	-99.8	93.4	325.4	-23.0	91.3	247.1

黃色格為表示有三分之二或以上模式預測與mean同號

若mean為正,則有三分之二模式預測雨量增加



# 冬季總雨量變化(相對於1971~2000平均124.5mm)

澳門地球物理暨氣象局

情境	Ensemble Mean	B1 (14 models)			A1B (17 models)			A2 (11 models)		
		Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max
2001	-1.3	-53.3	-11.4	28.6	-35.5	5.1	38.2	-58.3	2.4	47.5
2011	-12.4	-33.0	-5.7	45.3	-48.5	-8.8	30.6	-51.2	-22.7	19.2
2021	-10.2	-43.7	-6.5	24.8	-43.6	-5.7	56.2	-52.0	-18.4	11.8
2031	-13.0	-48.8	-1.8	62.1	-52.2	-13.5	45.3	-68.6	-23.8	15.6
2041	-13.8	-38.2	-12.3	25.5	-46.2	-13.6	9.9	-43.8	-15.4	17.8
2051	-14.5	-51.1	-13.5	19.6	-78.3	-18.7	20.7	-36.1	-11.3	87.0
2061	-17.2	-72.0	-14.6	22.3	-55.0	-11.1	36.1	-90.2	-25.9	23.0
2071	-20.5	-82.9	-19.0	11.0	-51.8	-16.0	47.6	-99.8	-26.6	27.0
2081	-18.4	-65.9	-5.7	27.0	-82.2	-19.4	23.6	-93.0	-30.0	42.3
2091	-25.4	-61.0	-15.3	33.9	-89.6	-19.3	43.5	-105.2	-41.6	33.3
2011~2040	-11.9	-41.8	-4.7	44.1	-48.1	-9.3	44.0	-57.3	-21.6	15.5
2041~2070	-15.2	-53.8	-13.5	22.5	-59.8	-14.5	22.2	-56.7	-17.5	42.6
2071~2100	-21.4	-69.9	-13.3	24.0	-74.5	-18.2	38.2	-99.3	-32.7	34.2

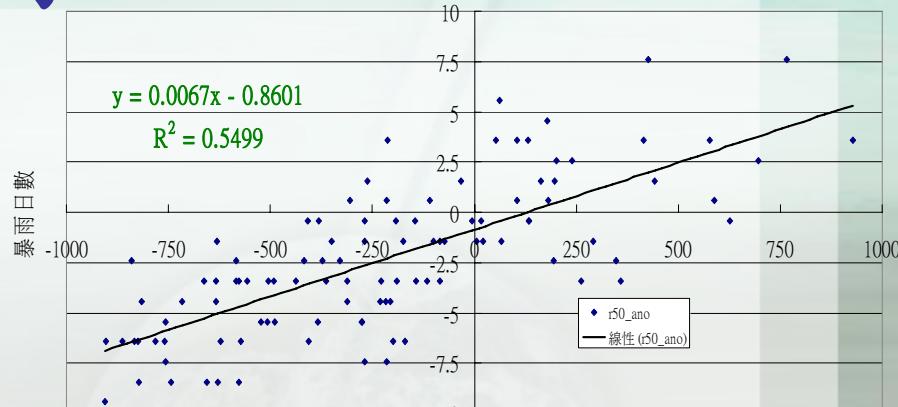
以華南SC1區的估算情況



澳門地球物理暨氣象局

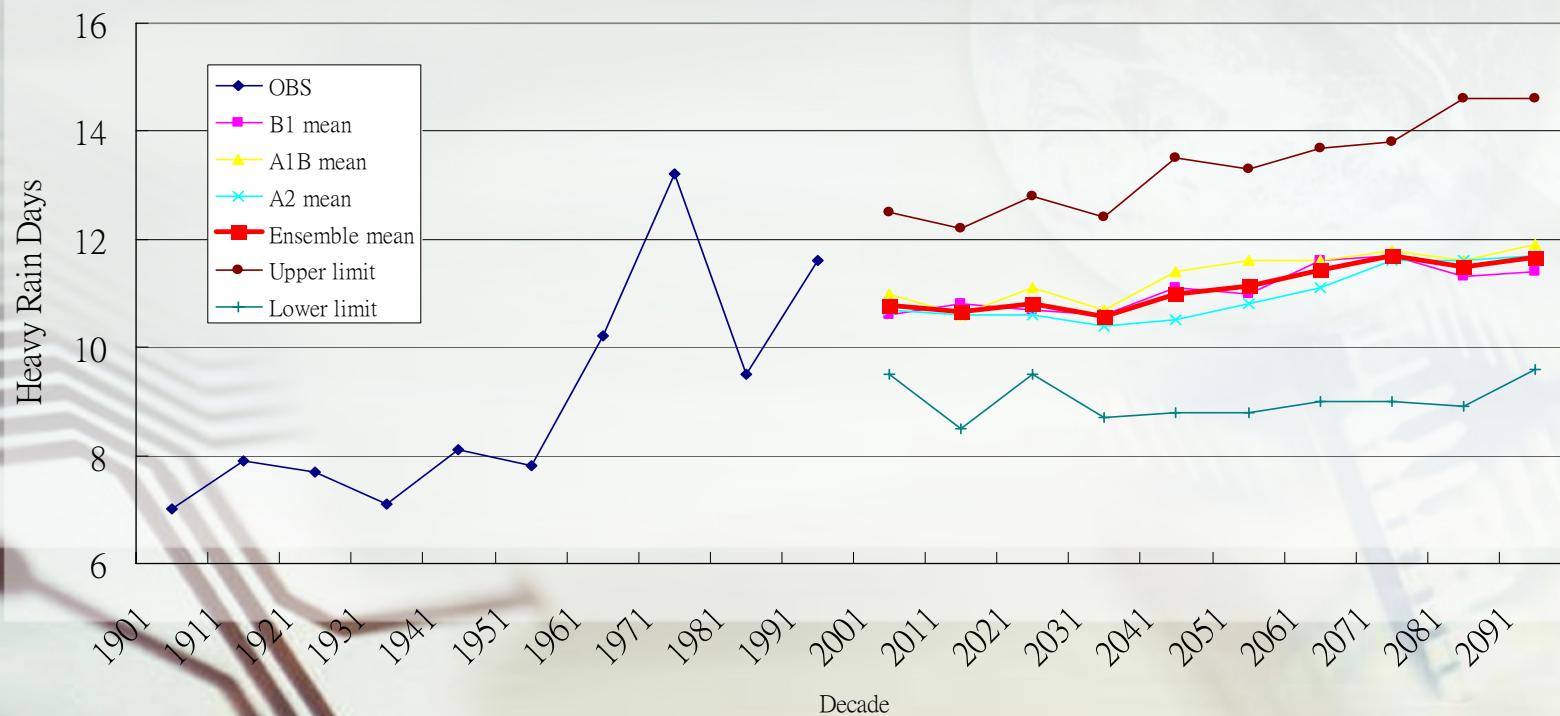
# 暴雨

暖季降雨距平與暴雨(日雨量>50mm)關係



Projected Heavy Rain ( $> 50\text{mm/day}$ ) Days

warm\_rain\_ano





# 21世紀的變化趨勢-初步總結

- 氣溫約將上升2.66度(1.86~3.35)
- 冬季氣溫上升最為顯著(2.92度), 春秋兩季次之, 夏季最小(1.91度)
- 年降雨量呈弱增加趨勢, 夏季兩季趨於增加, 春秋兩季則趨於減少
- 最高溫33度以上的酷熱日數約增加40天
- 最低溫12度以下的冷夜日數約減小25天
- 最低溫在27度以上的熱夜日數約增加27天

**PS:** 部份資料有待更進一步更嚴緊的估算,或須修定



澳門地球物理暨氣象局

END  
Thank You

**PS:** 部份資料有待更進一步更嚴緊的估算，或須修定