

氣候變遷推估資料於 災害領域之應用實例

國家災害防救科技中心

一. 政策綱領與行動方案「災害領域」簡介

二. NCDR氣候變遷專案簡介

三. 應用範例：

- 氣候變遷下極端降雨與水文應用分析
- 極端事件之災害損失評估（以曾文溪為例）
- 災害風險地圖應用

災害防救

- **國科會**
(國家災害防救科技中心)

水資源管理

- 經濟部

維生基礎設施

- 交通部

能源供給及產業

- 經濟部

海岸土地保護

- 內政部

農業生產及生物多樣性

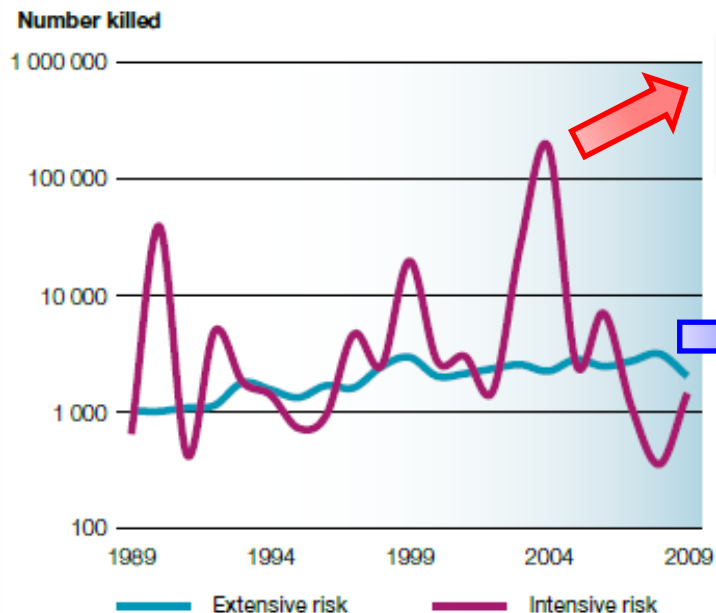
- 農委會

健康

- 衛生署

土地使用

- 內政部



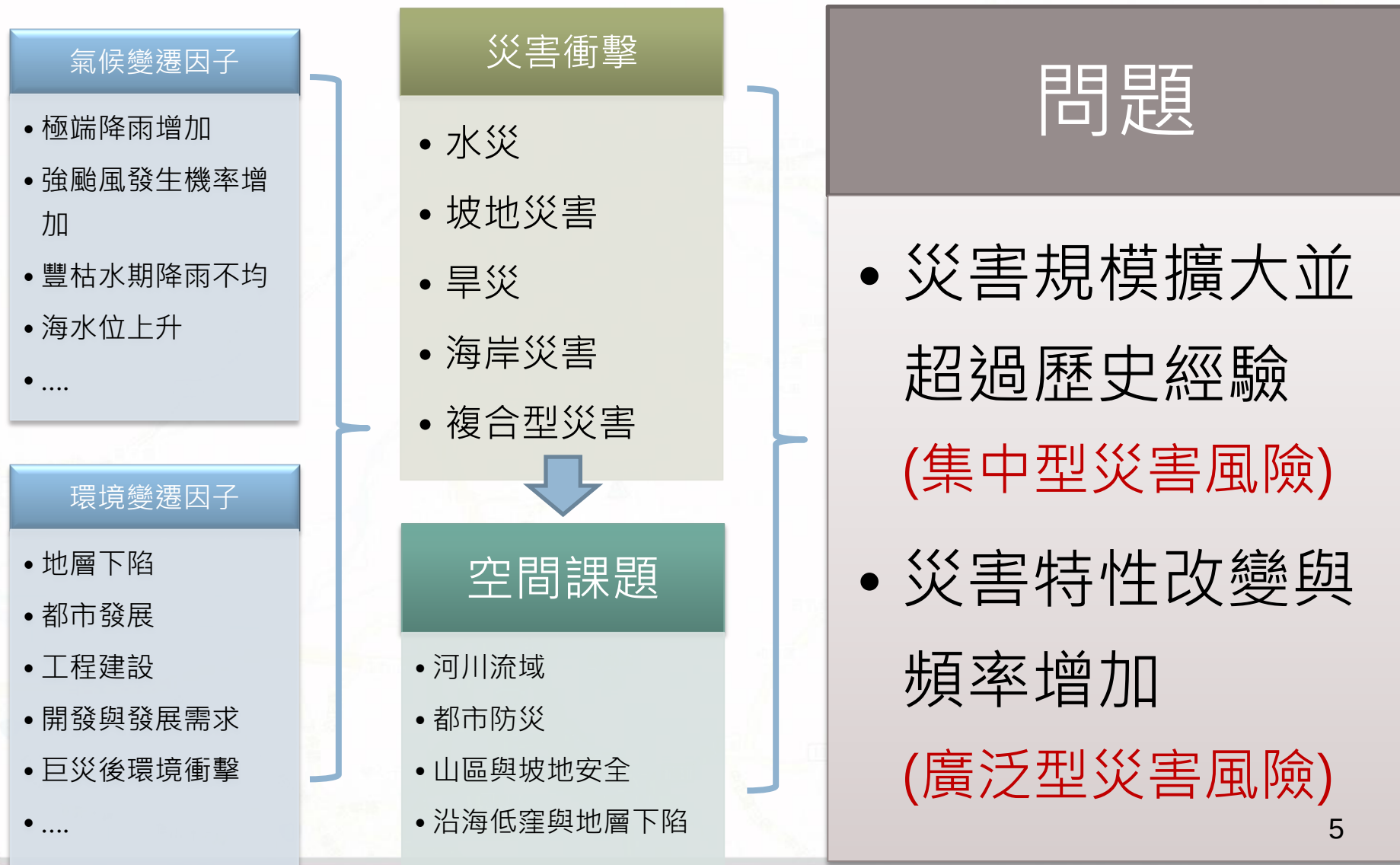
集中型災害風險 (Intensive Risk):
極端事件？卡崔娜颶風、莫拉克颱風？

廣泛型災害風險 (Extensive Risk):
氣候變遷？社會與環境變遷？

集中型災害風險：
機率小，但帶來
巨大傷亡與損失

Summary of the GAR11 loss data universe

Risk type	Hazard type	Reports	%	Deaths	%	Houses destroyed	%	Houses damaged	%
Extensive	Weather-related	188,236	96.3	59,911	9.2	1,096,891	18.3	5,674,114	50.1
Extensive	Geological	5,565	2.8	2,861	0.4	104,451	1.7	431,613	3.8
Intensive	Weather-related	1,293	0.7	182,723	27.9	3,079,749	51.4	3,806,413	33.6
Intensive	Geological	464	0.2	408,303	62.5	1,717,405	28.6	1,410,417	12.5
TOTAL		195,558	100.0	653,798	100.0	5,998,496	100.0	11,322,557	100.0



災害規模擴大與超乎預期，須立即
降低災害損失
(面對**集中型災害風險**之因應對策)

強化監測與預警
(策略2)

強化現有工程防護能力
(策略3)

災害風險分散與巨災因應策略
(策略6)



災害型態改變與發生頻率增加，需
降低氣候變遷災害風險
(面對**廣泛型災害風險**之調適策略)

災害風險評估技術
(策略1)

新建工程與開發計畫須落實災
害脆弱度評估
(策略4)

強化空間整體性的防災調適能力
(都會、流域、山區、社區)
(策略5)

災害領域部會署提報計畫 (101~105年)

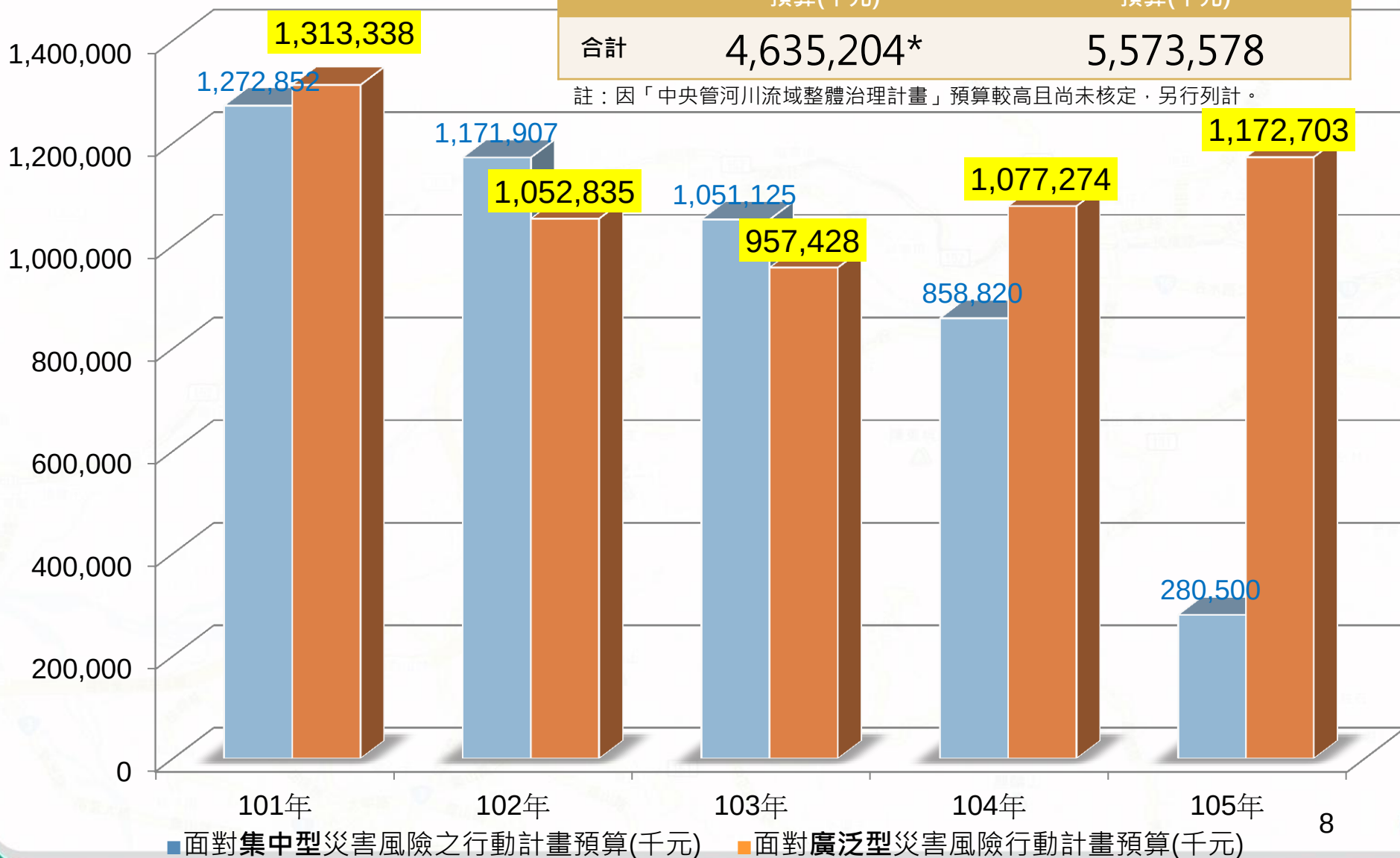
提報部會署		行動計畫數
經濟部(22)	水利署	11
	能源局	7
	地調所	4
交通部(14)	公路總局	6
	氣象局	3
	台灣鐵路管理局	2
	民用航空局	1
	臺灣港務股份有限公司	2
農委會(11)	水保局	9
	林務局	2
內政部(8)	內政部營建署	4
	內政部消防署	3
	內政部建築研究所	1
環保署(1)	環保署	1
教育部(2)	教育部	2
原住民族委員會(2)	原住民族委員會	2
國科會(10)	國科會科學工業園區管理局	2
	國科會 (含NCDR)	8
合計		70

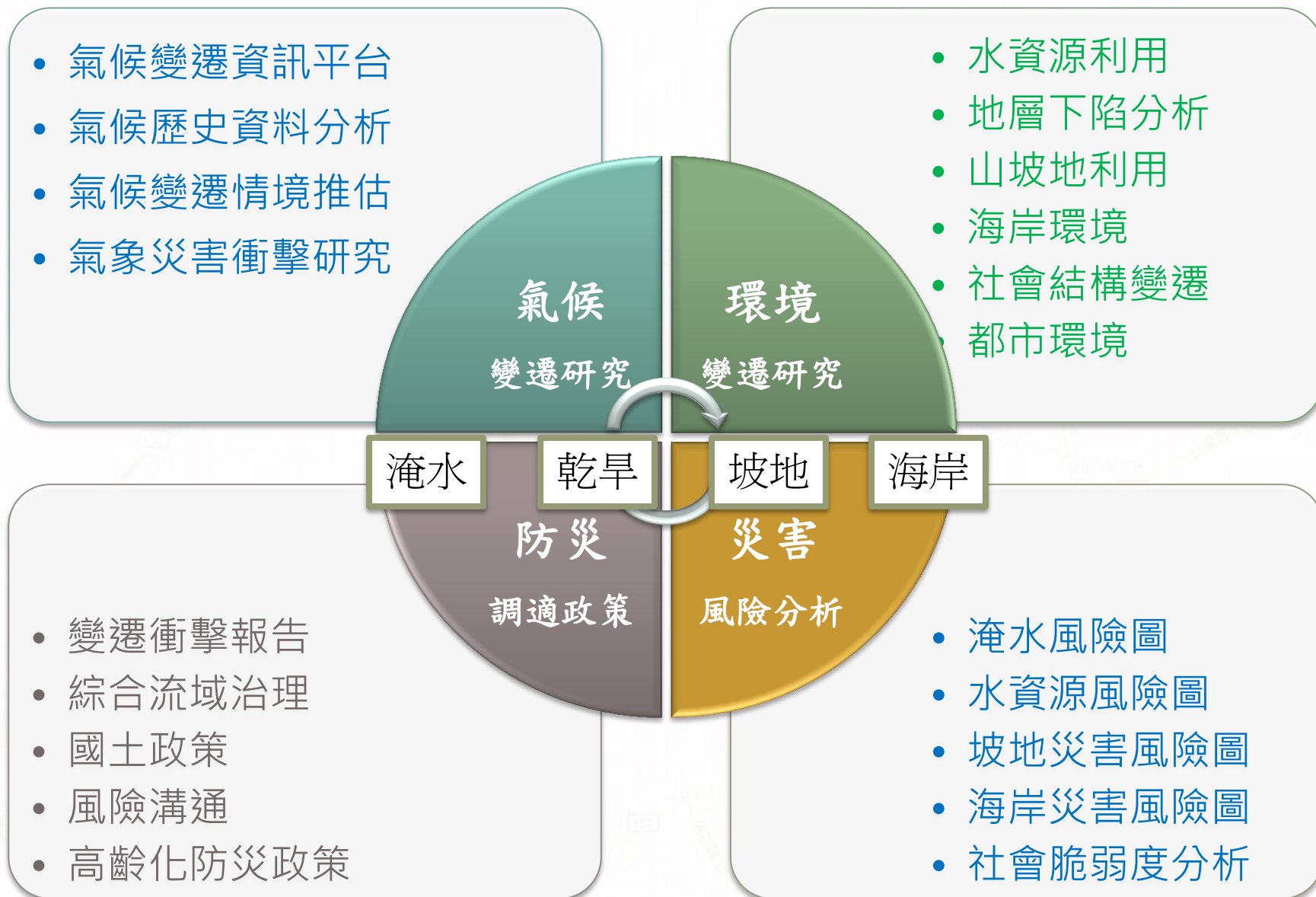
共計8個部會，18個單位，70個計畫

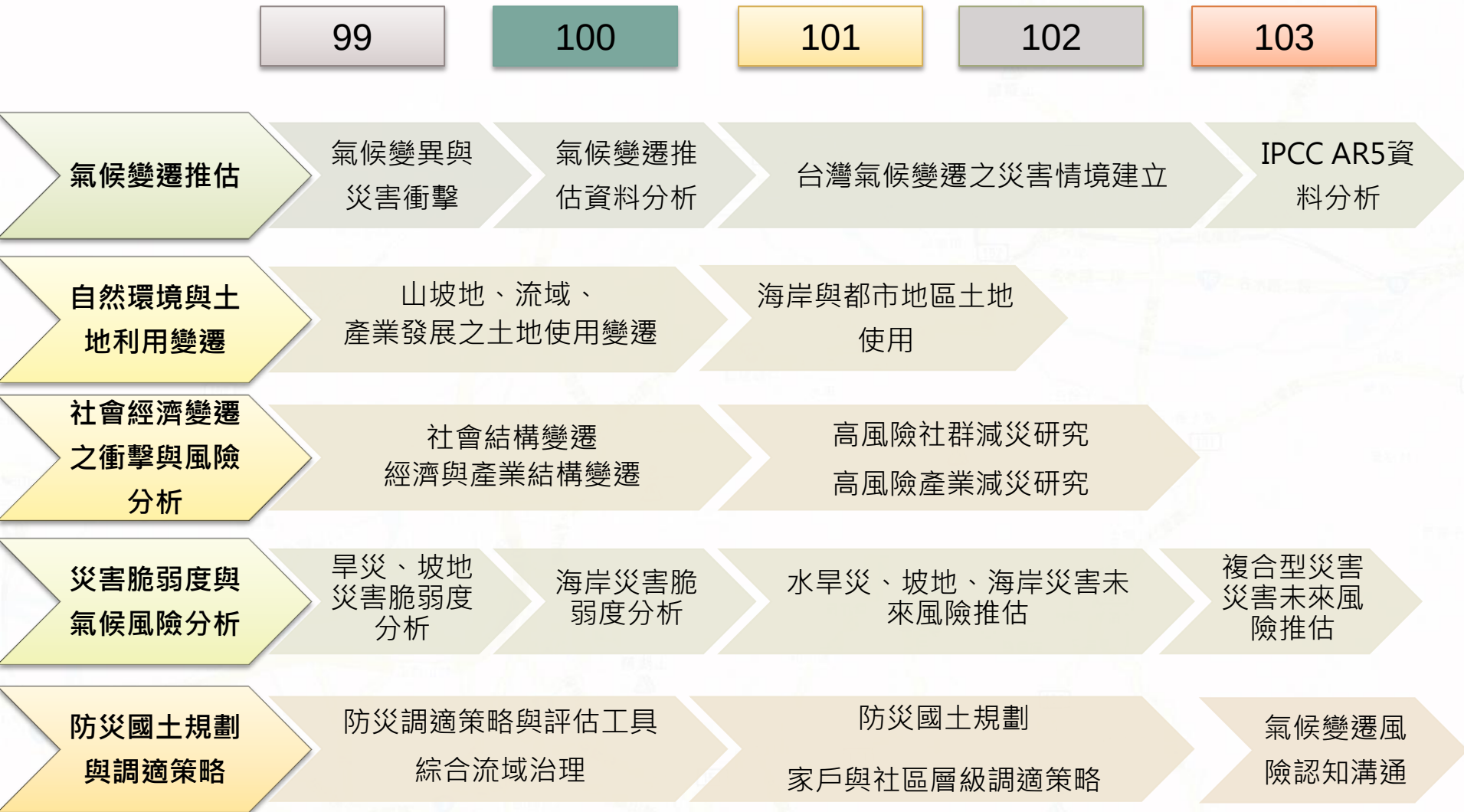
行動計畫預算(集中型與廣泛型災害風險)

年度	面對集中型災害風險之行動計畫 預算(千元)	面對廣泛型災害風險行動計畫 預算(千元)
合計	4,635,204*	5,573,578

註：因「中央管河川流域整體治理計畫」預算較高且尚未核定，另行列計。







氣候變遷推估與災害衝擊研究

7.1.1 氣候變遷之水文頻率分析(洪旱組)

7.1.2 氣候變遷颱風特性之改變(TCCIP)

7.1. 水文需求評估
氣候變遷下颱風特性之改變(TCCIP)

7.1.4 極端颱風事件
流量模擬之災害衝擊 風險分析
(TCCIP、社經組)

7.1.5 WG 全台日資料繁衍

7.1.6 發展長延時日降雨之繁衍模式

7.1.7 四大流域流量模擬衝擊評估

7.1.8 氣候變遷下農業衝擊評估

7.1.9 不確定性分析(TCCIP)

國科會計畫 (TCCIP)

災害風險地圖製作

P7.2.1 低窪淹水災害
風險圖製作(洪旱組)

P7.2.2
坡地災害風險圖製作

P7.2.3
海岸災害風險圖製作

P7.2.4
乾旱風險圖製作

氣候與環境變遷災害風險地圖整合應用

調適策略與防災國土規劃研究

P7.3.1 風險地圖之應用評估與防災國土
規劃策略研擬

P7.3.2 經建會「國家氣候變遷調適政策綱領」防災調適策略與行動方案

氣候變遷研究平台組織架構

中央研究院

(相關研究計畫、資源、人力)

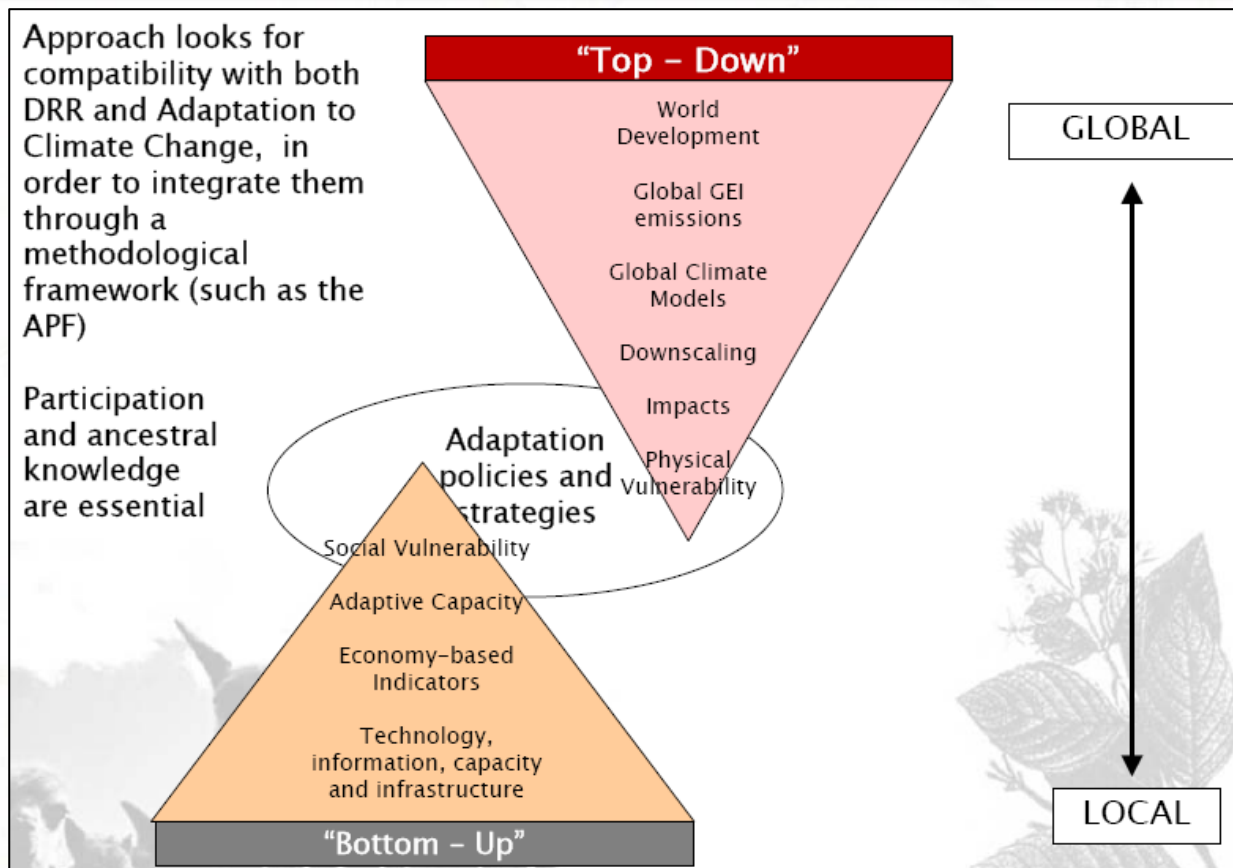
中央氣象局

(相關研究計畫、資源、人力)

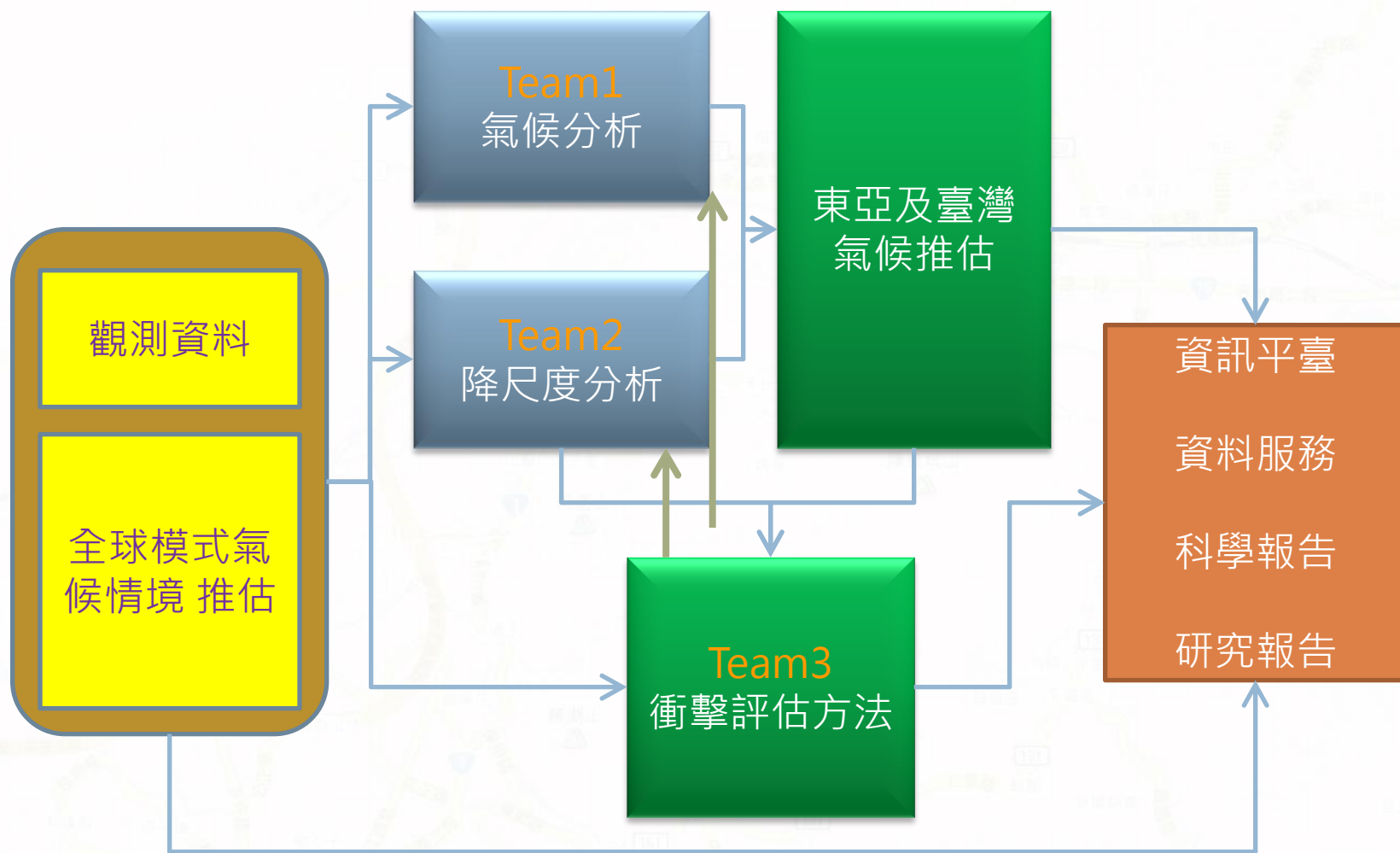


IPCC策略: 由上而下 (Top-Down) 的情境模擬假設

APF/UNDP策略: 由下而上 (Bottom-Up) 的利害關係者的觀點出發



TCCIP各工作小組運作架構



Gaps

資料提供者

氣候情境
(A2,A1B,B1)
統計降尺度
動力降尺度
月尺度資料
多模式結果
...

使用者

- 使用需求為何？
- 氣候變遷資料有哪些？(降雨?氣溫?)
- 資料時空間尺度？小時？日？
- 如何取得氣候變遷資料？
- 如何選擇適當的模式？
- 如何決定使用幾個模式的資料？
- 如何應用氣候變遷資料？
 - 單點？區域？

氣候變遷下極端降雨與水文應用分析

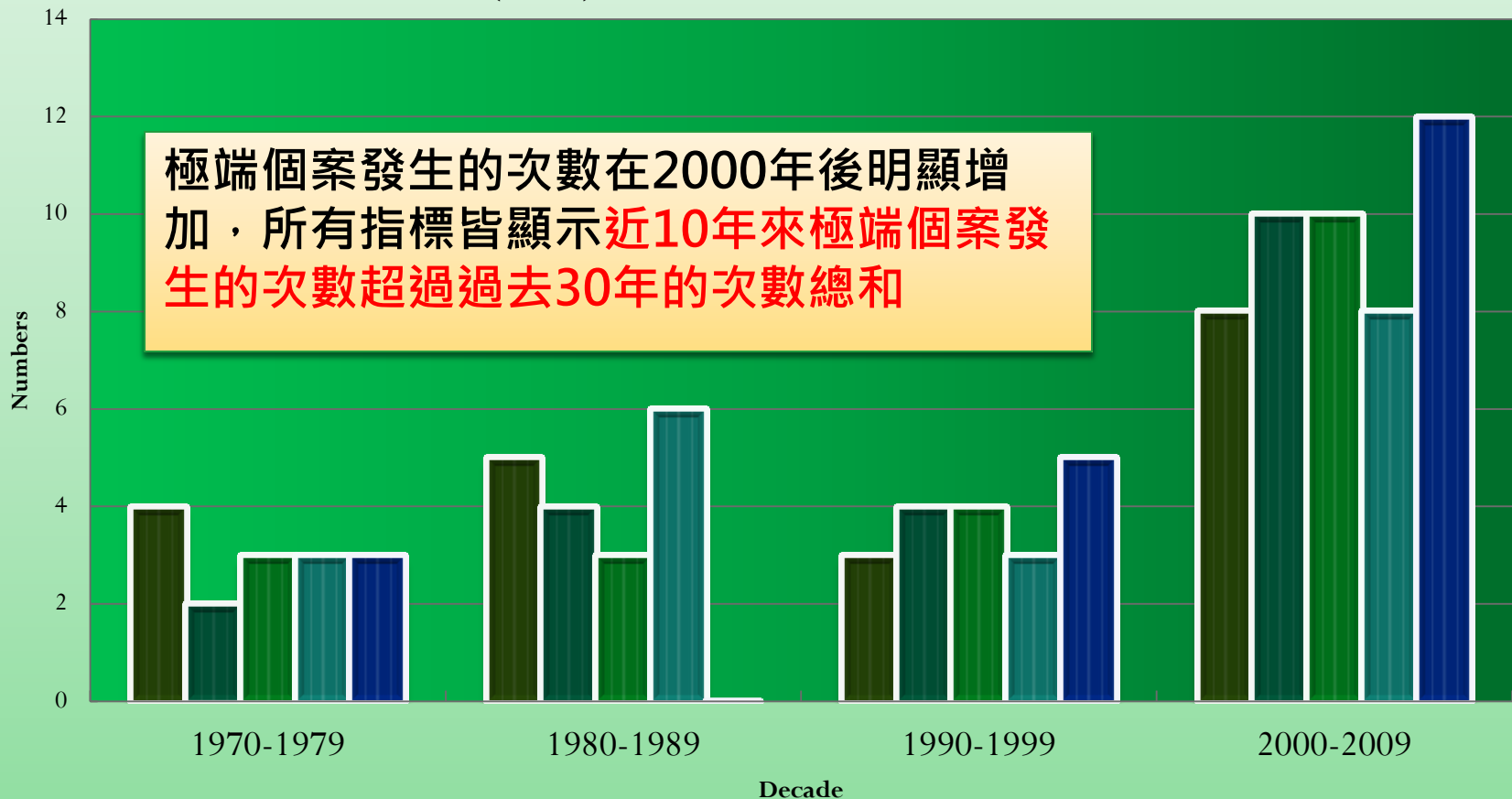
極端事件之災害損失評估
(以曾文溪為例)

災害風險地圖應用

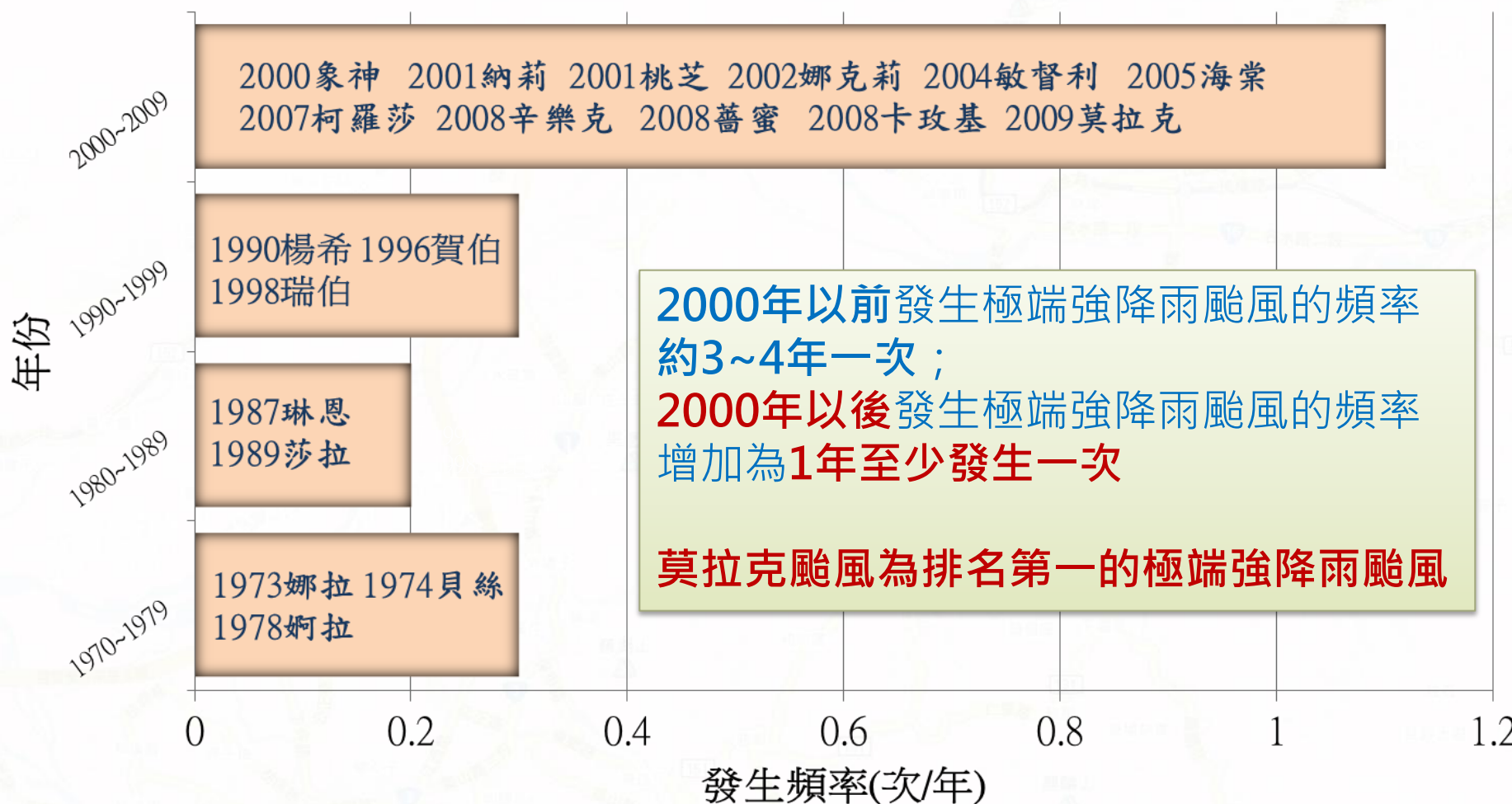
極端強降雨颱風個案之氣候變異趨勢

(排名前20名颱風)

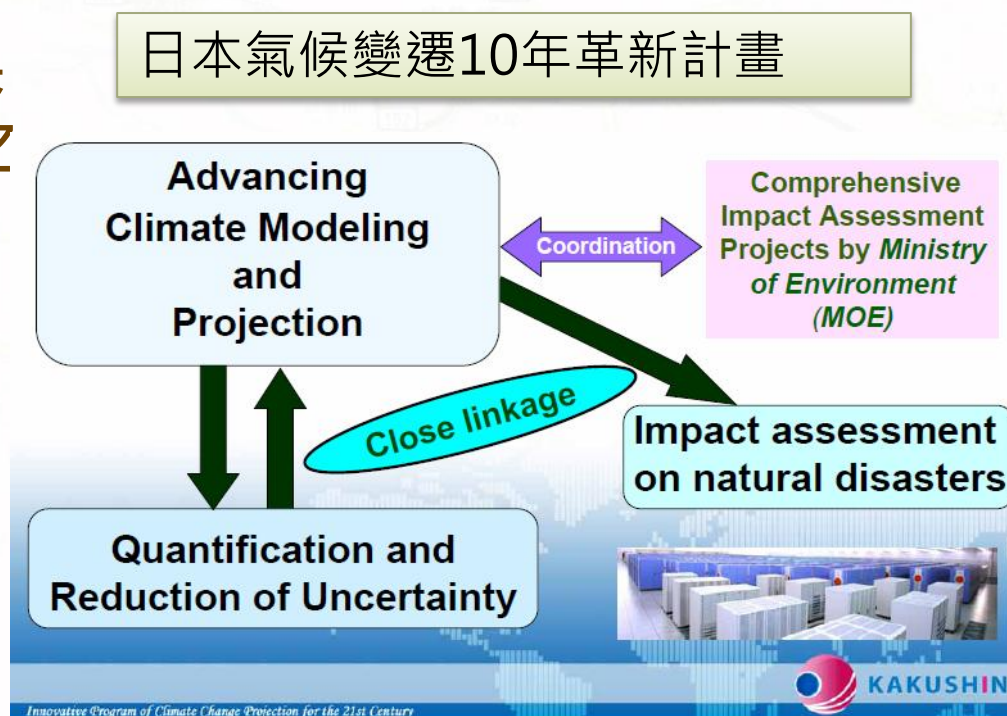
- 最大總雨量(90%)
- 整場降雨平均(90%)
- 前五大降雨平均(90%)
- 最大時雨量(90%)
- 平均日降雨(90%)



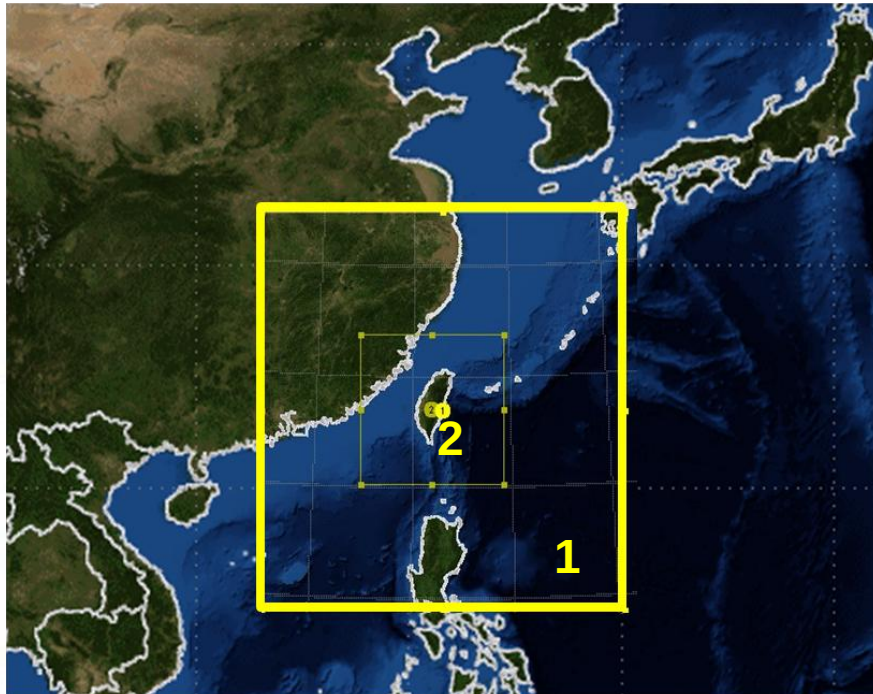
極端強降雨事件變異趨勢



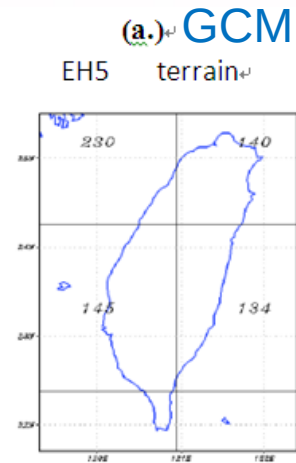
- 高解析度模式由日本氣象廳/氣象研究所 (JMA/MRI) 以及地球模擬器中心(Earth Simulator)產製;此模式結果為日本提供IPCC 評估報告之重要依據。
- 全世界目前解析度最高之氣候變遷模擬結果，空間解析度20Km，能產生颱風結構的氣候變遷模式，有助於台灣氣候與災害情境之推估（其他國家模式解析度都超過100Km以上）



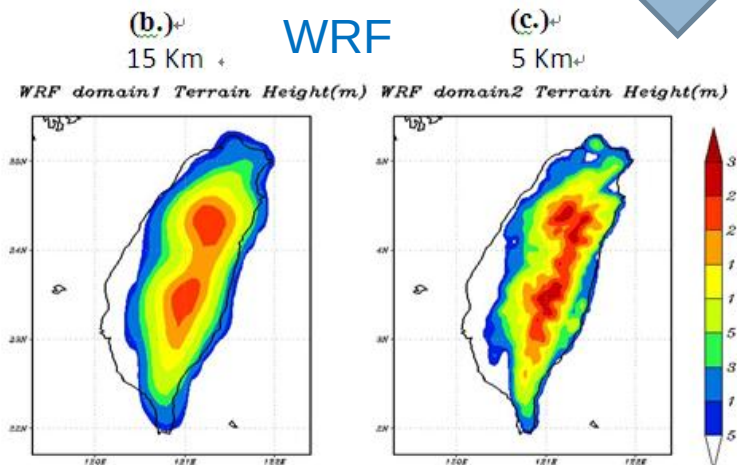
承接MRI高解析度模式 資料之研究區域



模式中台灣地形解析比較



區域氣候模式
較能凸顯台灣
特殊地形效應
對降雨之影響



臺灣地區季節降水評估

春天

梅雨季

OBS

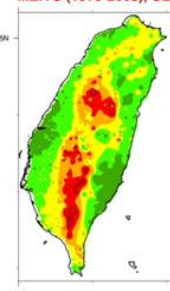
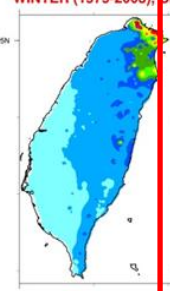
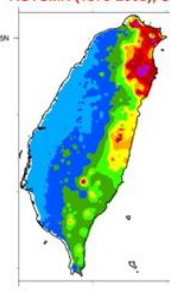
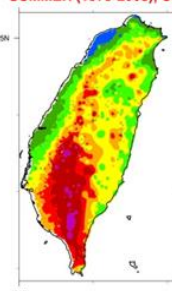
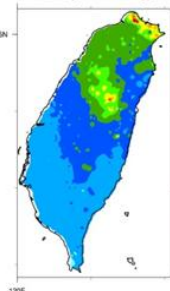
SPRING (1979-2003), CLI

SUMMER (1979-2003), CLI

AUTUMN (1979-2003), CLI

WINTER (1979-2003), CLI

MEIYU (1979-2003), CLI



MRI

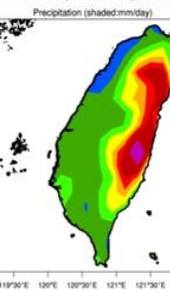
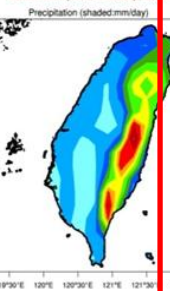
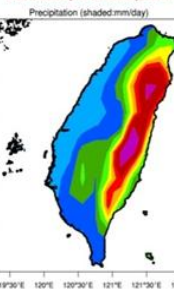
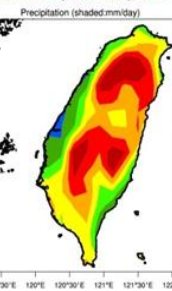
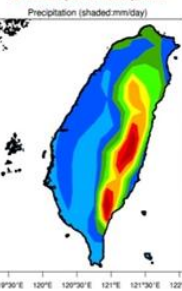
SPRING (1979-2003), MRI

SUMMER (1979-2003), MRI

AUTUMN (1979-2003), MRI

WINTER (1979-2003), MRI

MEIYU (1979-2003), MRI



WRF

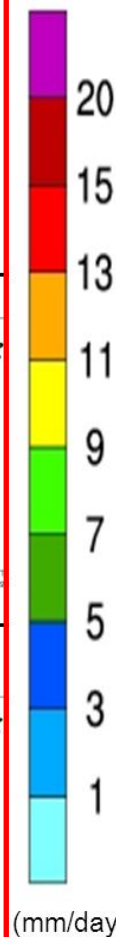
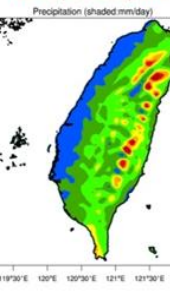
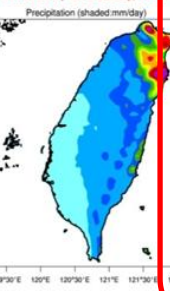
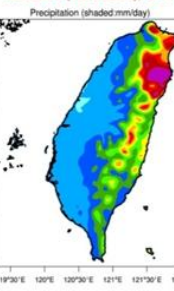
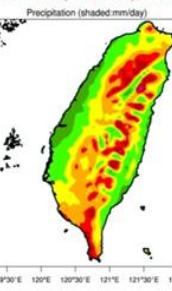
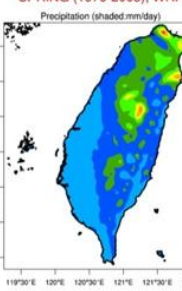
SPRING (1979-2003), WRF

SUMMER (1979-2003), WRF

AUTUMN (1979-2003), WRF

WINTER (1979-2003), WRF

MEIYU (1979-2003), WRF

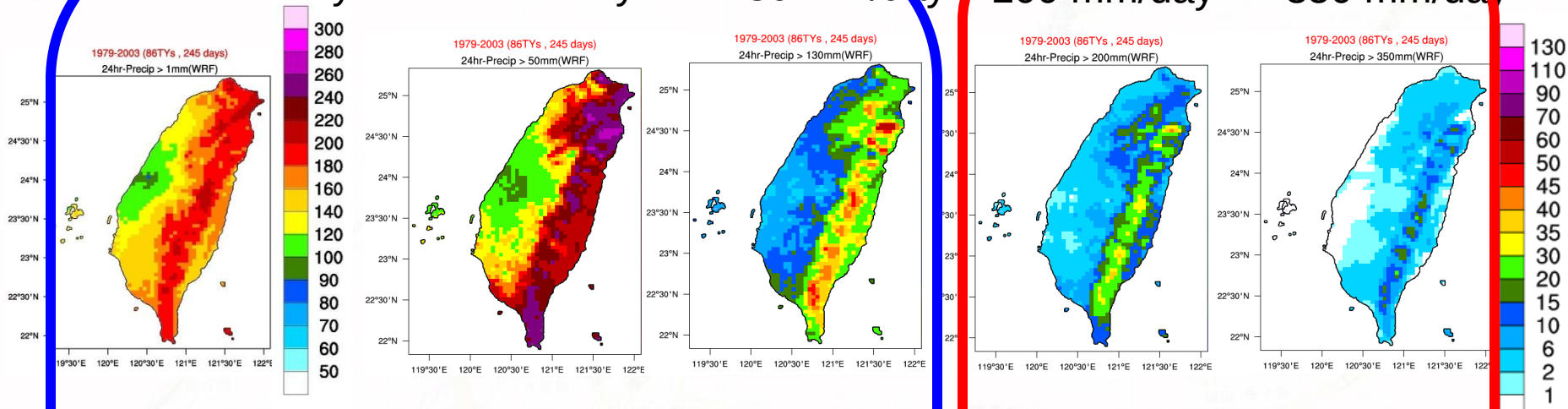


大致而言，經由WRF模式的動力降尺度，能將東部地區降水的較大偏差修正而得到較佳的結果。但仍有部分之模擬有所不足。

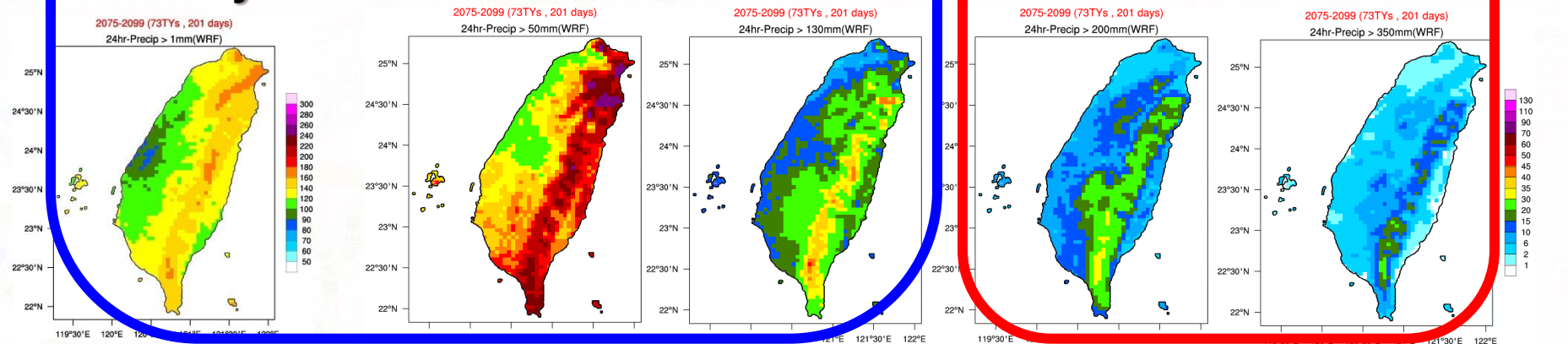
強降雨日數改變

www.ncdr.nat.gov.tw

Present > 1 mm/day > 50mm/day > 130 mm/day > 200 mm/day > 350 mm/day



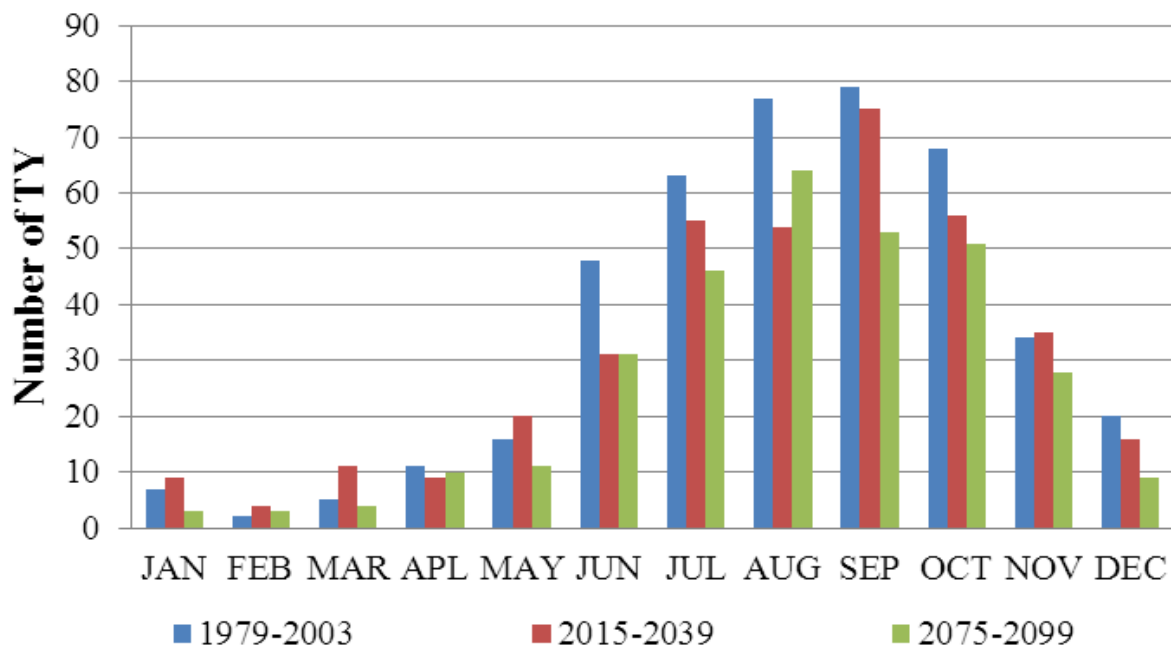
End of century



decrease in the future

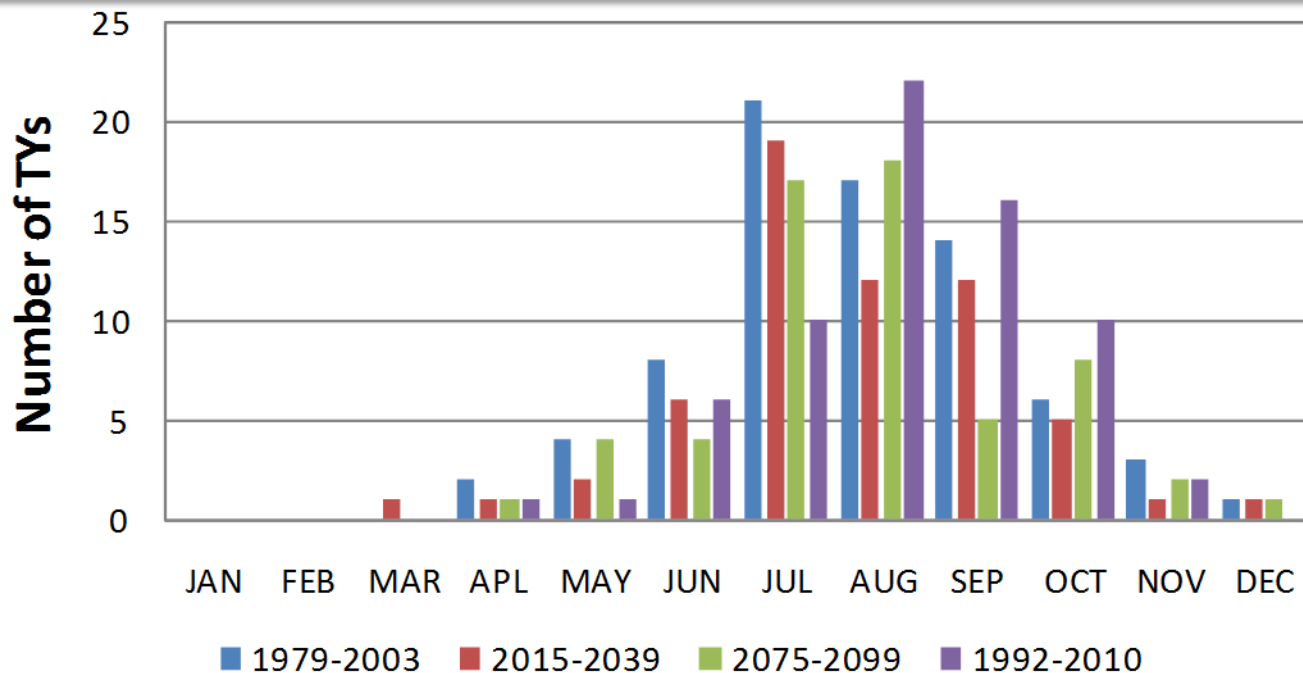
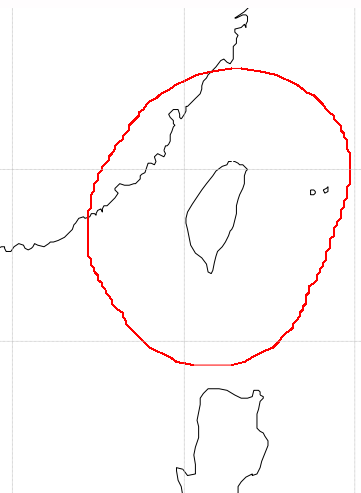
increase in the future

西北太平洋中度颱風以上個數

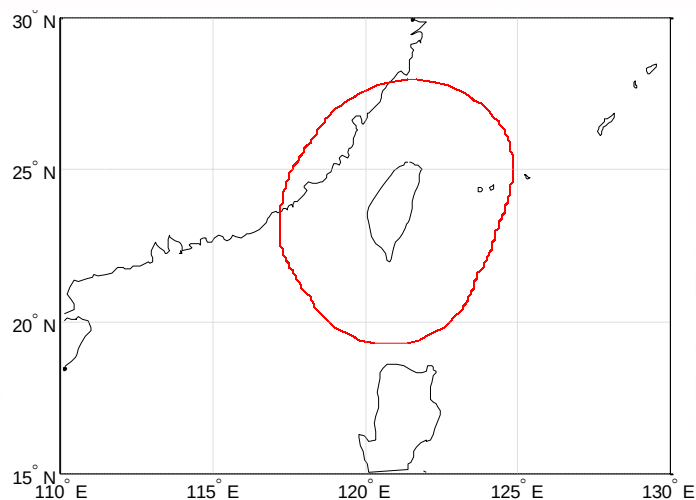


	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Total	Per Year
1979-2003 (OBS)	10	3	8	17	26	41	92	135	125	93	58	33	641	25.64
1979-2003	7	2	5	11	16	48	63	77	79	68	34	20	430	17.2
2015-2039	9	4	11	9	20	31	55	54	75	56	35	16	375	15
2075-2099	3	3	4	10	11	31	46	64	53	51	28	9	313	12.52
世紀末改變	-0.57	+0.5	-0.2	-0.09	-0.31	-0.35	-0.27	-0.17	-0.33	-0.25	-0.18	-0.55	-0.27	
1992-2010 (OBS)	4	2	3	12	23	26	65	112	92	65	40	20	464	24.42

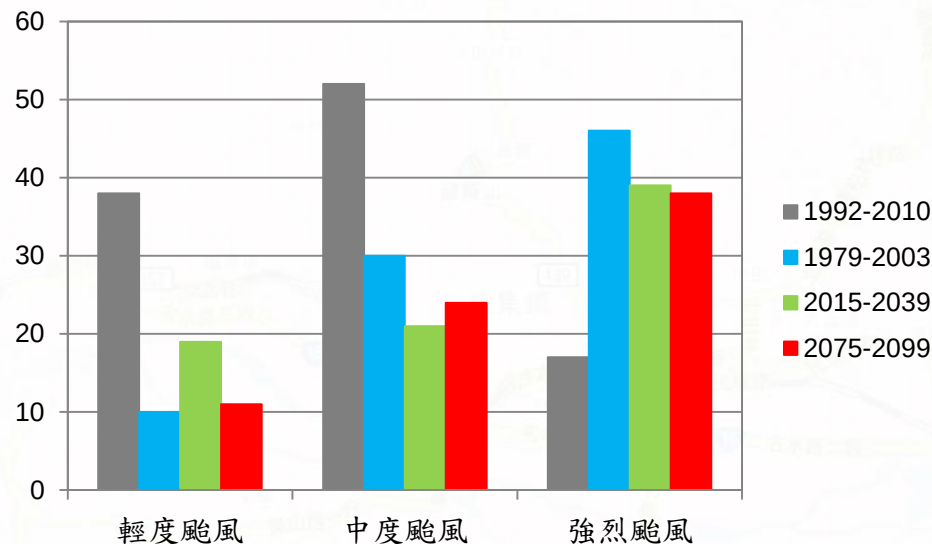
中度颱風以上影響台灣颱風個數統計



	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Total	Per Year
1992-2010	0	0	0	1	1	6	10	22	16	10	2	0	68	3.7
1979-2003	0	0	0	2	4	8	21	17	14	6	3	1	76	3.04
2015-2039	0	0	1	1	2	6	19	12	12	5	1	1	60	2.4
2075-2099	0	0	0	1	4	4	17	18	5	8	2	1	60	2.4
世紀末改變				0	0	-0.50	-0.19	+0.06	-0.64	+0.33	-0.33	0	-0.21	



颱風個數



	輕度颱風	中度颱風	強烈颱風	Total	Per Year
1992-2010	38	52	17	107	5.63
1979-2003	10	30	46	86	3.44
2015-2039	19	21	39	79	3.16
2075-2099	11	24	38	73	2.92

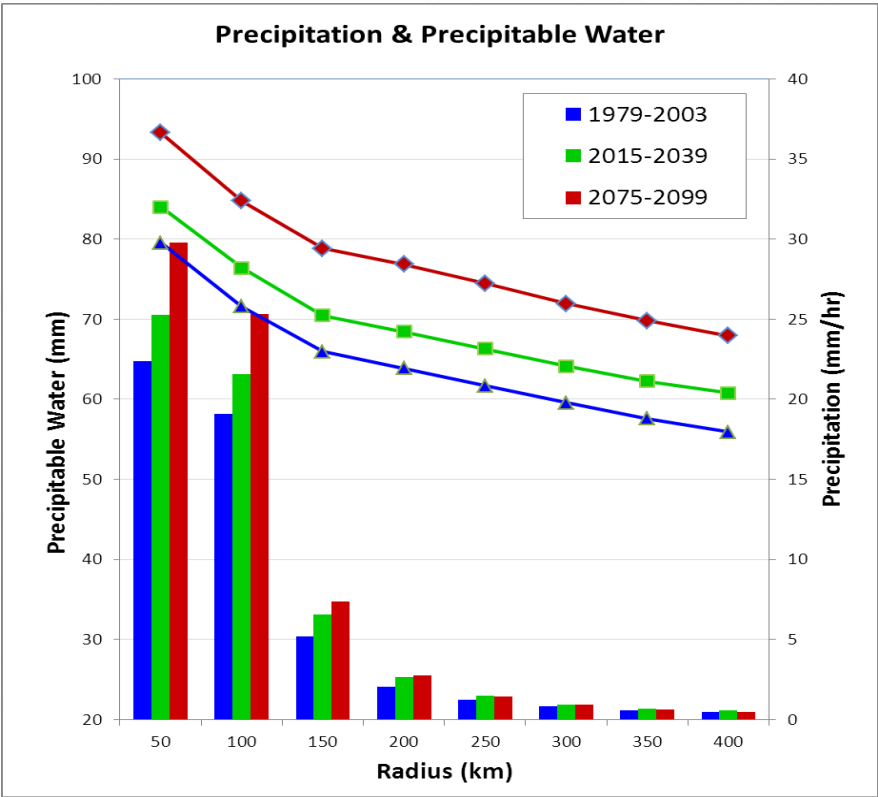
* 模式模擬的輕度、中度颱風個數有低估的情形，強烈颱風則高估。
模式模擬的侵臺颱風數低估。



暖化後颱風降雨量與可降水量變遷趨勢



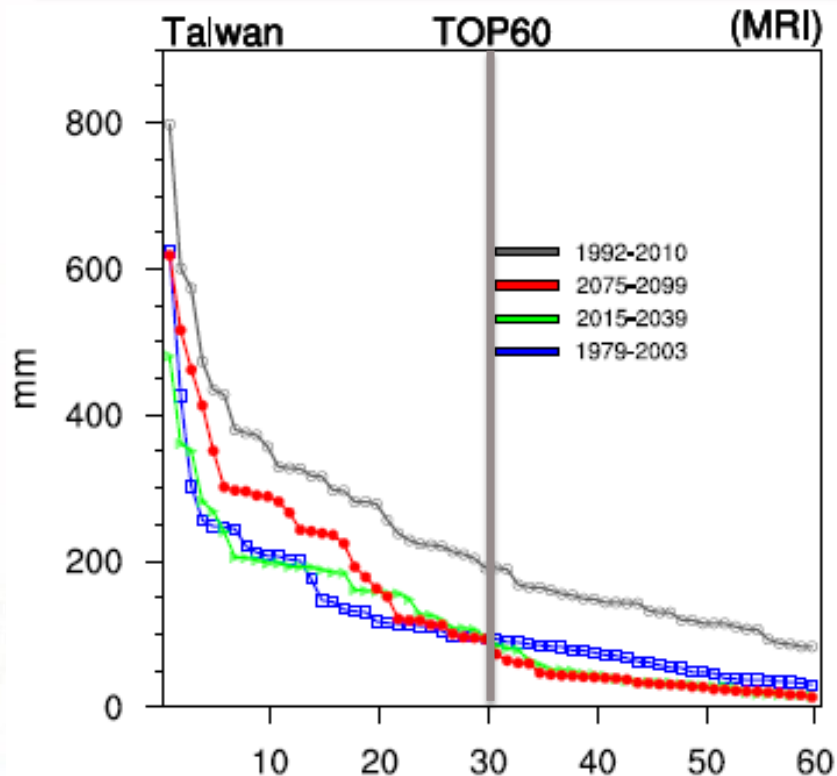
Variable	Area	Radius	50	100	150	200	250	300	350	400
Typhoon precipitation	Near TW Cat1+	Near Future $\Delta SAT \sim +1.2^{\circ}C$	12.8%	13.1%	26.2%	27.7%	20.6%	10.4%	12.0%	21.0%
		End of Century $\Delta SAT \sim +2.5^{\circ}C$	33.0%	32.5%	41.8%	32.9%	19.0%	12.2%	5.7%	0.2%



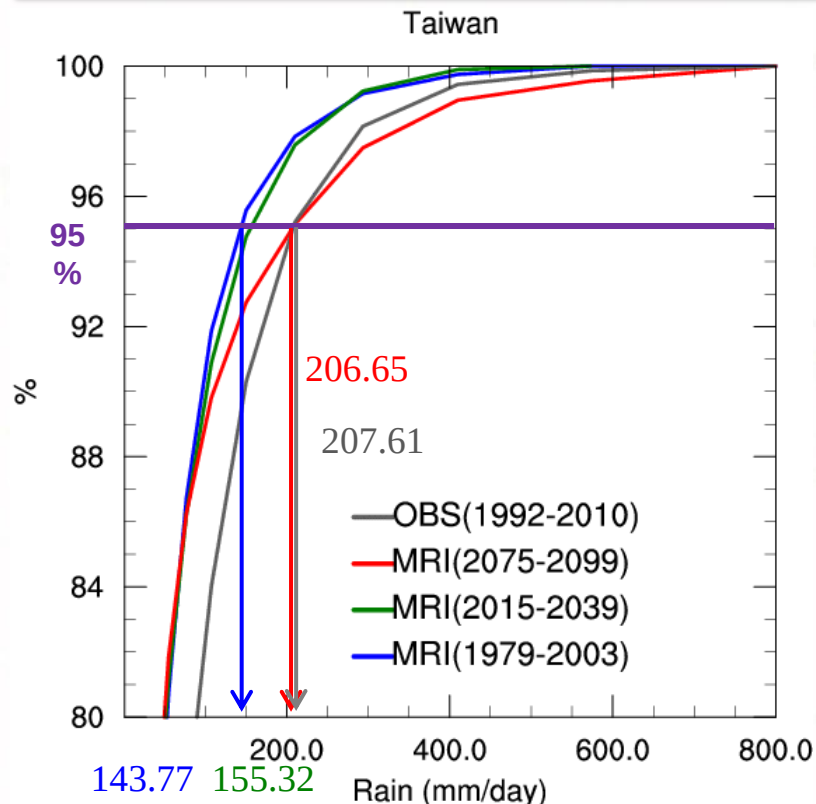
- 颱風降雨的能力隨著暖化有增強的趨勢
- 水汽的增加在颱風中心最小
- 降雨的增加在颱風中心最大

極端強降雨颱風之降雨強度增強

臺灣平均整場颱風降雨前60名

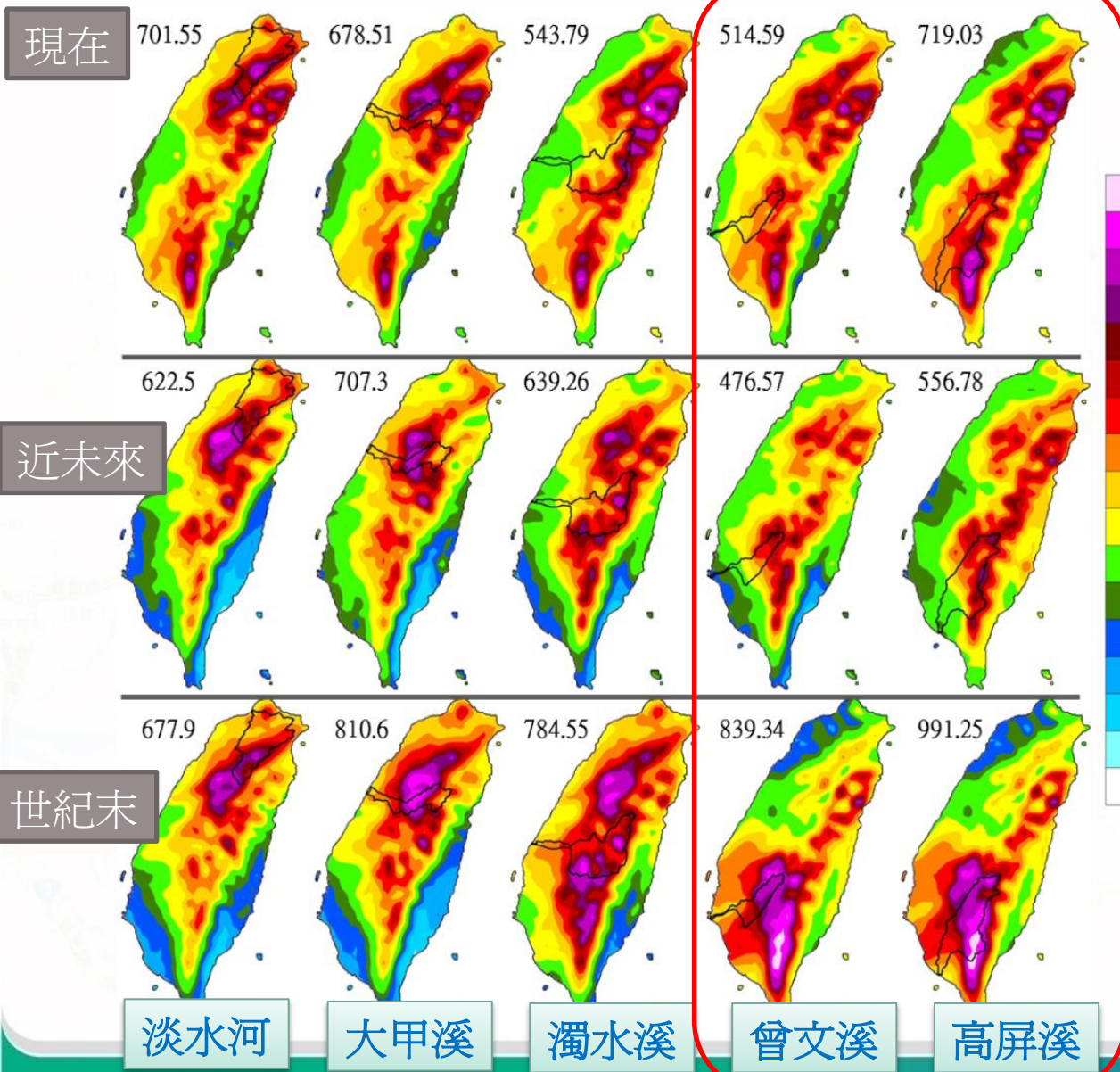


CDF (Cumulative Density Function)



- * 模式與觀測相比，**模式降雨有低估的情形**。
- * 約30名前，世紀末的颱風降雨較現在強，而30名之後則相反。
- * **極端事件的降雨強度有增強的趨勢**。

五大流域前5名強降雨颱風的平均降雨分布



世紀末的降雨除淡水河流域呈現減少的趨勢外，其他流域皆呈現增加的趨勢，其中中南部流域極端強降雨增加的趨勢較為顯著。對南部地區之防洪操作與水資源管理乃一大威脅

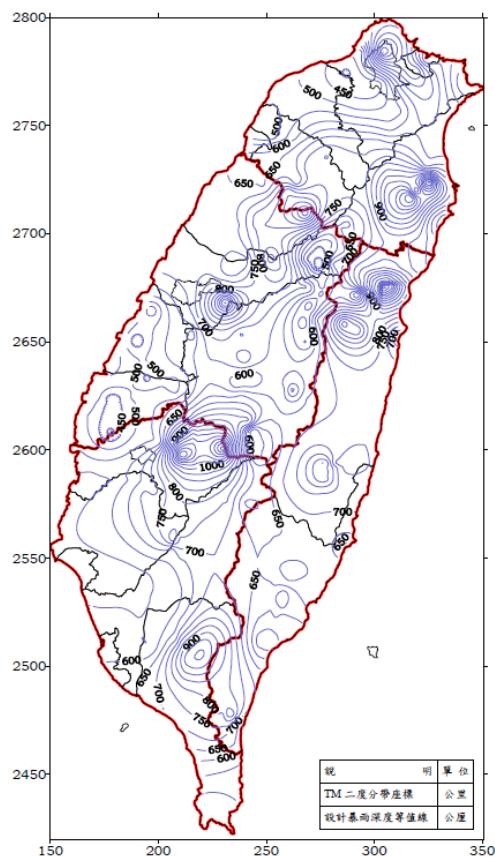
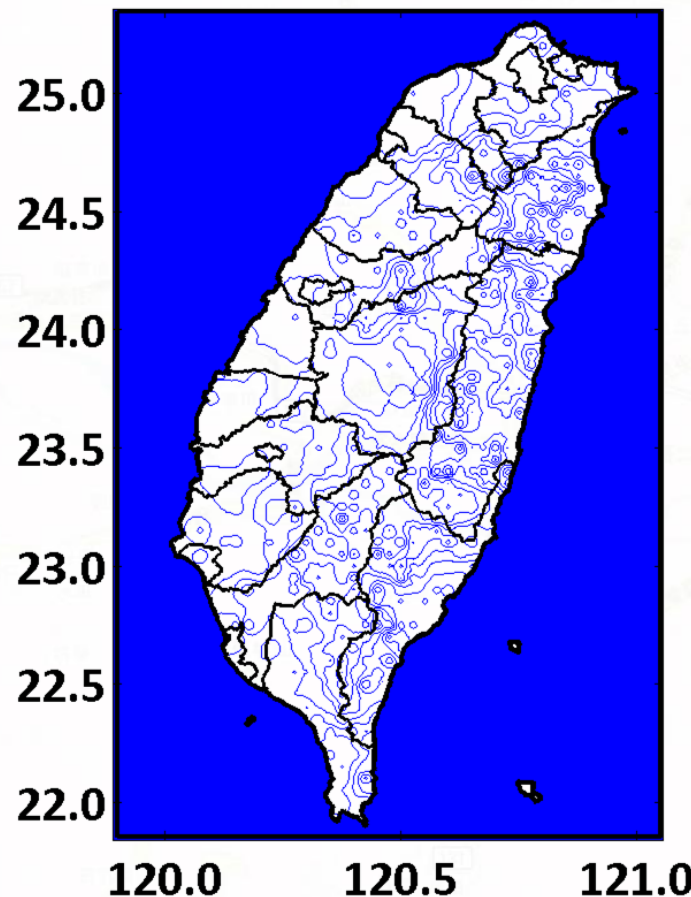


圖 2-72 設計延時 24 小時、重現期距 100 年

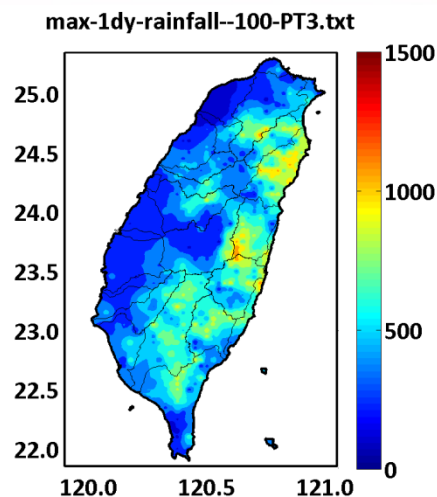
水文設計應用手冊

- 使用全台共144個測站(台電39站、水利處87站、氣象局18站)
- 資料長度為20年以上(1980以前-1999)
- 分北中南東四區，以克利金法推估網格數值後做等值圖。



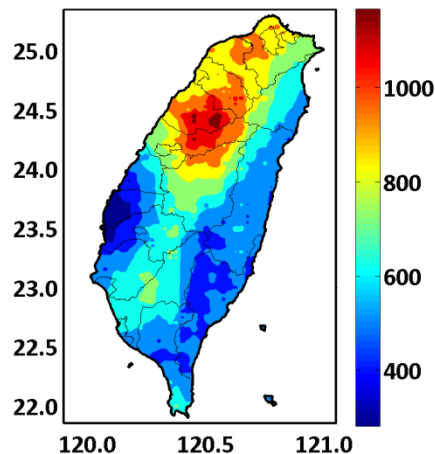
網格化研究成果之頻率分析

- TCCIP使用全台共1187個雨量測站資料，產製之網格化降雨資料
- 資料長度為50年(1960-2009)
- 空間解析度為5公里。



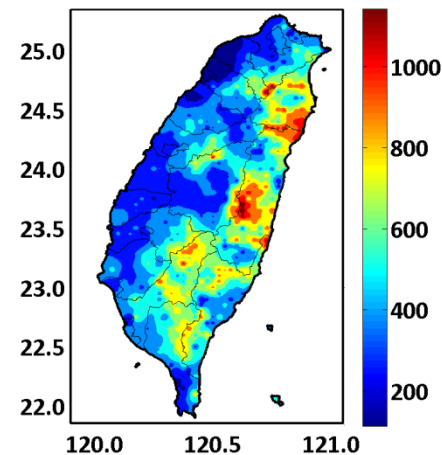
觀測資料結果

MRI-1979-2003-24hr--100-bootstrap-PT3.txt-Original



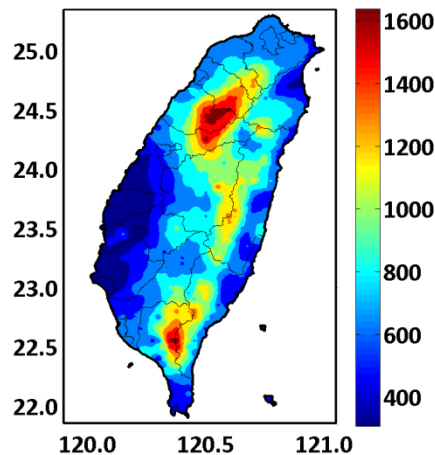
MRI及WRF原始資料結果

MRI-1979-2003-bc24hr--100-bootstrap-PT3.txt-Original

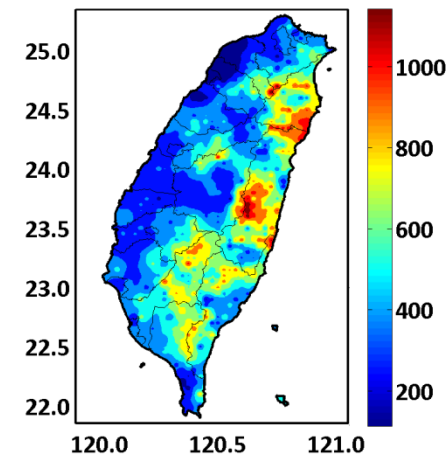


偏差校正後結果

WRF-1979-2003-24hr--100-bootstrap-PT3.txt-Original



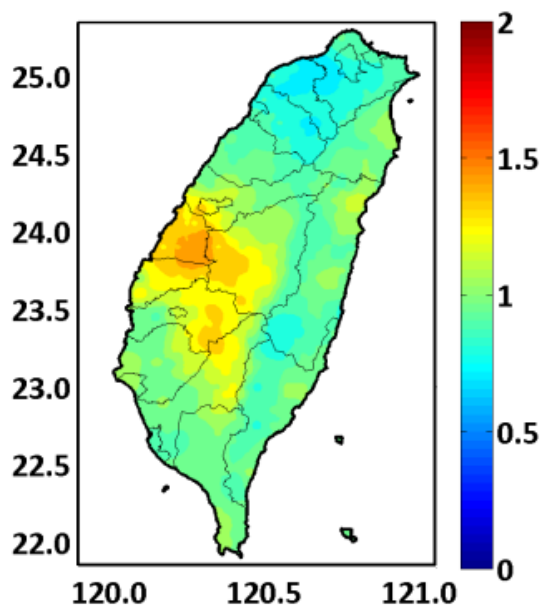
WRF-1979-2003-bc24hr--100-bootstrap-PT3.txt-Original



WRF-5km

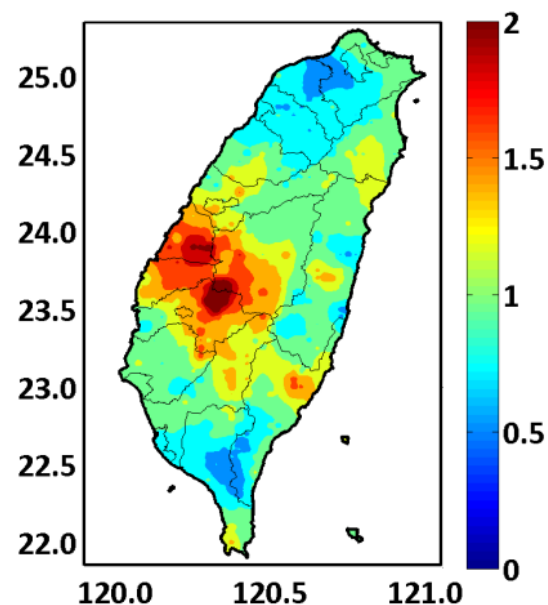
年最大日降雨平均值比值

new-WRF-NP-FP-mean-sd-24hr.txtN-Pmean



年最大日降雨百年降雨頻率比值

WRF-2075-2099-bc24hr-100-NP-bootstrap-PT3.txtN-P

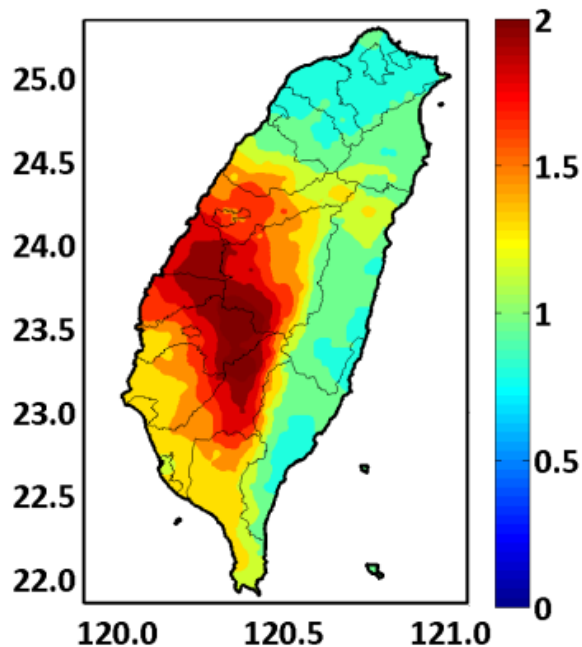


$$\frac{\text{近未來}}{\text{基期}} = \frac{2015 - 2039}{1979 - 2003}$$

WRF-5km

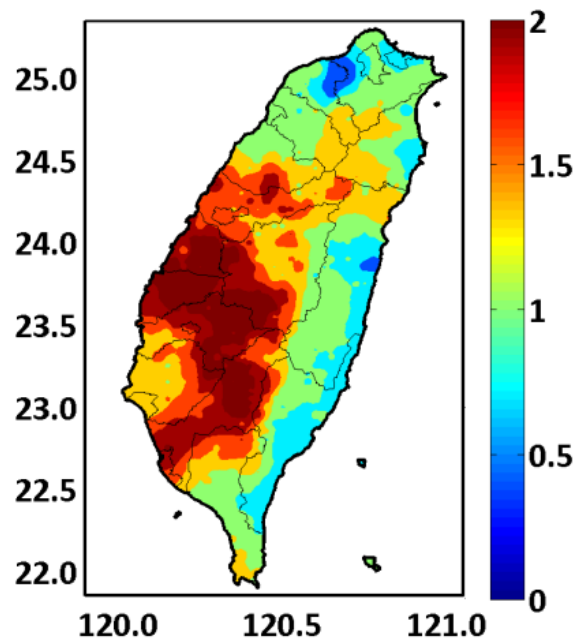
年最大日降雨平均值比值

new-WRF-NP-FP-bc-mean-sd-24hr.txtF-Pmean



年最大日降雨百年降雨頻率比值

WRF-2075-2099-bc24hr-100-FP-bootstrap-PT3.txtF-P



$$\frac{\text{世紀末}}{\text{基期}} = \frac{2075 - 2099}{1979 - 2003}$$

日本MRI動力降尺度資料

- 單一模式
- A1B氣候情境
- 空間解析度為20公里
- 時間解析度為1小時

WRF動力降尺度

- 空間解析度為5公里
- 時間解析度為1小時

資料使用注意事項

- 僅為單一模式模擬結果，其結果為單一模式、單一情境(A1B)下，對於未來可能降雨或氣溫狀態的描述。
- 經過兩次動力降尺度的過程，不建議僅採用單點(或單一網格)資料進行研究，應採用區域(如集水區)或多個網格資料進行分析，以保持氣候變遷資料之特性，減低降尺度後的不確性影響。

氣候變遷下極端降雨與水文應用分析

極端事件之災害損失評估
(以曾文溪為例)

災害風險地圖應用

曾文溪流域極端颱風降雨災害衝擊與風險評估範例說明



氣候變遷

以WRF網格資料(5km)挑選出曾文集水區未來前10名極端降雨量之颱風。

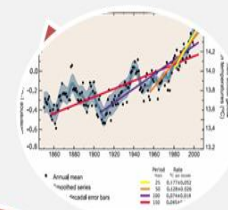
淹水模擬

由前10名極端降雨量為輸入，以SOBEK模式模擬曾文溪流域之淹水面積與水深。

災損評估

分析曾文溪流域於未來極端颱風降雨下之災害衝擊風險，進而提出有效之調適策略。

極端颱風事件推估



極端颱風事件
流量模擬之災
害衝擊分析

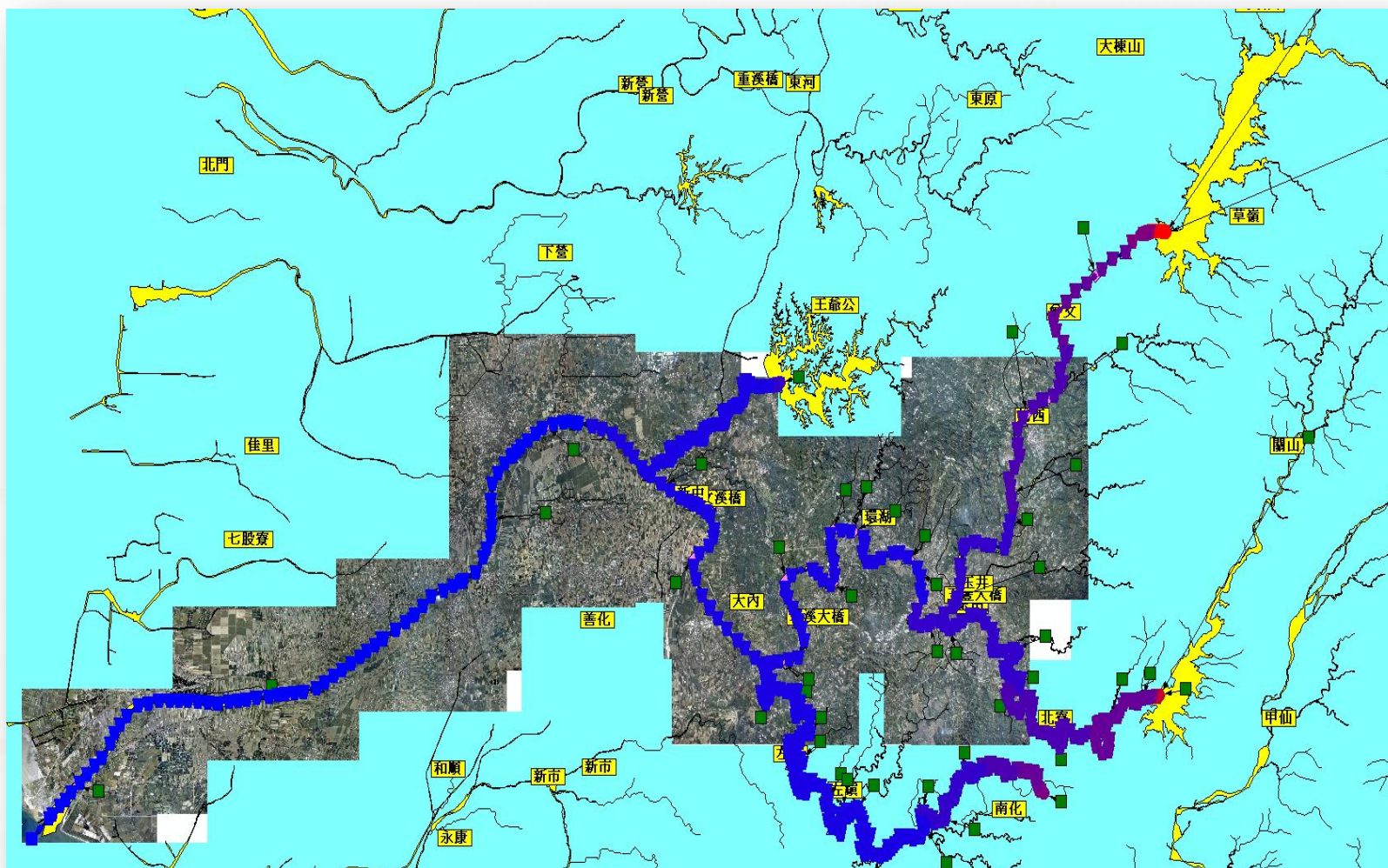


淹水模擬

災損評估



曾文溪模擬示範區



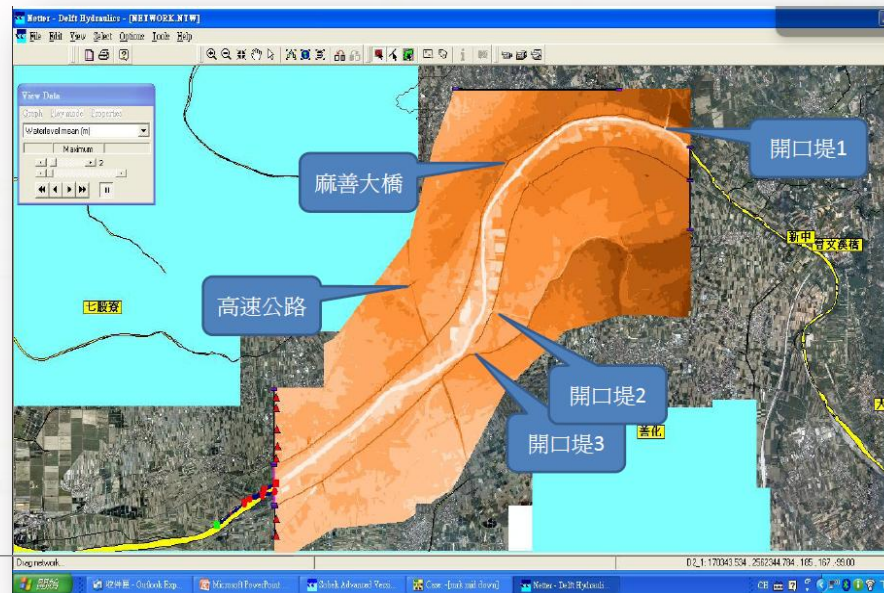
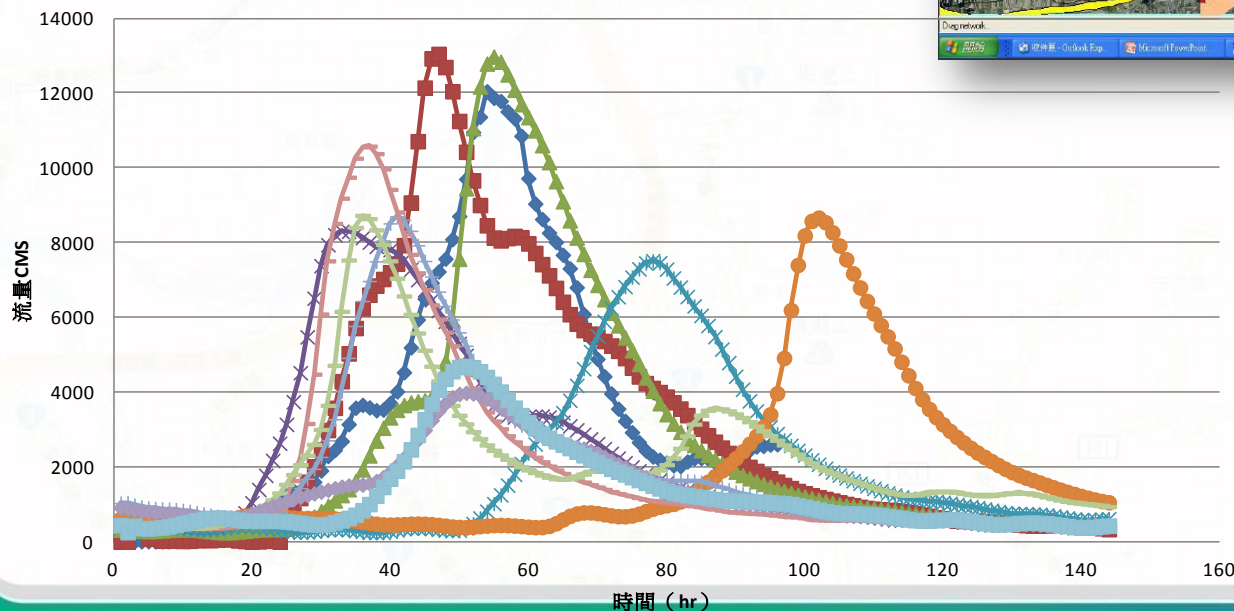
氣象資料

事件	平均總雨量(mm)	總延時(小時)	3 hr(mm)	6 hr(mm)	12hr(mm)	24hr(mm)	48hr(mm)	72hr(mm)
TOP1	1045	49	178	278	463	893	1045	1045
TOP2	844	67	164	299	461	651	838	844
TOP3	674	49	117	222	391	608	674	674
TOP4	629	103	86	161	301	535	625	629
TOP5	607	133	136	209	321	460	546	580
TOP6	517	49	133	226	377	513	517	517
TOP7	493	43	165	269	393	491	493	493
TOP8	483	37	126	222	335	458	483	483
TOP9	395	61	62	115	195	265	382	395
TOP10	385	67	86	151	250	330	368	385

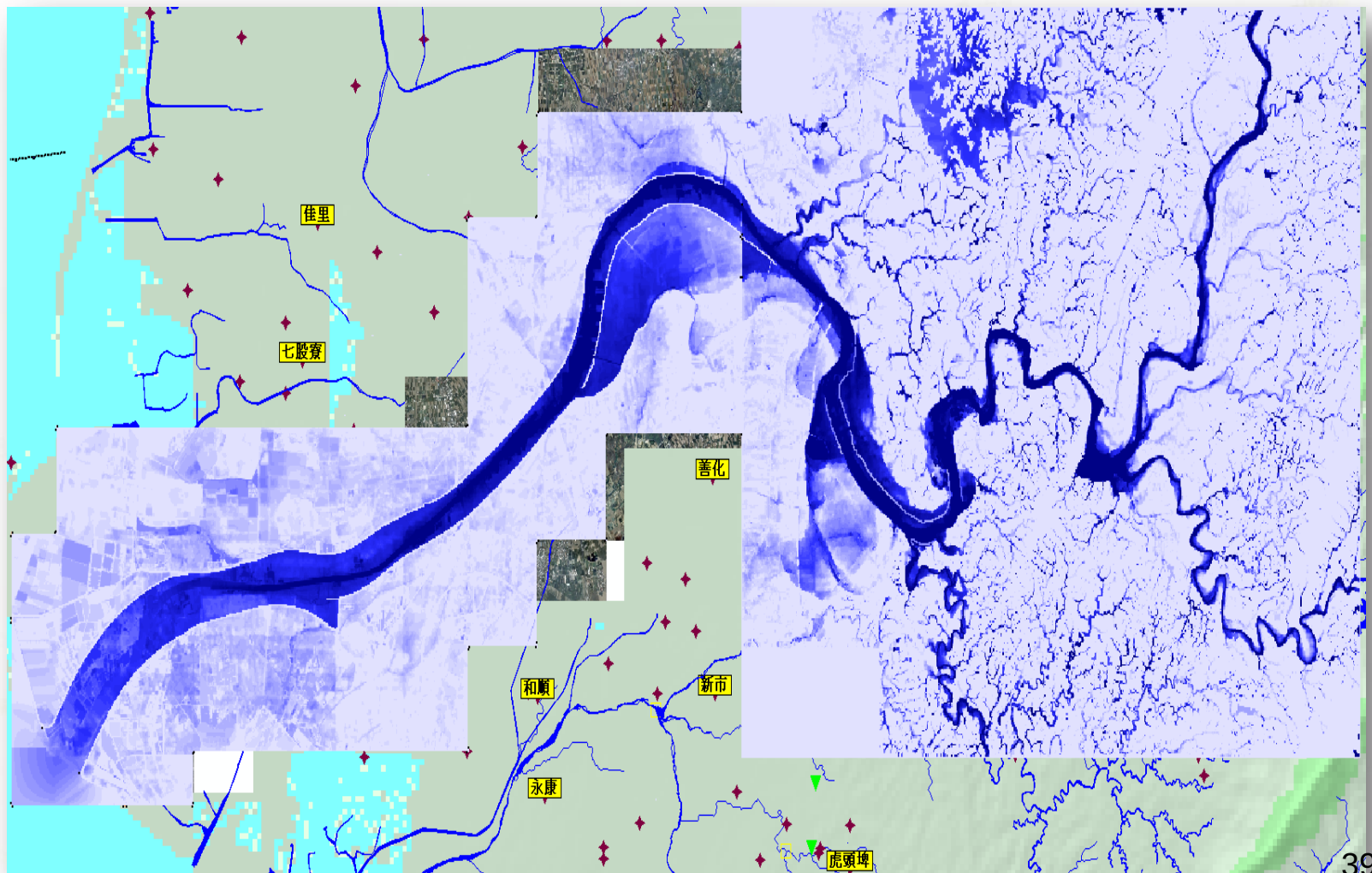
交大 Sobek 模擬

1. 二維數值模擬
2. 同時考慮內外水
3. 三處開口堤

流量歷線



淹水模擬結果(TOP1)



國土測繪中心之土地使用分類

土地使用分類	圖層代碼	圖層使用名稱	內容
05_建築用地	0501	商業	零售業、服務業
05_建築用地	0502	住宅	純住宅、兼工業使用、兼商業使用、兼其他使用
05_建築用地	0503	工業	製造業、倉儲
05_建築用地	0504	其他建築用地	宗教、殯葬設施、興建中、其他
06_公設用地	0601	政府機關	政府機關
06_公設用地	0602	學校	幼稚園、小學、中學、大專院校、特種學校
06_公設用地	0603	醫療保健	醫療保健
06_公設用地	0604	社會福利設施	社會福利設施
06_公設用地	0605	公用設施	氣象、電力、瓦斯、自來水、加油站
06_公設用地	0606	環保設施	環保設施
07_遊憩用地	0701	休閒設施	法定文化資產、一般文化資產、其他文化設施
07_遊憩用地	0702	休閒設施	公園綠地廣場、遊樂場所、體育場所。
01_農業用地	0101	農作	稻作、旱作、果樹、廢耕地
01_農業用地	0102	水產養殖	水產養殖
01_農業用地	0103	畜牧	畜舍、牧場
01_農業用地	0104	農業附帶設施	溫室、倉儲設施、農產品販售場、其他設施
02_林業用地	0201	天然林	針葉樹純林、闊葉樹純林、竹林、竹針闊葉混生林
02_林業用地	0202	人工林	針葉樹純林、闊葉樹純林、竹林、竹針闊葉混生林
02_林業用地	0203	其他森林使用	伐木跡地、苗圃、防火線、土壩
03_交通用地	0302	鐵路	一般鐵路、高速鐵路、鐵路相關設施
03_交通用地	0303	道路	國道、省道及快速道路、一般道路、道路相關設施
03_交通用地	0304	港口	商港、漁港、專門港、其他港口相關
04_水利用地	0401	河道	河川、減河、漚河、堤防
04_水利用地	0402	溝渠	溝渠
04_水利用地	0403	蓄水池	水庫、湖泊、其他蓄水池、人工湖
04_水利用地	0405	水利構造物	水閘門、抽水站、水庫壩、地下取水井、其他設施
04_水利用地	0406	防汛道路	防汛道路

共27類
土地利用

國家災害防救中心

災害損失分析查詢

個別災損分析

災害損失查詢

☒ 水災

☐ 坡地災害

災害損失批次分析

個別災損分析

淹水影響人數

淹水住宅損失

淹水農林漁牧損失

淹水建築損失分析

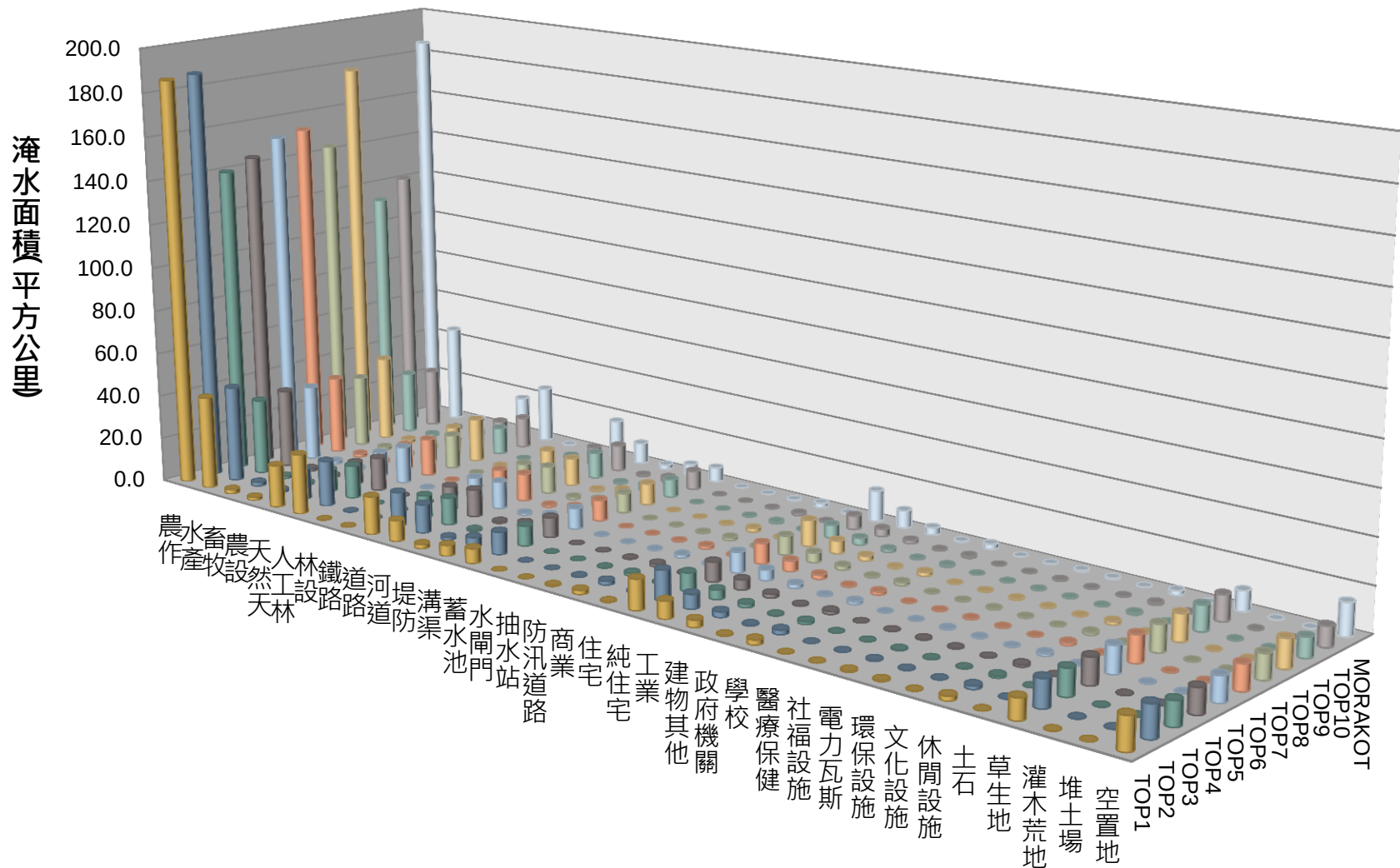
淹水工商損失分析

淹水其他損失

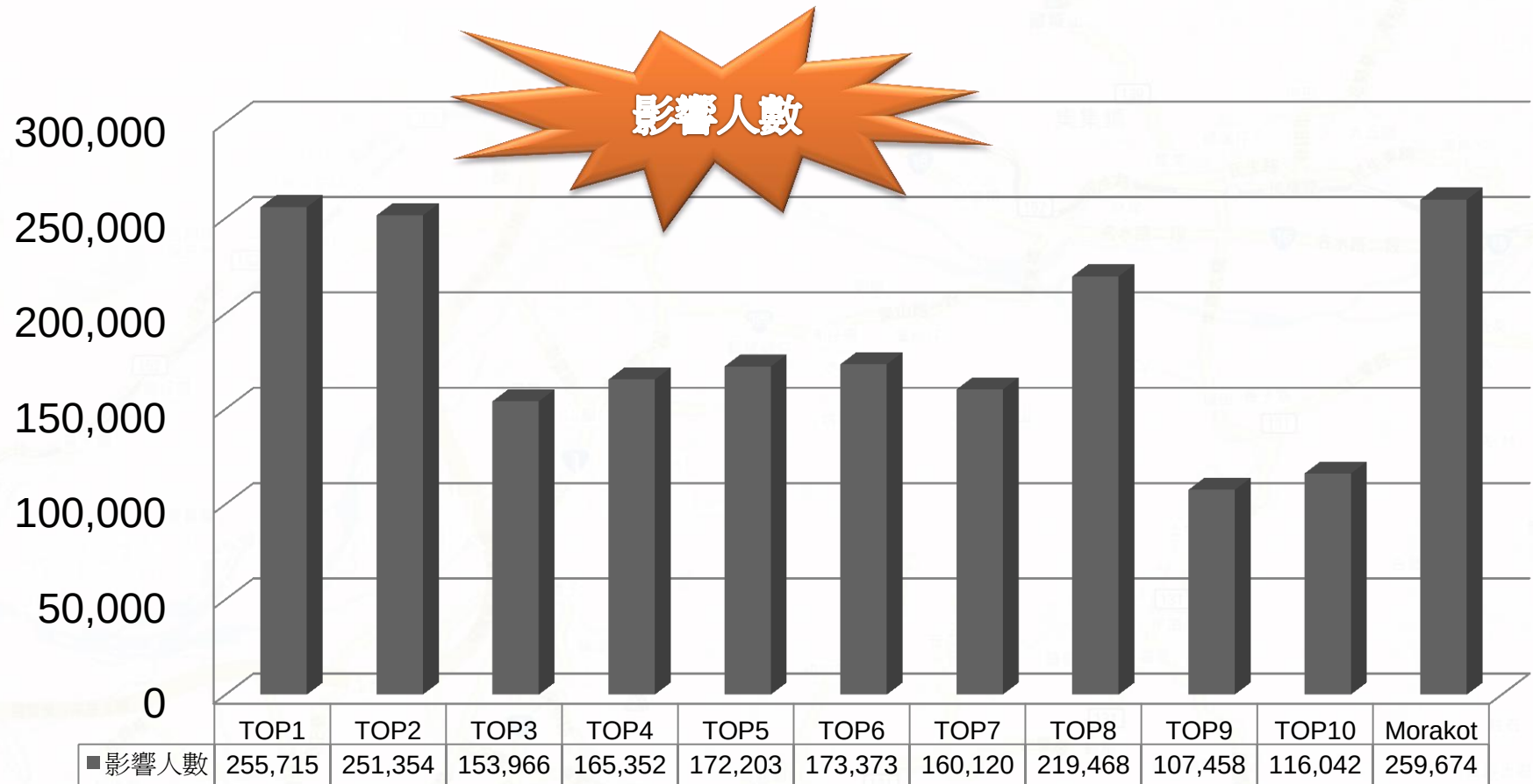
淹水土地損失

淹水總損失

重新整理

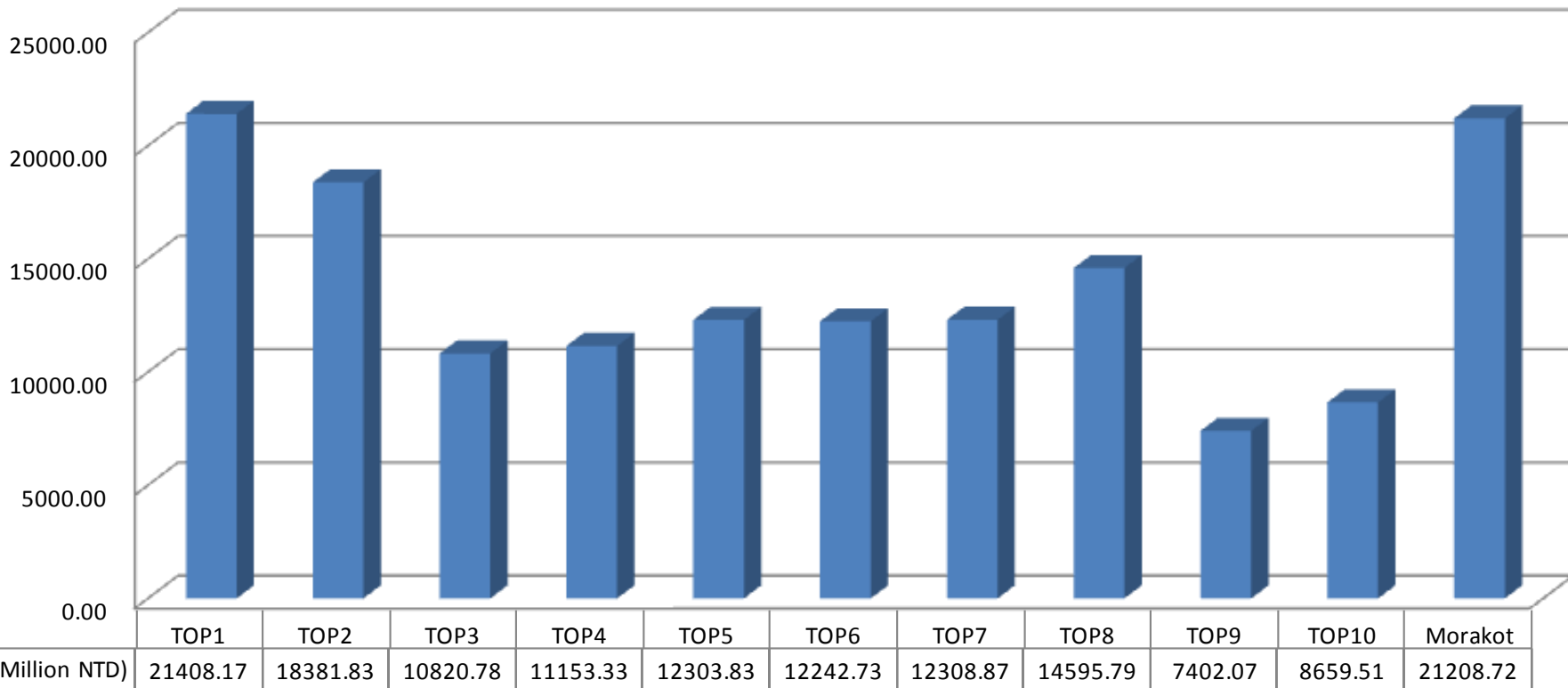


淹水受影響人數

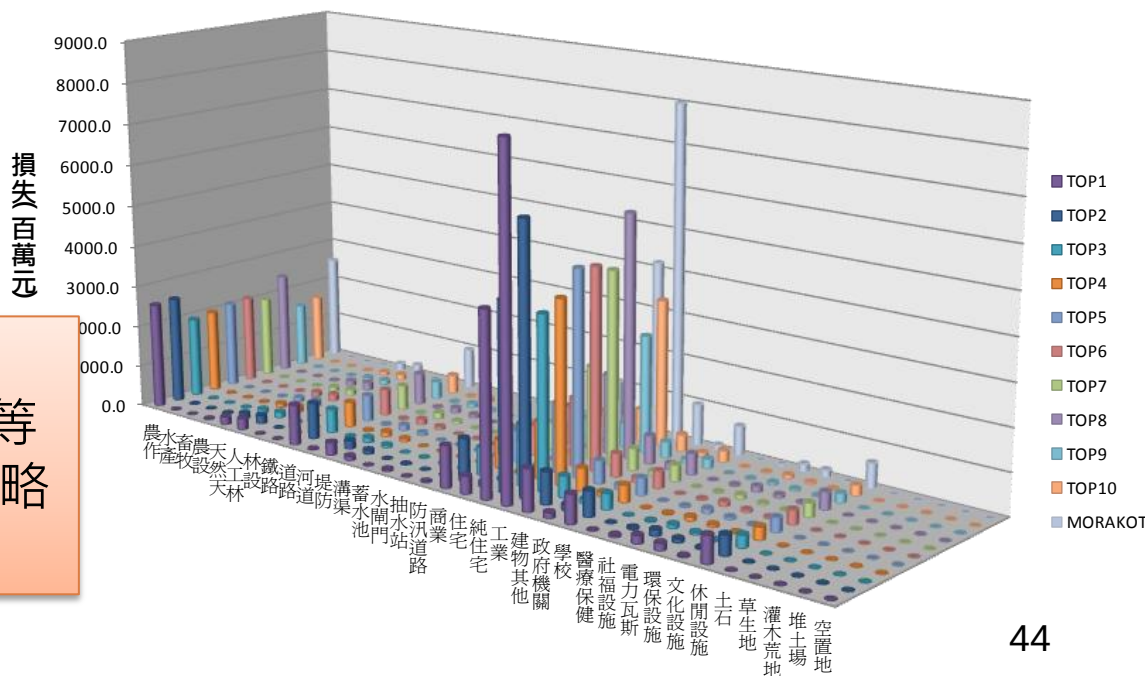


總損失(百萬元)

淹水總損失(百萬元)



氣候變遷下曾文溪極端事件衝擊下，利用NCDR洪災災損模式所推估之各土地利用之淹水面積與災害損失估計



44

調適策略

分區滯洪策略：降低洪峰流量

最大小時流量增量%	損失值(百萬元)	損失差值(百萬元)	損失變異度%
-20	13,468	-3,670	-21
-15	14,304	-2,833	-17
-10	15,193	-1,945	-11
-5	16,136	-1,002	-6
0	17,138	0	0
5	18,202		
10	19,332		
15	20,532		
20	21,807		
25	23,161		
30	24,600		



莫拉克最大小時流量 12048 立方米/秒

氣候變遷下極端降雨與水文應用分析

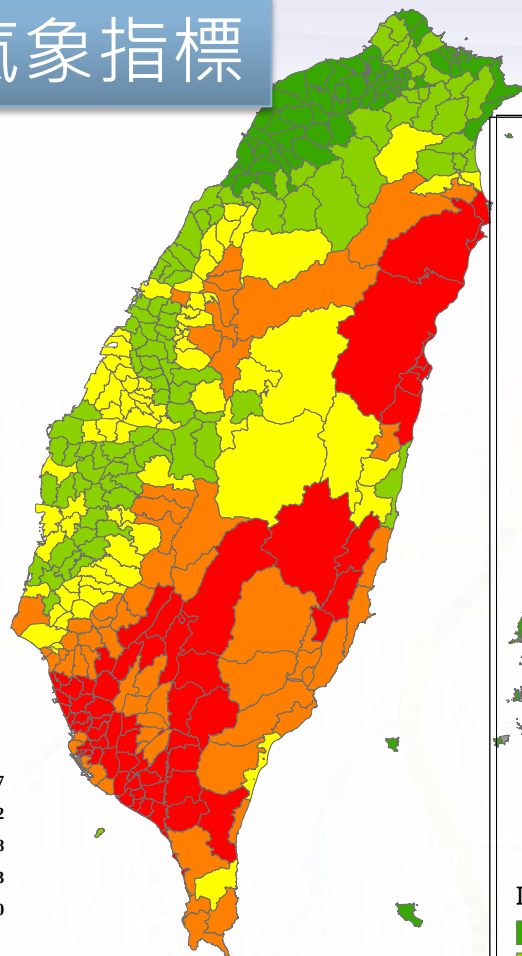
極端事件之災害損失評估

(以曾文溪為例)

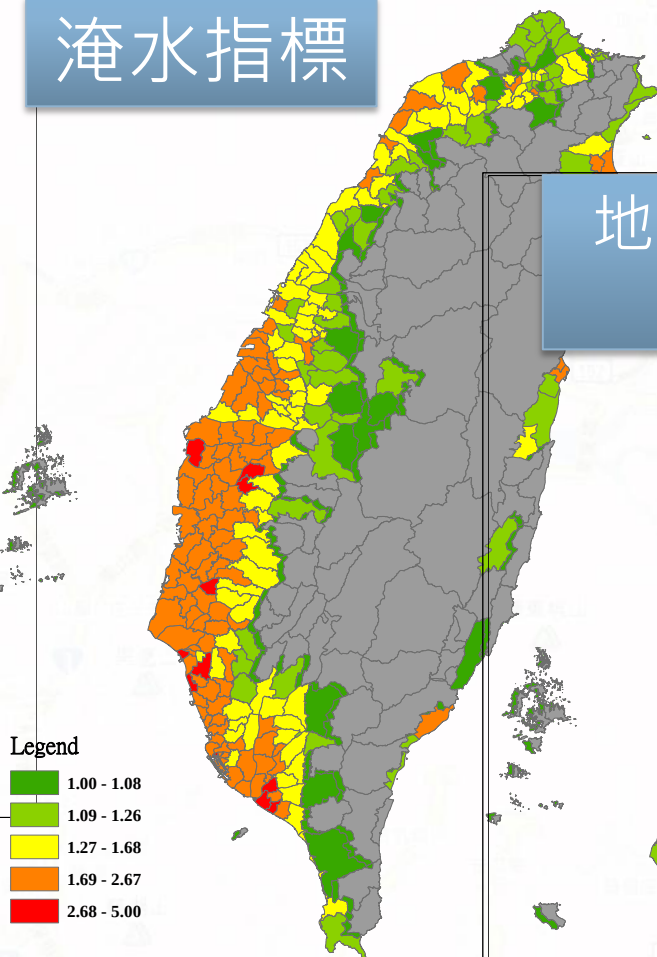
災害風險地圖應用

氣象指標

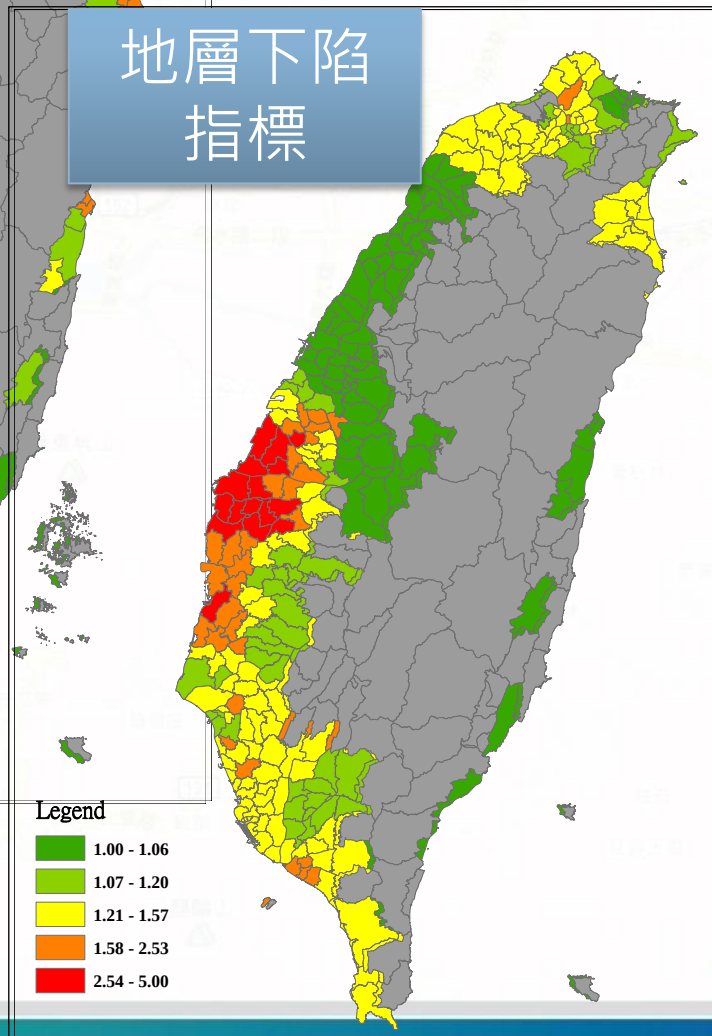
危害度地圖



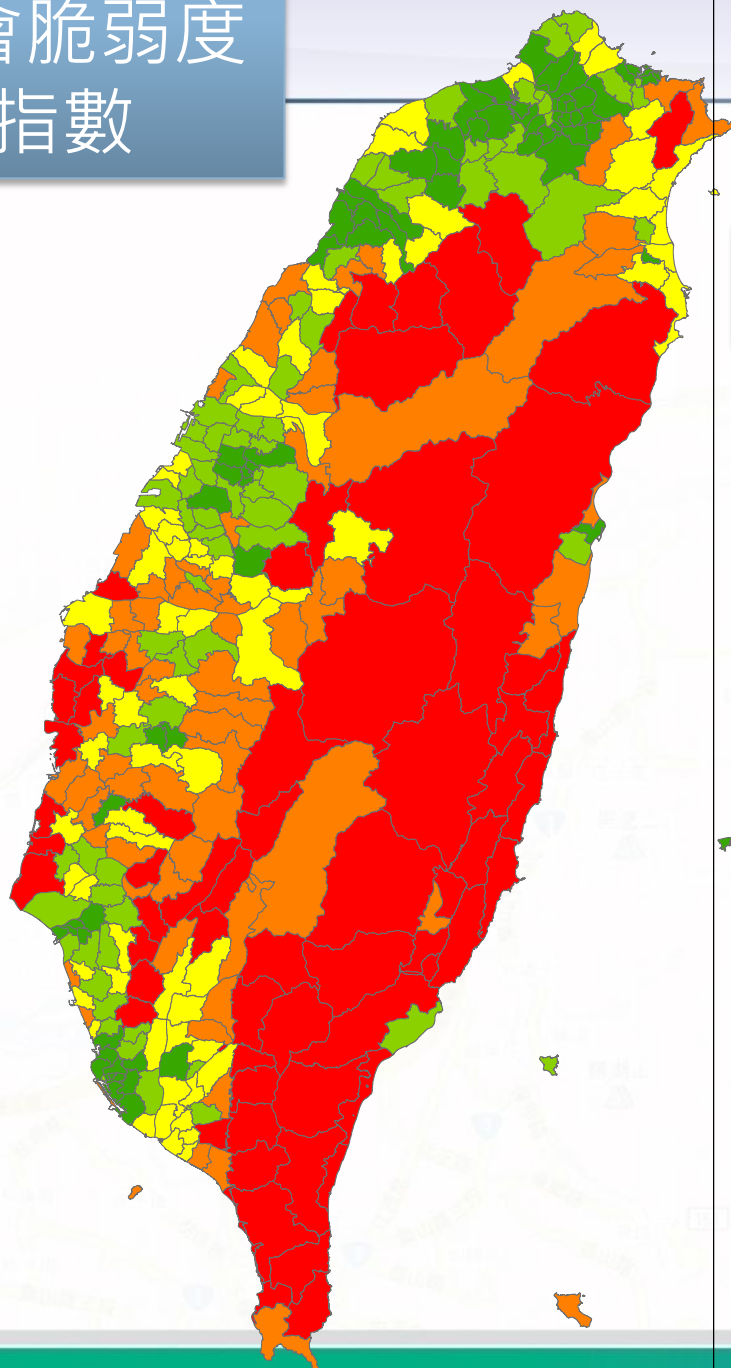
淹水指標



地層下陷 指標

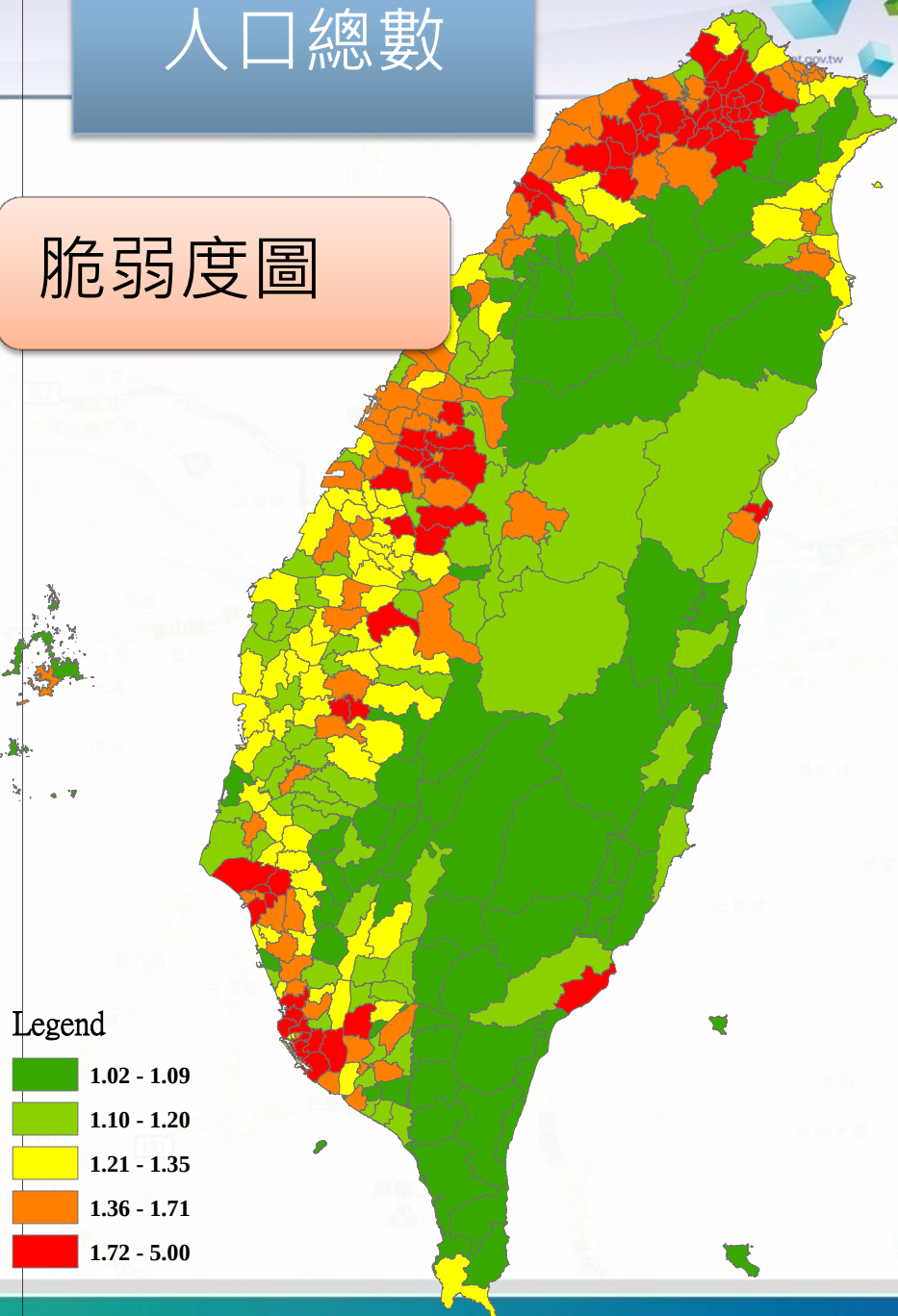


社會脆弱度 指數



人口總數

脆弱度圖



氣候淹水災害風險圖

Climate-Related Inundation Disaster Risk Map

地層下陷、
社會脆弱度高

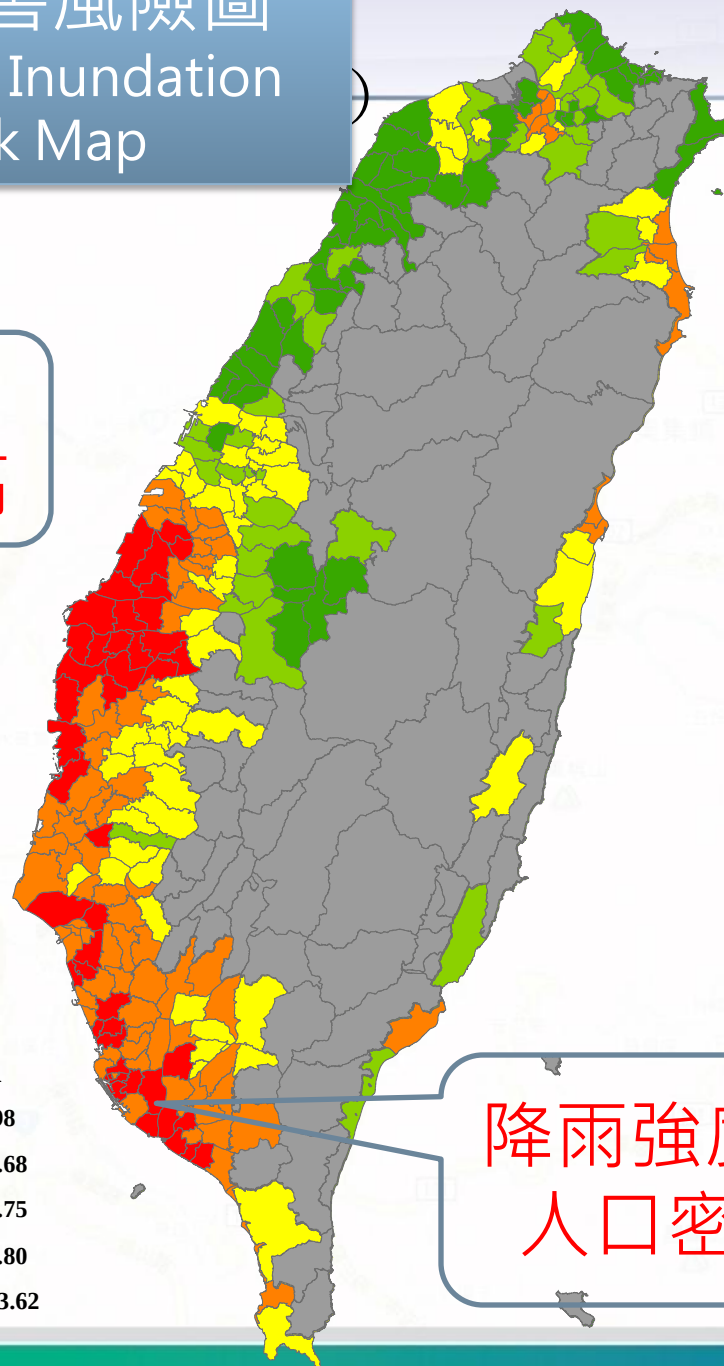
以社會脆弱度角度
而言，西南沿海地
區社會脆弱度高，
南部都會區人口密
度高 (Hot Spot)

Legend
town_lu
LYR_ALL_A

	3.91 - 15.98
	15.99 - 20.68
	20.69 - 32.75
	32.76 - 63.80
	63.81 - 143.62

Geometrical

降雨強度強、
人口密度高



氣候淹水風險因子分析

	氣象	淹水	地層下陷	社會脆弱	總人口
彰雲嘉沿海地區 (颱風梅雨)	+	++ 防洪設施	++ 地層下陷防治	++ 社會保險制度	-
高雄台南都會區 (凡娜比)	++ 早期預警	+	-	-	++
高屏沿海區(莫拉克)	++ 早期預警	++ 防洪設施	++ 地層下陷防治	++ 社會保險與制度	-

不同高風險區域需考量不同之調適策略

- 早期預警、防洪設施、地層下陷防治、社會保險與福利制度、空間發展策略...等

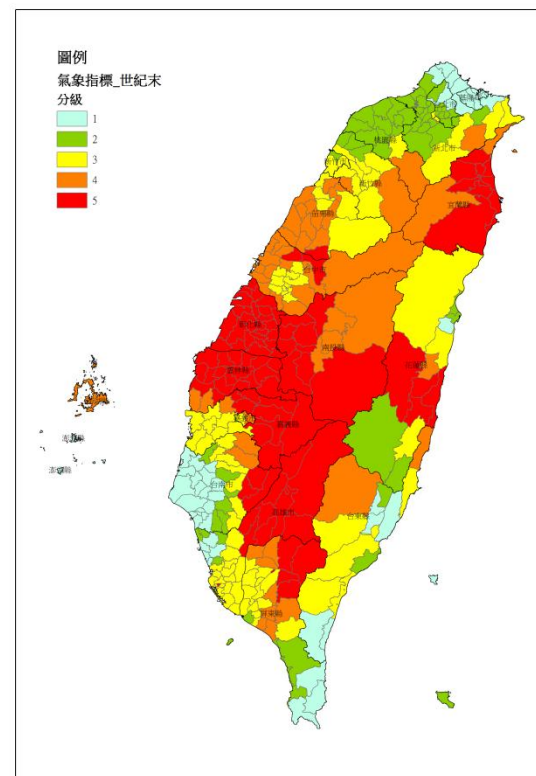
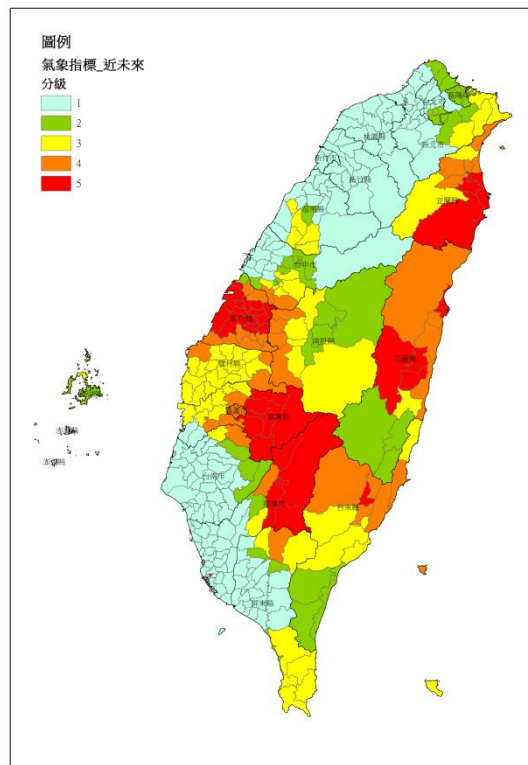
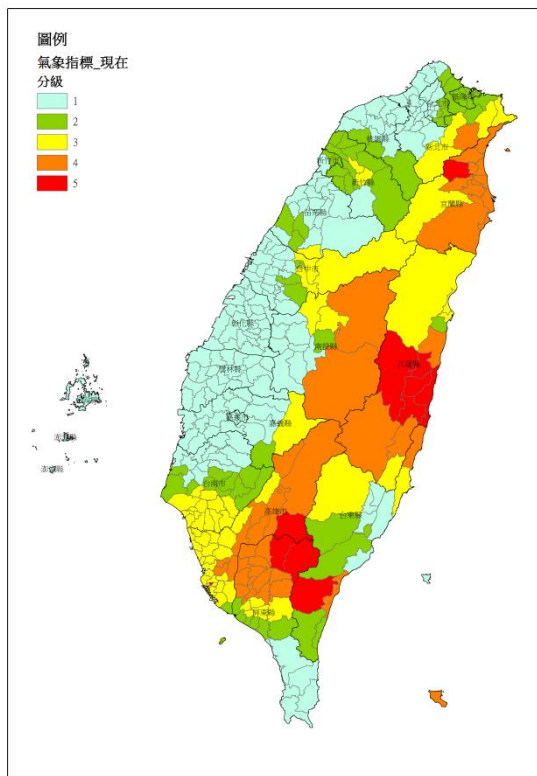
氣象指標

(日雨量600mm頻率年)

現在

近未來

世紀末



現在

近未來

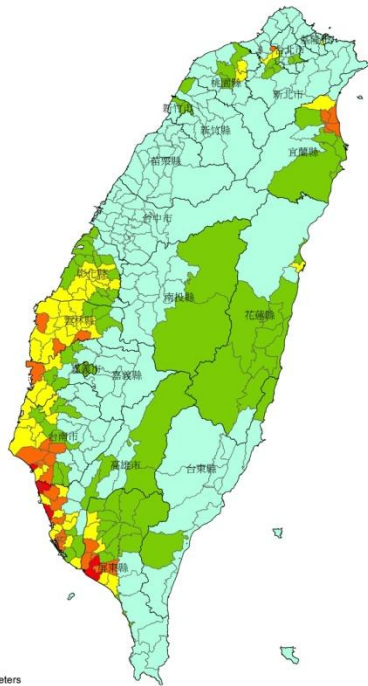
世紀末

圖例

縣市界線

淹水風險圖-現在(P)

分級



0 5 10 20 30 40 Kilometers

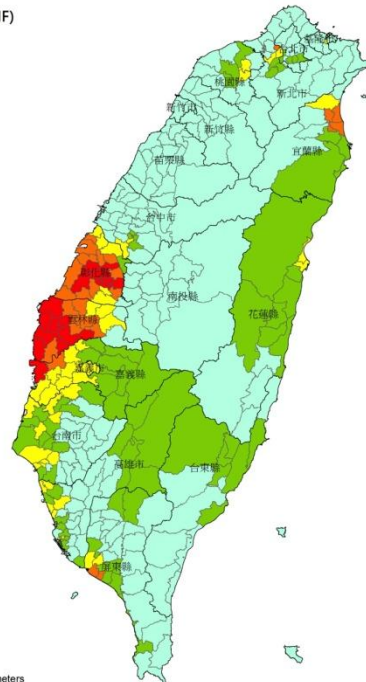


圖例

縣市界線

淹水風險圖-近未來(NF)

分級



0 5 10 20 30 40 Kilometers

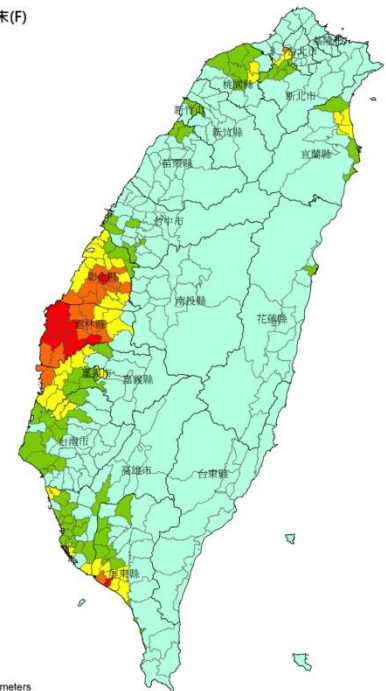


圖例

縣市界線

淹水風險圖-世紀末(F)

分級



0 5 10 20 30 40 Kilometers



報告完畢