

氣候變遷科學報告暨資料使用座談會

臺南市氣候變遷調適 水資源領域行動計畫

報告人：李皓志

成功大學水科技中心水規劃管理組組長

中華民國一〇七年三月三十日星期五

計畫緣起與目的

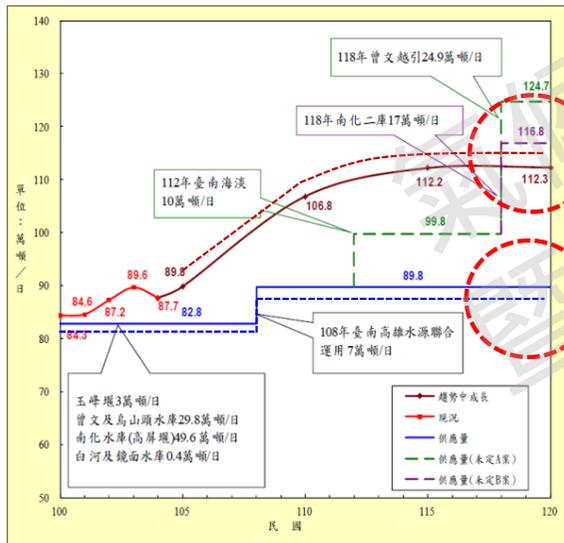
- 使調適作為由中央深化至地方
 - 依據行政院經濟建設委員訂定之「**國家氣候變遷調適政策綱領**」
- 臺南市103年度第一期計畫選定「**災害、水資源領域**」為優先調適領域
 - 八項重要調適領域：災害、維生基礎設施、水資源、土地使用、海岸、能源供給及產業、農業生產及生物多樣性、健康
- 計畫目的：針對**優先調適領域之高風險地區**，研提**調適行動計畫**



水資源領域分析概念程序

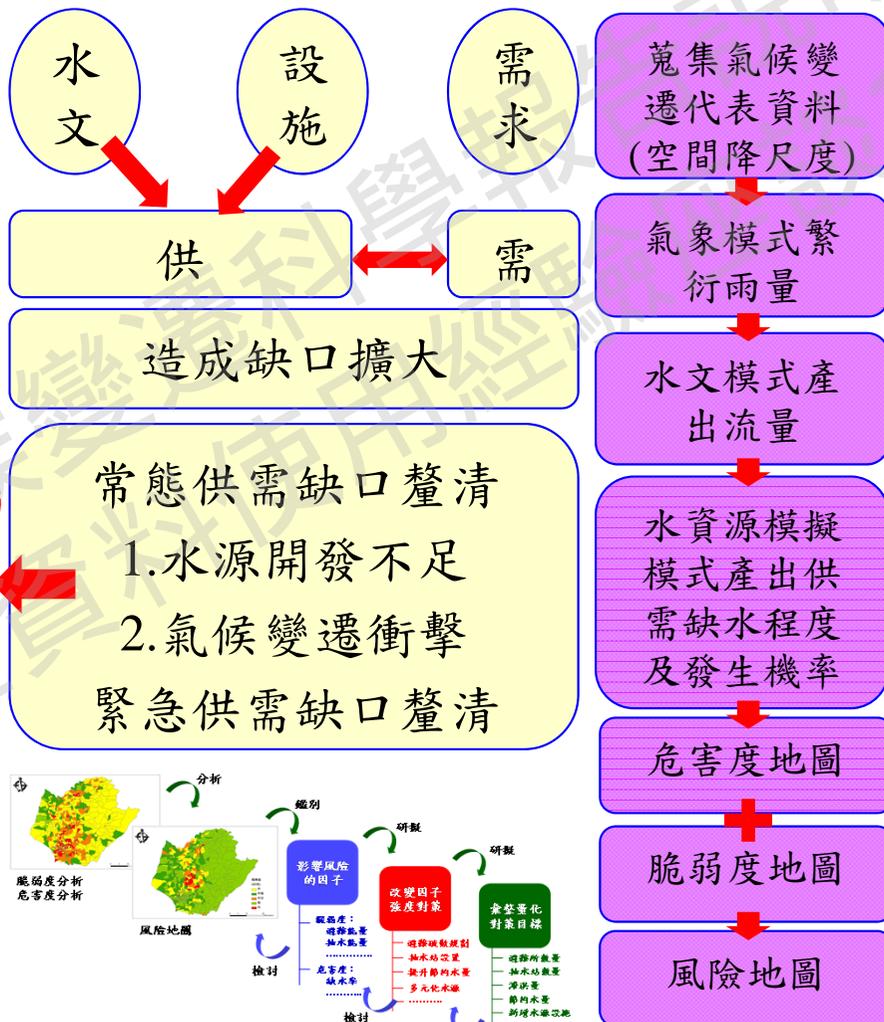
供需釐清

1. 現況供需?
2. 目標年供需釐清?
3. 經理基本計畫維持供需平衡之規劃



臺灣南部區域水資源經理基本計畫 (核定版), 2017

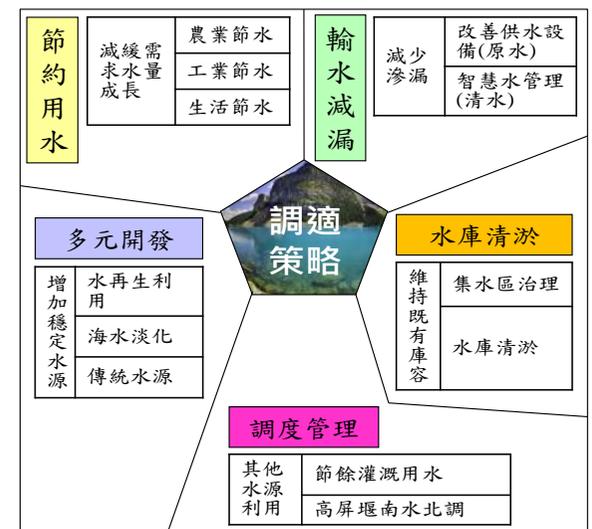
氣候變遷衝擊



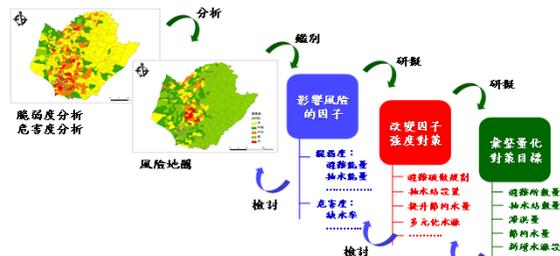
調適行動計畫

擬定調適目標預期績效

依照衝擊之風險地圖
擬定各標的調適策略



綜合台南市施政計畫
擬定調適行動計畫



壹、臺南地區水資源供需情勢



曾文溪



後堀溪+旗山溪



曾文
烏山頭水庫
玉峰堰



南化
水庫

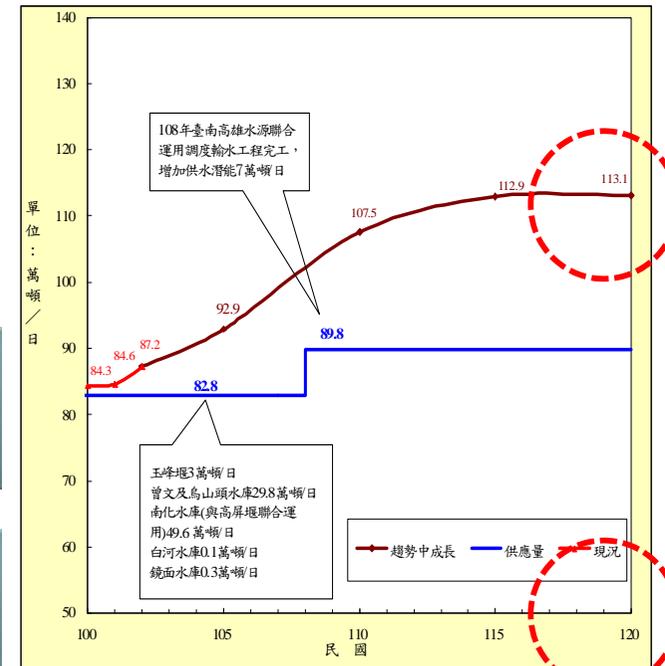
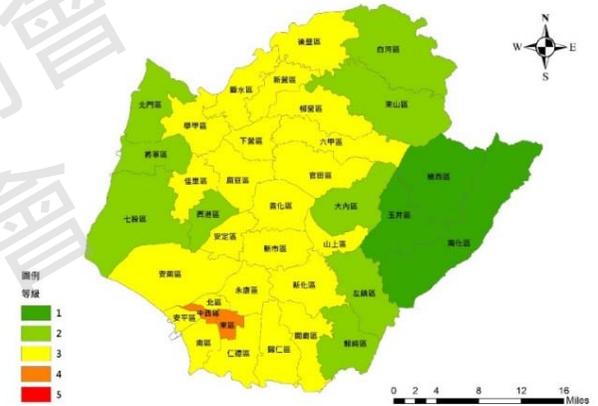
37萬噸(43%)

50萬噸(57%)

現況民生及產業用水 **87萬噸 / 天**

未來民生及產業用水 **113萬噸 / 天**

民國120年

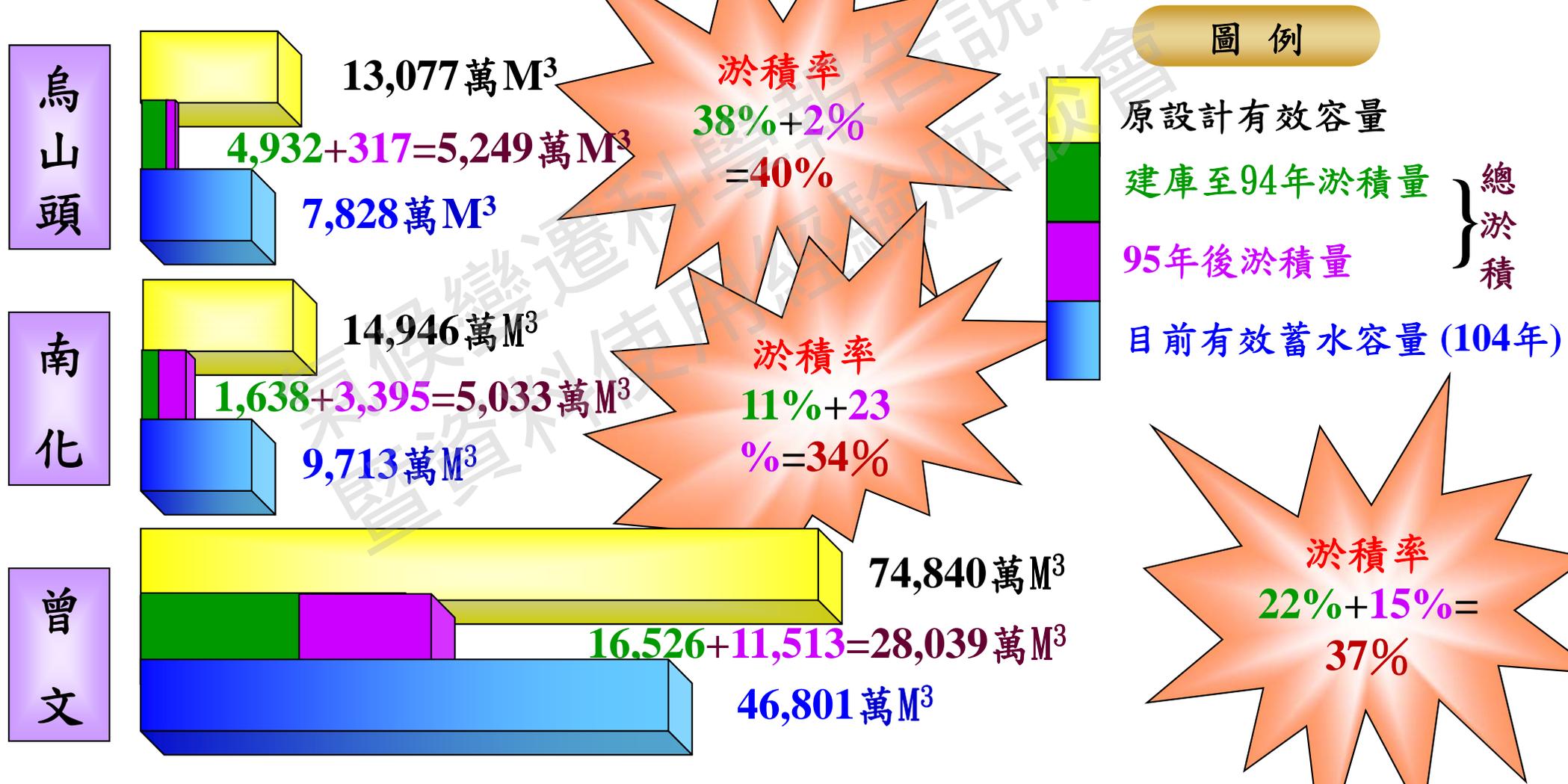


南區基本經理計畫第一次滾動檢討, 2016

貳、氣候變遷對臺南地區水資源衝擊

1. 主要水庫淤積嚴重

- 主要水庫淤積嚴重，影響供水穩定



貳、氣候變遷對臺南地區水資源衝擊

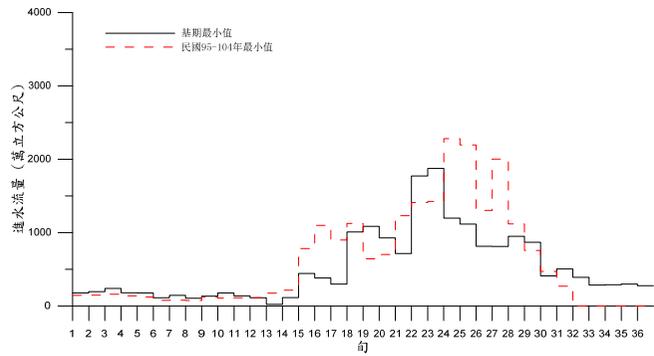
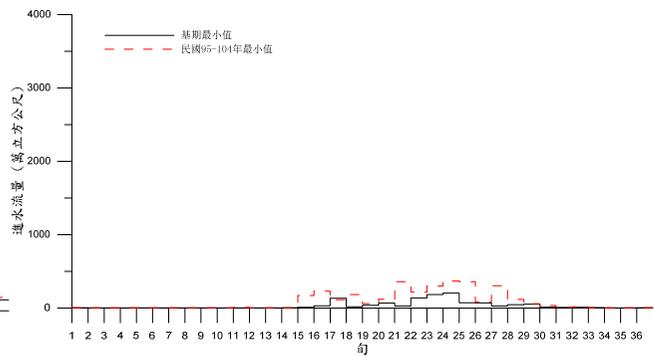
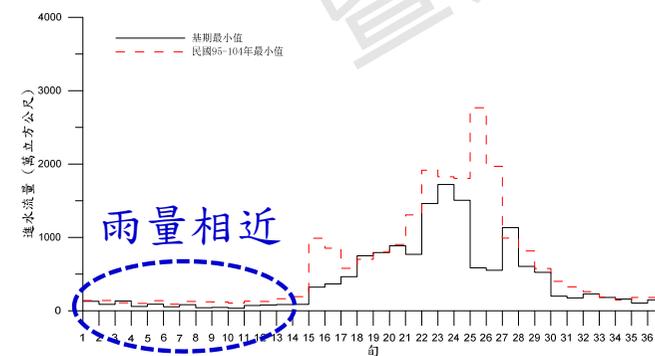
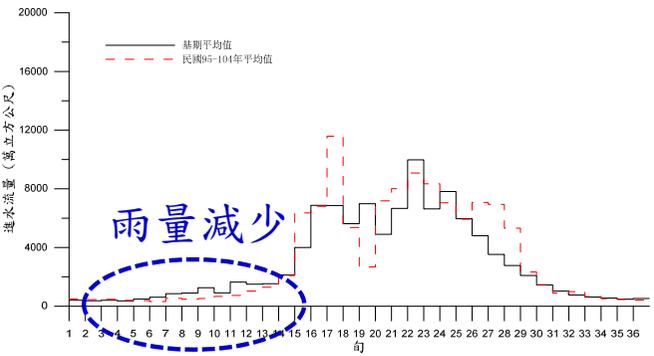
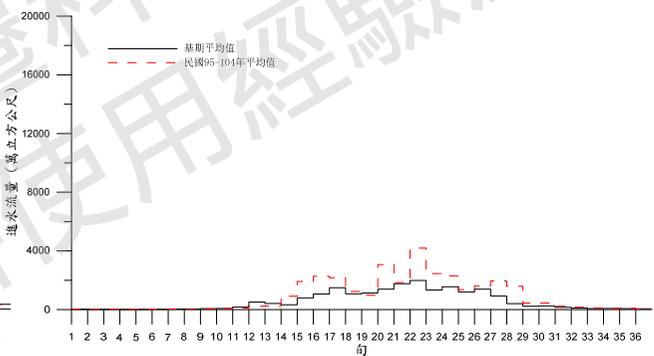
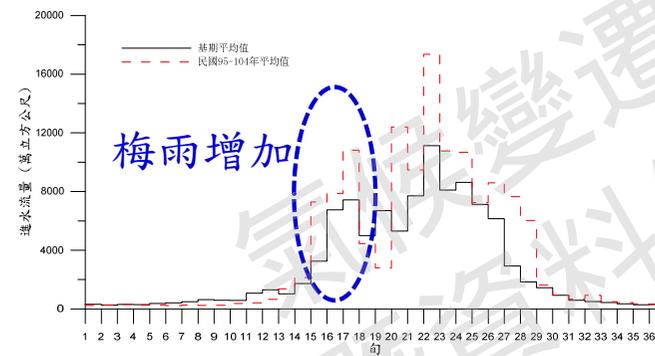
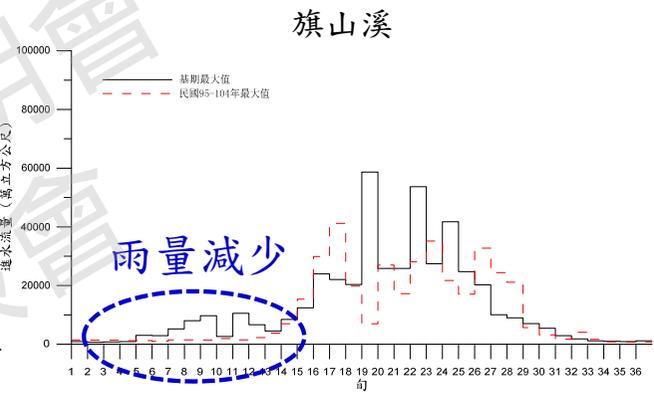
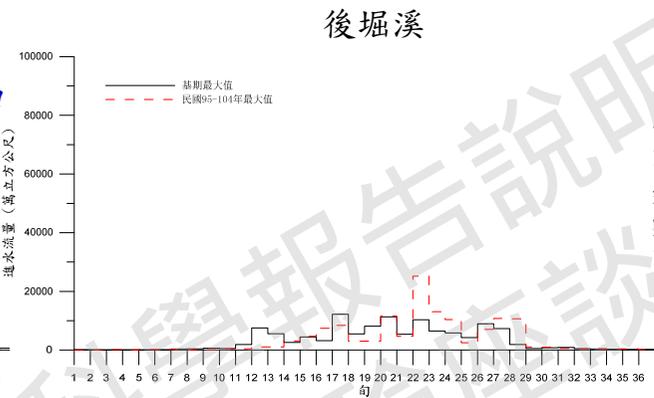
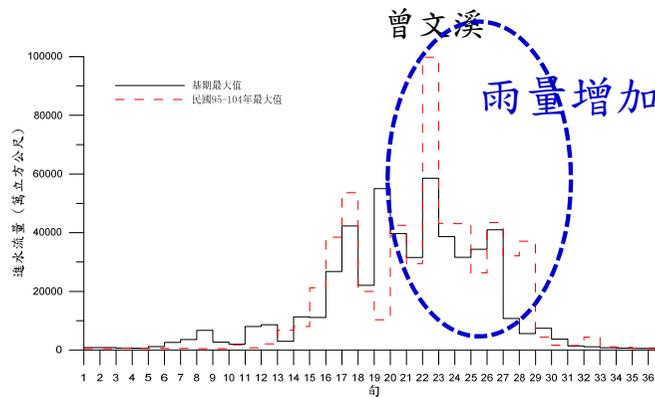
2. 豐枯進水流量差量加劇

基期與基期後十年進水流量比較

最大值

平均值

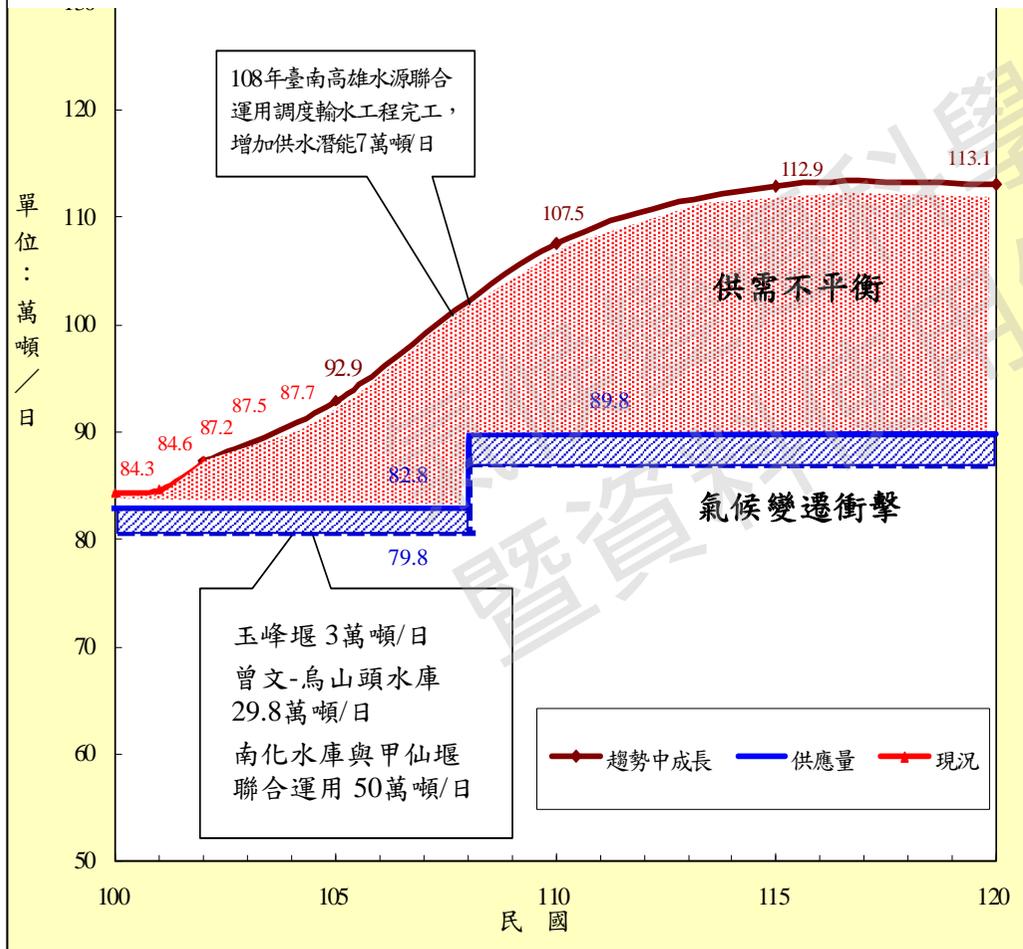
最小值



貳、氣候變遷對臺南地區水資源衝擊

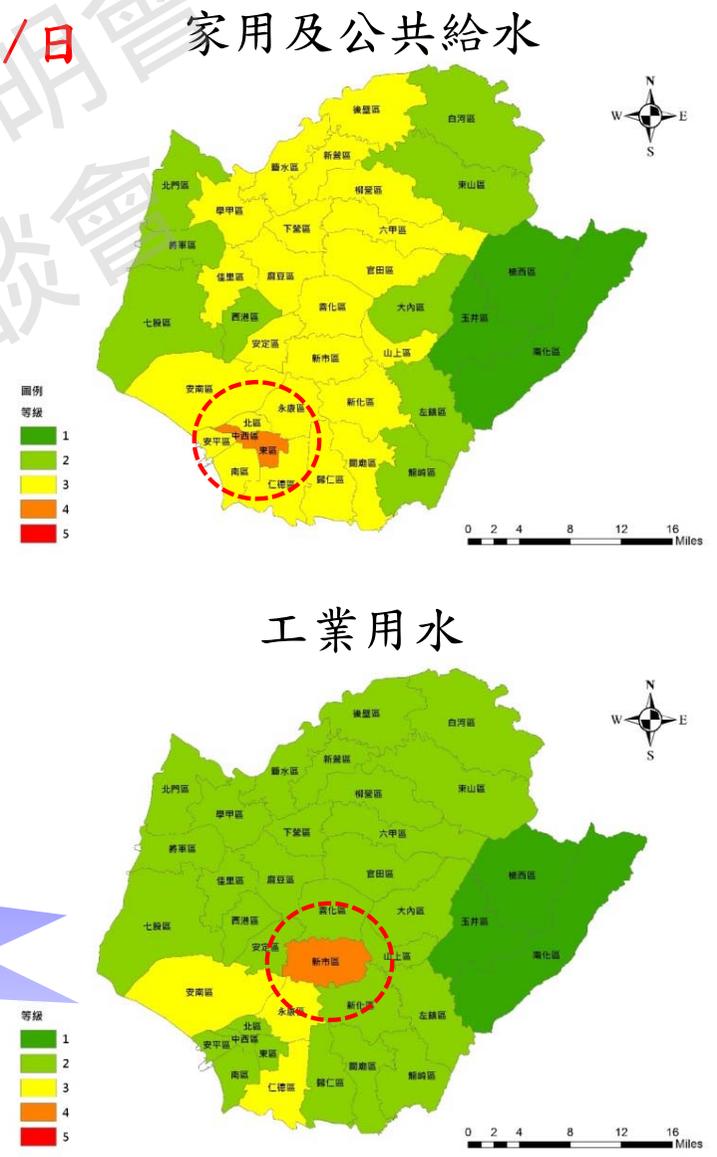
3. 系統供水能力下降

民國120年衝擊：缺水率增加2~4%，供水能力下降3萬噸/日
家用及公共給水高風險區：東區與中西區
工業用水高風險區：新市、永康、仁德、安南區

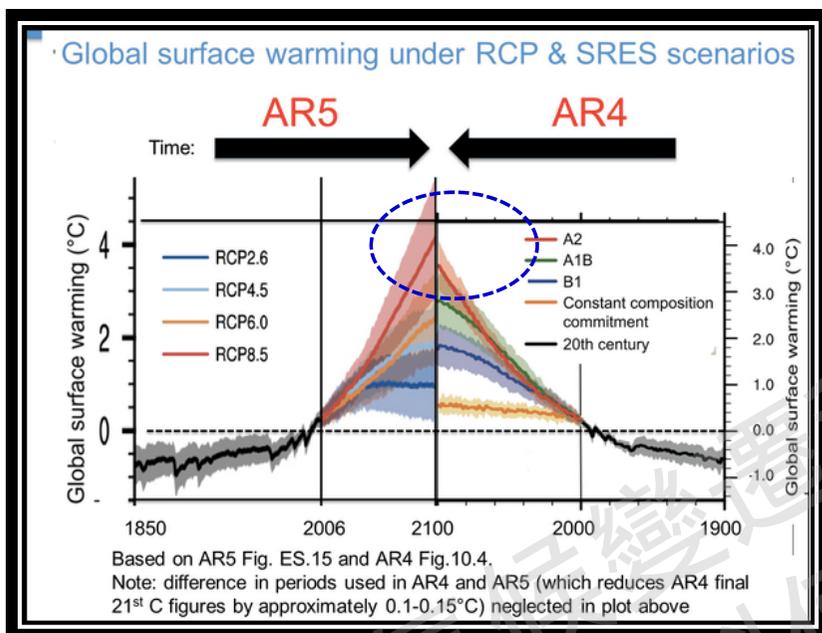


供水能力
83萬噸/日
↓
受氣候變遷衝擊
降低3萬噸/日
供水能力降為
80萬噸/日
↓
民國120年需求
113萬噸/日

供需缺口
33萬噸/日
(含氣候變遷影響)



(1). 氣候變遷情境與資料蒐集



氣候變遷 情境比較	IPCC AR4 (2007)	IPCC AR5 (2013)
基期	1980~1999	1986~2005
近未來	2020~2039	2021~2040
情境	B1(21) 少 2°C A1B(24) 增 3°C A2(19) 多 4°C	RCP2.6(26) 少 421 ppm RCP4.5(38) 濃度 538 ppm RCP6.0(21) 路徑 670 ppm RCP8.5(41) 多 936 ppm
()內為該情境 GCM模式數量		

GCM模式挑選原則：參照歷史資料挑選氣候特性與台灣各區相近者

Rank	1	2	3	4	5
西北部	HadGEM2-AO	CCSM4	CSIRO-Mk3.6.0	NorESM1-ME	MIROC5
東部	CESM1-CAM5	GISS-E2-R	CCSM4	bcc-csm1.1	CSIRO-Mk3.6.0
恆春半島	MIROC5	GISS-E2-R	CCSM4	CSIRO-Mk3.6.0	HadGEM2-AO
南部	HadGEM2-AO	MIROC5	bcc-csm1.1(m)	CCSM4	CESM1-CAM5
北部山區	bcc-csm1.1	CESM1-CAM5	NorESM1-ME	HadGEM2-AO	MRI-CGCM3
中部山區	MIROC5	CCSM4	HadGEM2-AO	CESM1-CAM5	MRI-CGCM3
西部離島	HadGEM2-AO	MIROC5	CESM1-CAM5	bcc-csm1.1(m)	CCSM4
台灣	HadGEM2-AO	CESM1-CAM5	CCSM4	MIROC5	GISS-E2-R

資料來源：氣候變遷水資源風險評估與調適決策之探討，中國土木水利工程學會會刊，2015

領域	參數	資料時段	情境
水資源	平均溫度改變量	2021~2040	RCP 2.6
	平均雨量改變率(月)	2041~2060	RCP 4.5
		2061~2080	RCP 6.0
		2081~2100	RCP 8.5

(2). 建立日雨量繁衍模式產出具氣候變遷特性之雨量資料

- 建置分析範圍各流域各月份日雨量繁衍模式

- 考慮兩流域雨量資料之空間相關性
- 考慮各月份雨量資料之時間相關性

日雨量繁衍模式

- 修正Richardson-type繁衍模式

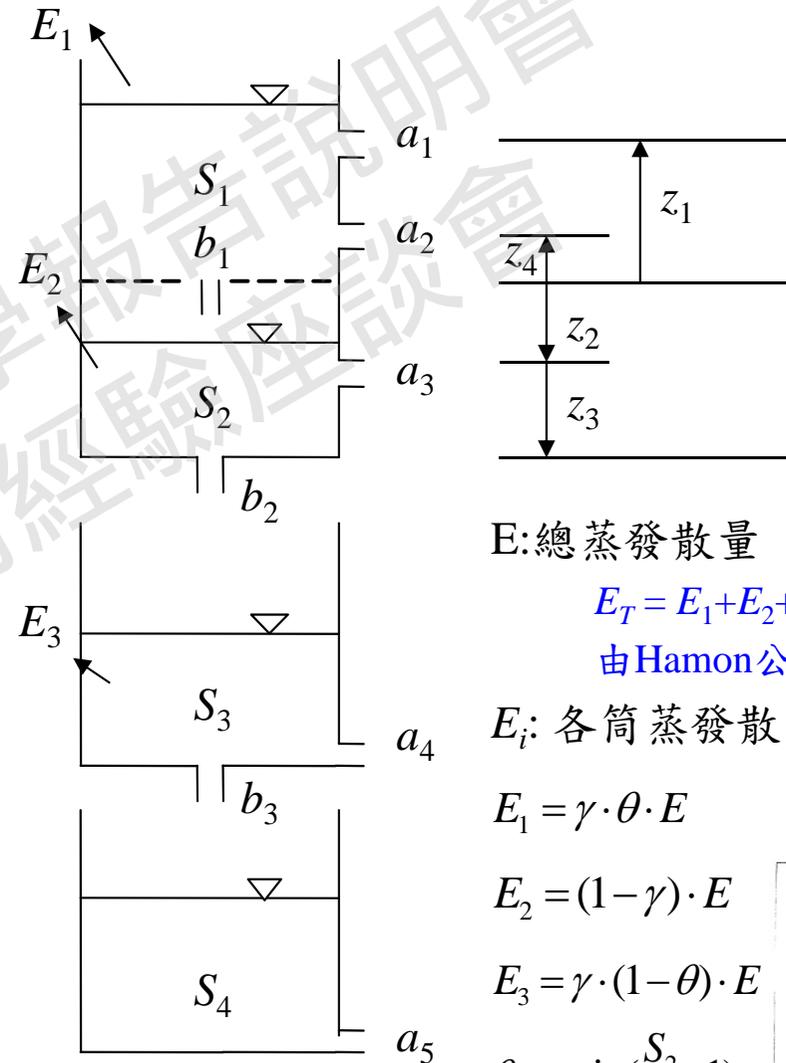
- 同時繁衍具空間相關性之雨量序列
- 利用乾濕日移轉機率模擬降雨與否
 - 雙變量馬可夫鏈
- 利用機率分布決定降雨日之雨量
 - 套配指數分布
 - Monte Carlo法模擬降雨量

移轉機率矩陣(一階、雙變量、四狀態)

前一日 降雨狀態 \ 後一日 降雨狀態	(1, 1)	(1, 0)	(0, 1)	(0, 0)
(1, 1)	P_{11-11}	P_{11-10}	P_{11-01}	P_{11-00}
(1, 0)	P_{10-11}	P_{10-10}	P_{10-01}	P_{10-00}
(0, 1)	P_{01-11}	P_{01-10}	P_{01-01}	P_{01-00}
(0, 0)	P_{00-11}	P_{00-10}	P_{00-01}	P_{00-00}

(3).以連續型之日雨量-日逕流量水文模式 產出具氣候變遷特性之流量資料

- 採用修正型水筒模式
 - 周乃昉(1999)修正角屋睦(1988)
- 輸入參數
 - 降雨量、溫度
- 計算要項
 - 集水區蒸發量、集流點流出水量
- 以近年水文紀錄對水源控制點建置連續型水文模式
 - 考慮土地利用影響
- 檢定代表參數
 - 檢定方法：非線性優選法 BOBYQA
 - 目標函數
 - 最小化觀測流量與模擬流量之誤差平方和



E: 總蒸發散量

$$E_T = E_1 + E_2 + E_3$$

由Hamon公式估算

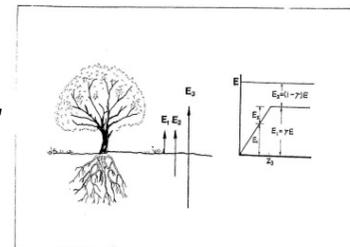
E_i : 各筒蒸發散量

$$E_1 = \gamma \cdot \theta \cdot E$$

$$E_2 = (1 - \gamma) \cdot E$$

$$E_3 = \gamma \cdot (1 - \theta) \cdot E$$

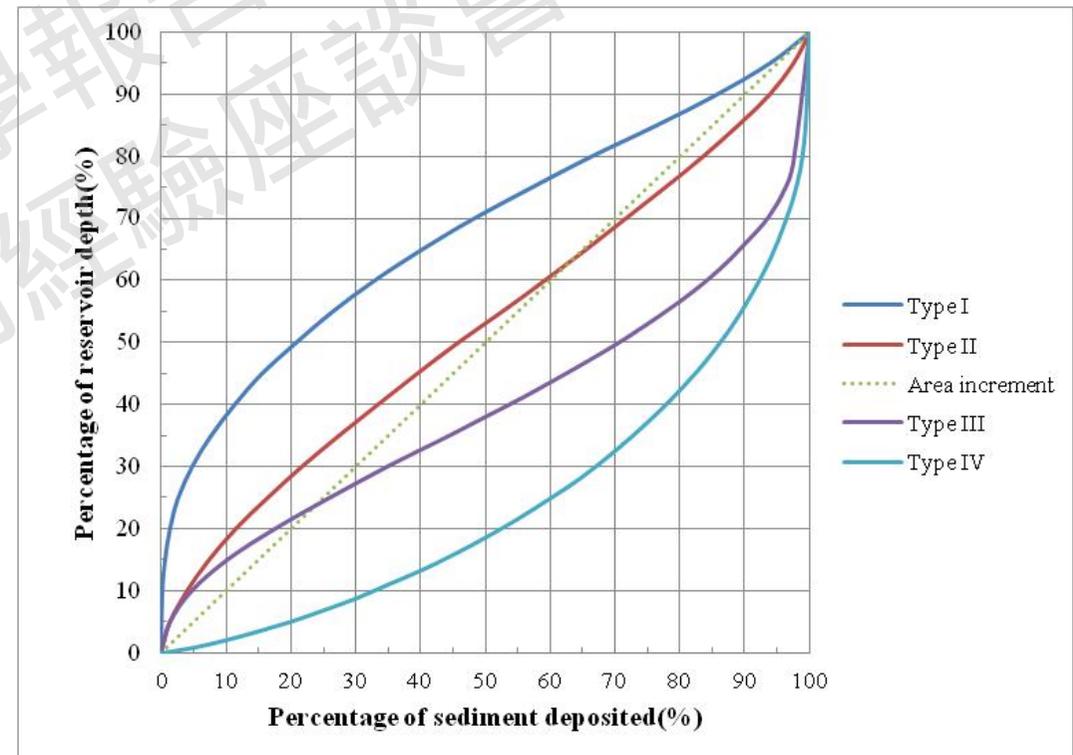
$$\theta = \min\left(\frac{S_2}{z_3}, 1\right)$$



(4). 檢討氣候變遷衝擊下之水庫庫容檢討

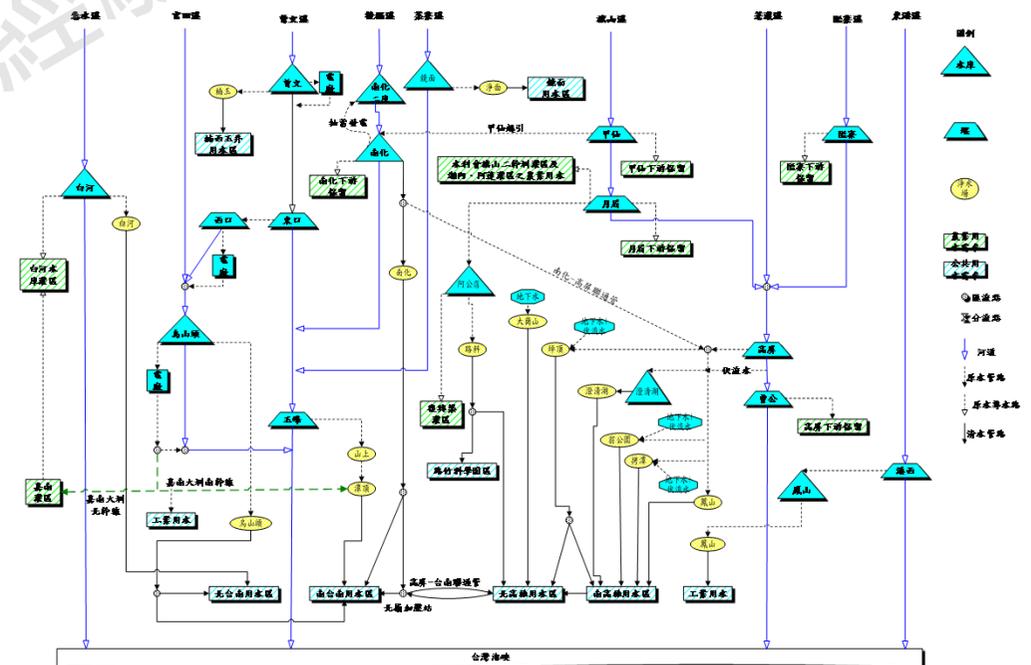
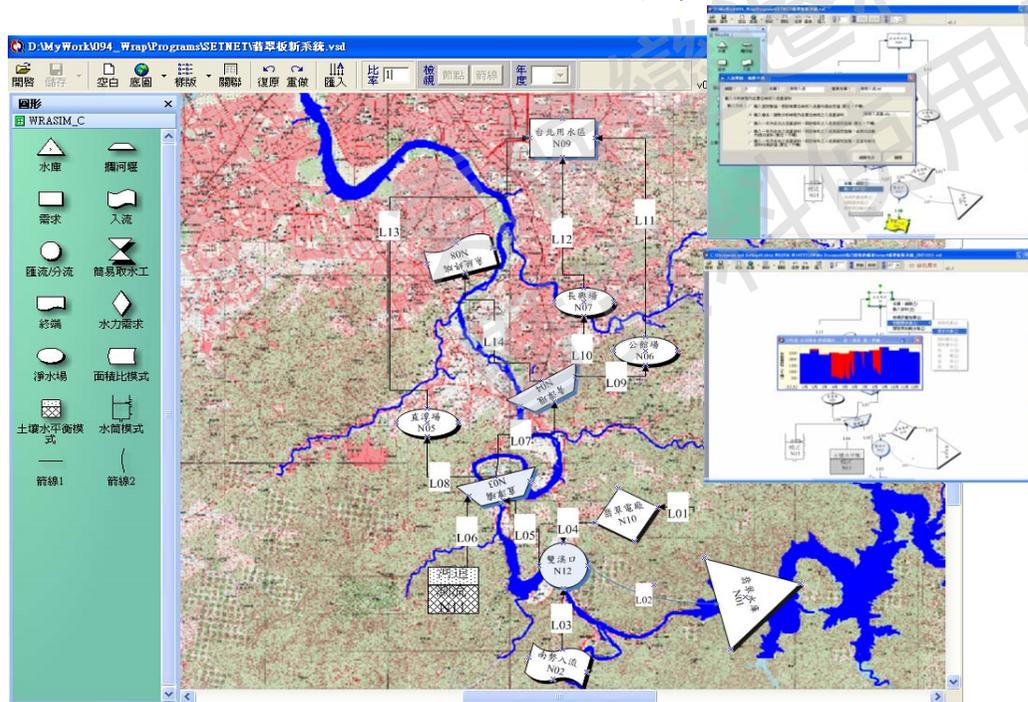
- (1) 由歷史暴雨及淤積資料，探討暴雨對水庫淤積之影響
- (2) 就氣候變遷情境下所繁衍之日流量過程推估目標年水庫容量

- 依歷史紀錄迴歸水庫年淤積量與暴雨、水文特性之關係
- 依據未來暴雨、水文特性估計各目標年間的年平均淤積量
- 推算不同目標年之庫容
- 採Area-reduction method (Lara, 1962)估計淤積後之水庫H-V曲線
 - 依據水庫操作方式、泥砂顆粒的種類與大小、水庫形狀與沉積於水庫內之泥砂體積分類
 - 不同類別採用不同經驗曲線



(5).水資源模擬模式評估氣候變遷下供需

- **WRASIM (Water Resources Allocation SIMulation Model)**
 - 以節點與箭線表達水資源系統
 - 通用性、單位時段採日或旬、水庫運用規線、尖峰發電、多水庫聯合運用規則、原水濁度限制淨水場可出水量、逐日模擬或跨日動態調度
- 分析系統：曾文-烏山頭-南化-甲仙堰聯合運用系統

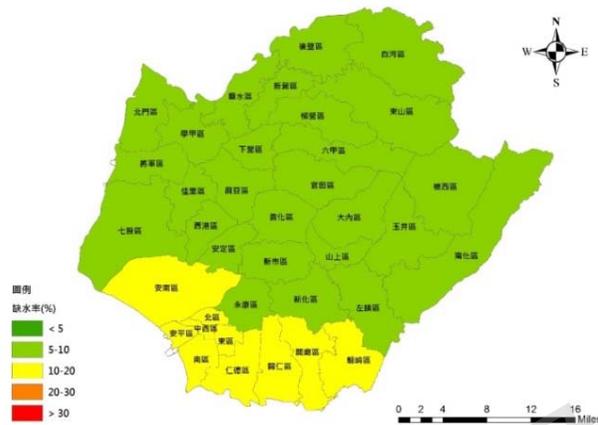


(6). 臺南地區水資源領域危害度地圖

自來水系統：家用及公共給水與工業用水

情境零

(現況系統+現況需求+歷史水文)



情境1B-4

(目標年系統+目標年需求+歷史水文)



情境1B-4C

(目標年系統+目標年需求+氣候變遷水文)



現況需求：87.7萬CMD

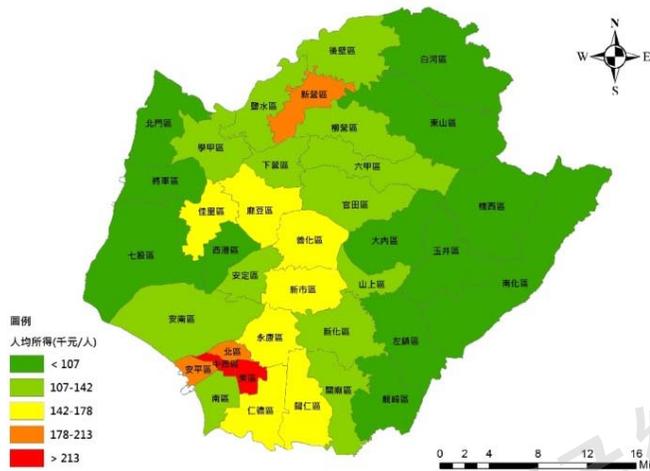
目標年需求：113.1萬CMD

氣候變遷導致13區危害度增加一級

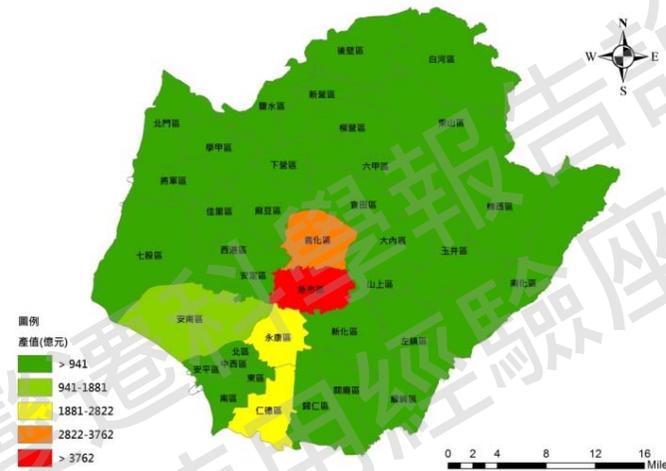
目標系統=現況系統+曾文提升正常滿水位+曾文東口輸水管+南化及烏山頭水庫下游管線設施改善執行計畫或曾文南化聯通管輸水工程及南化淨水場擴建+臺南高雄水源聯合運用調度輸水工程

(7). 臺南地區水資源領域脆弱度地圖

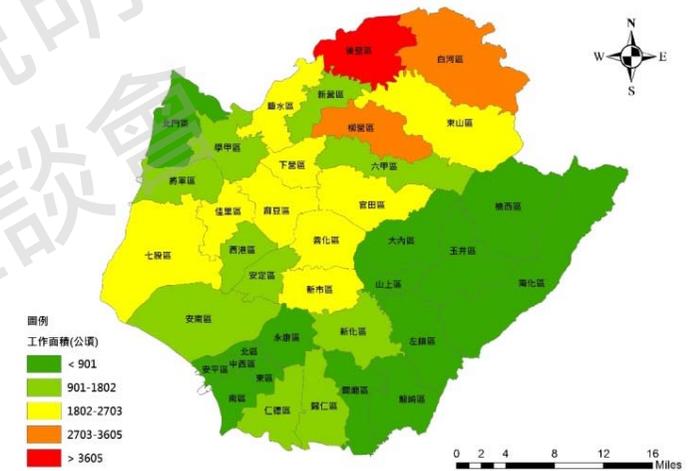
家用及公共給水



工業用水



農業用水



最脆弱：東區、中西區
次脆弱：北區、安平區、新營區

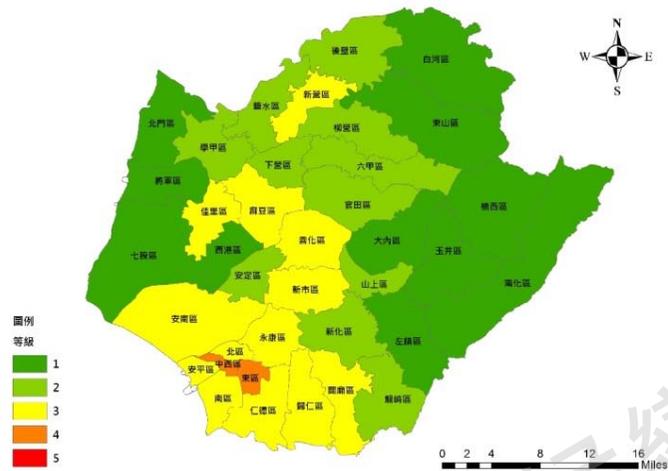
最脆弱：新市區
次脆弱：善化區

最脆弱：後壁區
次脆弱：白河區、柳營區

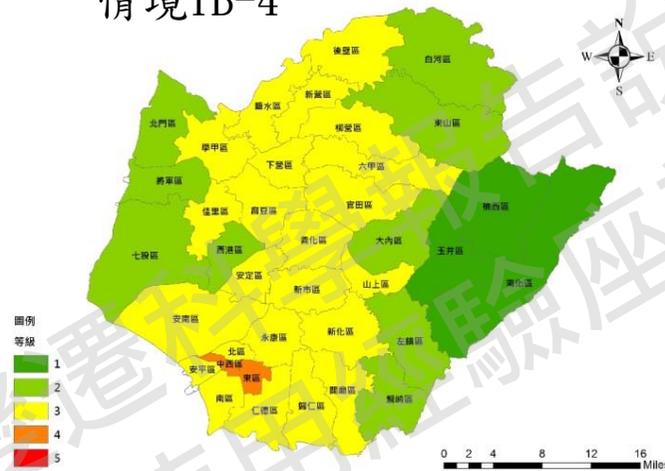
(8). 臺南地區水資源領域風險地圖

家用及公共給水

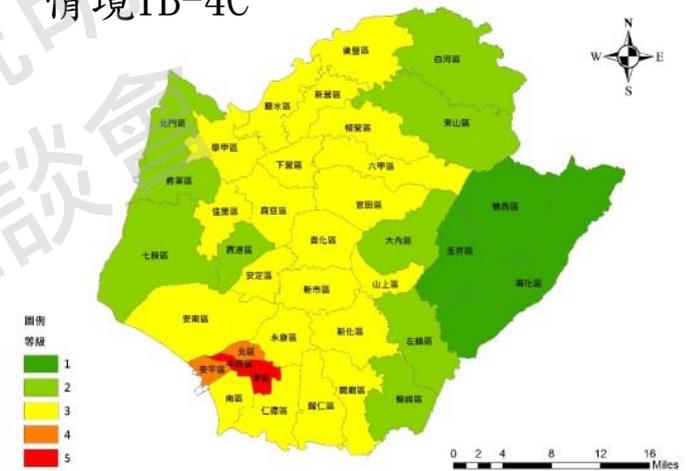
現況(情境零)



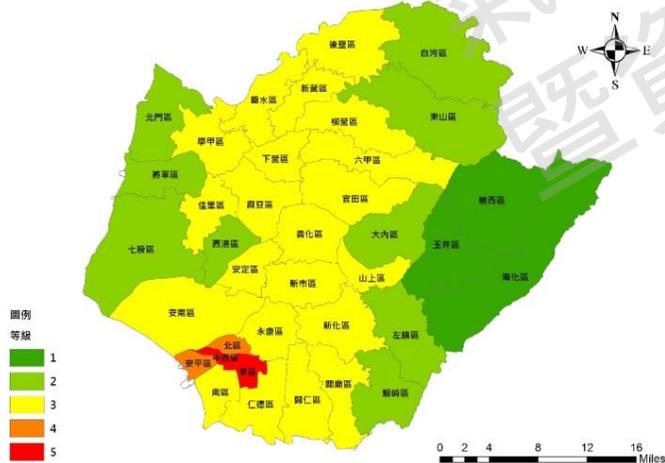
民國120年(水源如期開發)
情境1B-4



民國120年氣候變遷(水源如期開發)
情境1B-4C



民國120年(水源開發不如預期)



— 替代水源方案(曾文提升正常滿水位+曾文東口輸水管+曾文南化聯通管輸水工程及南化淨水場擴建)順利開發，不足夠供應未來增長需求

- 仍有2行政區家用及公共給水缺水風險等級達到四級以上，分別為東區及中西區(四級)

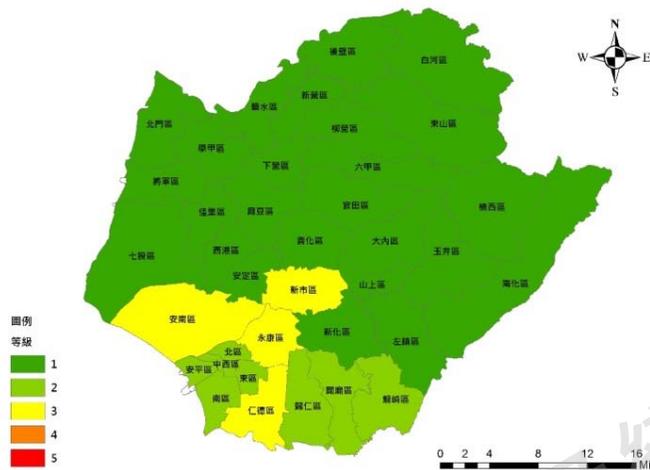
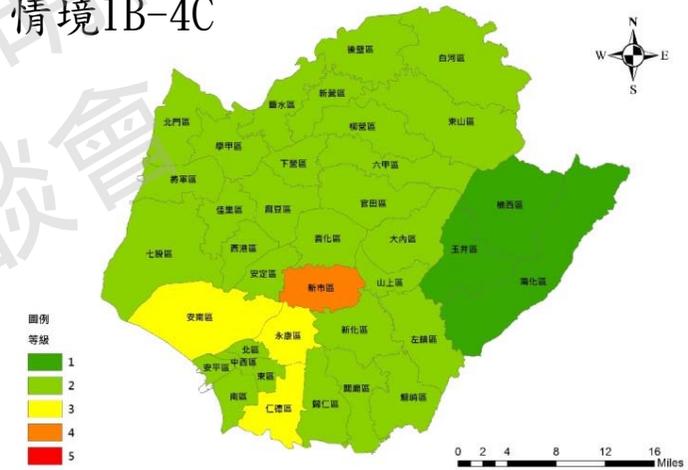
— 納入氣候變遷因素(平均缺水率增加2%~4%)，四行政區風險提高

- 東區、中西區(五級)，北區及安平區(四級)

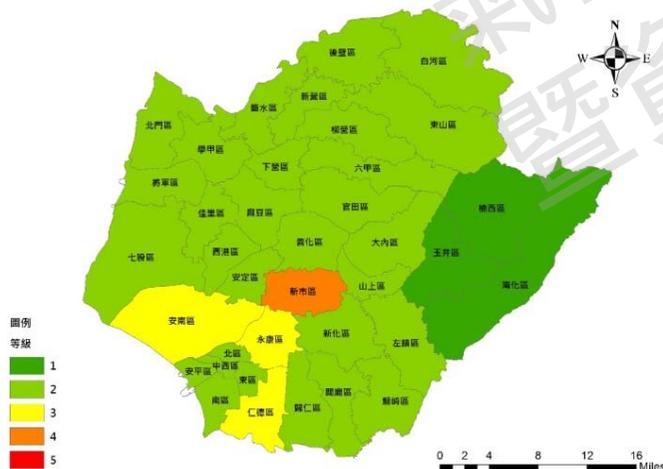
(8). 臺南地區水資源領域風險地圖

工業用水

現況(情境零)

民國120年(水源如期開發)
情境1B-4民國120年氣候變遷(水源如期開發)
情境1B-4C

民國120年(水源開發不如預期)

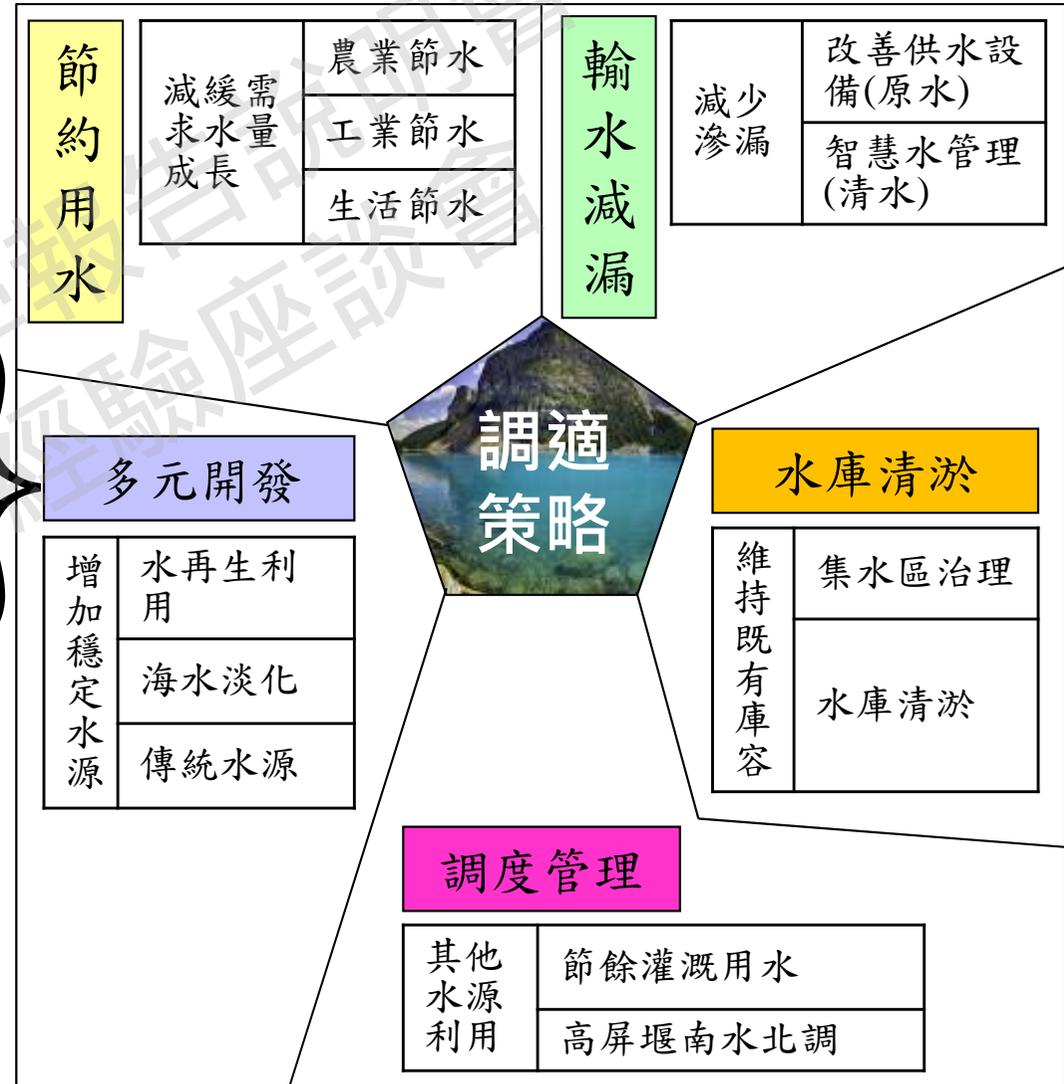
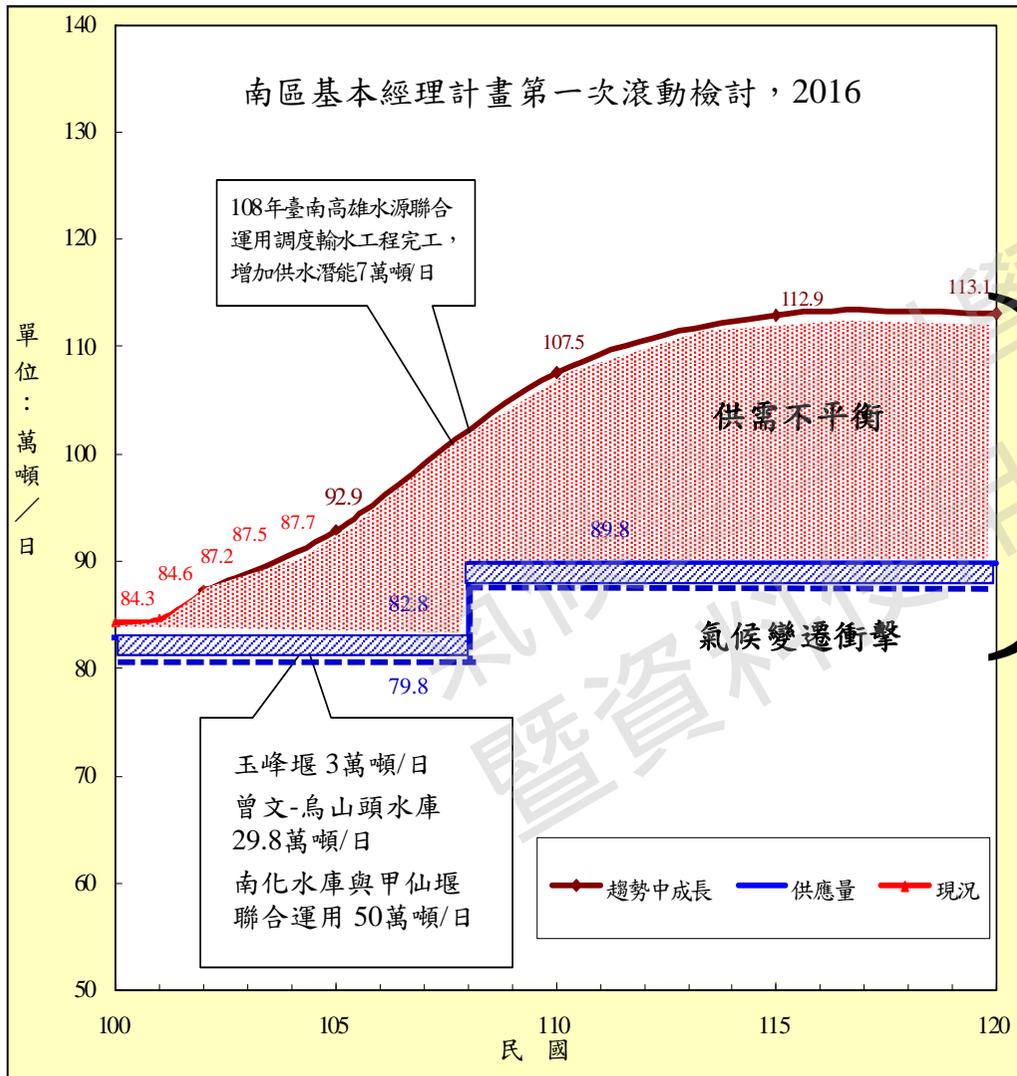


— 替代水源方案(曾文提升正常滿水位+曾文東口輸水管+曾文南化聯通管輸水工程及南化淨水場擴建)順利開發，不足夠供應未來增長需求

- 台南市有4區工業用水缺水風險等級達到三級以上，缺水風險最高為新市區(四級)

— 納入氣候變遷因素(平均缺水率增加2%~4%)，各行政區缺水風險未變化

參、水資源調適策略



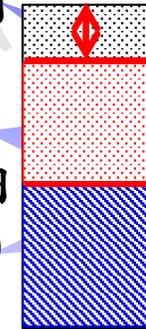
參、水資源調適策略：節約用水



生活與工業節水預期成效：
需求水量減少3萬噸/日

需求：113萬噸/日

供給：80萬噸/日
(氣候變遷影響)



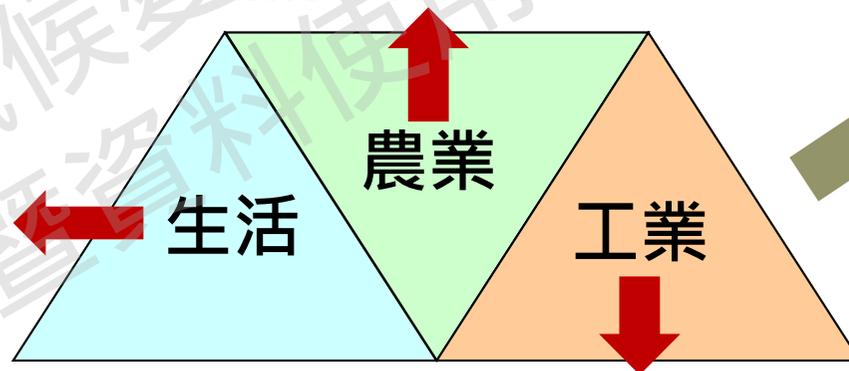
需水量減少3萬噸/日

缺口：30萬噸/日

節水教育宣導
機關學校實施
常態節水



加強灌溉管理



加強用水計畫書審查
及查核機制
提高廢水回收利用率



參、水資源調適策略：輸水減漏

曾文水庫至東口堰輸水專管：減少輸水損失5.3%

需求：113萬噸/日

供給：80萬噸/日
(氣候變遷影響)

缺口：
25萬噸/日
曾文至東口專管
增加 5萬噸/日



提升家用及公共
給水 5萬噸/日



參、水資源調適策略：水庫清淤

- 維持既有庫容或逐步恢復

水力排砂

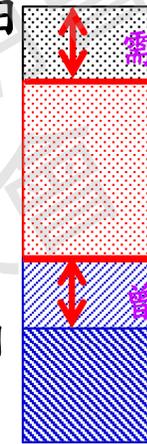


抽砂放淤



需求：113萬噸/日

供給：80萬噸/日
(氣候變遷影響)



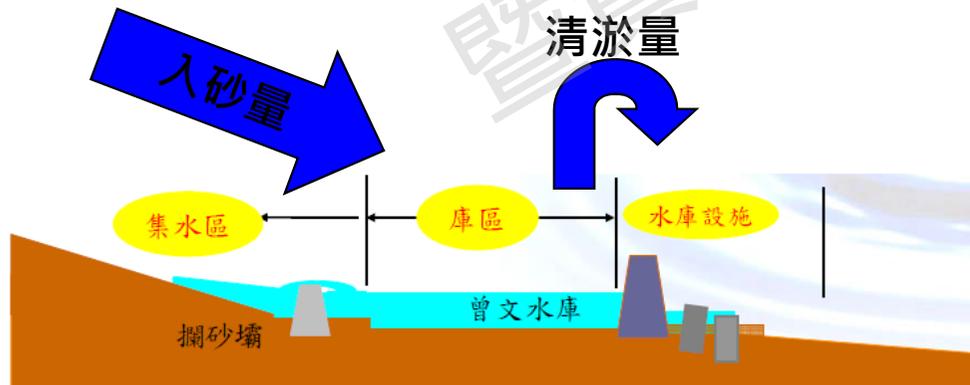
需水量減少3萬噸/日

供需缺口維持
25萬噸/日

曾文至東口專管增加5萬噸/日

清淤量=入砂量：
維持供水系統供水
能力不墜

“清淤量”大於等於“入砂量”



曾文水庫入砂量：550萬噸/年

南化水庫入砂量：365萬噸/年

清淤量 > 入砂量：

逐步恢復南化水庫有效庫容

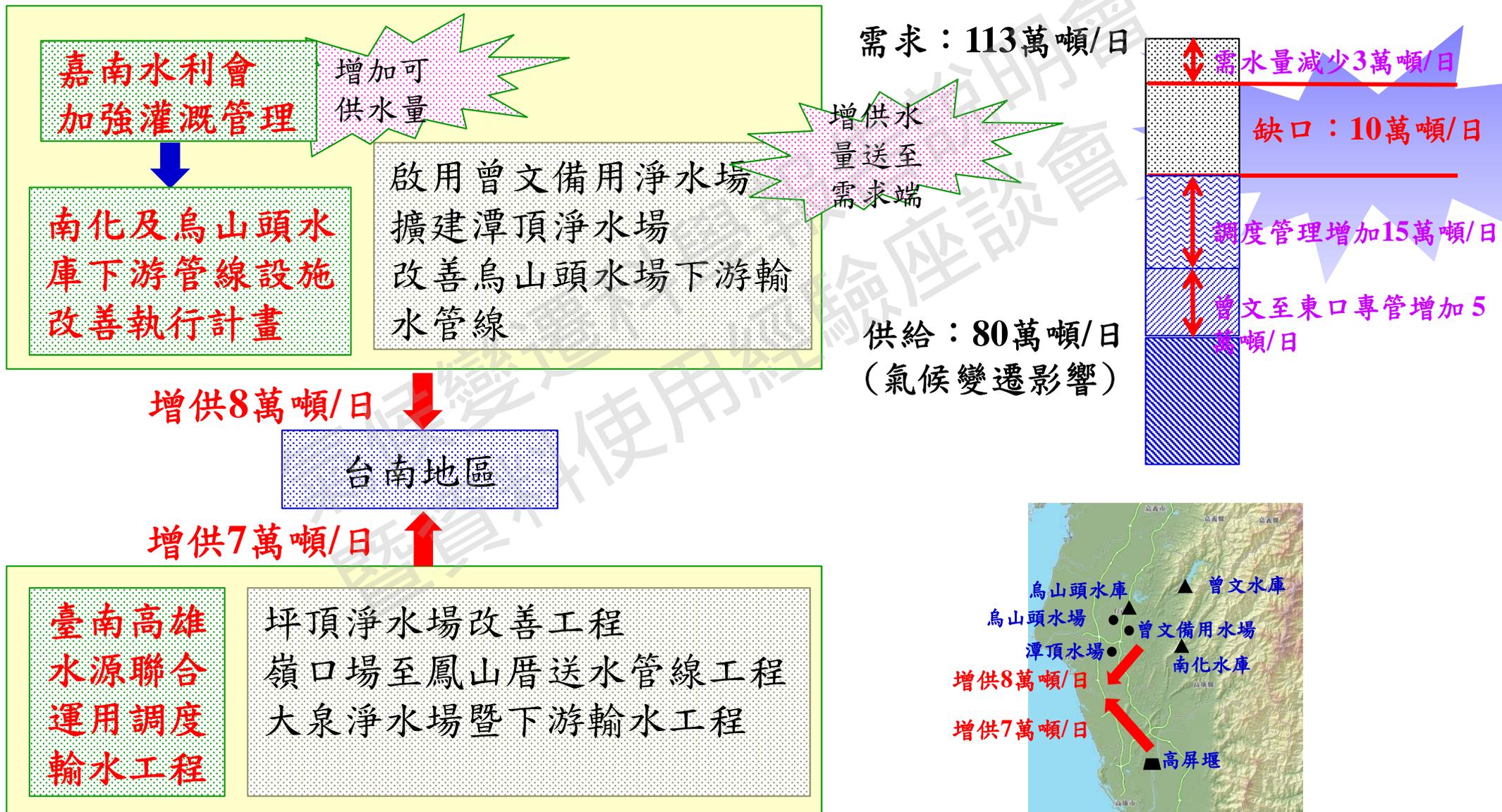
(目前有效庫容0.97億M³)

恢復至1.1億M³ => 供水能力增加5萬噸/日

恢復至1.2億M³ => 供水能力增加8.3萬噸/日

恢復至1.3億M³ => 供水能力增加11.5萬噸/日

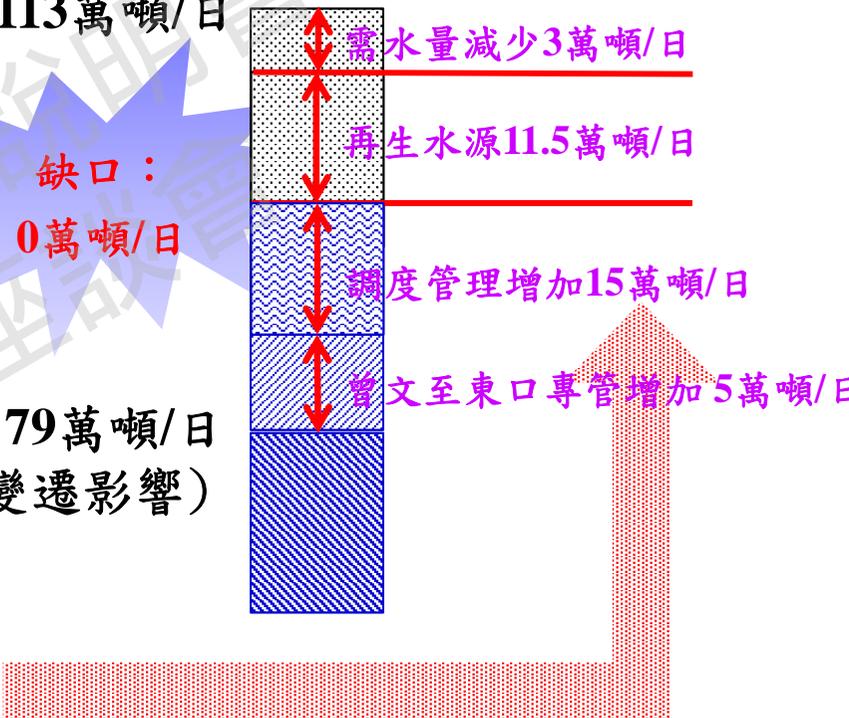
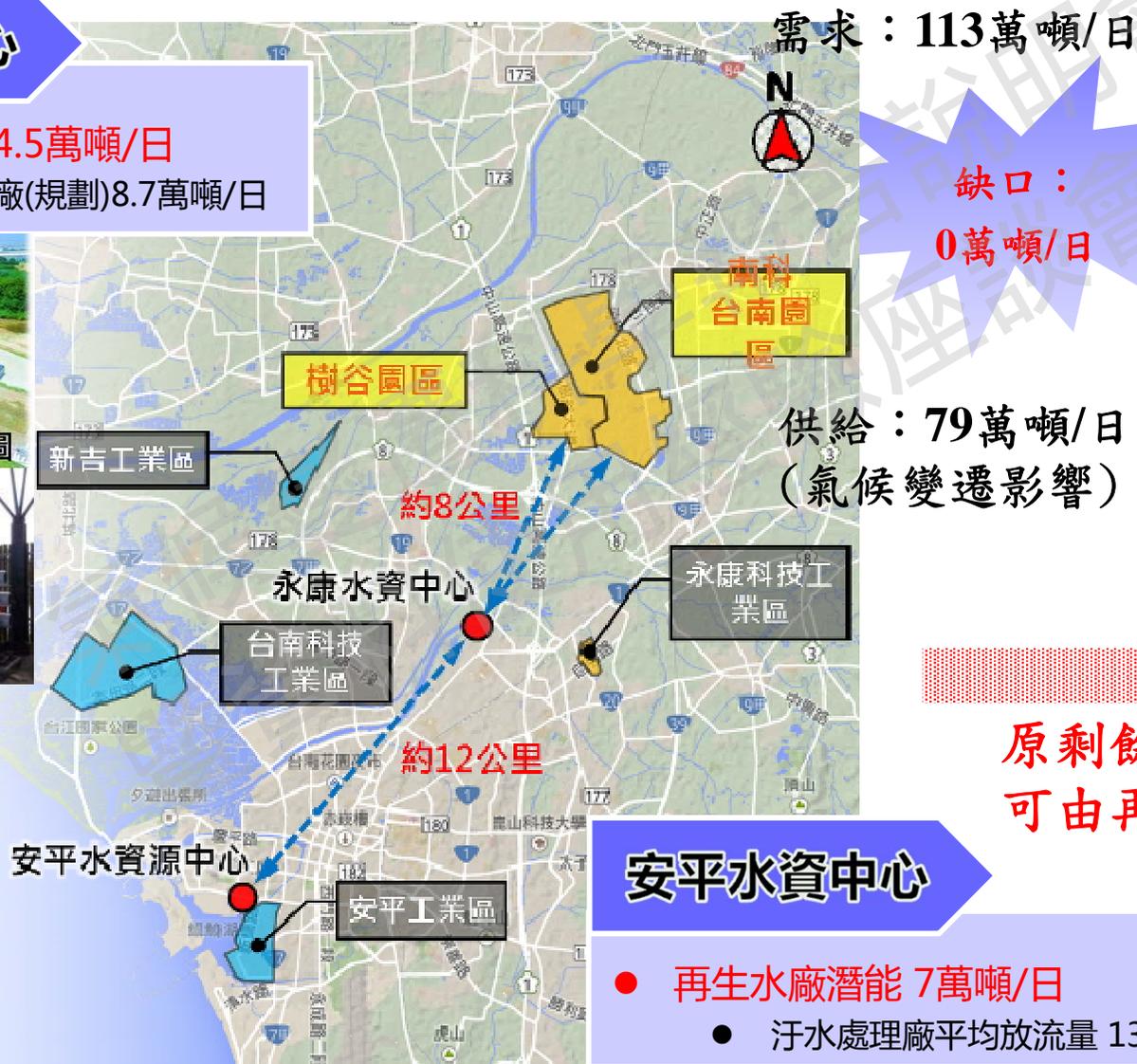
參、水資源調適策略：調度管理



參、水資源調適策略：多元開發

永康水資中心

- 再生水廠潛能4.5萬噸/日
 - 汙水處理廠(規劃)8.7萬噸/日



原剩餘供需缺口10萬噸/日
可由再生水因應

安平水資中心

- 再生水廠潛能 7萬噸/日
 - 汙水處理廠平均放流量 13萬噸/日

肆、亮點調適行動計畫：

水再生利用(水資源回收中心) [1/2]

項目	內容							
計畫名稱	水再生利用 (W-5-1)							
計畫概要	計畫優先性	<input checked="" type="checkbox"/> 優先/立即執行 <input type="checkbox"/> 次要 <input type="checkbox"/> 普通						
	計畫類型	<input checked="" type="checkbox"/> 短期 <input type="checkbox"/> 中期 <input type="checkbox"/> 長期						
	計畫目標	永康水資源回收中心全期產出4.5萬噸/日再生水，安平水資源回收中心全期產出7.0萬噸/日再生水						
主辦機關	名稱	水利局						
	工作項目	1.永康水資源回收中心 (1)、提升永康區污水下水道接管率 2.安平水資源回收中心 (1)、研究改善再生水水質以符合南科用水標準 (2)、調查其他合適用水對象、使用意願、再生水至新用水端之水量輸送方式						
相關單位與分工	協辦機關	名稱	經發局					
		工作項目	1.研商樹谷園區及南科臺南園區統籌用水窗口細部分工 2.研商再生水需求期程					
		名稱	水利署					
		工作項目	1.研商再生水使用價格					
經費與財務計畫	經費需求	103年	104年	105年	106年	107年	108年	合計(億)
	永康水資中心							43.9
	安平水資中心							11.9
	經費來源							

肆、亮點調適行動計畫：

水再生利用(水資源回收中心) [2/2]

項目	內容
計畫實施	<input type="checkbox"/> 法制面向：再生水資源發展條例 已於民國104年12月30日公布實施，依第4條規定，應提出用水計畫之開發單位，其興辦或變更開發行為位於水源供應短缺之虞地區，應依中央主管機關核定之用水計畫，使用一定比率之系統再生水。至於水源供應短缺之虞地區，依研訂中子法規定，係指區域水資源經理基本計畫之各地區供需分析，經中央主管機關檢討水源開發情勢及調配措施因應，於目標年自來水可供水量無法滿足需求量，並經公告之地區。
	<input type="checkbox"/> 規劃面向：建構智慧管理水資源政策 經濟部檢討提報「建構智慧管理水資源政策」，並於104年3月19日行政院第3440次院會、104年4月10日國安高層會議分別向院長及總統報告，擬定擬定水資源政策主要目標，由各部會指定分年、分期執行方案，並與地方政府協力合作辦理。其精進策略、措施方案與本調適行動計畫相關為： (1).工業優先利用再生水：新增產業用水要求優先利用再生水。
	<input type="checkbox"/> 執行面向：公共污水處理廠放流水回收再利用示範推動方案 102年3月28日行政院第3341次院會決議，請內政部加速推動公共污水處理廠放流水回收再利用，並於同年8月核定「公共污水處理廠放流水回收再利用示範推動方案」。公共污水處理廠放流水回收再生利用，再生水以供應鄰近工業用水為主要目的，達成後可增加水資源利用效率、降低傳統水源開發壓力、創造水資源產業產值等。
預期效益	臺永康水資源回收中心一期規劃可產出1.5萬噸/日再生水，全期可穩定提供4.5萬CMD時，此作為可使臺南地區供水系統之供水能力增加4.5萬噸/日，約可使臺南市各行政區平均缺水率降低2~3%，可因應氣候變遷衝擊。安平水資源回收中心位於臺南市安南區，污水廠目前每日污水處理廠放流量約13萬噸/日，水再生廠規劃分2期興建，全期設計處理量為7萬CMD，原規劃供應對象為樹谷園區及南科臺南園區，考量水質及地利之便，未來將優先供應安平工業區及臺南科技工業區高級工業用水。此作為可使臺南地區供水系統之供水能力增加7萬噸/日，約可使臺南市各行政區平均缺水率降低3~4%，可因應氣候變遷衝擊。

TCCIP 資料使用經驗與建議

TCCIP 資料申請平台
Data service Platform

登入 / 註冊 / 忘記密碼 | 回TCCIP首頁

觀測 推估(統計降尺度) 推估(動力降尺度) 臺灣降雨指數 資料服務建議 資料生產履歷

AR5 AR4

推估(統計降尺度)資料展示

資料說明
年份：2016-2035、2046-2065、2081-2100
解析度：5KM 網格
情境：四種情境RCP26、RCP45、RCP60、RCP85
參數：溫度改變量(°C)、雨量改變率(%)、(皆為時間平均值)
區域：全臺、北中東、縣市、流域

參數
 雨量
 溫度

情境
 RCP26
 RCP45
 RCP60
 RCP85

月份
一月

推估時間
 2016-2035
 2046-2065
 2081-2100

申請資料

地圖資料©2018 Google, ZENRIN 使用條款

- 為使氣象模式產出符合集水區降雨特性，除目前提供之溫度改變量、雨量改變率外，能否提供其他參數？

簡報完畢

敬請指導與建議

中華民國一〇七年三月三十日星期五