



新趨勢組：周庭立 / 余昀澄 / 李泓慶
Mentor：Kelvin

大綱

- 結論
- 前言
- 水資源簡介
 - 供給
 - 需求
- 水資源不足的主要原因
- 解決方式
 - 開源
 - 節流
- 結論

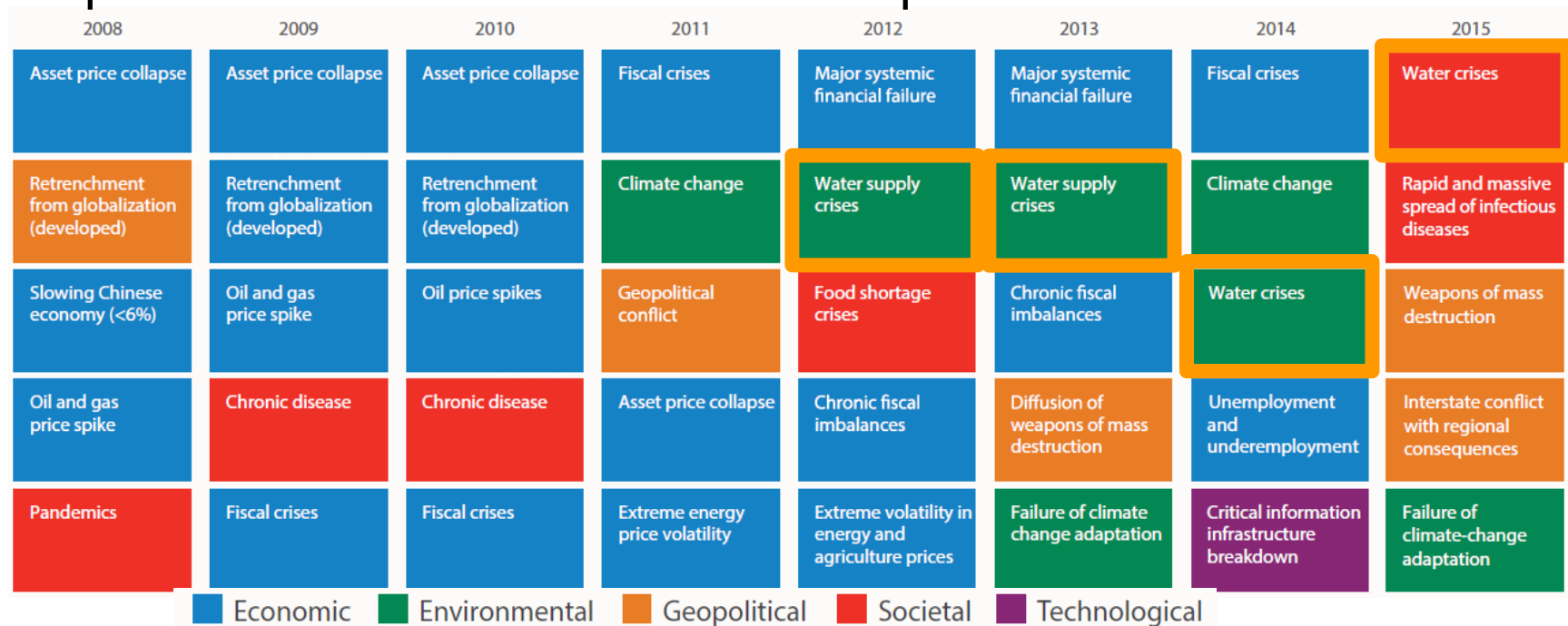
結論

- 台灣水資源確實有不足之疑慮，且未來會越來越明顯
- 台灣水資源問題主軸—用水過度、汙水問題、水庫淤積、漏水率
- 應「開源」與「節流」並進，我們認為管線漏水處理、水庫清淤為目前較可行之方法
- 就成本上，未來幾年，省水器材製造商、管線提供廠商、水庫除淤工程承包商，應較再生水回收廠、海水淡化更具有成長性

前言

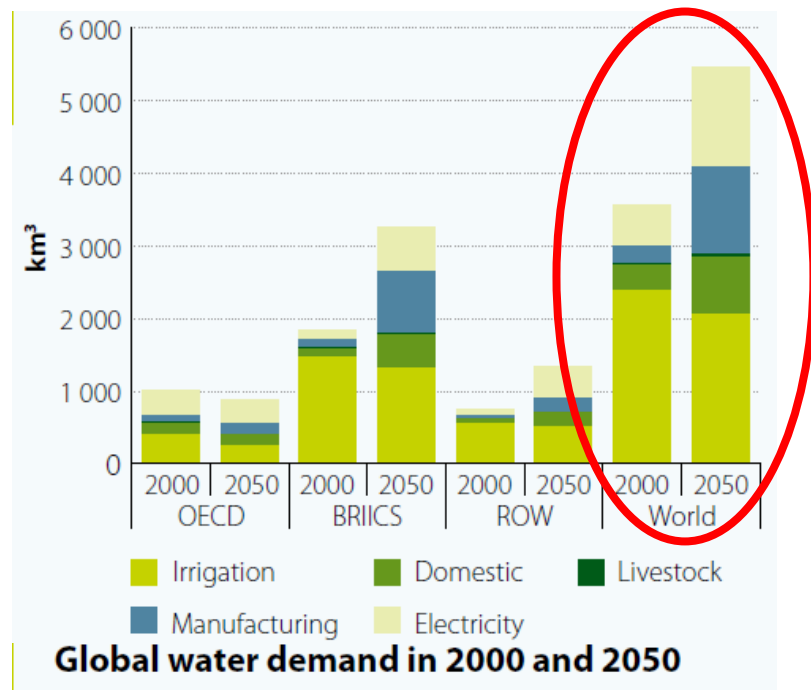
水資源危機為2015第一大風險

- Top 5 Global Risks in terms of impact



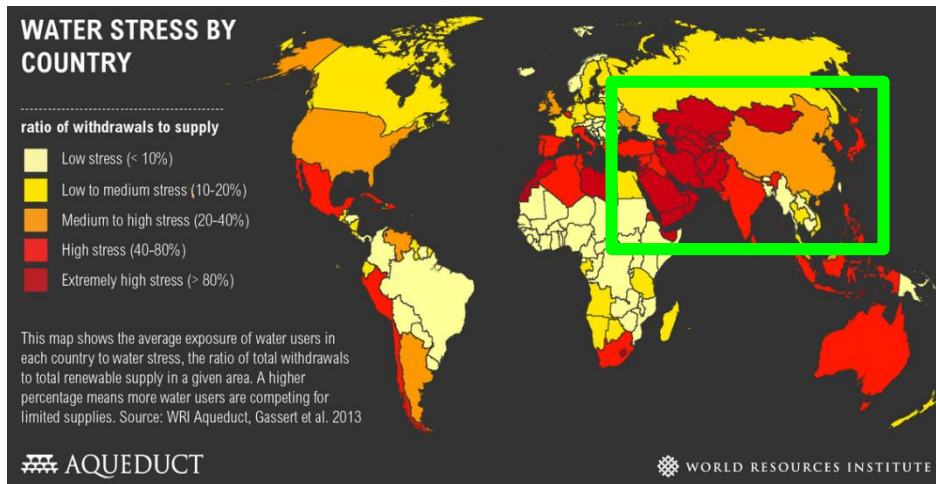
水的供需均衡面臨嚴峻考驗

- 2030年，全球供水量會減少40%
- 2050年，人類水需求將上升55%

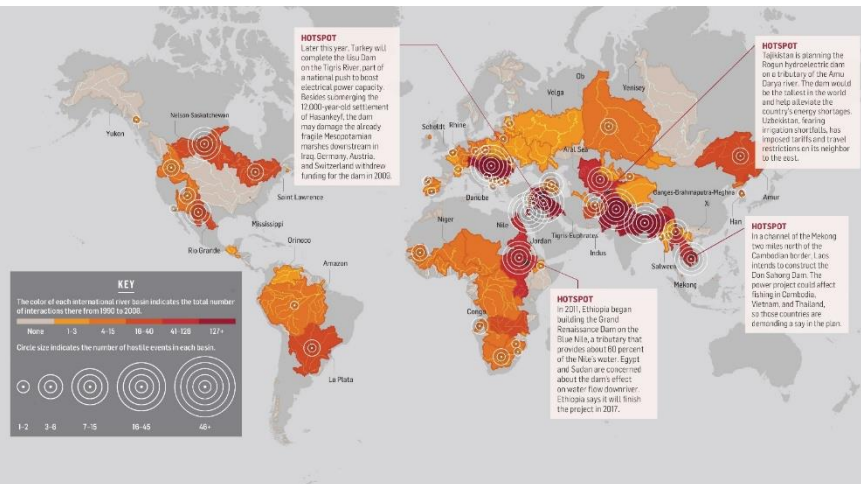


水資源不足亞洲較為嚴重

- 水資源不足區集中於西亞、南亞、北非
- 不足區常發生水資源衝突



水資源壓力圖



水資源衝突區

台灣也有缺水的風險

- 台灣為世界第18名缺水的國家

降雨量(公釐)

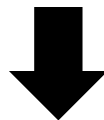
2,567

V.S.

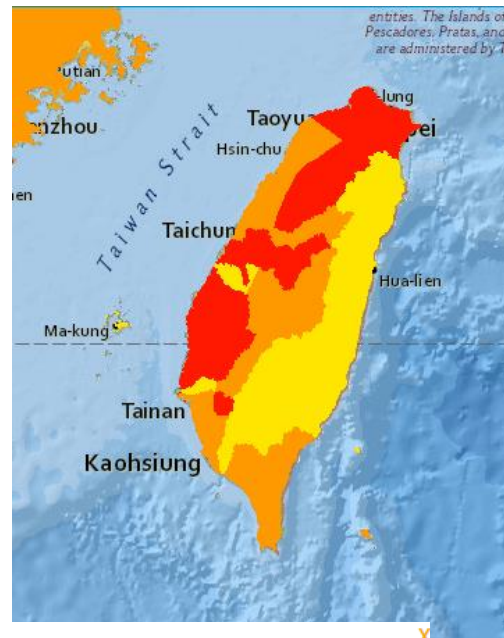
973

每人平均雨水量

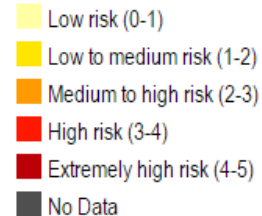
世界



台灣



Overall Water Risk



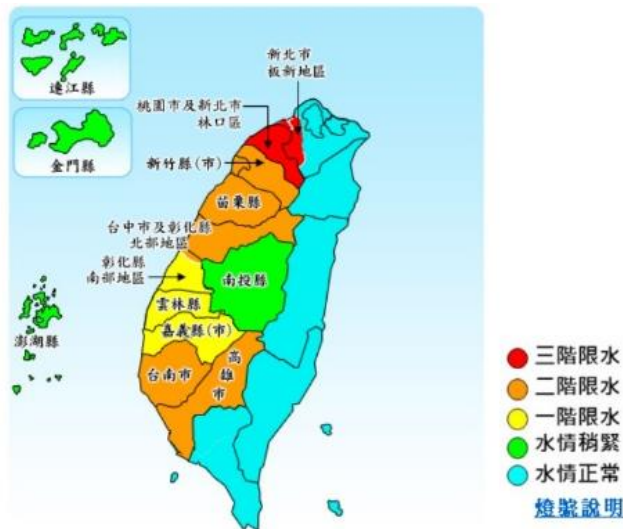
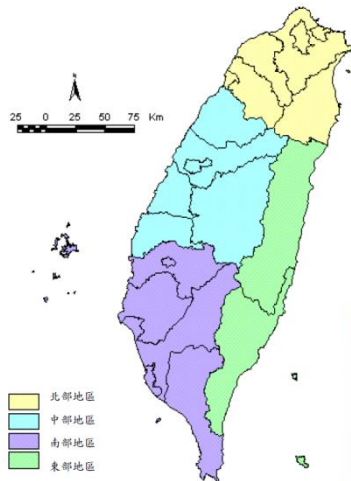
水資源供給

名詞定義

- 1立方公尺=1000公升
=1公噸

- 水資源分區

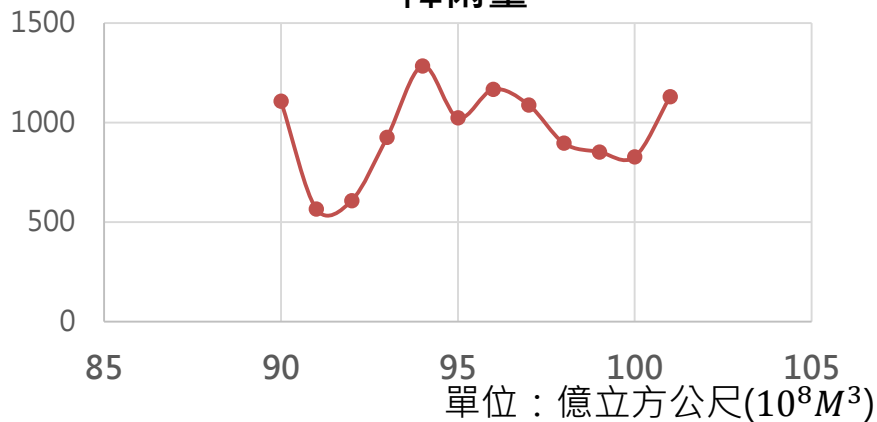
- 北部：北北基、桃園、宜蘭
- 中部：新竹、苗栗、中彰投
- 南部：嘉義、台南、高雄、屏東
- 東部：花東



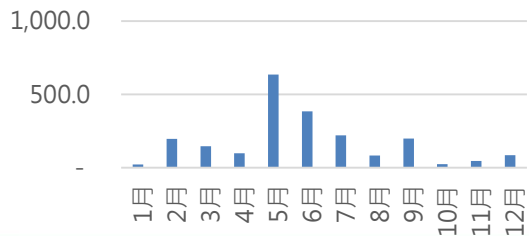
看天吃飯—台灣降雨量波動大且分佈不均

- 降雨量波動程度很大
- 降雨分佈不均
 - 豐水期與枯水期差距大

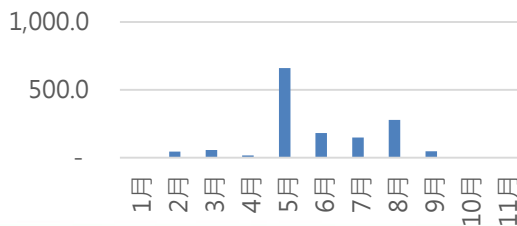
降雨量



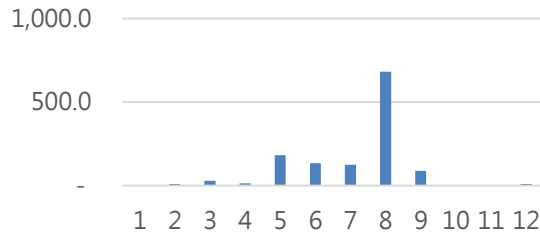
台北



台中



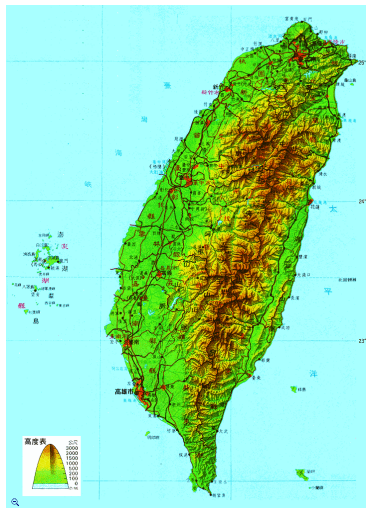
台南



台灣留不住水資源

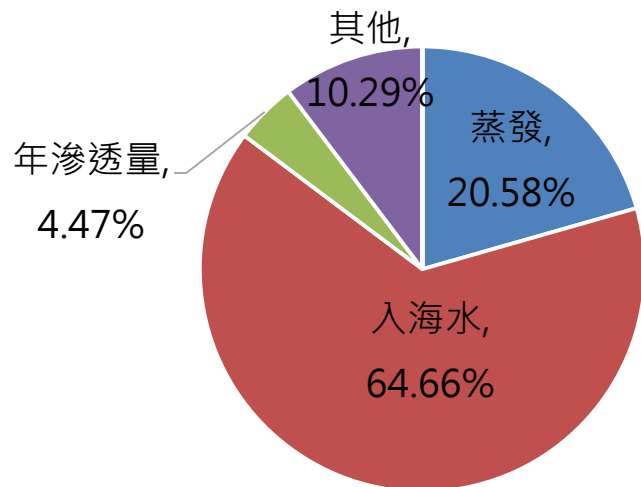
- 地理環境因素

- 地形陡峭
- 河川短且急



- 年降雨量1,130.05 (億立方公尺)

- 高達85.24%無法利用



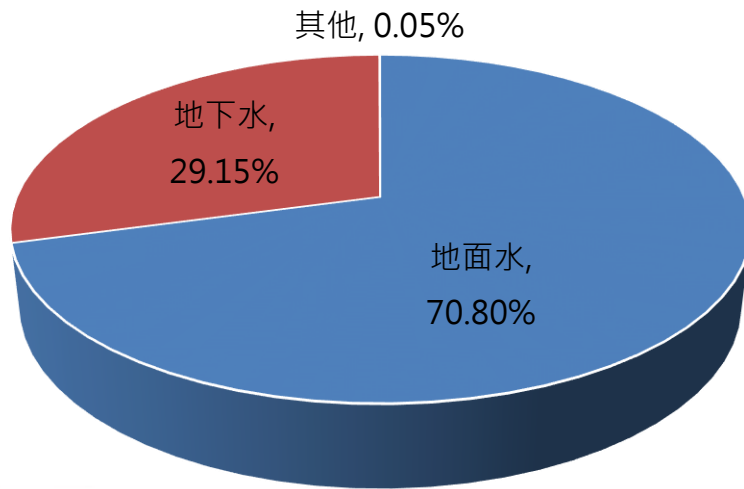
	億立方公尺
蒸發	232.56
入海水	730.66
年滲透量	50.5
其他	116.32

台灣水資源供給以地面水為主

- 降雨1130.5億立方公尺
- 七成來自地面水

	億立方公尺
總供水量	167.78
地面水	118.8
地下水	48.91
其他(海淡水)	0.08

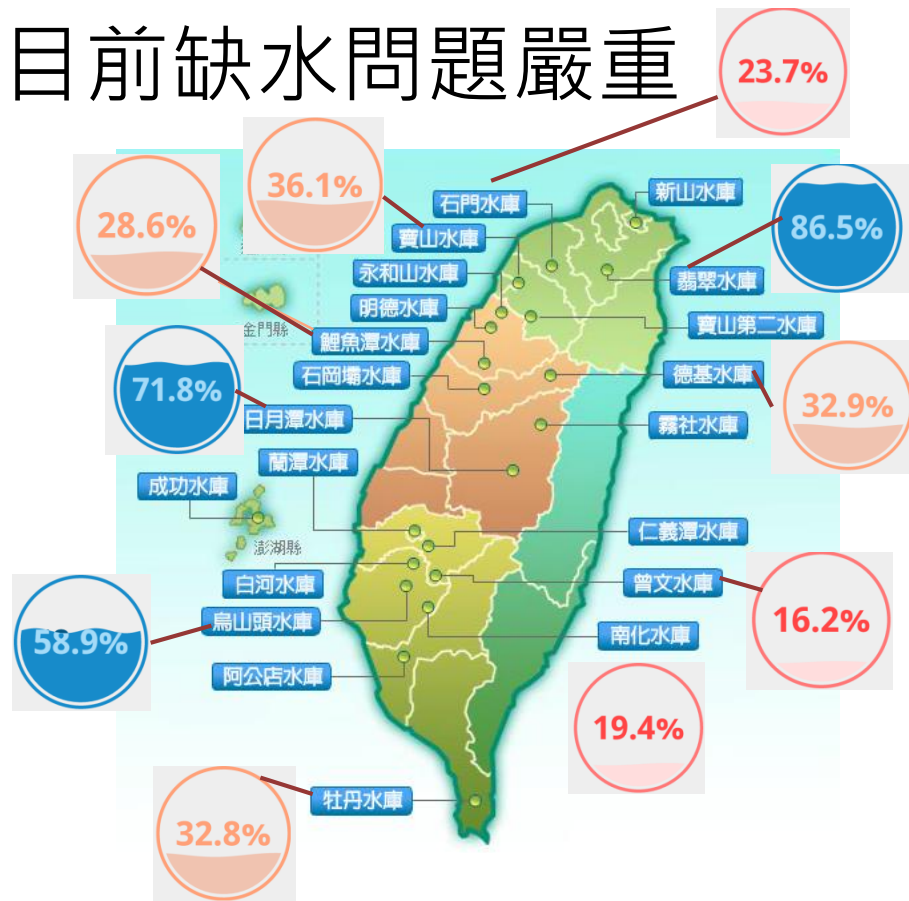
2013水源供給



地面水現況—台灣水庫目前缺水問題嚴重

23.7%

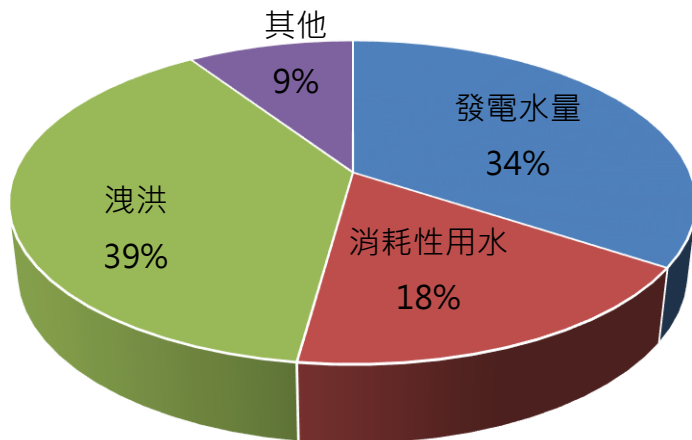
		蓄水率	目前蓄水	容積
北部	石門水庫	23.7%	4,759.5	✓20,986.5
	翡翠水庫	86.5%	29,030.7	✓33,460.1
	寶山第二水庫	36.1%	1,137.0	3,147.2
中部	日月潭水庫	71.8%	9,425.6	13,218.1
	德基水庫	32.9%	4,942.0	14,876.0
	鯉魚潭水庫	28.6%	3,302.3	11,546.9
南部	曾文水庫	16.2%	7,652.0	✓47,329.7
	南化水庫	19.4%	1,888.7	9,793.0
	烏山頭水庫	58.9%	4,708.0	7,982.0
	牡丹水庫	32.8%	865.8	2,678.6



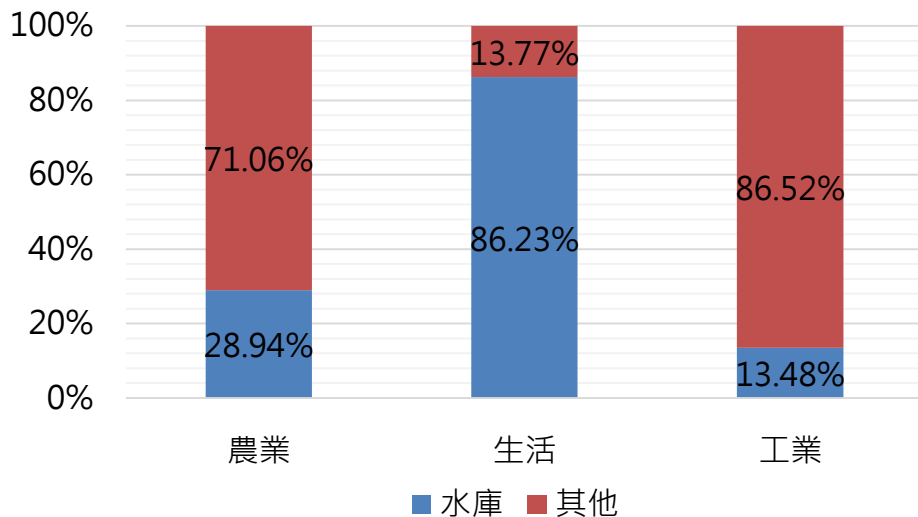
地面水使用—水庫在消耗性用水部份不多

- 年入水庫435.6 億立方公尺(降雨1130.5億立方公尺的38%)
- 消耗性用水80.36億立方公尺，以供給生活用水為主

2013水庫水源消耗處



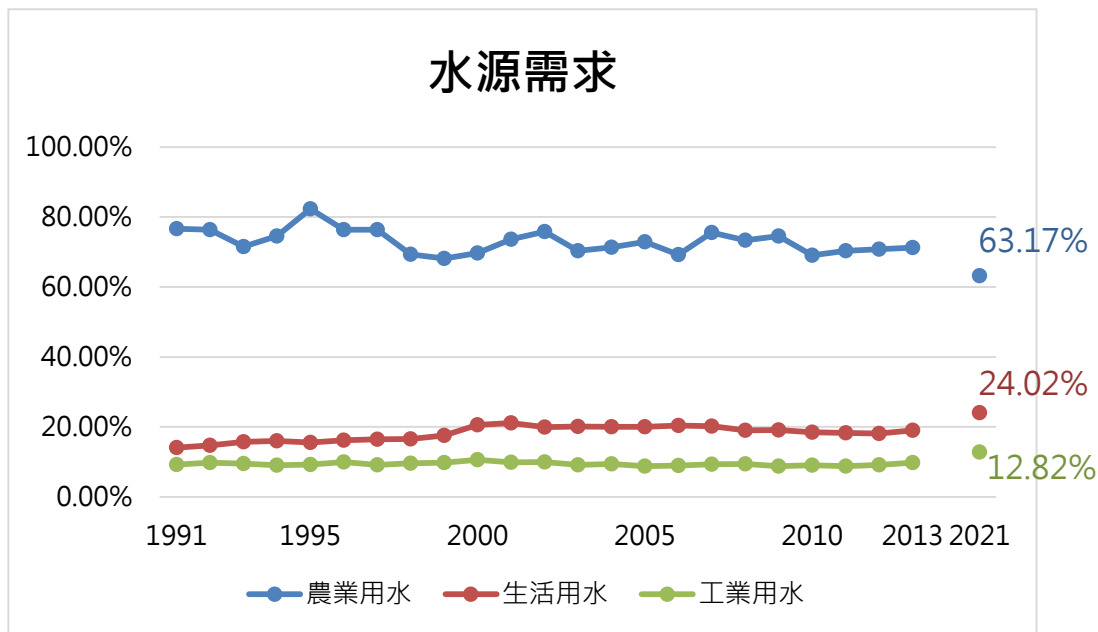
水庫佔各用水類型的比例



水資源需求

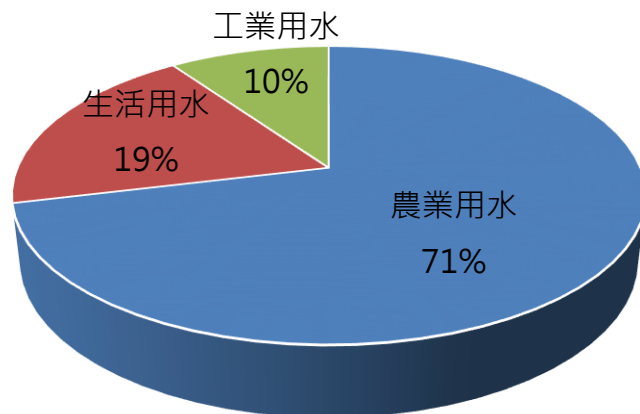
農業用水為主要需求

- 消耗性用水以農業用水為大宗



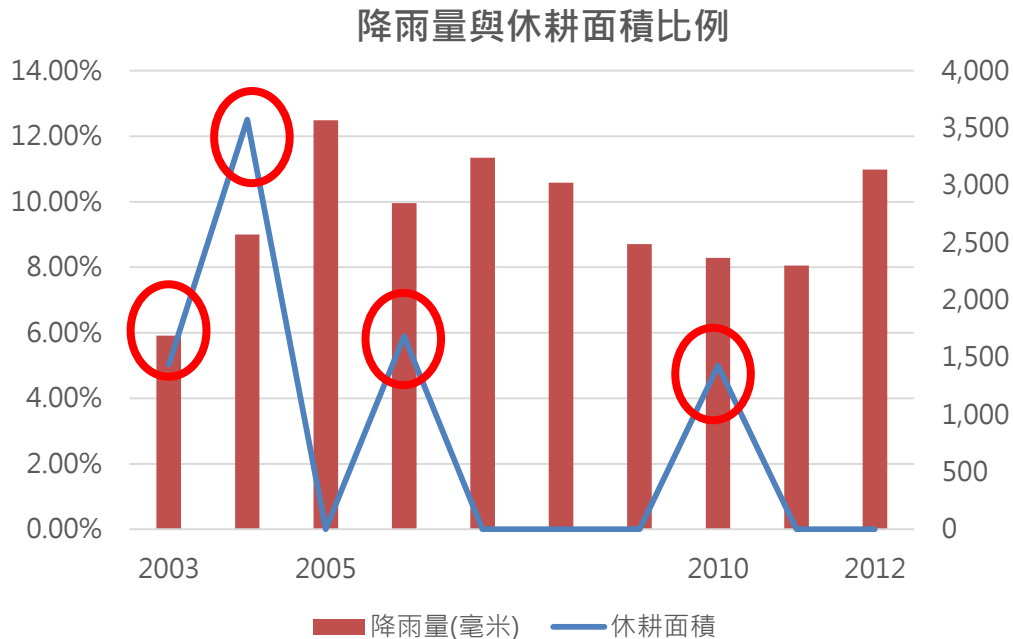
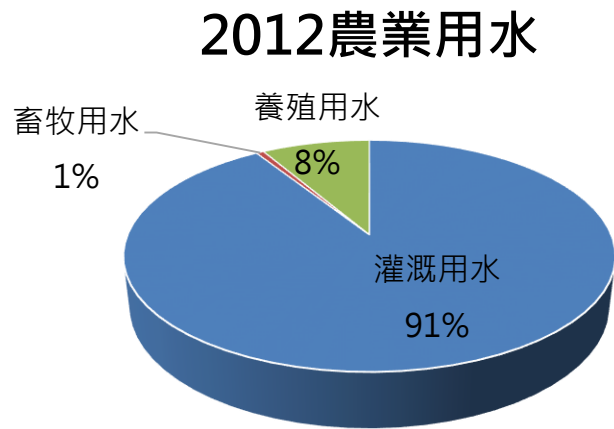
2013水源需求(億立方公尺)

總用水量	167.78
農業用水	119.51
生活用水	31.88
工業用水	16.39



農業用水灌溉用為主

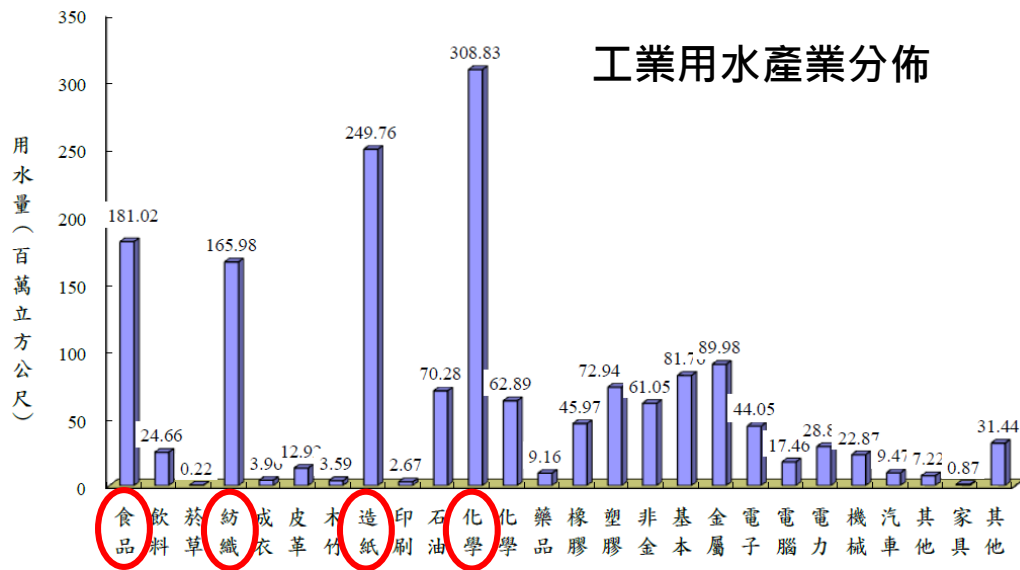
- 農業—灌溉用水佔91%



- 當用水不足時，政府常透過休耕來節水

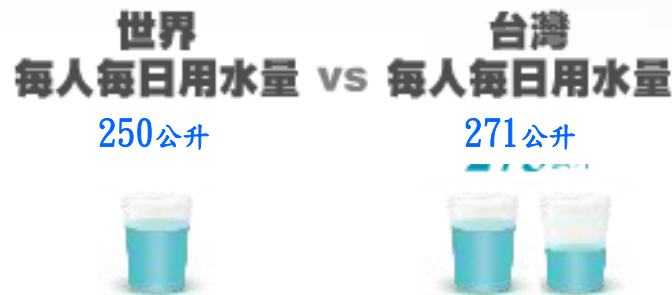
工業用水以化學產業為主

- 工業用水前四大產業：化學、造紙、食品、紡織



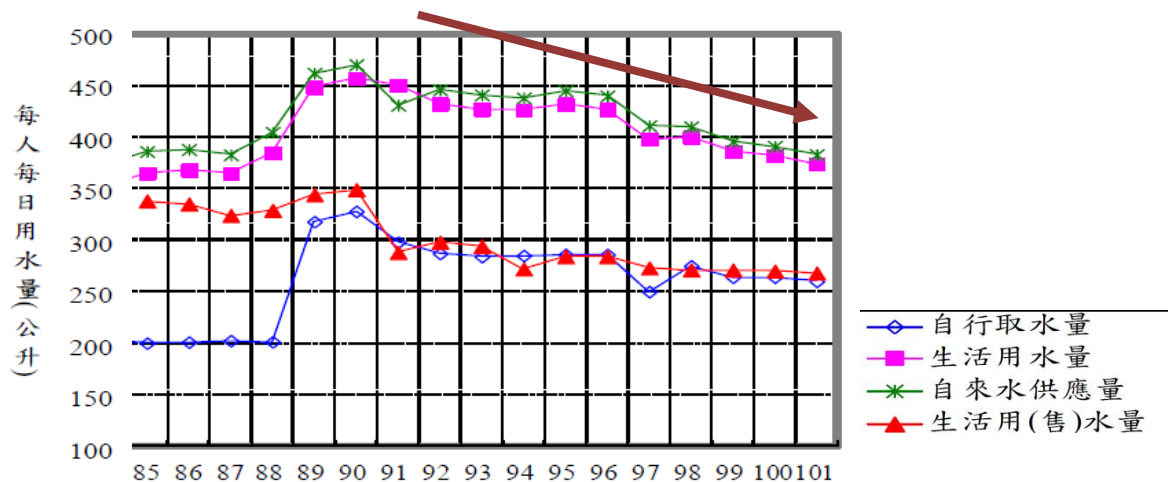
台人生活用水較世界多，多集中於北部

- 台灣人均用水量較世界多出20L
- 102年用水量排名前五—多為北部



每人每日用水量(L)

臺北市	333
新竹市	303
新北市	292
基隆市	286
嘉義市	276



小結

- 供給面
 - 降雨波動度大，且榮枯期水量差距很大(8成v.s.2成)
 - 台灣難留住水資源，降雨只有約14.76%可以留下利用
 - 主要供給源(水庫)目前缺水問題嚴重
- 需求面
 - 農業用水為主(70%)
 - 政府常透過休耕調整，非長遠之計
- 若該年供給很少，將會面對缺水問題
- 須設法使供給面變動所造成的影響最小化

水資源不足之主要原因

水資源不足之主要原因

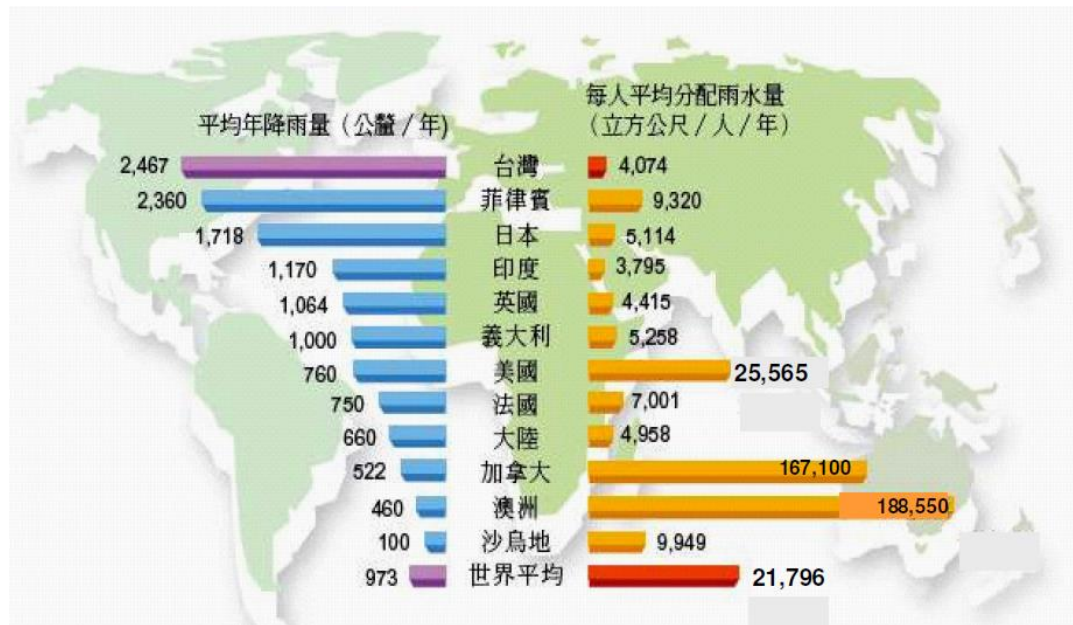
- 不可抗力因素
 - 地形陡峭
 - 降雨時空分布不均
 - 氣候變遷
- 可改善的問題
 - 汙水問題
 - 用水過度
 - 水庫蓄水率(淤積)
 - 漏水率問題

不可抗力之因素

地狹人稠人均可用水量少

- 地狹人稠

- 年平均降雨量2,467公釐為世界的2.6倍
- 每人每年可分配雨量4,074立方公尺不及世界的五分之一
- 降雨流經水庫集水區供應水庫水量僅24%
- 每人每天約可使用 $4,074 \times 1,000 \times 0.1476 \times 0.2 / 365$
=約329.5公升



資料來源:經濟部水利署

降雨時空分布不均導致季節性缺水

- 降雨時空分布不均

- 5到10月為豐水期；11到4月為枯水期

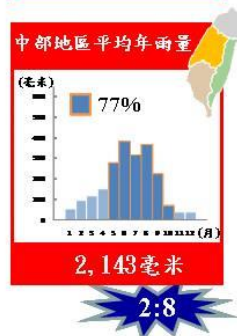
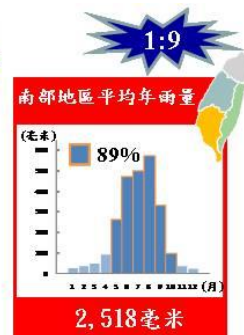
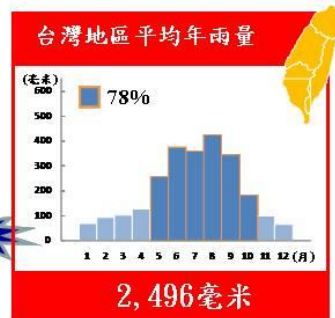
- 豐水期佔整年雨量的7-9成

- 豐水期每人每天約527.19公升
枯水期每人每天約131.8公升

算法如下：

$$4074 \times 1000 \times 0.8 \times 0.1476 \times 0.2 / 182.5 = 527.19$$

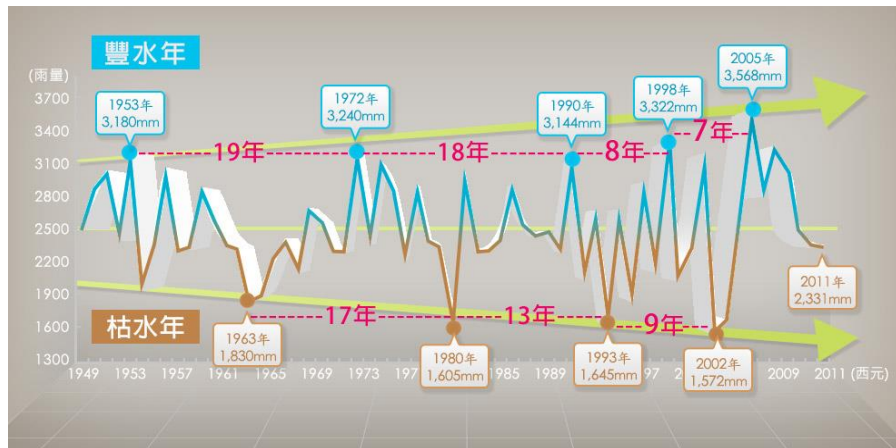
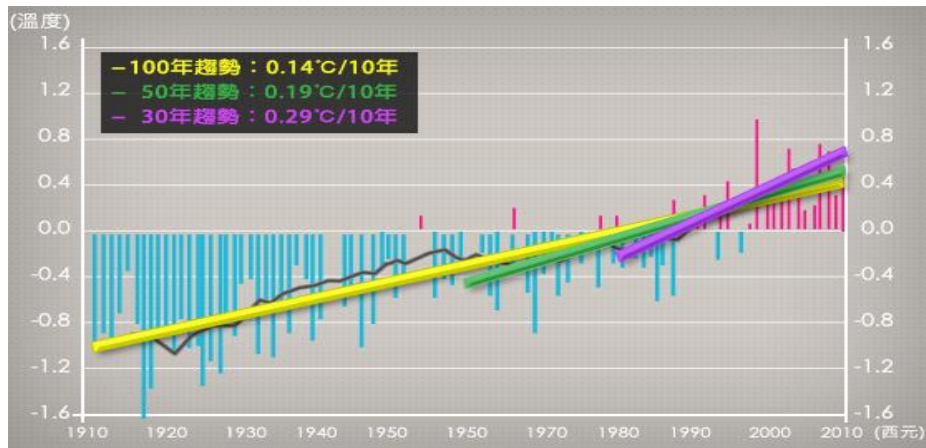
$$4074 \times 1000 \times 0.2 \times 0.1476 \times 0.2 / 182.5 = 131.8$$



氣候變遷導致乾溼週期縮短

• 氣候變遷

- 豐枯交替頻繁又加劇
- 降雨變強又日數減少
- 未來季節性缺水狀況將會增加



可改善的問題

嚴重的汙水問題導致無水可用

- 汙水問題

- 河川污染程度指數(RPI)

- 西南部因氣候、工業廢水及畜牧造成汙染

輕度污染($2.0 < RPI \leq 3.0$)
中度污染($3.1 \leq RPI \leq 6.0$)
嚴重污染($RPI > 6.0$)

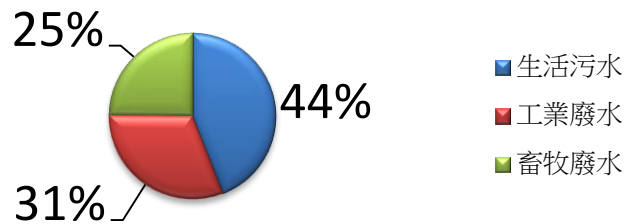


可用水的汙水處理

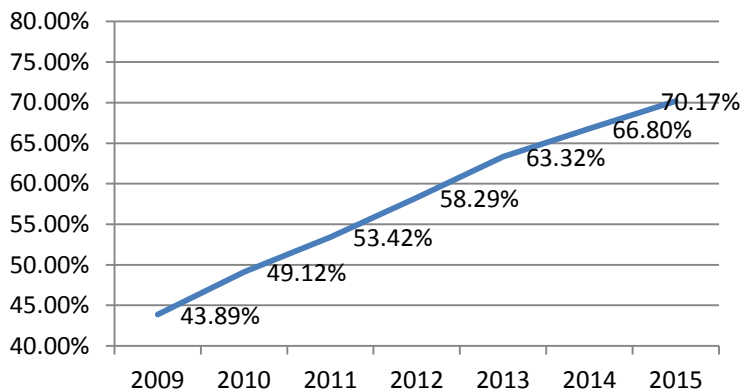
• 汙水問題

- 整體污水處理率=(污水已納入處理之人口數/總人口數)
=(用戶接管普及率)+(專用污水下水道普及率)+(建築物污水處理設施設置率)

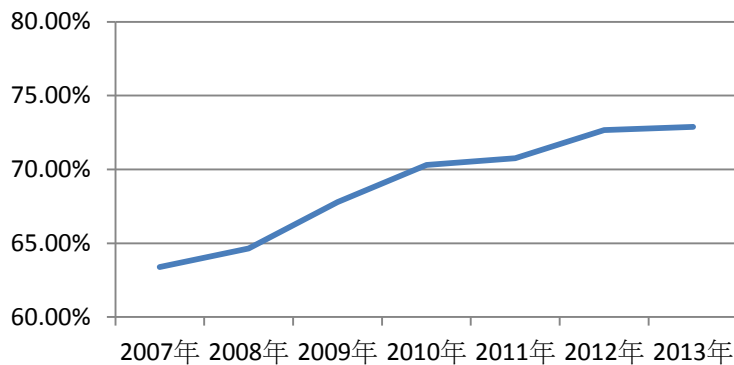
2013年廢(汙)水產生量



汙水處理率



廢(汙)水處理比例

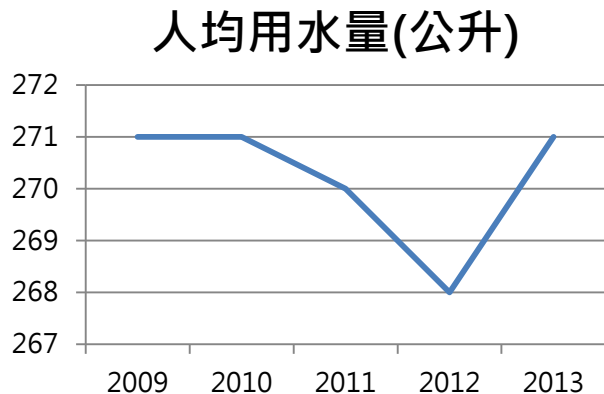


台灣人均用水量

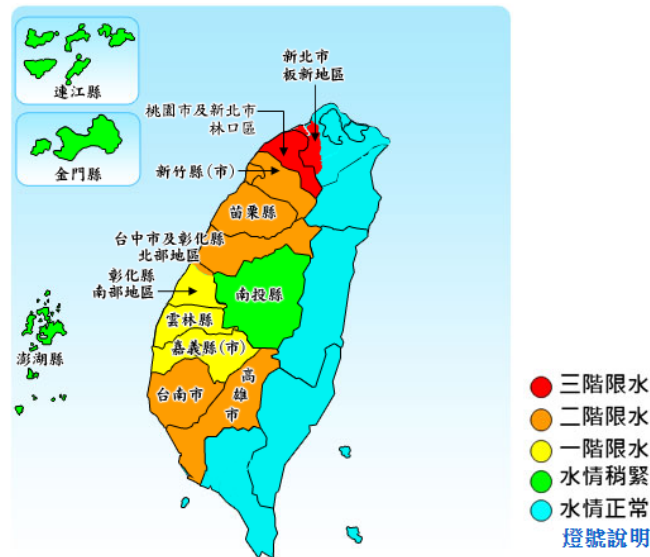
- 用水過度

- 台灣人均用水量大於世界平均約20公升

- 雙北與新竹用水量最高

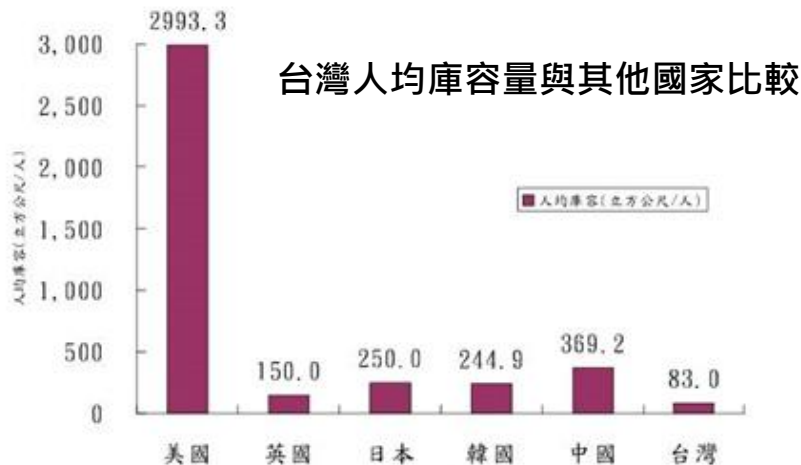


台灣地區目前限水狀況

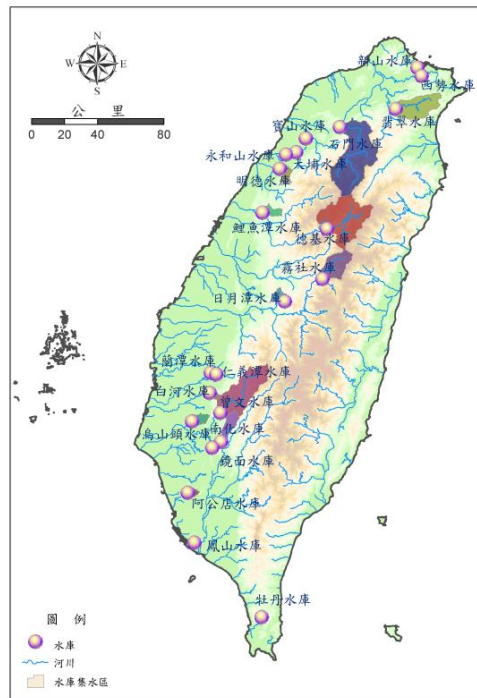


地形與氣候導致水庫淤積問題

- 因地形及氣候關係，水庫易淤積
- 台灣人均庫容量低
- 以101年水庫生活用水比重0.421試算
生活用水儲備 $83 \times 1,000 \times 0.421 / 271 = \text{約} 129 \text{天}$



台灣水庫與集水區分布圖



資料來源:經濟部水利署(100年1月)
地圖製作:余紀忠文教基金會 林書楷
中華民國100年9月

水庫蓄水率低導致儲備量下降

- 水庫蓄水率

- 水庫淤積率呈現遞增趨勢

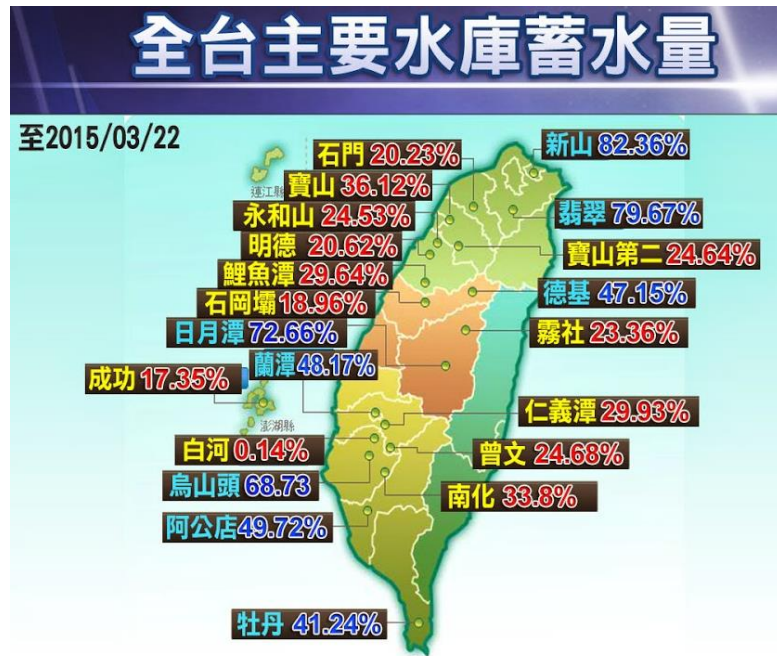
- 目前全國水庫淤積率平均值為29.5%

- 水庫總蓄水量為28億5,667萬立方公尺

- 假設淤積率減少1%去試算

$$= 2,856,670,000 \times 1,000 \times 0.01 / 23,000,000 / 271$$

淤積量減少1%，將使台灣生活用水增加約4.6天儲備



漏水率表現差強人意有改善空間

- 漏水率問題

- 台灣103年平均漏水率為18.04%
- 雖高於全球平均，但仍落後先進國家
- 依照目前漏水率，每年大約5億7613萬噸
約等於3座石門水庫的水量
- 試算每人每天可用水量增加
 $= 576,130,000 * 1,000 / 23,000,000 / 365$
 $= \text{約} 68.6 \text{ 公升}$



城市	台灣	美國	大陸	南韓	日本	亞洲	全球
漏水率	18.04%	14.20%	12.50%	7.00%	3.10%	22%	24.60%

小結

- 水資源匱乏原因，不可抗力因素實為重要
- 在缺水的趨勢之下，勢必得克服可改善的問題
- 汙水問題、用水過度、水庫淤積、漏水率為解決水資源問題的主軸

解決方式

解決方式

- 開源(拓展水源)
 - 海水淡化
 - 興建水庫
 - 提高水庫蓄水率(淤積)
- 結流(減少浪費)
 - 汙水回收
 - 家庭省水
 - 降低漏水率
- 新技術

解決方式-開源

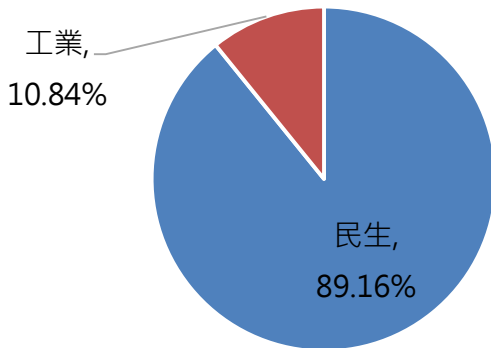
海水淡化概況—比例不高，供給生活用水為主

- 共21座

- 出水30,820立方公尺/每日
- 每人約1.34公升(v.s.每人每日用水量271公升)

- 供給民生用水為主

海水淡化佔各類別	
民生	工業
0.315%	0.074%



廠數分佈	
澎湖縣	12
連江縣	5
金門縣	2
屏東縣	2

海水淡化-以馬公海淡廠為例

- 主流技術：逆滲透
- 建設費用：6.6億台幣
- 供水量：10,000噸/天
- 約供37,000人日常用水使用量/天
- 平均每噸水成本
 - 30(折舊+變動成本) 元/噸+5(配送費)元/噸=35元/噸
- 優點
 - 取之不竭
 - 不受天氣影響
- 缺點
 - 鹵水排放
 - 高耗電(四度電/一噸水)



興建水庫

- 成本
 - 20元(水源開發費)元+5元(處理費)+5元(配送費)/一噸=30元/噸
- 優點
 - 防洪
 - 發電
- 缺點
 - 環境破壞
 - 淤積問題
 - 海岸線侵蝕

興建水庫計畫

- 施工中
 - 湖山水庫及中庄調整池
- 已規劃待推動—5座
 - 天花湖水庫、打鹿坑攔河堰、大安大甲溪、高屏大湖、鳥嘴潭人工湖
- 規劃中或待規劃—2座
 - 雙溪水庫、土文水庫

新建之水庫能增加每日供水約8.26%

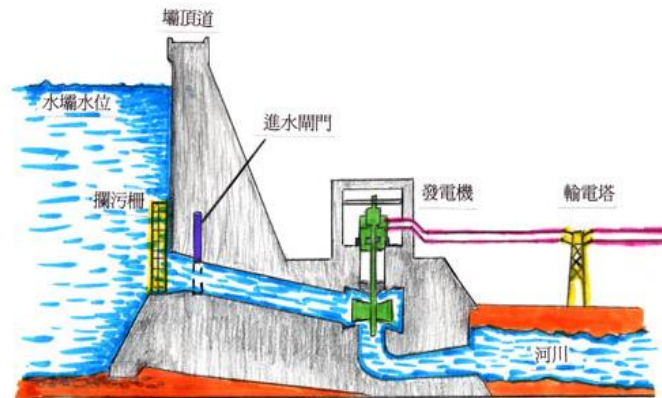
- 台灣水庫每日總供給量為2,201.6萬噸
- 新增之水庫，可以增加每日供水8.26%

		有效庫容	日增加供水
規劃中	雙溪水庫	1,700	12.6
	士文水庫	6,559	20
施工中	湖山水庫	5,347	43.2
	天花湖水庫	4,791	26
	中庄調整池	697	80
總計		19,094	181.08

單位： 萬立方公尺 萬噸

水庫淤積處理(以石門水庫為例)

- 傳統清淤方式-機械抽泥
- 目前的淤積速度350萬立方公尺/年
- 近幾年的方式-水力排沙
- 預防泥沙流入(上圖)
 - 繞庫排沙(防淤隧道)
 - 耗資110億，一年攔截135萬立方公尺泥沙
- 現有泥沙排出(下圖)
 - 排砂道
 - 僅有颱風狀況才能排砂
 - 耗資6億，年排沙量100萬立方公尺



解決方式-節流

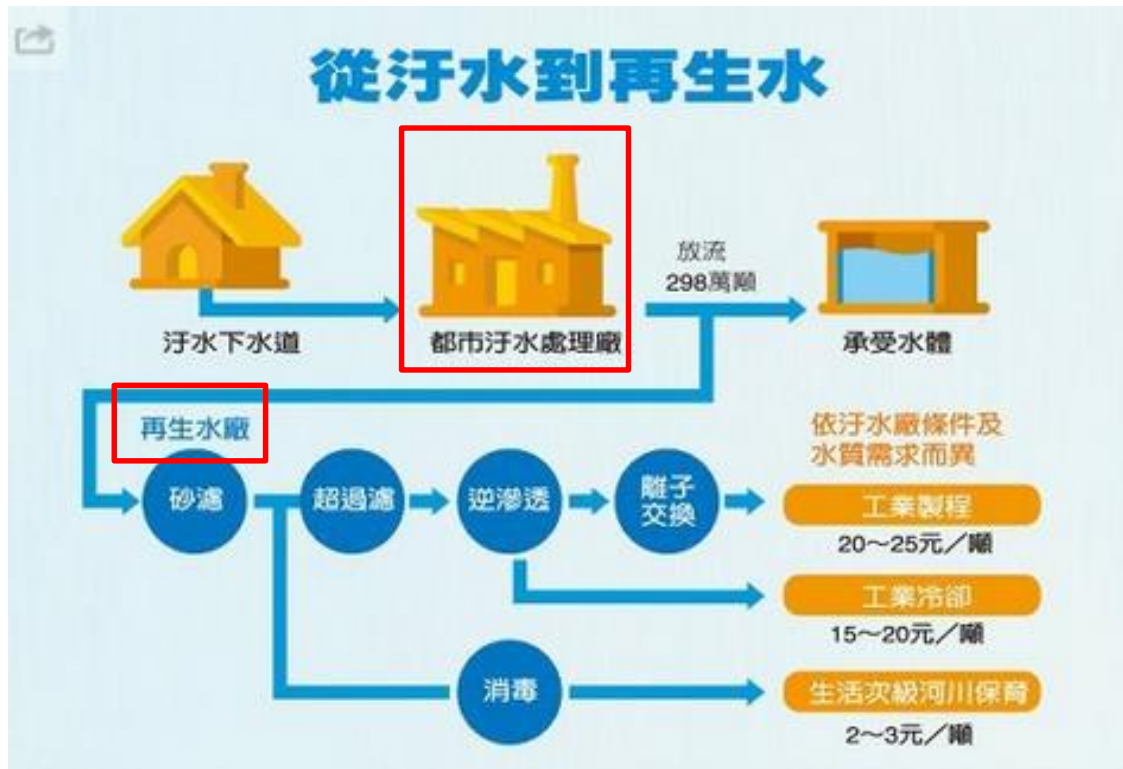
汙水處理-汙水處理and再生水回收

汙水處理廠

- 處理程序

- 一級處理→去除泥沙
- 二級處理→去除有機物
- 三級處理→去除重金屬

- 台灣汙水處理廠一天處理265萬噸汙水



汙水處理-汙水處理and再生水回收

再生水廠

- 再生水一天僅回收40.6萬噸，回收率只有15%
- 成本約**25元/噸**(20元處理費)+5元配送費)

我國各類再生水使用狀況

項 目	內 容
總量	40.6萬噸(100%)
工業大戶回收	36.7萬噸(90.4%)
生活污水大戶回收	0.79萬噸(1.7%)
工業廢水處理放流水再生	0.73萬噸(1.8%)
都市污水廠再生	2.48萬噸(6.1%)
未來計畫	109年前完成6座再生水示範廠，處理量每日28萬噸

備註：40.6萬噸再生水數量為103年統計

製表：呂雪慧

●各地水庫蓄水量吃緊，政府將再催生6座再生水廠，紓解工業用水困境。
圖／本報資料照片



降低漏水率

- 台灣自來水管線老舊破裂是漏水主因
- 台水計畫9年耗資645億汰換6,000公里老舊管線，到2022年，預計降低5.3%漏水率，減少1.7億噸年漏水量(0.85座的石門水庫總容量)



降低漏水率

- 試算：借由汰換管線以節省一噸的淨水需要花費多少錢？
- 自來水管可使用40年
- 耗資645億汰換舊管線，2022往後的40年，每年都可減少1.7億噸的漏水量，等於一年花16.12億去購買原本會漏失1.7億噸的量， $16.12\text{億} / 1.7\text{億噸} = 9.48\text{元/噸}$
- 因此成本=**14.48元/噸**(9.48元+5元配送費)

家庭省水

- 全台每人每日平均生活用水量為273公升,每人家庭用水173公升,佔平均生活用水量63.36%
- 經濟部官員表示，108年後將強制販售省水馬桶、洗衣機、水龍頭及其11種具有省水標章的器材。
- 經濟部表示,如換裝省水器材,每人家庭用水可降至158公升,節省5.4噸/年,可省下水費54元/年
- 效果有限

小結

- 透過我們以上的試算，各項處理方式得到每噸清水之成本比較，如下圖：

管線漏水處理	水庫除淤	再生水回收	水庫興建	海水淡化
14.48元/噸	無法計算	25元/噸	30元/噸	35元/噸

- 目前採用管線漏水處理是最佳的做法，但仍須使用水庫清淤之方式來增加運用水資源之效率

補充-新技術-大氣水(AquaSciences)

- 原理
 - 利用特殊技術捕捉空氣中水分
 - 消耗石油
- 產出
 - 每天可產生9620公升的淨水
- 成本
 - 未知
- 可能具有發展空間



化腐朽為神奇-糞便水介紹(Omniprocessor)

- 原理
 - 糞便➡加熱煮沸(1000度)➡驅動蒸氣引擎➡發電➡乾燥物與水分離
- 產出
 - 每日處理10萬人的糞便，製造86000公升淨水和250千瓦的電力
- 成本
 - 固定成本：150萬美元(約4650萬元台幣)；變動成本：未知
- 原理簡單但存在疑慮
 - 重金屬
 - 病毒



結論

結論

- 台灣水資源確實有不足之疑慮，且未來會越來越明顯
- 台灣水資源問題主軸—用水過度、汙水問題、水庫淤積、漏水率
- 應「開源」與「節流」並進，我們認為管線漏水處理、水庫清淤為目前較可行之方法
- 就成本上，未來幾年，省水器材製造商、管線提供廠商、水庫除淤工程承包商，應較再生水回收廠、海水淡化更具有成長性