

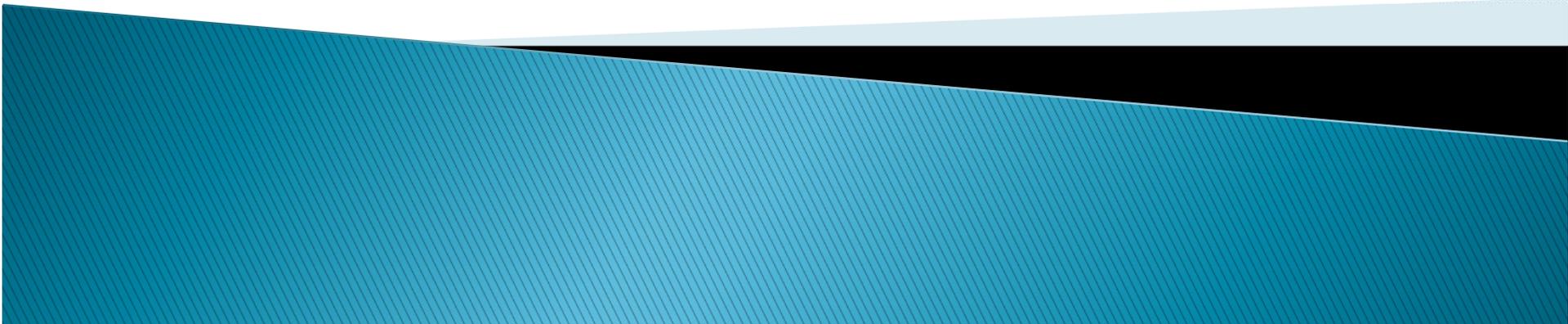
極端降水下的水庫有效降水利用率變化

翡翠、石門、曾文水庫(2003-2013年)

張怡蕙¹ 簡銘哲² 曾鴻陽² 劉清煌²

¹中國文化大學 地學研究所

²中國文化大學 大氣科學系



研究動機

- ▶ 年平均降水量約2500mm（世界平均約2.6倍）
 - ▶ 每人每年可平均分配之降水量不及世界平均值的1/5
- 台灣為水資源匱乏地區



研究動機

台灣水資源及其運用

- ▶ 台灣每年總降水量約1000億立方公尺，但因以下等等因素，導致可運用之水量僅約180億立方公尺
 - ✓ 降水主集中在5-10月(豐枯期差距顯)
 - ✓ 環境特性：地形陡峭、河川短小→河川無法有效儲存降水
 - ✓ 蒸發損失
 - ✓ 無足夠水庫儲存



河川(101.8億立方公尺)	}	農業用水(約71%)
水庫(43.5億立方公尺)		生活用水(20%)
地下水(35.9億立方公尺)		工業用水(9%)

(經濟部水利署_2000-2009)



水庫雖非最主要供應者，但最具調節功能 可儲存多餘水

研究動機

氣候變遷之極端降水

- ▶ IPCC第四次評估報告結果指出，隨著氣候變遷之影響下，全球強降水之**強度**及**頻率**有逐漸**增加**之趨勢，且**乾濕季**愈**發顯著**之現象發生。
- ▶ 台灣百年來之**小雨日數**大幅減少(Hsu and Chen 2002；陳 2008；Hung and Kao 2010；許等 2011)

許等 2011：

- ▶ 台灣之**大豪雨日數**(近30年)有**明顯增加**之趨勢
- ▶ 台灣過去40年來，年降水量雖無明顯變化，但**颱風降水**佔年總降水量比例足足增加15% (1970年代的15%提高至2000年代的30%)
- ▶ 超過3/4模式推估，台灣(北台灣除外)未來夏季平均降水將增加→**豐愈豐、枯愈枯**

更突顯水庫蓄水之重要性

研究目的

未來在「豐水期愈豐、枯水期愈枯」且無足夠水庫儲水



降水集中勢必對集水區帶來更顯著衝擊

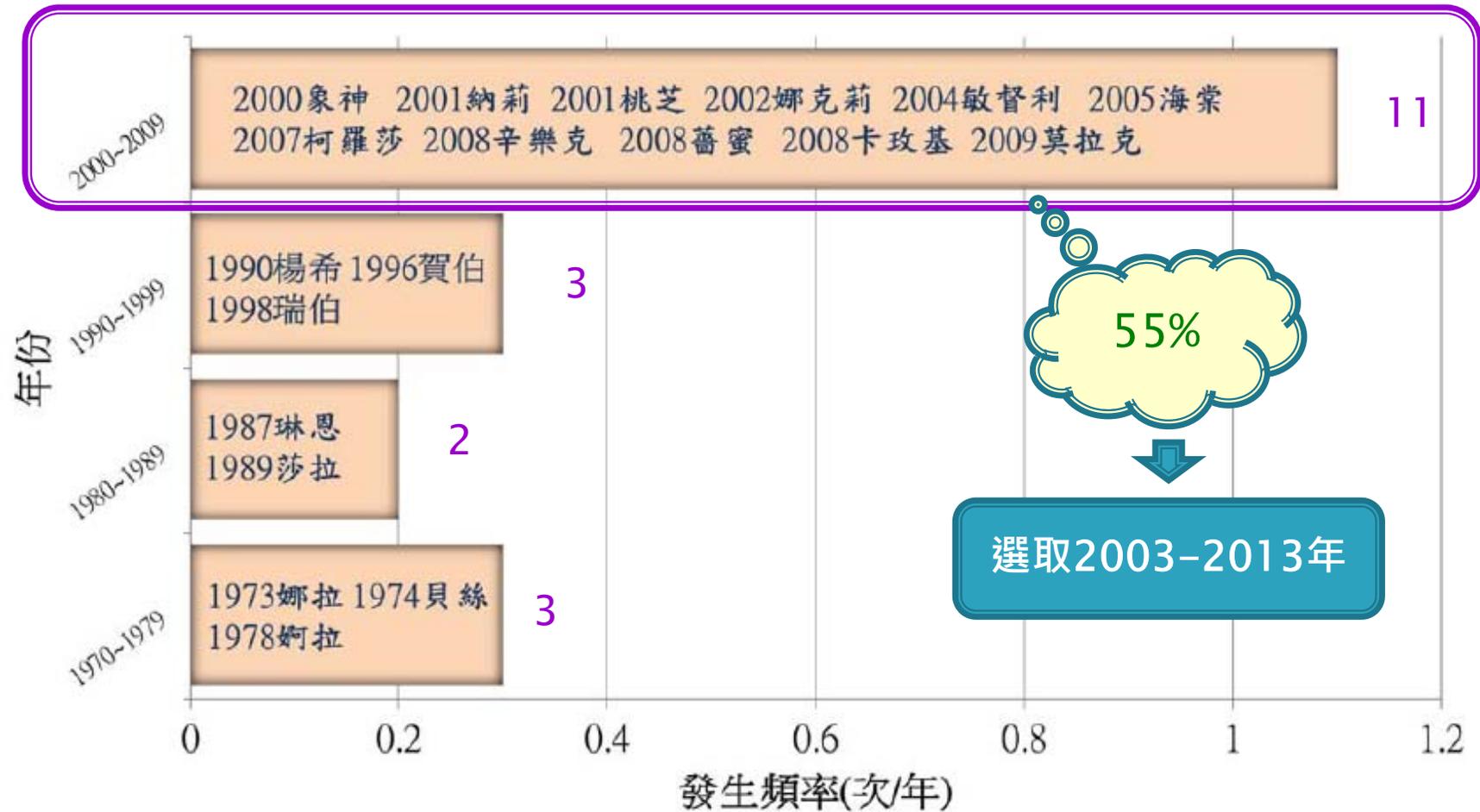


氣候變遷下，台灣將面臨更嚴峻之用水問題
能否有效發揮水庫功能→關係著水資源供需



1. 瞭解水庫有效降水利用率與極端降水之關係
2. 水庫能承受的豪雨可能發生頻率
3. 豪雨發生頻率對於達成水庫最佳有效蓄水量之影響

極端強降水颱風發生頻率



1970-2009年排名前20名

(台灣氣候變遷科學報告2011_NCDR提供)

研究結果-初估

有效降水利用率與極端降水關係



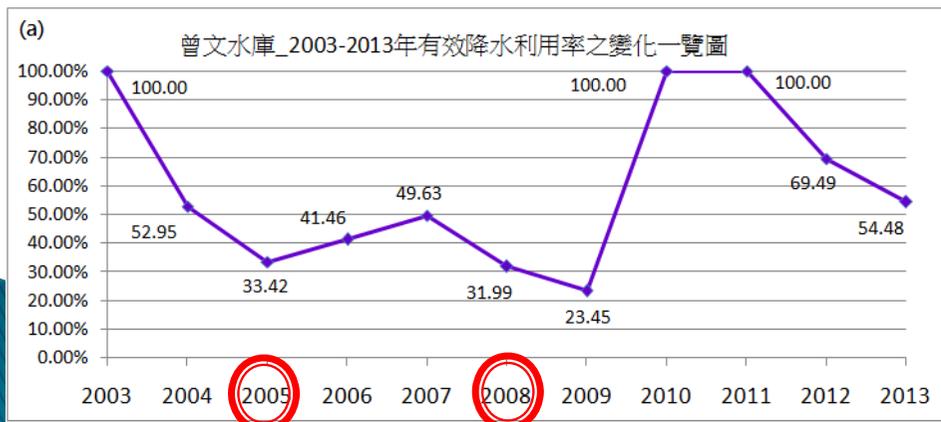
翡翠

年平均 91.45%
 豪雨發生頻率(高) 75.60%
 (一般) 94.97%



石門

年平均 71.05%
 豪雨發生頻率(高) 47.98%
 (一般) 79.45%



130 ≥ 5次且300 ≥ 2次

曾文

年平均 59.72%
 豪雨發生頻率(高) 32.71%
 (一般) 71.00%

當該年豪雨頻
 高時，不利水
 庫有效蓄水之
 提升

研究結果

高豪雨頻率之季節分布

幾乎發生在梅雨季及颱風季

年份	翡翠水庫			石門水庫			曾文水庫		
	梅雨季	颱風季	總計	梅雨季	颱風季	總計	梅雨季	颱風季	總計
2003	0	1	1	0	0	0	1	0	1
2004	1	3	4	0	4	4	0	4	4
2005	1	7	8	0	6	6	4	6	10
2006	0	1	1	1	1	2	2	3	5
2007	0	3	3	0	2	2	0	5	5
2008	0	4	4	0	5	5	0	5	5
2009	0	3	3	0	1	1	0	4	4
2010	0	2	2	0	2	2	1	1	2
2011	1	2	3	0	0	0	0	2	2
2012	1	2	3	1	2	3	6	1	7
2013	0	2	2	0	4	4	1	6	7

有效降水利用率

2004年(1,3)

82.51%

高於

2008年(0,4)

68.69%

均發生於颱風季

有效降水利用率

2005年(4,6)

33.42%

略高於

2008年(0,5)

31.99%

梅雨季之豪雨有利於水庫有效蓄水之提升
集中於颱風季之高頻率豪雨，對水庫有效蓄水為負貢獻

梅雨季之豪雨有利於水庫有效蓄水之提升
集中於颱風季之高頻率豪雨，對水庫有效蓄水為負貢獻



造成此結果應與台灣降水季節分布有關
梅雨季前，台灣一般處降水空窗期→降水易為水庫儲存
但當水庫受梅雨季降水之貢獻→隨後之颱風季降水若過於
集中或頻率過高，則極易形成無效降水



分析結果顯示

水庫的有效蓄水量之負貢獻絕大多數來自於颱風季之降水

研究結果

水庫最佳年有效降水當量

就台灣水庫總有效容量(約19億立方公尺)而言，僅為年用水需求量(約180億立方公尺)的11%



每座水庫年運用次數平均至少須超過2-3次，甚至石門需超過4次才足以供應全台用水需求



2003-2013年水庫最佳年有效降水當量(mm)

翡翠	石門	曾文
4250.7	2263.8	2763.3

均發生於常態時

有效進水量

~11億

~15億

~10億



為水庫有效容量的幾倍

翡翠3.31倍

石門7.27倍

曾文2.35倍



豪雨頻率高時

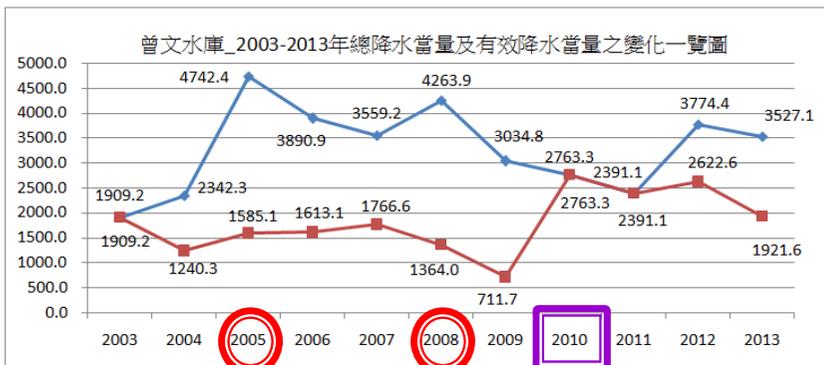
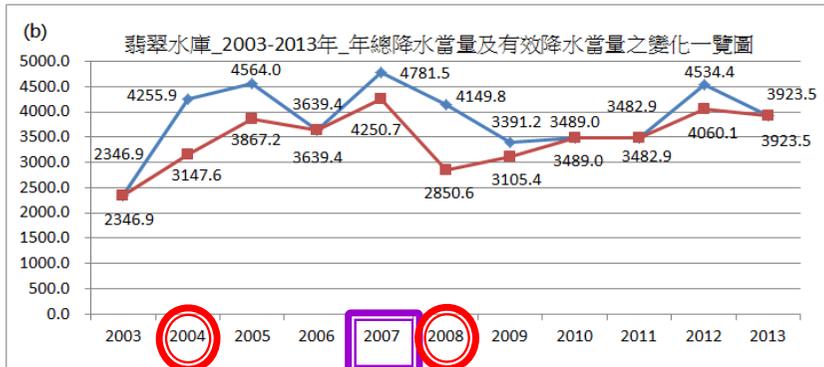
翡翠2.29倍

石門3.95倍

曾文1.32倍

研究結果

豪雨發生頻率對有效蓄水之影響



B:最佳有效降水當量飽和比

D:年總降水當量 A:水庫最佳年有效降水當量

	翡翠水庫	石門水庫	曾文水庫	平均值
A	4250.7mm	2263.8mm	2763.3mm	
當D>A時之B值	豪雨發生頻率(高)	74.05%	53.29%	67.40%
	豪雨發生頻率(一般)	95.50%	91.62%	71.69%
當D<A時之B值	76.75%	73.48%	75.13%	75.12%

曾文 D>A → B_(頻率高) 較 B_(常態) 低 18.40%，且較 D<A 之 B 為低 (差 21.84%) (翡翠呈類似趨勢)

石門 D>A → B_(頻率高) 較 B_(常態) 低 16.77%，雖較 D<A 之 B 為高，但僅相差 1.37%

突顯出年豪雨頻率高 → 對達成最佳年有效降水當量為負貢獻
且南部水庫較北部水庫顯著

選取標準與名詞解釋

- ▶ 無效降水開始日之選取標準：
翡翠(石門，曾文)水庫必須同時滿足
 - (1)該日或前一日或前兩日之日雨量 $\geq 130\text{mm}$
 - (2)該日進水量 $\geq 1000(1000, 800)$ 萬立方公尺
 - (3)該日出水量/該日進水量 $\geq 80\%$ ，或者該日有效蓄水量百分比 $\geq 90\%$
- ▶ 無效降水結束日之選取標準：當翡翠(石門，曾文)水庫，該日進水量 $< 1000(1000, 800)$ 萬立方公尺，則視為結束日
- ▶ 無效進水量：無效降水日之進水量均視為無效進水量
- ▶ 有效降水利用率($\%$)=有效進水量/總進水量 \rightarrow 水庫有效蓄水率
- ▶ 水庫最佳年有效降水當量(mm)：選取該水庫於2003-2013年之最大有效降水當量即稱之 \rightarrow 水庫之最佳有效蓄水量
- ▶ 水庫最佳有效降水當量飽和比($\%$)=該年水庫有效降水當量/水庫最佳年有效降水當量 \rightarrow 水庫最佳有效蓄水飽和比

結論與討論

▶ 本研究透過對台灣西部3個水庫之觀測及統計資料初步分析結果顯示：

1. 有效降水利用率

✓ 與高頻率豪雨呈反向關係

空有極高自然降水量，卻無極佳利用率，能真正使水庫發揮功能之效力與自然降水偏少的有效降水利用率相差有限。

✓ 北部較南部水庫為佳

反映北部豪雨發生頻率之變率較南部水庫為低

2. 梅雨季期間之豪雨有助水庫最佳有效蓄水飽和比提升，颱風季則視豪雨發生頻率而定，當年豪雨發生頻率小於4次為正貢獻，4次以上為負貢獻

高頻率豪雨

翡翠(石門，曾文) $130\text{mm} \geq 4(4, 5)$ 次且 $300\text{mm} \geq 1(2, 2)$ 次

3. 台灣之水庫最佳有效降水當量飽和比(水庫最佳化蓄水)之降水模式為

✓ 梅雨季豪雨頻率1-2次(曾文可達4次)，且每次降水量需小於300mm(250mm)

✓ 颱風季豪雨頻率1-2次，翡翠、石門(曾文)每次降水量需小於300mm(250mm)



結論與討論

從水庫能否有效發揮調節水資源功能之角度來看，若水庫有效蓄水量均能維持在一定水位之上，功能就大。

然影響其有效蓄水量的重要因素之一，即自然降水，在自然降水的時序分佈上若能與水庫的供水需求達成和諧，即能達成水庫設立的原意。

近年來臺灣亦受到極端降水事件影響，年降水總量雖無明顯上升趨勢，但降水強度增強、豪雨頻率增加、連續無雨日數亦呈現增加之趨勢，在在反映出極端降水事件勢必衝擊水庫的利用功能。

上述研究也反映了此一趨勢，即臺灣西部水庫明顯受豪雨發生頻率及季節分佈等因素影響，而干擾水庫能否達到水庫之最佳運作狀態。相對地，當極端天氣的缺水年來臨時，水庫在水資源調配及運用功能上將會扮演更重要的角色，因此，水庫能否達成最佳蓄水狀態也是另一個值得探究的問題。



感謝聆聽 敬請指教

