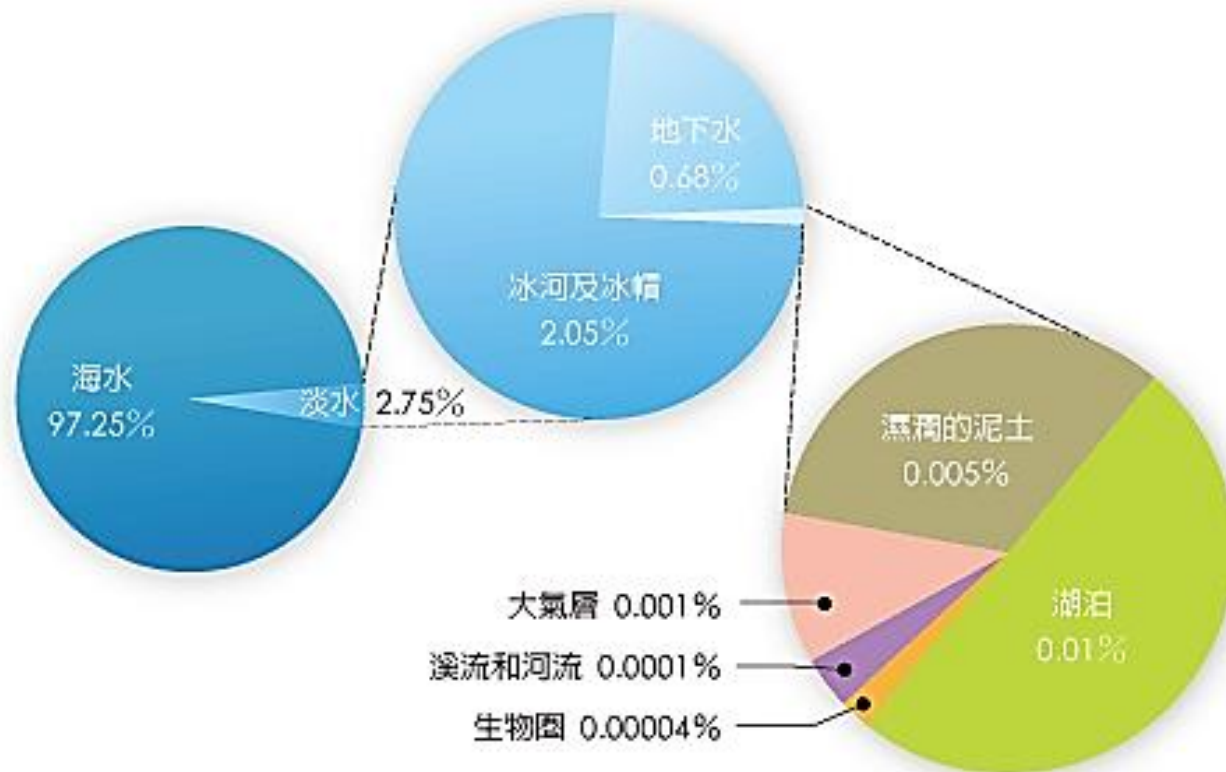


# 全球水環境

## 世界上的水

97.25%為海水，2.05%的水存在冰河及冰帽，地下水則佔了0.68%，真正能供人們灌溉、飲用的水不到1%。



# 全球水環境

## 水文循環

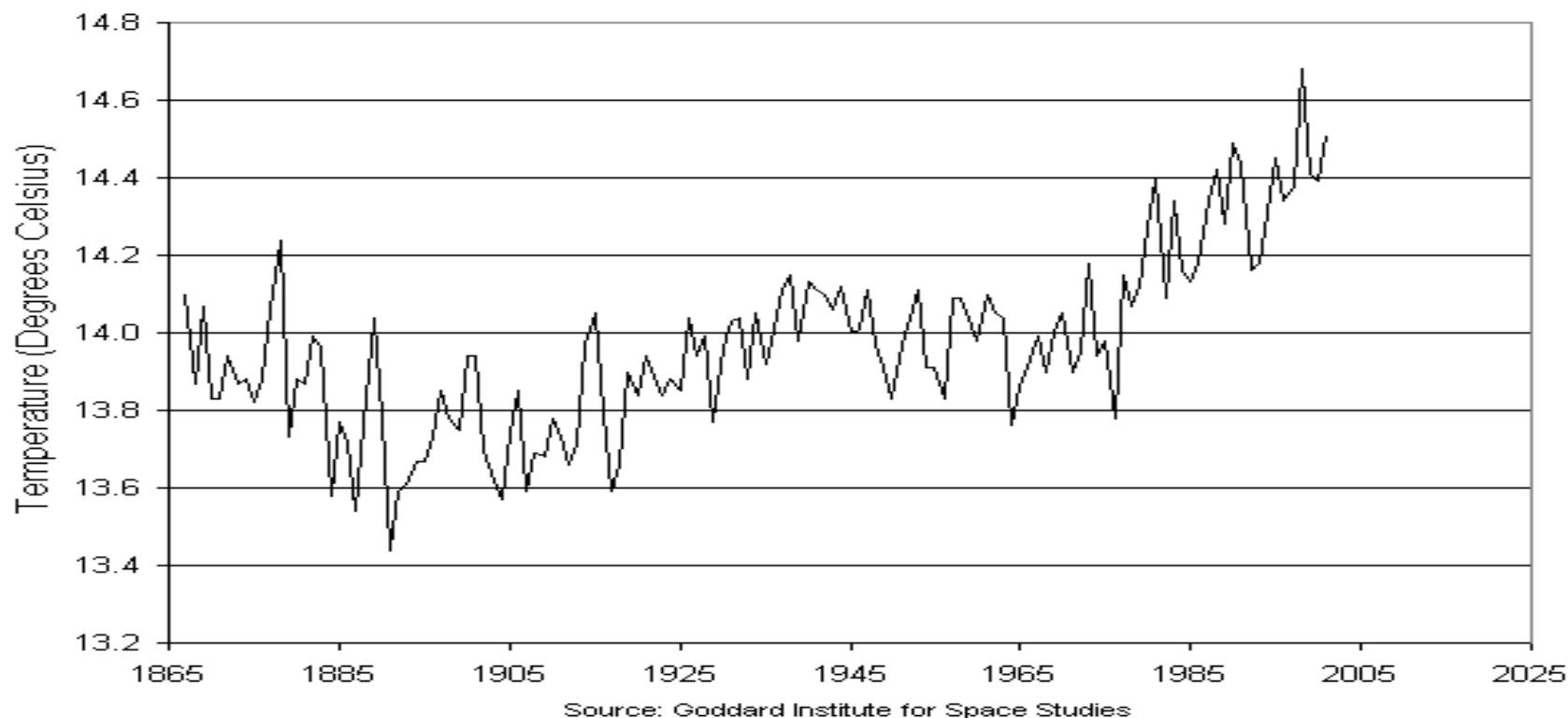


# 全球水環境

## 水循環變化

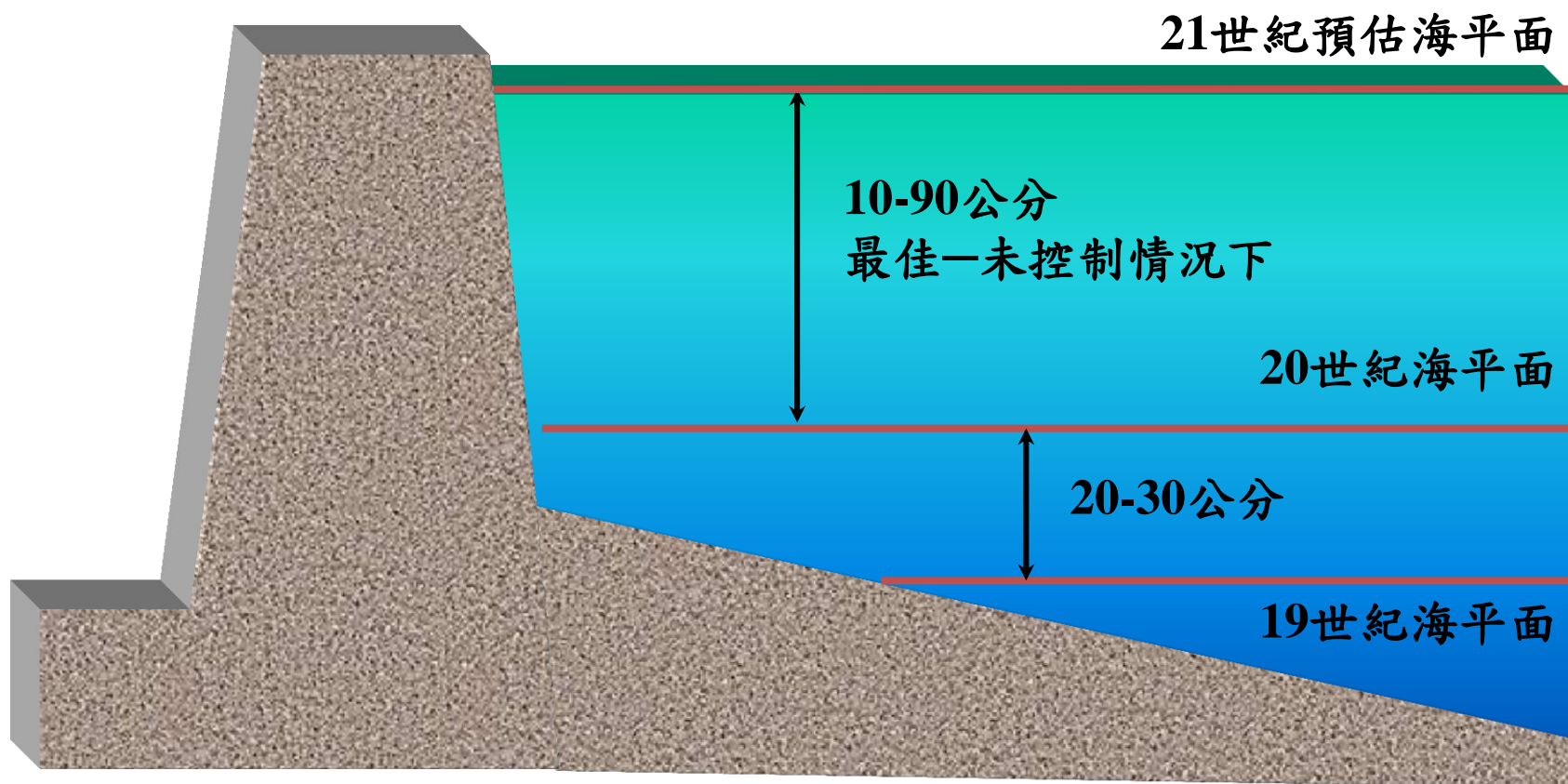
溫室效應，氣候暖化

Average Global Temperature, 1867-2001



# 全球水環境

## 冰川融化，海水上升



# 全球水環境

## 2002年世界水的災情

### 北美洲

- ◆ 美國、墨西哥、牙買加、海地等4國**61人死亡**
- ◆ 尼加拉瓜**數十人死亡**
- ◆ 美國**紐約市**緊急宣告**旱災**

### 中南美洲

哥倫比亞、委內瑞拉、厄瓜多爾、巴西、玻利維亞、利智、秘魯等7國**463人死亡或行蹤不明**

### 歐洲

塔吉克、奧地利、法國、羅馬尼亞、希臘、捷克、德國等7國**138人死亡，20萬人避難**

### 非洲

剛果、衣索匹亞、肯亞等3國**115人以上死亡**

### 俄羅斯

**154人死亡**

### 澳大利亞

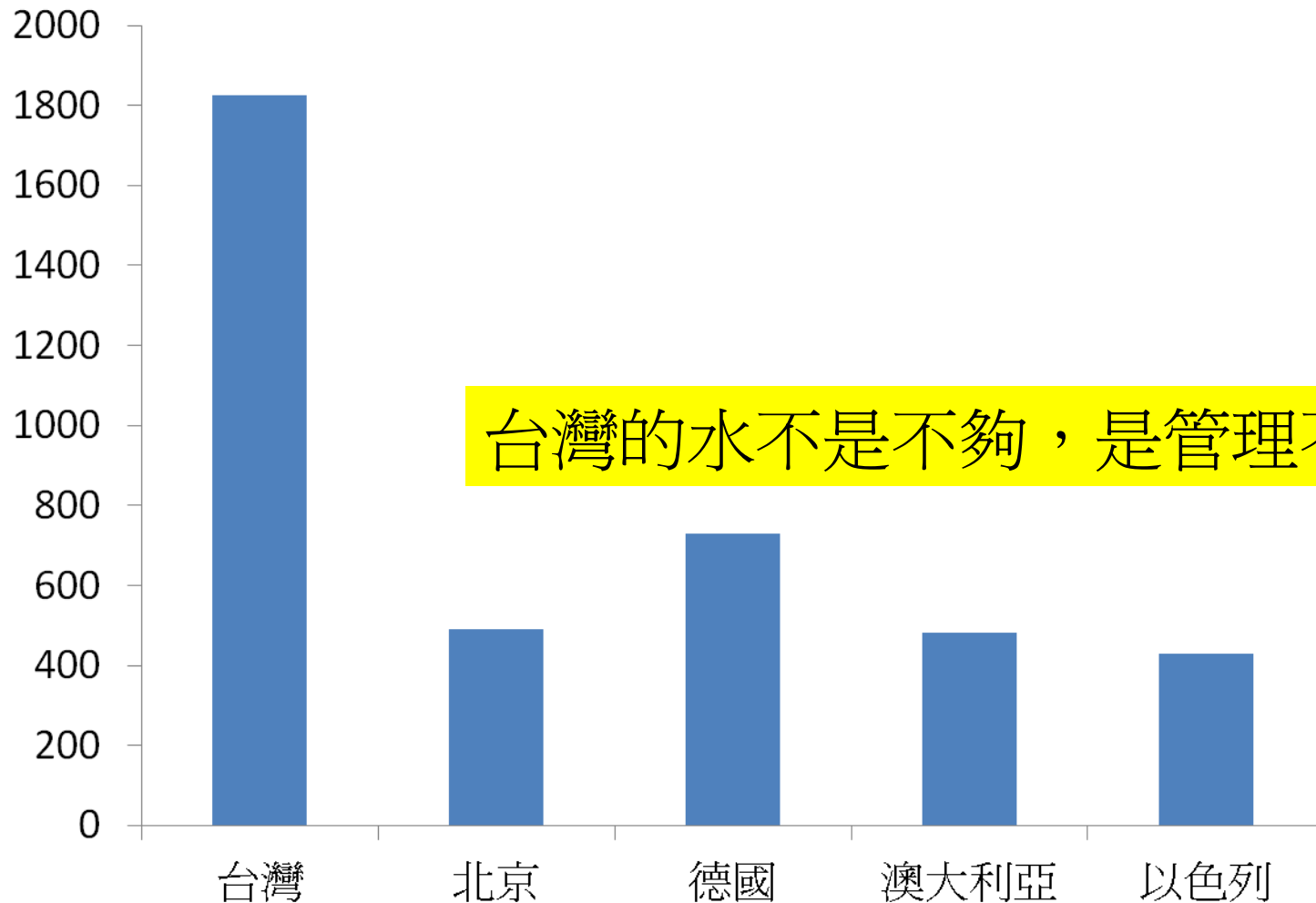
發生**100年頻率**之農業**旱災**及造成**森林大火**

### 亞洲

- ◆ 中國、北韓、南韓、印尼、菲律賓、越南、馬來西亞、泰國、印度、尼泊爾、巴基斯坦、阿富汗、阿曼、伊朗、斯里蘭卡、阿爾及利雅、土耳其、沙烏地阿拉伯等**18國3756人死亡或行蹤不明**
- ◆ 阿富汗**連續4年乾旱**造成家畜**80%死亡**
- ◆ 斯里蘭卡**7月乾旱**
- ◆ 中國**2800萬ha的旱田**及**138.7萬ha的水田**發生**乾旱**
- ◆ 印度**熱浪1000人以上死亡，7月乾旱**

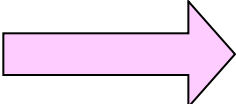


# 2014年precipitation



台灣的水不是不夠，是管理不夠！

# 台灣水環境

降雨量分布不均  須賴蓄水設施「蓄豐濟枯」

空間分布不均	山區		3600 mm
	沿海		1600 mm
	≐ 2倍		
時間分布不均	年際差異	最豐年	3322 mm
		最枯年	1500 mm
		≐ 2倍	
	季節性差異	雨季	1960 mm
		旱季	550 mm
		≐ 3倍	

缺水

91及92年  
連續2年  
北部乾旱

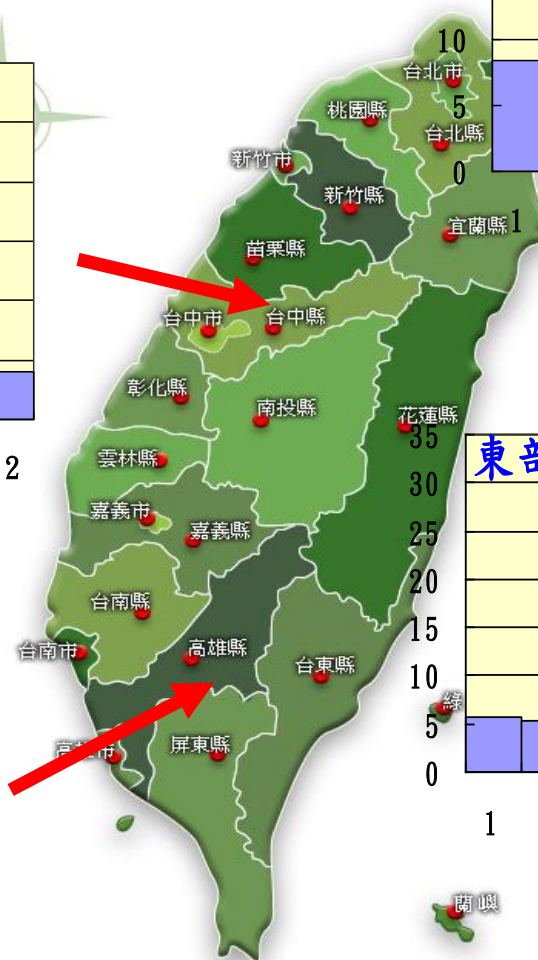
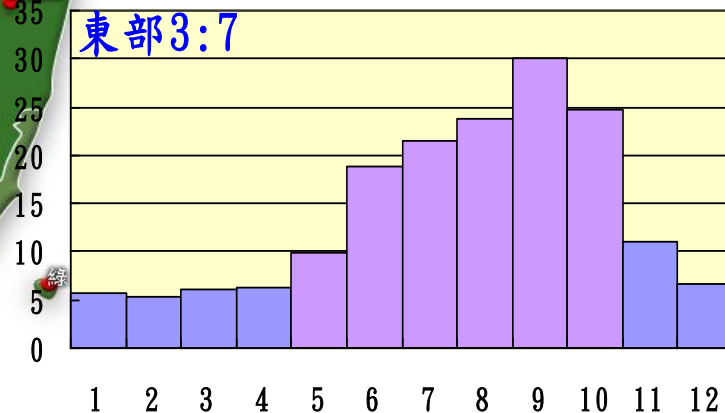
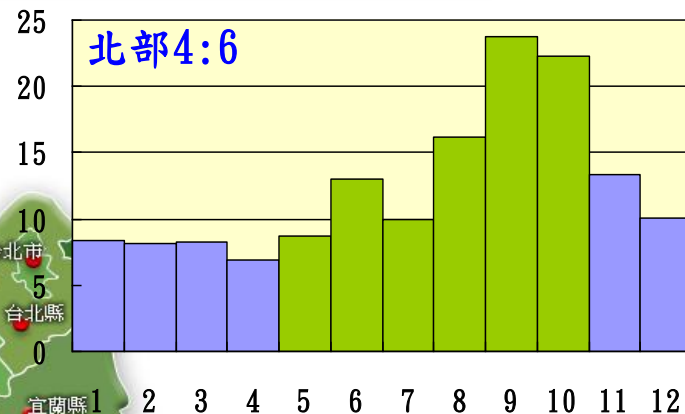
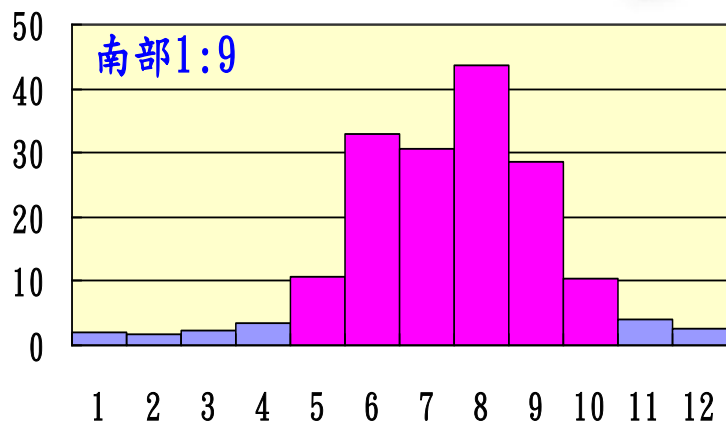
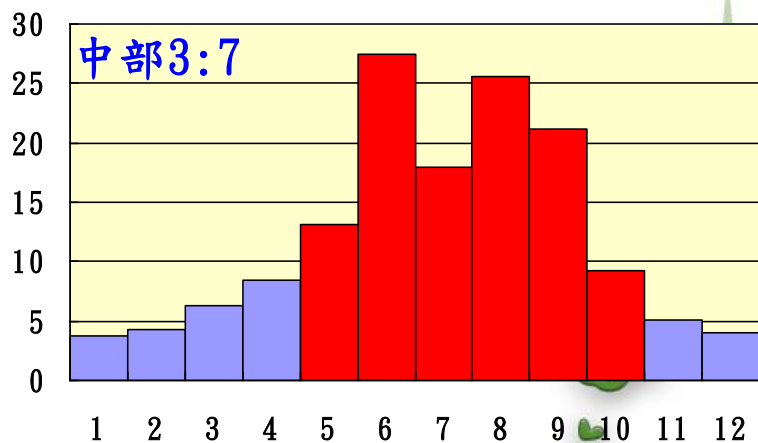
暴雨

- 1小時最大降雨達300mm
- 1日最大降雨達1748mm



# 台灣水環境

# 河川水量豐枯懸殊

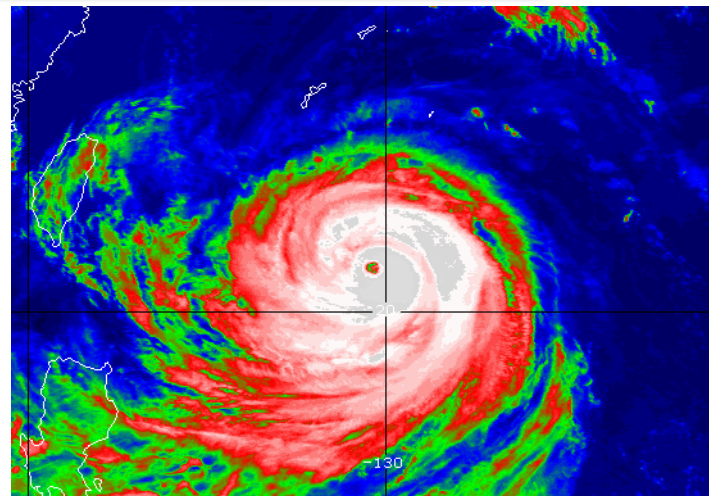
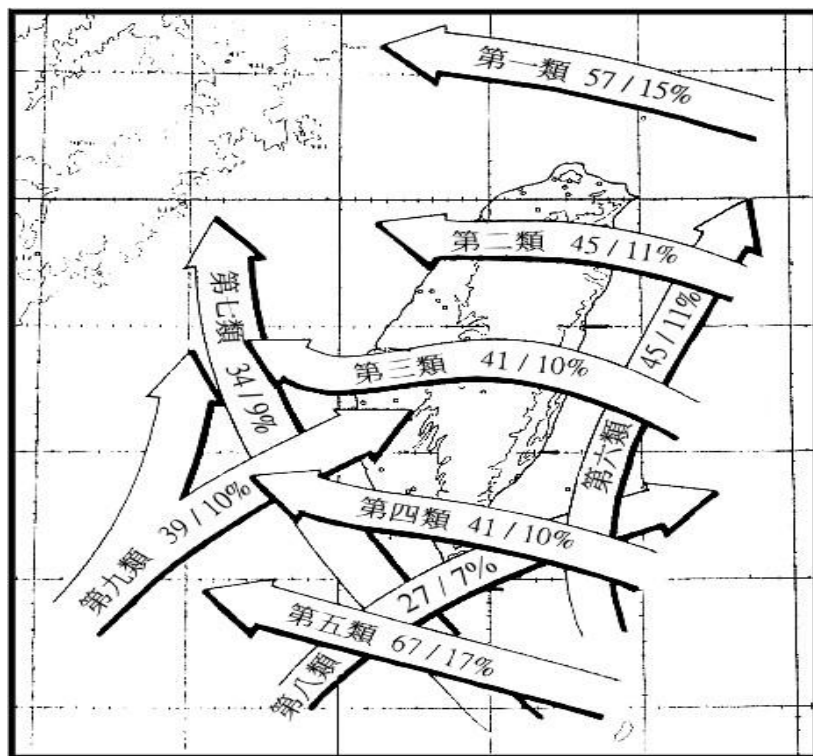




# 台灣水環境

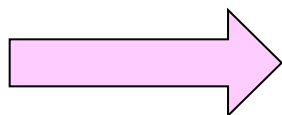
## 颱風豪雨多，洪澇災害頻繁

- 侵台颱風平均每年有3.5次
- 豪大雨每年10數次



# 台灣水環境

降雨強度大



保水保土不易

台灣與世界各延時最大降雨量之比較

1小時最大降雨量可達**300 mm**

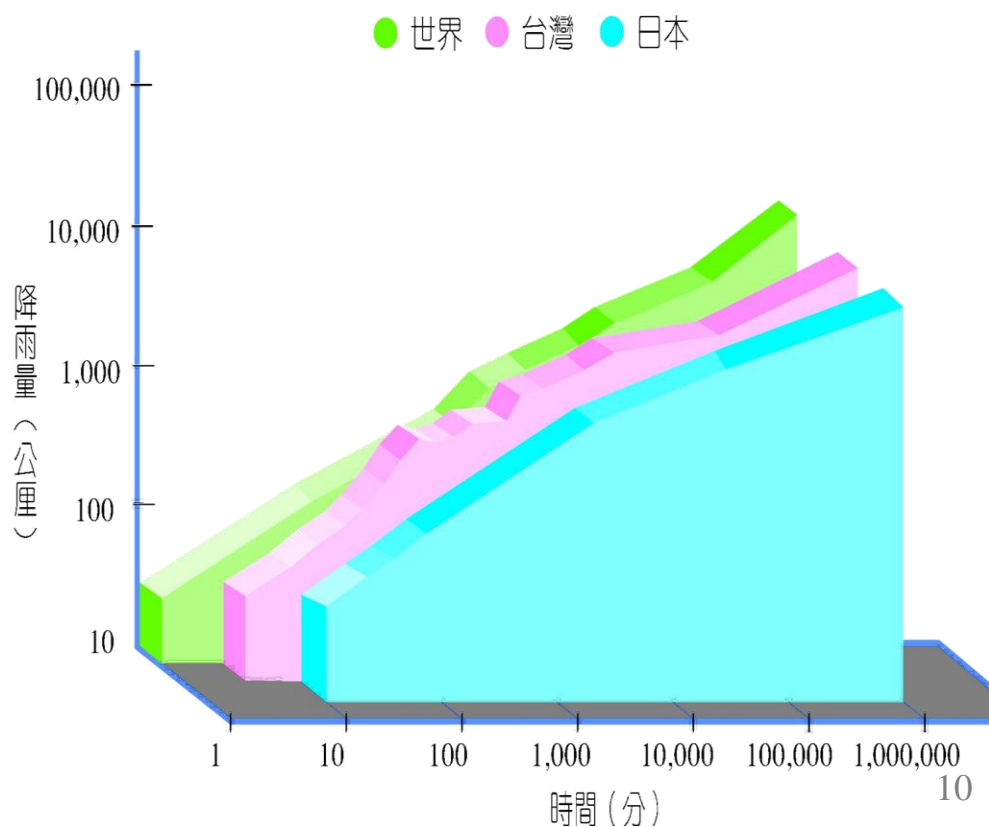
1日最大降雨量可達 **1,748 mm**

(85年賀伯颱風)

台灣1小時~3日之最大降雨值

—相當於世界極值**5~93%**

—約為鄰近日本國之**1.6倍**

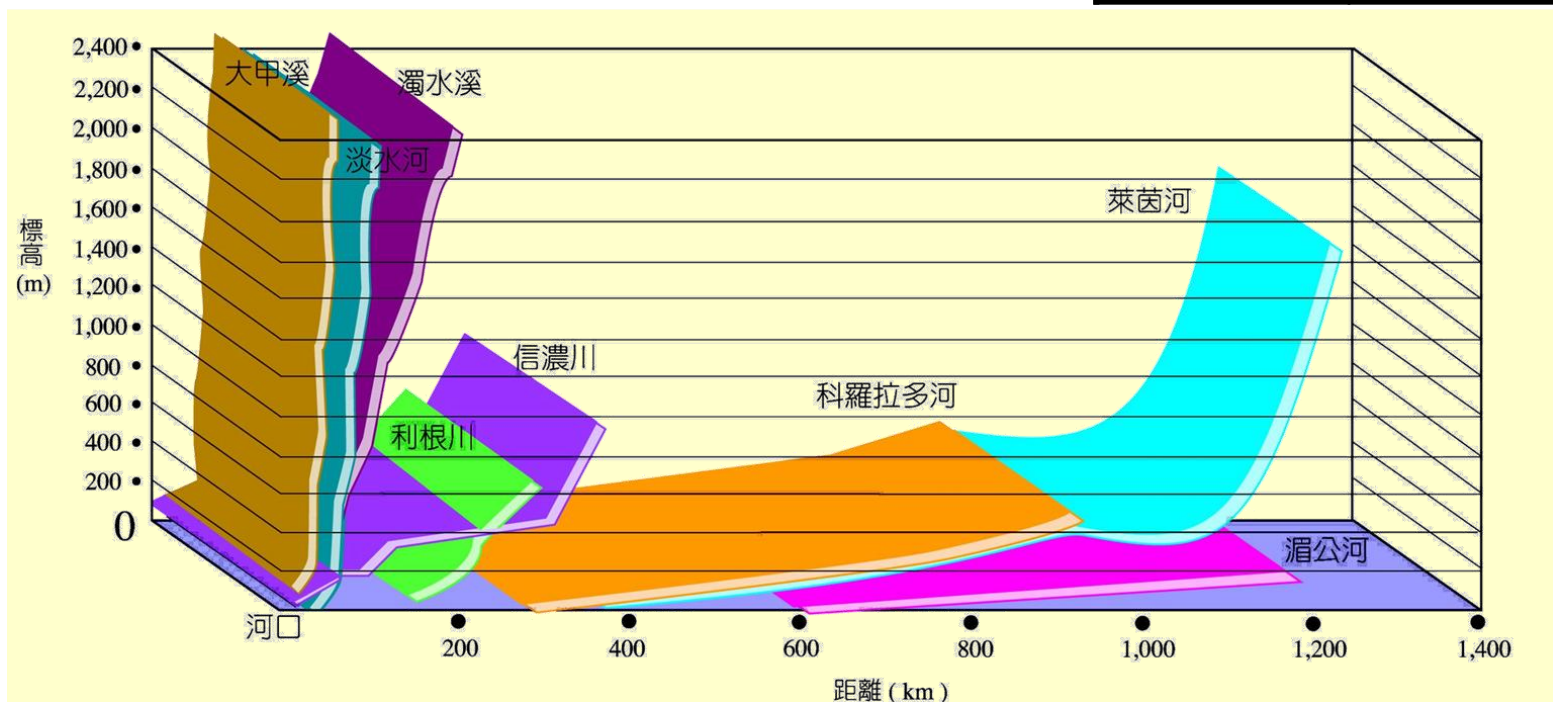


# 台灣水環境

## 河川坡陡流急

- 地形陡峻→3/4以上雨量直流入海
- 地質年淺質弱→適合建壩地點受限

河流	河流長度
淡水河	158.67公里
大甲溪	140.21公里
濁水溪	186.40公里
高屏溪	170.90公里





# 台灣水環境

## 集水區地質脆弱、沖蝕量大

地 區		年沖蝕量 (公厘)
美國	田納西河谷	0.25
台灣	北部	2-7
	中部	10-30



# 台灣水環境

## 土地過度開發的影響

- 集流時間縮短
- 洪峰流量增加
- 淹水機率大增
- 土地涵蓄能力下降
- 用水增加
- 缺水情形增加





# 台灣水環境

## 都市開發與水爭地之結果

### ◆ 與水爭地

河道束縮，通水斷面不足

### ◆ 綠地減少

保水及水源涵養能力降低

### ◆ 水田及蓄水面積減少

瀦蓄雨水量減少

### ◆ 不透水區域擴大

地下水入滲減少、地表逕流增加迅速集中

### ◆ 人口成長與集中

水需求量及污水量增加



# 2001. Sep.16-17 NARI 颱風



聯合新聞網 記者牟玉珮／攝影



聯合新聞網 記者杜建重／攝影











# 台灣水環境

台灣年平均降雨量雖多，但人均分配雨水量及有效水資源量偏低



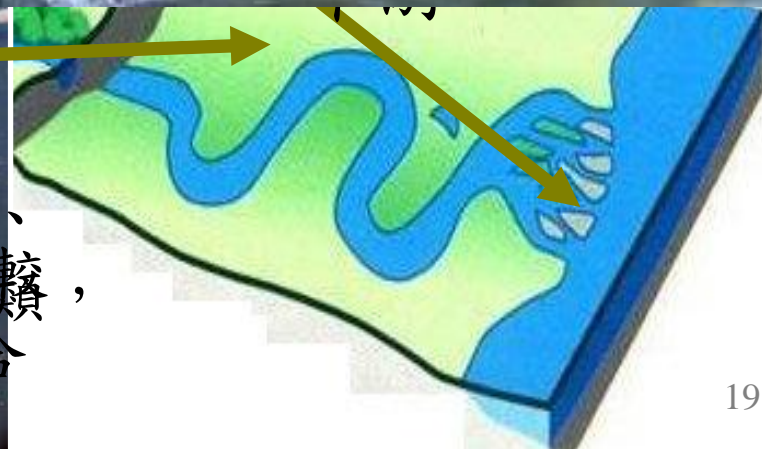
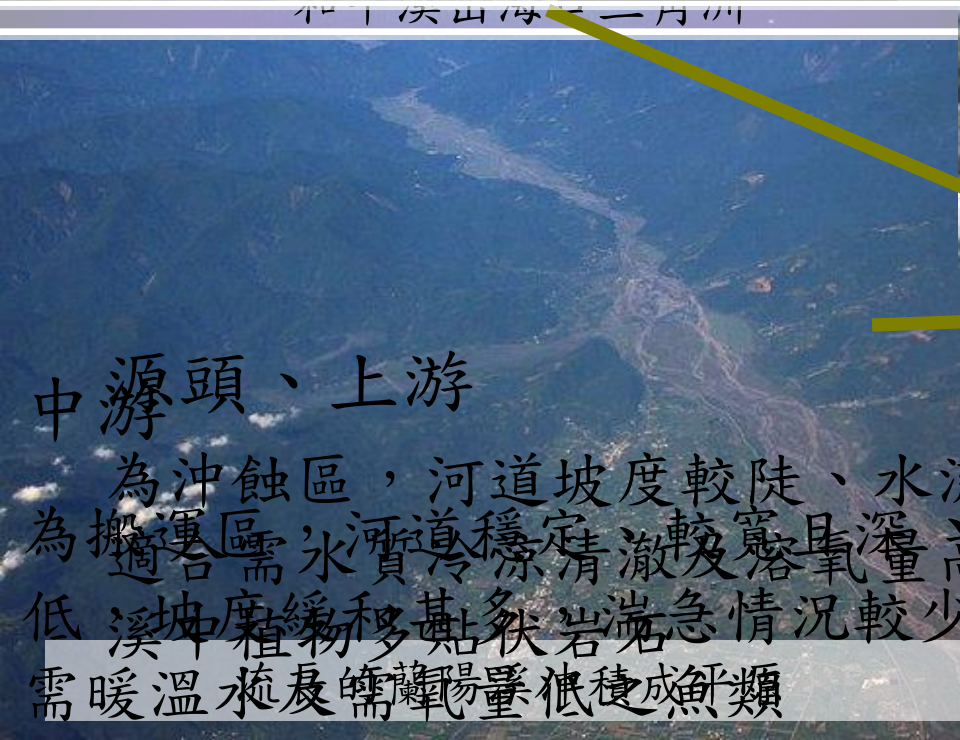
2005年全球環境永續指標

台灣平均每人有效水資源量，排行倒數19





桃園林口及大漢溪流域



## 中源頭、上游

為沖蝕區，河道坡度較陡、水流湍急、  
 為搬運區，河道穩定、較寬且深、高海拔、  
 適合需水質冷涼清澈及溶氧量高之魚類，  
 低溪坡度緩和多點狀岩流急情況較少，適合  
 溪中植物多點狀岩流急情況較少，適合  
 需暖溫水及需氧量大之魚類

# The Rational Method

$$Q_p = CIA$$

$Q_p$  : 尖峰流量

$C$  : 逕流係數 =  $\frac{R}{P}$

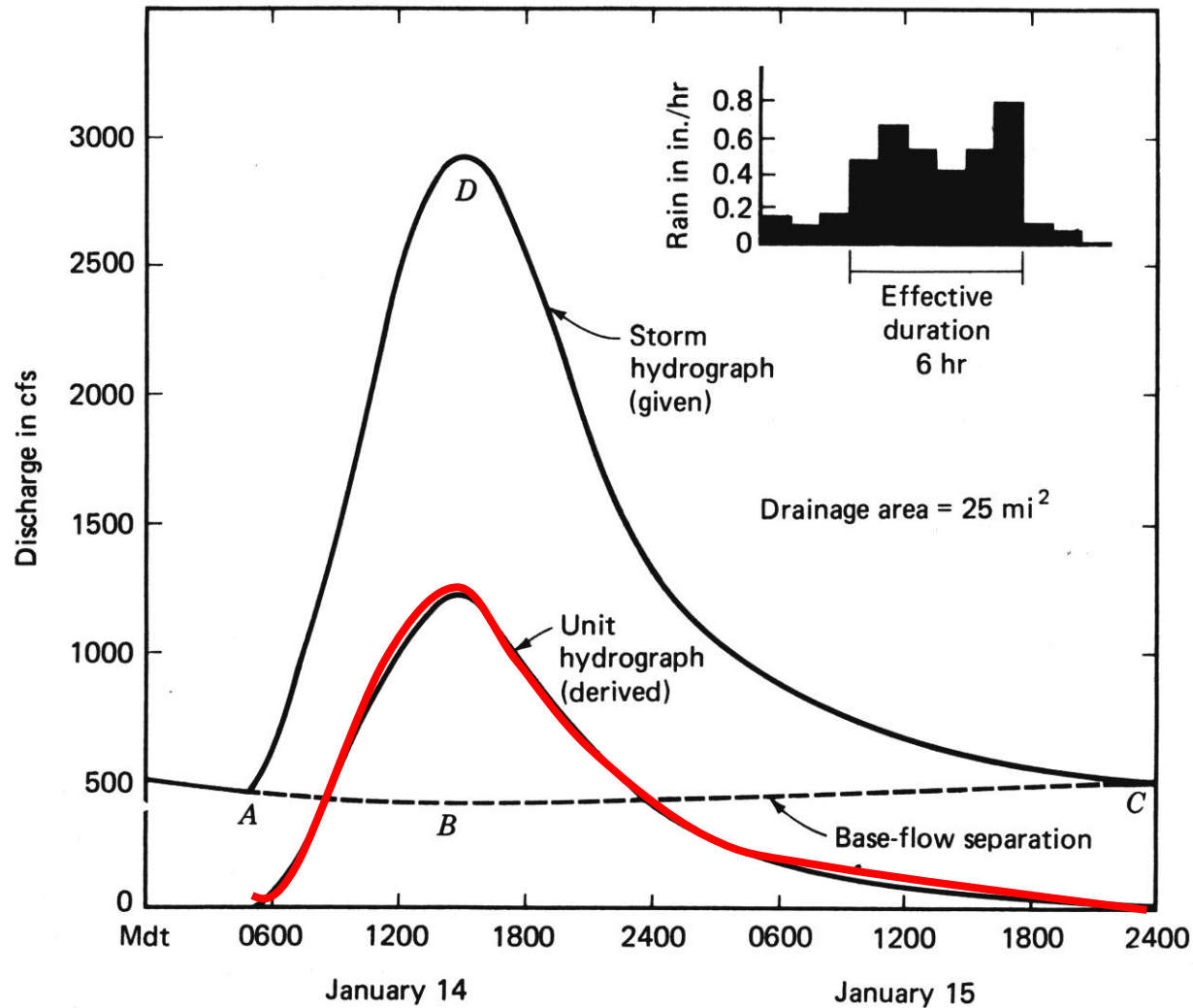
$I$  : 降雨延時 = 集流時間的降雨強度

$A$  : 集水區面積



# Unit Hydrograph

## EX 3.2 Unit hydrograph : 單位有效降雨所形成之直接逕流



**FIGURE 3.10**  
Derivation of a unit hydrograph.

# Unit Hydrograph

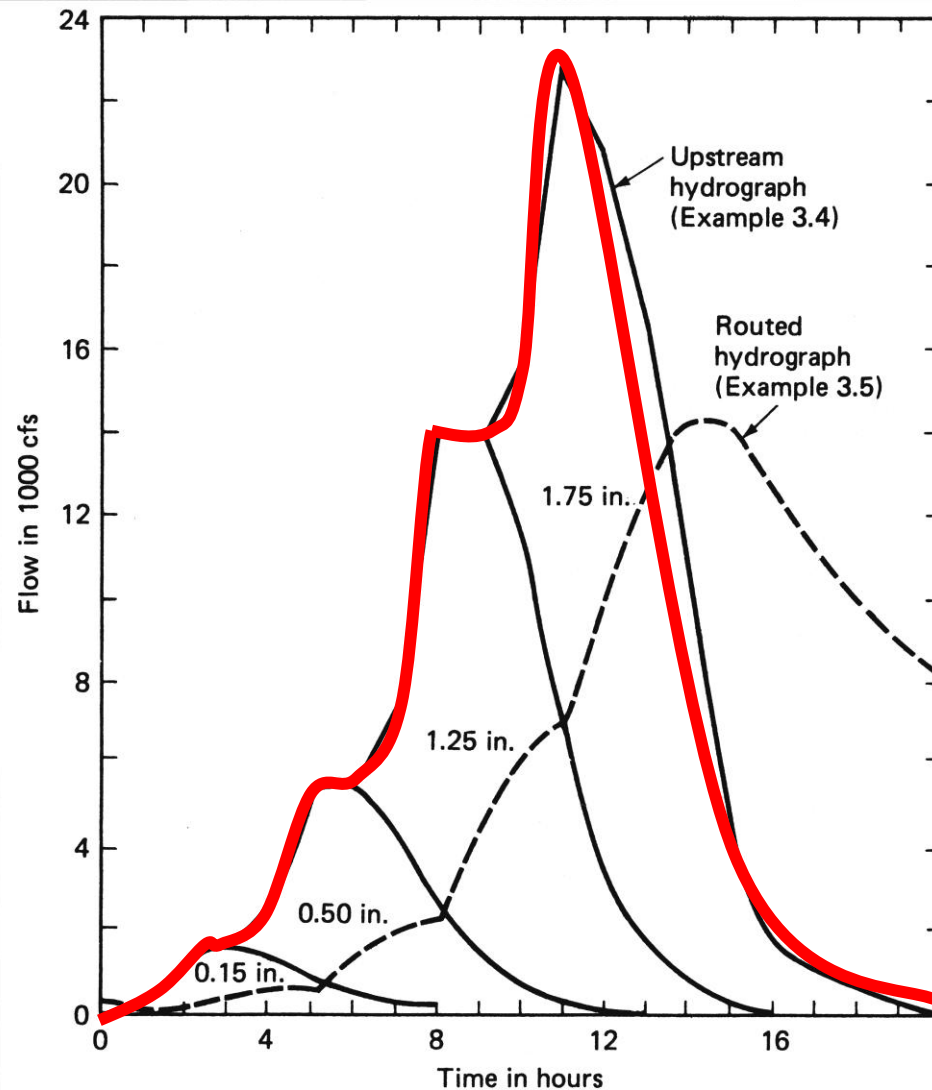
**EX 3.2** 直接逕流體積: $11,970 \times 3/24 = 1496$  cfs-days  
 直接逕流水深: $1496 / (25 \times 26.9) = 2.22$  in

Date(1)	Hour(2)	Total flow(given) (3)	Base flow(4)	Direct runoff(5)	Ordinates of unit hydrograph (derived)(6)	Hour after start(7)
14	0500	470	470	0	0	0
	0800	1200	440	760	342	3
	1100	2250	410	1840	829	6
	1400	2920	380	2540	1145	9
	1700	2670	400	2270	1022	12
	2000	2060	410	1650	743	15
	2300	1430	420	1010	455	18
15	0200	1100	430	670	302	21
	0500	910	440	470	212	24
	0800	780	450	330	149	27
	1100	680	460	220	99	30
	1400	600	470	130	59	33
	1700	540	480	60	27	36
	2000	510	490	20	9	39
	2300	500	500	0	0	42
	Total			11,970		



# Hydrographs of Catchment Outflow

## EX 3.4



**FIGURE 3.11**

Constructing the storm hydrograph for a storm of more than one unit duration. The effect of routing (Example 3.6) is also shown.

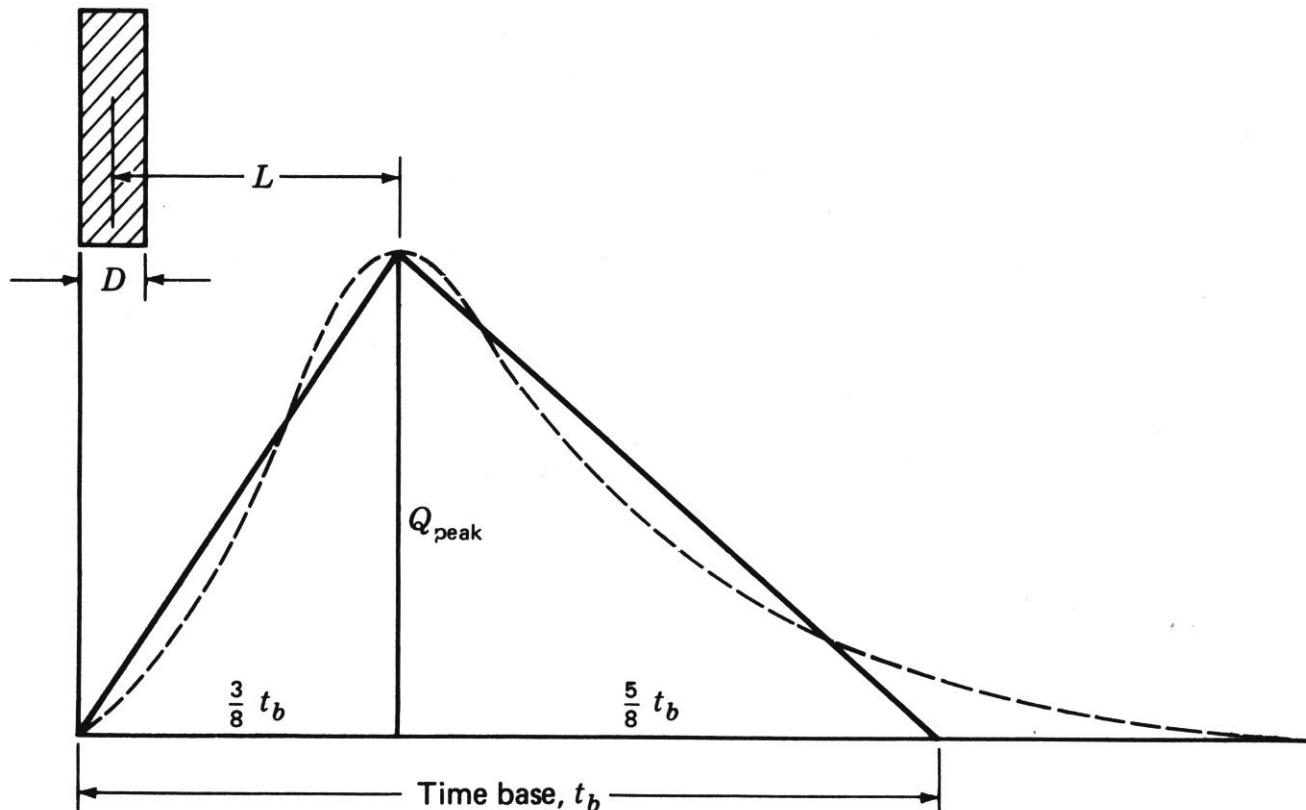
# Hydrographs of Catchment Outflow

## EX 3.4

Time, hr	3-hr unit hydrograph	Runoff per period				
		0.15	0.50	1.25	1.75	Total
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	2.5	0.4	0.0	0.0	0.0	2.9
2	9.0	1.4	0.0	0.0	0.0	10.4
3	10.0	1.5	0.0	0.0	0.0	11.5
4	8.5	1.3	1.3	0.0	0.0	11.0
5	5.2	0.8	4.5	0.0	0.0	10.5
6	2.4	0.4	5.0	0.0	0.0	7.8
7	1.2	0.2	4.3	3.1	0.0	8.8
8	0.6	0.1	2.6	11.3	0.0	14.5
9	0.3	0.0	1.2	12.5	0.0	14.0
10	0.1	0.0	0.6	10.6	4.4	15.7
11	0.0	0.0	0.3	6.5	15.8	22.6
12	0.0	0.0	0.2	3.0	17.5	20.7
13	0.0	0.0	0.1	1.5	14.9	16.4
14	0.0	0.0	0.0	0.8	9.1	9.9
15	0.0	0.0	0.0	0.4	4.2	4.6
16	0.0	0.0	0.0	0.1	2.1	2.2
17	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.1
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2

# Synthetic Unit Hydrographs

對於沒有雨量或流量記錄的地區，則採用合成單位歷線。利用地文資料或統計資料推求單位歷線。(SCS提出)



**FIGURE 3.12**  
A simple unit hydrograph.

# Hydrographs of Catchment Outflow

## EX 3.5

$$D=1\text{hr} \quad t_c=10\text{hr}$$

$$\text{lag } L=0.6*10=6\text{hr}$$

$$t_{\text{peak}}=D/2+L=0.5+6=6.5\text{hr}$$

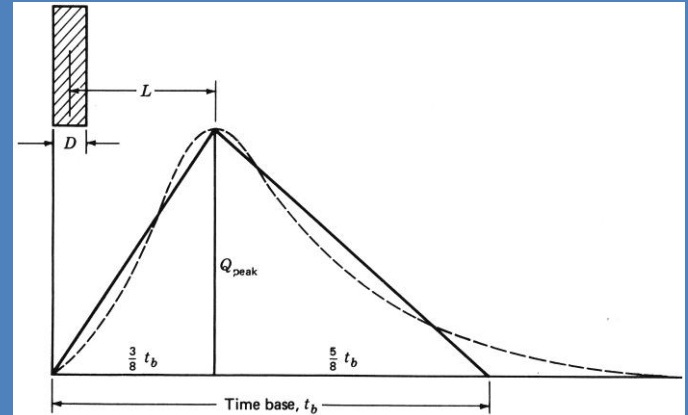


FIGURE 3.12  
A simple unit hydrograph.

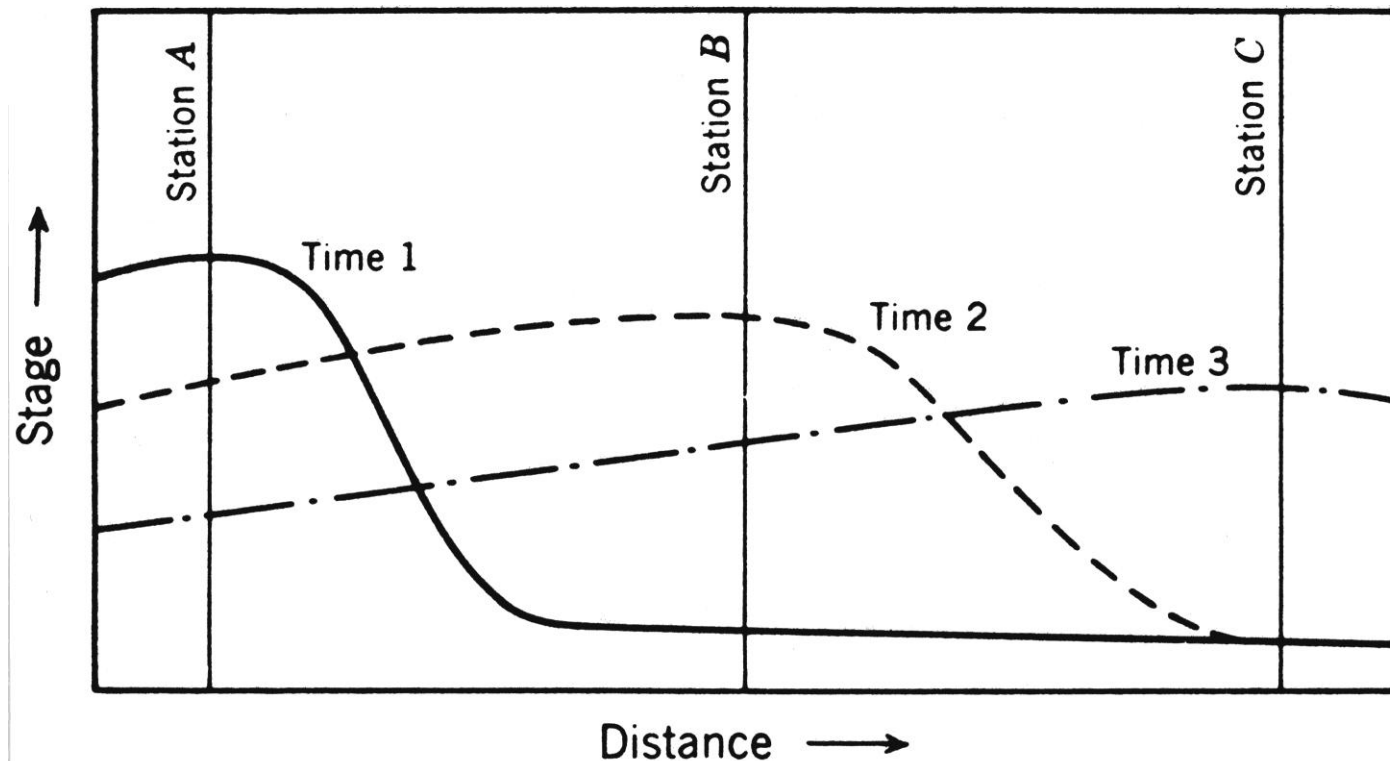
$$\frac{1}{12} \text{ft} \times A(\text{mi}^2) \times \frac{(5280)^2 \text{ft}^2}{\text{mi}^2} = \frac{1}{2} t_{\text{base}}(\text{hr}) \times Q_{\text{peak}}\left(\frac{\text{ft}^3}{\text{sec}}\right) \times \frac{3600 \text{sec}}{\text{hr}}$$

$$Q_{\text{peak}}(\text{cfs}) = \frac{1290A(\text{mi}^2)}{t_{\text{base}}(\text{hr})}$$

$$Q_{\text{peak}} = \frac{1290(210)}{\frac{8}{3} \times 6.5} = 15,600(\text{cfs})$$

# Storage Routing

The earlier sections of this chapter outline methods for estimating streamflow hydrographs from small areas. A hydrograph is really a record of the movement of a wave past a gaging station.



**FIGURE 3.14**

Successive longitudinal profiles of a flood wave illustrating the changes in shape.

# The Routing Process

在天然河道中可以藉由變量流理論配合電腦求解洪水波的數值解。

但對於人工演算方面，大都使用基於連續原理(continuity)的解法理論，應用到河川中。此原理以storage equation寫為

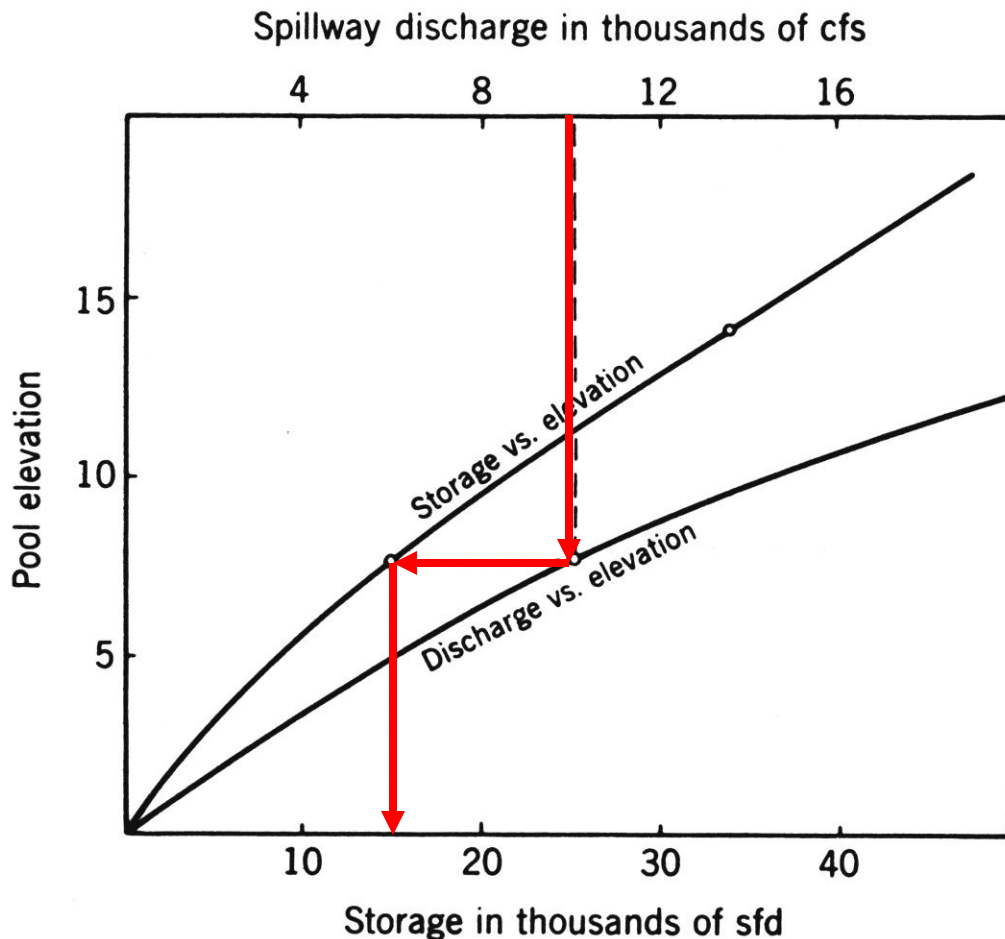
$$\bar{I}\Delta t - \Delta s = \bar{O}\Delta t$$

$\Rightarrow$

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t - \frac{O_1 + O_2}{2} \Delta t = s_2 - s_1$$

# Routing through Uncontrolled Reservoir

If the reservoir has no gates, discharge takes place over a weir or through an uncontrolled orifice in such a way that  $O$  is a function of the reservoir level.



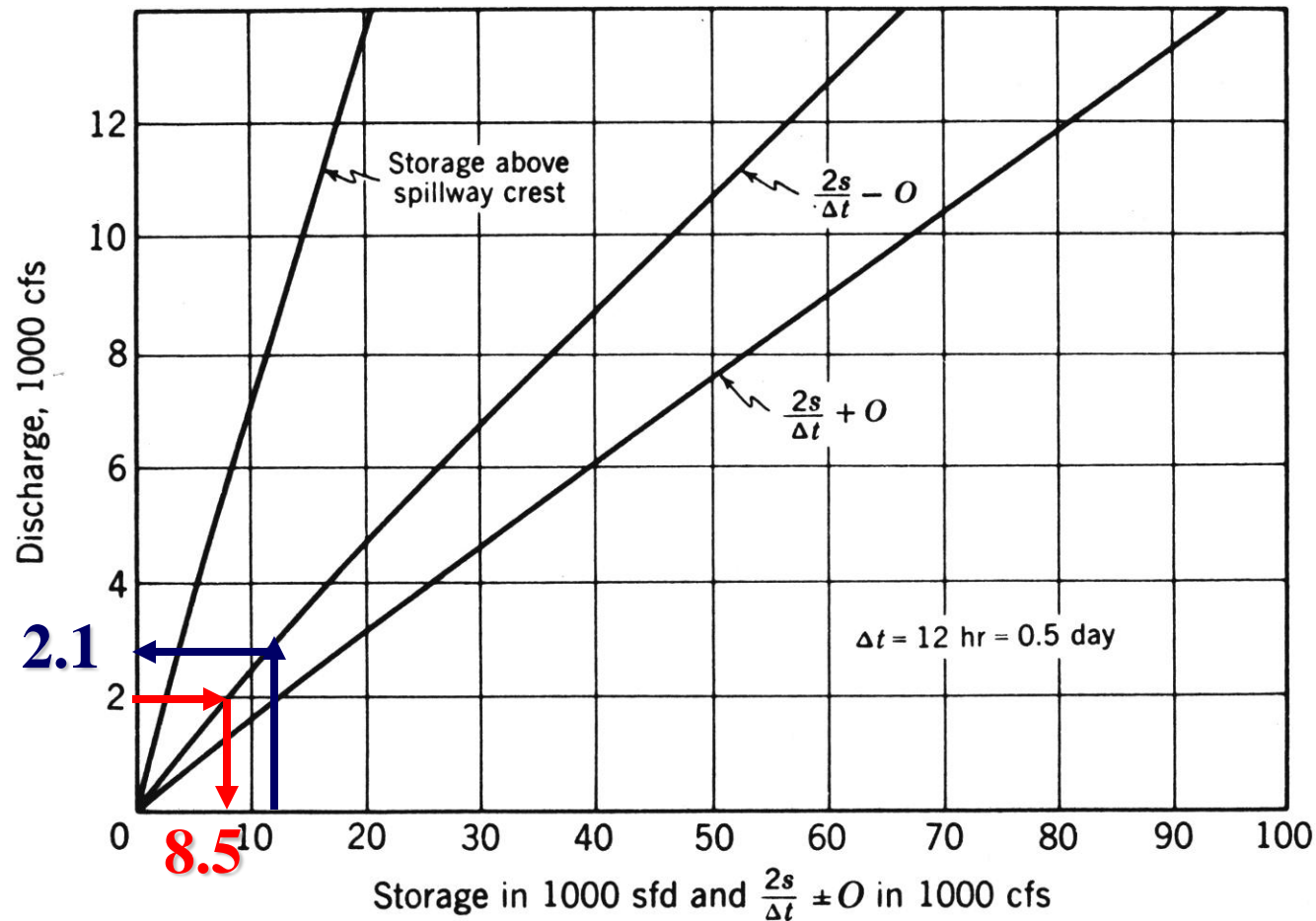
**FIGURE 3.15**

Relation between reservoir surface elevation, storage, and spillway discharge for a reservoir with ungated spillway.



# Routing through Uncontrolled Reservoir

$$I_1 + I_2 + \frac{2S_1}{\Delta t} - O_1 = \frac{2S_2}{\Delta t} + O_2$$



**FIGURE 3.16**

Routing curves for an uncontrolled reservoir.

# Routing through Uncontrolled Reservoir

$$I_1 + I_2 + \frac{2S_1}{\Delta t} - O_1 = \frac{2S_2}{\Delta t} + O_2$$

由2,000查圖得8,500

$2,000 + 2,800 + 8,500 = 13,300$

由13,300查圖得2,100

**TABLE 3.3**  
**Routing with the  $2s/\Delta t \pm O$  curves of Fig. 3.16**

Date	Hour	$I$ , cfs	$2s/\Delta t - O$ , cfs	$2s/\Delta t + O$ , cfs	$O$ , cfs
1/8	Noon	2000	8,500	12,500	2000
	Midnight	2800	8,900	13,300	2100
1/9	Noon	4000	10,900	15,700	2400
	Midnight	5200	13,700	20,100	3200
1/10	Noon	6000	17,300	24,900	3800
	Midnight	5700	20,000	29,000	4500

*Note:* Computed values are shown in italics. Also,  $2s/\Delta t - O = (2s/\Delta t + O) - 2O$ .

至於controlled reservoir 則增加了閘門與水位的關係圖

# Storage Routing in Natural Channels

$$s = K[xI + (1-x)O]$$

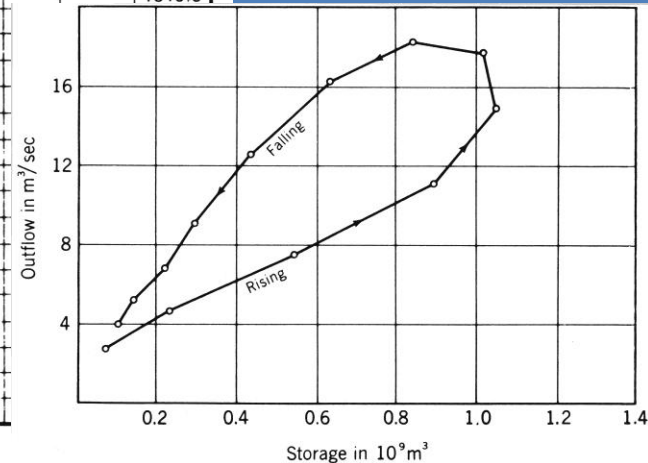
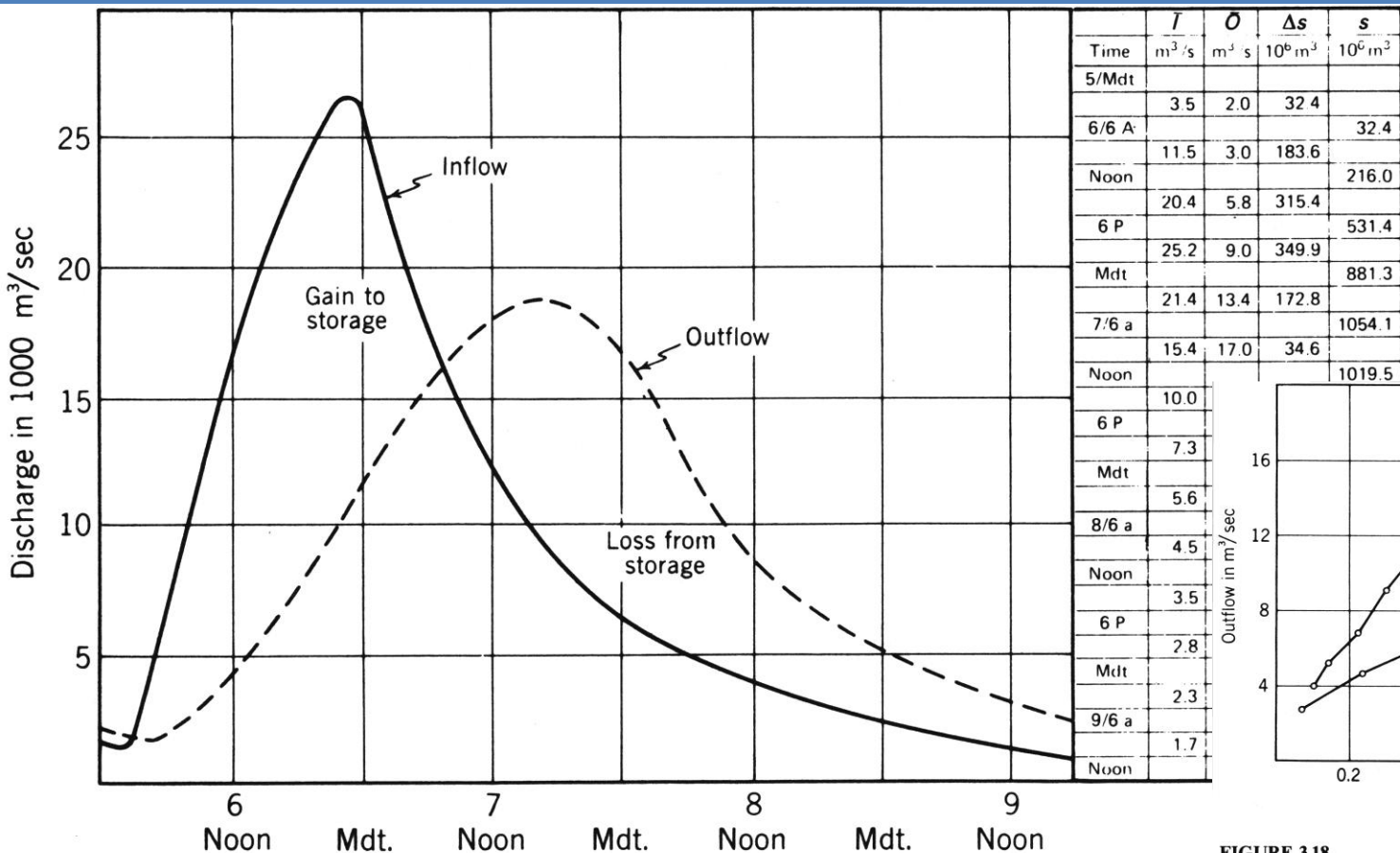


FIGURE 3.18  
Relation between outflow and storage for the data of Fig. 3.17.

**FIGURE 3.17**  
Inflow and outflow hydrographs for a reach of a river showing calculation of channel storage.

# Storage Routing in Natural Channels

馬斯金更法 The Muskingum Method

1934-35年由陸軍工兵團研究馬斯金更區所創擬出。

$$\begin{cases} s_2 - s_1 = K[x(I_2 - I_1) + (1-x)(O_2 - O_1)] \\ \frac{(I_1 + I_2)}{2} \Delta t - \frac{(O_1 + O_2)}{2} \Delta t = (s_2 - s_1) \end{cases}$$

$$\Rightarrow O_2 = c_0 I_2 + c_1 I_1 + c_2 O_1$$

$$\begin{cases} c_0 = \frac{-Kx + 0.5\Delta t}{K - Kx + 0.5\Delta t} \\ c_1 = \frac{Kx + 0.5\Delta t}{K - Kx + 0.5\Delta t} \\ c_2 = \frac{K - Kx - 0.5\Delta t}{K - Kx + 0.5\Delta t} \end{cases} \quad c_0 + c_1 + c_2 = 1$$

# Storage Routing in Natural Channels

$K$ 蓄水時間常數及 $x$  權重因子的求法

以試誤法猜測 $x$ 值，再繪出  $s.v.s.[xI + (1-x)O]$ 之圖

$$K = \frac{S}{[xI + (1-x)O]}$$

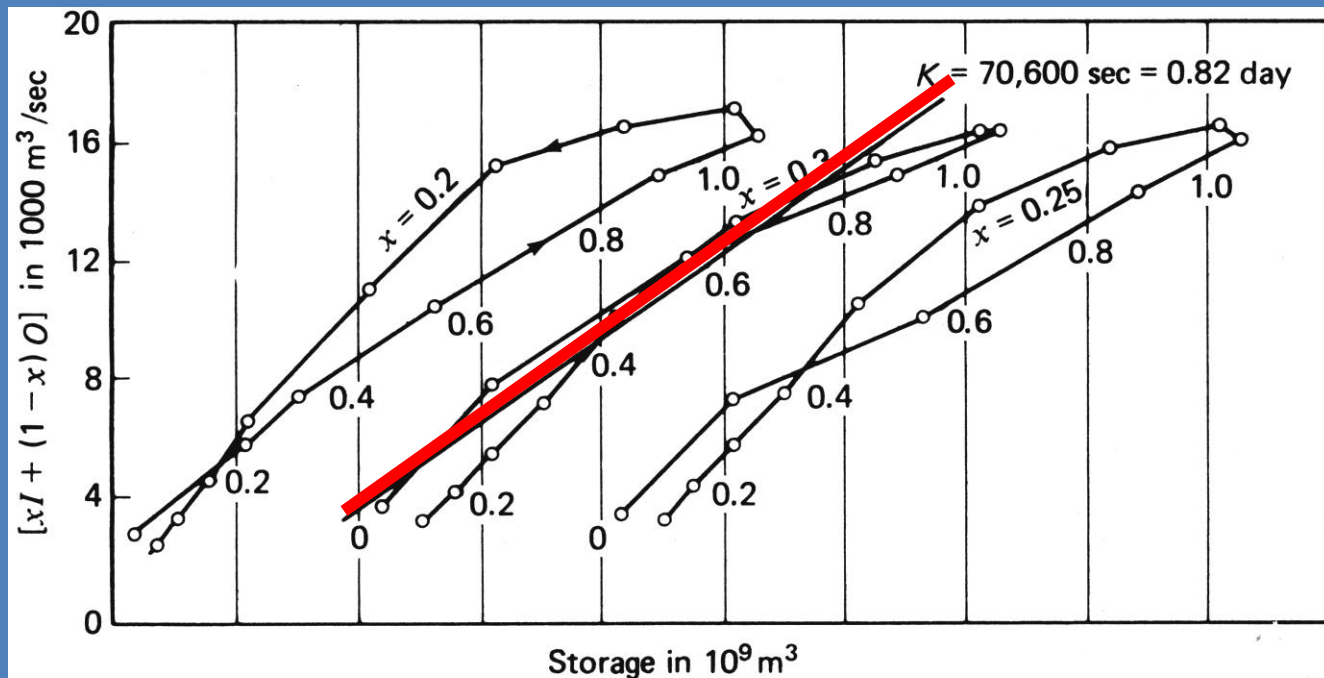


FIGURE 3.19

Method of determining  $K$  and  $x$  for the Muskingum method of routing.



# Storage Routing in Natural Channels

## Ex 3.6

**Example 3.6.** Assume the hydrograph of Example 3.4 (Fig. 3.11) was derived from the flow records at a gaging station several miles upstream of a reservoir. Assuming negligible intervening inflow, compute the inflow to the reservoir using the Muskingum routing procedure.

**Solution.** From historic flow records  $K$  is estimated to be 6 hr and  $x$  is 0.2. Using Eqs. (3.19),

$$c_0 = -\frac{21,600 \times 0.2 - 0.5 \times 3,600}{21,600 - 21,600 \times 0.2 + 0.5 \times 3,600} = -0.1320$$

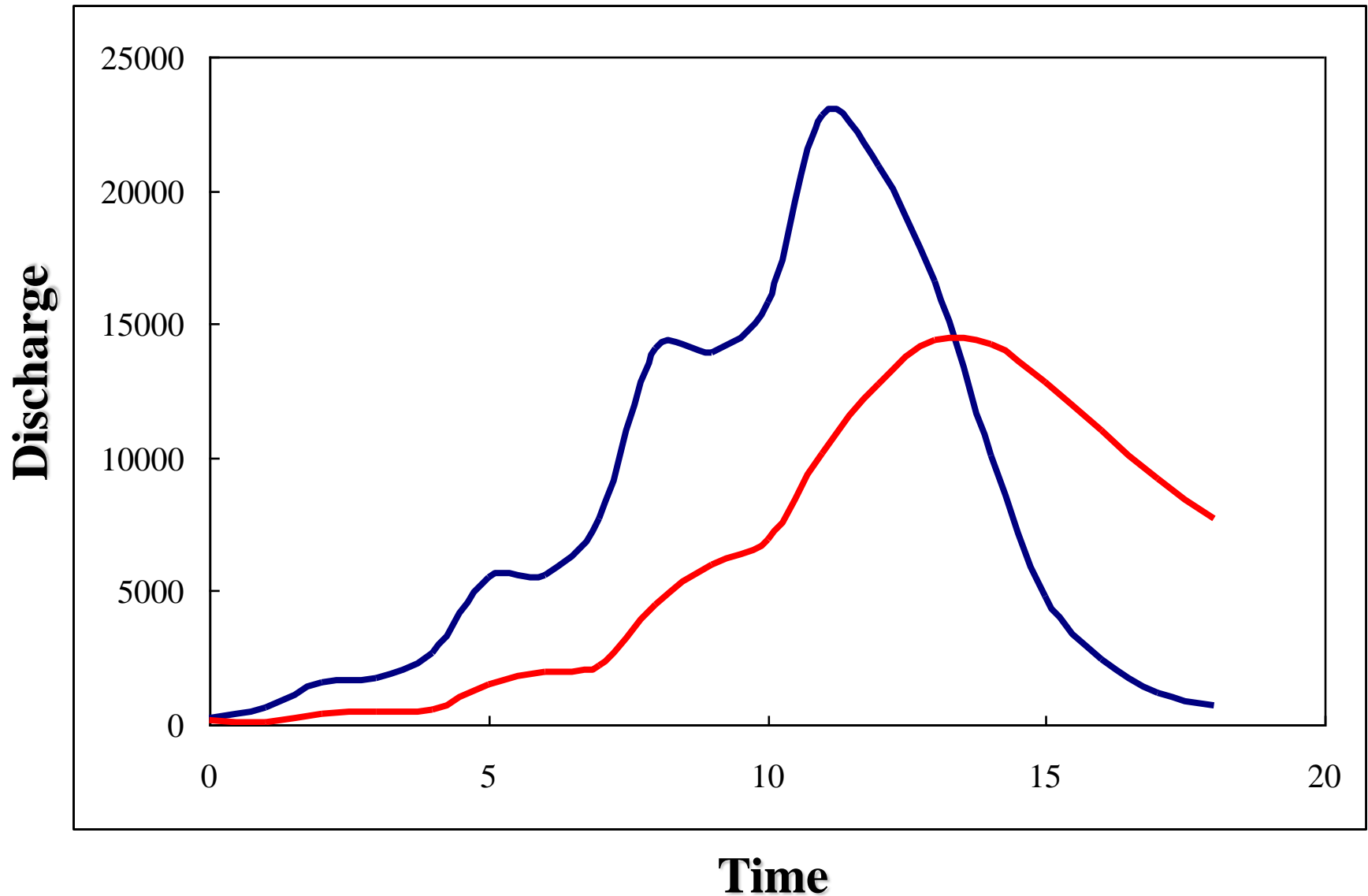
Similarly,  $c_1 = 0.3208$  and  $c_2 = 0.8113$ . As a check, the sum of the three coefficients is 1.0001. The routing requires the solution of (Eq. 3.18) as shown in the following tabulation:

# Storage Routing in Natural Channels

Time	$I$	$c_0 I_2$	$c_1 I_1$	$c_2 O_1$	$O$
0	200	-79.2	64.2	162.2	147.3
1	600	-211.2	192.5	119.5	100.8
2	1,600	-224.4	513.3	81.8	370.7
3	1,700	-356.4	545.4	300.8	489.8
4	2,700	-726.0	866.2	397.4	537.6
5	5,500	-739.2	1,764.4	436.2	1,461.4
6	5,600	-1,016.4	1,796.5	1,185.6	1,965.7
7	7,700	-1,861.2	2,470.2	1,594.8	2,203.8
8	14,100	-1,834.8	4,523.3	1,787.9	4,476.4
9	13,900	-2,085.6	4,459.1	3,631.7	6,005.2
10	15,800	-3,009.6	5,068.6	4,872.0	6,931.0
11	22,800	-2,758.8	7,314.2	5,623.1	10,187.5
12	20,900	-2,191.2	6,704.7	8,265.1	12,778.6
13	16,600	-1,333.2	5,325.3	10,367.3	14,359.4
14	10,100	-633.6	3,240.1	11,649.8	14,256.3
15	4,800	-317.8	1,539.8	11,566.1	12,788.1
16	2,400	-158.0	769.9	10,375.0	10,986.9
17	1,200	-92.4	384.9	8,913.7	9,206.2
18	700	-26.4	224.6	7,469.0	7,667.2



# Storage Routing in Natural Channels



# Kinematic Routing

**Continuity equation**

$$\bar{I} - \Delta AL = \bar{O}$$

**Manning equation**

$$O = KAR^{2/3}S^{1/2}$$

# Computer Simulation

請點選顯示時間

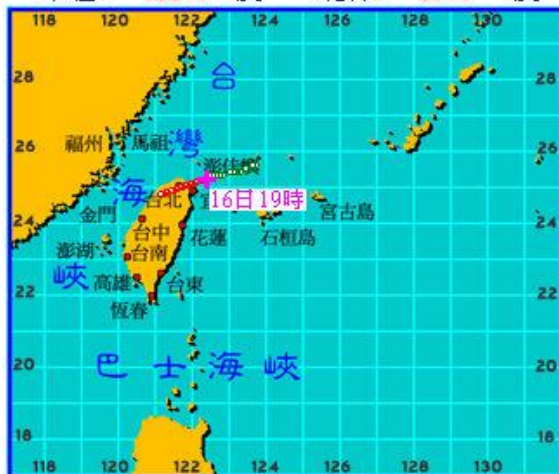
90年09月16日05時  
90年09月16日06時  
90年09月16日07時  
90年09月16日08時  
90年09月16日09時  
90年09月16日10時  
90年09月16日11時  
90年09月16日12時  
90年09月16日13時  
90年09月16日14時  
90年09月16日15時  
90年09月16日16時  
90年09月16日17時  
90年09月16日18時  
90年09月16日19時

動態展示

累積雨量

目前颱風中心位置

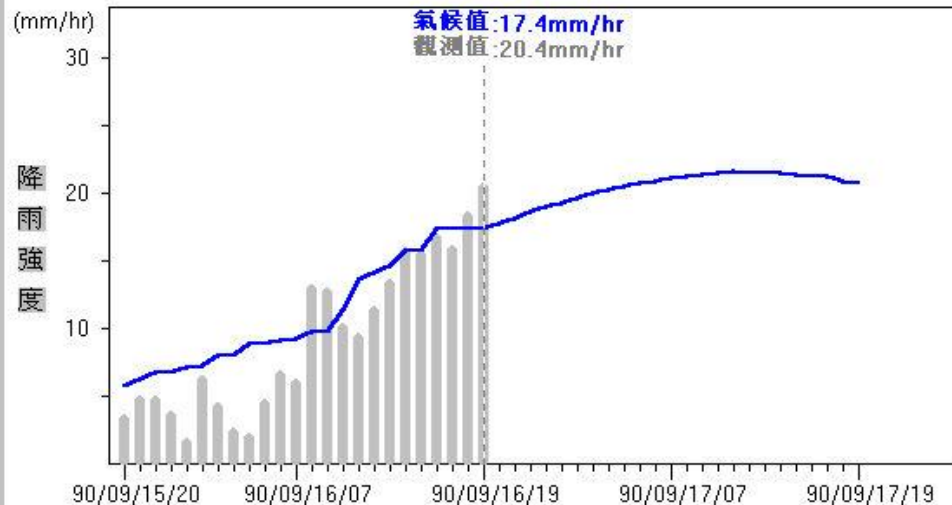
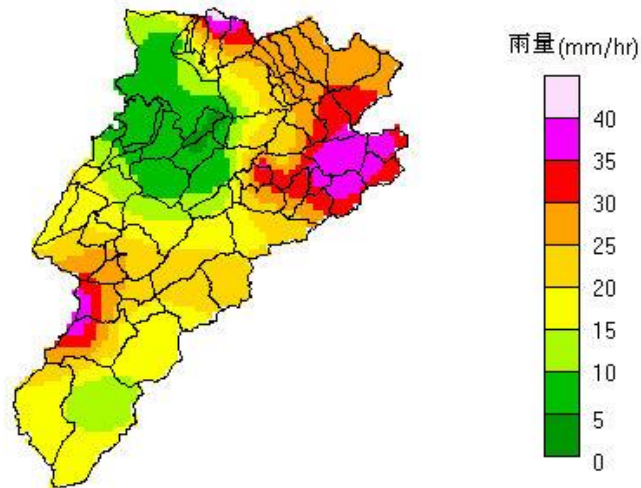
東經: 122.5 度 北緯: 25.3 度



全流域 | 石門水庫上游 | 翡翠水庫上游 | 五堵上游 | 寶橋上游

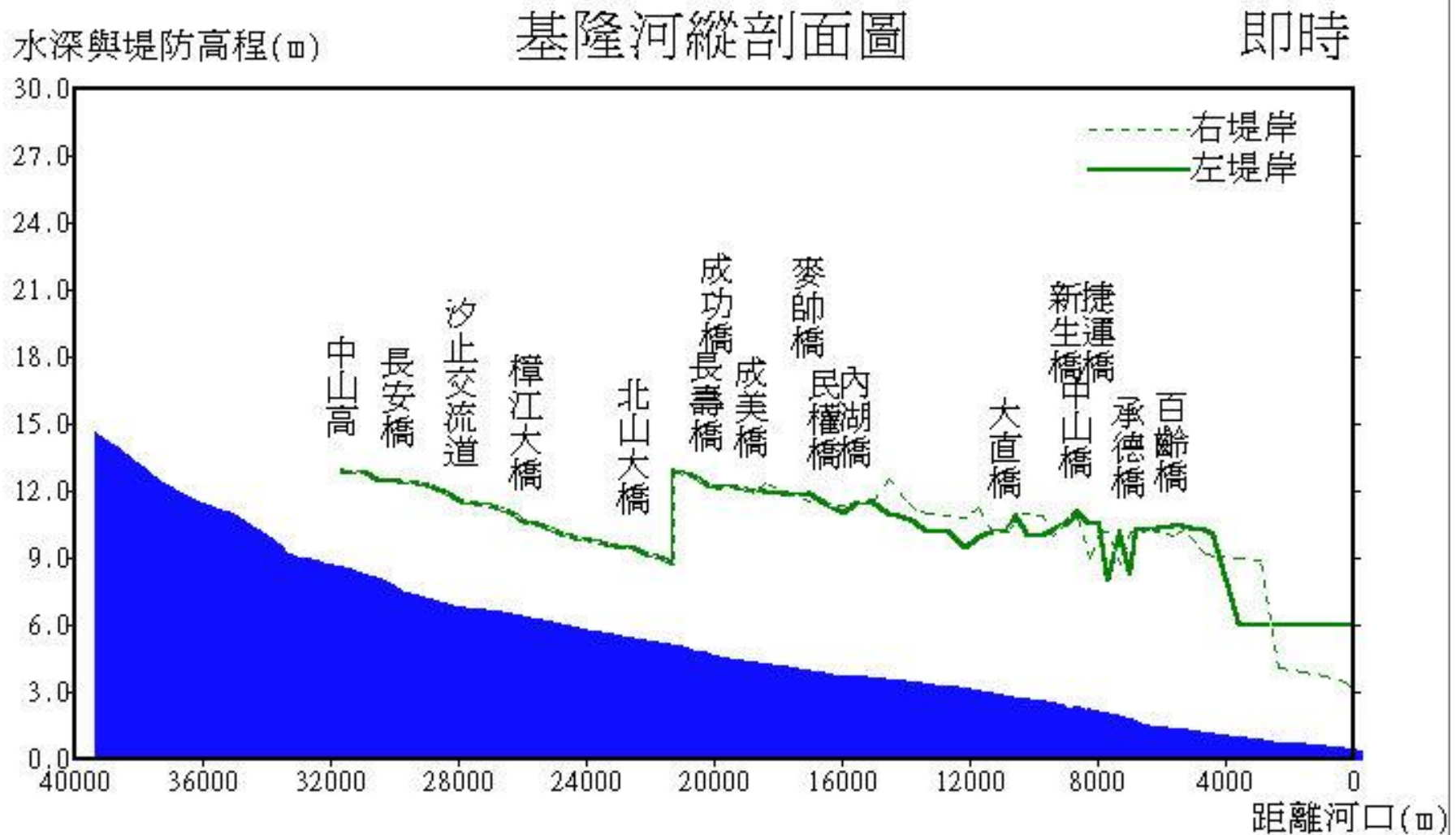
90年09月16日19時

觀測資料



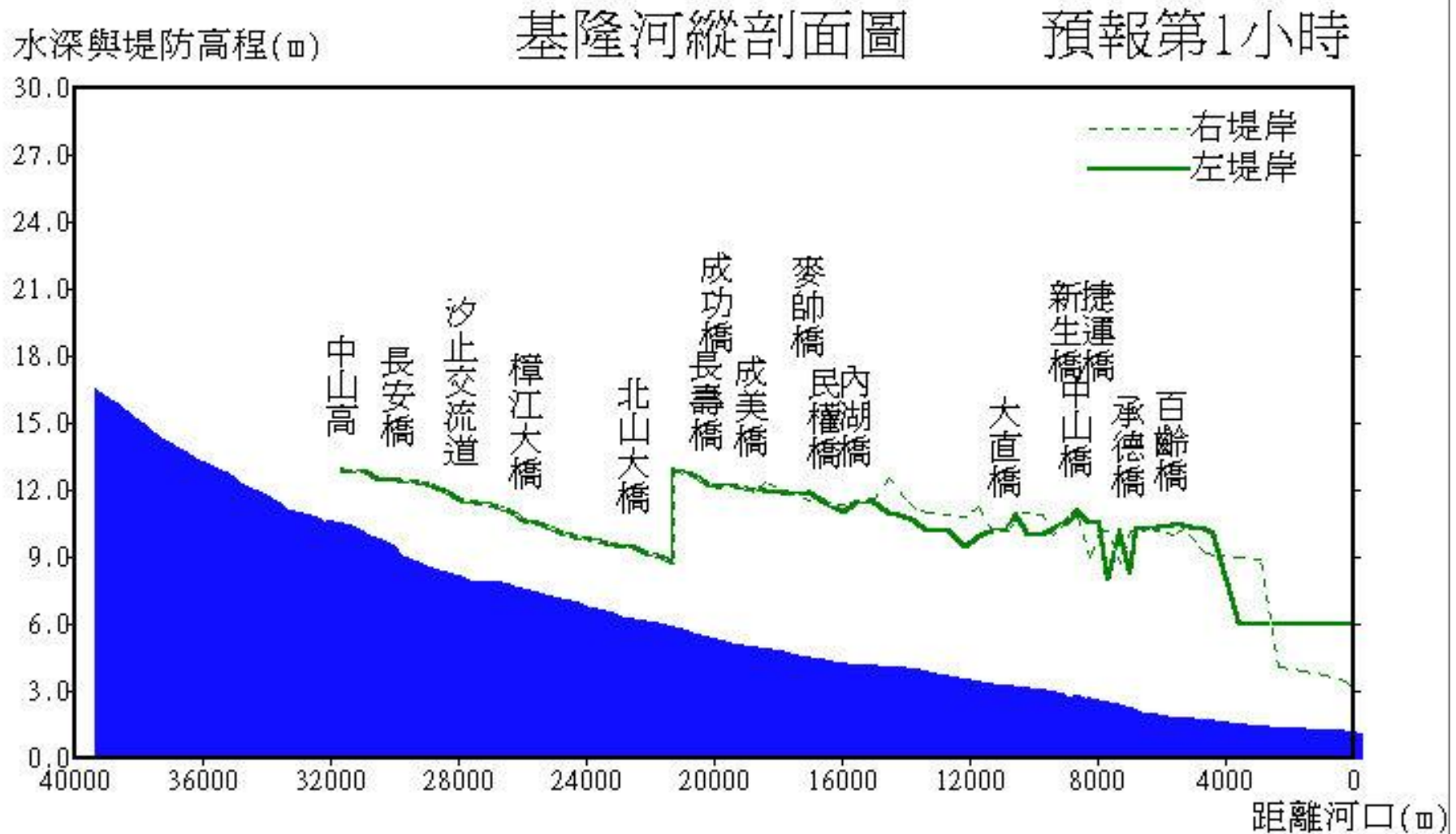
# Computer Simulation

淡水河洪水警報第1報／16日19時



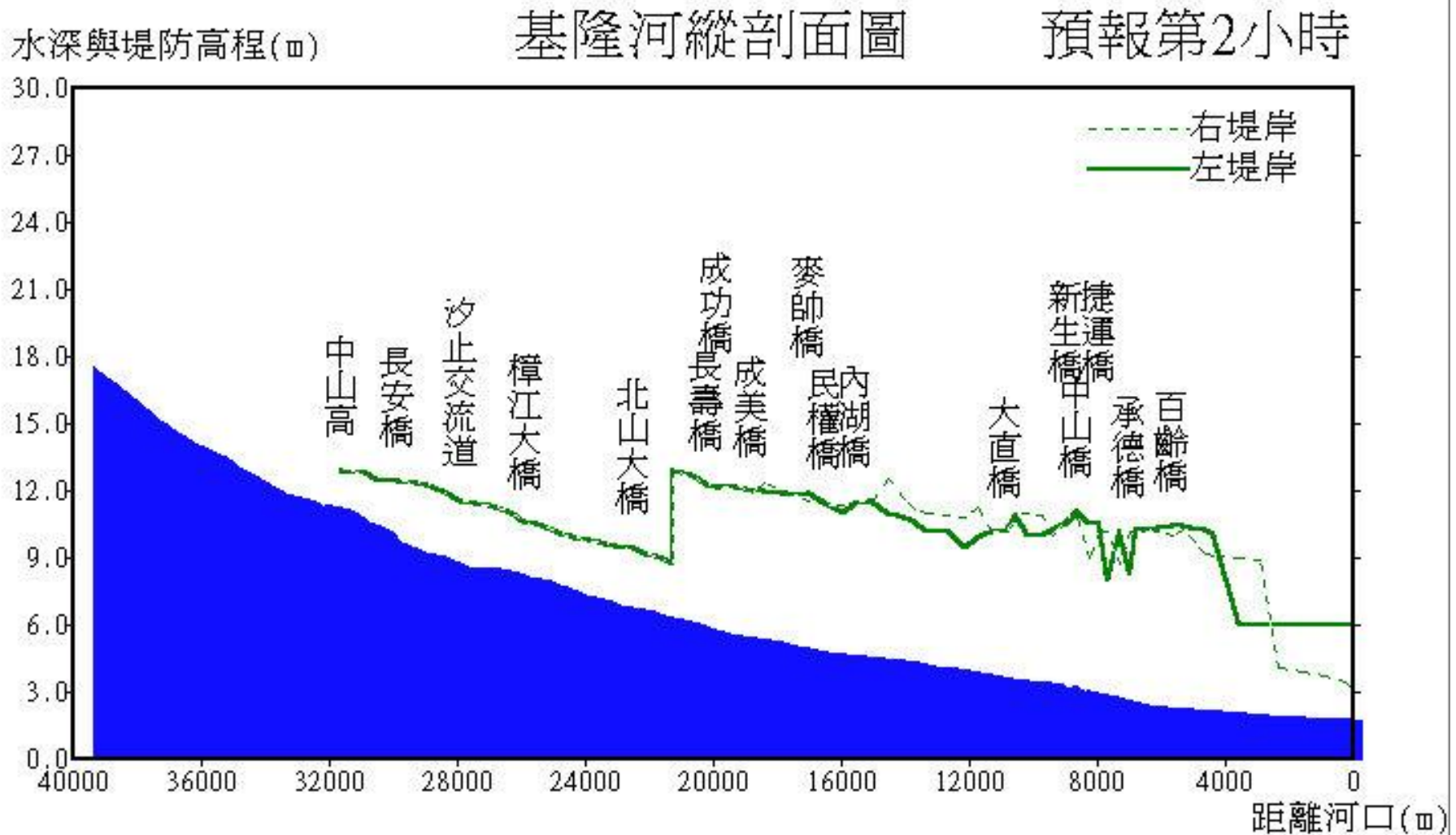
# Computer Simulation

## 淡水河洪水警報第1報／16日20時



# Computer Simulation

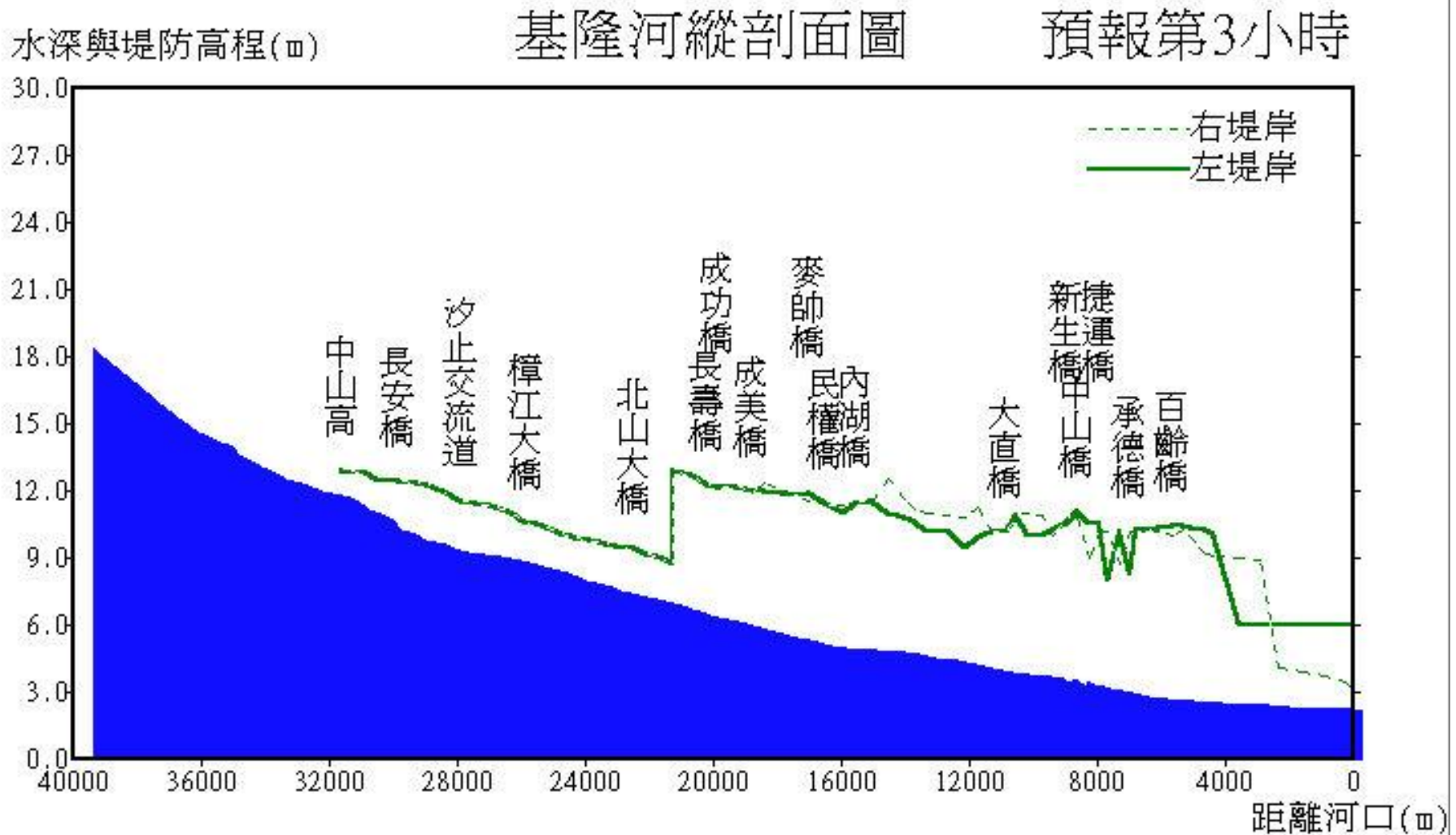
淡水河洪水警報第1報／16日21時





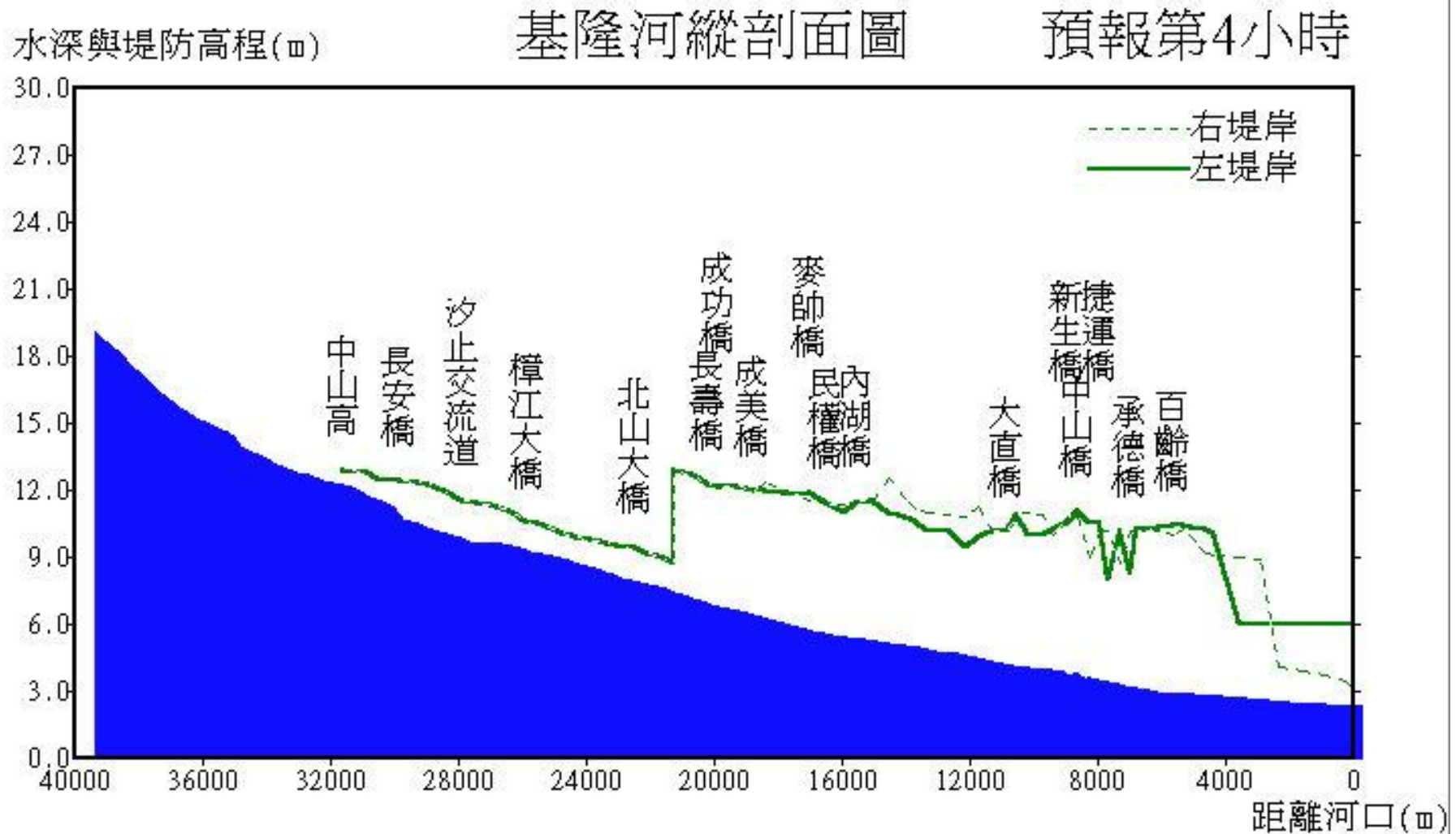
# Computer Simulation

淡水河洪水警報第1報／16日22時



# Computer Simulation

淡水河洪水警報第1報／16日23時





# Computer Simulation

淡水河洪水警報第1報／17日0時

