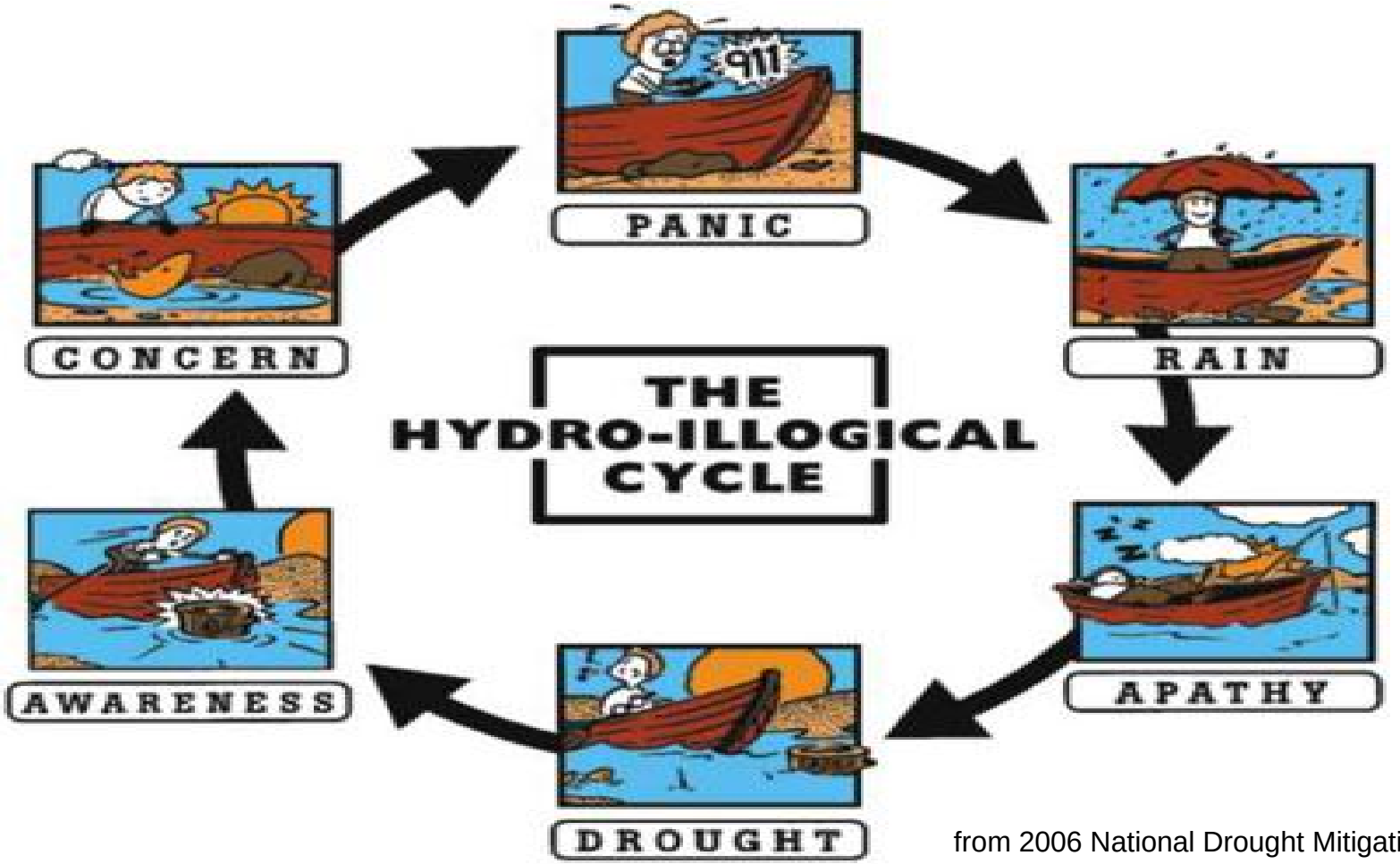
水庫乾旱預警系統之建置與應用
---以石門、翡翠水庫為例

黃文政
台灣海洋大學河海工程系 教授
2010.3.26

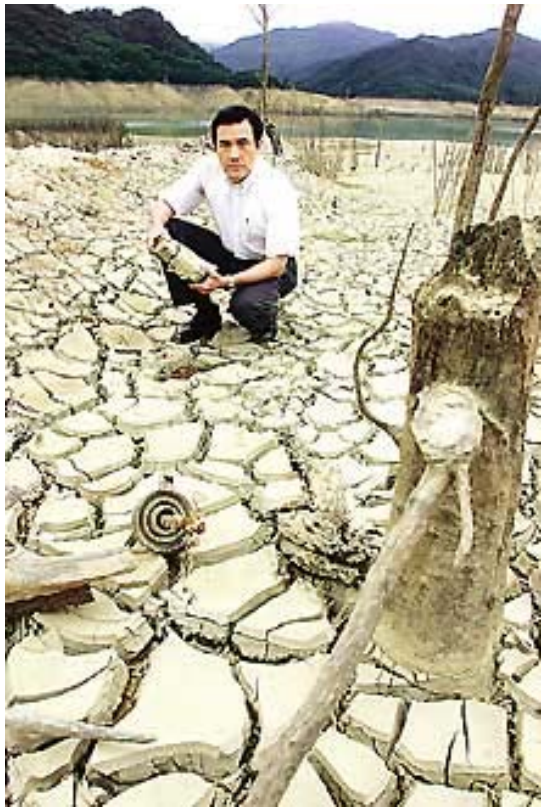


from 2006 National Drought Mitigation Center

乾旱為「蠕動現象」(creeping phenomenon)，其對環境的衝擊不像洪水、地震等天然災害明顯快速，但其影響範圍卻甚大。

When drought comes, everybody is concerned；
when drought lasts, everybody is trying to find solutions；
when drought is over, everybody forgets except those who were hurt.

2002年春
北部乾旱



2002年春
北部乾旱

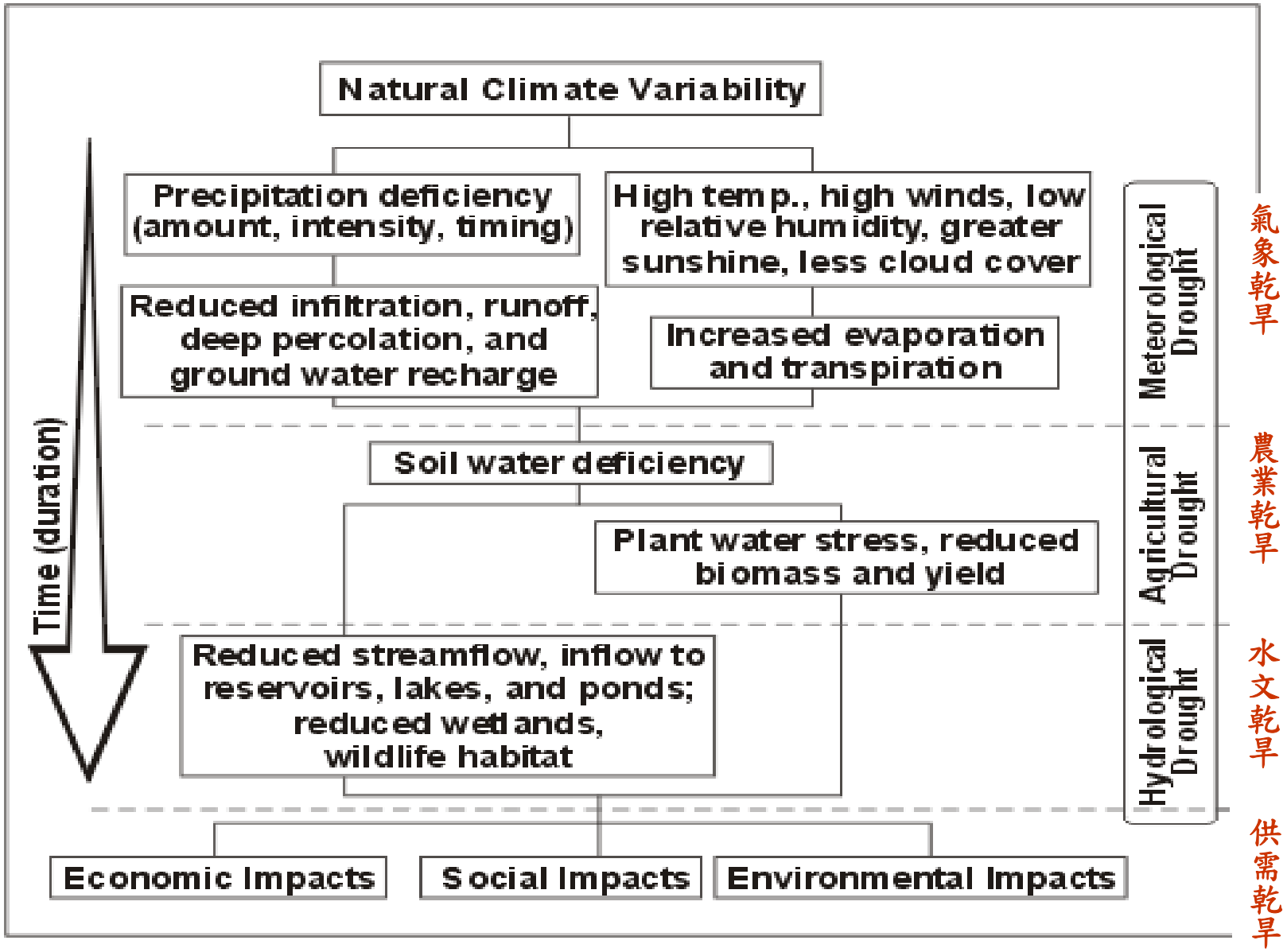
2002年春
北部乾旱

乾旱的分類

(American Meteorological Society, 1997)

- Meteorological drought（氣象乾旱）
  - Subnormal precipitation within a period considered.
- Agricultural drought（農業乾旱）
  - Soil moisture critical to plants.
- Hydrological drought（水文乾旱）
  - Subnormal streamflows, lake surface elevations, groundwater levels, etc.
- Socio-economic drought (供需乾旱)
  - Water shortage occurred to humans.

乾旱發生的過程


Natural Climate Variability
Precipitation deficiency (amount, intensity, timing)
High temp., high winds, low relative humidity, greater sunshine, less cloud cover
Reduced infiltration, runoff, deep percolation, and ground water recharge
Increased evaporation and transpiration
Soil water deficiency
Plant water stress, reduced biomass and yield
Reduced streamflow, inflow to reservoirs, lakes, and ponds; reduced wetlands, wildlife habitat
Economic Impacts
Social Impacts
Environmental Impacts
Time (duration)
Meteorological Drought
Agricultural Drought
Hydrological Drought
氣象乾旱
農業乾旱
水文乾旱
供需乾旱

帕瑪乾旱指數 (Palmer Drought Severity Index ,PDSI)

--- 用於氣象乾旱的判定

PDSI

$$PDSI_i = 0.897 PDSI_{i-1} + \frac{Z_i}{3}$$

$$Z = dK$$

Z: moisture anomaly index
K: weighting factor
d: moisture departure from normal

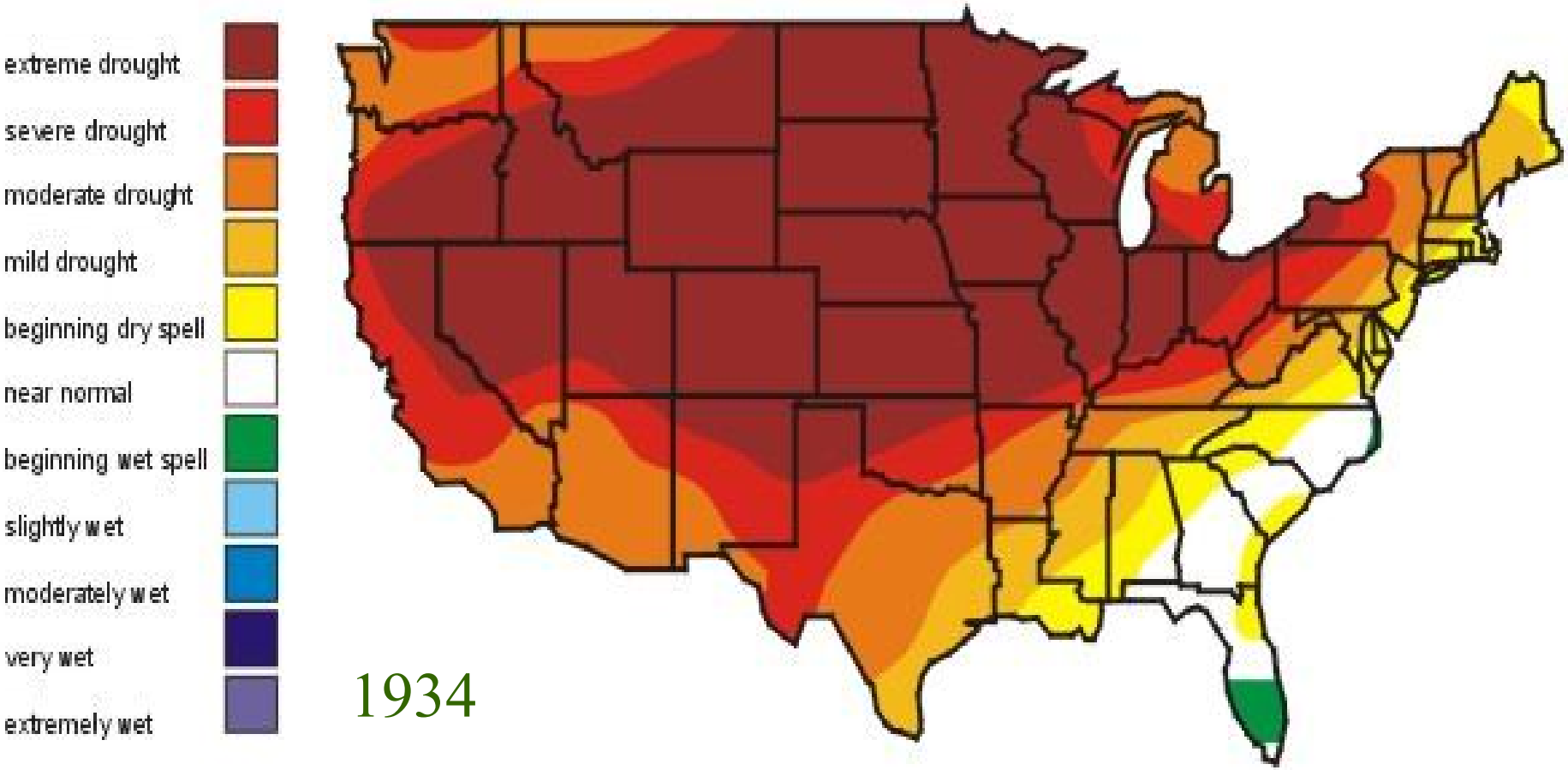
$$d = P - \underline{P} \qquad \underline{P} = \underline{ET} + \underline{RO} + (\underline{R} - \underline{L})$$

P: actual precipitation
$\underline{P}$: climatically appropriate for existing conditions precipitation
$\underline{ET}$: evapotranspiration
$\underline{RO}$: runoff
$\underline{R}$: soil water recharge
$\underline{L}$: water loss from the soil

PDSI level

PDSI	state
>4.00	Extremely wet
3.00~3.99	Very wet
2.00~2.99	Moderately wet
1.00~1.99	Slightly wet
0.50~0.99	Incipient wet spell
0.49~-0.49	Near normal
-0.50~-0.99	Incipient dry spell
-1.00~-1.99	Mild drought
-2.00~-2.99	Moderate drought
-3.00~-3.99	Severe drought
<-4.00	Extreme drought

PDSI


extreme drought
severe drought
moderate drought
mild drought
beginning dry spell
near normal
beginning wet spell
slightly wet
moderately wet
very wet
extremely wet
1934

標準化降雨指數 (Standardized Precipitation Index, SPI) ---用於氣象乾旱的判定

- an index based on the probability of precipitation for any time scale.
- A transformation is applied so that the transformed precipitation values follow a normal distribution

SPI Values

2.0+ extremely wet

1.5 to 1.99 very wet

1.0 to 1.49 moderately wet

-.99 to .99 near normal

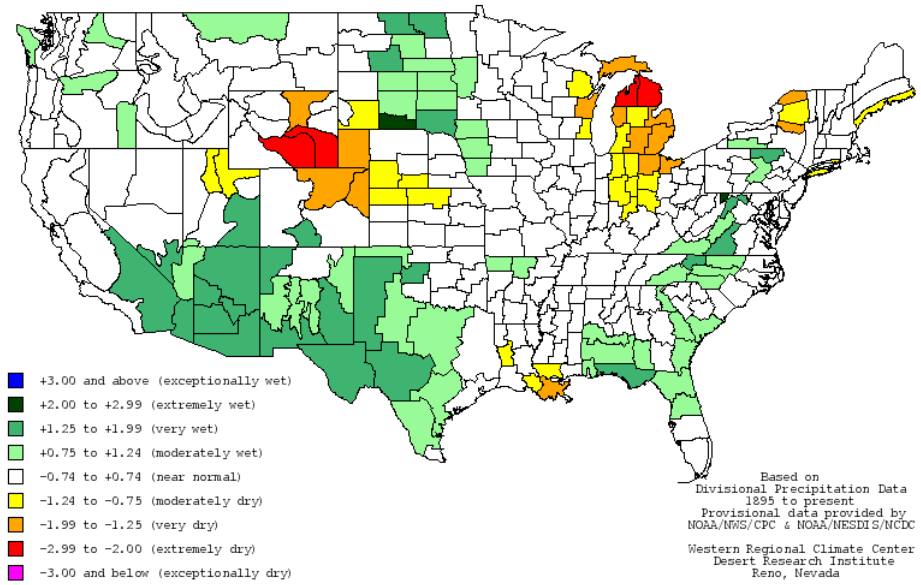
-1.0 to -1.49 moderately dry

-1.5 to -1.99 severely dry

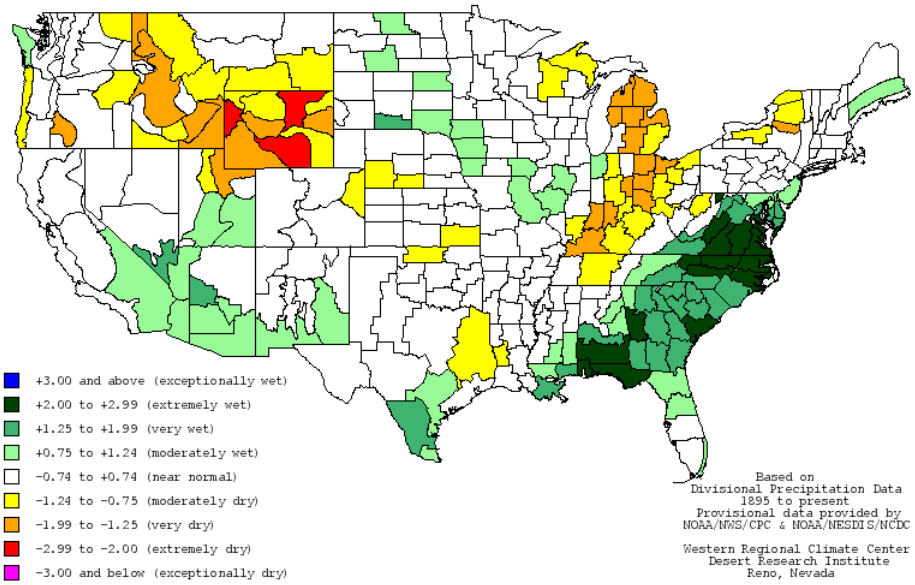
-2 and less extremely dry

- $SPI=-1.0$，約為百年發生16次;
- $SPI=-2.0$，約為百年發生2~3次;
- $SPI=-2.33$，約為百年發生1次。

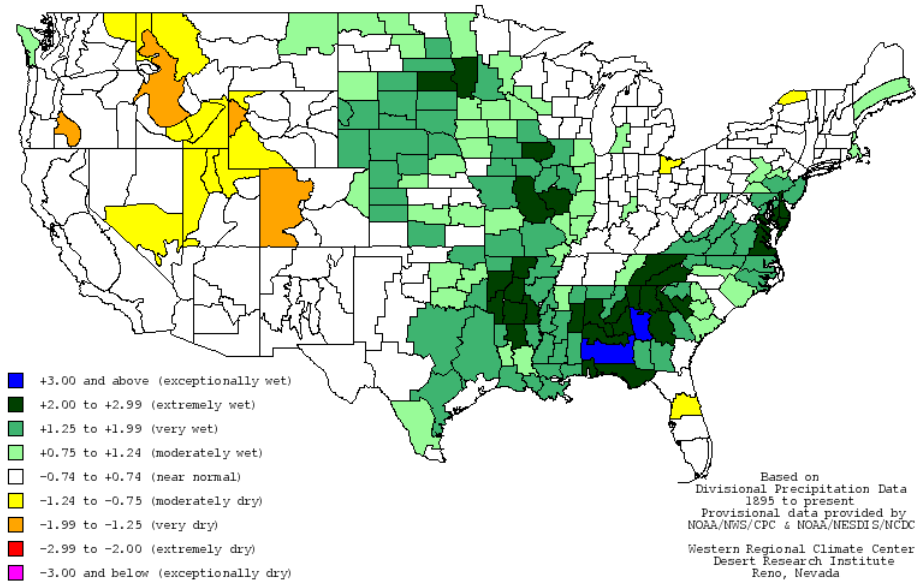
1-month Standardized Precipitation Index through the end of January 2010



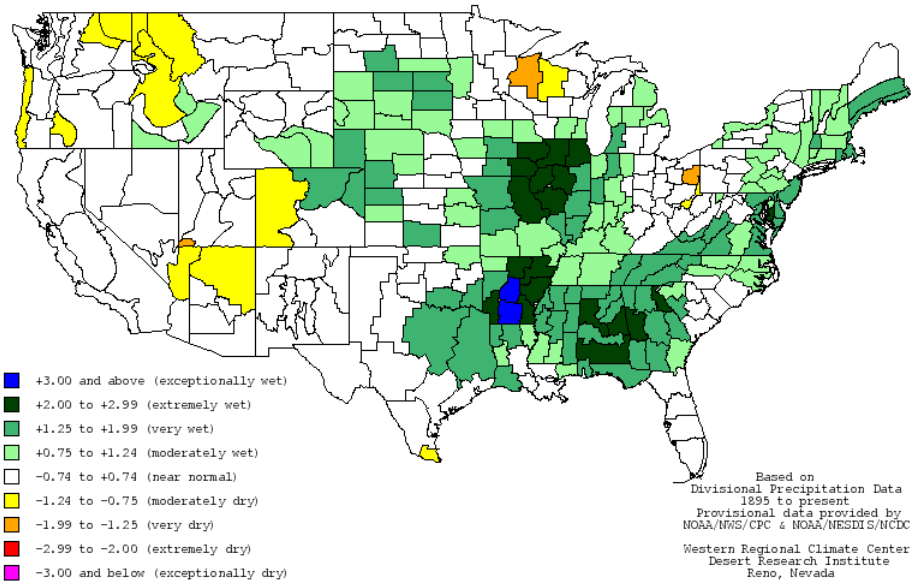
3-month Standardized Precipitation Index through the end of January 2010



6-month Standardized Precipitation Index through the end of January 2010

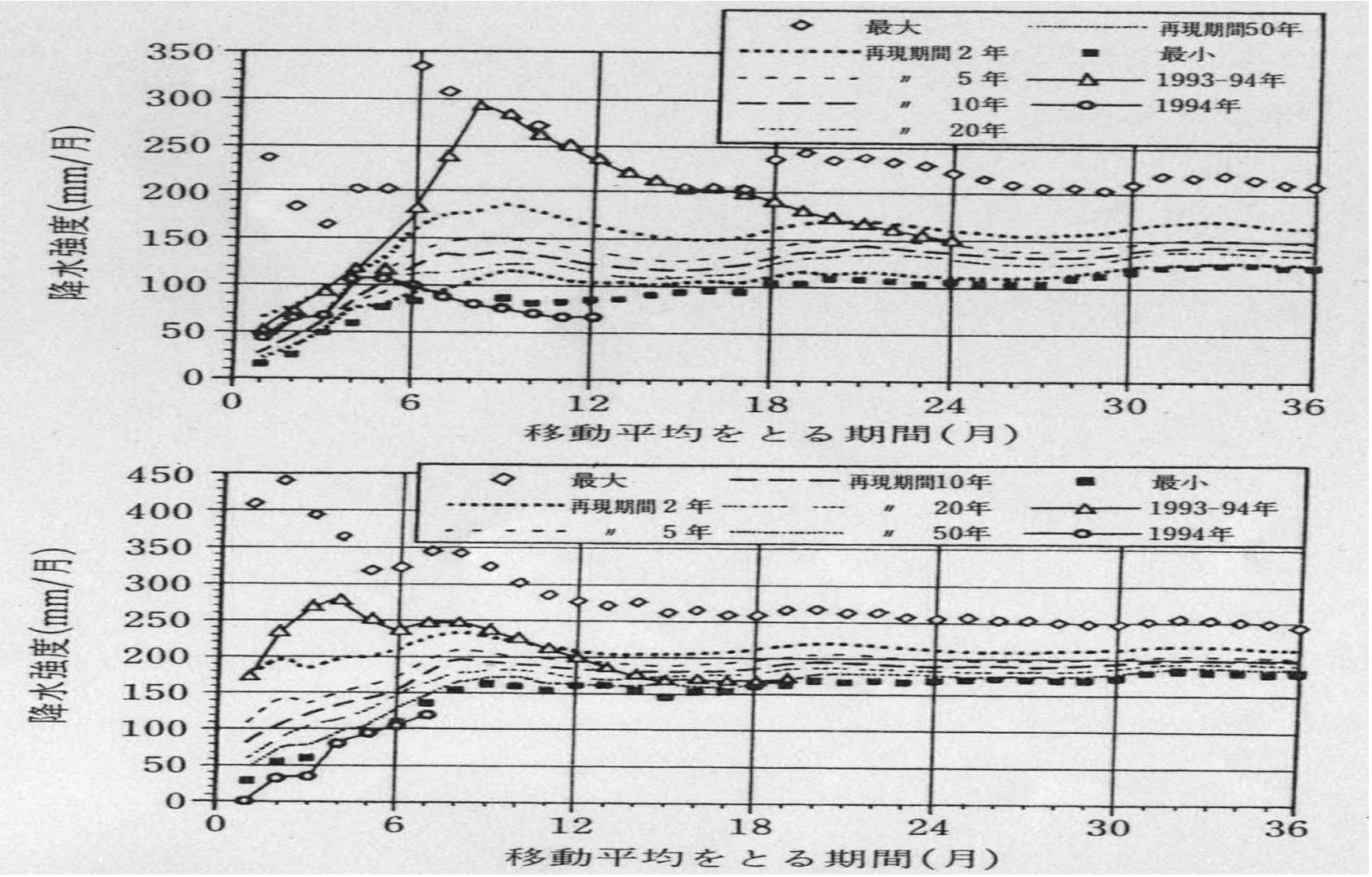


12-month Standardized Precipitation Index through the end of January 2010



渴水持續曲線（Drought Duration Curve）
---用於氣象乾旱的判定

Nagasaki長崎 －上圖(一月)；下圖(六月)



地表水供水指數 (Surface Water Supply Index, SWSI) ---用於供需乾旱的判定

SWSI

$$SWSI = \frac{a \times PN_{SP} + b \times PN_{PCP} + c \times PN_{RS} - 50}{12}$$

a, b, c: weight， $a + b + c = 1$

PN_{SP}: probability of snowpack

PN_{PCP}: probability of precipitation

PN_{RS}: probability of reservoir storage

◆During the summer months, streamflow replaces snowpack as a component of the SWSI.

SWSI level

SWSI	State
3~4	Extremely wet
2~2.9	Moderately wet
1~1.9	Slightly wet
-0.9~0.9	Near average
-1.9~-1	Slightly dry
-2.9~-2	Moderately dry
-4~-3	Extremely dry

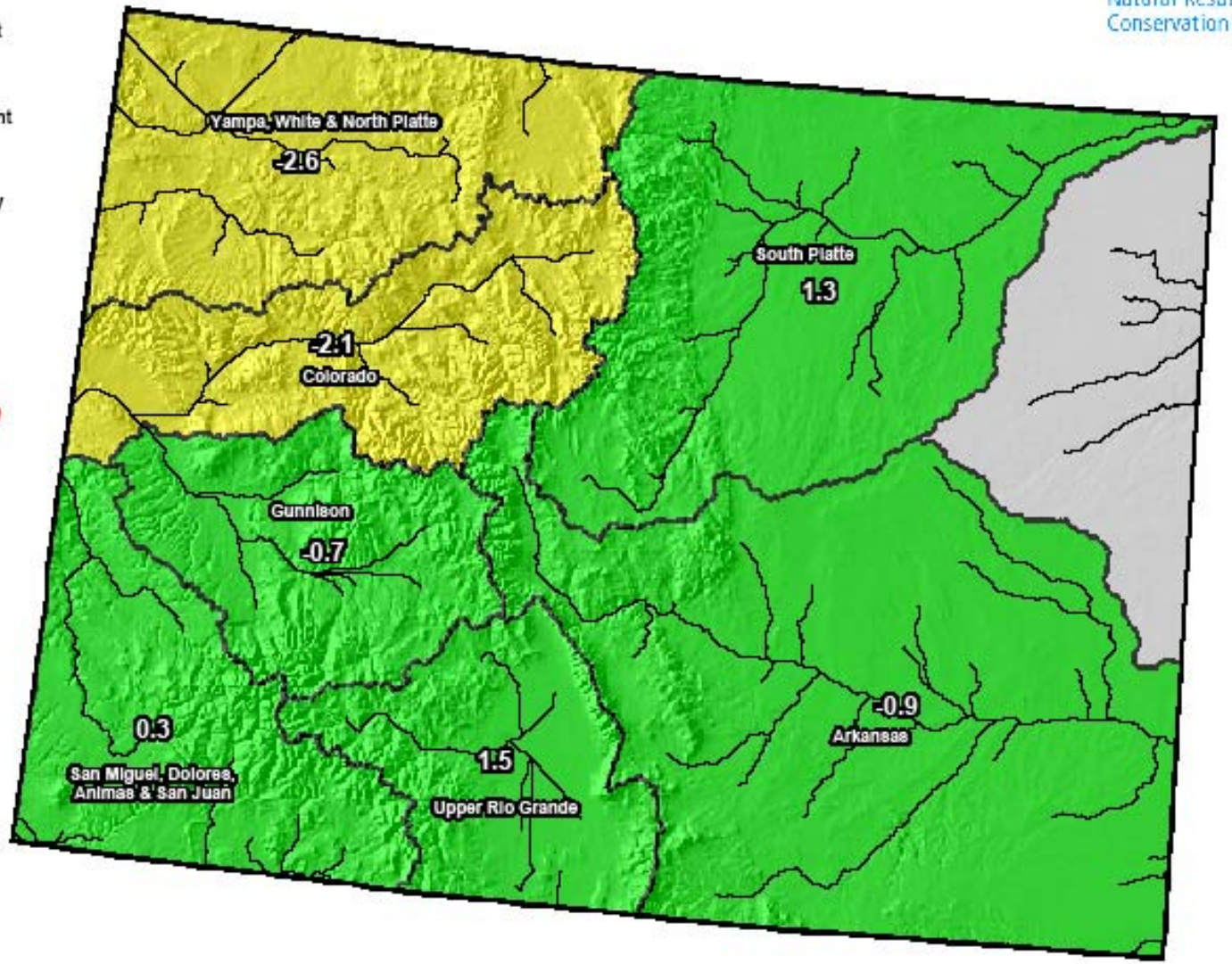
Colorado Surface Water Supply Index (SWSI) Map

NRCS
Natural Resources Conservation Service

Legend

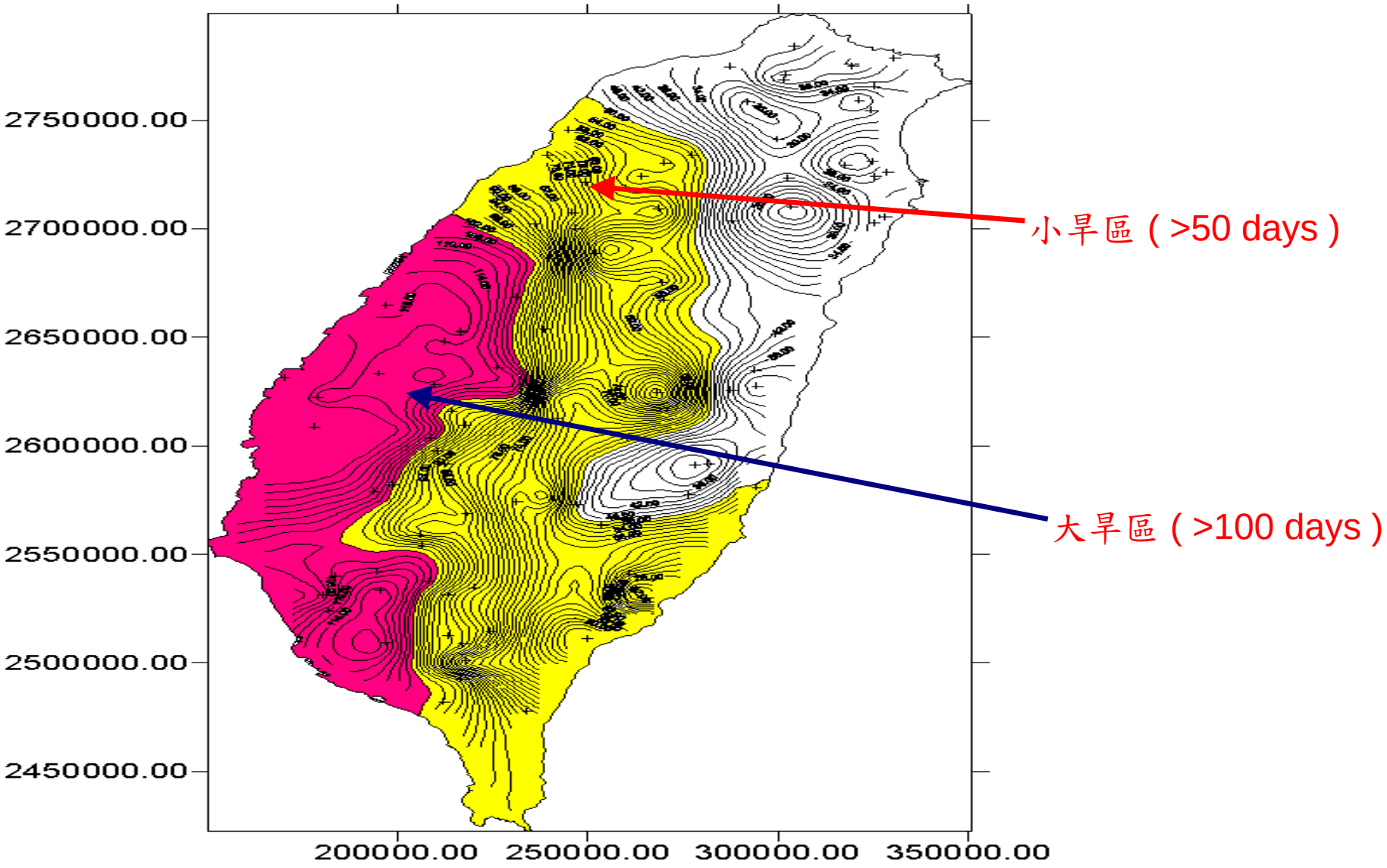
- Extreme Drought
- Severe Drought
- Moderate Drought
- Near Normal
- Abundant Supply

Provisional Data Subject to Revision



Current as of February 1, 2010

連續不降雨日數分析(T=100年)



中國大陸的氣象乾旱等級

◆《氣象乾旱等級》2006年11月1日開始實施，是中國首次發佈用於監測乾旱災害的國家標準。

◆氣象乾旱綜合指數以標準化降水指數、相對濕潤指數和降水量為基礎建立的一種綜合指數。

1. 正常或濕澇:降水正常或較常年偏多，地表濕潤，無旱象；

2. 輕旱:降水較常年偏少，地表空氣乾燥，土壤出現水分輕度不足，對農作物有輕微影響；

3. 中旱:降水持續較常年偏少，土壤表面乾燥，土壤出現水分不足，地表植物葉片白天有萎蔫現象，對農作物和生態環境造成一定影響；

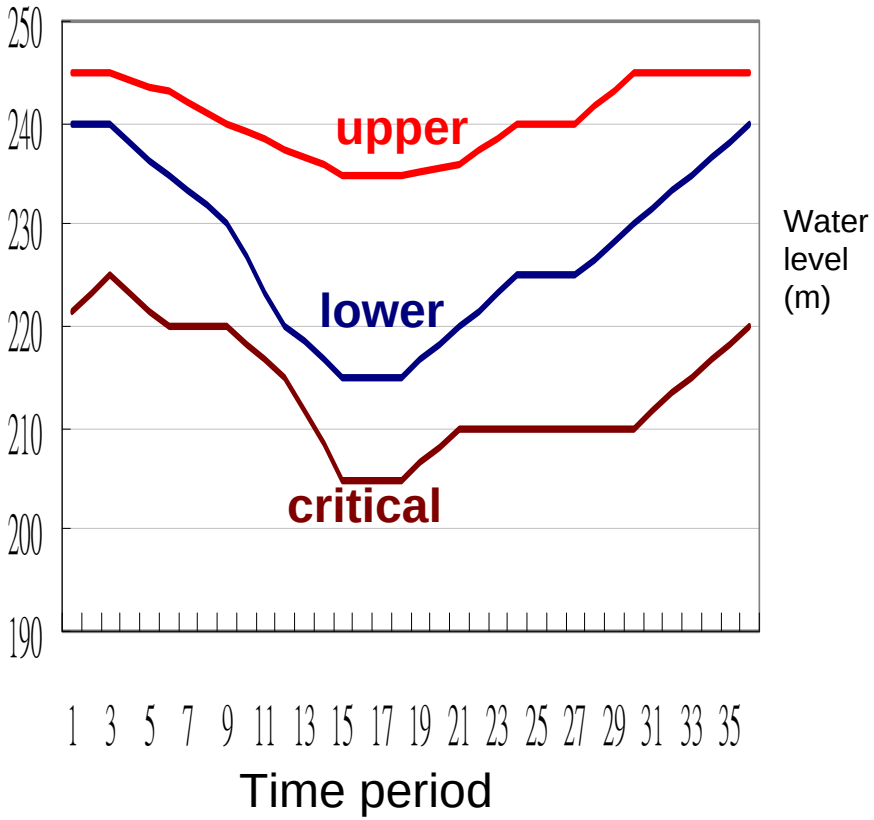
4. 重旱:土壤出現水分持續嚴重不足，土壤出現較厚的幹土層，植物萎蔫、葉片乾枯，果實脫落，對農作物和生態環境造成較嚴重影響，對工業生產、人畜飲水產生一定影響；

5. 特旱:土壤出現水分長時間嚴重不足，地表植物乾枯、死亡，對農作物和生態環境造成嚴重影響，工業生產、人畜飲水產生較大影響。

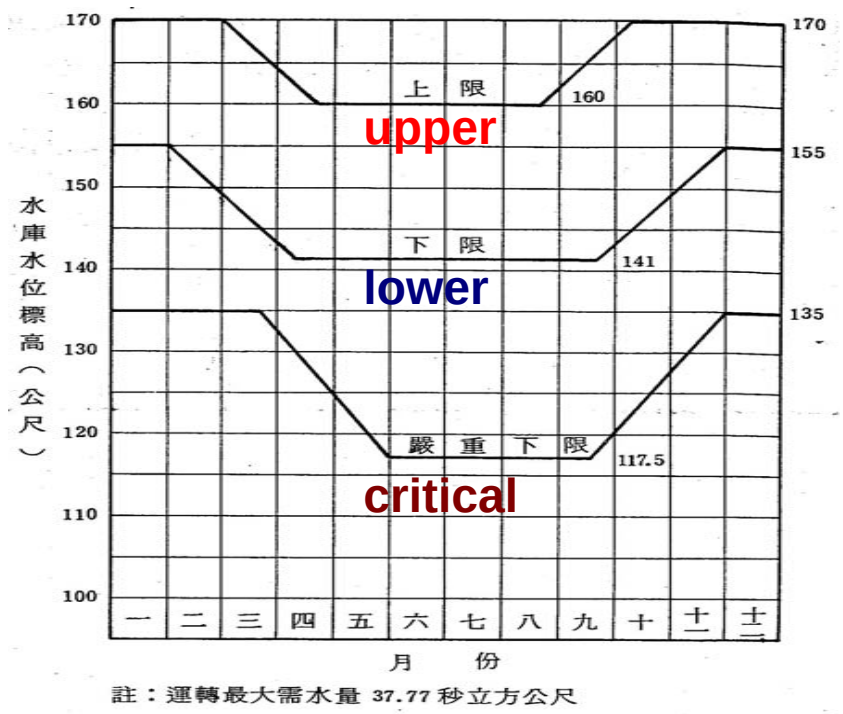
1. 水庫乾旱預警系統理論介紹

常用的水庫操作規線

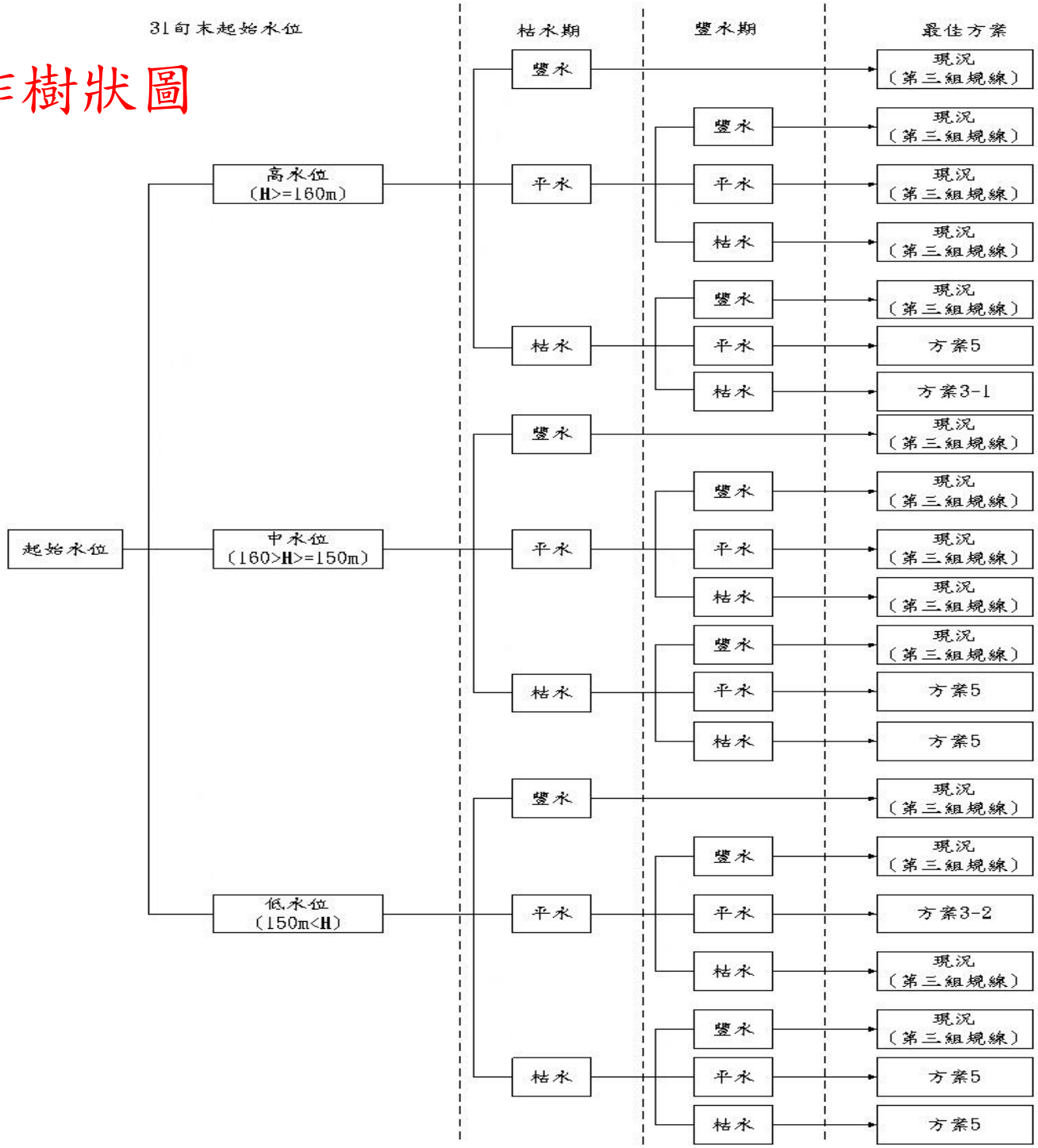
Ex. 石門水庫



Ex. 翡翠水庫



Ex. 翡翠水庫操作樹狀圖



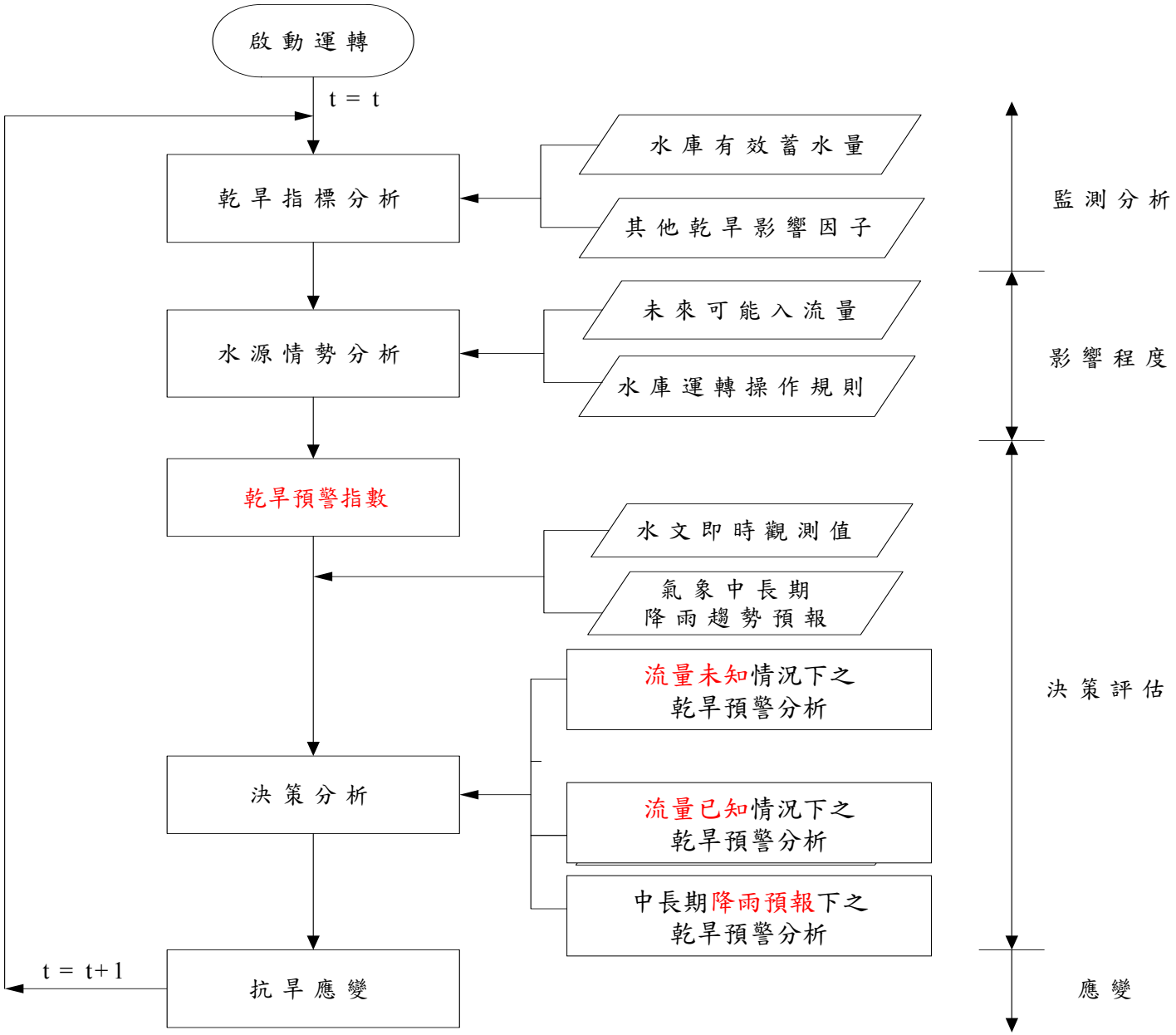
◆水庫操作規線準則適合一般時期之應用，但應用於乾旱時期則缺乏彈性。

建置
乾旱預警系統
以反應
乾旱程度等必要資訊

系統模式考慮層面

- 乾旱監測 (*Drought watch*),
- 乾旱影響程度 (*Drought impact*),
- 抗旱應變 (*Drought mitigation*) 。

水庫乾旱預警系統架構圖



水利署對乾旱預警系統的建議

- 模式理論基礎?
- 乾旱指標及其權重?
- 預警指數之組合及其權重?
- 預警灯號數目?
- 預警灯號分類?
- 模式實用性?

水利署建議可能的乾旱指標因子：

(1) 雨量
(2) 流量
(3) 水庫蓄水量
(4) 水庫入庫流量
(5) 地下水位
(6) 未來氣象條件
(7) 可供水天數

乾旱監測 (Drought Watch)

- 監測乾旱現況
- 監測範圍：氣象乾旱、農業乾旱、水文乾旱、供需乾旱

乾旱影響因子等級判定

➔利用模糊綜合評估

評估矩陣

$$R = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} v_1 & v_2 & \cdots & v_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \end{array} \begin{array}{c} \\ u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_m \end{array}$$

因素集

$U=\{u_1, u_2,\ldots, u_m\}$

Attribute Set

$u_1, u_2,\ldots, u_m$
→inflow, reservoir storage ……

評估集(等級)

$V=\{v_1, v_2,\ldots, v_n\}$

Evaluation Set

v_1=none (rank 1)

v_2=slightly severe (2)

v_3=fairly severe (3)

v_4=severe (4)

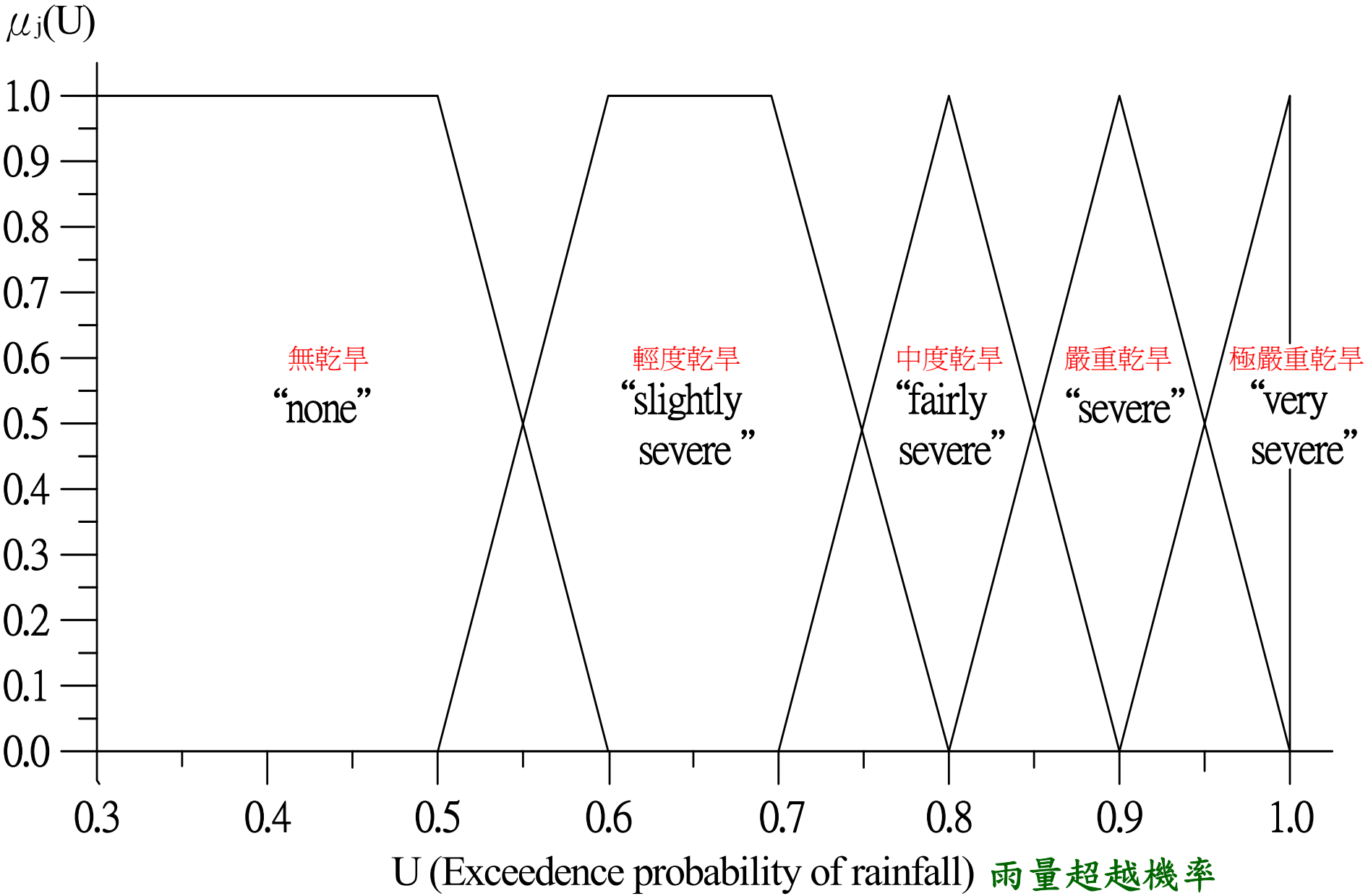
v_5=very severe (5)

Based on the membership function of fuzzy set Vj associated with criterion Ui

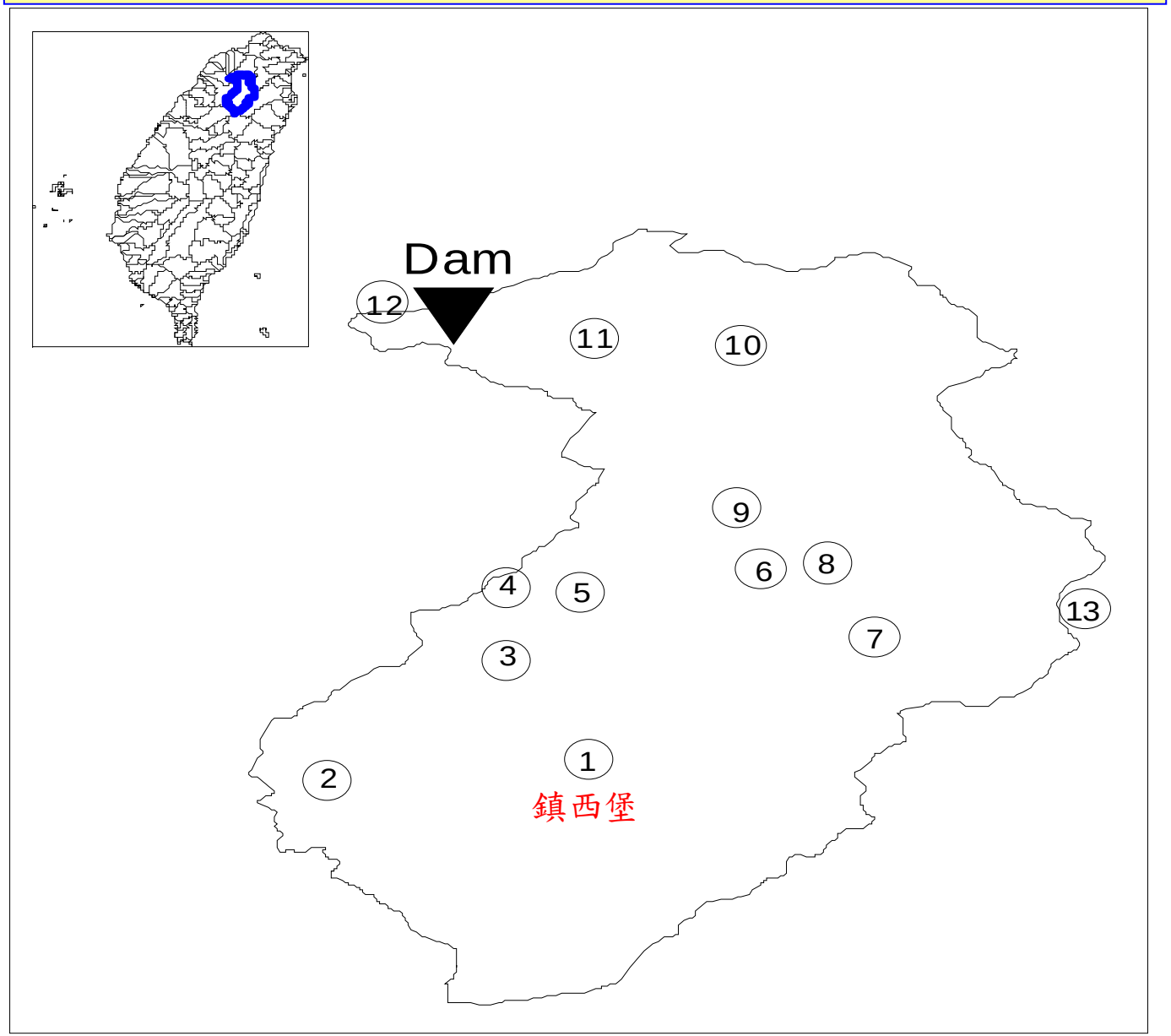
$r_{ij}=\{r_{i1}, r_{i2},\ldots, r_{in}\}$

因素ui於評估等級vj之隸屬度

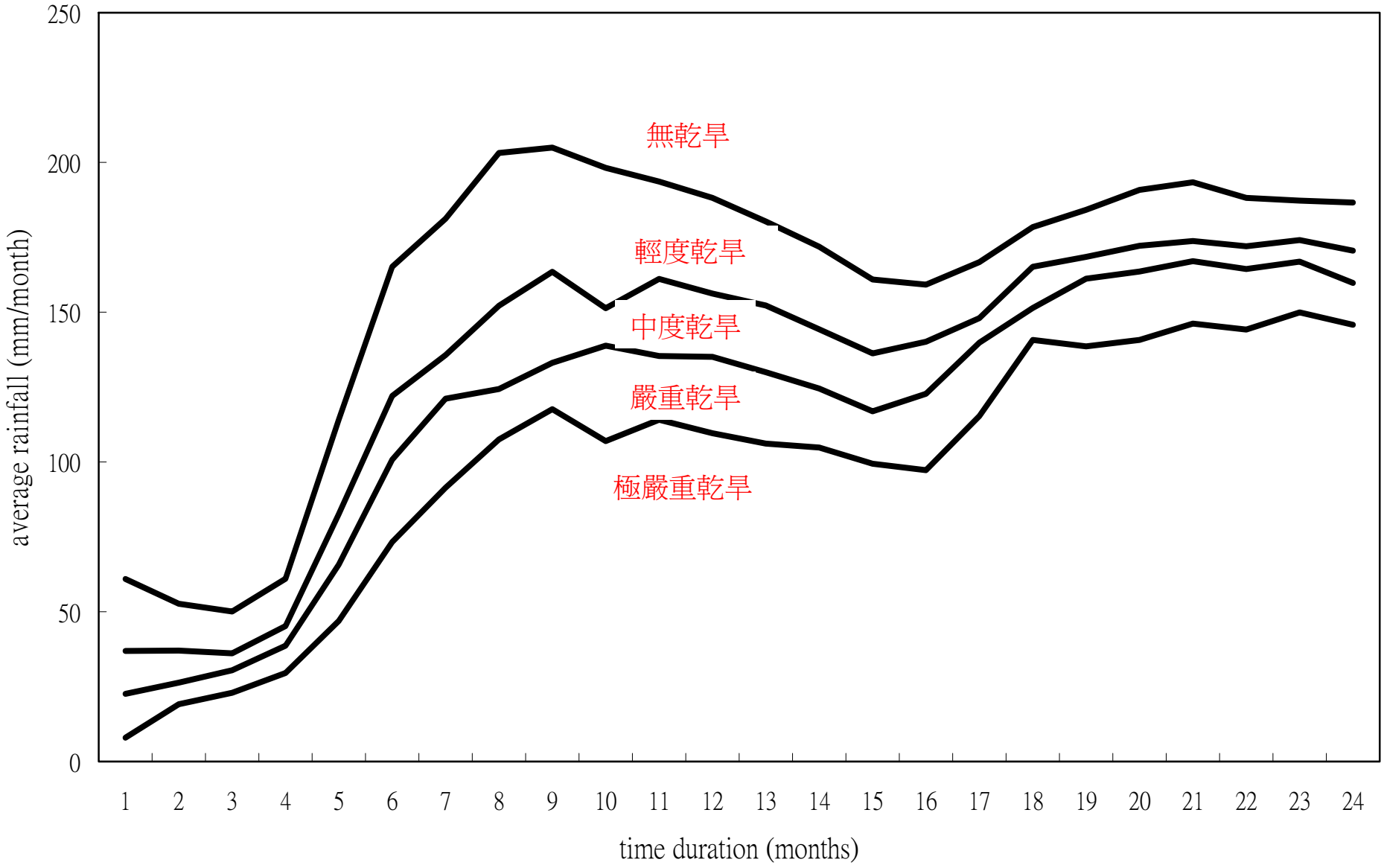
氣象乾旱:降雨量


μj(U)
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
無乾旱
"none"
輕度乾旱
"slightly severe"
中度乾旱
"fairly severe"
嚴重乾旱
"severe"
極嚴重乾旱
"very severe"
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.0
U (Exceedence probability of rainfall) 雨量超越機率

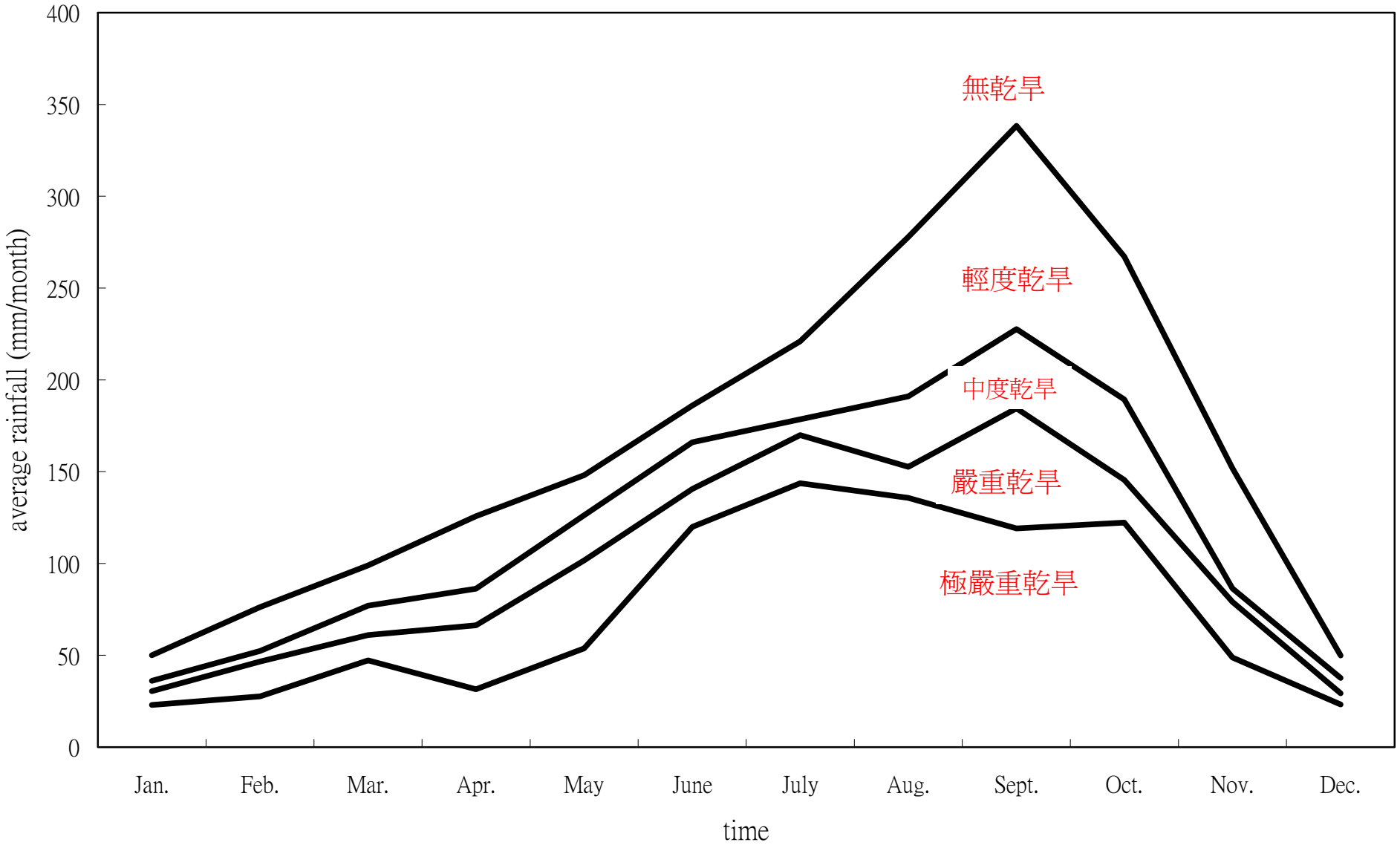
石門水庫集水區雨量站



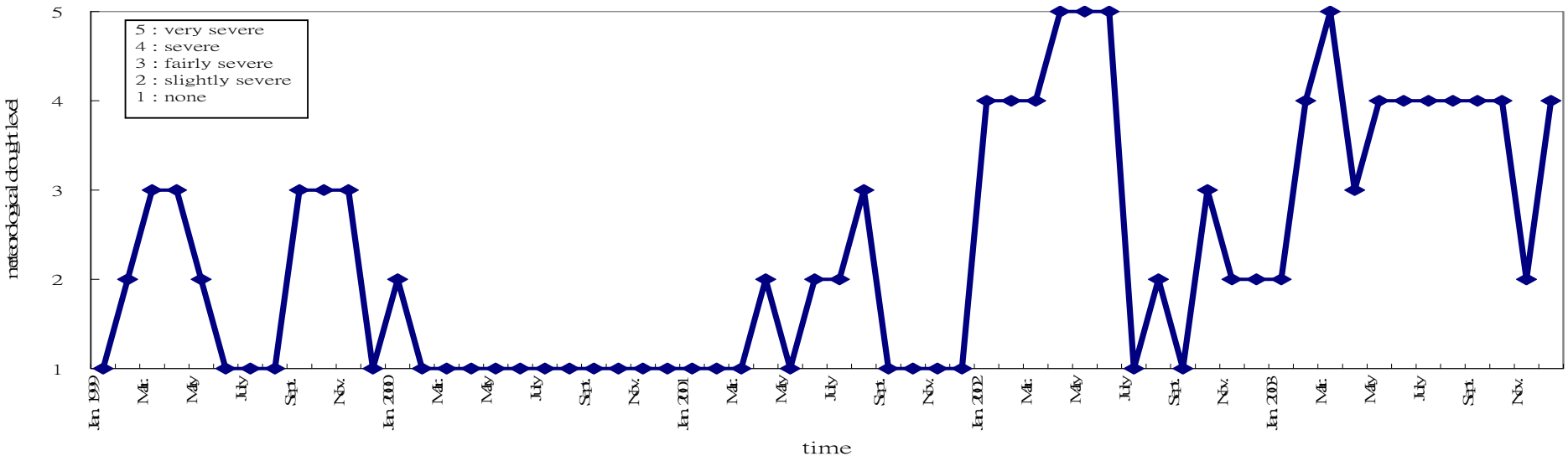
鎮西堡站：一月份氣象乾旱分析



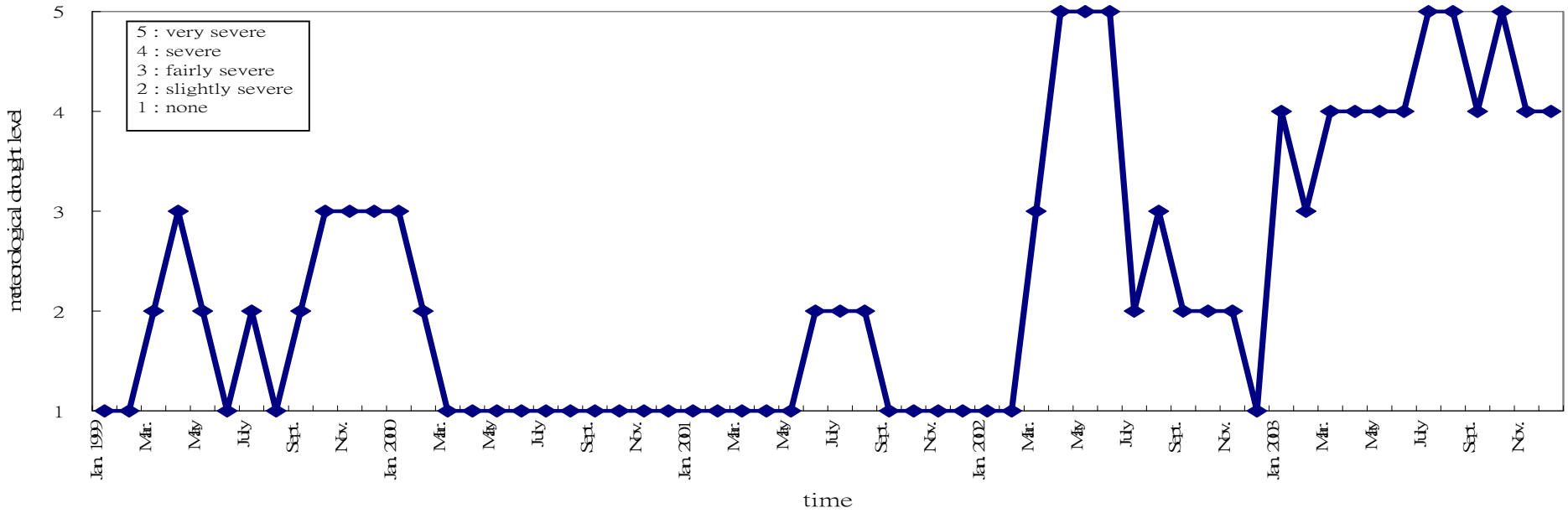
鎮西堡站氣象乾旱分析(3-month duration)



氣象乾旱分析(3-month duration) (1999-2003)



氣象乾旱分析(6-month duration) (1999-2003)

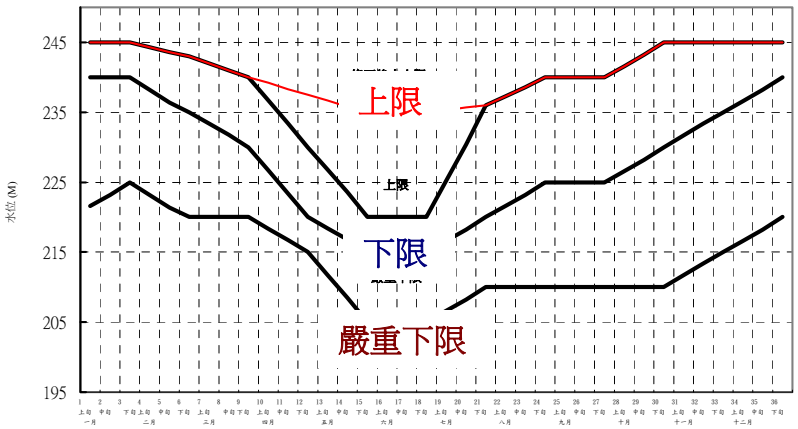


供需乾旱:水庫蓄水量

水庫操作規線

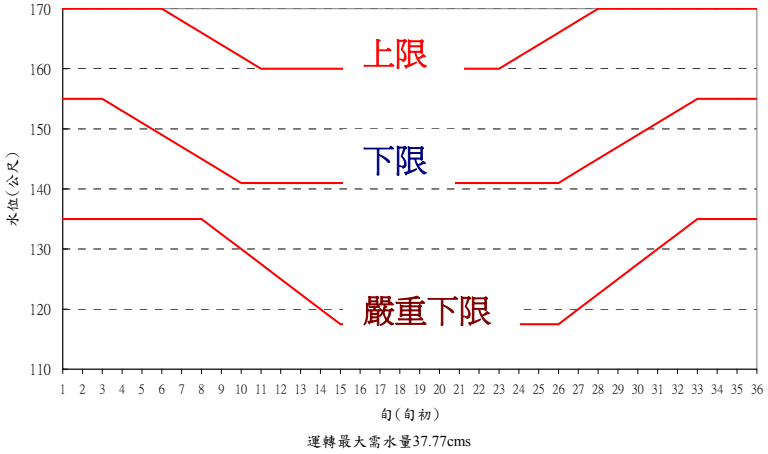
對應不同放水標準

石門水庫



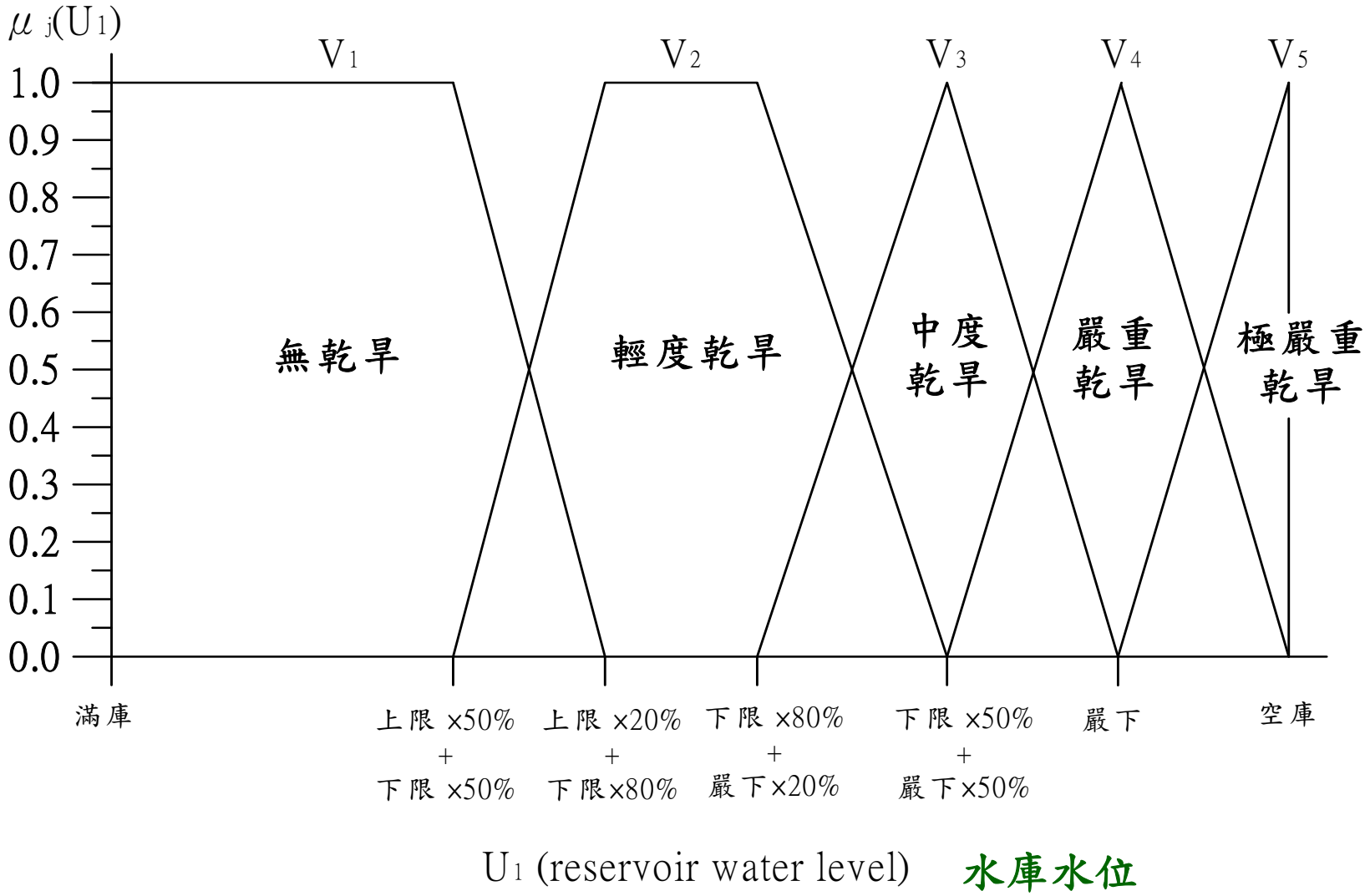
Time period

翡翠水庫

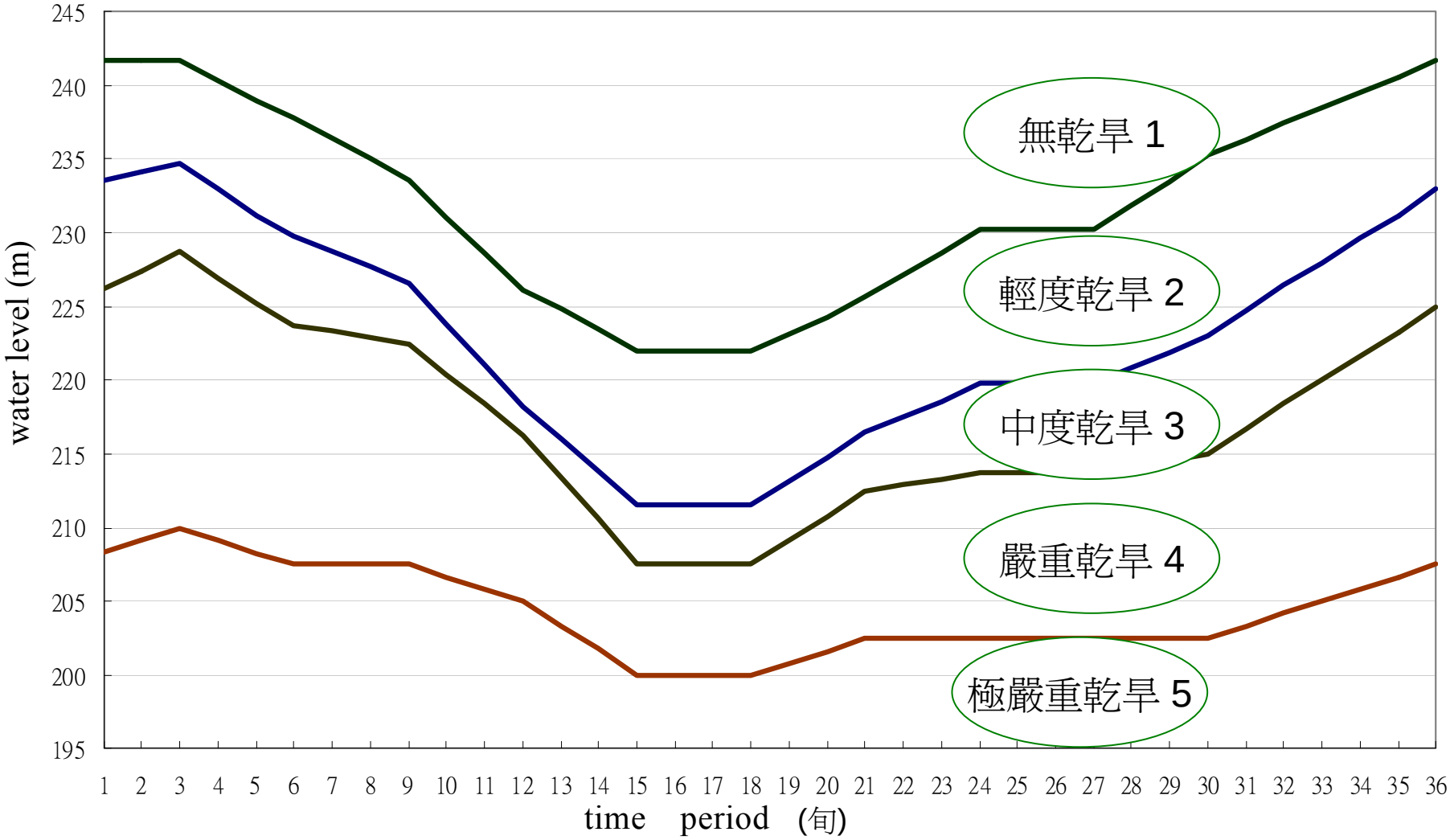


Time period

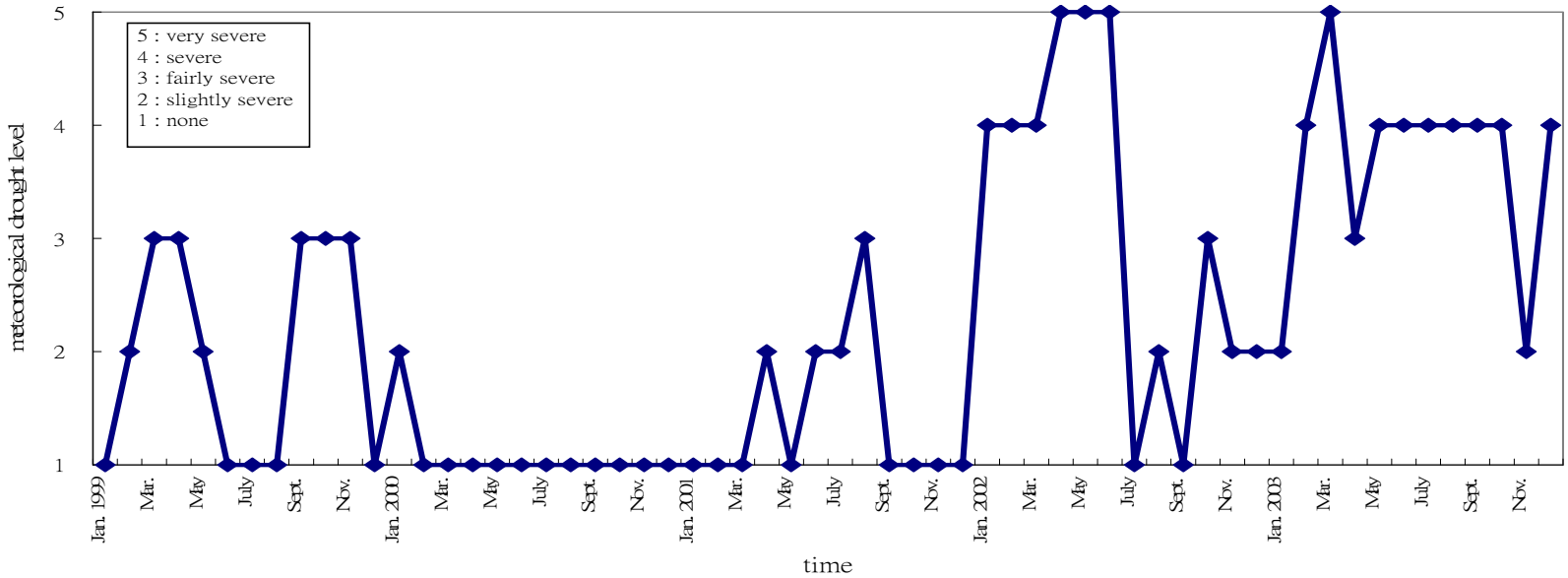
水庫蓄水因子隸屬度函數



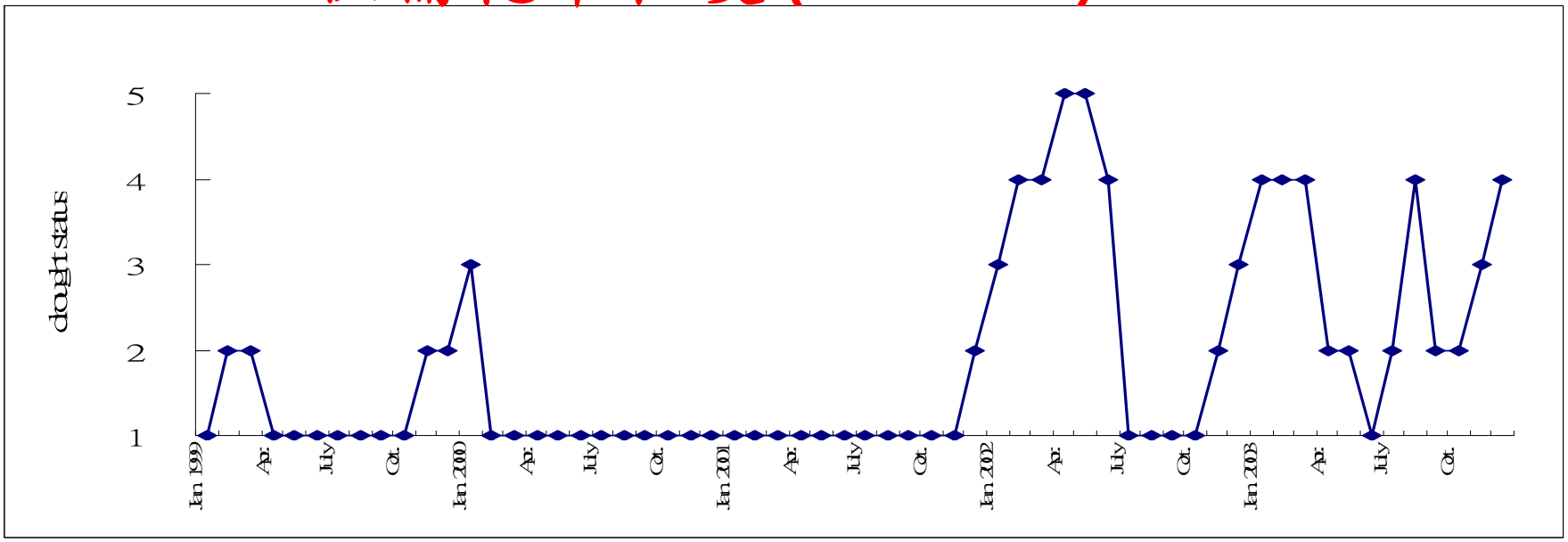
石門水庫供需乾旱區分類



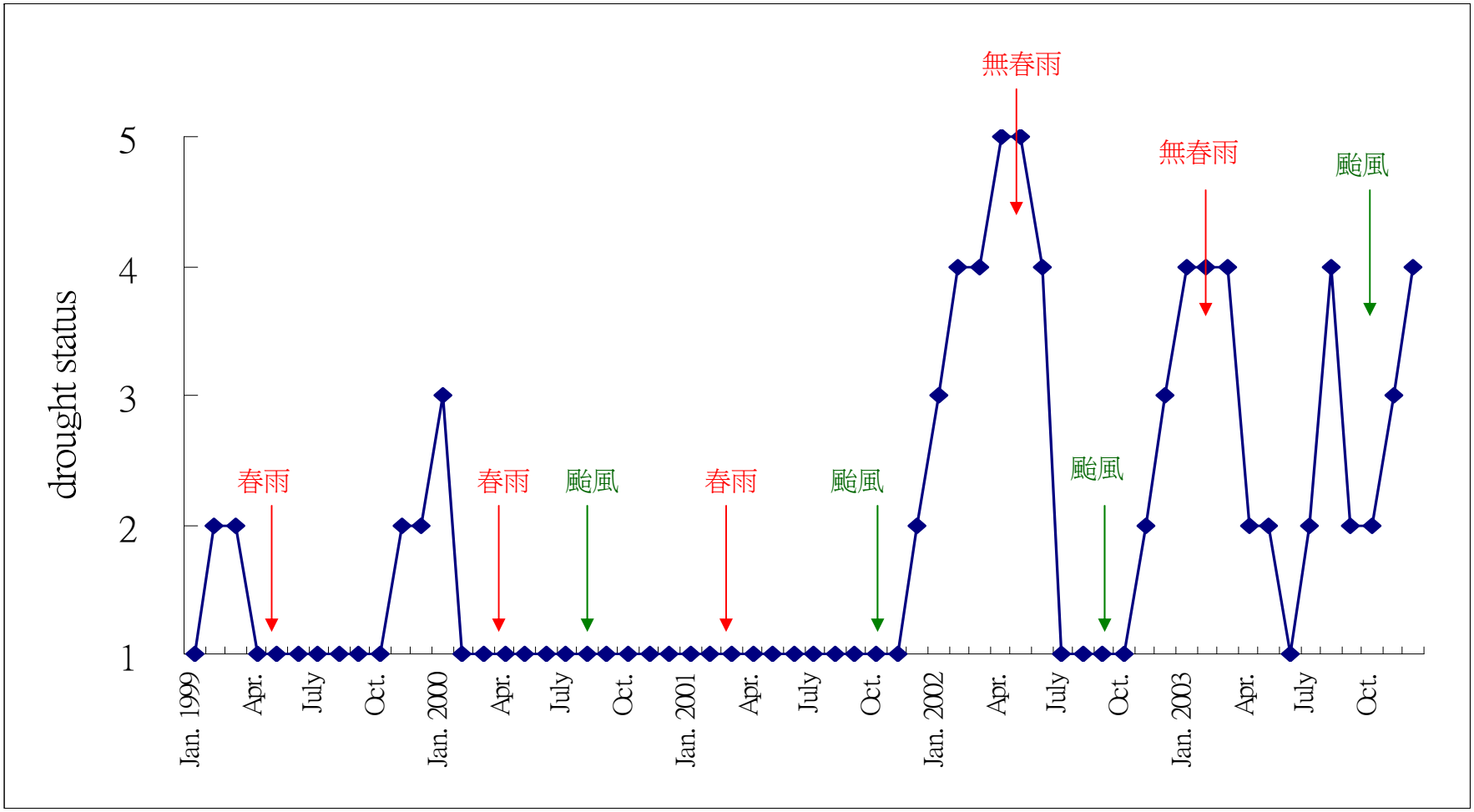
氣象乾旱程度 (1999-2003)



供需乾旱程度 (1999-2003)

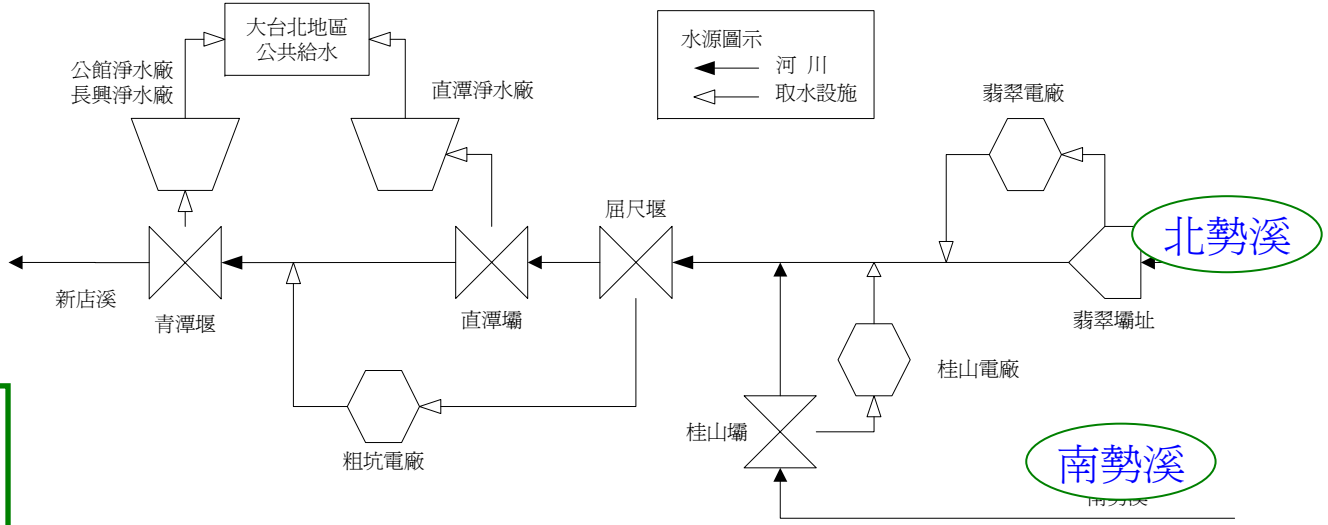


石門水庫供需乾旱程度變化(1999-2003)



水文乾旱:河川流量

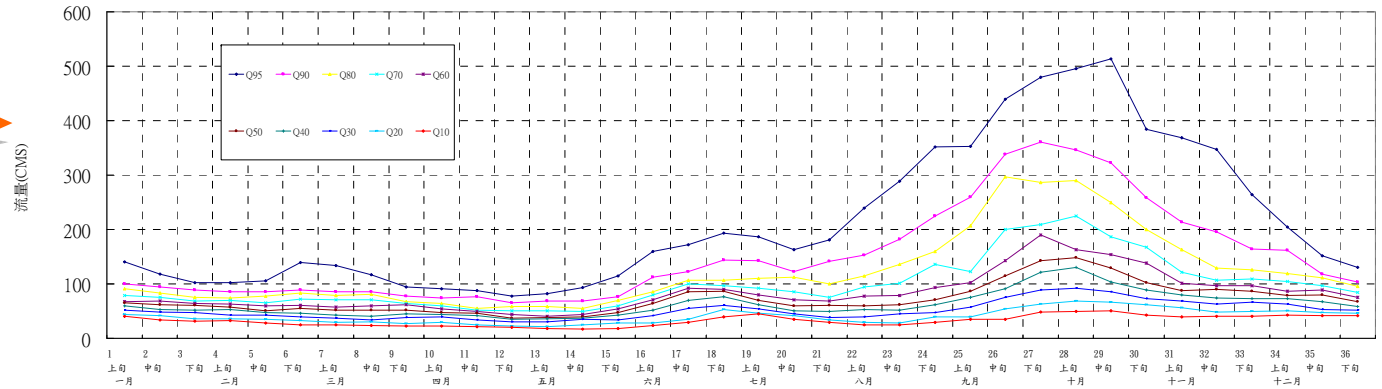
(翡翠水庫系統:南勢溪側流量)



超越機率

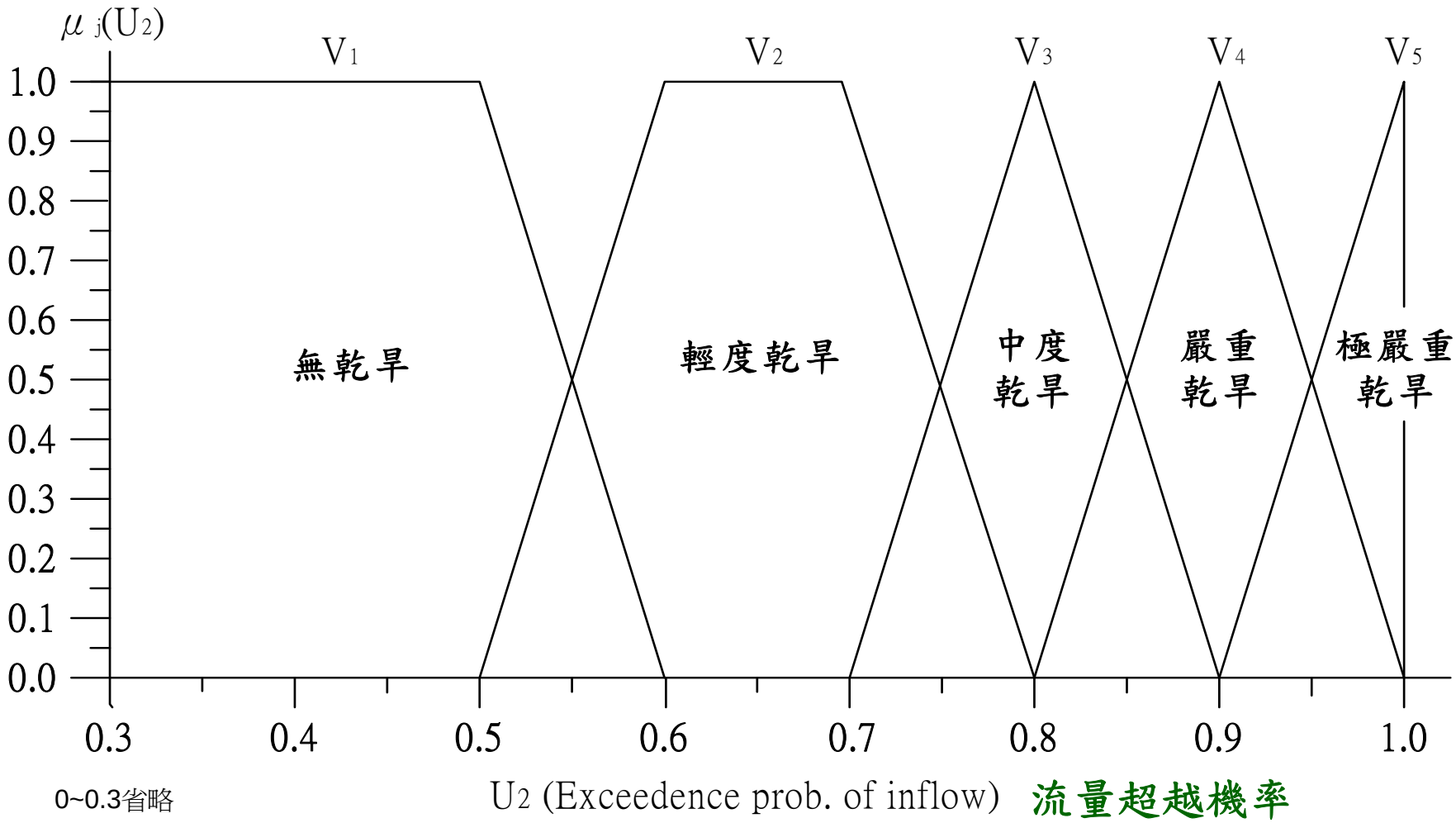
exceedence prob.

$$\Pr(Q \geq Q_p) = P\%$$



南勢溪月流量超越機率歷時過程線

河川流量因子隸屬度函數



乾旱指標判定

$$\tilde{R} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} v_1 & v_2 & \cdots & v_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \end{array} \begin{array}{c} \\ u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_m \end{array}$$

Based on the membership function of fuzzy set Vj associated with criterion Ui

$r_{ij}=\{r_{i1}, r_{i2},\ldots, r_{in}\}$

單因子模糊評估(石門水庫)

$$R_S = [r_1, r_2, r_3, r_4, r_5]$$

多因子模糊評估(翡翠水庫)

$$R_F = \begin{bmatrix} r_{11}, r_{12}, r_{14}, r_{14}, r_{15} \\ r_{21}, r_{22}, r_{23}, r_{24}, r_{25} \end{bmatrix}$$

$$Z = W \circ R = (z_1, z_2, z_3, z_4, z_5)$$

$W=(w_1,w_2)$
過去一個月之取水來源
(南勢溪流量，翡翠蓄水量)

W：**weight vector**

R ：decision matrix

Z：**weighted vector**

$$\sum_{i=1}^{n} z_i > 0.5 > \sum_{i=1}^{n-1} z_i$$

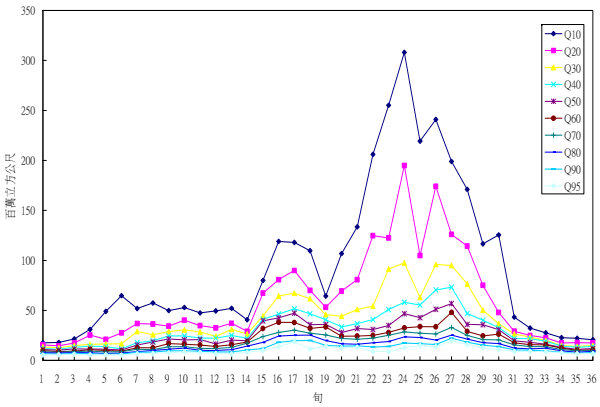
乾旱影響程度
(Drought impact)

針對未來
3個月
水源情勢

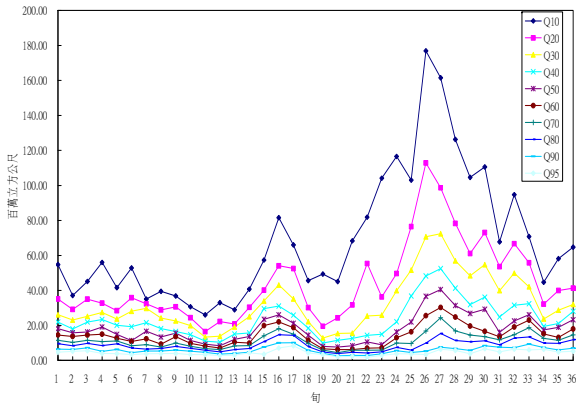
不同豐枯
流量
超越機率

水庫操作
供水模擬

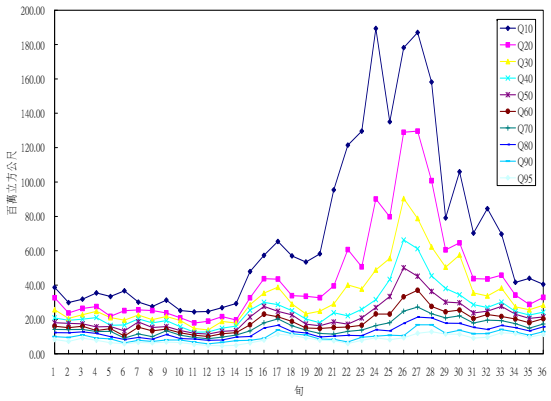
評估未來
缺水情勢



超越機率曲線(石門水庫)



超越機率曲線(翡翠水庫)



超越機率曲線(南勢溪)

水源情勢指標(S)

未來三個月水源情勢缺水率(S)

S = 1- (release/demand) x 100%

水利署旱災防救計畫

狀況等級	公共缺水率 (水公司15分區)	農業缺水率 (17水利會灌區)
三級狀況	10%~20%	30%~40%
二級狀況	20%~30%	40%~50%
一級狀況	30%以上	50%以上

水源情勢缺水等級分類表

缺水等級		農業用水	公共用水 (含農業之多目標水庫)	公共用水 (單目標水庫)
程度等級 未來缺水 Si	1(無缺水)	0	0	0
	2(輕度缺水)	0~30%	0~10%	0~5%
	3(中度缺水)	30%~40%	10%~20%	5%~15%
	4(嚴重缺水)	40%~50%	20%~30%	15%~30%
	5(極嚴重缺水)	>50%	>30%	>30%

●多目標水庫中公共、農業缺水率二者取其嚴重

評估 (Evaluation) → 乾旱預警指數的訂定

乾旱預警指數
(Drought Alert Index)

- 現況乾旱程度 → 乾旱指標分析(D_i)
- 未來缺水程度 → 水源情勢分析(S_i)

利用信息熵 (information entropy)

$$H(p_1,\cdots,p_n) = -K\sum_{i=1}^{n} p_i \log_2 p_i$$

as K=1; p_i=1/n

$H(x)= \log_2 n$ ($n= n_1 * n_2 = 5*5$)

$H(x)= \log_2 25 \doteqdot 5$ (燈號數)

標準化&敏感度分析

$$DAI = f(D,S|Q_h) = \log_{n1} D_i + \log_{n2} S_i^2$$

$$= \log_5 (D_i \times S_i^2)$$

預警燈號	綠燈(G)	藍燈(B)	黃燈(Y)	橙燈(O)	紅燈(R)
警戒程度	正常	警戒	提升警戒	高度警戒	嚴重警戒
預警指數值範圍	0≤DAI≤1	1< DAI ≤1.5	1.5< DAI ≤2	2< DAI ≤2.5	2.5< DAI ≤3

抗旱應變 (Drought mitigation)

DAI 乾旱預警指數		農業用水	公共用水減水率 (含農業之多目標水庫)	公共用水減水率 (單目標水庫)
綠燈 (正常)	0≤DAI≤1	滿足供水	滿足供水	滿足供水
藍燈 (警戒)	1< DAI ≤1.5	以減供總需水量30%爲上限,召集用水單位共同協商	滿足供水	減供用水總量5%以下： 離峰時段降低管壓供水
黃燈 (提升警戒)	1.5< DAI ≤2	以減供總需水量30%~50%爲目標,召集用水單位共同協商	減供用水總量0~10%： 1. 離峰時段降低管壓供水 2. 停供次要民生用水	減供用水總量5~ 10%： 停供次要民生用水
橙燈 (高度警戒)	2< DAI ≤2.5	以減供總需水量50%以上但不全面休耕爲前提,召集用水單位共同協商	減供用水總量10%~ 20%： 停供大型用水用戶與不急需之用水	減供用水總量10~30%： 1. 停供大型用水用戶與不急需之用水 2. 分區輪流或全區定時停水
紅燈 (嚴重警戒)	2.5< DAI ≤3	召集用水單位共同協商全面休耕	減供用水總量20%以上： 分區輪流或全區定時停水	減供用水總量30%以上： 依區內用水狀況定量定時供水

不同水文情勢下之乾旱預警分析

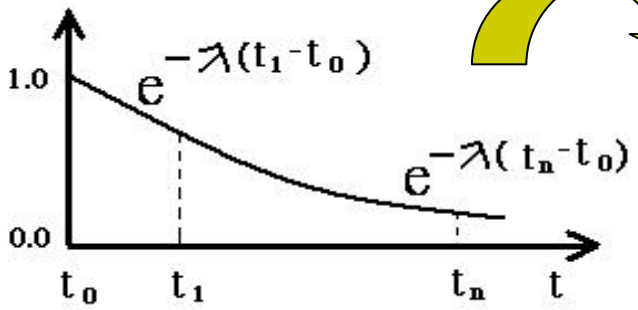
$$DAI_{\theta_i} = \sum_{t=1}^{n} W_t \left[\log_5 \left(D_t \times S_t^2 \right)_{\theta_i} \right]$$

不同時刻下乾旱預警分析

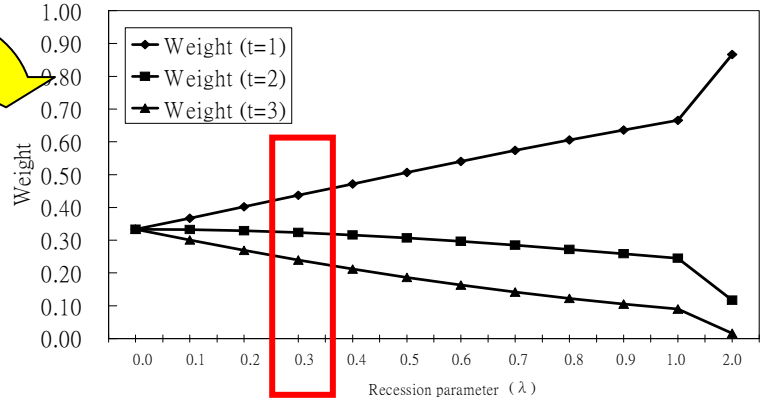
θ_i	$p_t(\theta_i)$	DAI(t=1)	DAI(t=2)	…	DAI(t=n)
Q_{10}	$p_t(Q_{10})$	$\log_5(D_1S_1^2)_{Q_{10}}$	$\log_5(D_2S_2^2)_{Q_{10}}$	…	$\log_5(D_nS_n^2)_{Q_{10}}$
Q_{20}	$p_t(Q_{20})$	$\log_5(D_1S_1^2)_{Q_{20}}$	$\log_5(D_2S_2^2)_{Q_{20}}$	…	$\log_5(D_nS_n^2)_{Q_{20}}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Q_{95}	$p_t(Q_{95})$	$\log_5(D_1S_1^2)_{Q_{95}}$	$\log_5(D_2S_2^2)_{Q_{95}}$	…	$\log_5(D_nS_n^2)_{Q_{95}}$

註：θ_i 為不同超越機率下所對應之未來推估流量值 Q_i；$p_t(\theta_i)$ 為不同超越機率下所對應未來推估流量之發生機率。

考慮未來影響的效應為遞減狀態



$$W_t = \frac{e^{-\lambda(t-1)}}{\sum_{t=1}^{n} e^{-\lambda(t-1)}}$$



n=3; 參數 λ = 0.2

$$DAI = \sum_{t=1}^{3} W_t \left[\log_5 (D_t S_t^2) \right] = 0.4 \times \log_5 (D_1 S_1^2) + 0.33 \times \log_5 (D_2 S_2^2) + 0.27 \times \log_5 (D_3 S_3^2)$$

月流量機率分布的計算

$$P^{t+1} = p^{t}\,\underline{P}_{t}$$

$$P^{t+2} = p^{t+1}\,\underline{P}_{t+1}$$

.

$$P^{t+12} = p^{t}\prod_{i=1}^{12} P_{t+i-1}$$

t \ t+1	Q_{10}	Q_{20}	$\cdots$	Q_{95}
Q_{10}				
Q_{20}		$P[\theta_{t+1}/\theta_{t}]$		
$\vdots$				
Q_{95}				

p^{t} ： t時刻之機率分布

$\underline{P}_{t}$ ： t, t+1之間的轉置機率矩陣(transition matrix)

流量機率分佈下之乾旱預警指數計算

平均流量下之乾旱預警指數

$$DAI_{\bar{\theta}} = \frac{1}{\sum_{t=1}^{n} e^{-\lambda(t-1)}} \sum_{t=1}^{n} \left[\log_5 \left(D_t S_t^2 \right)_{\bar{\theta}} \right] e^{-\lambda(t-1)}$$

$$\bar{\theta} = \sum_{\theta_i = Q_{10}}^{Q_{95}} p_t(\theta_i) \cdot \theta_i$$

不同決策態度下之乾旱預警分析

$$\sum_{\theta_i \geq \theta_t^*} p_t(\theta_i) \leq P \quad \forall t$$

判別

t 時刻累積機率(P)
之未來水文情勢(θ_t^*)

小 累積機率 大

冒險 決策態度 保守

(1-P)定義為「決策低估風險」

決策態度

$$DAI_P = \frac{1}{\sum_{t=1}^{n} e^{-\lambda(t-1)}} \sum_{t=1}^{n} \left[\log_5 \left(D_t S_t^2 \right)_{\theta_t^*} \right] e^{-\lambda(t-1)}$$

2008 年三月石門水庫未來水文情勢之機率分佈

θ_i	t=1 (四月)		t=2 (五月)		t=3 (六月)	
	$p_1(\theta_i)$	$\sum p_1(\theta_i)$	$p_2(\theta_i)$	$\sum p_2(\theta_i)$	$p_3(\theta_i)$	$\sum p_3(\theta_i)$
Q_{10}	8.40%	8.40%	5.00%	5.00%	8.50%	8.50%
Q_{20}	2.70%	11.10%	11.20%	16.20%	13.80%	22.
Q_{30}	4.00%	15.10%	23.70%	39.90%	14.80%	37.
Q_{40}	9.80%	24.90%	22.20%	62.10%	8.80%	45.
Q_{50}	19.40%	44.30%	11.60%	73.70%	10.30%	56.
Q_{60}	18.00%	62.30%	6.90%	80.60%	9.80%	66.00%
Q_{70}	11.90%	74.20%	11.30%	91.90%	8.60%	74.60%
Q_{80}	7.20%	81.40%	8.00%	99.90%	8.70%	83.30%
Q_{90}	6.30%	87.70%	0.10%	100.00%	9.90%	93.20%
Q_{95}	12.30%	100.00%	0.00%	100.00%	6.80%	100.00%

累積機率P=0.8

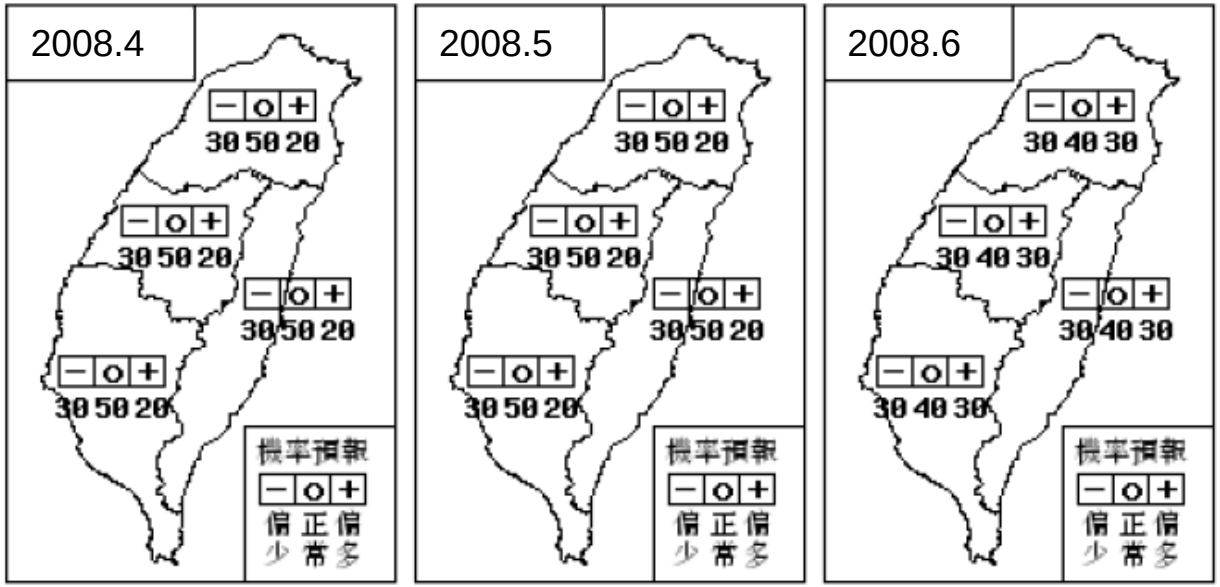
(決策低估風險R=0.2)

$DAI_{P=0.8}$=1.10(藍燈)

2008 年三月石門水庫乾旱預警風險決策分析

累積機率(P)	t=1 (四月)		t=2 (五月)		t=3 (六月)	
	θ_1^*	DAI_P	θ_2^*	DAI_P	θ_3^*	DAI_P
P=0.2	Q_{40}	0.43	Q_{30}	0.43	Q_{20}	0.00
P=0.5	Q_{60}	0.43	Q_{40}	0.43	Q_{50}	0.43
P=0.8	Q_{80}	0.43	Q_{60}	1.54	Q_{80}	1.54
P=0.9	Q_{95}	0.43	Q_{70}	2.23	Q_{90}	2.23
P=0.95	Q_{90}	0.43	Q_{80}	2.23	Q_{95}	2.86
權重(W)		0.40		0.33		0.27

氣象資訊應用下之乾旱預警分析



雨量機率預報

地區 \ 月份	4 月			5 月			6 月		
	偏少	正常	偏多	偏少	正常	偏多	偏少	正常	偏多
北 部	30%	50%	20%	30%	50%	20%	30%	40%	30%
中 部	30%	50%	20%	30%	50%	20%	30%	40%	30%
南 部	30%	50%	20%	30%	50%	20%	30%	40%	30%
東 部	30%	50%	20%	30%	50%	20%	30%	40%	30%

氣象局未來三個月
降雨機率預報

偏多(+)：Q_{20}
正常(0)：Q_{50}
偏少(-)：Q_{80}

乾旱預警
決策分析

氣象預報資訊 2008 年3月石門水庫未來水文情勢之機率分佈

θ_i	t =1 (四月)		t = 2 (五月)		t = 3 (六月)	
	$p_1(\theta_i)$	$\sum p_1(\theta_i)$	$p_2(\theta_i)$	$\sum p_2(\theta_i)$	$p_3(\theta_i)$	$\sum p_3(\theta_i)$
Q_{20}	30%	30%	30%	30%	30%	30%
Q_{50}	50%	80%	50%	80%	40%	70%
Q_{80}	20%	100%	20%	100%	30%	100%

累積機率P=0.8

(決策低估風險R=0.2)

$DAI_{P=0.8}$ = 0.87(綠燈)

氣象預報資訊 2008 年3月石門水庫乾旱預警風險決策分析

累積機率(P)	t =1 (四月)		t = 2 (五月)		t = 3 (六月)	
	θ_1^*	DAI_P	θ_2^*	DAI_P	θ_3^*	DAI_P
P=0.2	Q_{20}	0.43	Q_{20}	0.00	Q_{20}	0.00
P=0.5	Q_{50}	0.43	Q_{50}	0.43	Q_{50}	0.43
P=0.8	Q_{50}	0.43	Q_{50}	0.43	Q_{80}	2.05
P=0.9	Q_{80}	0.43	Q_{80}	2.05	Q_{80}	2.23
P=0.95	Q_{80}	0.43	Q_{80}	2.05	Q_{80}	2.23
權重(W)		0.40		0.33		0.27

燈號準確度評估

Predicted signal	Actual signal					
	G	B	Y	O	R	
G						User's Accuracy **(UA)**
B						
Y			低估誤差 **(UE)**			
O		高估誤差 **(OE)**				
R						
	Producer's Accuracy **(PA)**					Overall Accuracy **(OA)**

$$\text{Risk Index(RI)} = \sum_{\forall i}\sum_{\forall j}(i-j)\cdot x_{ij}$$

RI<0 (冒險)

RI=0 (中性)

RI>0 (保守)

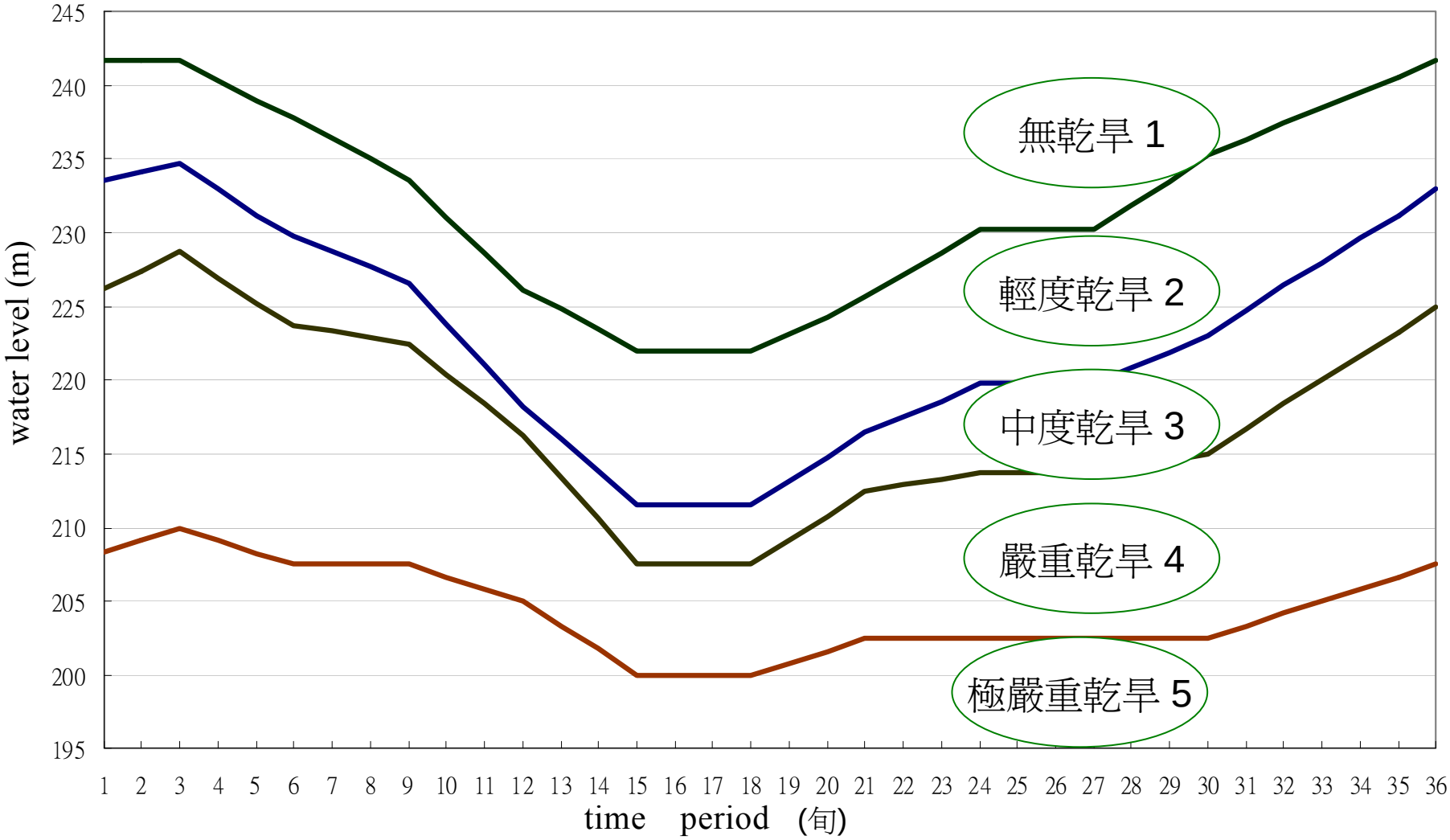
水庫乾旱預警系統的特色

- 以燈號顯示未來三個月之乾旱預警狀況，提供決策者未雨綢繆之資訊。
- 評估因子除了現況乾旱程度以外，亦將未來之情勢納入考慮。
- 導入模糊理論概念。
- 導入風險承擔概念。
- 系統輸出多項資訊供決策者參考。

2. 石門水庫乾旱預警模式應用

乾旱指標 (D)的建置:

石門水庫蓄水乾旱指標分類



石門水庫供水區
不同燈號下建議限水方案

警訊燈號	公共	農業
綠燈	-	-
藍燈	-	至多減30%
黃燈	減壓,停次用水	休石門灌區+桃園灌區至多減40% (10,000 ha) (25,000 ha)
橘燈	減壓,停次用水,供六停一	休石門灌區+桃園灌區至少減50% 休桃園灌區+石門灌區至多減50%
紅燈	供四停一~供三停二	全休

2002年石門水庫乾旱預警決策分析

- 年入庫流量823.44百萬立方公尺，約歷年平均57%，屬枯水年。
- 三月一日：石門灌區休耕、桃園灌區7折供水。
- 三月十六日：石門灌區休耕、桃園灌區5折供水。
- 五月三日：桃園地區全部停灌。
- 七月二日：雷馬遜颱風帶來豐沛降雨旱象解除。

2002　年石門水庫現況乾旱分析

2002	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
水庫蓄水位(m)	231	223	215	205	199	204	241	237	241	237	232	230
水庫有效蓄水(%)	59%	40%	24%	10%	3%	9%	88%	73%	87%	73%	61%	54%
水庫入庫量(MCM)	29	28	25	25	24	43	345	53	140	54	28	31
入庫超越機率(%)	69%	70%	92%	95%	95%	95%	10%	90%	66%	87%	94%	73%
水庫乾旱指標(D)	中度乾旱	嚴重乾旱	嚴重乾旱	極嚴重乾旱	極嚴重乾旱	嚴重乾旱	無乾旱	無乾旱	無乾旱	無乾旱	輕度乾旱	中度乾旱

註：等級 1 為無乾旱；等級 2 為輕度乾旱；等級 3 為中度乾旱；等級 4 為嚴重乾旱；等級 5 為極嚴重乾旱。

不同水文情勢

2002	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月
Q10	1	1	1	1	1	1	1
Q20	1	1	1	1	1	1	1
Q30	1	1	2	2	1	1	1
Q40	3	2	2	2	2	2	1
Q50	3	3	3	2	2	3	1
Q60	3	4	3	3	2	4	1
Q70	3	4	4	4	3	4	1
Q80	3	4	5	5	4	5	1
Q90	3	5	5	5	5	5	1
Q95	4	5	5	5	5	5	1

2002年石門休耕事件

- 三月一日石灌區休耕、桃灌區7折供水
- 五月三日桃園灌區休耕
- 七月二日雷馬遜颱風 解除旱災

風險型決策

2002	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月
P=0.01	1	1	1	1	1	1	1
P=0.10	1	1	1	2	1	1	1
P=0.20	1	1	2	2	1	1	1
P=0.30	2	2	2	2	1	1	1
P=0.40	3	3	3	2	2	2	1
P=0.50	3	3	3	2	3	3	1
P=0.60	3	4	3	4	3	4	1
P=0.70	3	4	3	5	4	4	1
P=0.80	3	4	4	5	5	5	1
P=0.90	3	5	5	5	5	5	1
P=0.95	4	5	5	5	5	5	1
P=0.99	4	5	5	5	5	5	1
期望值	2	3	3	3	2	3	1
實際值	3	5	5	5	3	1	1

氣象應用

2002	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月
P=0.01	1	1	1	1	1	1	1
P=0.10	1	1	1	1	1	1	1
P=0.20	1	1	1	1	1	1	1
P=0.30	1	1	1	1	1	1	1
P=0.40	3	4	3	2	2	3	1
P=0.50	3	4	3	2	2	3	1
P=0.60	3	4	3	2	2	3	1
P=0.70	3	4	3	2	2	3	1
P=0.80	3	5	5	5	5	5	1
P=0.90	3	5	5	5	5	5	1
P=0.95	3	5	5	5	5	5	1
P=0.99	3	5	5	5	5	5	1
期望值	2	3	3	3	3	3	1
實際值	3	5	5	5	3	1	1

2006年石門水庫乾旱預警決策分析

- 年入庫流量1518.55百萬立方公尺，約歷年平均105%，屬平水年。
- 本年度休耕事件主要起因為一、二月之春雨偏少，爾後降雨又未能於一期作施灌時機前即時來臨，以致於管理當局於三月二日公告一期作桃園灌區休耕停灌。
- 之後，由於全年降雨分布時間均勻，因此在平水狀態下得以無明顯缺水之現象發生。

2006 年石門水庫現況乾旱分析

2006	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
水庫蓄水位(m)	237	230	242	243	240	242	240	244	244	240	237	239
水庫有效蓄水(%)	66%	46%	52%	82%	83%	81%	84%	75%	91%	74%	65%	71%
水庫入庫量(MCM)	30	27	66	126	179	362	211	100	272	58	42	44
入庫超越機率(%)	61%	72%	43%	10%	10%	10%	21%	64%	30%	82%	73%	30%
水庫乾旱指標(D)	輕度乾旱	輕度乾旱	無乾旱	無乾旱	無乾旱	無乾旱	無乾旱	無乾旱	無乾旱	無乾旱	輕度乾旱	輕度乾旱

註：等級 1 為無乾旱；等級 2 為輕度乾旱；等級 3 為中度乾旱；等級 4 為嚴重乾旱；等級 5 為極嚴重乾旱。

不同水文情勢

2005-06	十一月	十二月	一月	二月	三月	四月
Q10	1	1	1	1	1	1
Q20	1	1	1	1	1	1
Q30	1	1	1	1	1	1
Q40	1	1	1	2	1	1
Q50	1	1	1	2	1	1
Q60	1	1	2	3	1	1
Q70	1	1	2	3	1	1
Q80	1	1	2	4	1	1
Q90	1	1	2	4	1	1
Q95	1	2	3	4	1	1

2006年石門休耕事件

- 三月二日桃灌區休耕停灌
- 三、四月春雨豐沛 解除旱災

風險型決策

2005-06	十一月	十二月	一月	二月	三月	四月
P=0.01	1	1	1	1	1	1
P=0.10	1	1	1	1	1	1
P=0.20	1	1	1	1	1	1
P=0.30	1	1	1	2	1	1
P=0.40	1	1	1	2	1	1
P=0.50	1	1	1	3	1	1
P=0.60	1	1	2	3	1	1
P=0.70	1	1	2	4	1	1
P=0.80	1	1	2	4	1	1
P=0.90	1	1	2	4	1	1
P=0.95	1	2	3	4	1	1
P=0.99	1	2	3	4	1	1
期望值	1	1	1	2	1	1
實際值	1	1	2	1	1	1

氣象應用

2005-06	十一月	十二月	一月	二月	三月	四月
P=0.01	1	1	1	1	1	1
P=0.10	1	1	1	1	1	1
P=0.20	1	1	1	1	1	1
P=0.30	1	1	2	3	1	1
P=0.40	1	1	2	3	1	1
P=0.50	1	1	2	3	1	1
P=0.60	1	1	2	3	1	1
P=0.70	1	1	3	4	1	1
P=0.80	1	1	3	4	1	1
P=0.90	1	1	3	4	1	1
P=0.95	1	1	3	4	1	1
P=0.99	1	1	3	4	1	1
期望值	1	1	2	3	1	1
實際值	1	1	2	1	1	1

桃園灌區全面休耕（2006.3.3 聯合報）

今年春雨不足，在北桃大停水風波之後，經濟部水利署昨天邀集相關單位開會，決定桃園農田水利會灌區今年一期稻作休耕，北區水資源局估計，如此一來，石門水庫一天可以減供95萬立方公尺，現有蓄水量可以撐到6月底。

桃園農田水利會會長李總集對於經濟部的決定，既憤怒又感到無奈，因為石門水庫若不是供應新竹縣用水，桃園農田水利會灌區不必休耕，更甚者，石門水庫是灌區內農民集資興建，長期移撥用水竟未有任何補償，並不公平，他要求政府須保障已整田、插秧農民的權益。

北區水資源局長賴伯勳說，經濟部昨天決定桃園農田水利會灌區一期稻作休耕，雖然公告時間有點延遲，仍讓北區水資源局鬆了一口氣，桃園農田水利會灌區曾有7成農田辦理休耕，此時公告休耕的影響應該不大。

北區水資源局副局長鍾朝恭說，休耕之後，石門水庫每天出水量可減少95萬立方公尺，這些水可以充足供應民生和石門大圳農業用水，化解立即面臨打折供水的危機。

不過，民生用水加上石門大圳的農業用水，石門水庫每天仍需放水185萬立方公尺，扣除每天平均進水量80萬立方公尺，每天的「淨出水量」約105萬立方公尺，以石門水庫目前有效蓄水量1億900萬立方公尺估算，若水庫集水區降雨持續不佳，進水量無法增加時，估計6月底時，石門水庫恐將探底。

申請停灌補償 政府將付出11億5900多萬元

【2006-04-27/聯合報/C2版/桃園縣新聞】

連日春雨，桃園縣石門水庫水位已達營運規限上限，今年上半年民生、農業用水無虞，但政府早已在3月份公告桃園地區農田停灌休耕，水利會統計，申請停灌補償農田有1萬7536公頃，預計政府將要付出11億5900多萬元補償費。

北區水資源局表示，石門水庫目前水位為239.98公尺，水庫的有效蓄水量為1億7730萬立方公尺，有效容量比是80.73%，水庫水位已在營運規限的上限，今年上半年春耕、民生用水都無須煩惱。

而春雨及時的補注，也讓政府三月份公告停灌措施白緊張一場，桃園農田水利會統計，今年公告停灌休耕區中，繼續插秧農田仍有3591公頃，由於農委會已更正休耕補償標準，這些農民仍享有每公頃7萬3000補償費；而在24日截止收件後，總計申請補償者有1萬7536公頃，比起桃園灌區2萬2000頃農田數，甚至是前3年停灌休耕的農田都還少得多。

燈號準確度評估

P=0.01

actual signal

predicted signal

	G	B	Y	O	R
G	1130	135	111	61	19
B	1	0	2	13	10
Y	0	0	0	5	13
O	0	0	0	2	10
R	0	0	0	0	0

低估燈號

P=0.5

actual signal

predicted signal

	G	B	Y	O	R
G	1096	109	41	12	1
B	25	14	33	12	5
Y	9	10	36	26	6
O	1	2	3	30	19
R	0	0	0	1	21

P=0.99

actual signal

predicted signal

	G	B	Y	O	R
G	690	6	0	0	0
B	230	45	1	0	0
Y	155	58	67	4	0
O	36	14	20	32	4
R	20	12	25	45	48

高估燈號

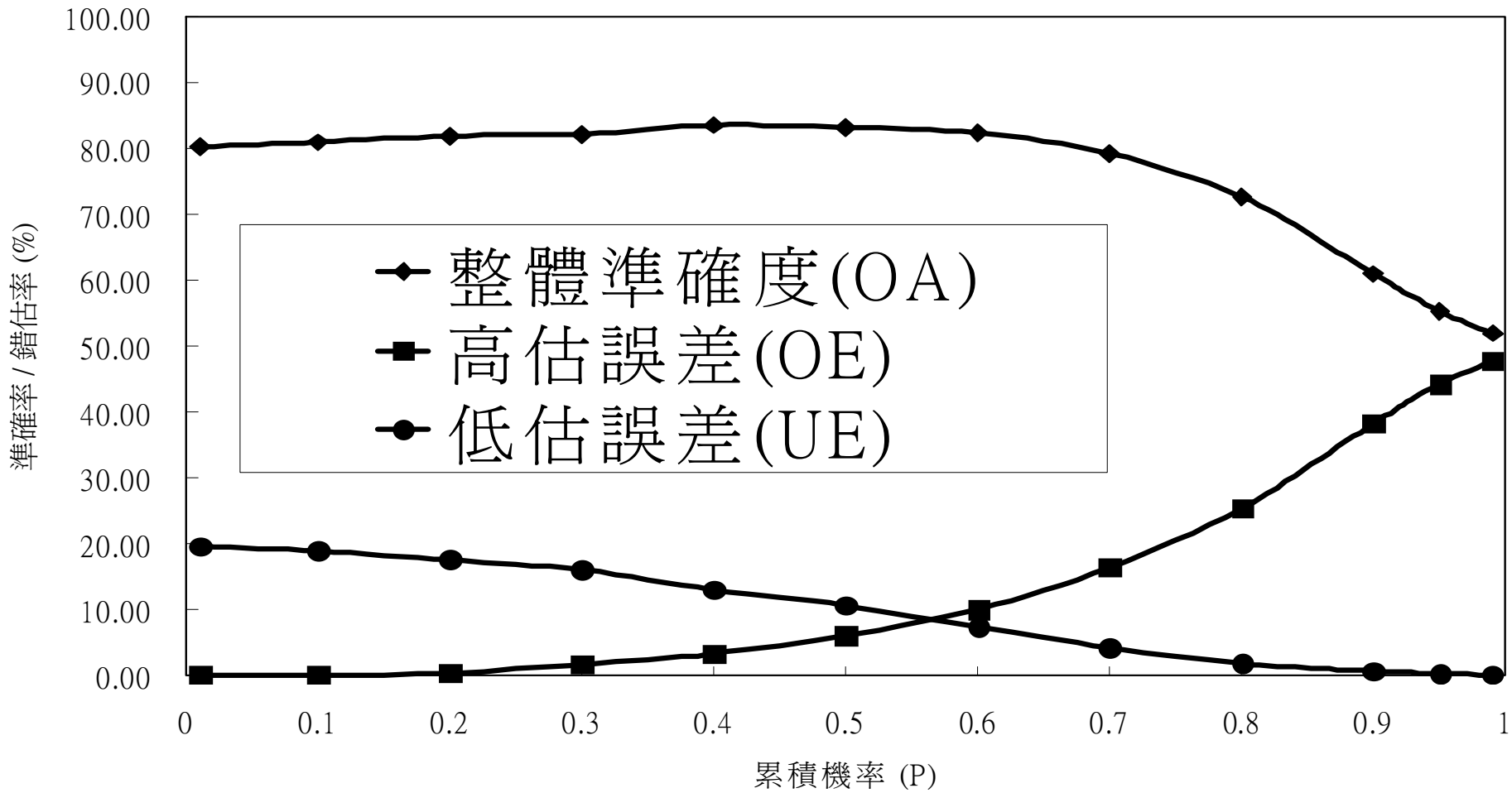
準確度評估

石門水庫不同累積機率(P)乾旱預警決策準確度評估表

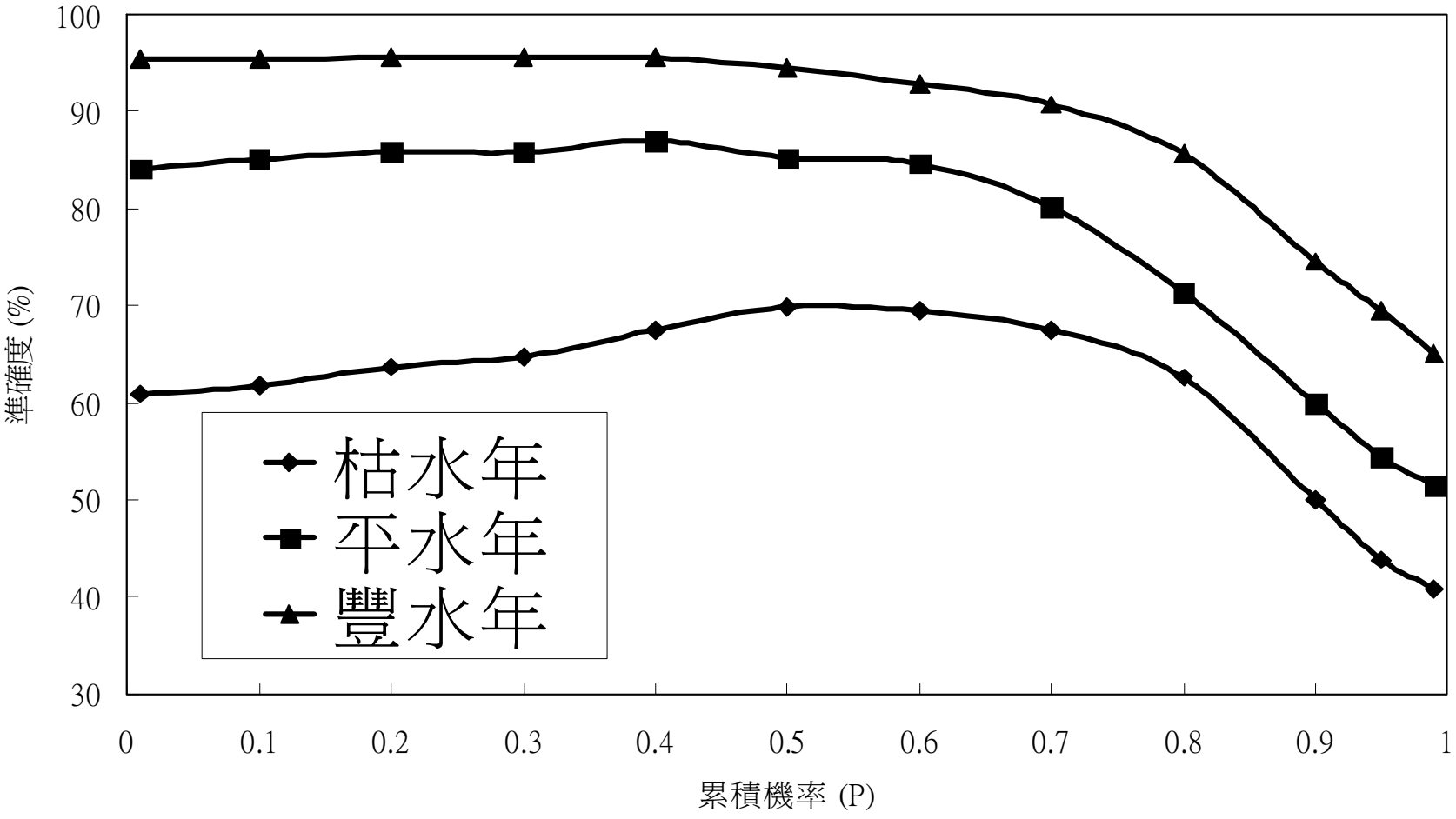
累積機率 (P)	綠燈(G)		藍燈(B)		黃燈(Y)		橙燈(O)		紅燈(R)		OA(%)	風險指標 (RI)
	UA(%)	PA(%)	UA(%)	PA(%)	UA(%)	PA(%)	UA(%)	PA(%)	UA(%)	PA(%)		
0.01	82.83	100.00	4.55	0.83	0.00	0.00	16.67	3.23	-	0.00	80.30	-587
0.1	84.83	100.00	26.47	7.44	3.45	1.30	16.00	6.45	-	0.00	81.00	-514
0.2	86.53	99.76	26.53	10.74	18.18	7.79	25.71	14.52	100.00	7.27	81.94	-445
0.3	88.53	99.13	22.39	12.40	21.43	11.69	26.83	17.74	76.92	18.18	82.26	-355
0.4	91.43	97.56	29.03	22.31	28.21	28.57	42.86	19.35	80.65	45.45	83.59	-224
0.5	92.65	95.35	29.07	20.66	25.69	36.36	53.33	38.71	81.58	56.36	83.21	-90
0.6	95.05	92.28	31.25	28.93	27.64	44.16	43.48	48.39	72.92	63.64	82.39	76
0.7	97.26	86.84	24.68	31.40	27.13	45.45	39.00	62.90	61.76	76.36	79.29	303
0.8	98.71	78.25	18.09	29.75	20.34	46.75	36.46	56.45	48.11	92.73	72.66	584
0.9	99.29	66.12	6.81	13.22	13.11	45.45	25.93	33.87	35.26	100.00	60.98	955
0.95	99.61	59.81	4.56	9.09	9.85	41.56	22.47	32.26	32.93	100.00	55.37	1145
0.99	99.86	56.19	2.90	5.79	8.33	38.96	19.79	30.65	31.79	100.00	52.02	1260

決策低估風險=1-累積機率(P)

石門水庫不同累積機率(P)之準確率及錯估率分析

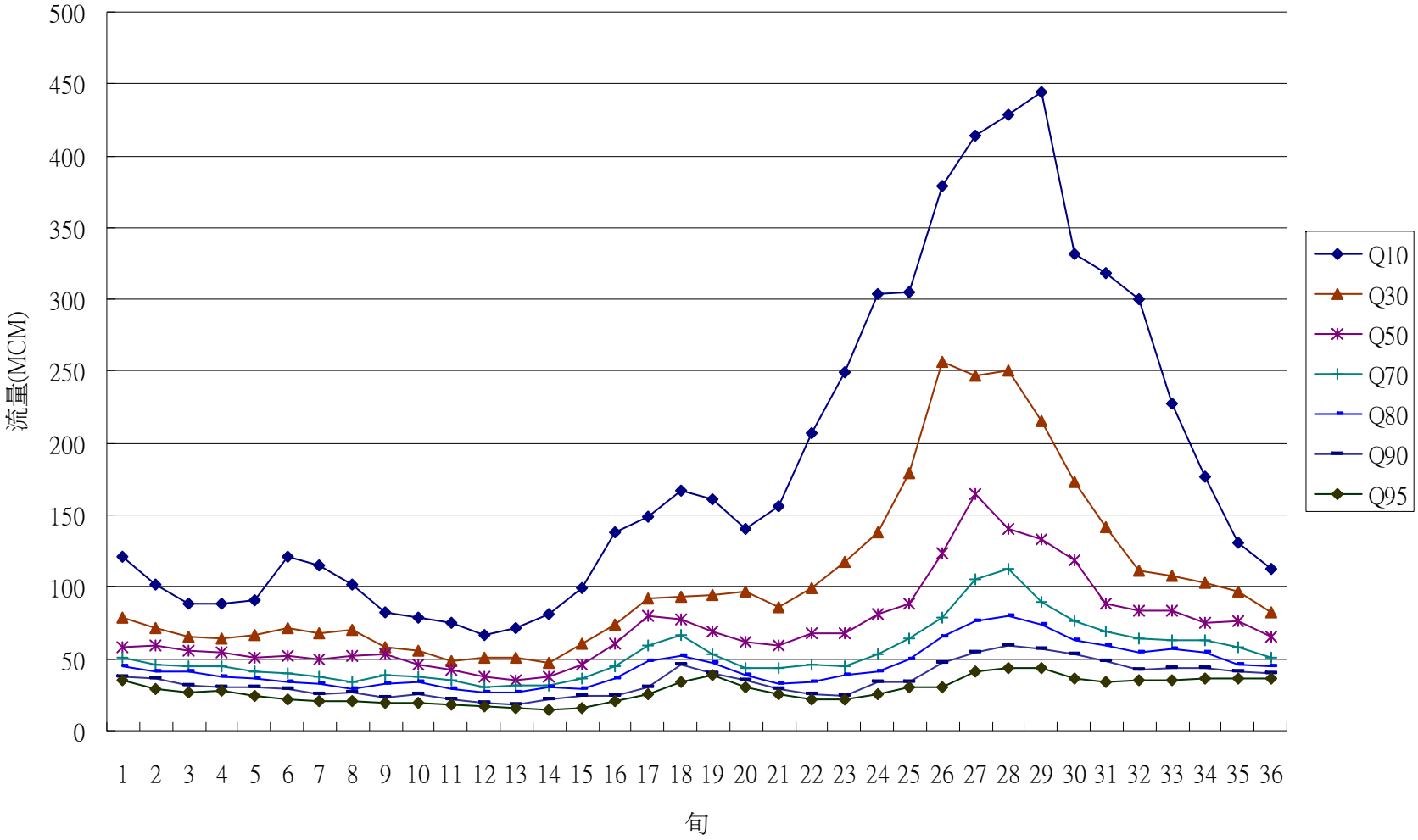


石門水庫不同累積機率(P)之 豐平枯水年準確度



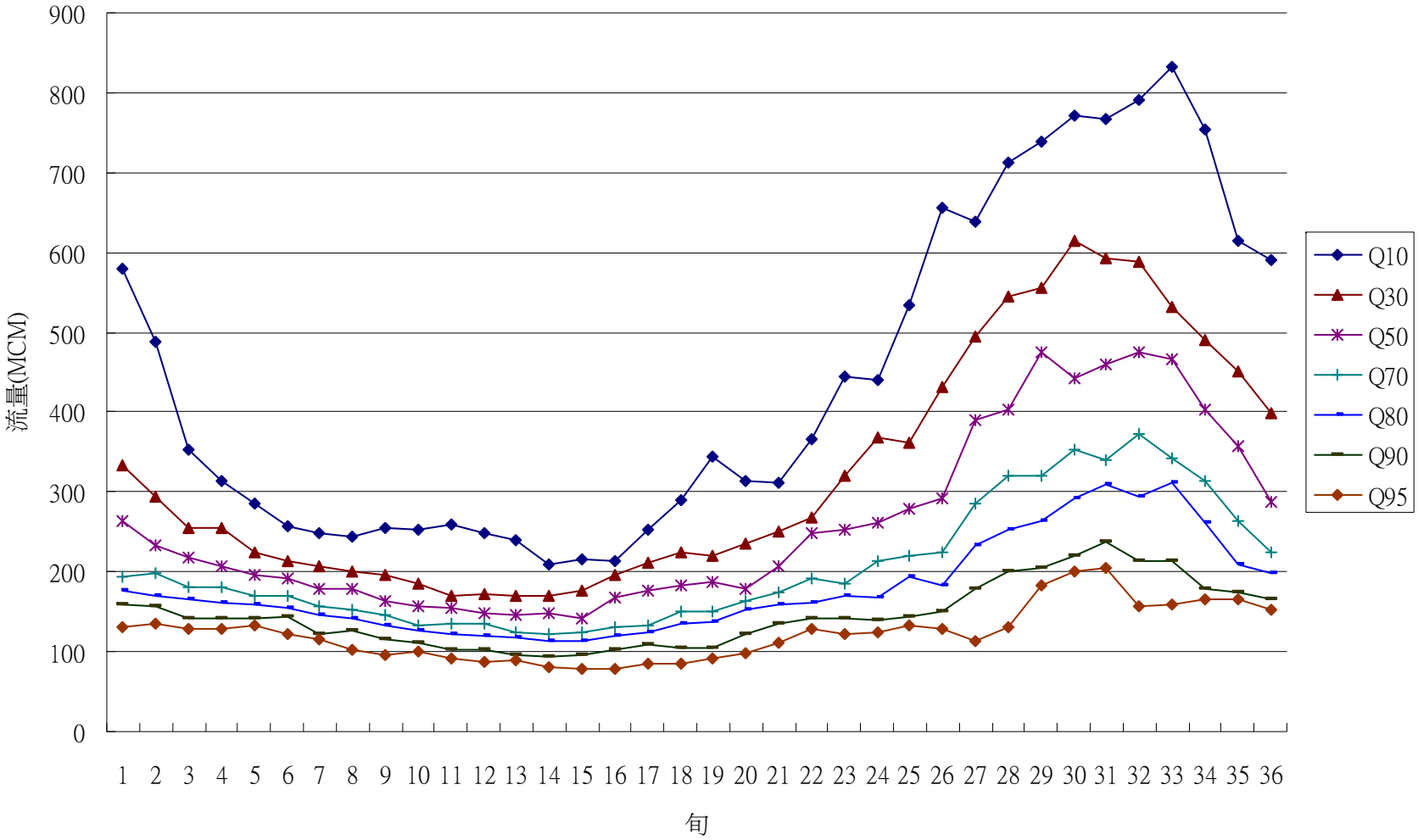
3. 翡翠水庫乾旱預警模式應用

南勢溪累積一個月之超越機率



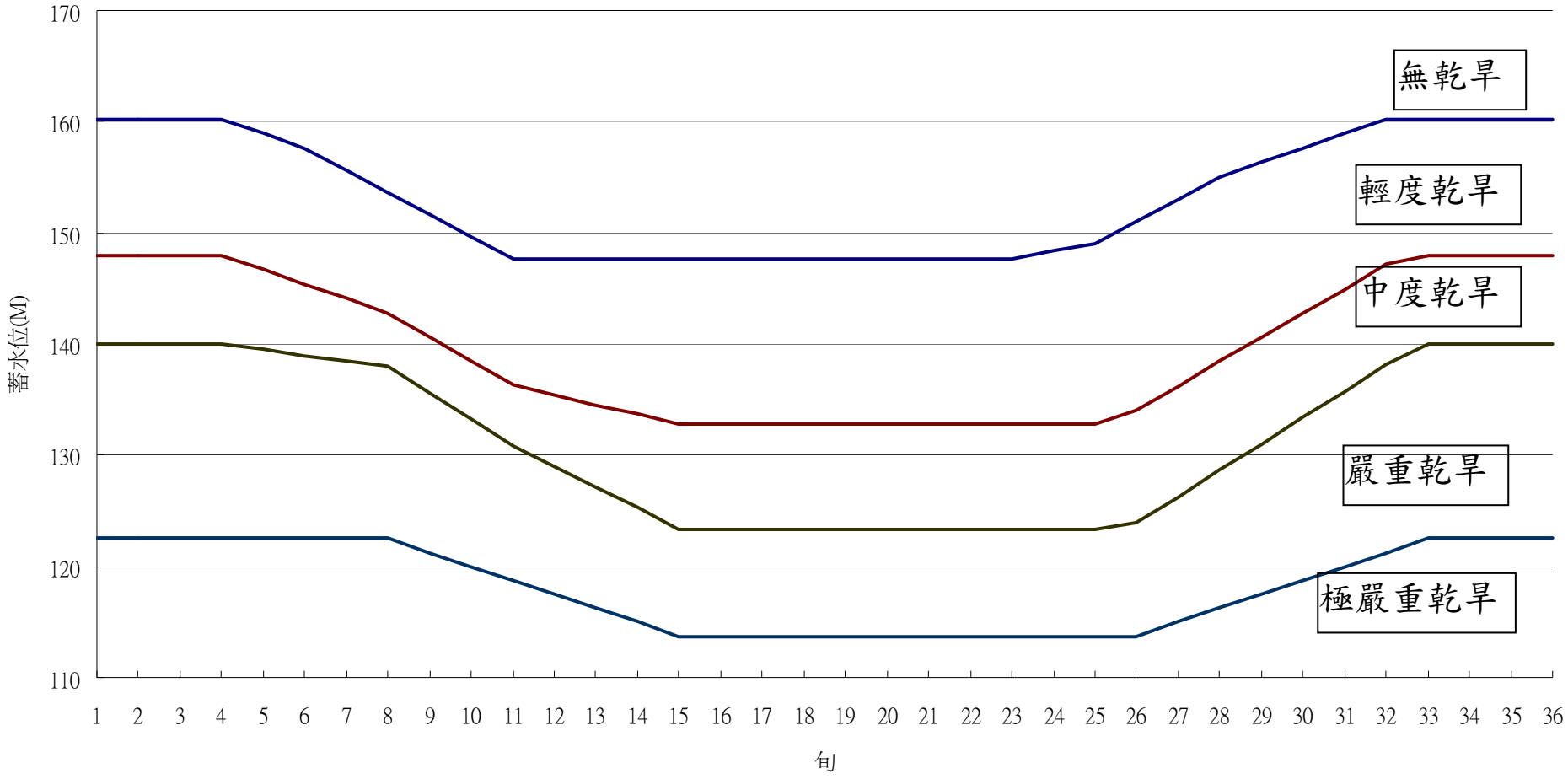
本圖為南勢溪過去一個月累積入流量之超越機率圖

南勢溪累積三個月之超越機率



本圖為南勢溪過去三個月累積入流量之超越機率圖

翡翠水庫蓄水位乾旱指標門檻值區間圖



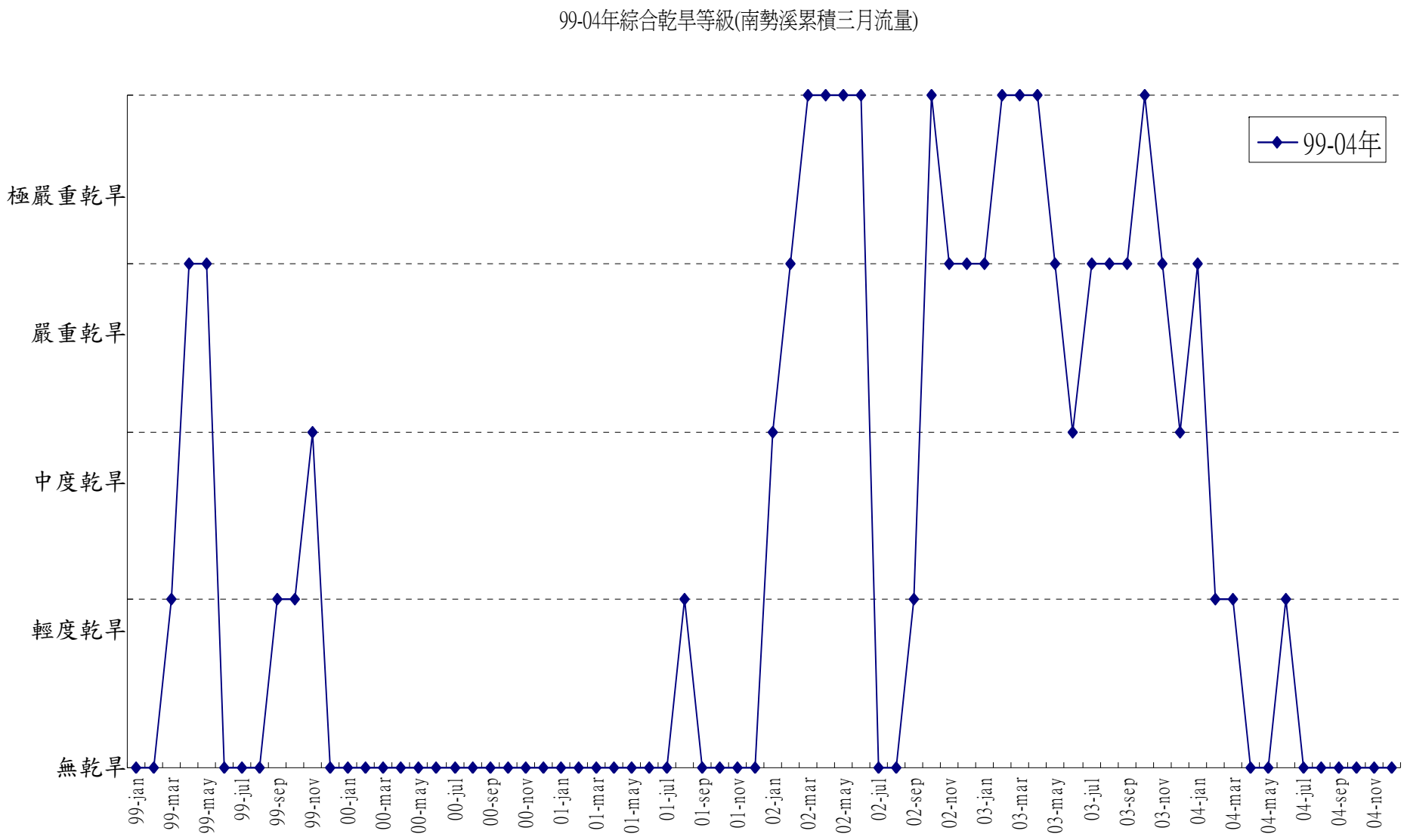
綜合乾旱指標（現況）

- 綜合乾旱指標乃是將流量之隸屬度與蓄水位之隸屬度值以權重加以綜合而得：

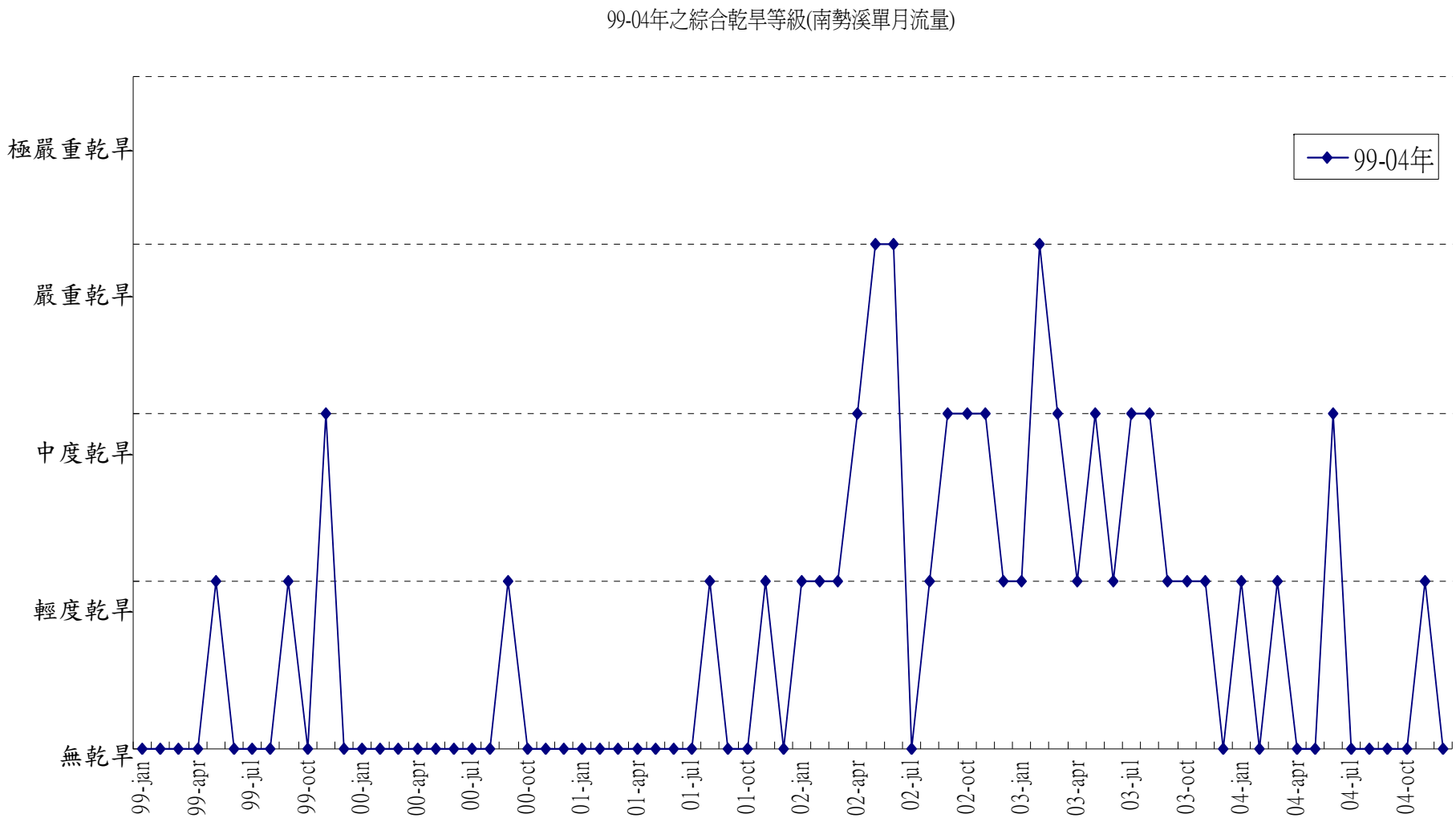
$z_i = W_1 \times U1$(南勢溪流量隸屬度)$+ W_2 \times U2$(翡翠水庫蓄水隸屬度)

- 權重係數乃是針對過去一個月南勢溪與翡翠水庫供應大台北地區用水之比例，為一變動值。

翡翠水庫綜合乾旱指標分析 (1999-2004)



翡翠水庫綜合乾旱指標分析(1999-2004)



翡翠水庫供水區
不同燈號下建議限水方案

預警等級	公共用水減水
等級1	滿足供水
等級2	離峰減壓供水(夜間時段)
等級3	離峰減壓＋停供次要民生用水(澆花、洗地、游泳池、洗車……)
等級4	離峰減壓＋停供次要及大型用戶用水＋分區供水（供六停一~供四停一）
等級5	離峰減壓＋停供次要及大型用戶用水＋分區供水（供五停二~供三停二）

2002年翡翠水庫乾旱預警決策分析

- 水文狀況：枯水年
- 年南、北勢溪流量：1221 MCM (歷年平均57%)
- 北台灣大限水
  - 3月14日決定停供民生次要用水。
  - 4月23日大型用戶限水
  - 5月01日停止341處市政單位用水
  - 5月08日停止供應洗車、游泳池等用水，用水千度以上之大型用戶打折供水
  - 5月13日起民生用水分區供應採供四停一
  - 6月18日連日降雨，改採供六停一
  - 7月07日解除民生限水
  - 7月13日全面恢復正常供水

現況乾旱指標評估（2002年翡翠水庫－枯水年）

月份	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
蓄水位權重	0.68	0.68	0.78	0.80	0.83	0.69	0.00	0.64	0.09	0.28	0.45	0.45
南勢溪權重	0.32	0.32	0.22	0.20	0.17	0.31	1.00	0.36	0.91	0.72	0.55	0.55
實際蓄水位(M)	156	153	144	134	122	119	148	144	146	150	152	155
有效蓄水量(%)	69%	64%	48%	34%	22%	19%	55%	48%	52%	58%	62%	66%
無乾旱	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
輕度乾旱	1.00	1.00	1.00	0.03	0.00	0.00	0.55	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
中度乾旱	0.00	0.00	0.00	0.97	0.32	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
嚴重乾旱	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
極嚴重乾旱	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
南勢溪流量(MCM)	29	29	21	19	16	29	245	33	84	67	50	51
流量超越機率	92%	86%	94%	93%	95%	96%	9%	91%	78%	78%	85%	74%
無乾旱	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
輕度乾旱	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.17	0.00	0.62
中度乾旱	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	0.83	0.54	0.38
嚴重乾旱	0.78	0.61	0.58	0.65	0.49	0.40	0.00	0.87	0.00	0.00	0.46	0.00
極嚴重乾旱	0.22	0.00	0.42	0.35	0.51	0.60	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
綜合評估												
無乾旱	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
輕度乾旱	0.68	0.68	0.78	0.02	0.00	0.00	0.00	0.64	0.24	0.40	0.45	0.79
中度乾旱	0.00	0.12	0.00	0.78	0.27	0.08	0.00	0.00	0.76	0.60	0.30	0.21
嚴重乾旱	0.25	0.19	0.13	0.13	0.65	0.73	0.00	0.31	0.00	0.00	0.25	0.00
極嚴重乾旱	0.07	0.00	0.09	0.07	0.09	0.19	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
乾旱程度	輕度乾旱	輕度乾旱	輕度乾旱	中度乾旱	嚴重乾旱	嚴重乾旱	無乾旱	輕度乾旱	中度乾旱	中度嚴重	中度乾旱	輕度乾旱
評估指標	2	2	2	3	4	4	1	2	3	3	3	2

不同水文情勢

2002	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月
Q10	1	1	1	1	1	1	1
Q20	1	1	1	1	1	2	1
Q30	1	1	1	1	1	2	1
Q40	1	1	1	2	3	3	1
Q50	1	1	2	3	3	4	1
Q60	1	1	3	3	4	4	1
Q70	1	1	3	4	4	5	1
Q80	1	1	3	4	5	5	2
Q90	2	2	3	4	5	5	2
Q95	3	2	4	4	5	5	2

風險型決策

2002	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月
P=0.01	1	1	1	1	2	1	1
P=0.10	1	1	1	1	2	2	1
P=0.20	1	1	1	1	3	2	1
P=0.30	1	1	1	2	3	3	1
P=0.40	1	1	2	2	3	4	1
P=0.50	1	1	2	3	3	4	1
P=0.60	1	1	2	3	4	4	1
P=0.70	1	1	3	4	4	5	1
P=0.80	2	1	3	4	4	5	1
P=0.90	3	2	3	4	5	5	2
P=0.95	3	2	3	4	5	5	2
P=0.99	3	2	3	4	5	5	2
期望值	1	1	2	3	3	4	1
實際值	1	2	3	4	3	2	1

◆ 2002年翡翠缺水事件

- ➢三月決定停供民生次要用水
- ➢四月限制大型用戶用水
- ➢五月民生用水分區供應供四停一
- ➢七月二日雷馬遜颱風 解除旱災

氣象應用

2002	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月
P=0.01	1	1	1	1	1	2	1
P=0.10	1	1	1	1	1	2	1
P=0.20	1	1	1	1	1	2	1
P=0.30	1	1	1	2	3	4	1
P=0.40	1	1	1	2	3	4	1
P=0.50	1	1	1	2	3	4	1
P=0.60	1	1	3	4	4	5	2
P=0.70	1	1	3	4	4	5	2
P=0.80	1	1	3	4	5	5	2
P=0.90	1	1	3	4	5	5	2
P=0.95	1	1	3	4	5	5	2
P=0.99	1	1	3	4	5	5	2
期望值	1	1	2	3	3	4	1
實際值	1	2	3	4	3	2	1

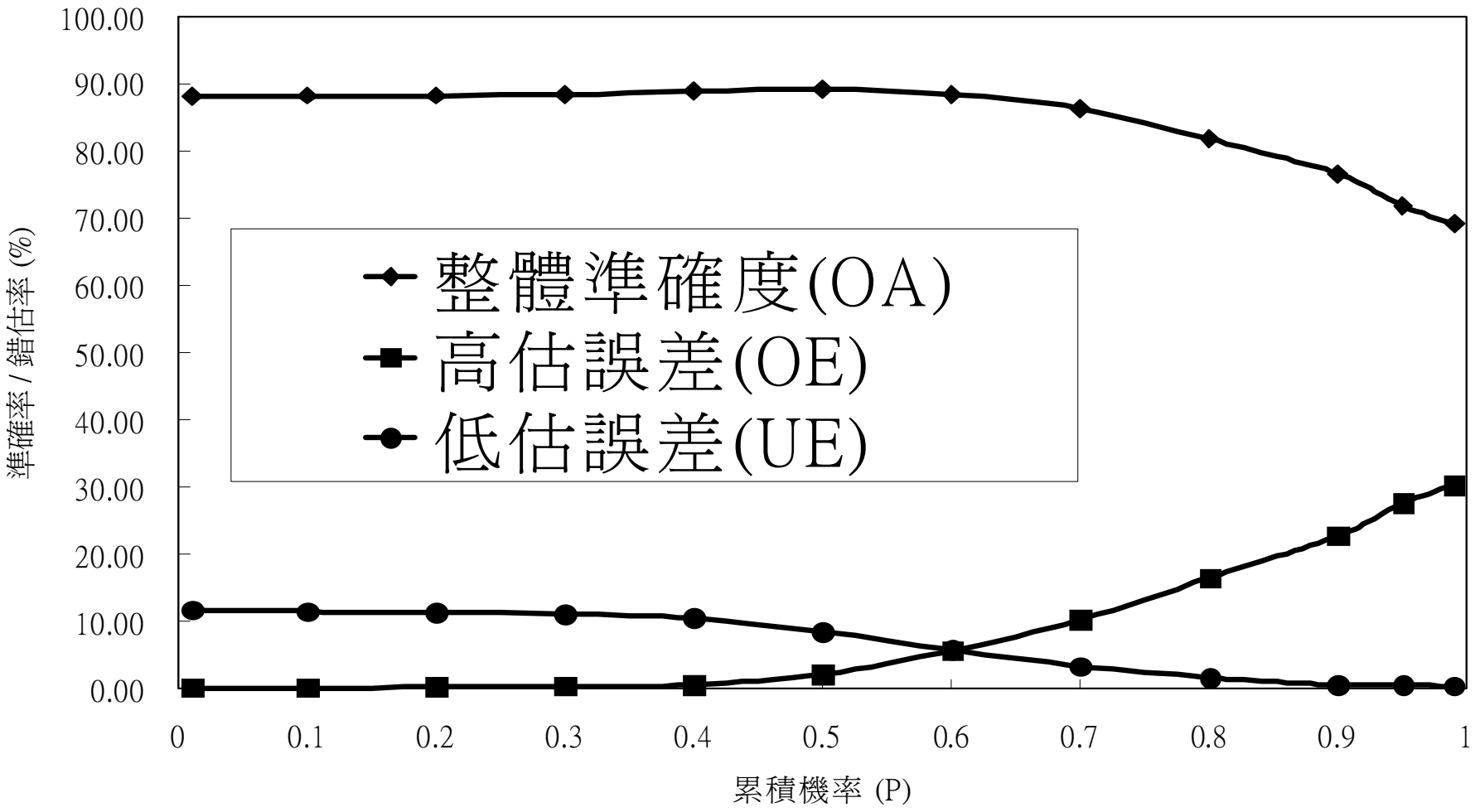
準確度評估

翡翠水庫不同累積機率(P)乾旱預警決策準確度評估表

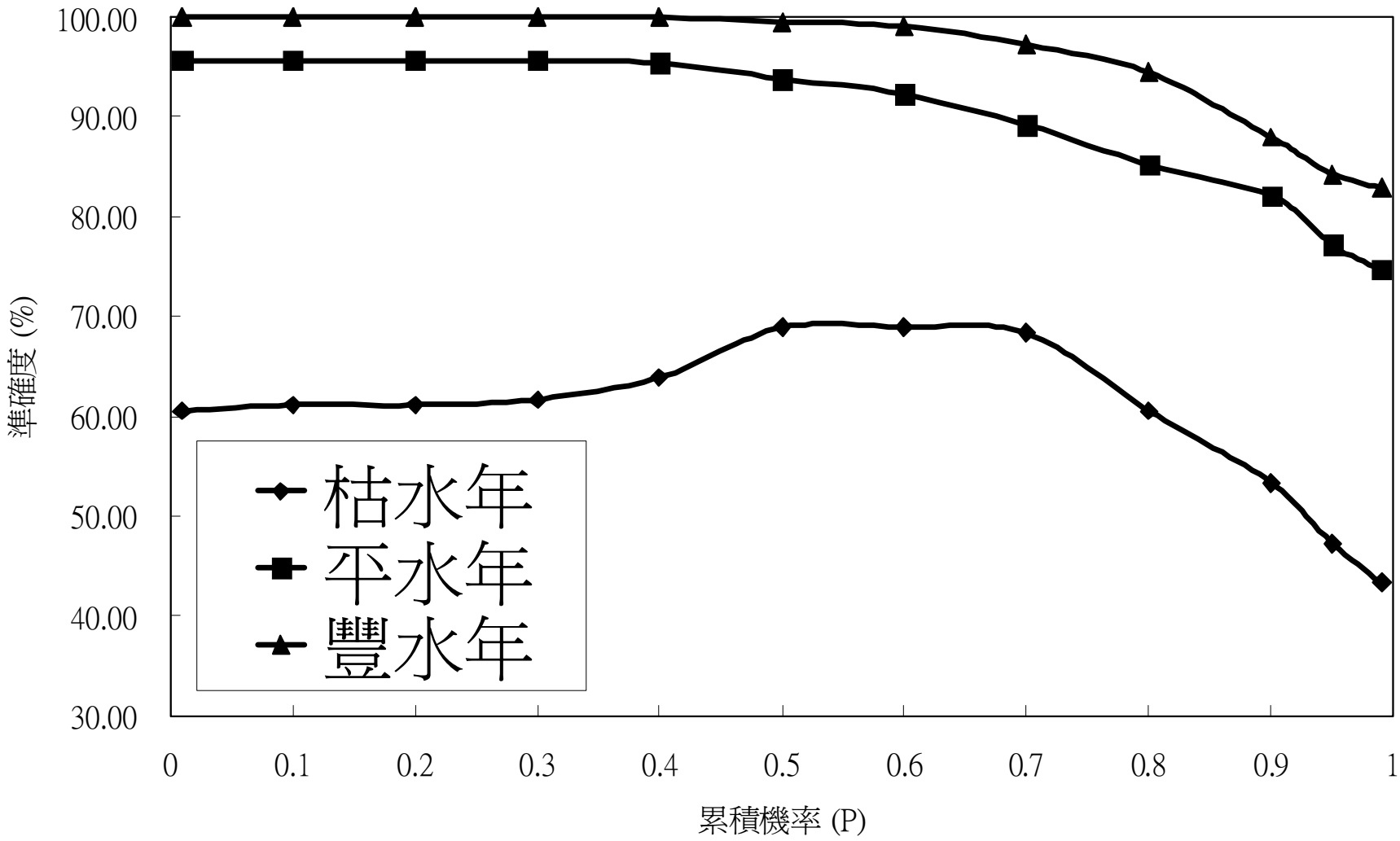
累積機率 (P)	綠燈(G)		藍燈(B)		黃燈(Y)		橙燈(O)		紅燈(R)		OA(%)	風險指標 (RI)
	UA(%)	PA(%)	UA(%)	PA(%)	UA(%)	PA(%)	UA(%)	PA(%)	UA(%)	PA(%)		
0.01	88.32	100.00	0.00	0.00	-	0.00	-	0.00	-	-	88.19	-132
0.1	88.55	99.84	50.00	4.55	-	0.00	-	0.00	-	-	88.33	-129
0.2	88.80	99.84	25.00	2.27	50.00	2.94	-	0.00	-	-	88.33	-125
0.3	89.67	99.84	12.50	2.27	40.00	5.88	-	0.00	-	-	88.47	-115
0.4	90.56	99.69	8.33	2.27	75.00	17.65	0.00	0.00	-	-	88.89	-102
0.5	93.68	98.11	27.27	20.45	52.38	32.35	0.00	0.00	-	-	89.31	-55
0.6	95.58	95.43	34.15	31.82	42.50	50.00	0.00	0.00	-	-	88.47	3
0.7	97.97	91.34	32.20	43.18	36.84	61.76	18.18	28.57	0.00	-	86.39	77
0.8	99.46	87.09	25.71	40.91	23.81	44.12	10.71	42.86	0.00	-	81.81	159
0.9	100.00	81.42	14.61	29.55	26.09	52.94	9.76	57.14	0.00	-	76.67	233
0.95	100.00	76.85	11.82	29.55	18.75	35.29	7.55	57.14	0.00	-	71.81	284
0.99	100.00	74.96	10.26	27.27	10.71	17.65	7.58	71.43	0.00	-	69.31	314

決策低估風險=1-累積機率(P)

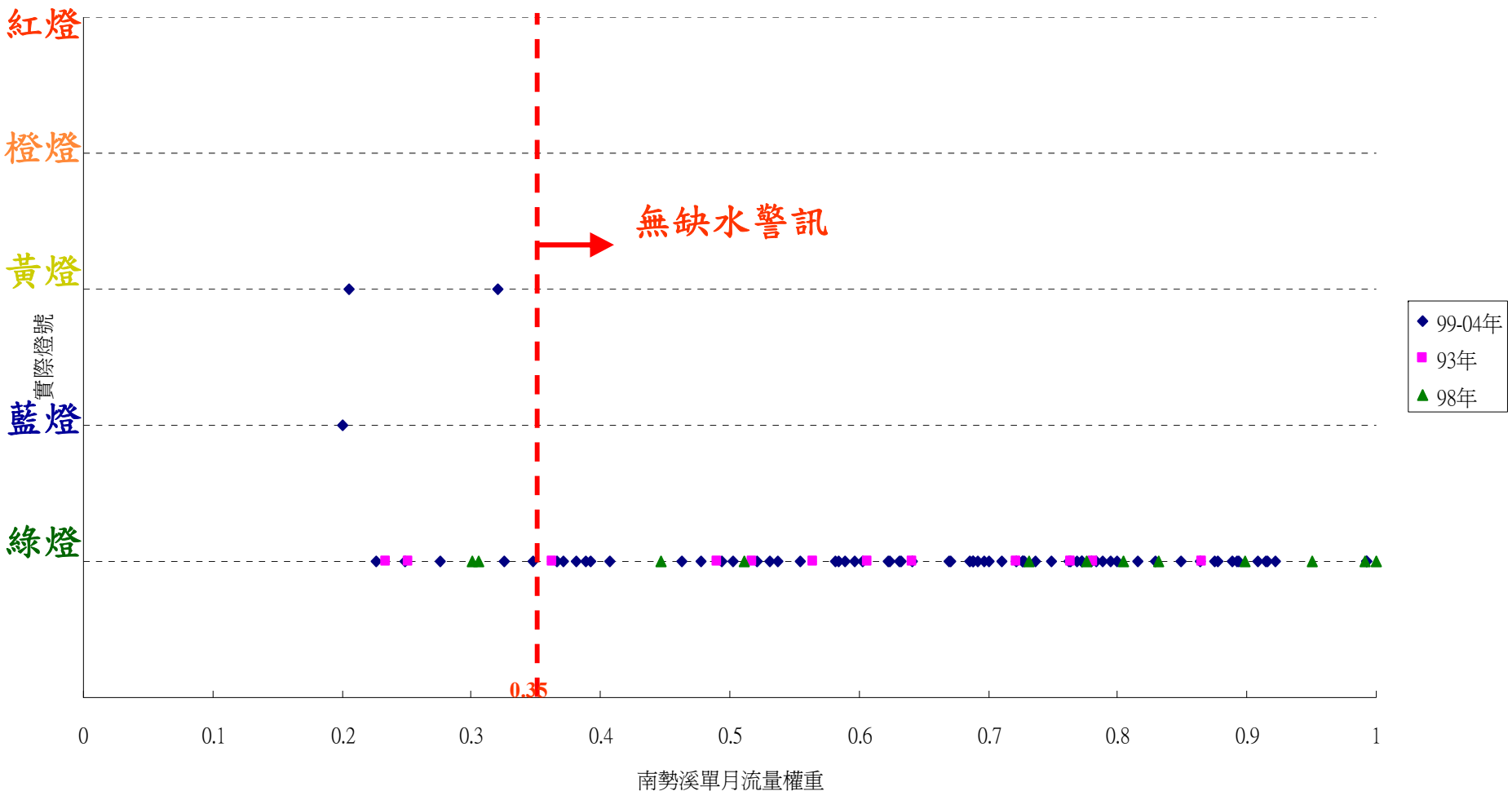
翡翠水庫不同累積機率(P)之準確率及錯估率分析



翡翠水庫不同累積機率(P)之 豐平枯水年準確度



翡翠水庫實際燈號與南勢溪單月流量權重關係圖



4. 水庫乾旱預警決策支援系統

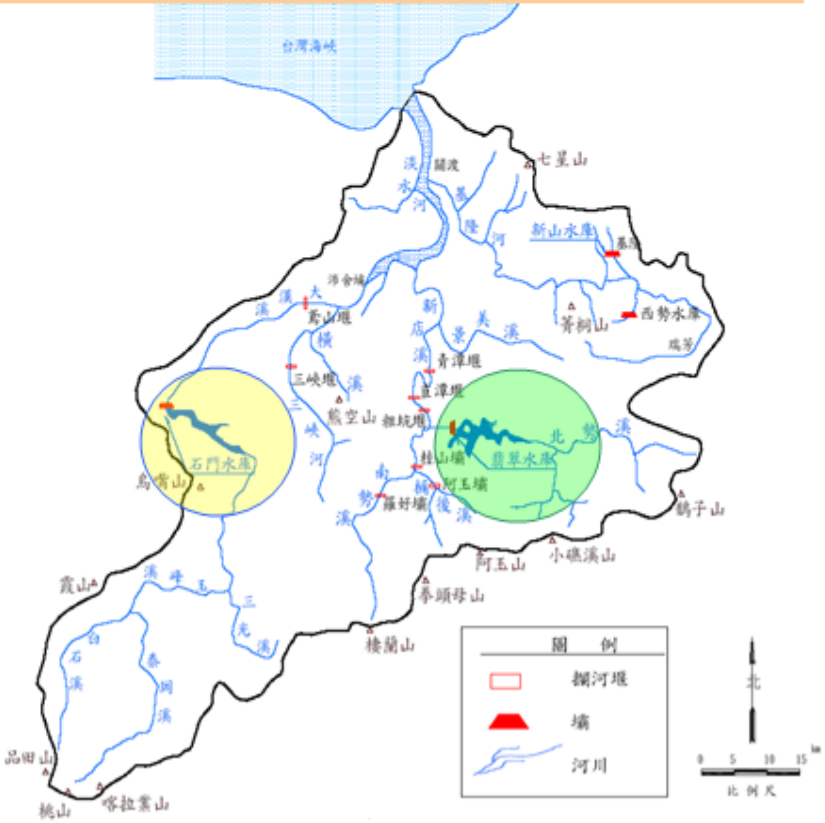
Microsoft Excel - 石門-翡翠水庫乾旱預警決策支援系統.xls

水庫乾旱預警決策支援系統

石門水庫

翡翠水庫

理論說明



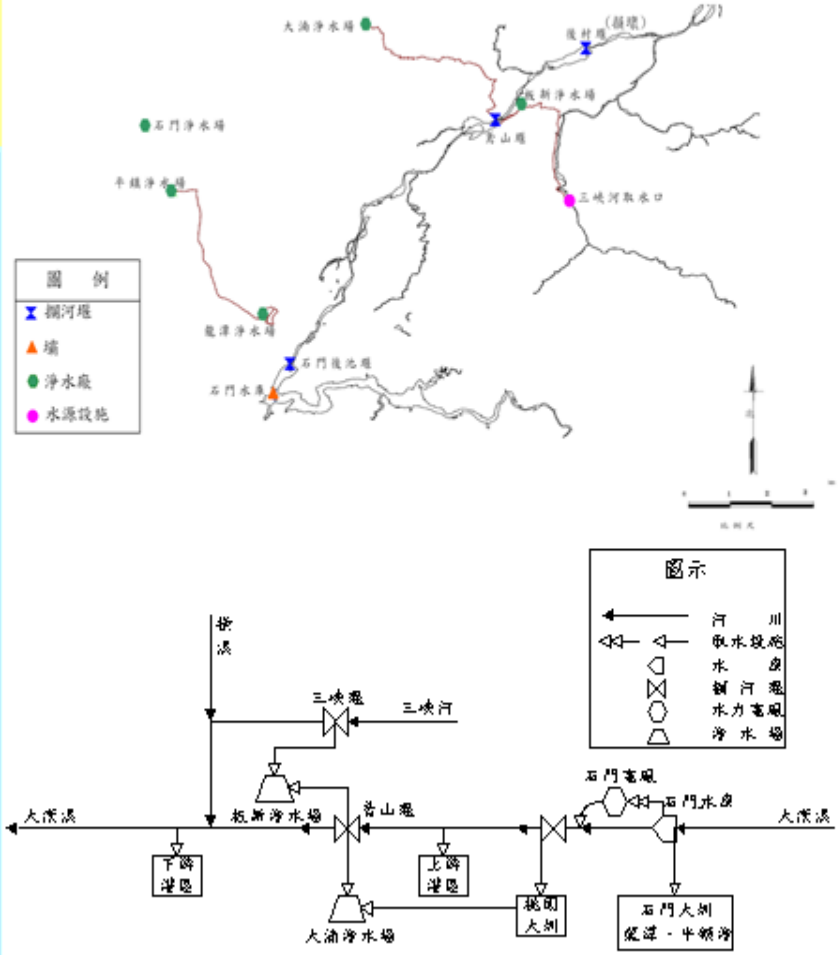
乾旱預警決策支援系統首頁

Microsoft Excel - 石門-翡翠水庫乾旱預警決策支援系統.xls

石門水庫乾旱預警決策支援系統

石門水庫供水標的包括石門灌區及桃園灌區灌溉用水、板新與桃園公共給水，供水操作以水庫運轉規則放水調配。石門灌區灌溉用水及平鎮、龍潭等淨水場公共給水，主要藉由石門大圳由水庫直接取水，其餘灌溉用水、公共給水由石門電廠發電後餘水，經後池堰取水或後池堰河道放水再經由鳶山堰取水利用。

線上分析　水文資料查詢　回首頁



乾旱預警決策支援系統首頁　石門水庫乾旱預警決策支援系統

Microsoft Excel - 石門-翡翠水庫乾旱預警決策支援系統.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H)

N1

石門水庫乾旱預警決策支

石門水庫供水標的包括石門
桃園灌區灌溉用水、板新與
共給水，供水操作以水庫運
放水調配。石門灌區灌溉用
鎮、龍潭等淨水場公共給水
藉由石門大圳由水庫直接取
餘灌溉用水、公共給水由石
發電後餘水，經後池堰取水
堰河道放水再經由鳶山堰取
用。

線上分析 | 水文資料查詢 | 回首頁

石門水庫乾旱預警線上分析

輸入欲查詢或分析之年份、月份

年份 2010 年 旬別 第 6 旬

石門水庫歷史水文資料

水庫有效蓄水量 **** 百萬立方公尺

入庫流量 **** cms (月平均流量)

目前水位244.8公尺

石門水庫之水文資料輸入

水庫起始有效蓄水量 217 百萬立方公尺

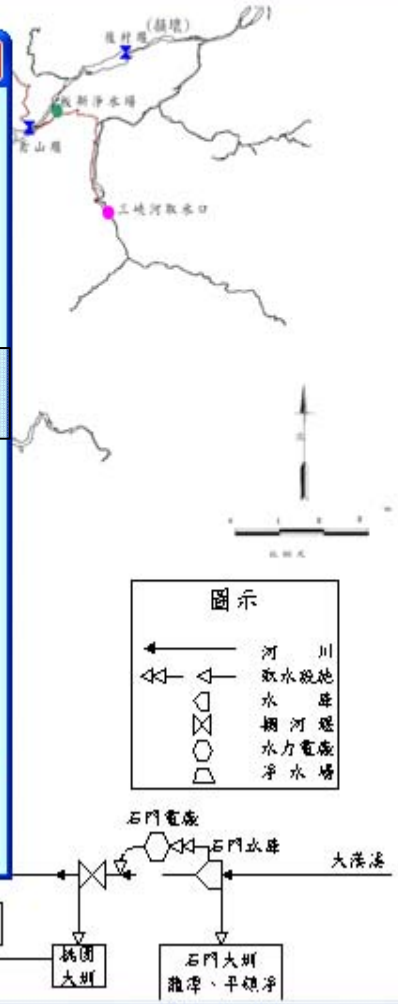
水庫入庫流量 46.3 cms (月平均流量)

農業用水灌區之休耕考量

考慮全休耕 ○ 不考慮休耕 ◉

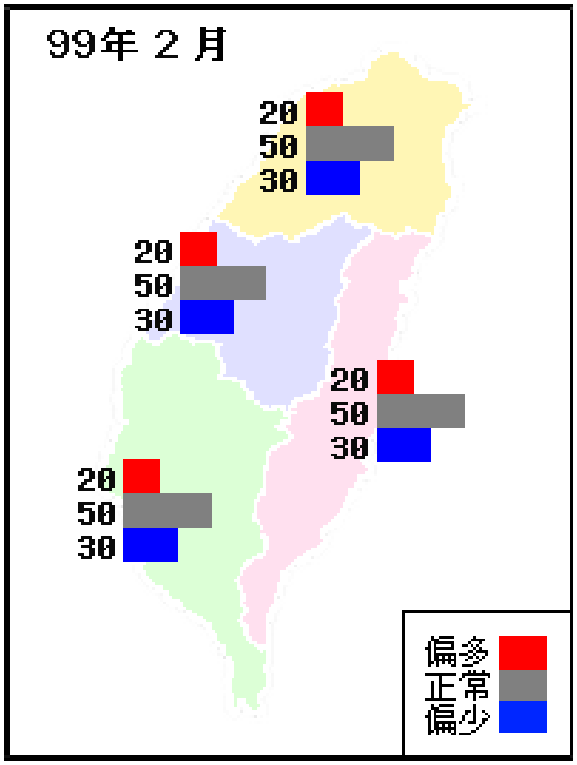
只有桃園灌區休耕 ○ 只有石門灌區休耕 ○

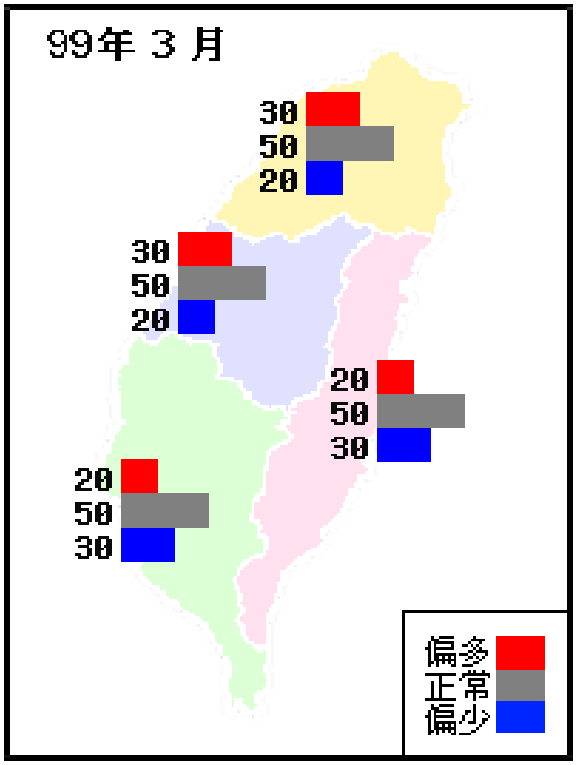
清除設定 | 確定輸入

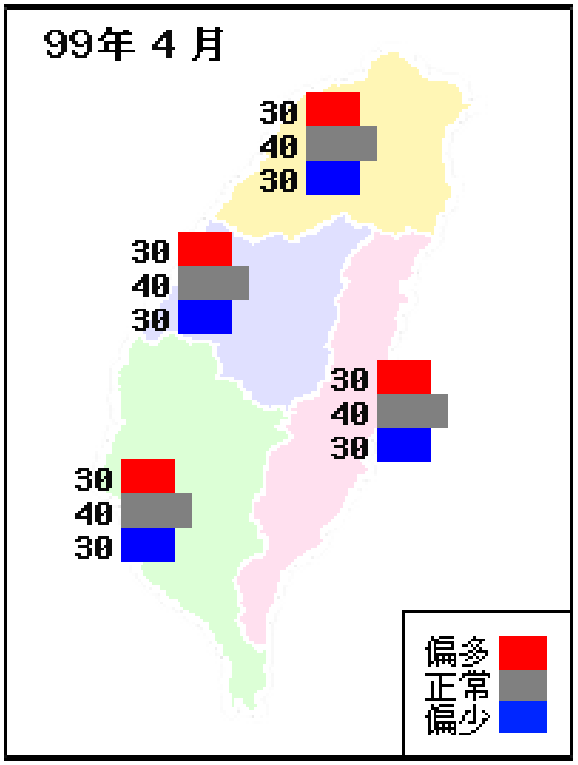


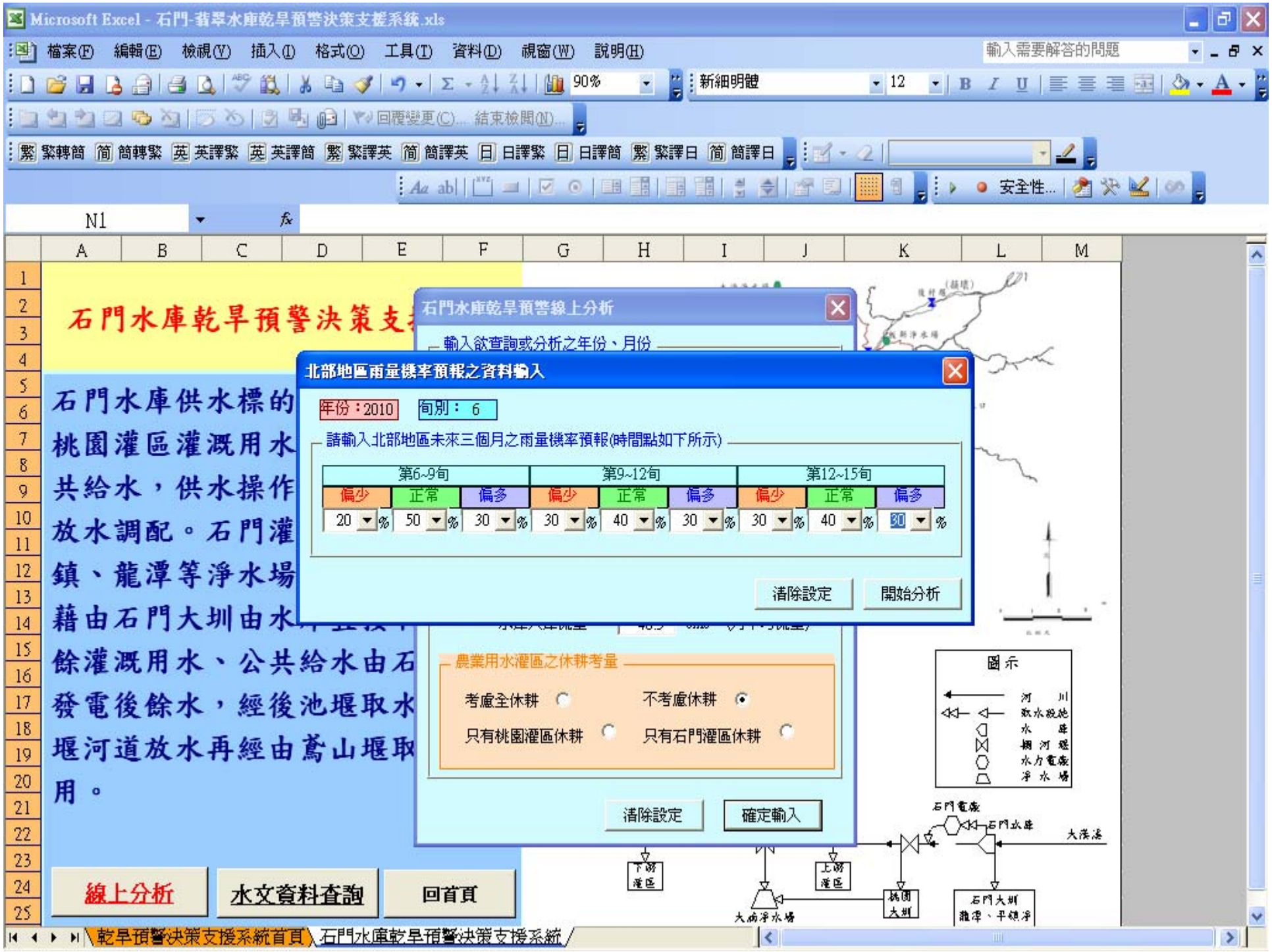
乾旱預警決策支援系統首頁 | 石門水庫乾旱預警決策支援系統

中央氣象局發布未來3個月雨量機率預報圖








Microsoft Excel - 石門-翡翠水庫乾旱預警決策支援系統.xls
檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H)
輸入需要解答的問題
新細明體 12
N1
石門水庫乾旱預警決策支
石門水庫供水標的
桃園灌區灌溉用水
共給水，供水操作
放水調配。石門灌
鎮、龍潭等淨水場
藉由石門大圳由水
餘灌溉用水、公共給水由石
發電後餘水，經後池堰取水
堰河道放水再經由鳶山堰取
用。
線上分析
水文資料查詢
回首頁
石門水庫乾旱預警線上分析
輸入欲查詢或分析之年份、月份
北部地區雨量機率預報之資料輸入
年份：2010
旬別： 6
請輸入北部地區未來三個月之雨量機率預報(時間點如下所示)
第6~9旬
第9~12旬
第12~15旬
偏少 正常 偏多
20 % 50 % 30 %
30 % 40 % 30 %
30 % 40 % 30 %
清除設定
開始分析
農業用水灌區之休耕考量
考慮全休耕
不考慮休耕
只有桃園灌區休耕
只有石門灌區休耕
清除設定
確定輸入
圖示
河 川
取水設施
水 庫
攔 河 堰
水力電廠
淨 水 場
石門電廠
石門水庫
大溪溪
下游灌區
上游灌區
大兩淨水場
桃園大圳
石門大圳
龍潭、平鎮淨
乾旱預警決策支援系統首頁
石門水庫乾旱預警決策支援系統

Microsoft Excel - 石門-翡翠水庫乾旱預警決策支援系統.xls

不同水文情勢乾旱預警分析

即以各水庫供水系統之基本資料爲依據，來建立各水庫供水系統運轉模擬分析模式，並藉由輸入欲分析之時間點的蓄水量，來進行未來供水運轉模擬分析，最後以輸出不同水文情勢下之乾旱預警燈號。由於預警燈號於不同水文情勢下分析而得，故可進一步藉由燈號反應之情況來提出抗旱因應對策，以進行救旱措施之供水系統供水模擬分析。

不同水文情勢乾旱預警分析

風險型乾旱預警決策分析

以各水庫供水系統運轉模擬分析模式爲依據，藉由輸入欲分析之時間點的蓄水量及入庫流量，來推估不同風險下之流量，以進行未來供水運轉模擬分析，最後以輸出不同風險下之乾旱預警燈號，並藉由根據上述分析之乾旱預警指標所建立之期望預警指標，來提供進一步在不同風險下之決策，做爲決策者決策評估之參考資訊。

風險型乾旱預警決策分析

氣象預報資訊應用分析

以各水庫供水系統運轉模擬分析模式爲依據，並藉由欲分析時間點之中央氣象局公佈的降雨機率預報來進行輸入，以進行劃分不同機率下特定水文情勢之判定，最後以輸出不同風險下之預警燈號，來提供給決策者多一項參考訊息。

氣象預報資訊之應用分析

回石門水庫預警系統首頁

石門水庫乾旱預警決策支援系統 | 選擇欲查看之分析結果(石門)

Microsoft Excel - 石門-翡翠水庫乾旱預警決策支援系統.xls

不同水文情勢乾旱預警分析結果(石門)

不同水文情勢	乾旱指標(D)			水源情勢指標(S)			DAI	預警燈號
	第6~9旬	第9~12旬	第12~15旬	第6~9旬	第9~12旬	第12~15旬		
Q10	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
Q20	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
Q30	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
Q40	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
Q50	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
Q60	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
Q70	1	1	2	1	1	1	0.12	綠
Q80	1	1	2	1	1	1	0.12	綠
Q90	1	1	2	1	1	2	0.35	綠
Q95	1	2	2	1	1	3	0.63	綠

回石門水庫預警系統首頁

回上一頁

(西元 2010 年 第 6 旬 水情現況)				
有效蓄水量	217	MCM	蓄水狀態	高於上限
蓄水百分比	99%		乾旱指標	無乾旱
區域流量狀況				
入庫流量	46.3	cms	入庫超越機率	19%

蓄水量變化圖

計畫供水量打折與調整

救旱措施(石門)

供水量調配(石門)

水庫規線操作規則調整

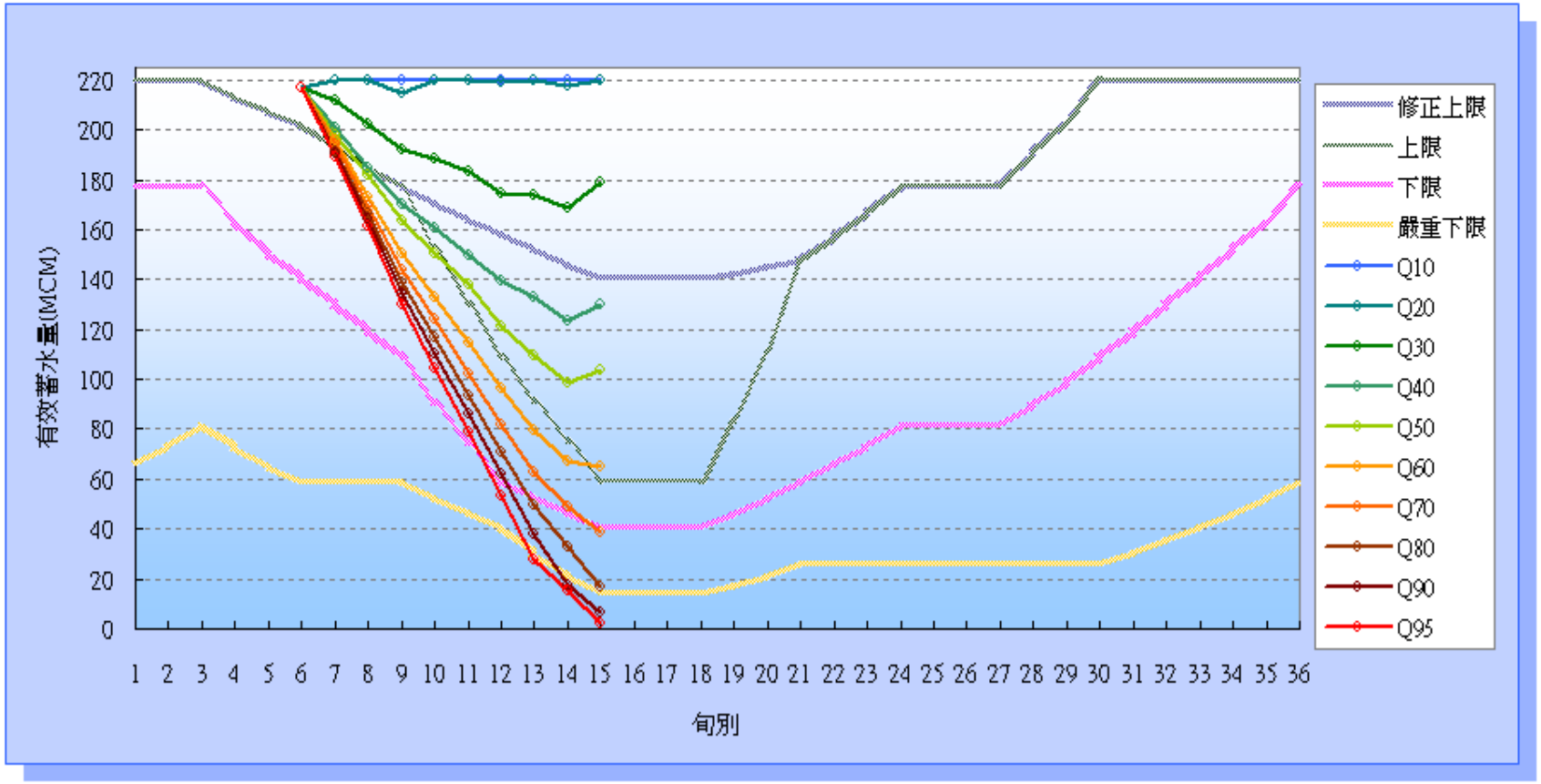
水庫操作規則調整

水庫規線操作說明

選擇欲查看之分析結果(石門) 不同水情預警分析(石門)

Microsoft Excel - 石門-翡翠水庫乾旱預警決策支援系統.xls

不同水文情勢下蓄水量變化圖



選擇欲查看之分析結果(石門) 不同水情預警分析(石門)

Microsoft Excel - 石門-翡翠水庫乾旱預警決策支援系統.xls

風險型乾旱預警分析結果(石門)

不同累積機率	乾旱指標(D) 第6~9旬	第9~12旬	第12~15旬	水源情勢指標(S) 第6~9旬	第9~12旬	第12~15旬	DAI	預警燈號
0.01	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
0.1	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
0.2	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
0.3	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
0.4	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
0.5	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
0.6	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
0.7	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
0.8	1	1	2	1	1	1	0.12	綠
0.9	1	1	2	1	1	1	0.12	綠
0.95	1	1	2	1	1	1	0.12	綠
0.99	1	2	3	1	1	2	0.56	綠
平均流量[DAI]	第6~9旬 0.00	第9~12旬 0.00	第12~15旬 0.00				0.00	綠

回石門水庫預警系統首頁

回上一頁

(西元 2010 年 第 6 旬 水情現況)			
有效蓄水量	217 MCM	蓄水狀態	高於上限
蓄水百分比	99%	乾旱指標	無乾旱
區域流量狀況			
入庫流量	46.3 cms	入庫超越機率	19%

蓄水量變化圖

計畫供水量打折與調整

救旱措施(石門)

供水量調配(石門)

水庫規線操作規則調整

水庫操作規則調整

水庫規線操作說明

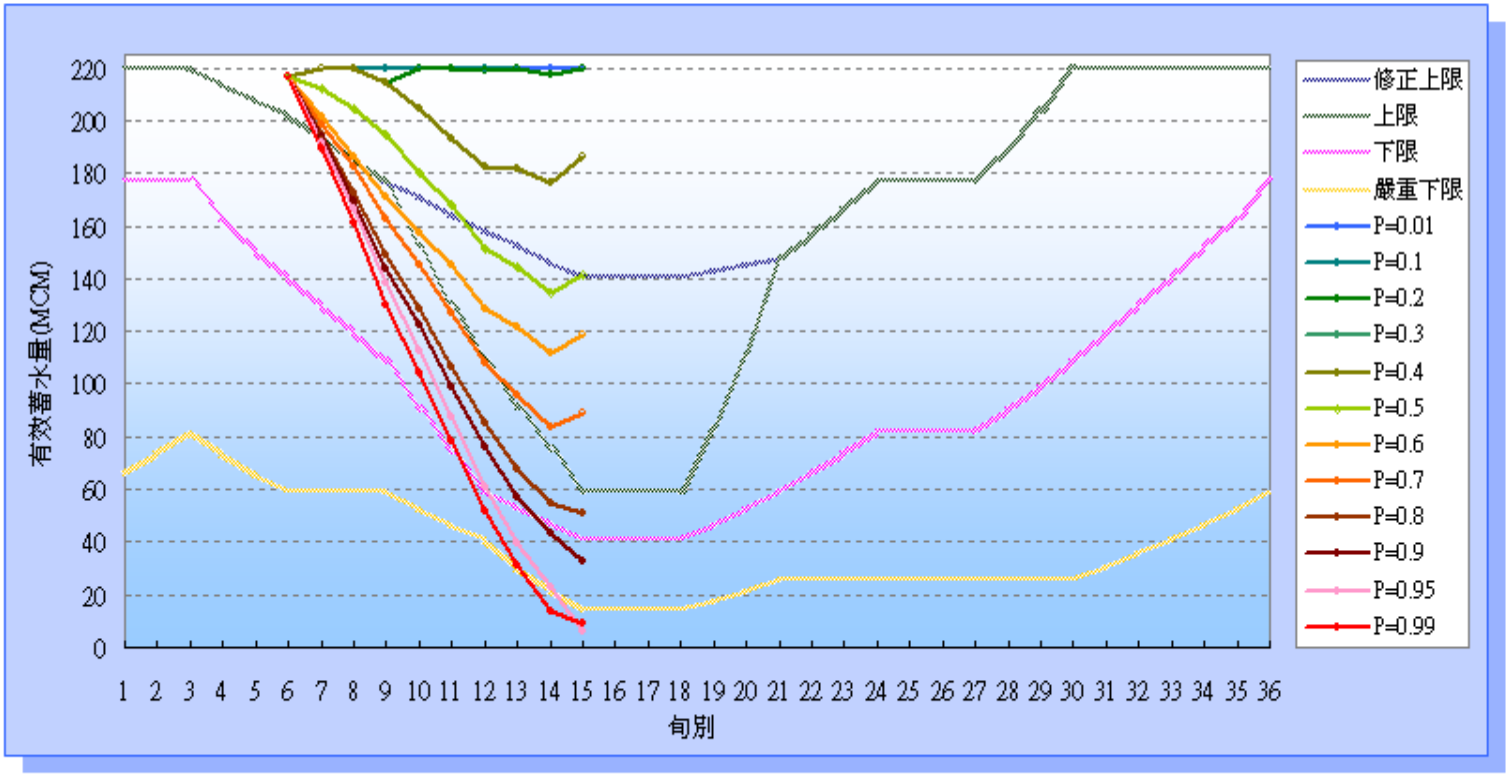
選擇欲查看之分析結果(石門) 風險型乾旱預警分析(石門)

Microsoft Excel - 石門-翡翠水庫乾旱預警決策支援系統.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H)

P55

不同累積機率下蓄水量變化圖



回上一頁

選擇欲查看之分析結果(石門) 風險型乾旱預警分析(石門)

Microsoft Excel - 石門-翡翠水庫乾旱預警決策支援系統.xls

氣象預報資訊之應用分析結果(石門)

不同累積機率	乾旱指標(D) 第6~9旬	第9~12旬	第12~15旬	水源情勢指標(S) 第6~9旬	第9~12旬	第12~15旬	DAI	預警燈號
0.01	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
0.1	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
0.2	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
0.3	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
0.4	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
0.5	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
0.6	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
0.7	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
0.8	1	1	1	1	1	1	0.00	綠
0.9	1	1	2	1	1	1	0.12	綠
0.95	1	1	2	1	1	1	0.12	綠
0.99	1	1	2	1	1	1	0.12	綠
平均流量 [DAI]	第6~9旬 0.00	第9~12旬 0.00	第12~15旬 0.00				0.00	綠

回石門水庫預警系統首頁

回上一頁

(西元 2010 年 第 6 旬 水情現況)			
有效蓄水量	217 MCM	蓄水狀態	高於上限
蓄水百分比	99%	乾旱指標	無乾旱
區域流量狀況			
入庫流量	46.3 cms	入庫超越機率	19%

蓄水量變化圖

計畫供水量打折與調整

救旱措施(石門)

供水量調配(石門)

水庫規線操作規則調整

水庫操作規則調整

水庫規線操作說明

選擇欲查看之分析結果(石門) 氣象應用分析(石門)

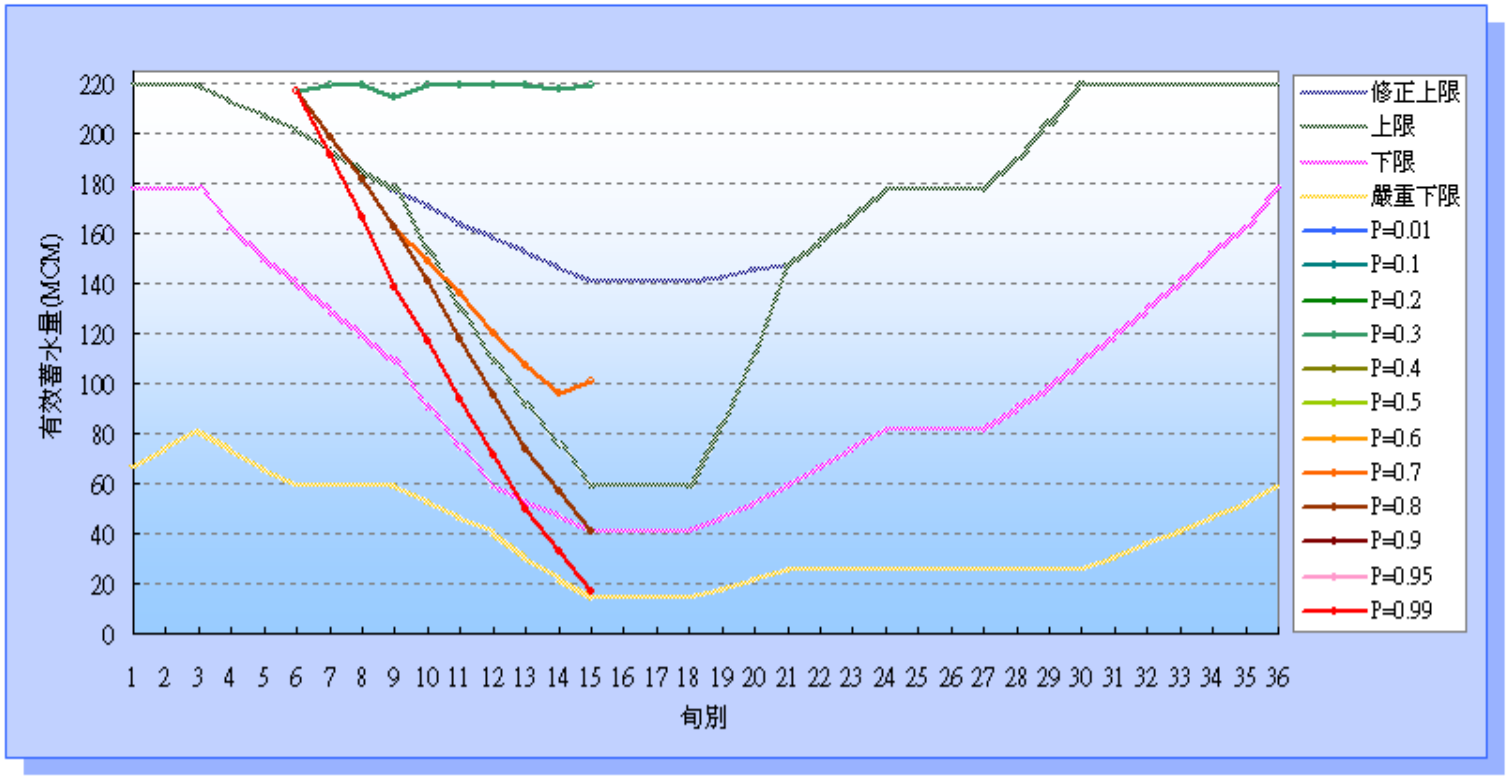
Microsoft Excel - 石門-翡翠水庫乾旱預警決策支援系統.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H)

輸入需要解答的問題

P56

不同累積機率下蓄水量變化圖



回上一頁

選擇欲查看之分析結果(石門) 氣象應用分析(石門)

結語

- 本研究綜合乾旱現況監測、未來缺水影響程度、預警決策分析、至抗旱應變，建立實用的水庫乾旱預警系統模式，也提供決策者相關決策之風險。

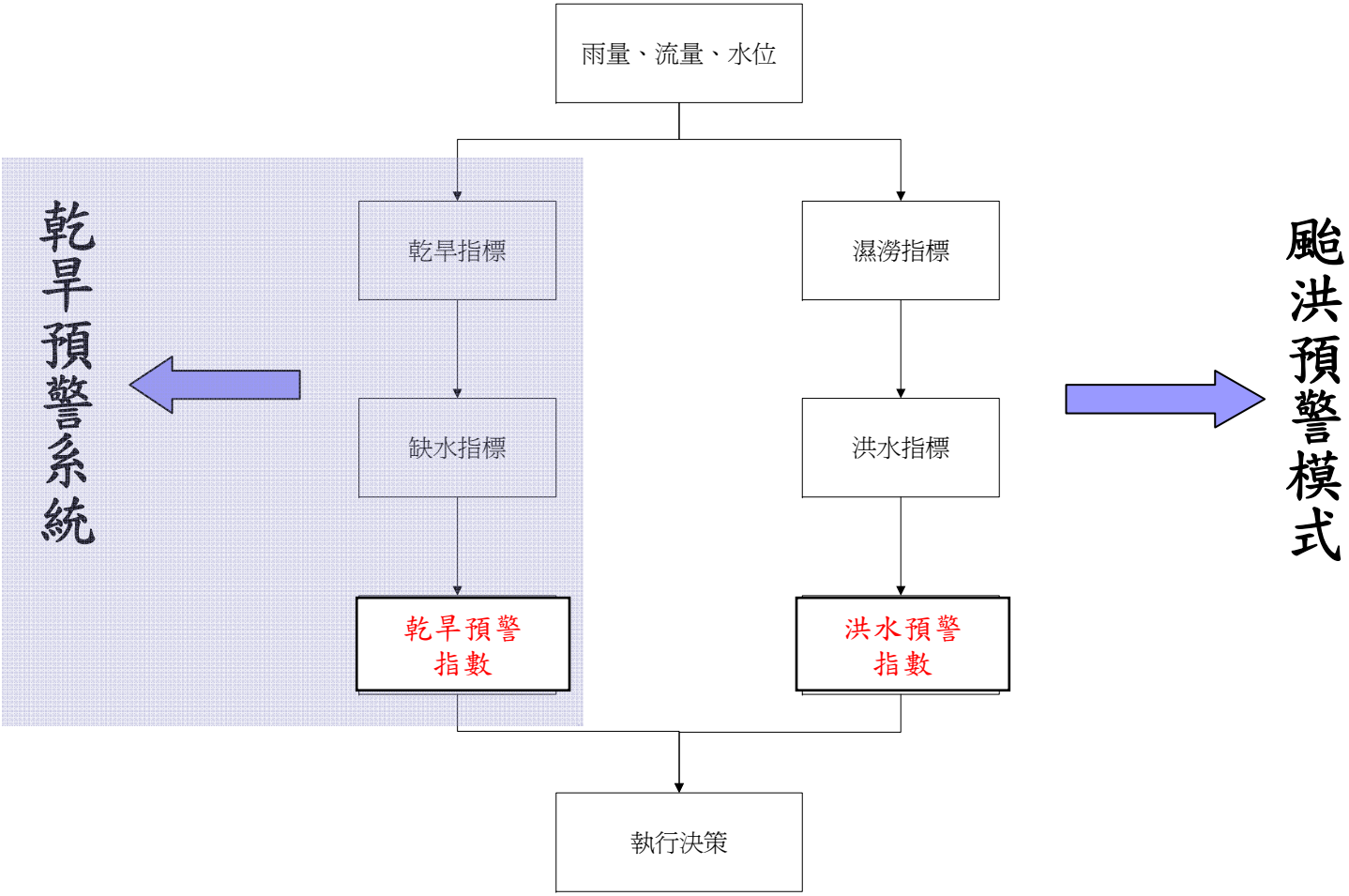
- 透過決策支援系統之建置，使用者可查詢水庫水位、蓄水量、流量等歷史水情紀錄，並可即時進行線上分析及研擬，迅速提供相關單位抗旱應變之方案。

展望

- 將所發展之水庫乾旱預警系統落實於業務單位使用，並推廣於其他的水庫集水區應用。

- 依據乾旱預警決策模式的理念，進一步建立洪水預警決策模式，以提升洪水災害管理之作業。

旱澇預警理念對比


雨量、流量、水位
乾旱預警系統
乾旱指標
缺水指標
乾旱預警指數
濕澇指標
洪水指標
洪水預警指數
颱洪預警模式
執行決策

References

1. Huang, Wen-Cheng, Lun-Chin Yuan (2004), “A drought early warning system on real-time multireservoir operations”, *Water Resources Research*, Vol. 40, No. 6, W06401

2. Huang, Wen-Cheng, Chia-Ching Chou (2005), “Drought early warning system in reservoir operation: theory and practice”, *Water Resources Research*, Vol. 41, No. 11, W11406

3. Huang, Wen-Cheng, Chia-Ching Chou (2008), “Risk-based drought early warning system in reservoir operation”, *Advances in Water Resources*, Vol. 31, No. 4, pp.649-660

4. Huang, Wen-Cheng, and Chi-Liang Hsieh (2010), “Real-Time Reservoir Flood Operation during Typhoon Attacks”, *Water Resources Research*, doi:10.1029/2009WR008422, in press.

敬請指正