

# 人工智慧技術於 水庫防洪運轉之應用

 經濟部水利署水利規劃試驗所

 中興工程顧問股份有限公司

 國立臺灣大學  
National Taiwan University

 國立成功大學  
National Cheng Kung University

中興工程顧問股份有限公司  
水利工程部 楊慶宗

# 簡報大綱

- 前言
- **Ai** 分析方法
- 運作流程
- 應用展示
- 結語





## 水資源物聯網計畫 (106~109)

### 多元水源智慧調控系統

- 目標 隨需而供、動態調配，提升效率



### 精進灌溉節水管理推廣建置計畫

- 目標 水文監測、自動測報、遠端管理



### 水資源物聯網感測基礎雲端作業網絡

- 目標 雲端環境及工具建置、資安及傳輸規範。

### 智慧河川管理計畫

- 目標 河川管理、淹水預警，降低風險



108 - 109

### 建立污水下水道雲端管理雲及智慧管理系統

- 目標 水質即時監測、雲端整合、智慧管理



# 水資源管理全方位解決方案

## Ai 中長期降雨逕流預報

水庫機率式入流量預報。  
搭配乾旱指標精確掌握未來情勢。

## 物 水源調控

優選調控，降低缺水率。  
提出最佳調度方案。

## Ai 降雨逕流組合預報

綜合多種系集產品，透過SPM整合出最佳  
雨量預報。ML分析入庫流量。  
充裕應變時間。

## Ai 需求推估

公共、農業用水需求推估。

## 物 系統性防洪

提前預報最適放水策略、  
水門操作建議。

## 測 感測器建置

水位/流量、地下水抽水量、埤塘  
水位、微氣象站。

## Ai 測 衛星遙測技術

虛擬測站1km<sup>2</sup>格點  
近即時蒸發散、土壤含水量。

## 測 下游河防

整合河川監測、推估水位、  
河口潮位。



## • 防洪運轉

- 颱風或豪雨情況，水庫經溢洪道、排洪隧道、排砂隧道或其他放水設施放水之運轉

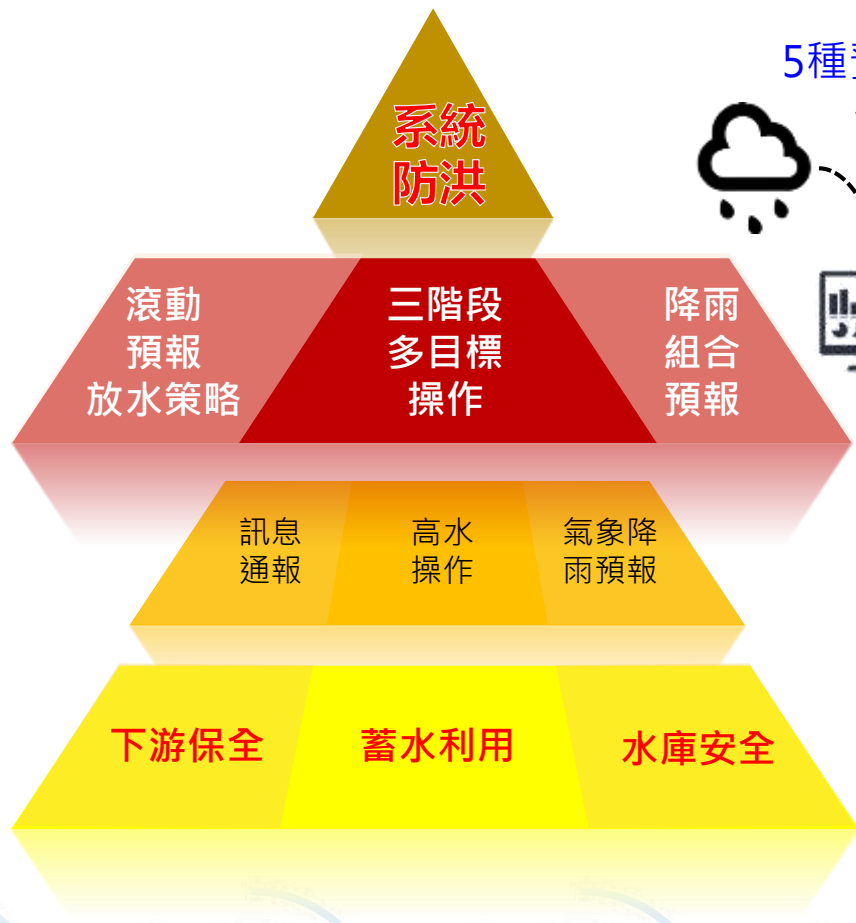
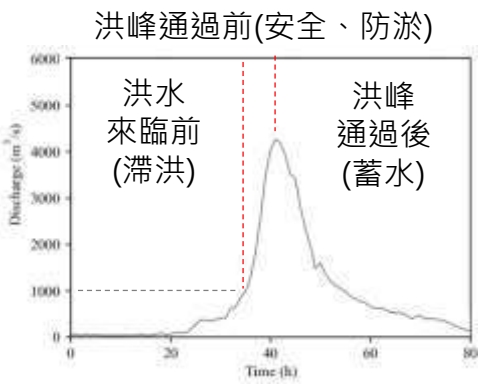
## • 應避免

- 危及水庫安全、人工洪水、期末蓄水嚴重不足致缺水

## • 運轉策略







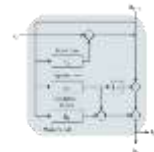
5種預報產品

WEPSPro\_PM | WRF\_W0  
STMAS\_WRF | ETQPF | QPF



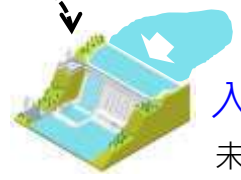
降雨精進

交替預報(SPM)  
以誤差篩選最佳產品



AI降雨逕流模式

長短期記憶模式(LSTM)  
多步階預報(MSF)



入流量預報

未來1-72h預報



資訊整合

自動化即時整合各項資訊



洪水預報

提前預報  
滾動更新



下游保全

全方位考量  
防汛需求



運轉策略

防洪、安全  
供水均兼顧

# 分析方法

## ● 降雨預報

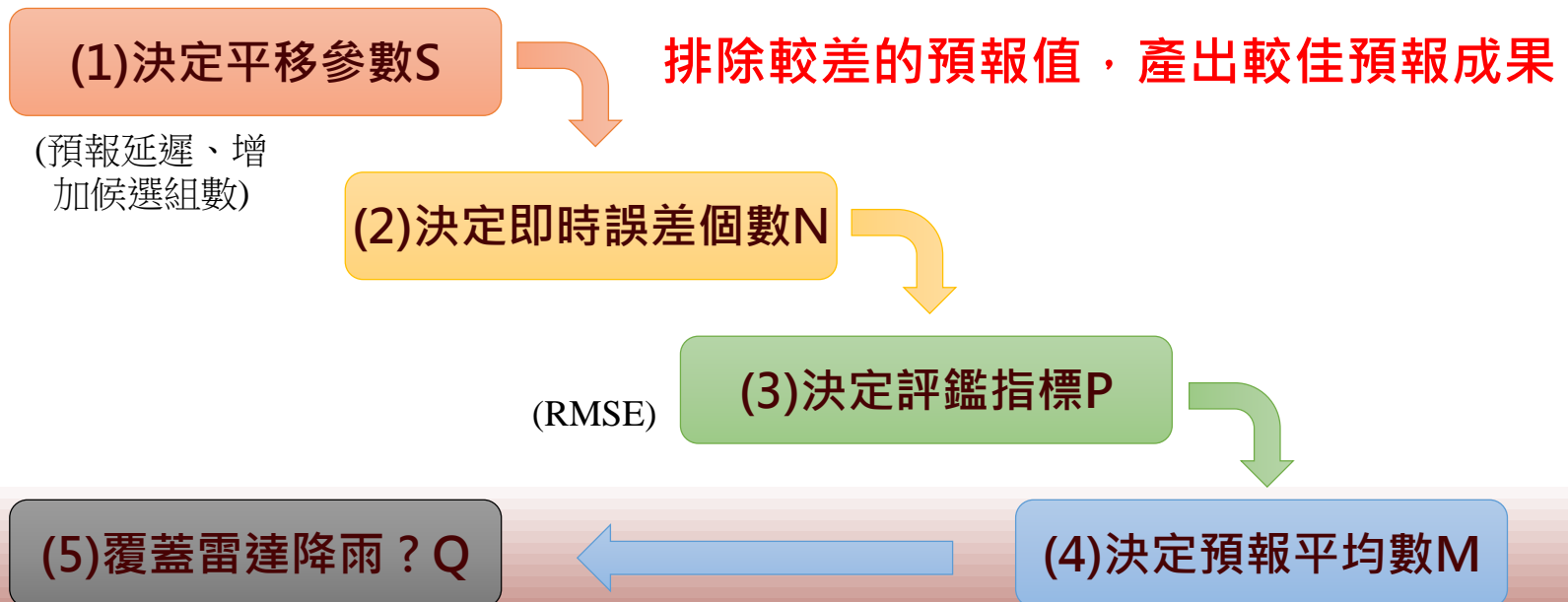
### 常用之降雨預報產品

模式名稱	QPESUMS	ETQPF	CWBWRF	QPF	WEPS-PM
規格					
提供時程	每日	颱風期間	每日	每日	每日
預報頻率	每10分鐘	每日4~8次	每日4次	每日4次	每6小時
啟動時間	05、15、..、55分	02、05、08、11、14、17、20、23時	02、08、14、20時	02、08、14、20時	02、08、14、20時
演算需時	約2~3分鐘	即時	約8小時	即時	約10小時
預報長度	3小時	72小時	72~84小時	24小時	72小時
資料內容	逐時雨量	3小時 累積雨量	逐時 累積雨量	逐6小時 累積雨量	逐時雨量
單位	氣象局 衛星中心	氣象局 資訊中心	氣象局 預報中心	氣象局 預報中心	氣象局 資訊中心

# 分析方法

## ● 降雨預報 → 組合預報

- 使用氣象局5種系集降雨預報產品  
(WESPRO\_PM、STMAS\_WRF、CEBWRF\_W0、ETQPF和QPF)
- 蒐集2015蘇迪勒、2017梅姬、2018瑪莉亞颱風事件
- 透過SPM(Switched prediction method)



前三小時取代為QPESUMS雷達雨量？



# 分析方法

## ● 降雨預報 ➡ 組合預報

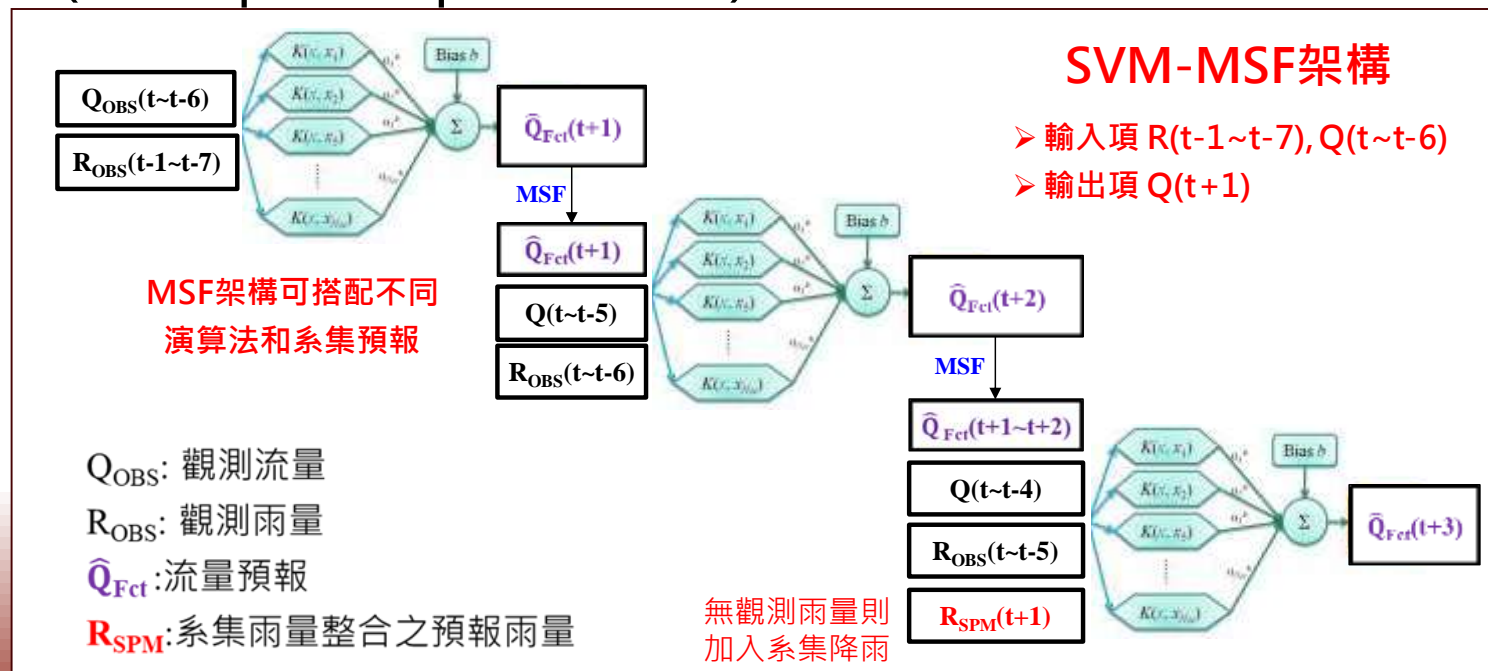
- SPM 有S、N、P、M和Q共 5 個參數需要率定
- 不同的颱風場次有不同組最佳參數組合，採用網格搜尋法(Grid search method)率定出通用參數

序號	系集產品	指標				指標排序			
		RMSE	MAE	CC	CE	RMSE	MAE	CC	CE
梅姬									
1	WEPSPro_PM	4.73	2.60	0.90	0.68	4	4	5	4
2	CWBWRFW0	4.56	2.19	0.86	0.64	3	3	6	6
3	ETQPF	5.01	2.86	0.93	0.72	5	6	2	3
4	QPF	8.91	6.55	0.57	0.17	10	9	10	9
5	STMAS_WRF	6.10	4.72	0.72	-1.93	8	8	8	10
6	QPESUMSQPF	8.72	6.58	0.60	0.25	9	10	9	8
7	QPESUMSWRF	5.31	2.64	0.81	0.60	6	5	7	7
8	QPESUMSETQPF	5.33	2.99	0.90	0.67	7	7	4	5
9	EM	3.45	1.93	0.92	0.75	2	2	3	2
<b>10</b>	<b>SPM_S1N0M10Q0</b>	<b>3.26</b>	<b>1.85</b>	<b>0.93</b>	<b>0.82</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

# 分析方法

## ● 逕流模擬 ➡ 人工智慧(SVM) & 多步預報(MSF)

- 2004~2019年具一定規模並影響北台灣的19場次颱風
- 前13場作為訓練，後6場作為測試，比例為13：6
- SVM預報模式不論於訓練或測試中的表現皆相當優良
- SVM未來1小時降雨逕流模式，並以多步預報(Multiple step forecast)預報未來72小時水庫入流量



# 分析方法

## ● 逕流模擬 ➡ 人工智慧(SVM) & 多步預報(MSF)

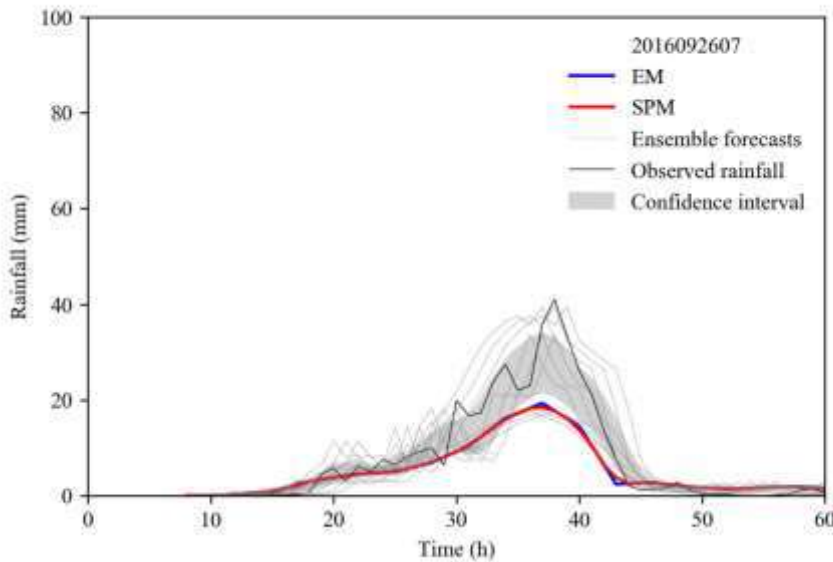
系集降雨預報結合SVM-MSF模式之評鑑指標

序號	系集產品	指標				排序			
		RMSE	MAE	CC	CE	RMSE	MAE	CC	CE
梅姬									
1	WEPSPro_PM-SVM-MSF	193.0	152.2	0.97	0.76	1	1	3	3
2	CWBWRF_W0-SVM-MSF	237.6	156.8	0.97	0.77	4	2	4	1
3	ETQPF-SVM-MSF	385.2	288.2	0.92	0.72	7	8	7	6
4	QPF-SVM-MSF	573.8	428.9	0.79	-1.44	9	9	9	9
5	STMAS_WRF-SVM-MSF	326.6	267.7	0.94	0.64	6	6	6	8
6	QPESUMSQPF-SVM-MSF	620.3	468.4	0.76	-3.8	10	10	10	10
7	QPESUMSWRF-SVM-MSF	299.7	182.3	0.97	0.72	5	5	5	5
8	QPESUMSETQPF-SVM-MSF	404.4	285.5	0.91	0.68	8	7	8	7
9	EM-SVM-MSF	217.9	162.4	0.98	0.73	3	3	2	4
<b>10</b>	<b>SPM-SVM-MSF</b>	<b>214.4</b>	<b>164.5</b>	<b>0.98</b>	<b>0.77</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

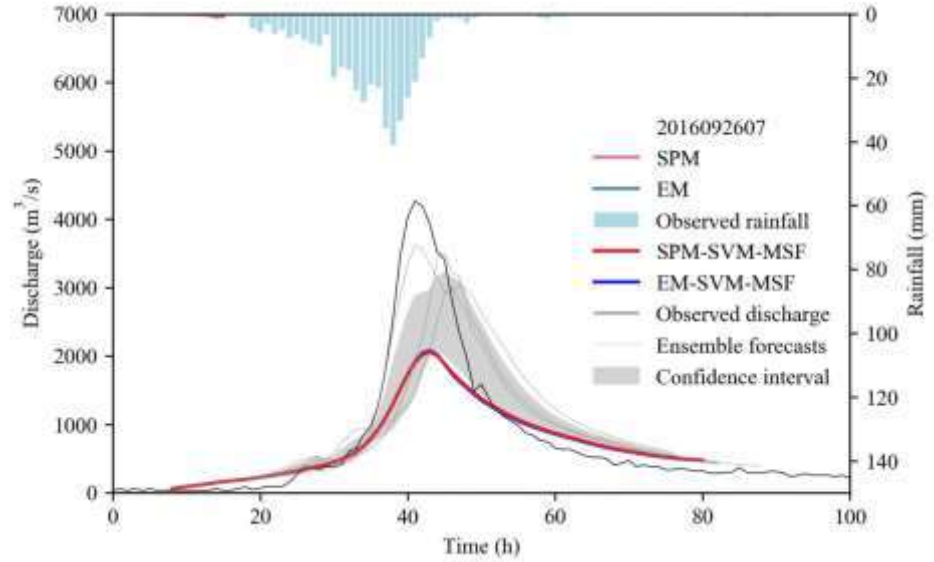
# 分析方法

## ● 逕流模擬 ➡ 人工智慧(SVM) & 多步預報(MSF)

### 梅姬颱風降雨精進 (SPM)



### 梅姬颱風入流量預報 (SVM)



降雨預報精進和入流量預報產品，  
比ETQPF預報誤差低約14%、比簡單平均(EM)誤差低約5%

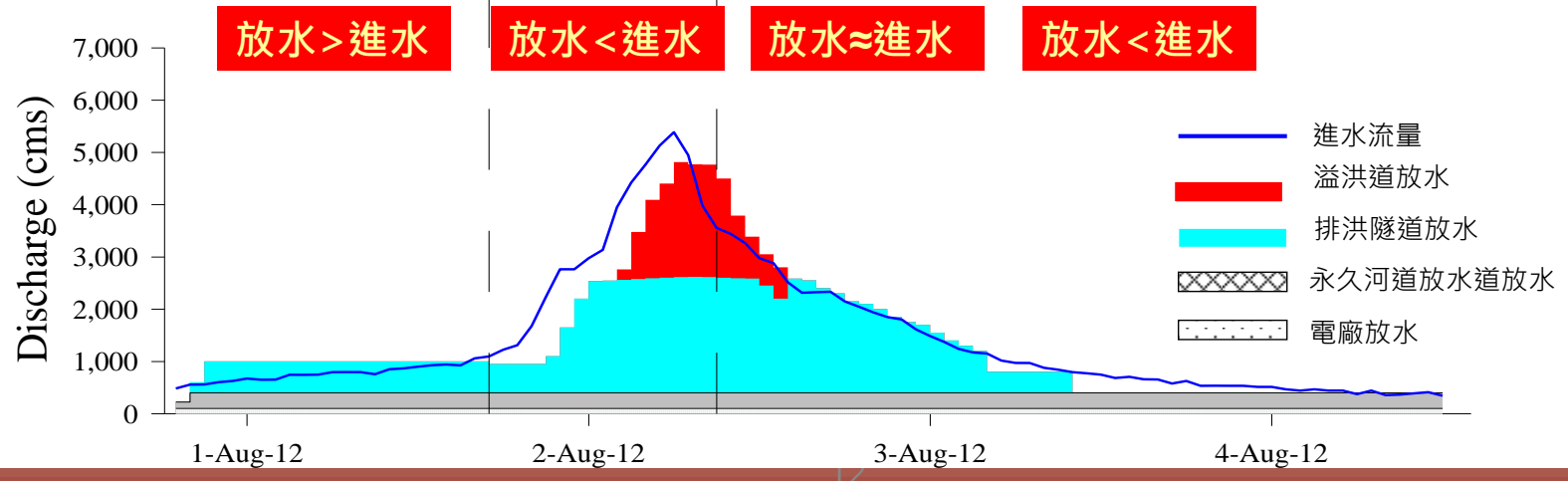
# 分析方法

## ● 防洪運轉 ➡ 三階段多目標

- 不製造人工洪水
- 確保水庫安全
- 儘量對下游減洪
- 達成期末蓄水目標
- 洩洪亦水盡其用：排砂

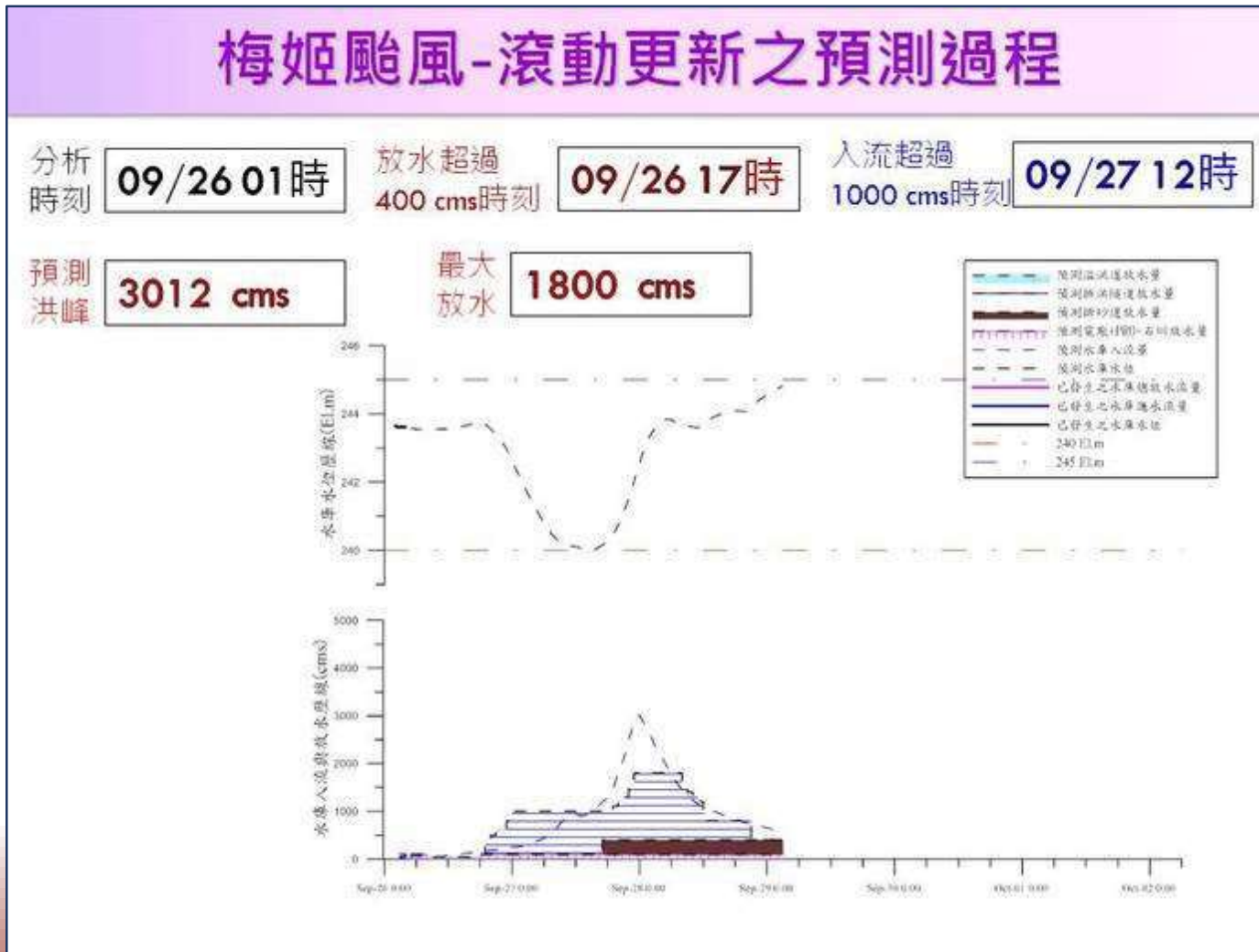
**備洪、沖刷放淤**      **滯洪、減洪**      **異重流或渾水排砂、蓄洪**

洪水來臨前：海上陸上警報發佈至流量超過下游河道無害流量  
 洪峰通過前：至洪峰發生前  
 洪峰通過後：至洩洪設施閘門關閉前



# 分析方法

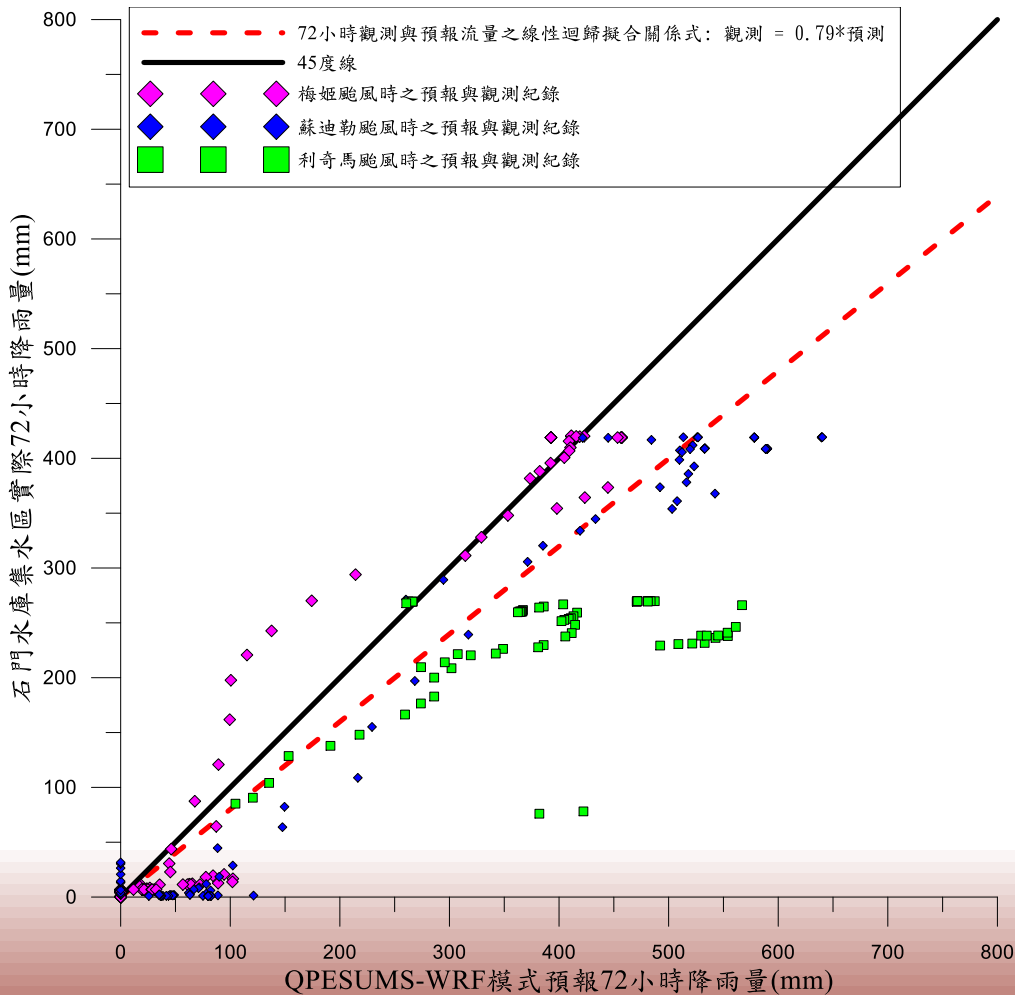
## ● 防洪運轉 ➡ 滾動式預測與策略評估





# 分析方法

## 降雨預報成效與可能誤差



### ● 各事件初期

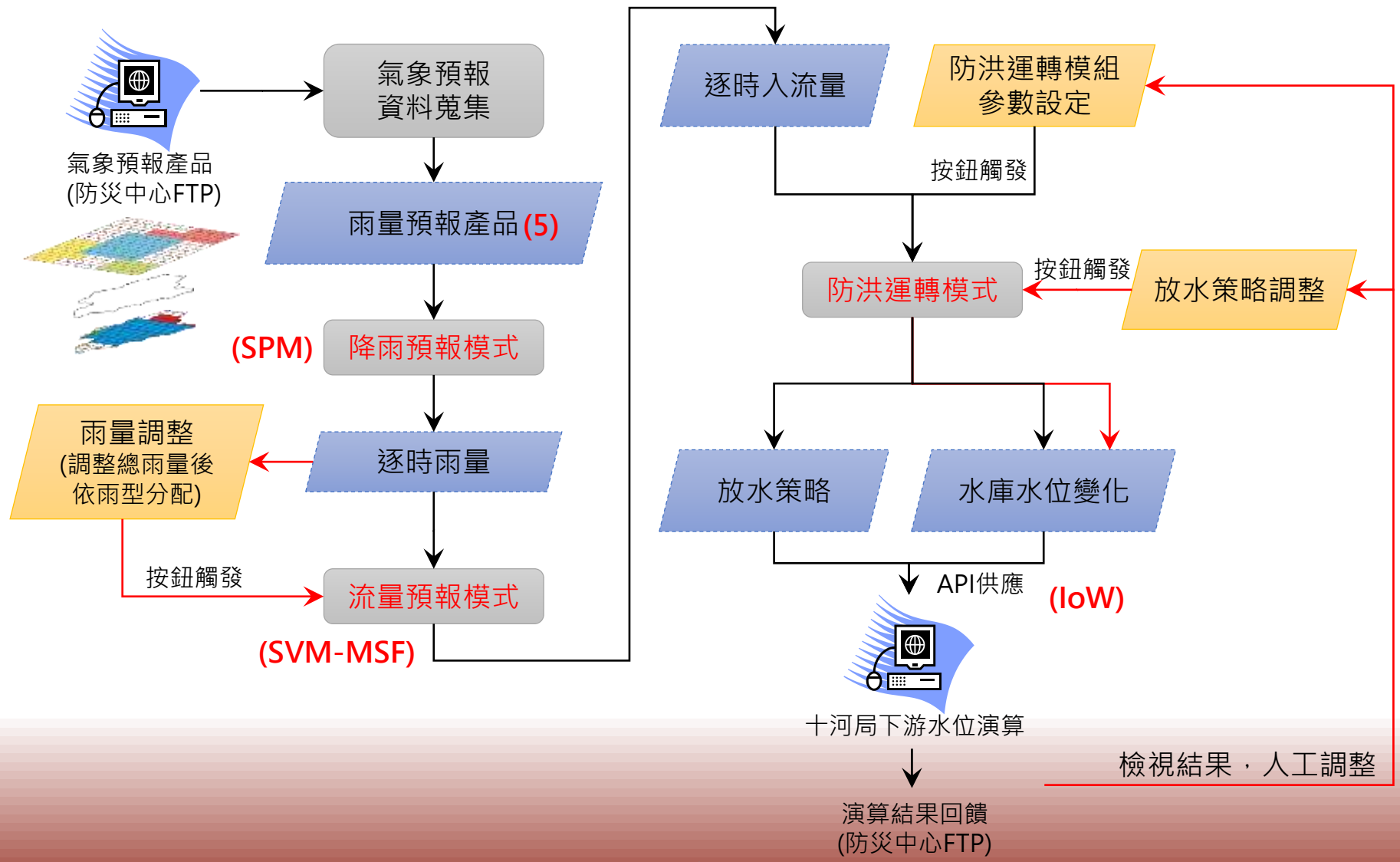
- 模式均有高估傾向
- 對策：延後調節性放水時機
  - 先緩降、後急降

### ● 開始降雨後

- 如高估降雨
  - 可能造成放水過度，致未達期末目標水位
  - 顯著高估案例：利奇馬
- 如低估降雨
  - 可能造成水庫滯洪空間不足，致需增加放水而減少滯洪成效，或水庫水位顯著超出SL
  - 僅梅姬颱風前段有低估
- 對策：滾動檢討
  - 若已發生時段放太多(少)水，後續少(多)放一點

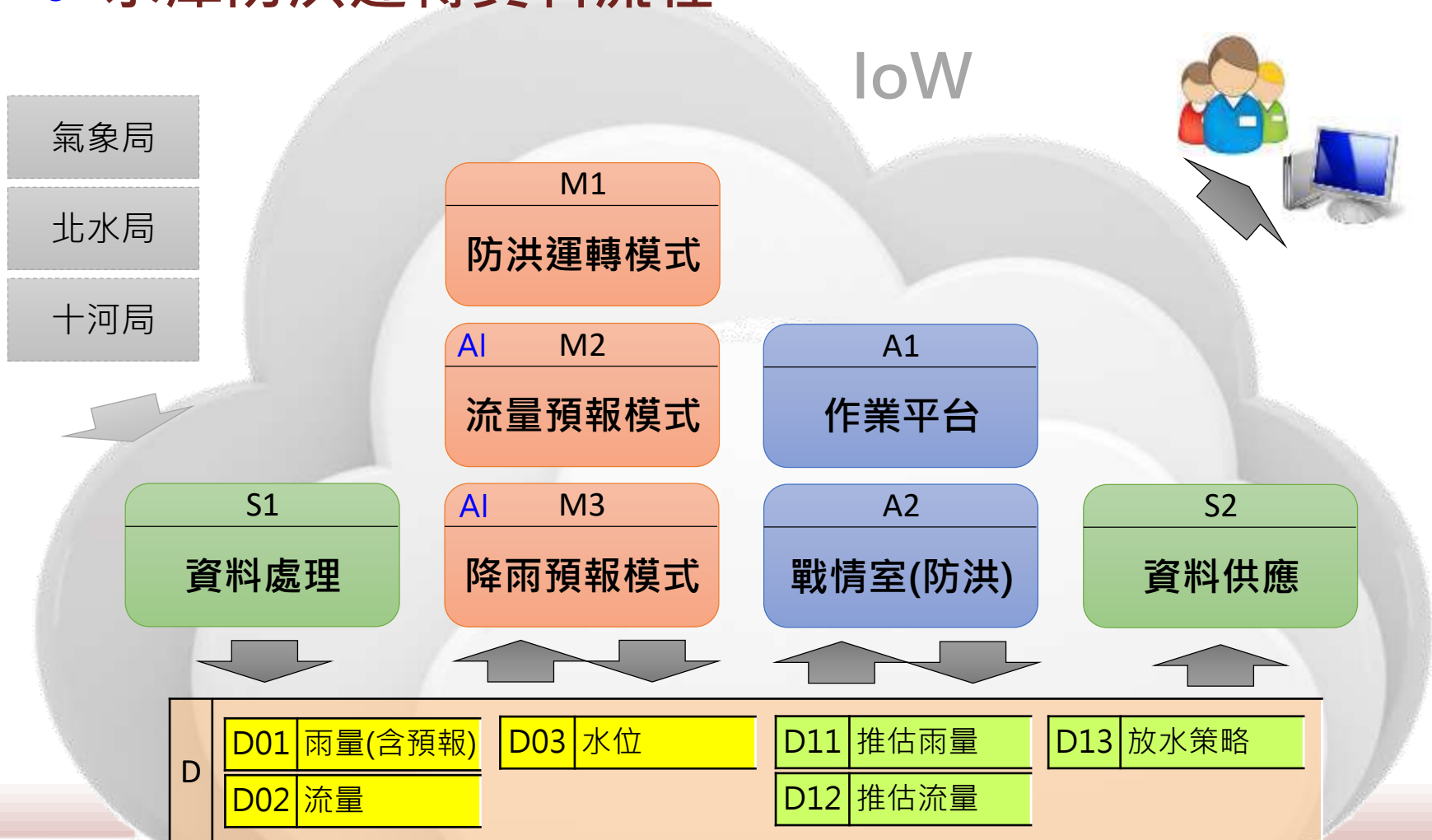
# 運作流程

## ● 水庫防洪運轉運作流程



# 運作流程

## ● 水庫防洪運轉資料流程



● 應用系統(操作人員)

多元水源智慧調控  
Intelligence Water Allocation Platform

首頁 防汛運作 設備監控 感測設備 資料蒐集 管理者: 您好

執行防汛模塊 儲存本次模塊

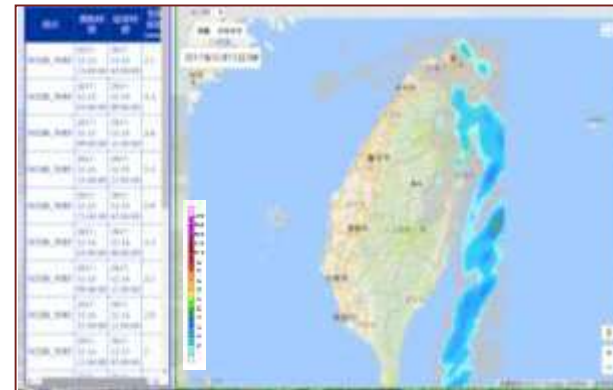
雨量調整 流量調整 放水策略調整(1) 放水策略調整(2) 建議放水策略 成果檢視

模塊時間	溢洪道放水量 (cms)	排洪隧道放水量 (cms)	排砂隧道放水量 (cms)	河道放水量 (cms)
2020-10-16 15	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2020-10-16 16	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2020-10-16 17	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2020-10-16 18	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2020-10-16 19	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2020-10-16 20	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2020-10-16 21	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2020-10-16 22	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2020-10-16 23	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2020-10-17 00	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2020-10-17 01	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2020-10-17 02	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

儲存 (自訂放水策略) 執行 (防汛排洪模塊)

# 應用展示

## ● 應用系統 - 決策輔助資訊





防洪  
運轉

# 運轉策略 / 策略

累計時間：2020-06-30 19:00 ~ 目前

現在時間：2019-08-08 10:00:00

## 利奇馬颱風

預報72小時雨量

255 mm

預測入流量  
超過1000cms

08-09 11:00

預測洪峰流量

1200 cms

08-09 14:00

### 石門水庫

水位：242.26 公尺

放水量：66 CMS

(預估)最高水位：244.3 公尺(08-08 11:00)

(預估)放水超過400 cms：08-08 17:00

(預估)最大放水量：600 CMS (08-09 11:00)

溢洪道(預估) 啟：-  
關：-

排洪隧道(預估) 啟：08-08 16:00  
關：08-09 20:00

排砂道(預估) 啟：08-09 12:00  
關：08-10 19:00



選單



## 結語

### SPM-SVM-MSF

- 未來72小時入庫流量
- 自動化逐時滾動更新

## 防洪運轉

### 防洪運轉模式

- PL、SL、EL 評估水門啟閉建議
- 滾動更新有效降低調控目標之偏差

### 雲端運算服務

- 於水資源物聯網平臺(IoW)自動串接資料與模式
- 定時產出防洪運轉策略(速報單)
- 支援線上彈性調整決策變數之即時分析服務

# 簡報結束

## 敬請指教