

臺灣洪水預報系統與水災風險評估

Flood forecasting system and the assessment of flood risk in Taiwan

潘宗毅

臺大天氣氣候災害研究中心



Center for Weather Climate and Disaster Research, NTU



潘宗毅



學歷

- 國立臺灣大學農業工程學系學士，1998
- 國立臺灣大學生物環境系統工程研究所博士，2004

經歷

- 國家災害防救科技中心（洪旱組）博士後研究2005，1月-2005，7月
- 國立臺灣大學水工試驗所國防工業訓儲人員，2005，11月-2009
- 國立臺灣大學綜合災害研究中心特約助理研究員，2008-2011
- 國立臺灣大學氣候天氣災害研究中心助理研究員，2011-迄今

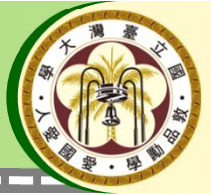
專長領域

- 地表與氣象水文模式之研發及整合
- 環境危險度、脆弱度、風險度之分析評估
- 氣候變遷於水文環境之影響評估
- 人工智慧於水文環境應用之理論及其數值計算
- 天然災害之災害防救管理及減災規劃



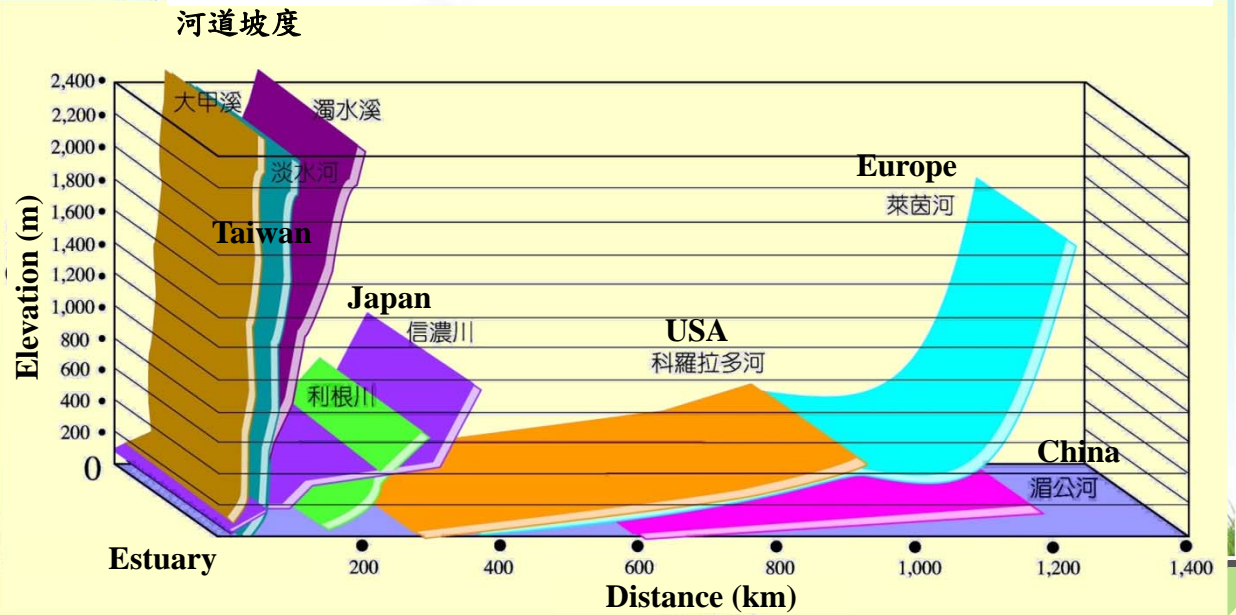
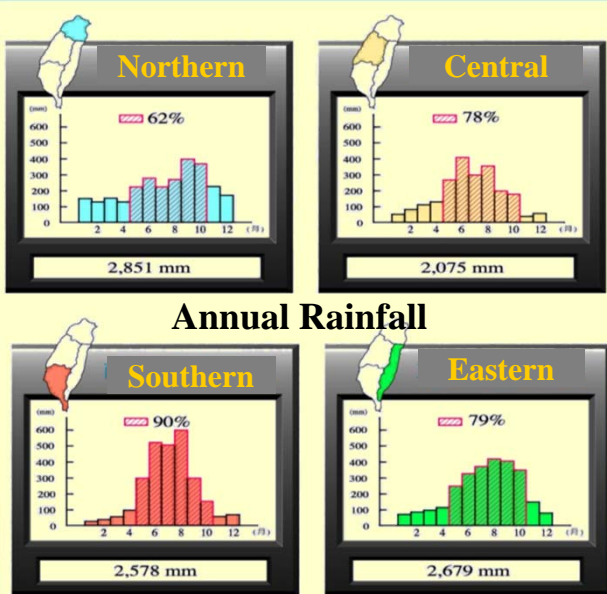
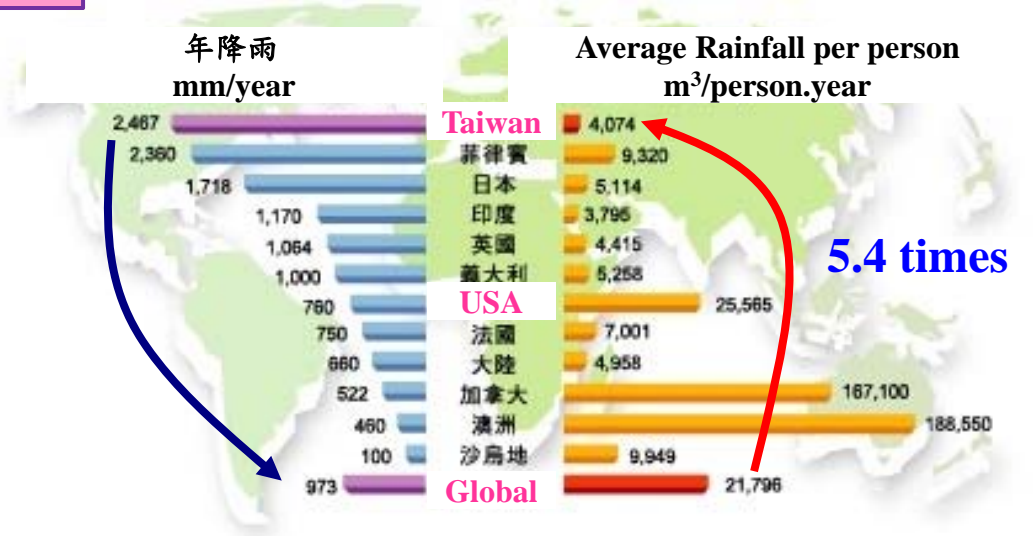
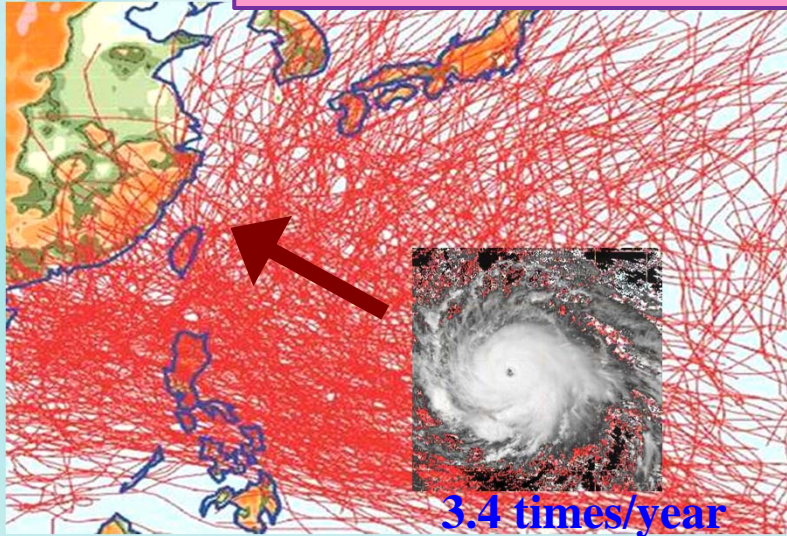
簡報大綱

1. 簡介
2. 公元2000年以來大台北地區重大洪水事件
3. 洪水預報系統
 - A. 氣象-水情觀測與預測
 - B. 河川洪水預測
4. 水災風險圖
 - A. 臺灣水災風險圖的思路及發展
 - B. 水災風險圖(案例展示)
5. 結語



▶▶ 簡介

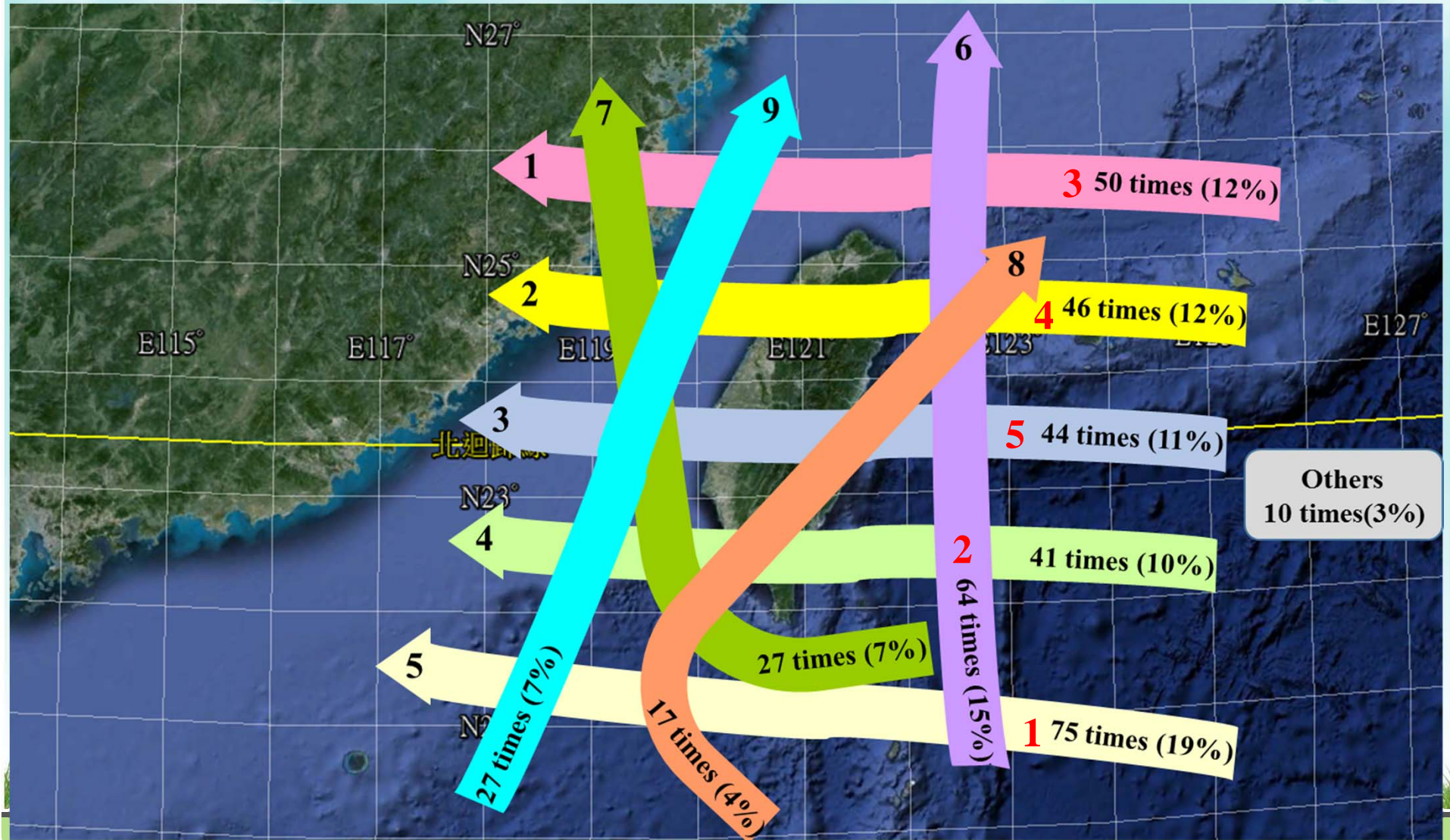
台灣容易因颱風致災



簡介



侵台颱風路徑分類(1897~2012)



簡介



Typhoon Fitow 菲特颱風(2013)

Track 1.

In Zhejiang, Fujian, Jiangsu, Shanghai, Anhui, Fitow damaged or destroyed about 95,000 houses, killed 12 people, and loss 63.1 billion RMB (10.3 billion USD, 2013) in damage.

Typhoon Morakot 莫拉克颱風(2009)

Track 3.

In Zhejiang, Fujian, Jiangxi, Anhui, Morakot damaged or destroyed about 10,000 houses, inundated 4,000 km², affected 11 million people, and loss 9.1 billion RMB (1.4 billion USD, 2009) in damage.

Typhoon Herb 賀伯颱風(1996)

Track 2.

In Zhejiang, Fujian, Jiangxi, Hunan, Hubei, Herb damaged or destroyed about 70,000 houses, killed 284 people, and loss 65.2 billion RMB (5 billion USD, 1996) in damage.

Typhoon Usagi 天兔颱風(2013)

Track 5.

In Fujian, Guangdong, Guangxi, Hong Kong Macao, Usagi affected 10 Millions of people, killed 35 people, and loss 20 billion RMB (3.2 billion USD, 2013) in damage.

▶▶ 簡介



臺灣三大城市：臺北、臺中、高雄

台北：**盆地地形**，以淡水河系貫穿其中，人口數為臺灣之冠，都市排水(內水)多需**依靠雨水下水道與抽水站排水**。

台中：**台中盆地與大肚台地**為主要人口密集區，以烏溪貫穿其中，**都市排水以明渠和雨水下水道為主**。

高雄：市區大多為**沖積平原地形及港區瀉湖**，境內多為獨流入海之小型河川，以**排水路及雨水下水道排水**，因此**易受潮汐影響**。



臺北為低平之盆地，關渡隘口狹窄，渲洩不暢，易泛濫成災，為三大城市中最難治理之城市。

淡水河流域

1694年(康熙33年)



1747年(乾隆8年)



1850年(道光30年)



臺北大湖
Taipei Lake

康熙台灣輿圖-1699年

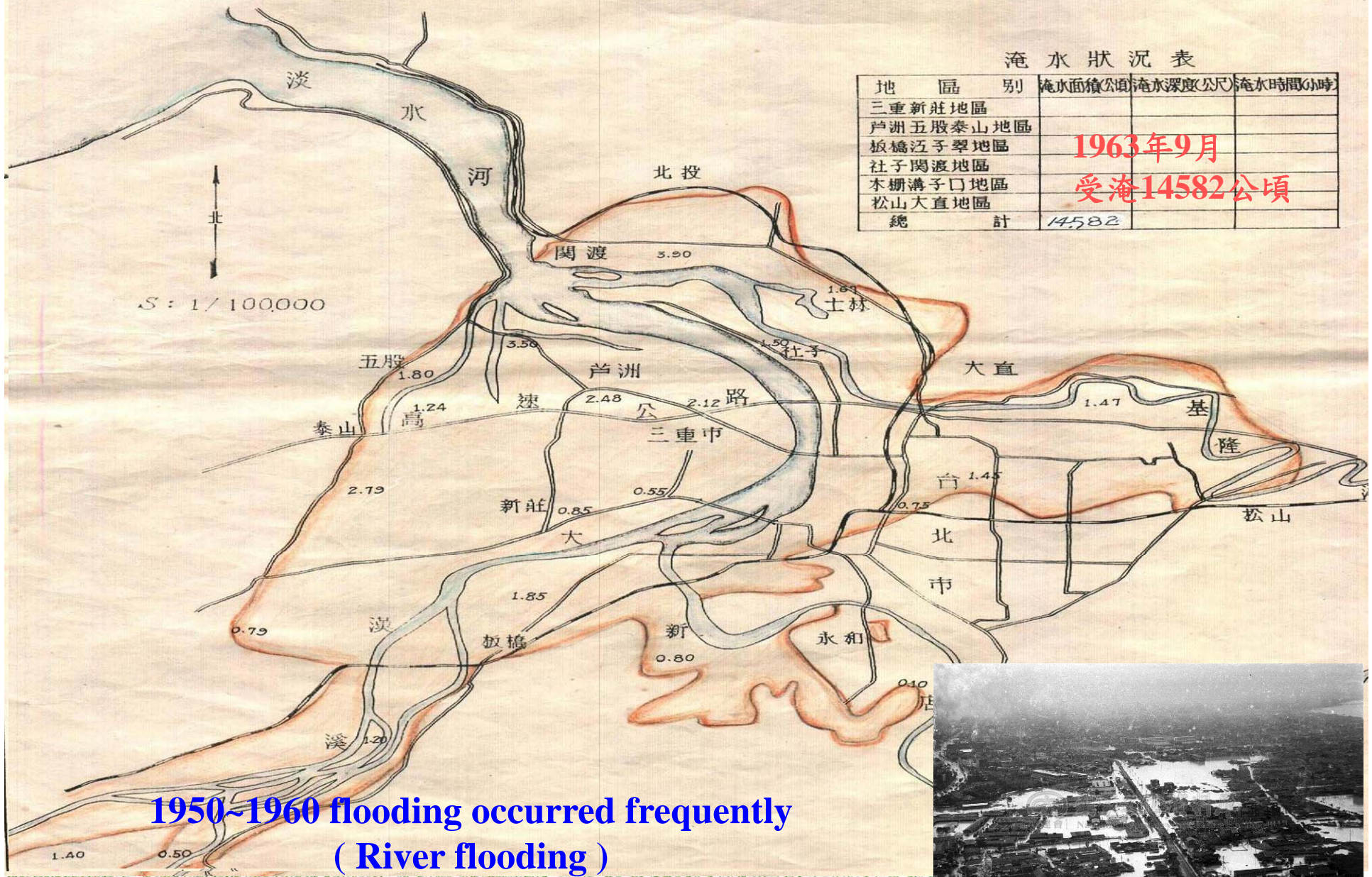
葛樂禮颱風台北地區淹水範圍圖

淹水狀況表

地區別	淹水面積(公頃)	淹水深度(公尺)	淹水時間(小時)
三重新莊地區			
芦洲五股泰山地區			
板橋汭子翠地區			
社子關渡地區			
木柵溝子口地區			
松山大直地區			
總計	14582		

1963年9月

受淹14582公頃



1950~1960 flooding occurred frequently
(River flooding)





簡介



綜合治水的定義

◎ 「以流域為單元，運用各種工程與非工程手段，以進行內水排除、外水治理及暴潮防禦工作，同時配合土地利用的規劃與管制，視需要訂定相關法規，公佈淹水資訊並納入民眾意見，達到降低區域淹水風險的全方位治水方式」。



綜合治水的特徵

1. 以**流域為單元**治水，治理(內水、外水、暴潮)，以土地不淹為考量。
2. 綜合治水為一「**治理策略及方式**」，並無一固定模式或案例可循。
3. 重視**工程手段**與**非工程手段**的結合，**工程手段**須達**一定保護標準**，以不產生重大災難為原則，其餘則由**非工程手段**來達成，
4. **保護標準**視**保護對象**、**淹水損失**及**國家政策**綜合考量而定。
5. 納入**淹水風險**的觀念，任何結構式的防禦措施有都其功能上的限制。
6. **土地利用的規劃與限制**，在洪水風險降低中扮演重要角色，可避免土地不當開發產生的淹水風險及損失，在淹水風險高的區域進行開發時，也必須避免增加周邊區域的淹水風險。
7. 與洪水共存 (**Living with Flood**) 的觀念，洪水是人類生存過程的一部分，既無法避洪，則僅能朝如何將洪水風險降低的方式。
8. **綜合治水**無法僅由**水利單位**執行，必須結合**土地管理機關**、**防災機關**、**地方政府**等共同執行，再配合相關法令(防災、土地、建築)的修改。
9. **強調淹水資訊的公佈**。



簡介



綜合治水的考量因子

1. **氣候變遷的考量。**
2. **都市水害特性的考量。**
3. **短延時高強度降雨的考量。**
4. **景觀、生態與親水的考量。**
5. **土地利用規制的考量。**
6. **流量分擔 (日本) 與淹水風險分析 (歐洲、美國) 的觀念。**
7. **淹水資訊的公佈 (淹水潛勢圖、淹水風險圖、淹水災害圖、淹水脆弱度圖)。**



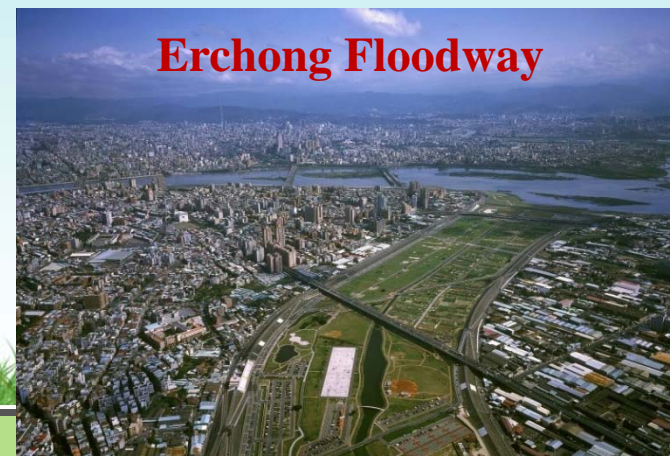
簡介



河川工程及排水系統成果 (1950 – 2000)

大台北防洪計畫:

- 200 年重現期防洪牆 (長度超過 200 km)
- 雨水下水道 (長度超過 500 km)
- 100 抽水站
- 500 部移動式抽水機
- 2 水庫
- 2 分洪道





簡介



河川工程及排水系統成果 (1950 - 2000)



大台北防洪計畫採用200年重現期距洪水量作為設計標準

新北市



簡介



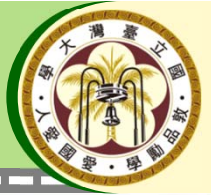
河川工程及排水系統成果 (1950 - 2000)



區域排水系統

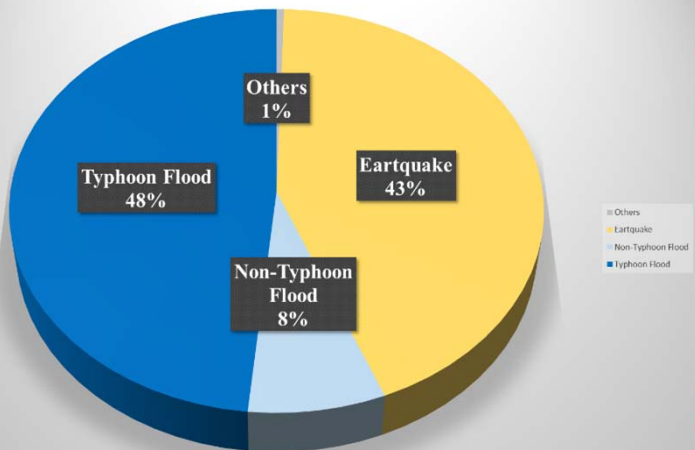
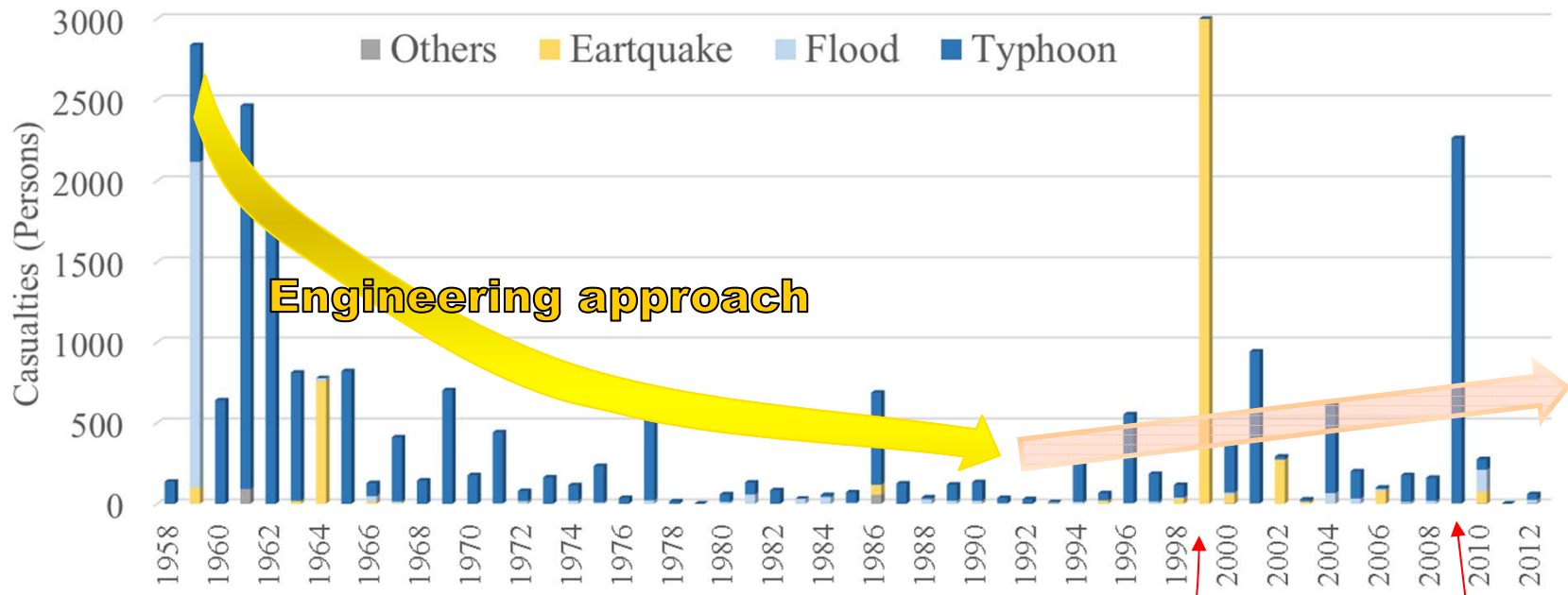


Urban storm sewer systems in Taipei are designed for the 10-year return-period storm rainfall



簡介

從1958年到2012年台灣因天然災害所造成的傷亡)



1999
 921 Earthquake
 Deaths : 2,415
 Missing : 29
 Wounded : 11,305

2009
 Typhoon Morakot
 Deaths : 643
 Missing : 60
 Wounded : 1,555



洪水預報系統



A. 氣象-水情觀測與預測

B. 河川洪水預測(案例展示)

※以下各系統畫面屬各開發單位所有



▶▶ 氣象-水情觀測與預測

1. 氣象-水文觀測網

- 自1960年代起，台灣新增701座雨量站，207處流量站，12座潮位站，17處波高浮標，同時能夠每10分鐘自動傳回資料。



雨量站



波高浮標



潮位站



流量站

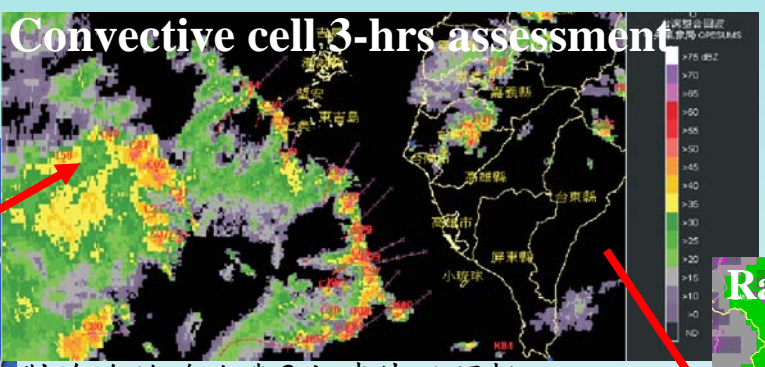




▶▶ 氣象-水情觀測與預測

2. 雷達定量降雨預測

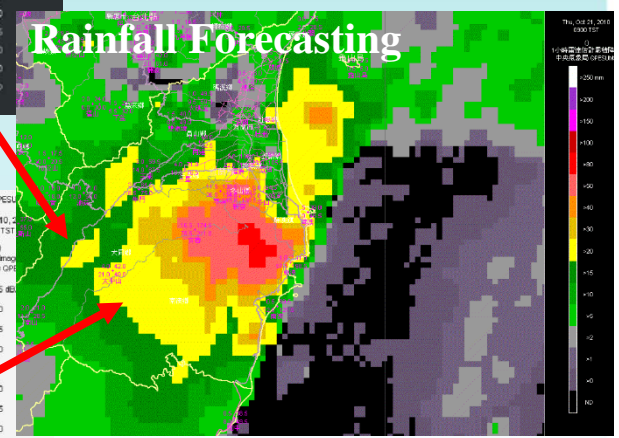
- Quantitative precipitation estimation and segregation using multiple sensors (**QPESUMS**) provides **very high spatial (1km to 500m) and temporal (10 min)** resolution rainfall and severe storm products.

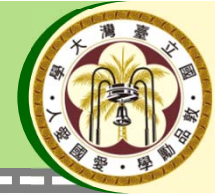


對流胞的追蹤與3小時外延預報



颱風路徑潛勢進行72小時動態預報





▶▶ 氣象-水情觀測與預測

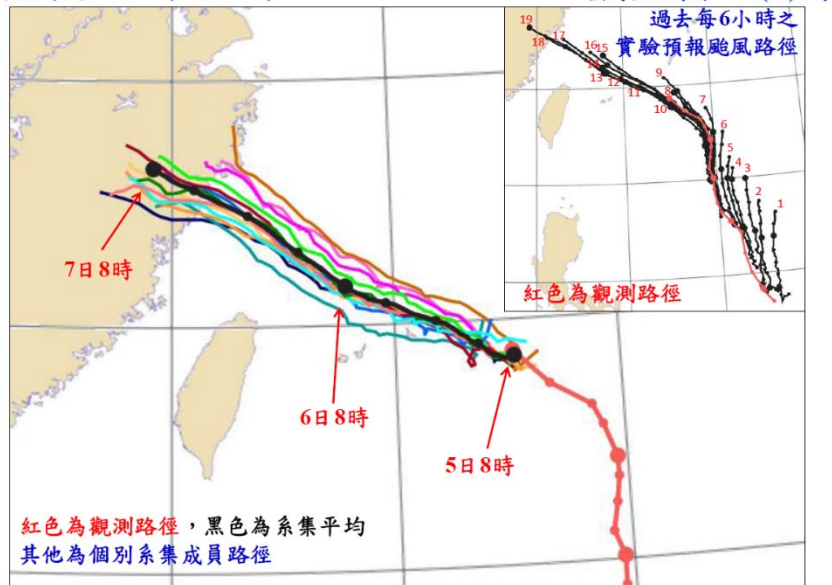
3. 大氣模式定量降雨預測

- This model can display the **typhoon track** including ensemble mean and individual members' track. For the precipitation, that can display the ensemble mean **accumulated rainfall** for next 24, 48 and 72 hours. That can also focus on the **county area** or the **river basin region**.

Ensemble typhoon track

系集實驗之72小時颱風路徑

預報時間：5日8時~7日8時



Ensemble rainfall forecasting

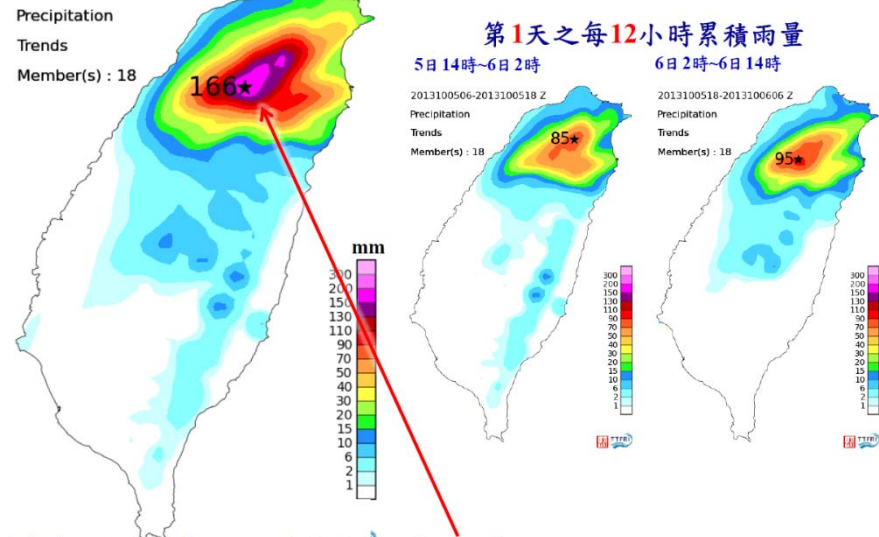
系集實驗之平均累積雨量(18組成員平均)

模式初始時間：5日(六)8時

NAR Labs

第1天(24小時)累積雨量

5日14時~6日14時



若考慮各成員之最大值，系集平均可達 190(第1天) mm

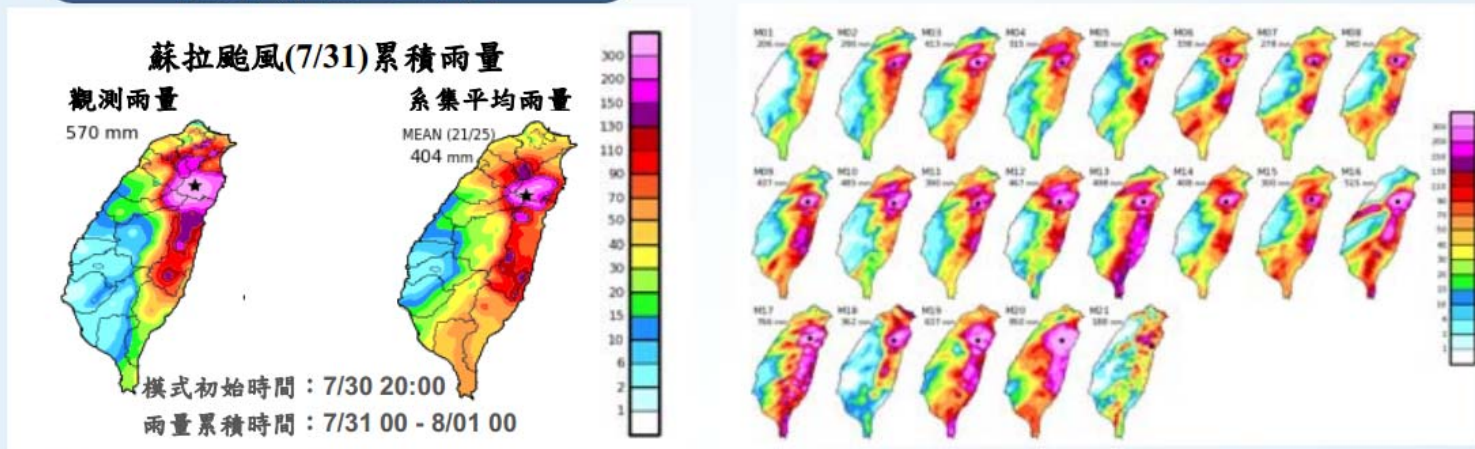


▶▶ 氣象-水情觀測與預測

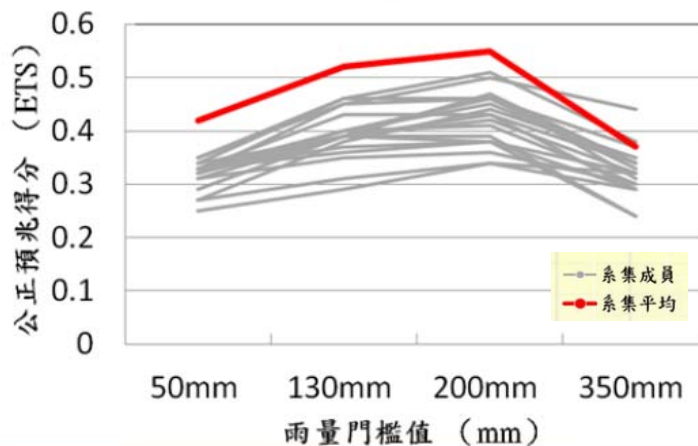
3. 大氣模式定量降雨預測

超過20種大氣模式

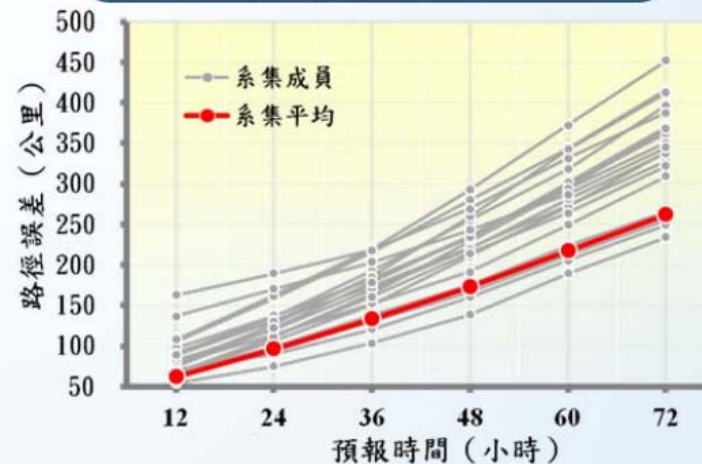
系集實驗之雨量



全年雨量校驗

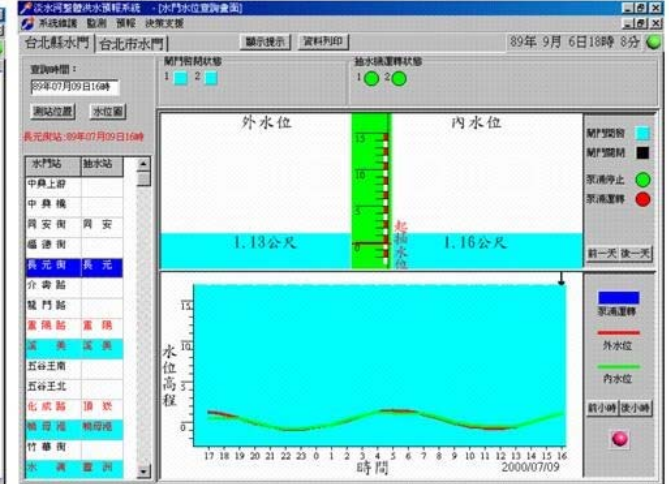
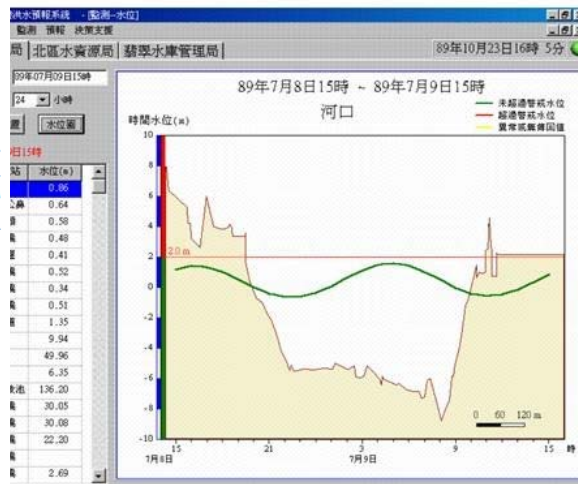
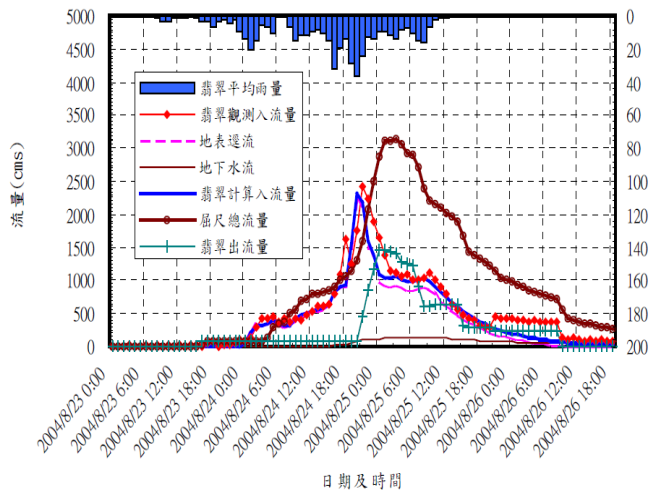


全年颱風路徑校驗





河川洪水預測-淡水河系統



水庫降雨逕流及洩洪歷線

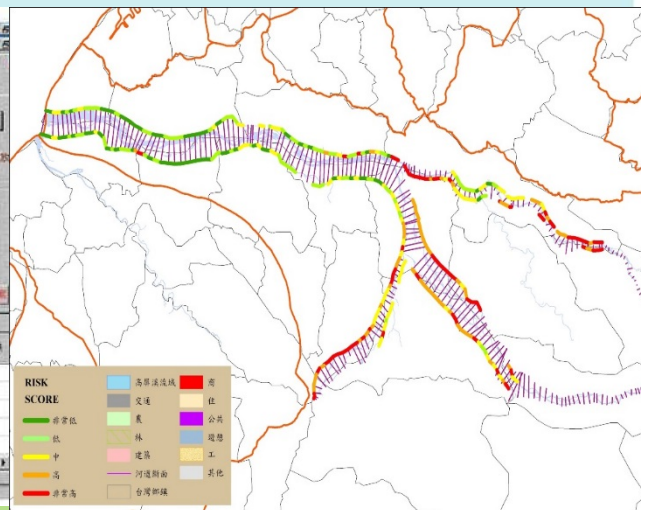
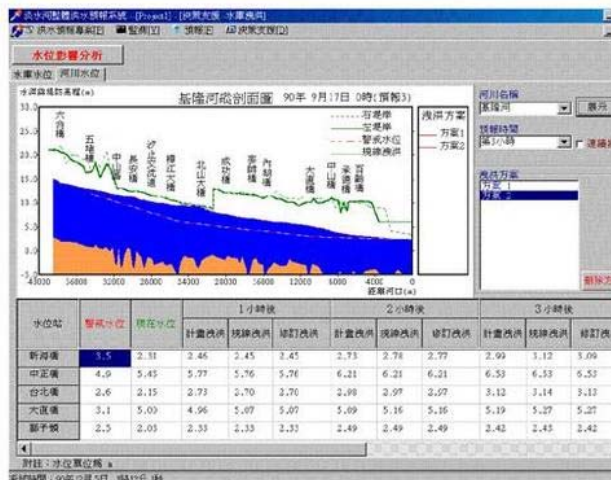
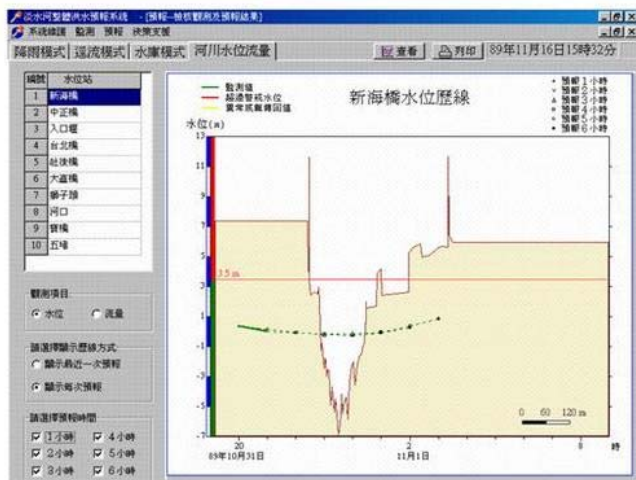
水位監測

水門水位監測

河川預報果

決策支援展示

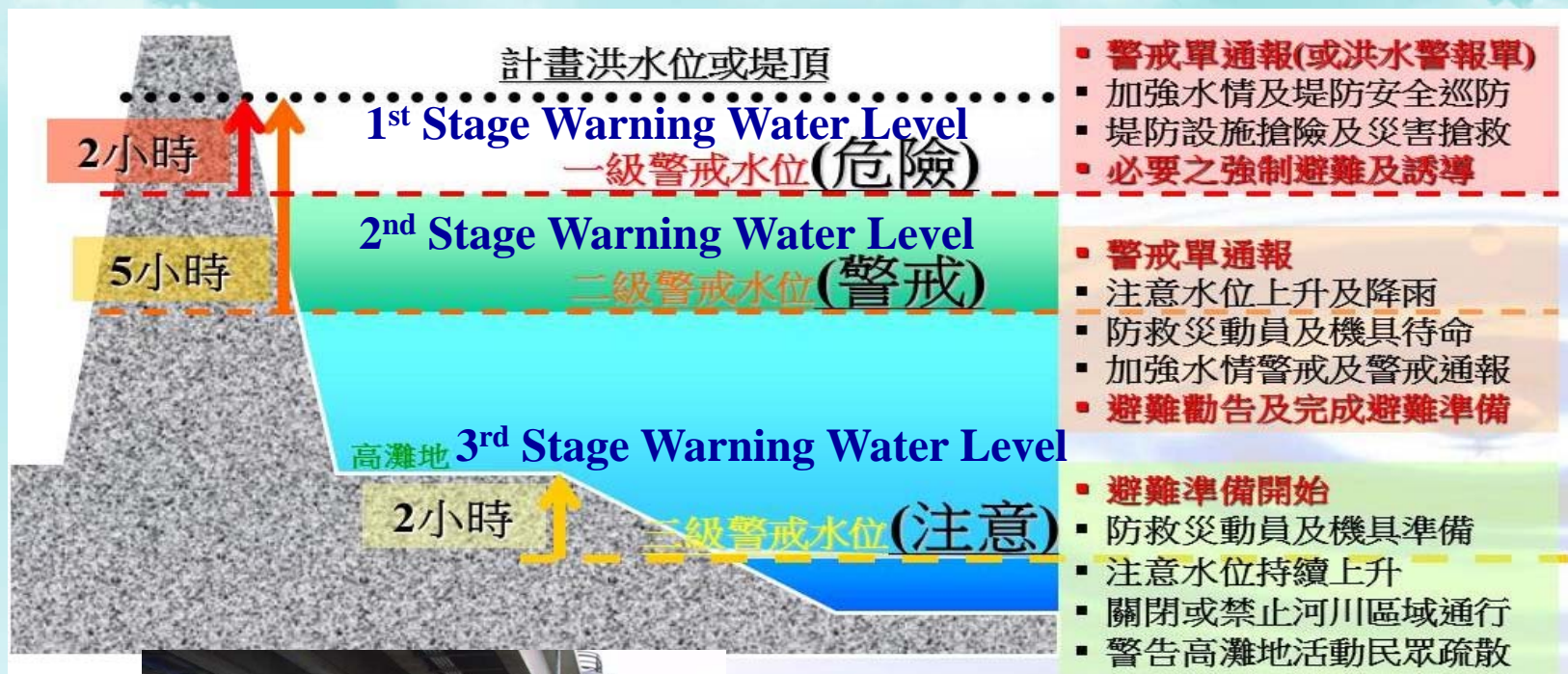
風險評估分析





河川洪水預測-淡水河系統

警戒水位分級



台大防災應變作業平台



氣象水文

QPESUMS
雷達雨量

系集預報
雨量資料

長期預報
雨量資料

潮汐監測
資料

水位監測
資料

模式模擬

地表淹水
模擬

河川水理
模擬

河道沖刷
模擬

土石流模擬

橋梁結構物
沖刷模擬

預警發布

淹水預警

水位預警

坡地預警

土石流預警

水庫預警

應變決策加值

抽水機調度

抽水站預抽

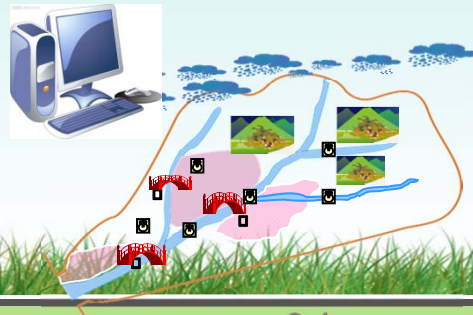
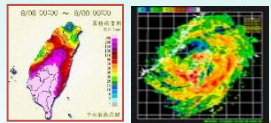
疏散撤離

水閘門操作

資料庫 { 即時資料(介接)
典藏資料(LLC,歷史)

模式庫 { 氣象、水文
泥砂、水理

加值展示 { 守視、預警
應變、決策



決策應變
作業平台

台大防災應變作業平台-新北市



新北市淹水深度預報



首頁

最新模擬資料查詢

預報雨量分布圖 vs 淹水模擬結果

首頁 > 最新模擬資料查詢

最新模擬資料查詢

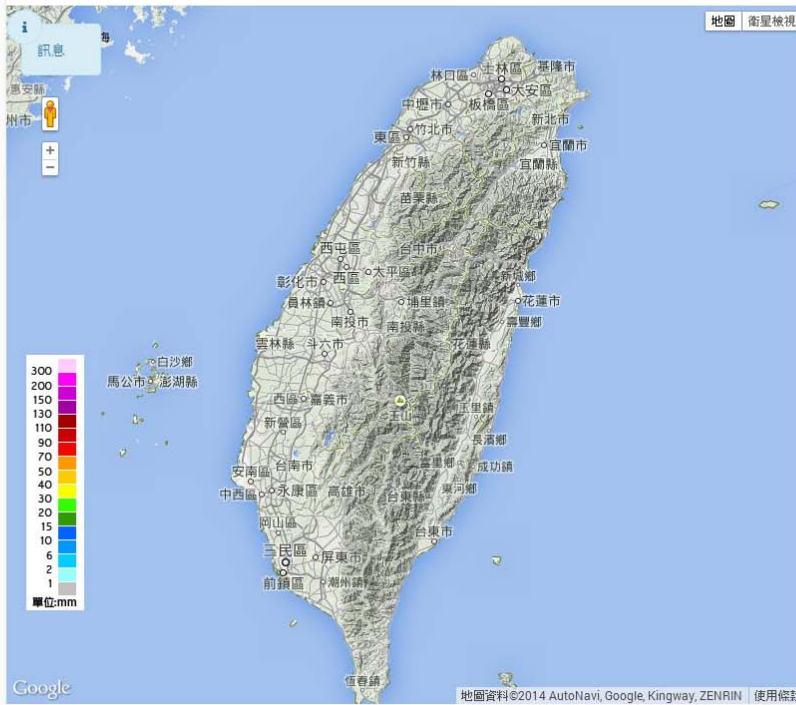
最新資料比較

歷史模擬結果查詢

各分區模式運算時間

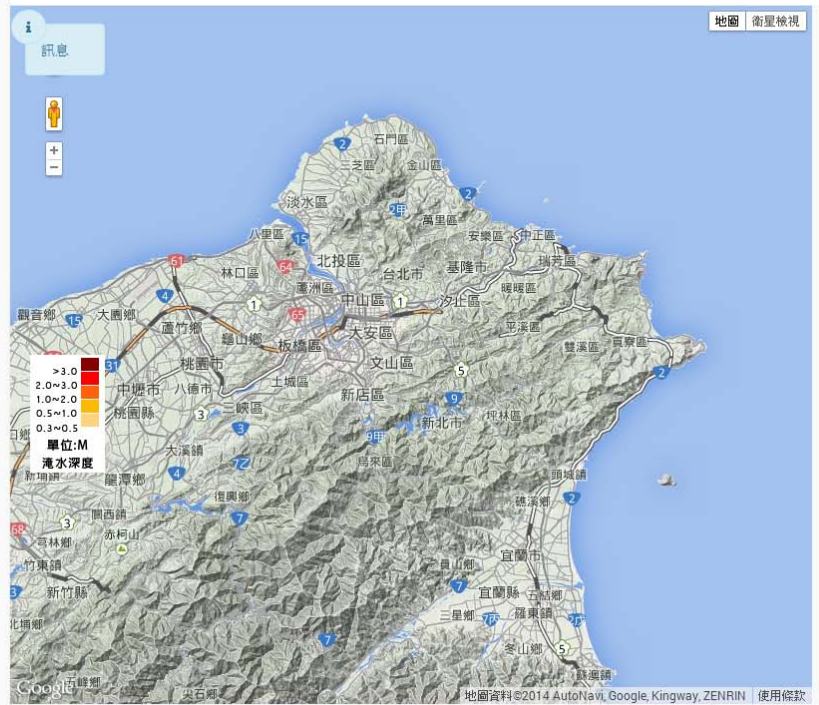
颱洪系集預報雨量站雨量展示

TTFRI RuleA 未來24小時雨量站累積雨量 送出顯示



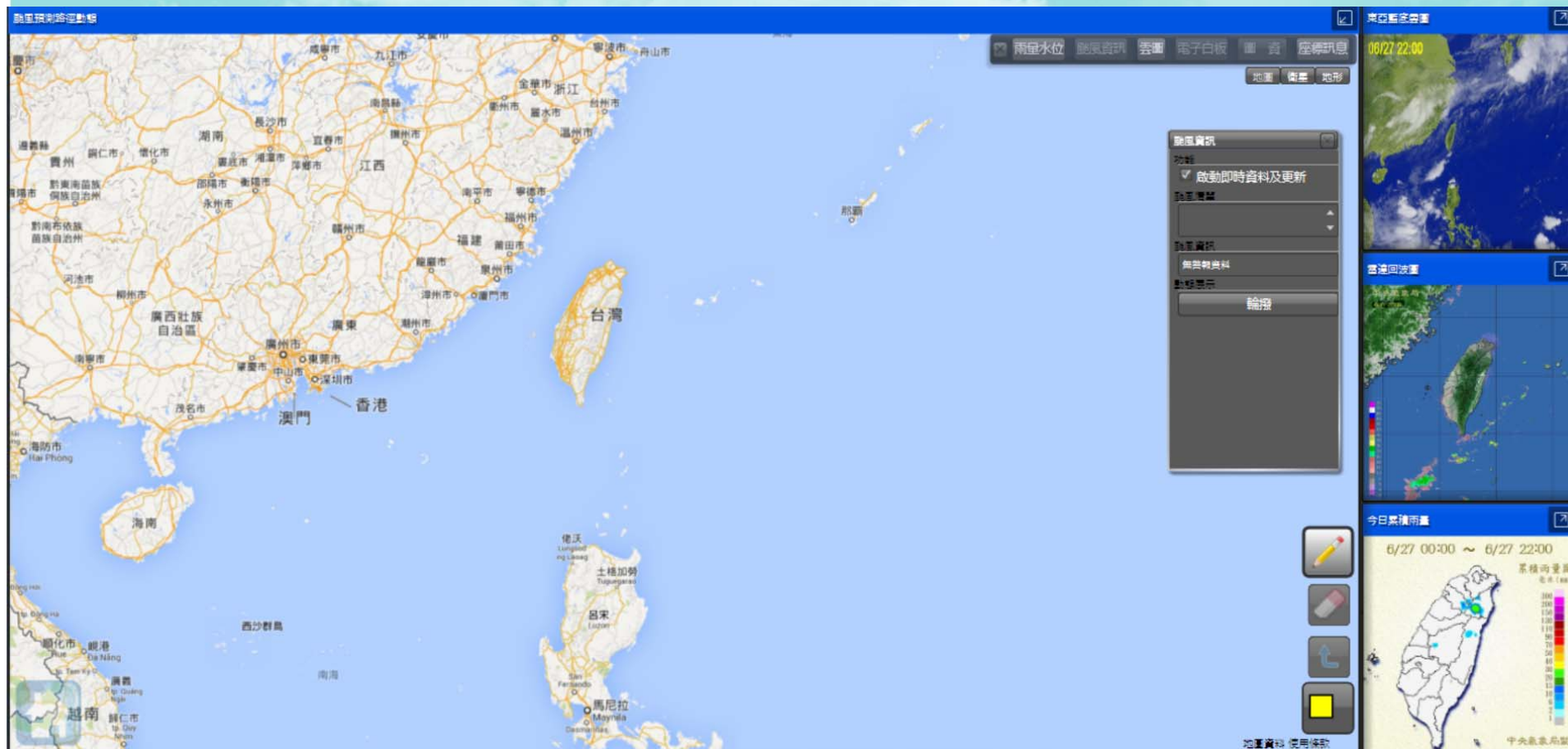
新北市逐時淹水深度預測

TTFRI RuleA NTP01 dmax 送出顯示





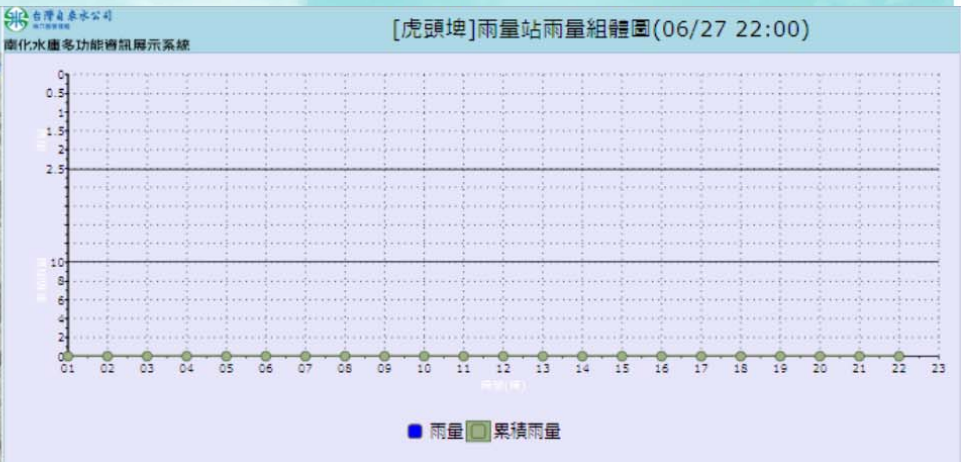
河川洪水預測-南化水庫



颱風預測路徑動態



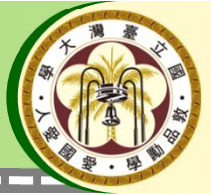
▶▶ 河川洪水預測-南化水庫



逐時雨量表(2014/06/27 22:00)

站名	22時	21時	20時	19時	18時	17時	16時	15時	14時	13時	12時	11時	10時	09時	08時	07時	0
大竹坑	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
大條埔	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
南化大壩	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
鏡面大壩	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
平坑	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
北寮	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
大內	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
玉井	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0

雨量站電子地圖



河川洪水預測-南化水庫



台灣自來水公司
南化水庫多功能資訊顯示系統

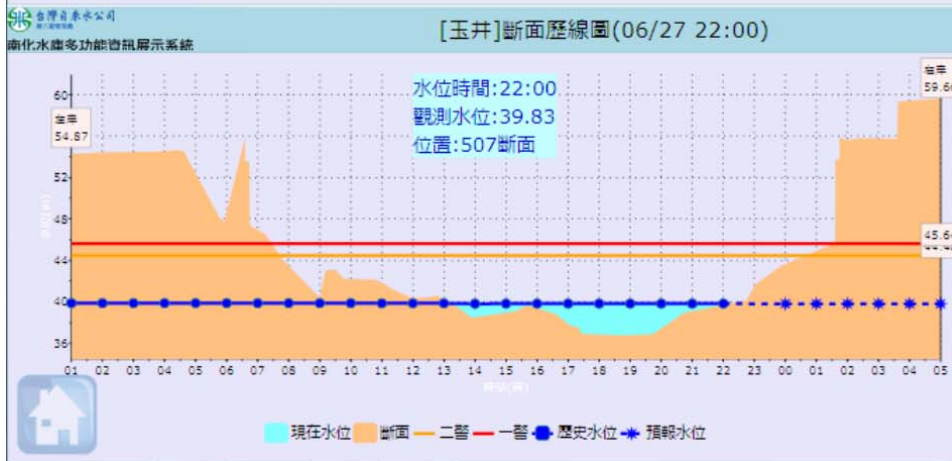
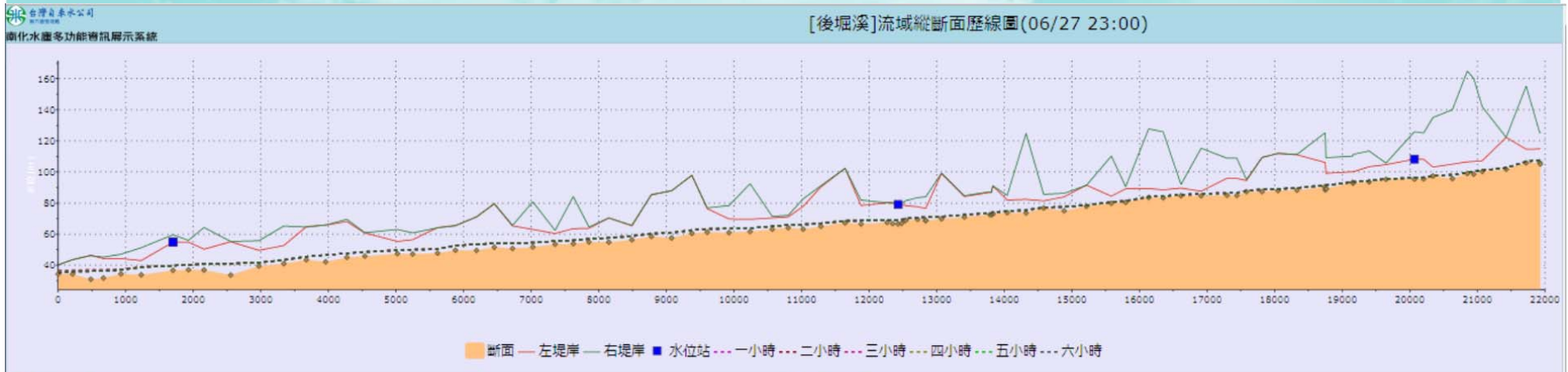
水位逐時表(2014/06/27 22:00)

站名	警戒	23時	22時	21時	20時	19時	18時	17時	16時	15時	14時	13時	12時	11時	10時	09時	0
北寮	-	--	69.23	69.24	69.19	69.19	69.18	69.18	69.18	69.18	69.18	69.18	69.16	69.16	69.14	69.27	69.27
鹽水坑	-	--	96.30	96.30	96.30	96.30	96.30	96.30	96.30	96.31	96.31	96.31	96.31	96.31	96.31	96.32	96.32
玉井	-	--	39.83	39.83	39.83	39.83	39.83	39.83	39.83	39.83	39.82	39.86	39.86	39.86	39.88	39.88	39.88
南化大壩	178.50	--	175.50	175.50	175.51	175.52	175.53	175.53	175.55	175.55	175.56	175.56	175.58	175.59	175.60	175.61	175.61
關山	195.00	--	189.11	189.11	178.44	189.14	189.14	178.44	189.12	189.11	189.11	189.11	189.10	189.10	189.11	189.11	189.11
鏡面水庫	141.50	--	136.93	136.93	136.93	136.92	136.92	136.92	136.92	136.92	136.92	136.93	136.95	136.95	136.95	136.95	136.95
玉田	-	--	39.81	39.81	39.81	39.81	39.81	39.81	39.81	39.81	39.81	39.81	39.81	39.82	39.81	39.82	39.82
左鎮	-	--	15.70	15.70	15.70	15.71	15.71	15.71	15.74	15.75	15.77	15.79	15.82	15.83	15.87	15.88	15.88

水位站電子地圖



河川洪水預測-南化水庫

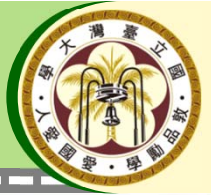


台灣自來水公司
南化水庫多功能資訊顯示系統

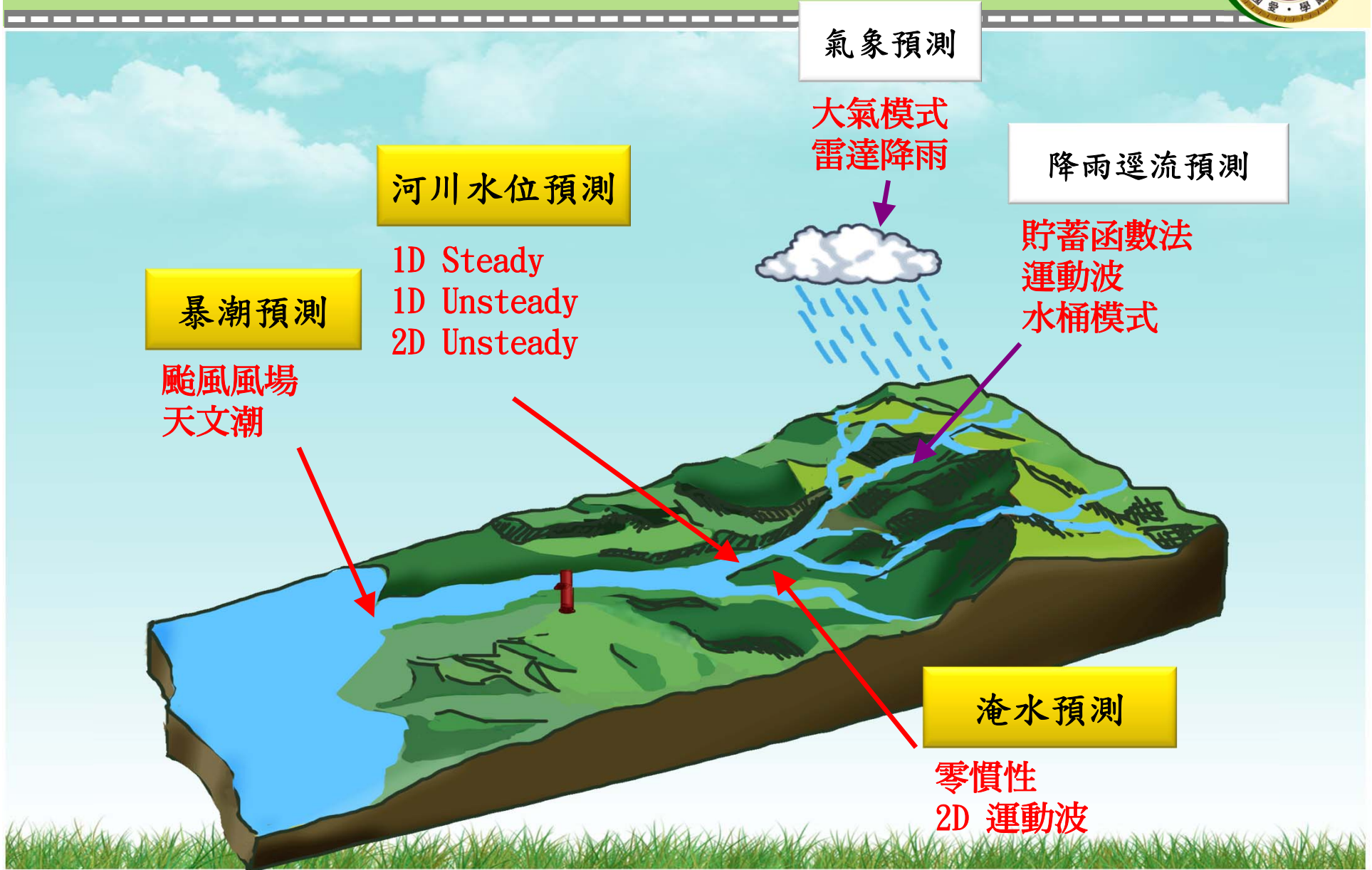
[後堀溪]水位站水位預報表(2014/06/28 00:00)

站名	預測值	未來 6小時	未來 5小時	未來 4小時	未來 3小時	未來 2小時	未來 1小時
鹽水坑	水位(m)	96.30	96.30	96.30	96.30	96.30	96.30
北寮	水位(m)	69.23	69.23	69.23	69.23	69.23	69.23
玉井	水位(m)	39.81	39.81	39.81	39.81	39.81	39.81
會文溪橋	水位(m)	--	--	--	--	--	--

南化水庫下游河道預警



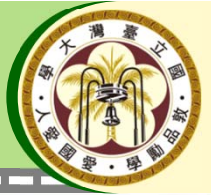
洪水預報系統



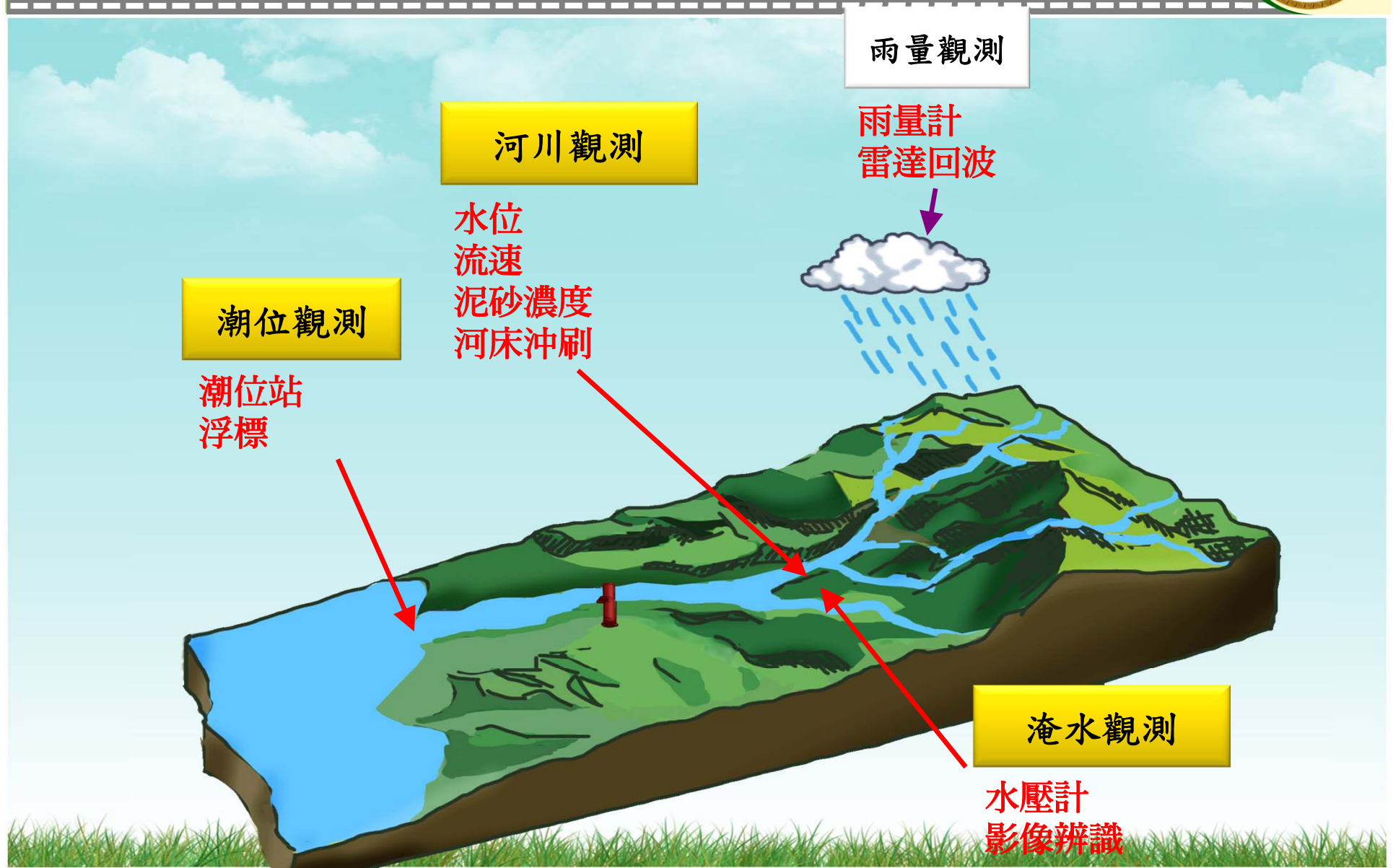


基本計算程式：

- 降雨量預測 (未來六個小時)
- 降雨逕流預測 (未來六個小時)
 - 子集水區分區界線及面積、逕流係數等
- 一維定量流 (1D steady flow) 或 一維變量流 (1D unsteady flow) 演算 (未來六個小時)
 - 河道大斷面測量、大斷面間距、橋梁、兩岸堤防高程
 - Manning's Roughness n 、歷史流量及水位紀錄
- 河口潮位預測 (未來六個小時)



洪水預報系統

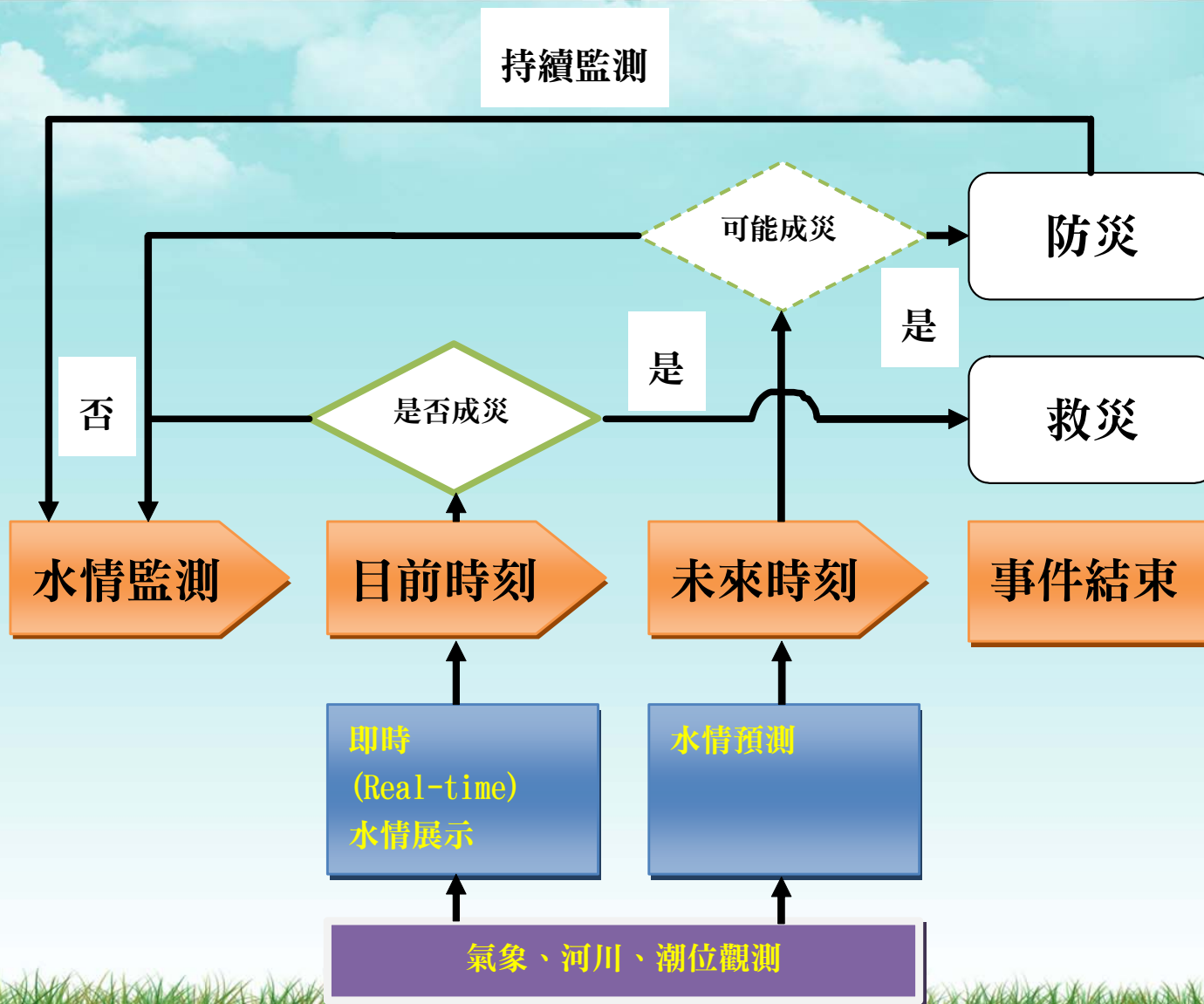




基本觀測資料：

- 降雨量 (每10分鐘一筆)
- 水位站 (每10分鐘一筆 ※視流域特性調整)
 水位站需有水位-流量率定關係(stage-discharge rating curve)
- 河口潮位站 (每10分鐘一筆 ※視流域特性調整)

河川洪水預測





水災風險圖



A. 臺灣水災風險圖的思路及發展

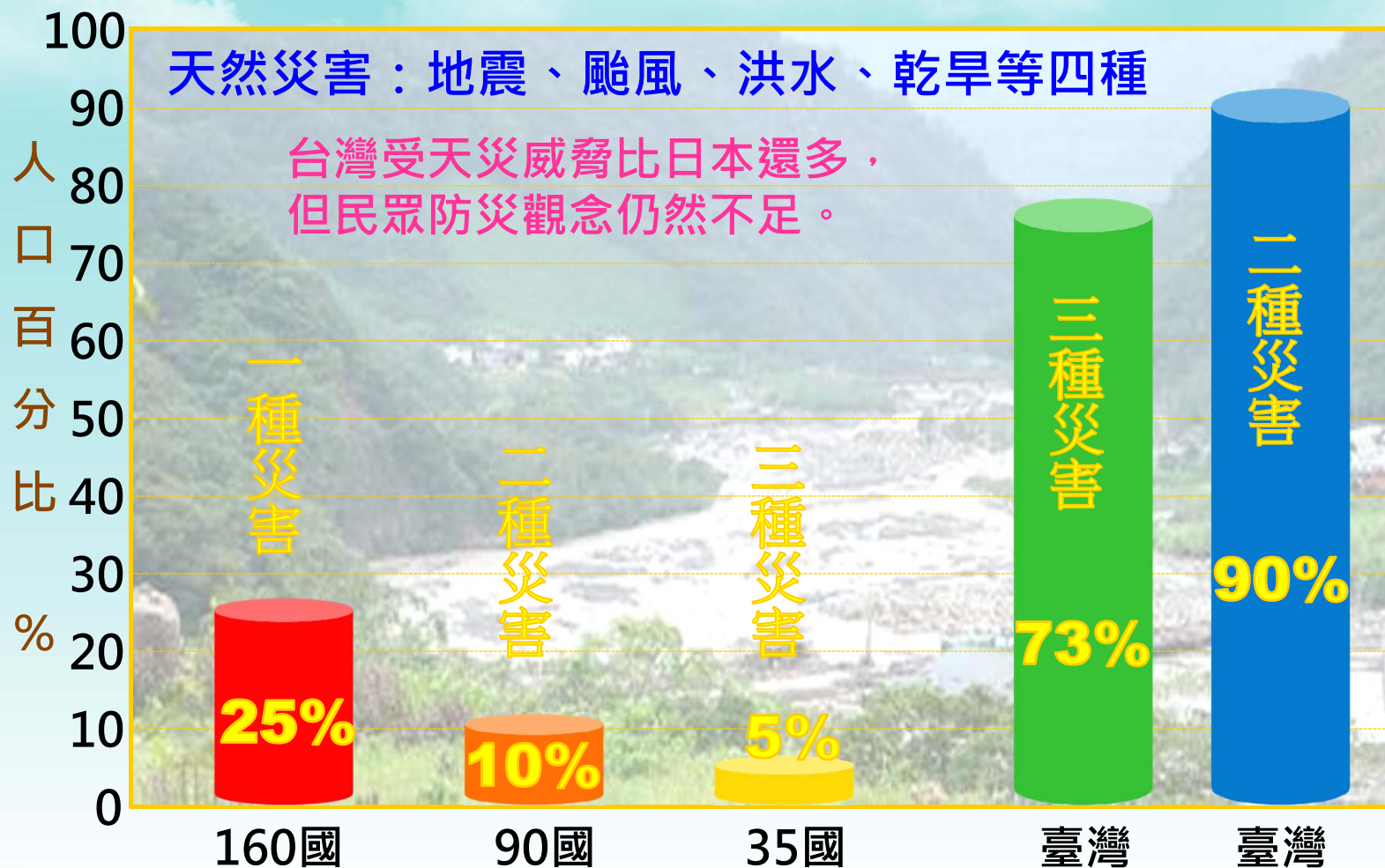
B. 水災風險圖(案例展示)

※以下各系統畫面屬各開發單位所有

臺灣是受天然災害威脅最嚴重的地區



90%以上人口面臨二種災害的威脅



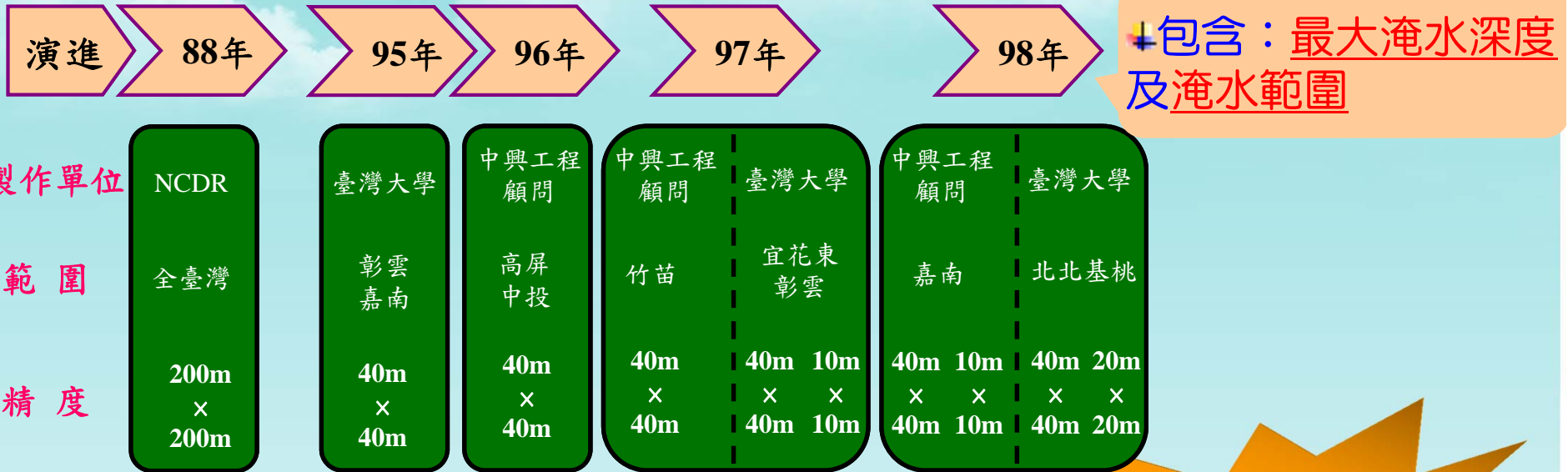
世界銀行報告(2005):National Disaster Hotspots – A Global Risk Analysis

臺灣水災風險圖的思路及發展



第一代

第二代



包含：最大淹水深度及淹水範圍

模擬情境

1. 定量降雨：200、350、450、600 毫米之降雨
2. 重現期降雨：1.1年、2年、5年、10年、20年、25年、50年、100年、200年及500年之降雨

但！有淹水不一定有災害發生

需考量：

1. 對象之不同：生命、財產
2. 原因為多成因，如水流流速、水位上升率。

臺灣水災風險圖的思路及發展



水災危險度、脆弱度及風險分析之演進



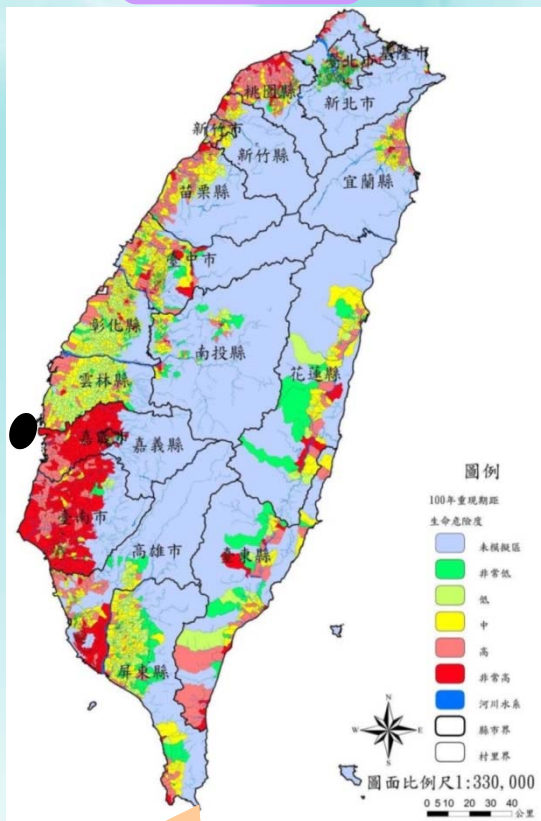
水災風險圖-生命面向



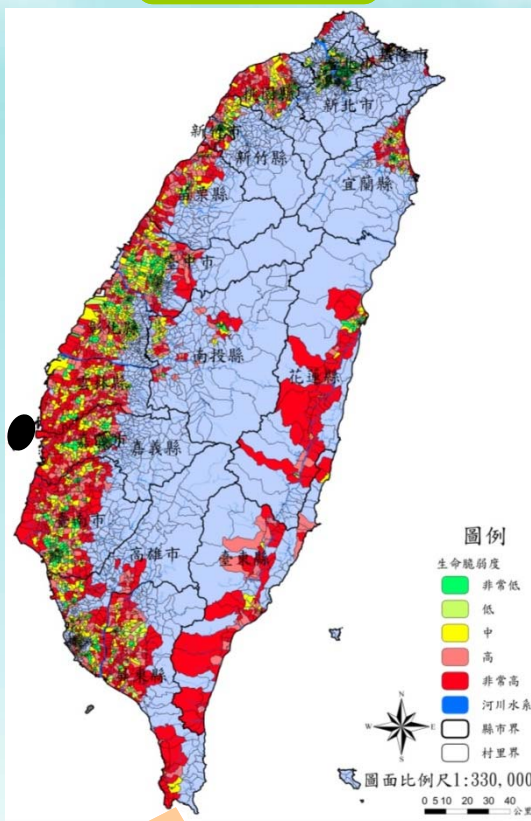
危險度

脆弱度

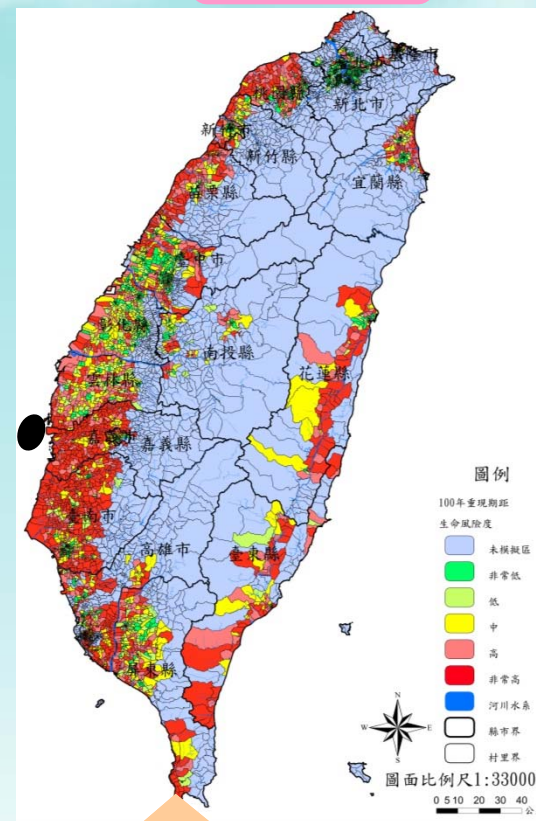
風險度



高危險度原因：
淹水深度、水流流速、
水位上升率



高脆弱度原因：
脆弱人口、
河海區排距離



高風險度村里集中於：
嘉義縣、臺南市、高雄市

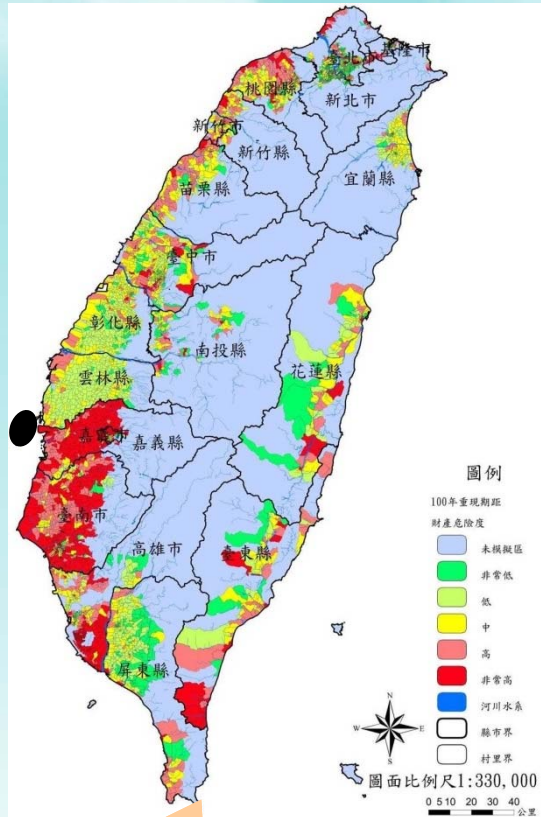
水災風險圖-財產面向



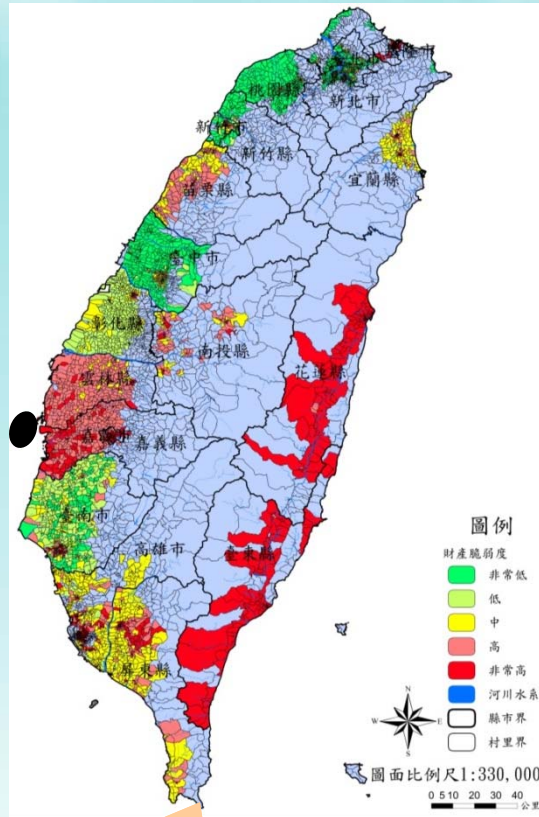
危險度

脆弱度

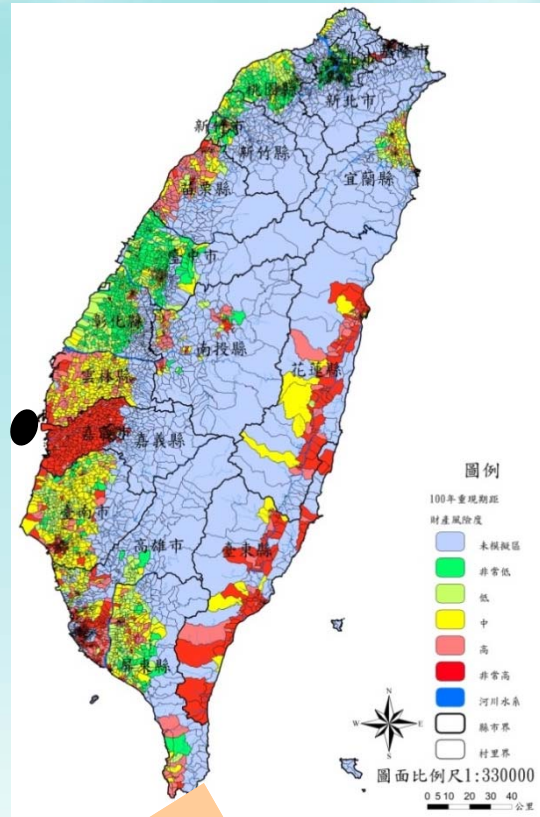
風險度



高危險度原因：
淹水深度、淹水時間

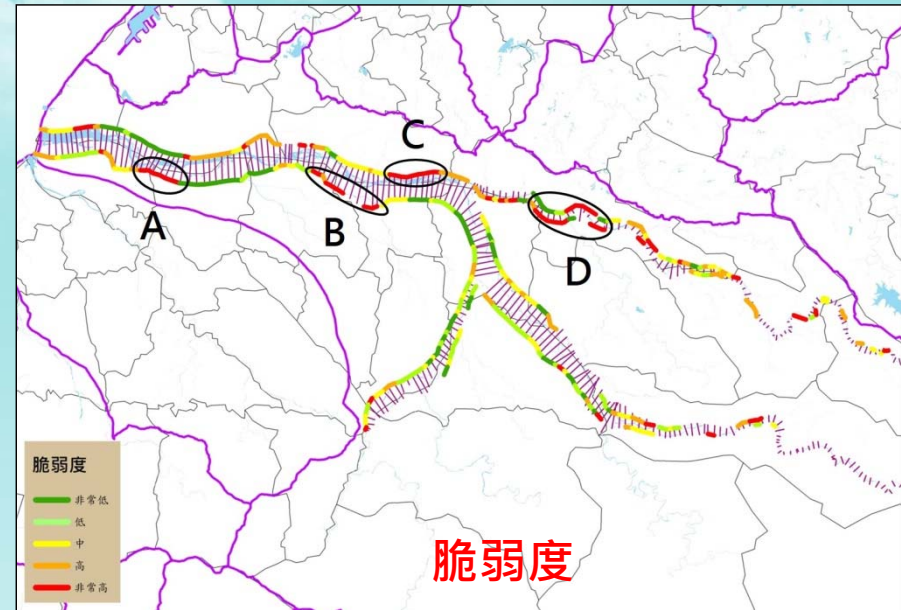
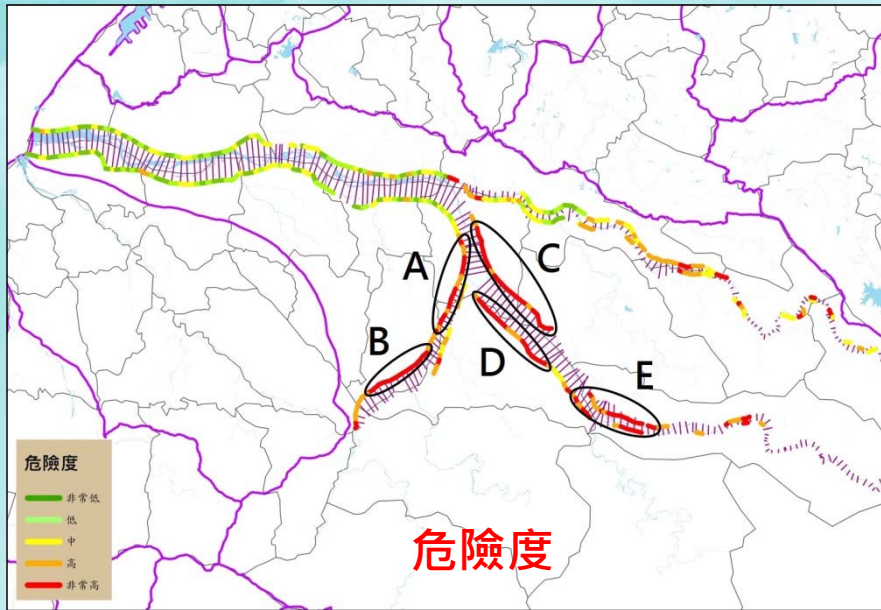


高脆弱度原因：
平均所得、建物狀況



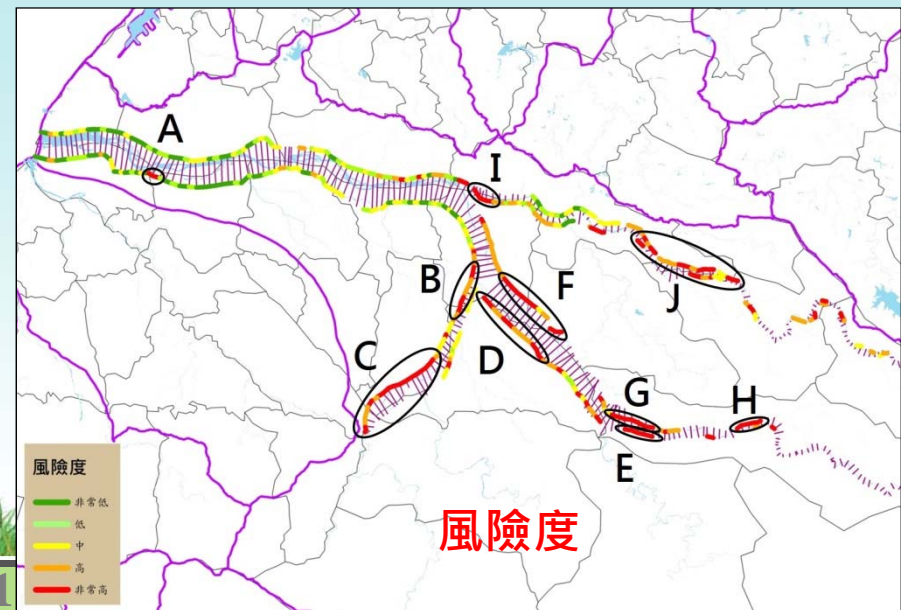
高風險度村里集中於：
嘉義縣、臺南市、高雄市

A1B防洪設施風險地圖成果險圖



風險矩陣

		危險度				
		非常低	低	中等	高	非常高
脆弱度	非常低	非常低	非常低	非常低	非常低	低
	低	非常低	非常低	低	低	中等
	中等	非常低	低	低	中等	高
	高	非常低	低	中等	高	非常高
	非常高	低	中等	高	非常高	非常高



臺灣水災風險圖展示平台



地理資訊展示

台灣脆弱度與風險地圖展示平台 - Mozilla Firefox

檔案 (E) 編輯 (E) 檢視 (V) 歷史 (S) 書籤 (B) 工具 (T) 說明 (H)

台灣脆弱度與風險地圖展示平台

pc60.hy.ntu.edu.tw/wmr/county03.php

台灣脆弱度及風險地圖展示平台

首頁 | 圖資說明 | 圖資查詢 | 相關連結

查詢方式

- 依縣市查詢
- 依流域查詢
- 依災害地圖查詢

縣市脆弱度與風險地圖 (臺北市 → 水災生命危險度地圖(重現期100年)) 回一上頁

點圖看大圖

圖例
100年重現期距
生命危險度
未模擬區
非常低
低
中
高
非常高
河川
鄉鎮界
村里界
圖面比例尺1:51,000
0 1 2 3 4
公里

國立臺灣大學氣候天氣災害研究中心, Center for Weather Climate and Disaster Research
臺北市大安區羅斯福路4段1號 TEL: +886-2-33662613
All Rights Reserved. ©2013

防災警戒產品



產品名稱

淹水潛勢圖

水災風險圖

淹水預警系統

產製方法

水文分析
+
水理演算

水災危險度
+
水災脆弱度

觀測降雨
+
歷史災情

應用時機

災前預警

減災整備

災中應變

提供資訊

淹水深度
淹水範圍

流速、上升速率
淹水易致災區域
(生命、財產)

1~3小時內可能淹水
區域

未來用途

地區防災計畫
工程設計規劃

洪災保險
防洪資源調度
減災規劃

疏散撤離

關聯議題

會不會淹水？
淹在那些地方？
工程規劃是否完善？

何時會淹水？
淹水上升速度？
應優先提醒何處？

是否需要疏散撤離？

水災風險圖提升決策支援質量



資訊判讀

高風險區 高風險區是顯示**高危險度**及**高脆弱度**地區，可優先將救災資源投入此區。

中風險區 → **高危險、低脆弱** 高危險度區應加強都市防洪之整體性規劃、水利防洪設施整治及疏通

→ **低危險、高脆弱** 高脆弱度區是顯示應加強**災害宣導**、**避難規劃**、**防汛演練**，自主防災

低風險區 低風險區是顯示**低危險度**及**低脆弱度**地區，可最後再將救災資源投入此區。

應用

研擬減災整備
應變策略

1. 防災應變、預警、疏散規劃。
2. 洪災保險之重要依據。
3. 都市滯洪蓄洪減災設施佈設及防洪設計之參考。

高危險地區之對策



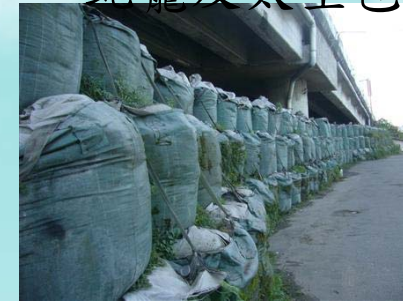
中型移動式抽水機



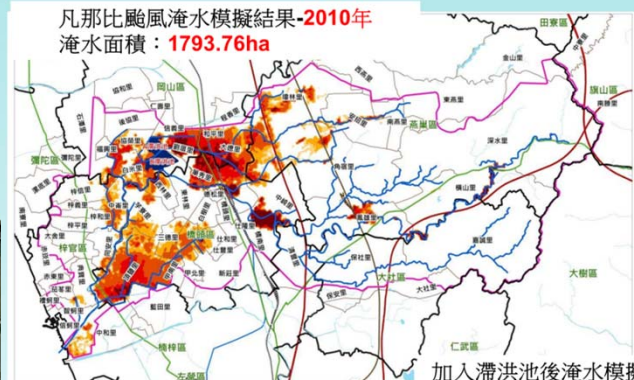
小型移動式抽水機



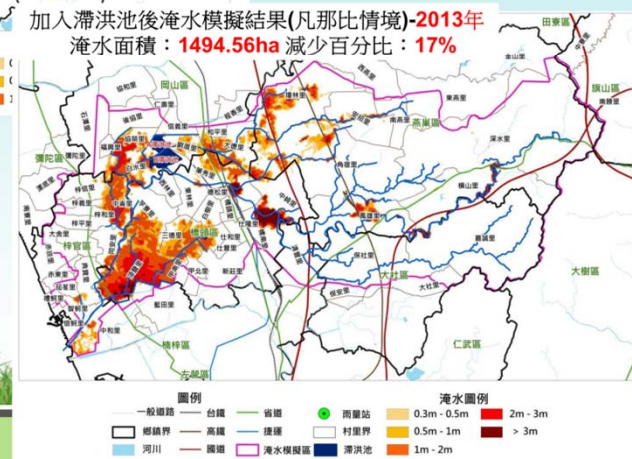
鼎塊、砂包、
蛇籠及太空包



加強水利防洪設施
疏浚或工程改善



加入滯洪池後淹水模擬結果(凡那比情境)-2013年
淹水面積：1494.56ha 減少百分比：17%



2014/8/29

高脆弱地區之對策



藉由風險溝通
提升民眾減災共識



疏散避難
脆弱人口撤離



村民搭車疏散至收容中心



2014/8/29

結語



- 對於過去10年~20年才發生的**極端事件**，近年來幾乎年年發生，極端事件可能帶來的**衝擊要有所認知**，並制定**減災方法**。
- **工程方法效果直接**，但有所極限，並且**提高一個層級之保護標準**所需**成本常常是以倍數成長**，再加上**未來極端事件**之規模難以評估。因此，以**工程方法**與**非工程方法**並行，以達到「**零傷亡、低災損**」之目標。
- 在**非工程方法**，應積極推動**災害風險評估**、**預警系統****建立**及**防災風險管理**，以降低損傷，並引進**耐災**之觀念，**與水共生、與災共存**。

感謝聆聽
敬請指教



Center for Weather Climate and Disaster Research, NTU

