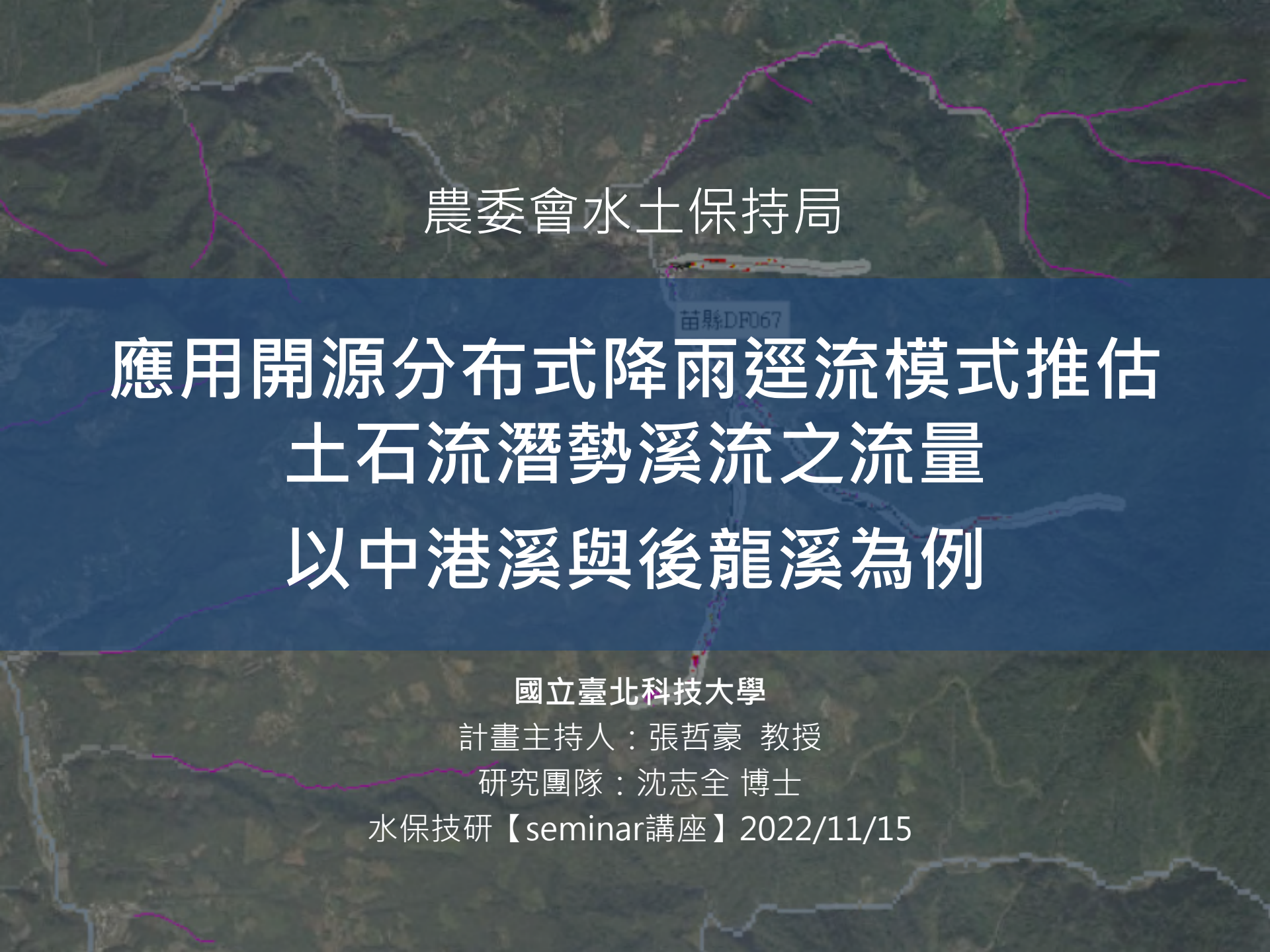




農委會水土保持局

苗縣DF067

應用開源分布式降雨逕流模式推估 土石流潛勢溪流之流量 以中港溪與後龍溪為例

國立臺北科技大學

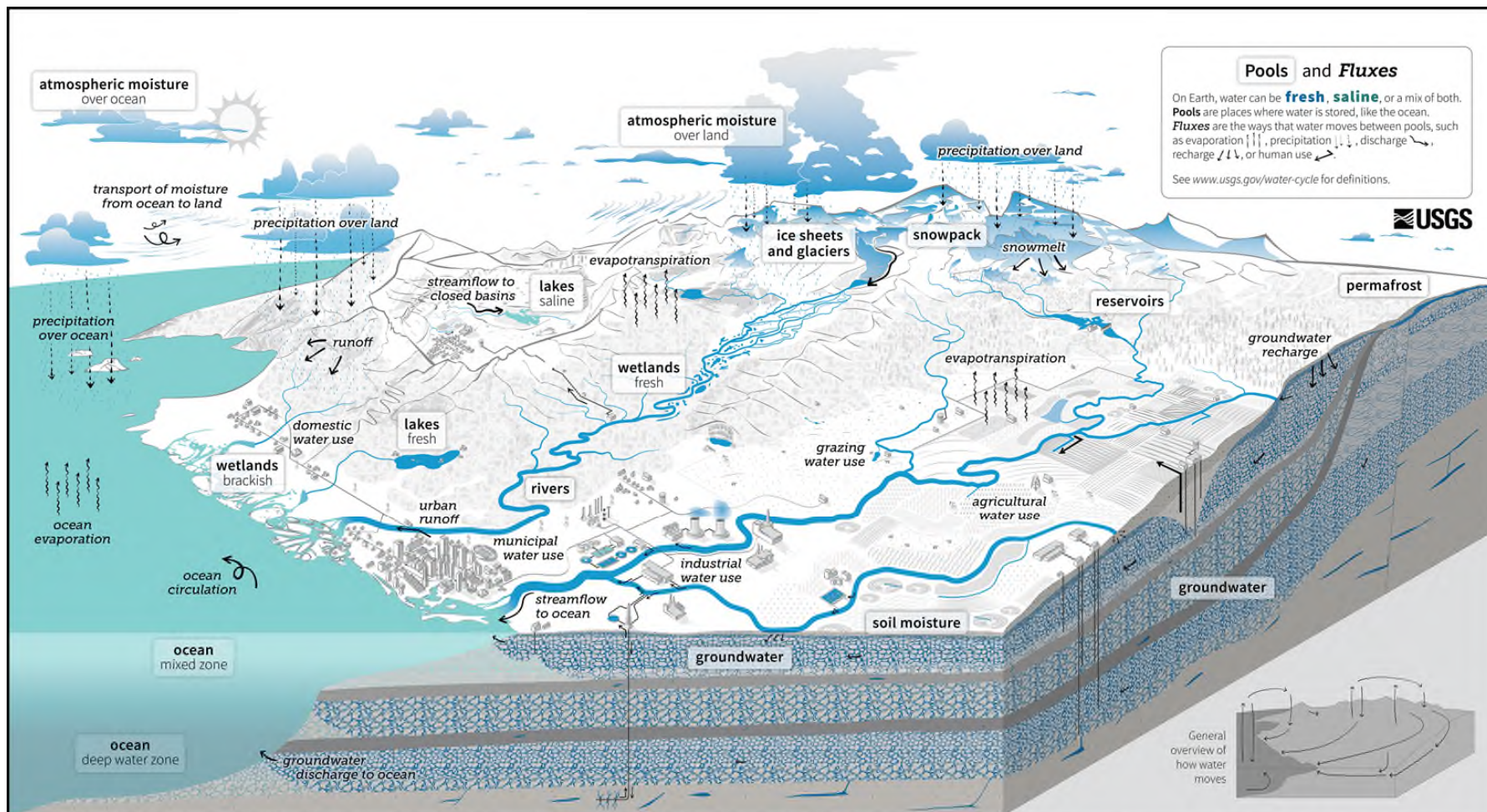
計畫主持人：張哲豪 教授

研究團隊：沈志全 博士

水保技研【seminar講座】2022/11/15

簡報 大綱

- ✓ 研究目的與內容
- ✓ WFLOW
- ✓ FEWS_Taiwan
- ✓ 跨單位資料共享探討



The Water Cycle

The water cycle describes where water is on Earth and how it moves. Water is stored in the atmosphere, on the land surface, and below the ground. It can be a liquid, a solid, or a gas. Liquid water can be fresh, saline (salty), or a mix (brackish). Water moves between the places it is stored. Water moves at large scales and at very small scales. Water moves naturally and because of human actions. Human water use affects where water is stored, how it moves, and how clean it is.

Pools store water. 96% of all water is stored in **oceans** and is saline. On land, saline water is stored in **saline lakes**. Fresh water is stored in liquid form in **freshwater lakes**, artificial **reservoirs**, **rivers**, and **wetlands**. Water is stored in solid, frozen form in **ice sheets and glaciers**, and in **snowpack** at high elevations or near the Earth's poles. Water vapor is a gas and is stored as **atmospheric moisture** over the ocean and land. In the soil, frozen water is stored as **permafrost** and liquid water is stored as **soil moisture**. Deeper below ground, liquid water is stored as **groundwater** in aquifers, within cracks and pores in the rock.

Fluxes move water between pools. As it moves, water can change form between liquid, solid, and gas. **Circulation** mixes water in the oceans and transports water vapor in the atmosphere. Water moves between the atmosphere and the surface through **evaporation**, **evapotranspiration**, and **precipitation**. Water moves across the surface through **snowmelt**, **runoff**, and **streamflow**. Water moves into the ground through infiltration and **groundwater recharge**. Underground, groundwater flows within aquifers. It can return to the surface through natural **groundwater discharge** into rivers, the ocean, and from **springs**.

We alter the water cycle. We redirect rivers. We build dams to store water. We drain water from wetlands for development. We use water from rivers, lakes, reservoirs, and groundwater aquifers. We use that water to supply our **homes and communities**. We use it for **agricultural** irrigation and **grazing** livestock. We use it in **industrial** activities like thermoelectric power generation, mining, and aquaculture. The amount of water that is available depends on how much water is in each pool (water quantity). It also depends on when and how fast water moves (water timing), how much water we use (water use), and how clean the water is (water quality).

We affect **water quality**. In agricultural and urban areas, irrigation and precipitation wash fertilizers and pesticides into rivers and groundwater. Power plants and factories return heated and contaminated water to rivers. Runoff carries chemicals, sediment, and sewage into rivers and lakes. Downstream from these sources, contaminated water can cause harmful algal blooms, spread diseases, and harm habitats. **Climate change** is affecting the water cycle. It is affecting water quality, quantity, timing, and use. It is causing ocean acidification, sea level rise, and more extreme weather. By understanding these impacts, we can work toward using water sustainably.

<https://www.usgs.gov/faqs/what-earths-water-cycle>

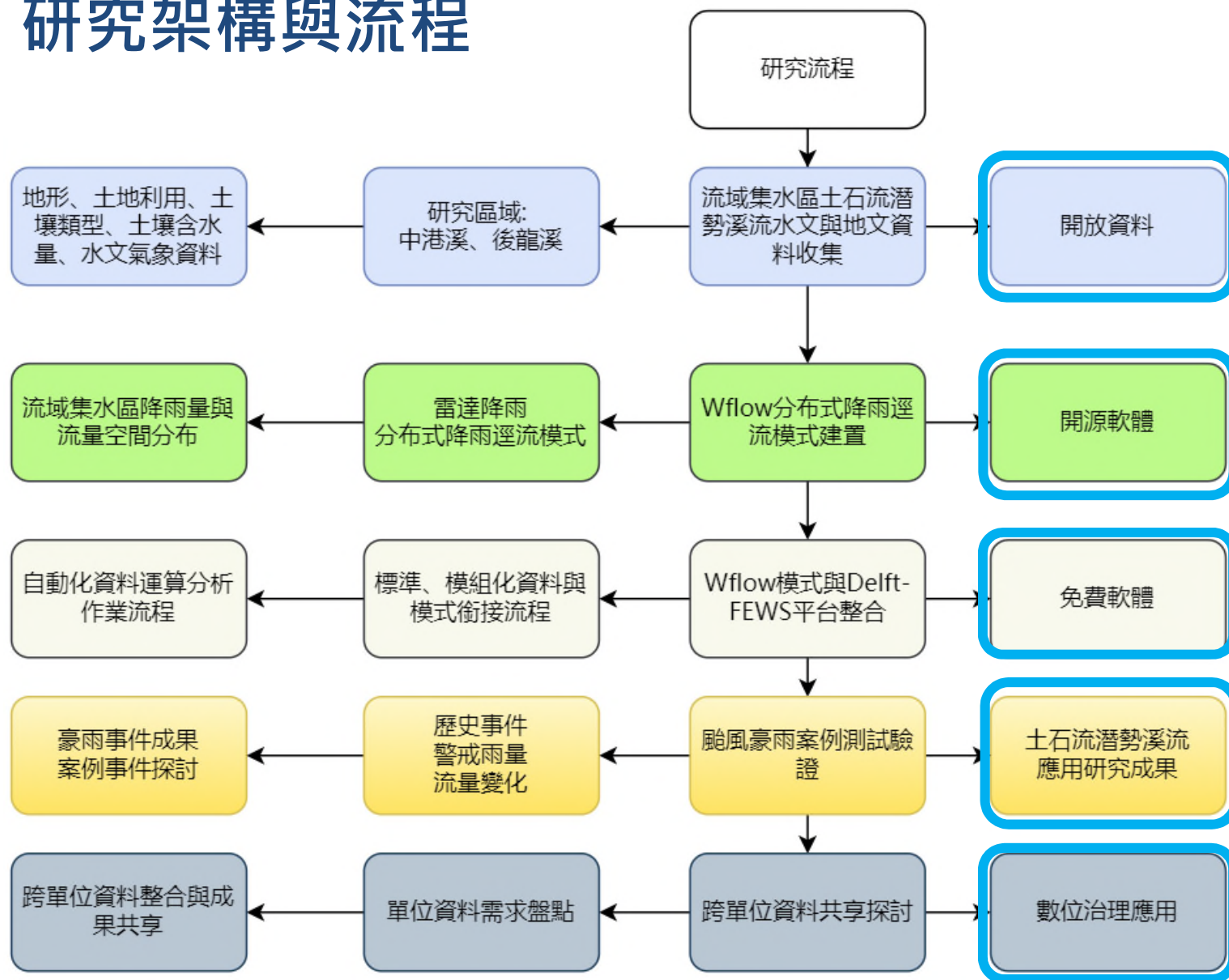


研究內容

- 跨單位資整合資料整合與共享應用探討
- 流域集水區與土石流潛勢溪流流量推估
- 開源分布式降雨逕流模式成果應用與推廣
- 自動化水文氣象模式整合流程驗證
- 颱風雨事件案例成果比對與驗證



研究架構與流程



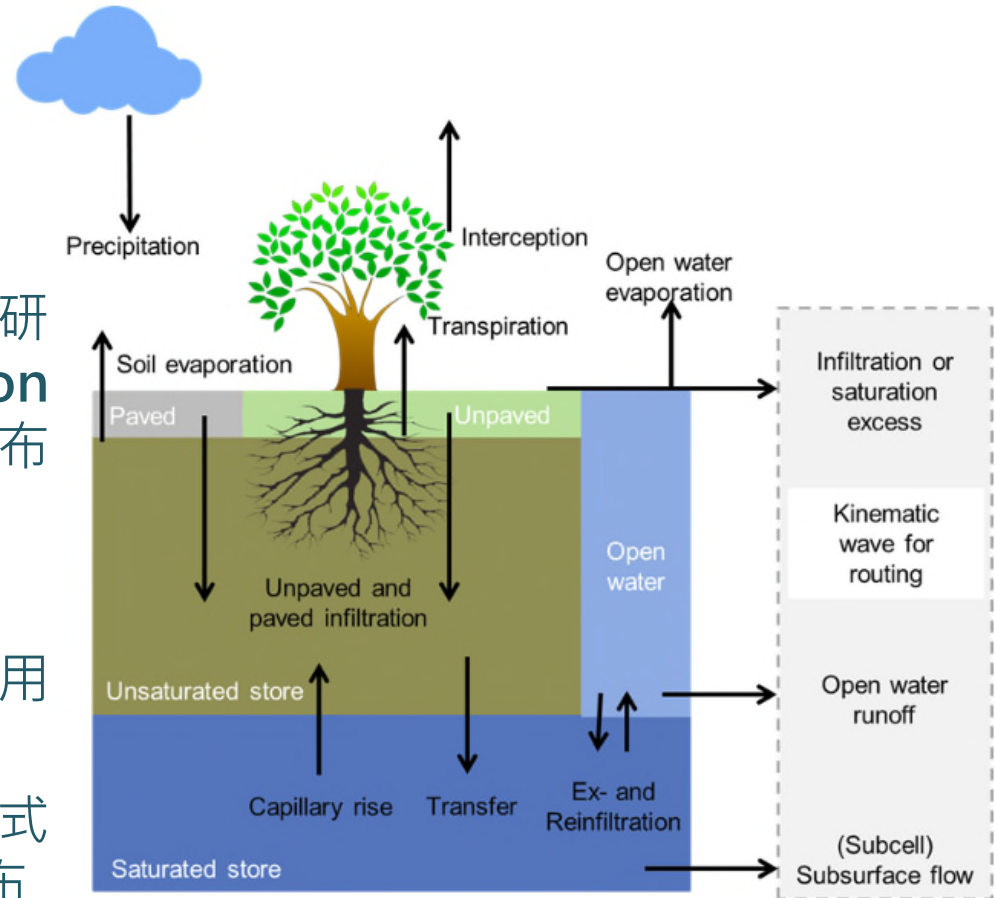
Wflow 模式簡介

- Wflow是什麼？

- Wflow 模式為荷蘭國家水文研究院 (Deltares)，使用Python程式語言，所開發的開源分布式降雨逕流模式

- 授權機制為GPL v3 授權

- 可提供商業用途、學術研究用途、修改、發布、專利使用
- 若修改程式碼內容，後續程式碼也需要以開源方式進行發布



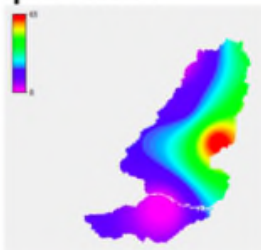
Tip: GPL v3為為GNU (GNU's Not Unix) 通用公眾授權條款第三版本 (GPL v3)



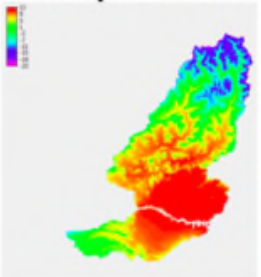
Wflow 模式輸入與輸出架構

Gridded Inputs 網格化輸入邊界條件

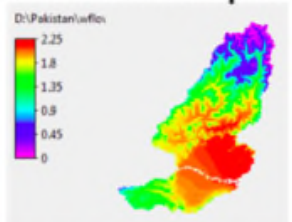
Precipitation



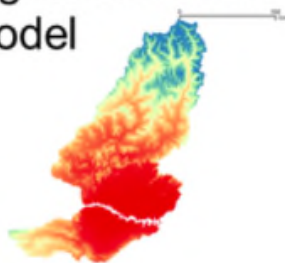
Mean temperature



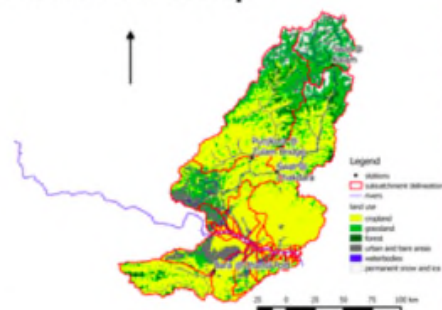
Reference evaporation



Digital elevation model



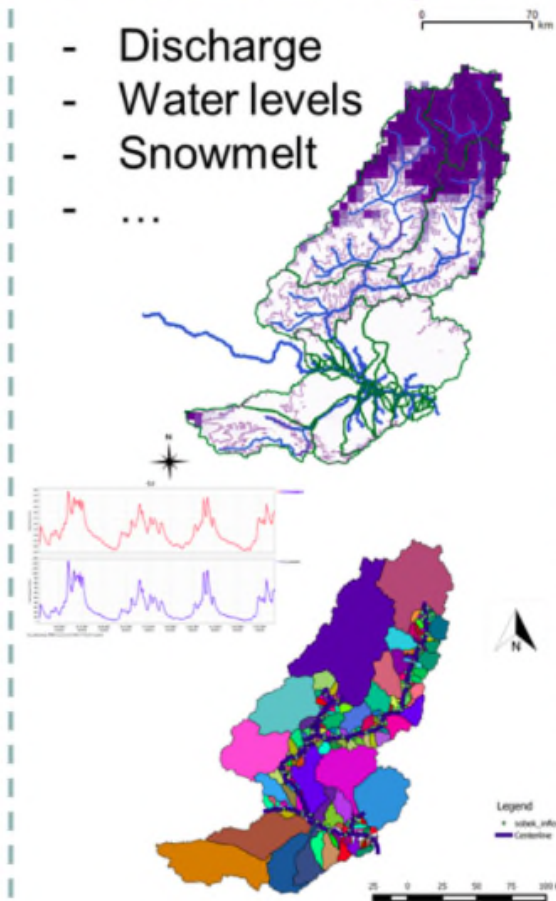
Landuse map



Distributed parameters based on land use or soil type

Gridded Outputs

- Discharge
- Water levels
- Snowmelt
- ...



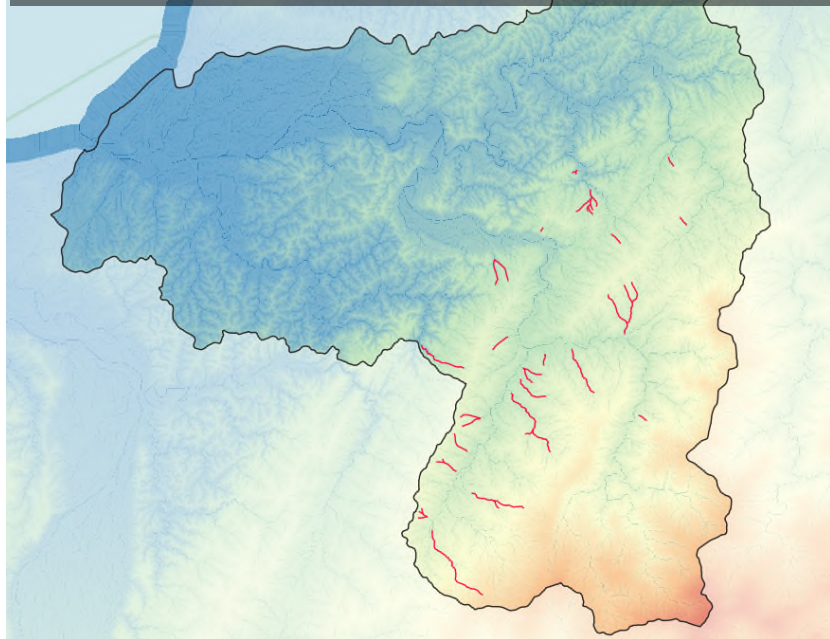
完成流域集水區資料收集

- 中港溪與後龍溪流域集水區資料收集彙整

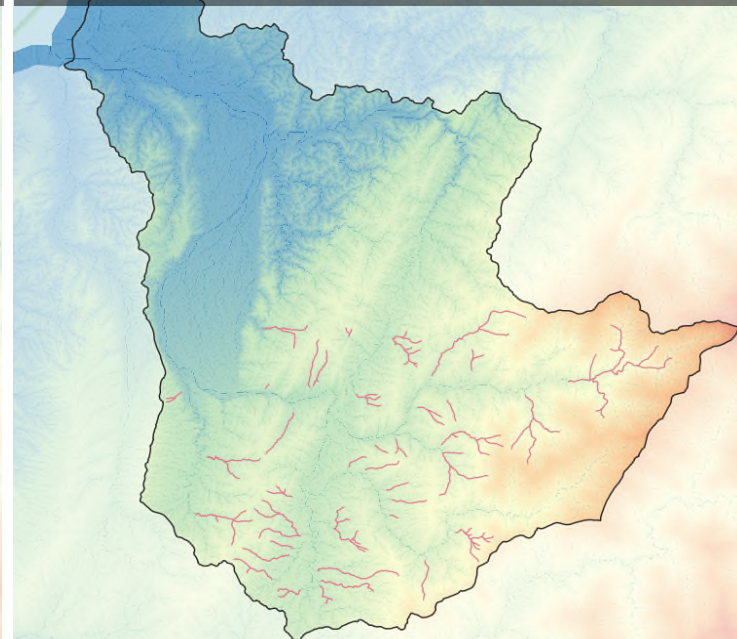
水文氣象資料(雨量、流量) | 數值高程模型 | 土壤 | 集水區 |
水系 | 土石流潛勢溪流 | 土壤含水量

- 配合 BigGIS系統內容，進行資料收集與更新

中港溪流域 22處 土石流潛勢溪流

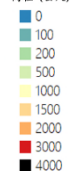


後龍溪流域38處土石流潛勢溪流

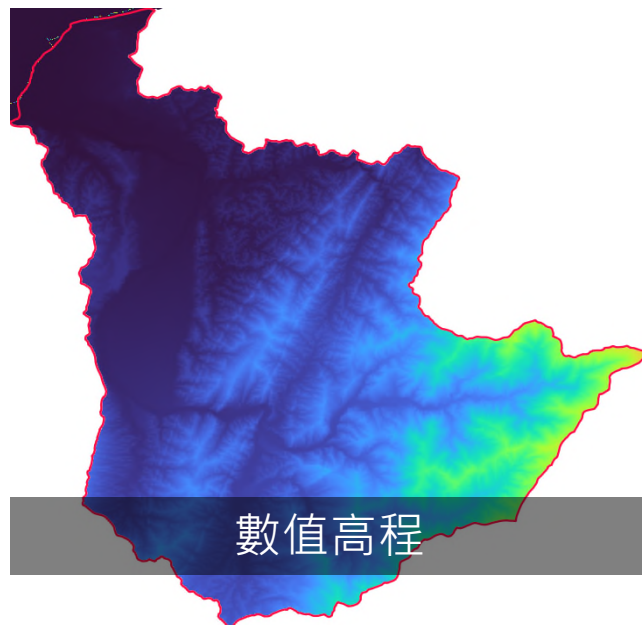


土石流潛勢溪流

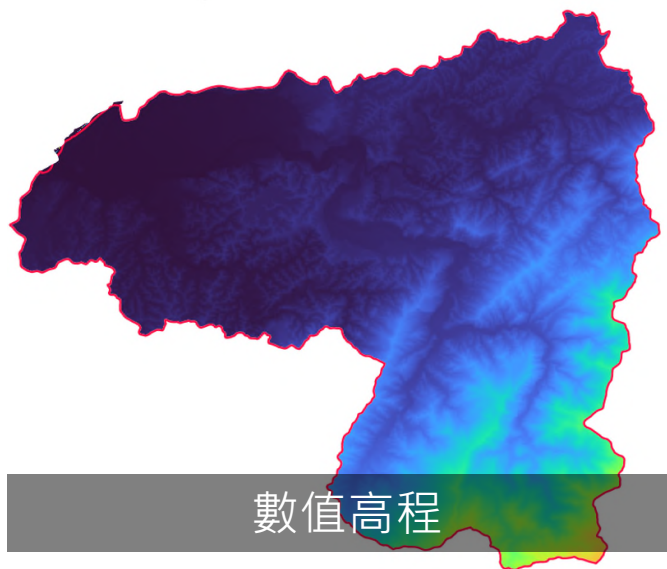
高程 (公尺)



後龍溪流域 基本圖資



中港溪流域 基本圖資



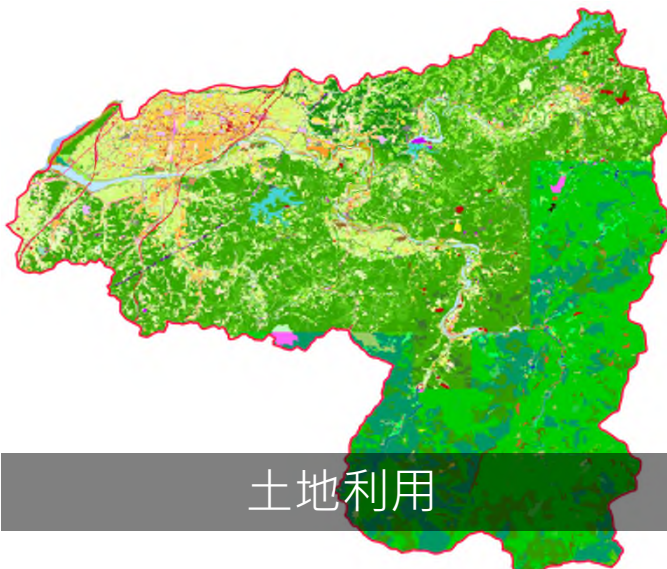
數值高程



流向資訊



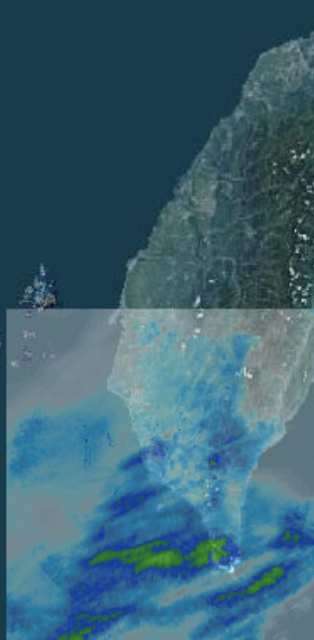
河川級序



土地利用



防災降雨雷達資料供應範圍



林園防災降雨雷達



南屯防災降雨雷達

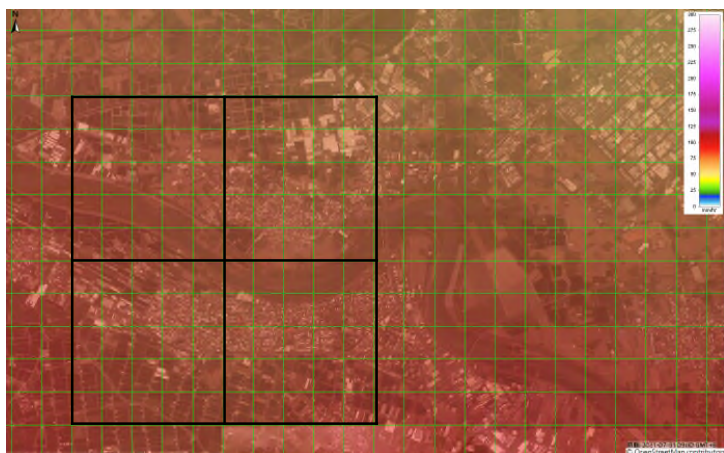
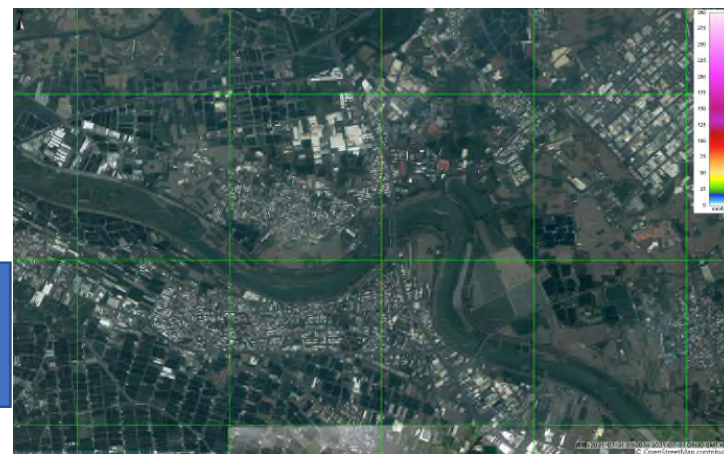


樹林防災降雨雷達



QPESUMS
雷達解析度

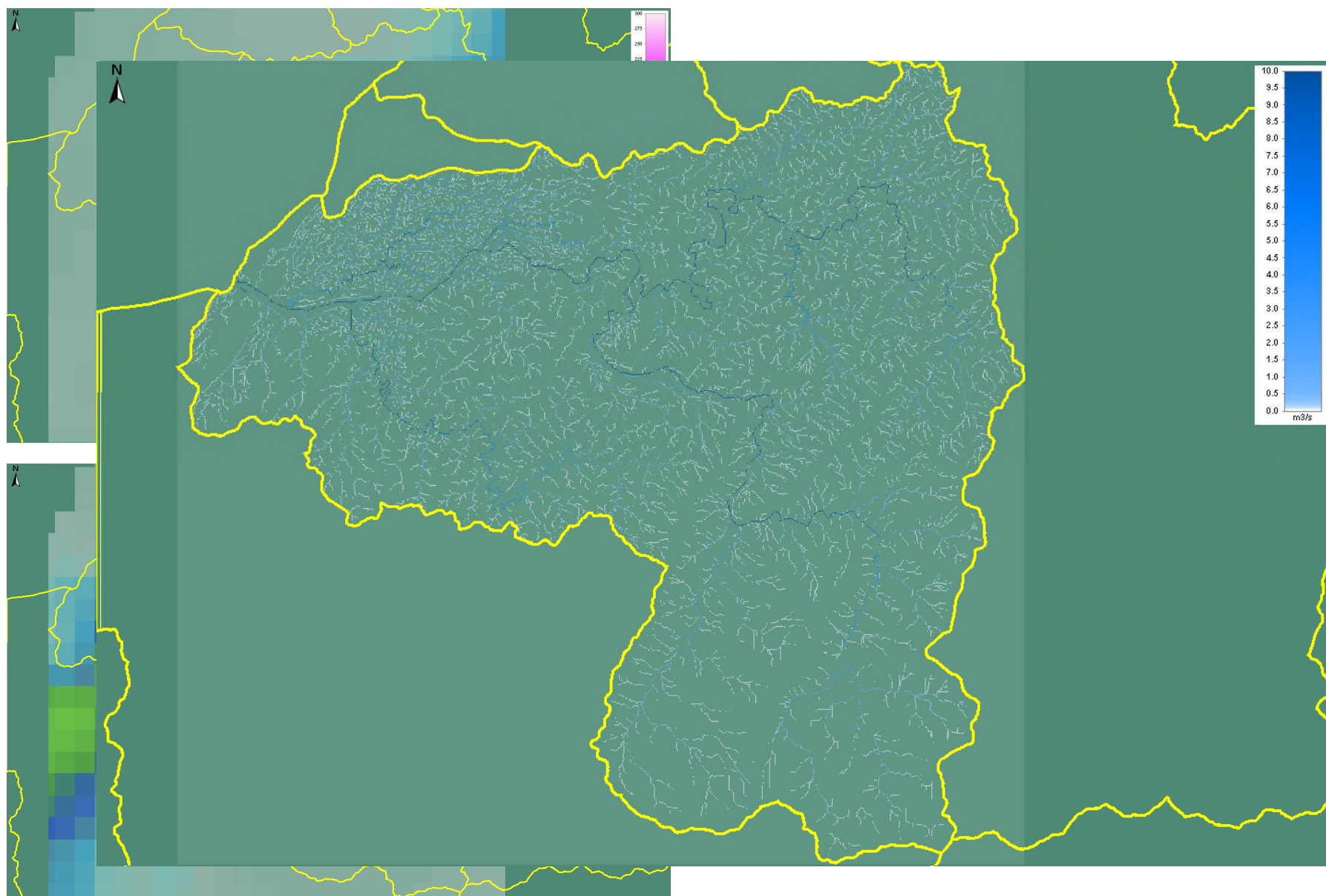
0.0125度



防災降雨雷達
解析度

0.0025度





Wflow 模式建置目錄對應

檔名	副檔名
↑ [.]	
[inmaps]	輸入資料
[instate]	模式狀態檔
[intbl]	網格對應參數
[mask]	遮罩
[outstate]	輸出狀態
[SBM]	SBM模式專案資料夾
[staticmaps]	網格基本圖資
wflow_sbm	ini SBM模式設定

輸入資料

檔名	副檔名
↑ [.]	
fews2wflow	nc
runinfo	xml



模式狀態檔

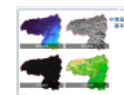
檔名	副檔名
↑ [.]	
CanopyStorage	map
FirstZoneDepth	map
Snow	map
SnowWater	map
SurfaceRunoff	map
TSoil	map
UStoreDepth	map
WaterLevel	map

網格對應參數

檔名	副檔名
↑ [.]	
CanopyGapFraction	tbl
EoverR	tbl
InfiltrCapPath	tbl
InfiltrCapSoil	tbl
KsatVer	tbl
M	tbl
MaxCanopyStorage	tbl
N	tbl
N_River	tbl
PathFrac	tbl
RootingDepth	tbl
SoilMinThickness	tbl
SoilThickness	tbl
thetaR	tbl
thetaS	tbl

遮罩

檔名	副檔名
↑ [.]	
grid	xml
mask	dbf
mask	map
mask	pj
mask	shp
mask	shx



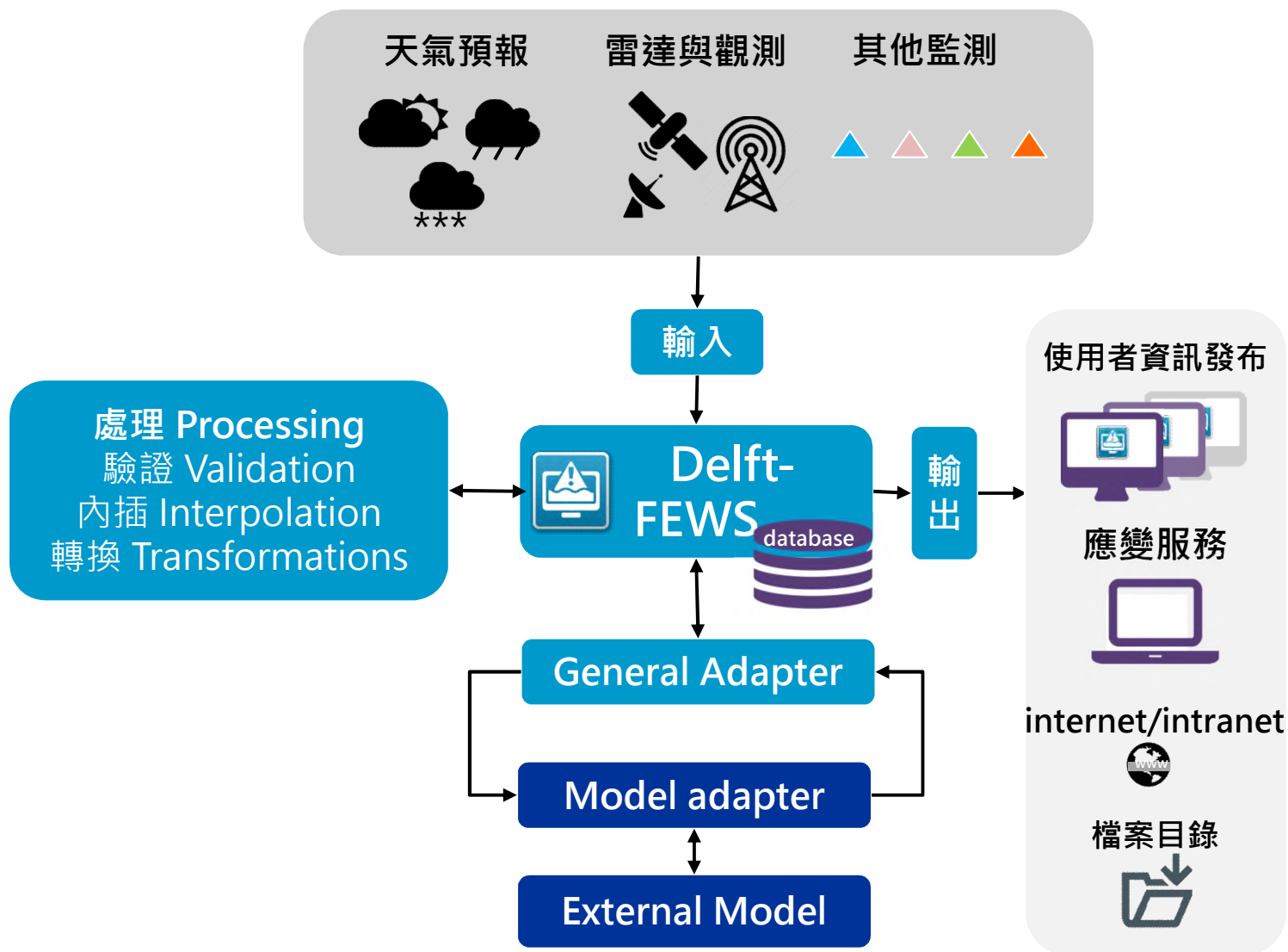
網格基本圖資

檔名	副檔名
↑ [.]	
wflow_catchment	map
wflow_dem	map
wflow_dem10	map
wflow_dem25	map
wflow_dem33	map
wflow_dem50	map
wflow_dem66	map
wflow_dem75	map
wflow_dem90	map
wflow_demmax	map
wflow_demmin	map
wflow_gauges	map
wflow_landuse	map
wflow_ldd	map
wflow_outlet	map
wflow_river	map
wflow_riverlength_fact	map
wflow_soil	map
wflow_streamorder	map
wflow_subcatch	map

輸入與輸出格式皆支援 NetCDF



Wflow 模式銜接於Delft-FEWS平台



General Adapt

Published Interface

10	48
0.0	10
0.0	26.195 66.2
1.0	1.0 0.6 3
0.0	0.8 13.2
12.0	4.8 3.6
10.0	8.0 22.0

3.1.2:ex

Input
(native for)

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes" ?>
- <TimeSeries version="1.2" xmlns="http://www.wldelft.nl/fews/PI">
- <series>
- <header>
  <type>instantaneous</type>
  <locationId>OutputQ</locationId>
  <parameterId>Q.simulated</parameterId>
  <timeStep unit="hour" />
  <startDate date="2005-11-13" time="08:00:00" />
  <endDate date="2005-11-15" time="17:00:00" />
  <missVal>-999.0</missVal>
  <units>m3/s</units>
</header>
<event date="2005-11-13" time="08:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-13" time="09:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-13" time="10:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-13" time="11:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-13" time="12:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-13" time="13:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-13" time="14:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-13" time="15:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-13" time="16:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-13" time="17:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-13" time="18:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-13" time="19:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-13" time="20:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-13" time="21:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-13" time="22:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-13" time="23:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-14" time="00:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-14" time="01:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-14" time="02:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-14" time="03:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-14" time="04:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-14" time="05:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-14" time="06:00:00" value="10.0" />
<event date="2005-11-14" time="07:00:00" value="10.0" />
```

時;降雨延時/
基流量/
列12個值/
12個值)

:import

out
format)

Wflow 模式銜接於Delft-FEWS平台之實作



資料輸入

前處理 (轉換)

模式輸入格式

執行模式

模式輸出格式

後處理 (轉換)

視覺化

輸出

```
workflows segment Jhonggang_Wflow
1  <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2  <workflow xmlns="http://www.wldelft.nl/fews" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
3  <properties>
4      <!-- Global Properties -->
5      <string key="LOCATIONS_BASIN_GRID" value="Grid_WFlow_Jhonggang_20m"/>
6  </properties>
7  <activity>
8      <runIndependent>true</runIndependent>
9      <moduleInstanceId>Qpesums_To_Catchment_Grid</moduleInstanceId>
10     <moduleConfigFileName>Template_Qpesums_To_Catchment_Grid_Wflow</moduleConfigFileName>
11 </activity>
12 <activity>
13     <properties>
14         <string key="GA_WFLOW_IDMAP_IMPORT" value="Jhonggang_Wflow_Import"/>
15         <string key="GA_WFLOW_IDMAP_EXPORT" value="Jhonggang_Wflow_Export"/>
16         <string key="BASIN_NAME" value="Jhonggang"/>
17         <string key="MODULE_WFLOW" value="Jhonggang_Wflow"/>
18     </properties>
19     <runIndependent>true</runIndependent>
20     <moduleInstanceId>Jhonggang_Wflow</moduleInstanceId>
21     <moduleConfigFileName>Template_Wflow_GA</moduleConfigFileName>
22 </activity>
23 <activity>
24     <properties>
25         <string key="MODULE_WFLOW" value="Jhonggang_Wflow"/>
26         <string key="LOCATIONS_BASIN_GRID" value="Grid_WFlow_Jhonggang_20m"/>
27         <string key="LOCATIONS_WFLOW" value="Jhonggang_Wflow_Gauges"/>
28     </properties>
29     <runIndependent>true</runIndependent>
30     <moduleInstanceId>Process_Jhonggang_Wflow</moduleInstanceId>
31     <moduleConfigFileName>Template_Process_Wflow</moduleConfigFileName>
32 </activity>
33 </workflow>
```

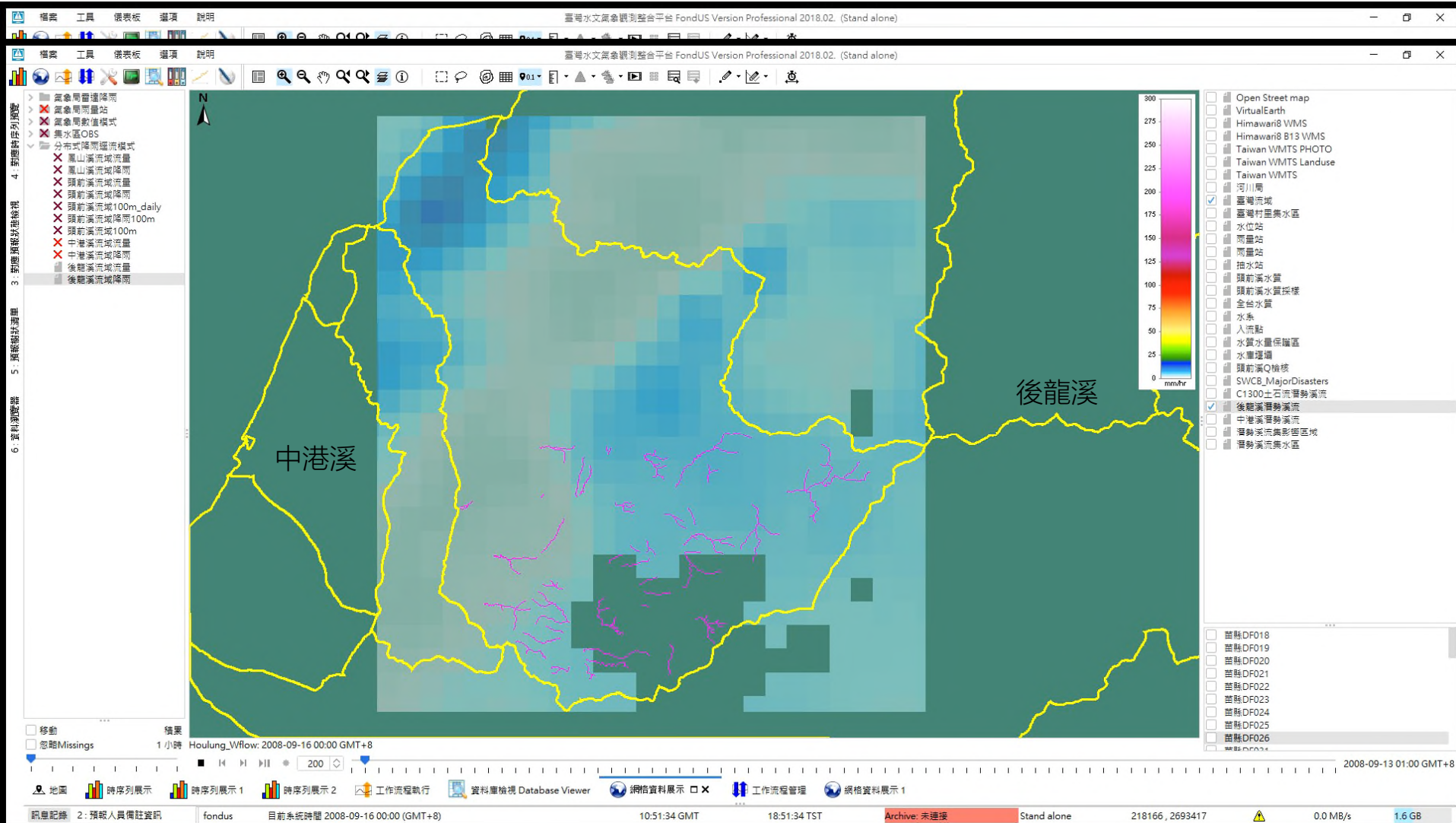
模組樣板檔

Qpesums_To_Catchment_Grid

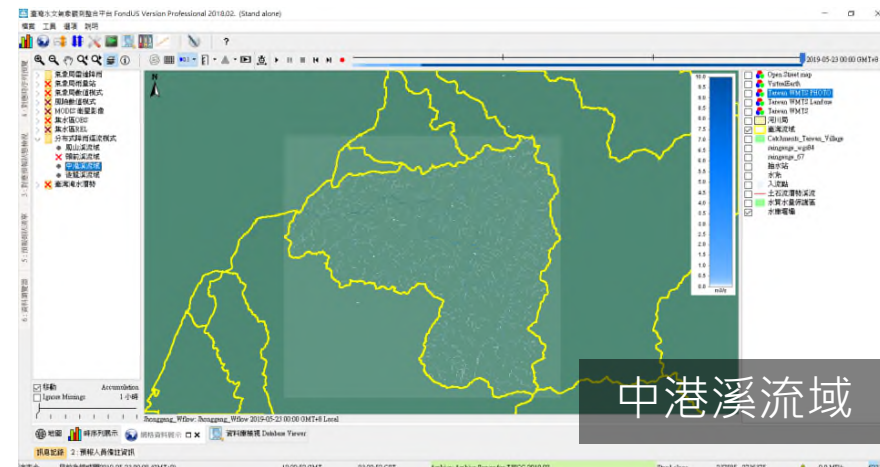
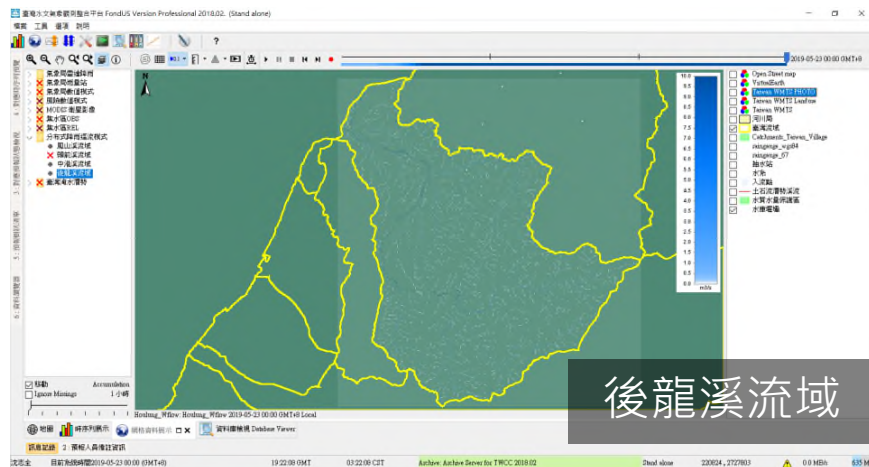
Jhonggang_Wflow

Process_Jhonggang_Wflow

作業流程樣板檔



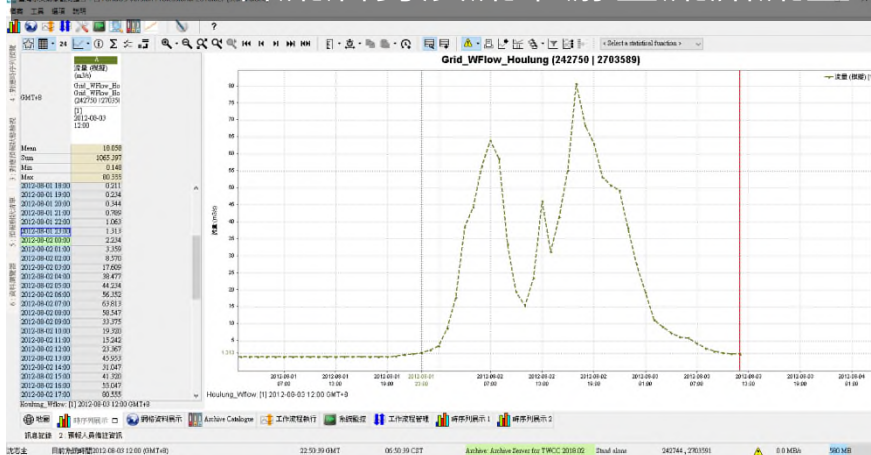
完成Wflow 模式銜接



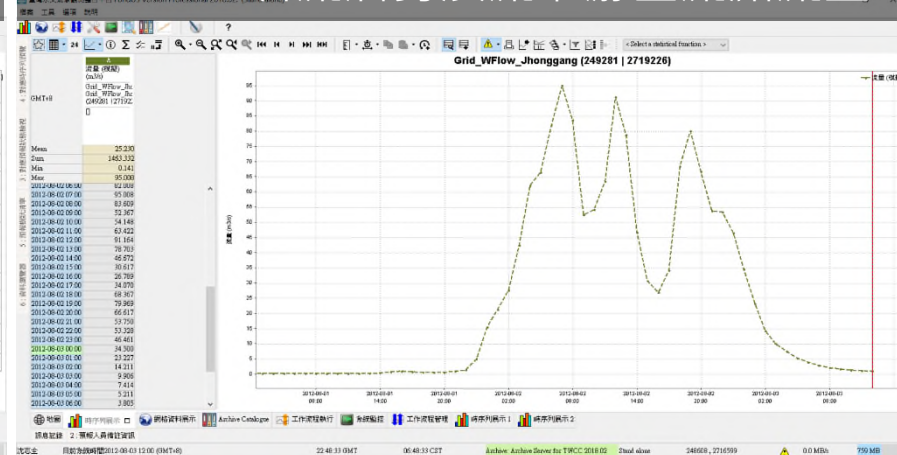
運用Wflow模式，計算下游匯流點流量



後龍溪WFLOW成果與
DF067土石流潛勢溪流下游匯流點流量



中港溪WFLOW成果與
DF009土石流潛勢溪流下游匯流點流量



資料準備

3

項資料

模擬洪峰 (m3/s)

觀測洪峰 (m3/s)

最大降雨量 (mm/hr)

相關驗證指數

$$\text{效率係數 } CE = 1 - \frac{\sum (Q_{OBSs} - Q_{EST})^2}{\sum (Q_{OBS} - \overline{Q_{obs}})^2}$$

$$\text{洪峰誤差 } EQ_P = \frac{(Q_{P,EST} - Q_{P,OBS})}{Q_{P,OBS}} \times 100\%$$

均方根誤差 (RMSE)

6

場事件

2012年納莉颱風

2012年蘇拉颱風

2013年5月11日豪雨事件

2013年蘇力颱風

2013年潭美颱風

2019年6月14日豪雨事件

颱風豪雨事件

4

處驗證

中港溪 平安橋

中港溪 永興橋

後龍溪 打鹿坑

後龍溪 恭敬橋

驗證位置



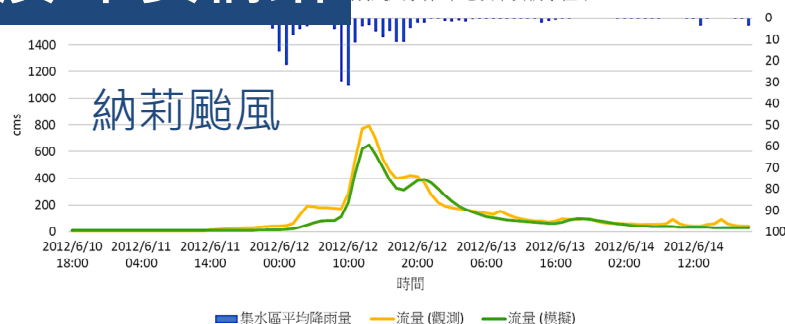
中港溪 平安橋站	效率係數	洪峰誤差(%)	均方根誤差(RMSE)	模擬洪峰(m ³ /s)	觀測洪峰(m ³ /s)	最大降雨量(mm/hr)
2012年納莉颱風	0.912	-18.238	48.580	651.641	797	31.69
2012年蘇拉颱風	0.706	31.333	266.306	2202.461	1677	34.85
2013年 5月11日豪雨事件	-0.367	13.758	23.033	111.938	98.4	34.43
2013年蘇力颱風	-256.980	2134.238	705.151	2942.492	131.7	45.57
2013年潭美颱風	0.370	-36.289	352.426	978.594	1536	22.44
2019年 6月14日豪雨事件	0.331	-69.360	129.494	333.977	1090	34.42

中港溪 永興橋站	效率係數	洪峰誤差(%)	均方根誤差(RMSE)	模擬洪峰(m ³ /s)	觀測洪峰(m ³ /s)	最大降雨量(mm/hr)
2012年納莉颱風	0.706	-0.888	86.300	746.313	753	31.69
2012年蘇拉颱風	-0.372	49.511	303.220	1472.688	985	34.85
2013年 5月11日豪雨事件	0.422	-10.818	14.789	87.398	98	34.43
2013年蘇力颱風	-6.835	258.436	444.418	2638.086	736	45.57
2013年潭美颱風	0.405	84.768	89.989	757.547	410	22.44
2019年 6月14日豪雨事件	0.721	4.315	15.377	172.641	165.5	34.42

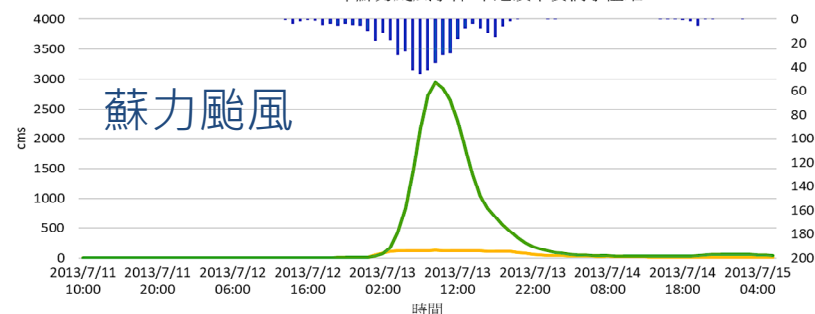


中港溪 平安橋站

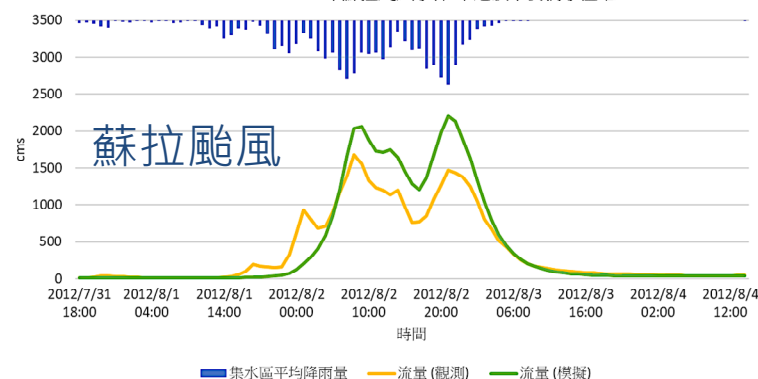
利颱風事件-中港溪平安橋水位站



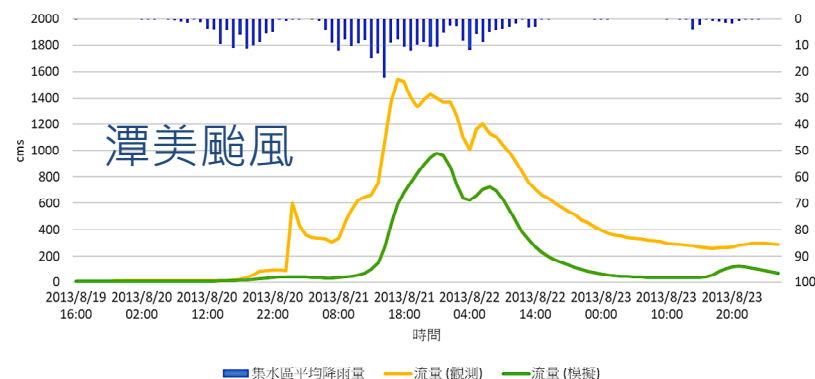
2013年蘇力颱風事件-中港溪平安橋水位站



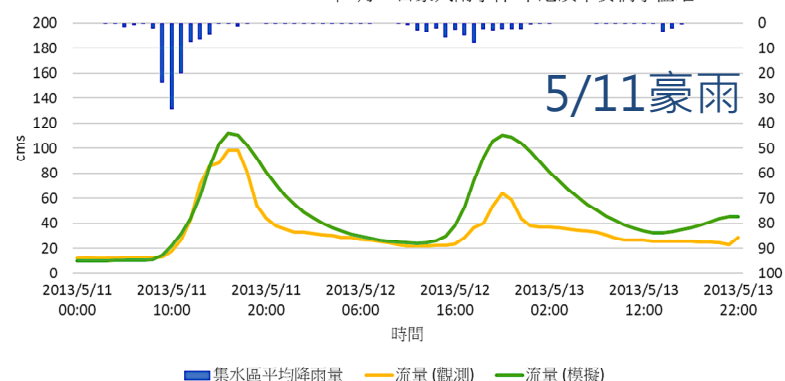
2012年蘇拉颱風事件-中港溪平安橋水位站



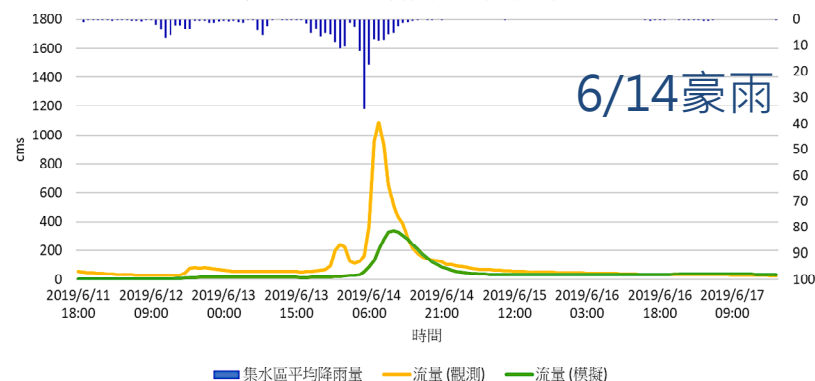
2013年潭美颱風事件-中港溪平安橋水位站



2013年5月11日豪大雨事件-中港溪平安橋水位站

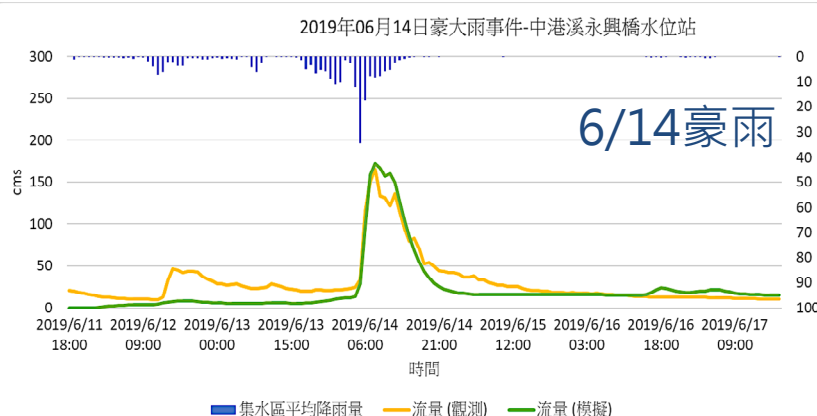
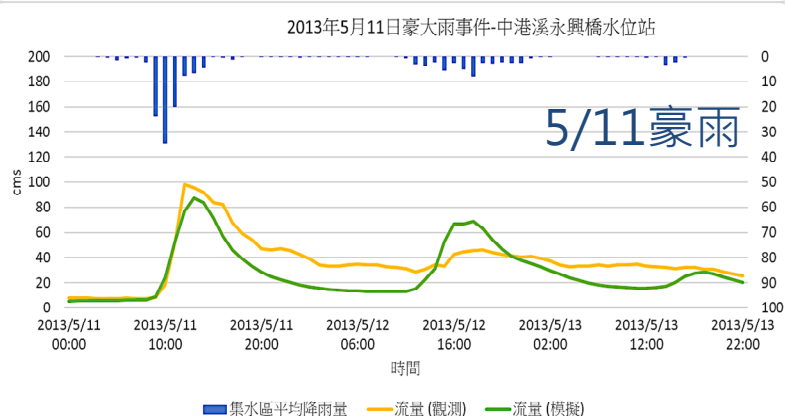
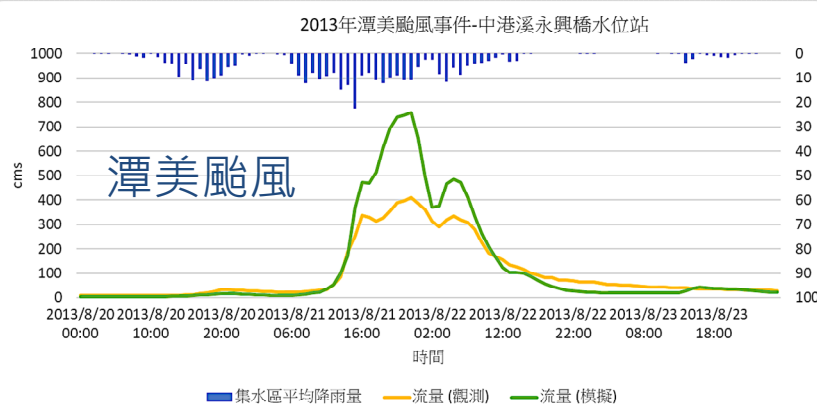
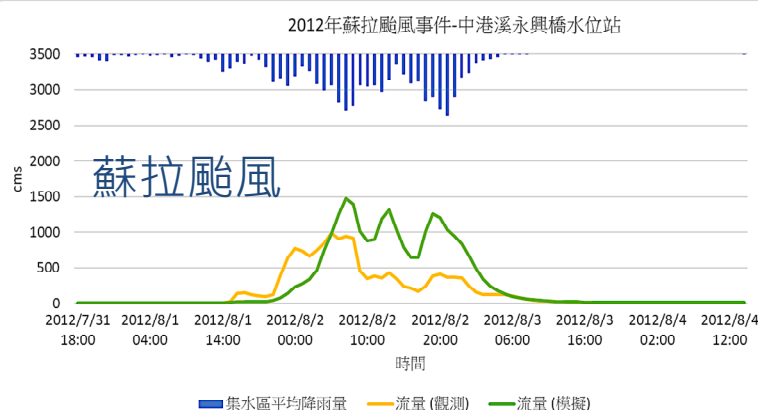
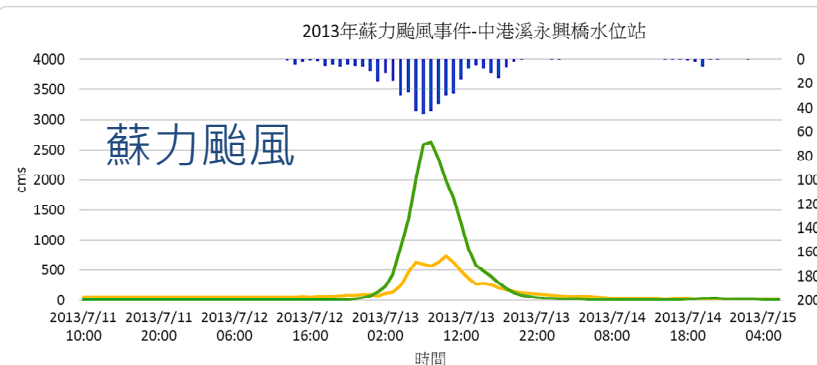
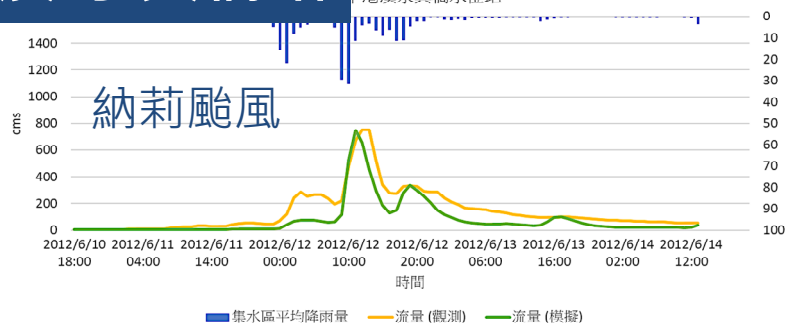


2019年06月14日豪大雨事件-中港溪平安橋水位站



中港溪 永興橋站

中港溪永興橋水位站



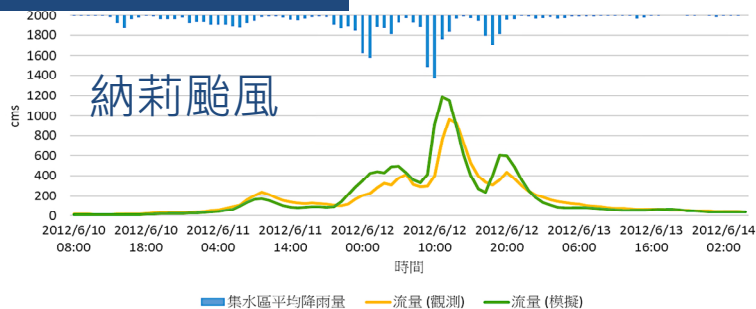
後龍溪 打鹿坑站	效率係數	洪峰誤差(%)	均方根誤差(RMSE)	模擬洪峰(m ³ /s)	觀測洪峰(m ³ /s)	最大降雨量(mm/hr)
2012年納莉颱風	0.734	22.709	96.932	1184.141	965	25.21
2012年蘇拉颱風	0.942	-6.597	210.761	2669.461	2858	34.58
2013年 5月11日豪雨事件	0.628	-60.683	39.991	181.055	460.5	32.02
2013年蘇力颱風	0.543	-37.291	928.359	2821.891	4500	43.13
2013年潭美颱風	0.548	-37.931	413.598	1155.734	1862	24.62
2019年 6月14日豪雨事件	0.672	-10.644	83.187	915.008	1024	22.21

後龍溪 恭敬橋站	效率係數	洪峰誤差(%)	均方根誤差(RMSE)	模擬洪峰(m ³ /s)	觀測洪峰(m ³ /s)	最大降雨量(mm/hr)
2012年納莉颱風	0.670	11.240	42.409	470.547	423	25.21
2012年蘇拉颱風	-1.754	143.157	238.301	1181.742	486	34.58
2013年 5月11日豪雨事件	0.733	-34.488	7.505	65.25	99.6	32.02
2013年蘇力颱風	0.904	-14.729	87.537	1169.914	1372	43.13
2013年潭美颱風	0.831	0.199	48.703	435.867	435	24.62
2019年 6月14日豪雨事件	-1.000	120.512	47.639	458.664	208	22.21

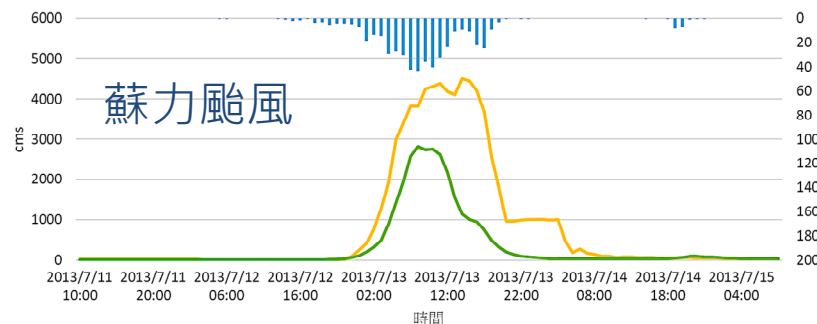


後龍溪 打鹿坑站

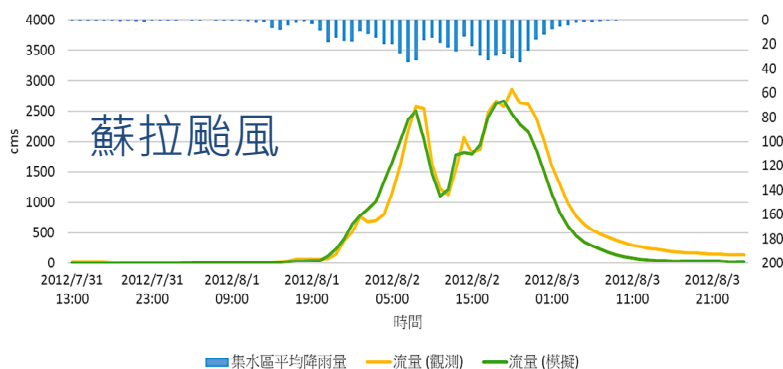
納莉颱風事件-後龍溪打鹿坑水位站



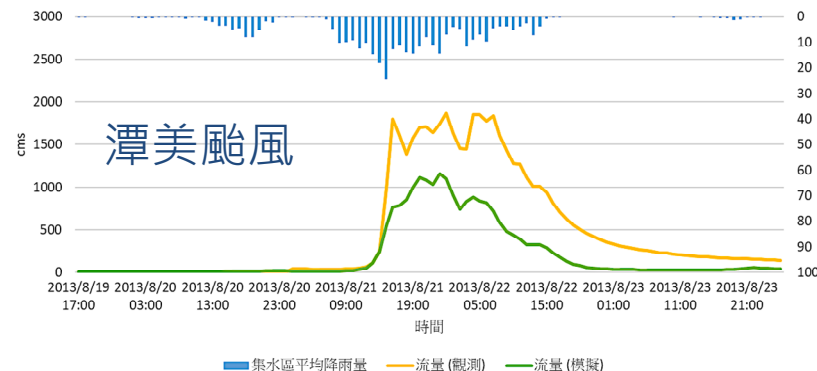
2013年蘇力颱風事件-後龍溪打鹿坑水位站



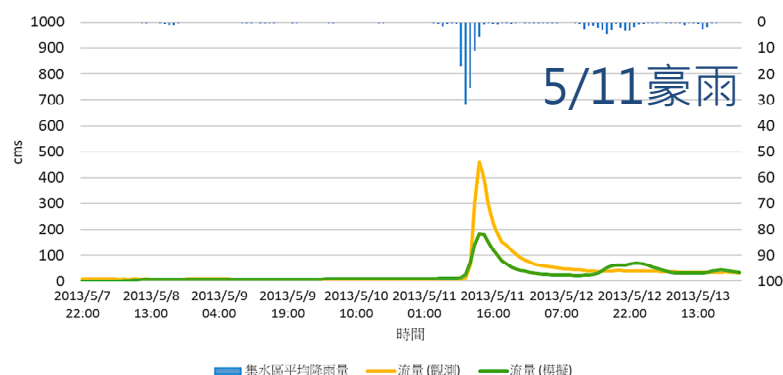
2012年蘇拉颱風事件-後龍溪打鹿坑水位站



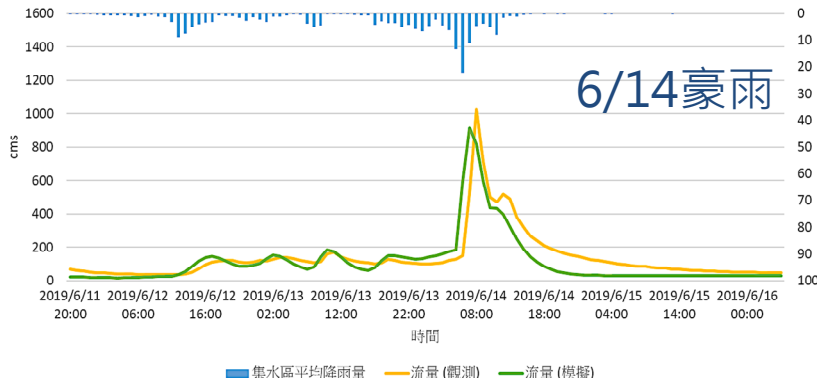
2013年潭美颱風事件-後龍溪打鹿坑水位站



2013年5月11豪大雨事件-後龍溪打鹿坑水位站

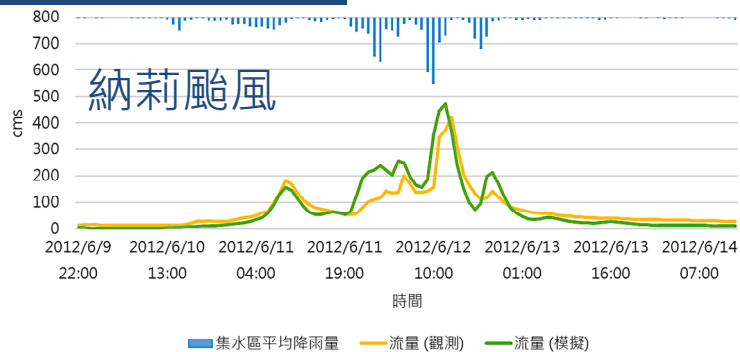


2019年6月14豪大雨事件-後龍溪打鹿坑水位站

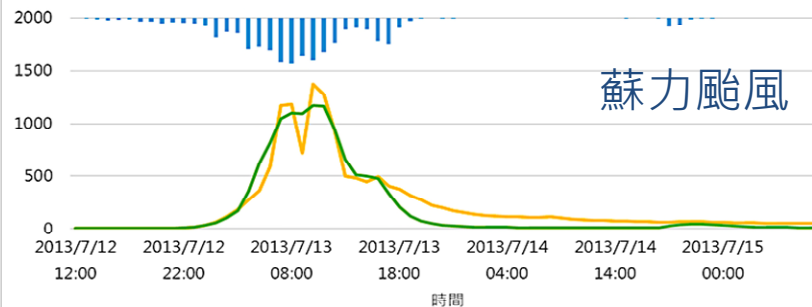


後龍溪 恭敬橋站

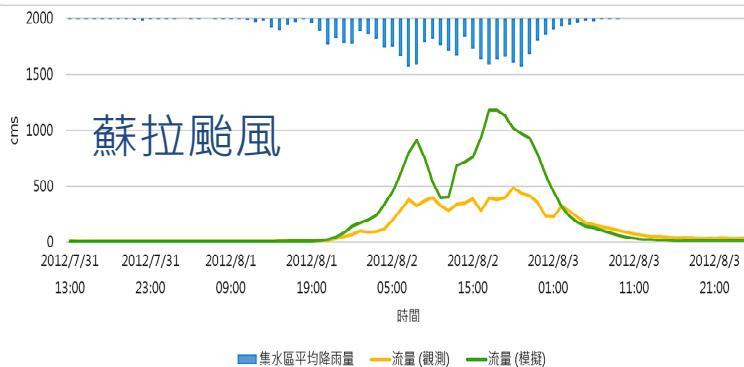
納莉颱風事件-後龍溪恭敬橋水位站



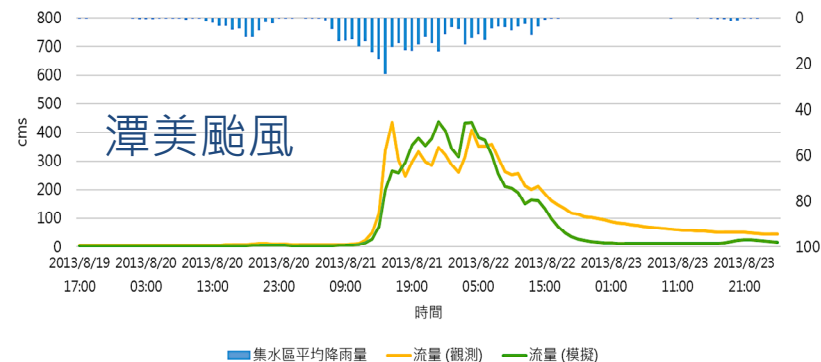
2013年蘇力颱風事件-後龍溪恭敬橋水位站



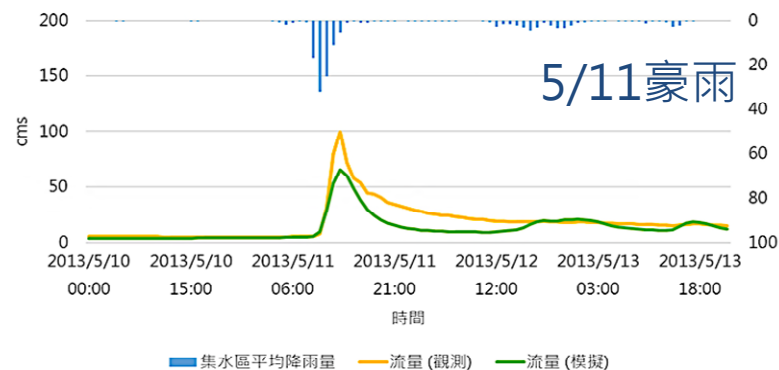
蘇拉颱風



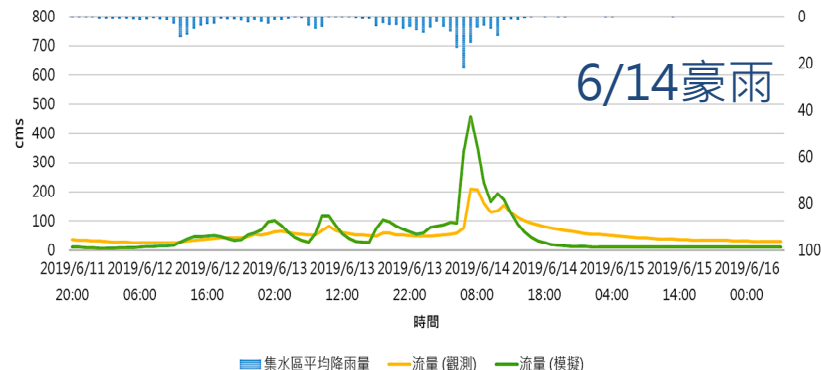
2013年潭美颱風事件-後龍溪恭敬橋水位站



2013年5月11豪大雨事件-後龍溪恭敬橋水位站



2019年6月14豪大雨事件-後龍溪恭敬橋水位站





土砂災例 資訊內容

- 災害型態
- 災損描述與統計
- 災害規模
- 災損統計
- 氣象資料:
- 降雨量
- 統計方式最鄰近之測站
- 統計內容 降雨歷線與 累積降雨量

111 年重大土砂災例最速報

其他(0223)

基隆市—信義區孝忠里



111 年其它-基隆信義-001

- ◆災害發生位置：槓子寮路資源回收場
- ◆災害發生時間：2月23日18時00分
- ◆災害類型：崩塌(山崩)
- ◆累積雨量：205mm

註1：降雨組圖資料來源一本局土石流防災應變系統

註2：拍攝方位角係以磁北方向0度順時針方向測至目標物之水平角。

註3：發生時間為推估時間。

◆災損描述與統計：

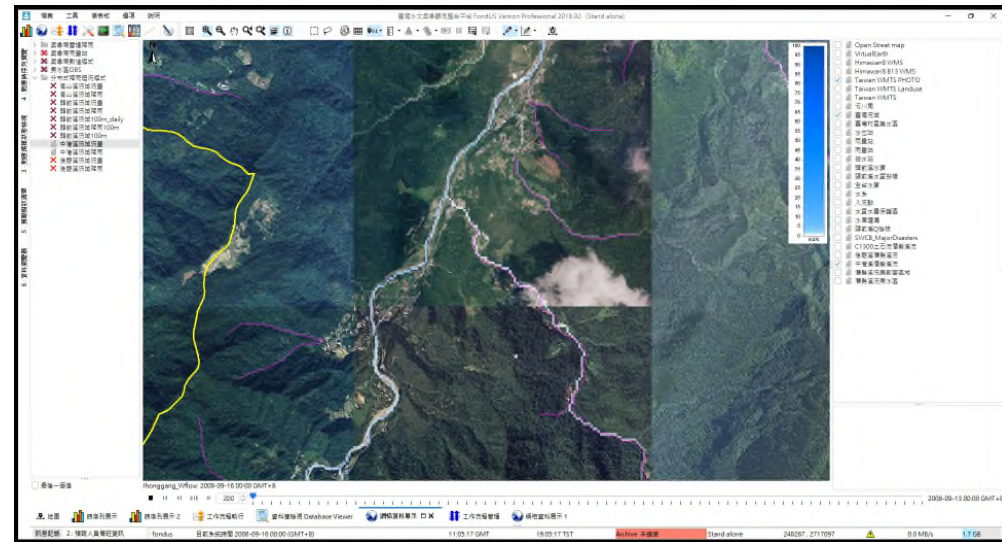
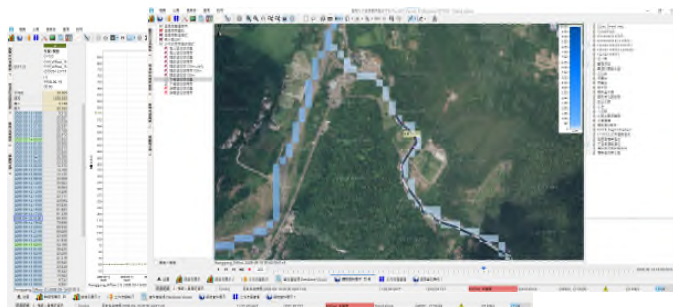
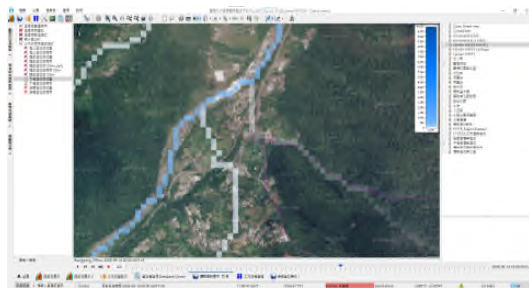
◆災情描述：本災例發生於槓子寮路之資源回收場，因基隆地區連續約20日降雨，大量雨水入滲邊坡，土壤含水量上升使土體荷重增加，終造成大量土砂崩落，土砂沿地形坑溝而下，最終堆積於坑溝及下方之教忠公園。

◆災害規模：崩塌範圍長約90公尺，寬約100公尺，面積約9,000平方公尺，平均崩塌深度約8公尺，崩塌量體約72,000立方公尺，而堆積範圍長約300公尺，寬約30公尺，面積約9,000平方公尺，平均堆積高度約8公尺，堆積量體約72,000立方公尺。

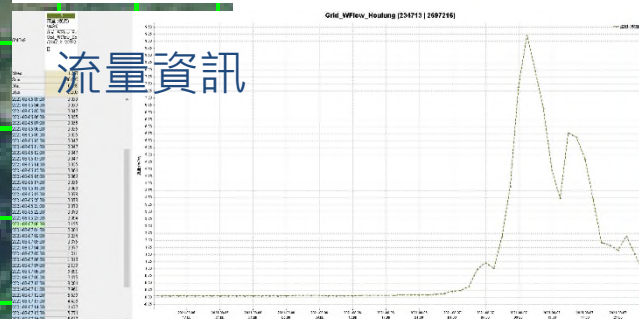
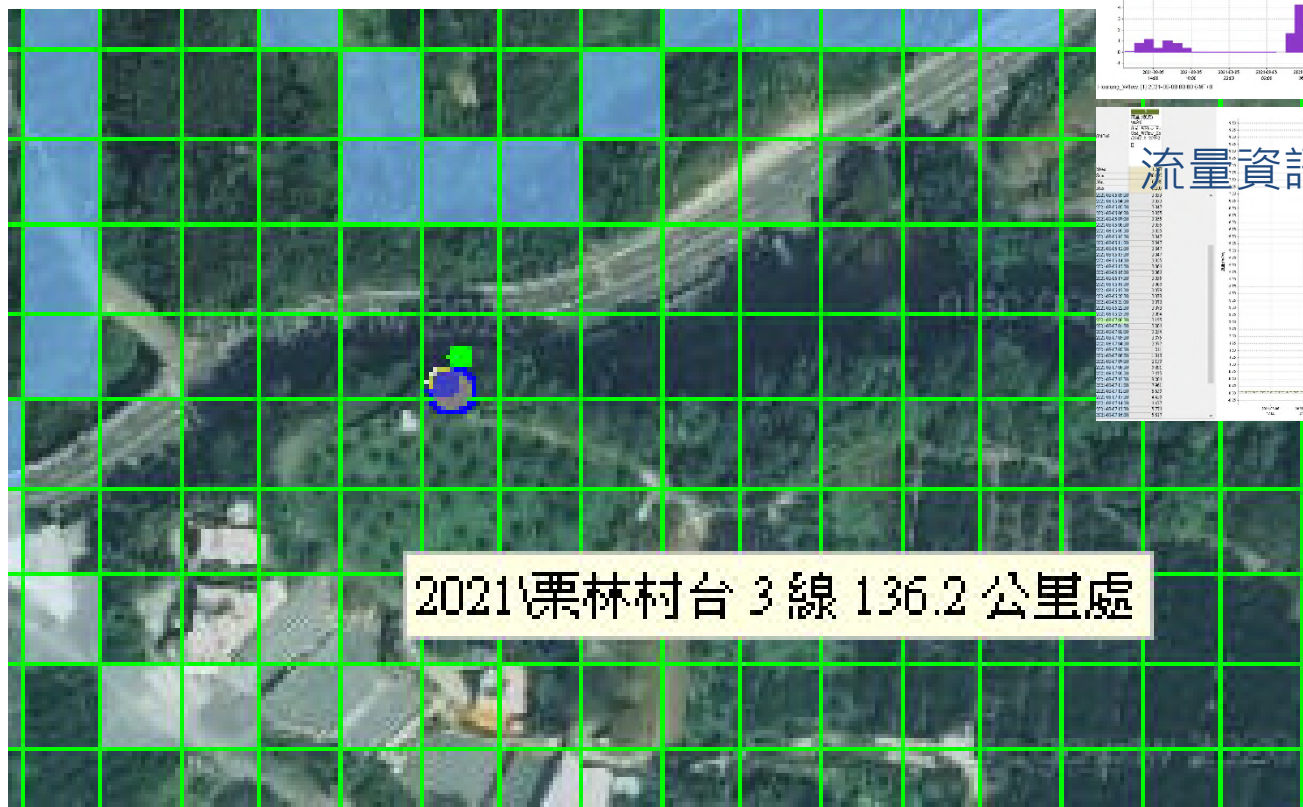
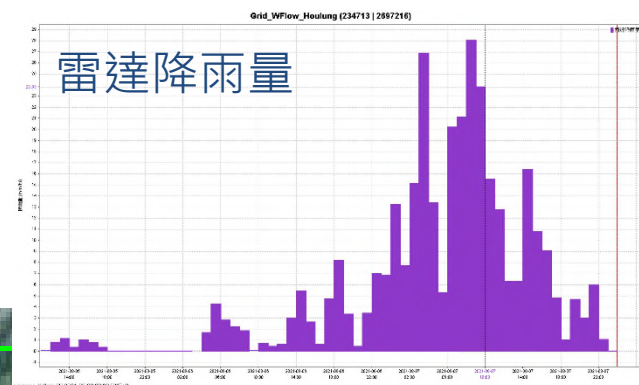
◆災損統計：槓子寮路路基損失約20公尺，資源回收場地基礎破壞約1,500平方公尺，教忠公園掩埋面積約450平方公尺。

<https://246.swcb.gov.tw/Achievement/DisastersContent?EventID=614>

中港溪苗栗DF009流量資訊

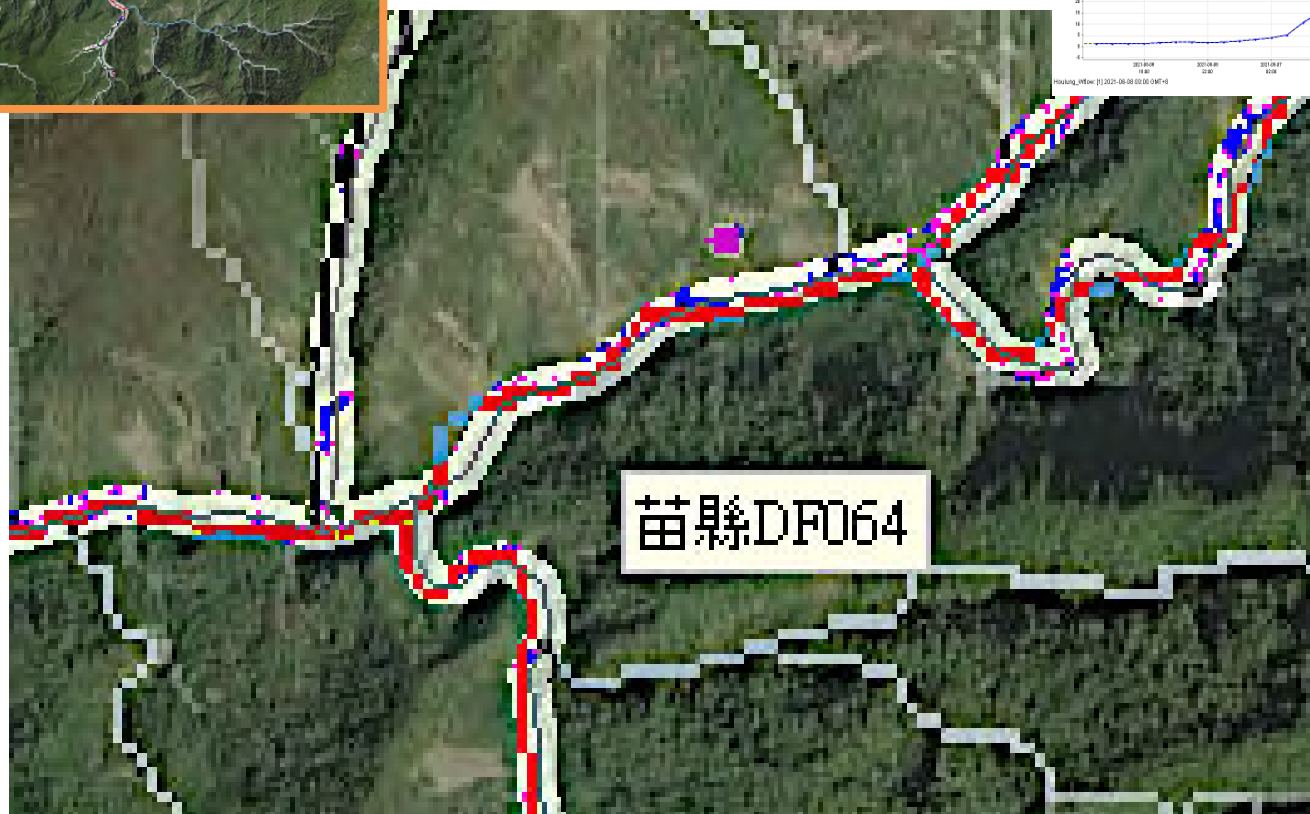
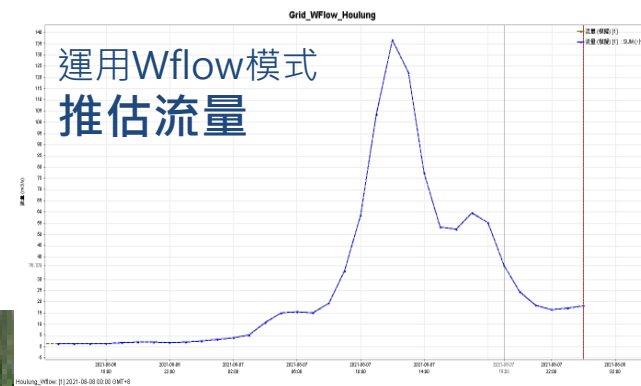


以栗林村台 3 線 136.2 公里處 發生崩塌事件為例



需搭配其它監測資訊

運用Wflow模擬成果對照較大流量事件



資料需求與共享

水土保持局

- 雨量站
 - 降雨量
- 河川斷面
 - 上游
- 河川粒徑
 - 上游
- 土壤資料
 - 地質、表土
- 土砂運移量
- 沖蝕指數
 - 土壤K、降雨R
- 土壤含水量
- 集水區邊界

水利署

- 雨量站
 - 降雨量
- 水位流量站
 - 流量資訊
- 水文統計與分析
- 河川斷面
 - 中下游
- 河川粒徑
 - 中下游
- 集水區邊界

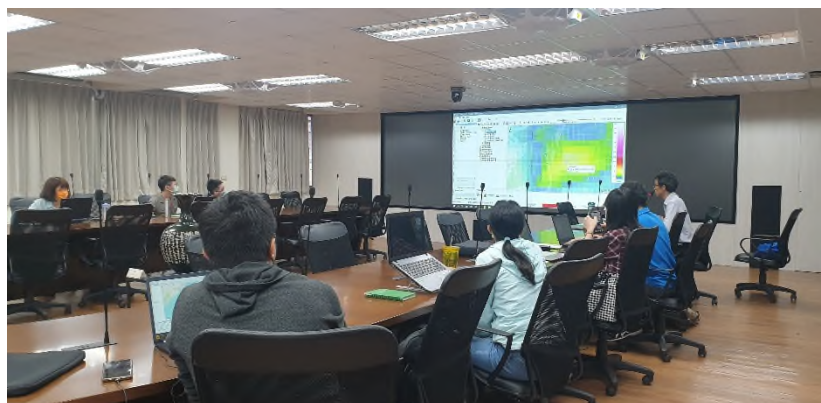
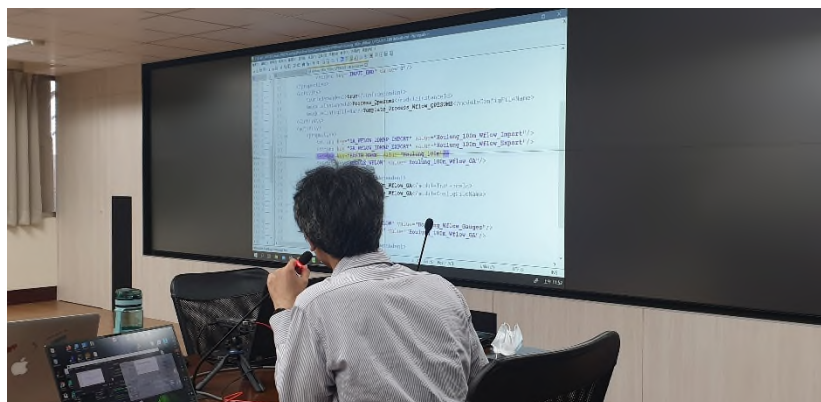
WFLOW模式之共同需求

- 土地利用
- 數值高程
- 降雨量、雷達降雨
- 水文統計與分析
- 流量資訊
- 土壤含水量
- 土壤資料
- 集水區邊界



教育訓練

Delft_FEWS 平台與 WFLOW 降雨逕流模式應用



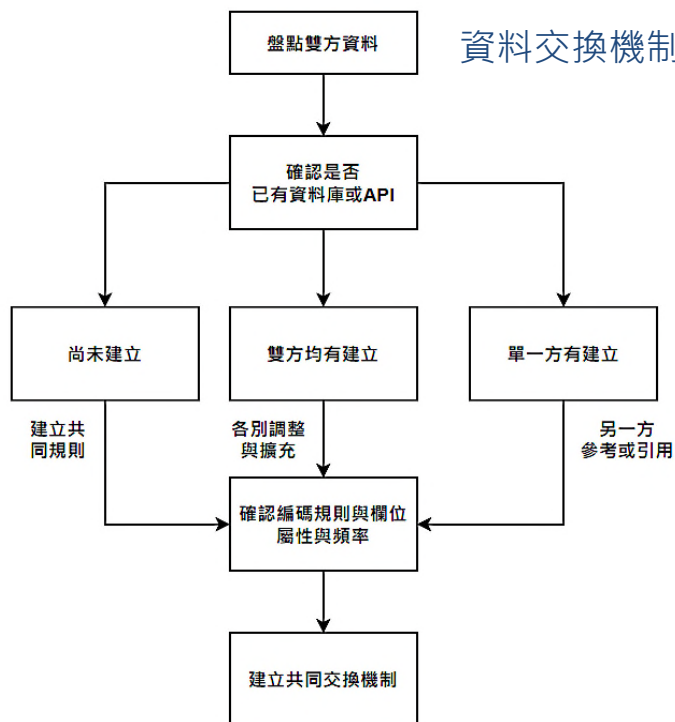
系統架構與功能介面介紹 | 資料整合與模式銜接作業流程說明
空間與時間序列資料展示 | 成果輸出與後續外部應用介紹

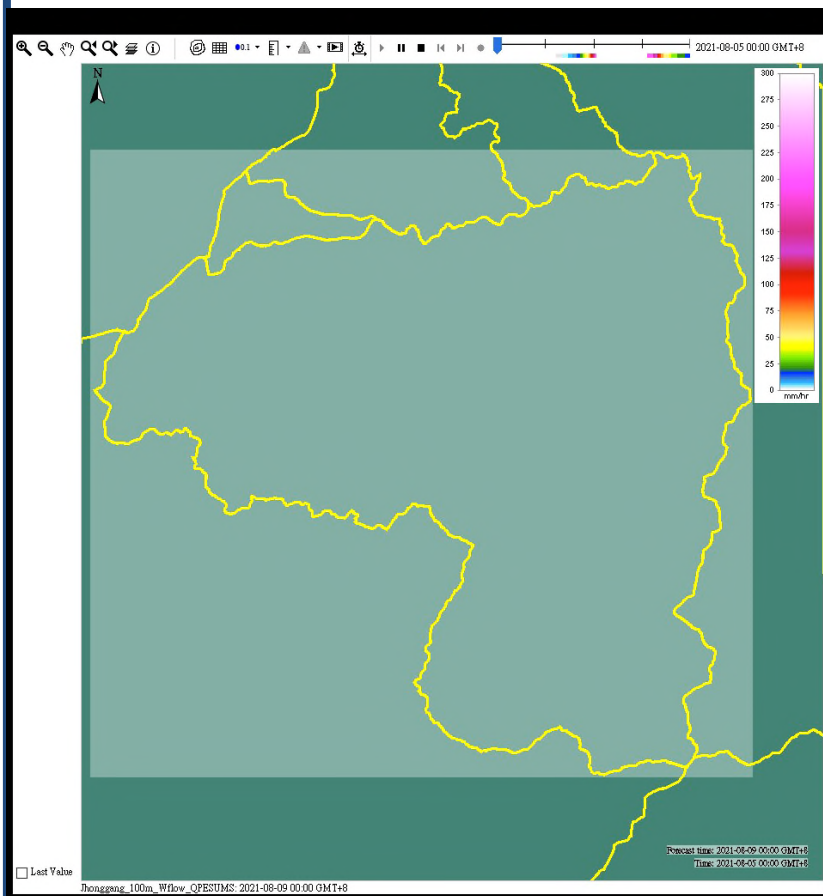
跨單位資料共享探討

交換類型與資料內容

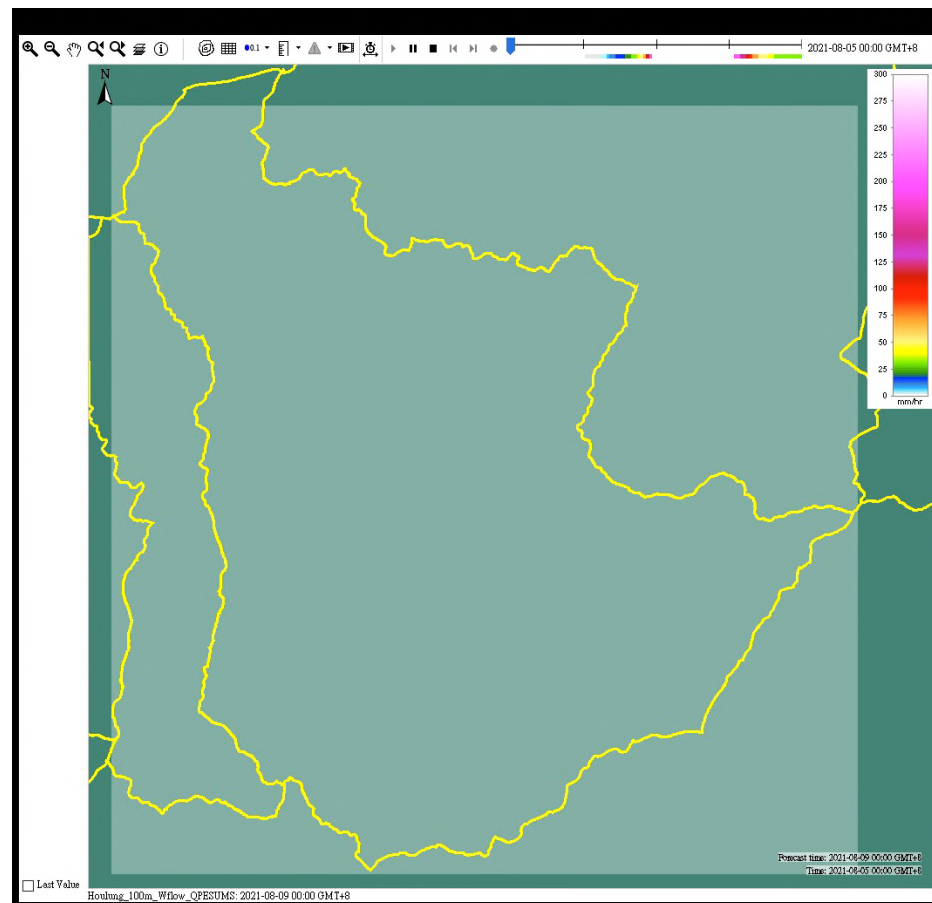
項目	水文氣象	地文資料	模式專案與成果
內容	降雨量 水位 流量 土壤含水量	衛星遙測影像 數值高模型 地質 土壤類型 河川河床粒徑 斷面資料 構造物資訊 土壤沖蝕指數(K) 降雨沖蝕指數(R)	水文模式 水理模式 模式參數

資料交換機制與流程





中港溪流域



後龍溪流域