

金岳等集水區大規模土砂收支模式 及觀測站建置與評估

行政院農業委員會水土保持局臺北分局

工程員 李霽修

中華民國107年12月11日

● 計畫目的

- 近年受氣候變遷影響，超強度或長延時降雨，造成大規模崩塌，導致土砂災害。
- 運用遙測圖資及數值地形資料，配合現地測量與調查，探討崩塌地演變及土砂生產，建立土砂收支模式
- 配合觀測站建置及量測資料，驗證前期碼崙溪集水區土砂收支模式。

計畫範圍

- 本分局宜蘭縣轄區**金岳、水源山及碼崙溪**集水區。

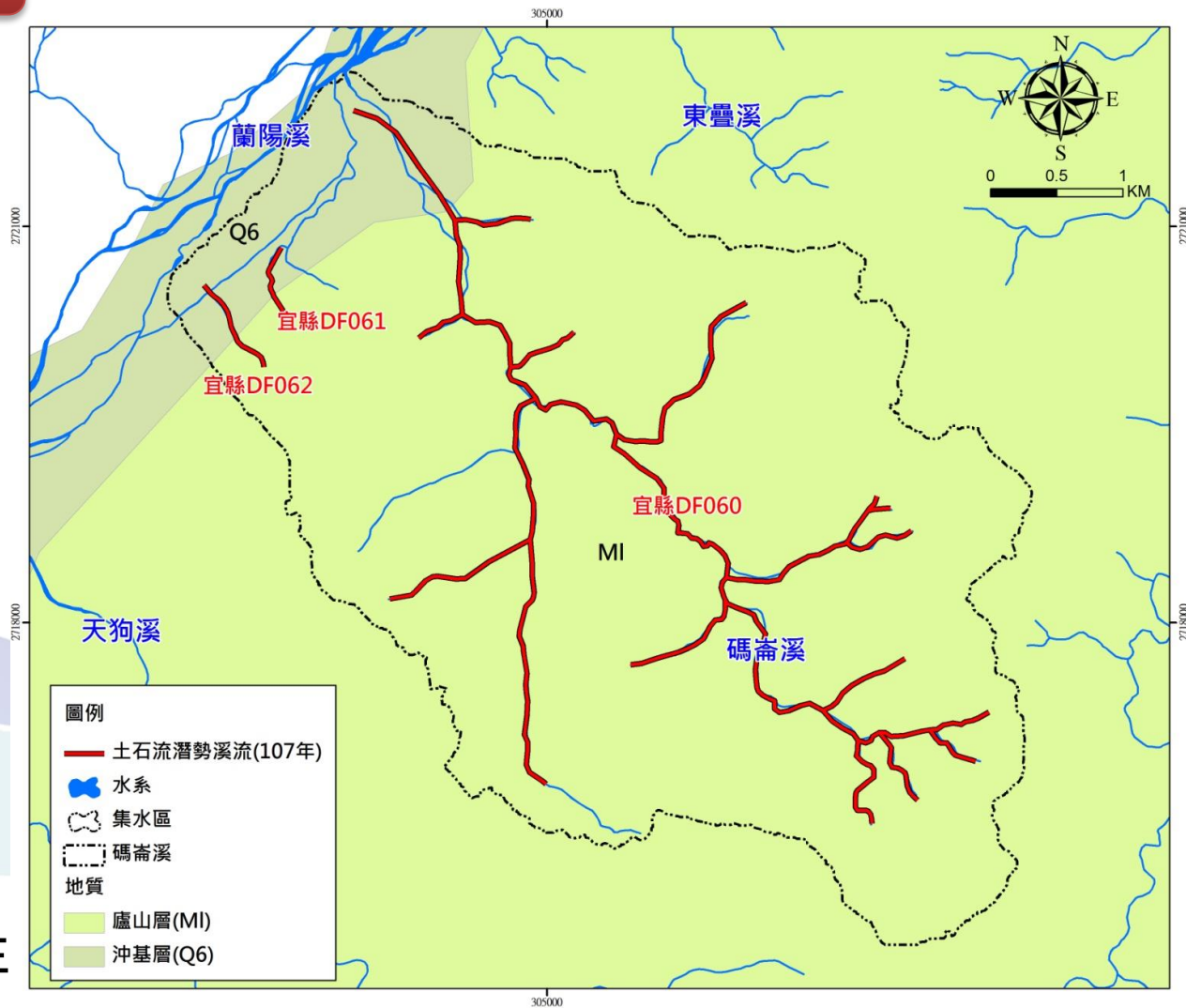


大尺度土砂收支分析

環境基礎資料

- 行政區:大同鄉
- 溪流長度:9公里
- 溪流坡度:0.06
- 面積:2,519公頃
- 土石流潛勢溪流:
- 宜縣DF600、宜縣DF061、宜縣DF062
- 地勢:EL.268~1,771m
- 坡度:六級坡為主
- 地質:廬山層
- 土地利用:以森林地為主

區域地質圖

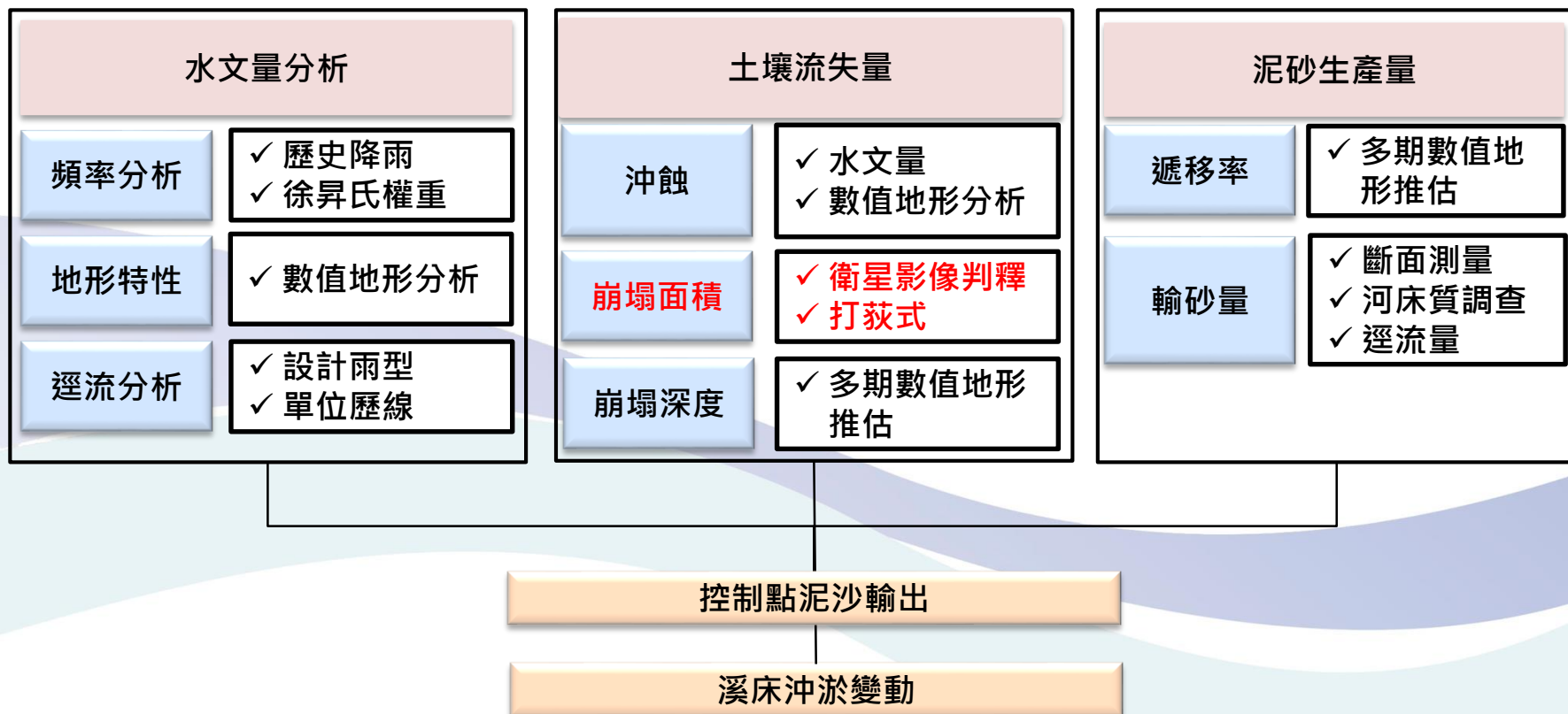


大尺度土砂收支分析

分析目地

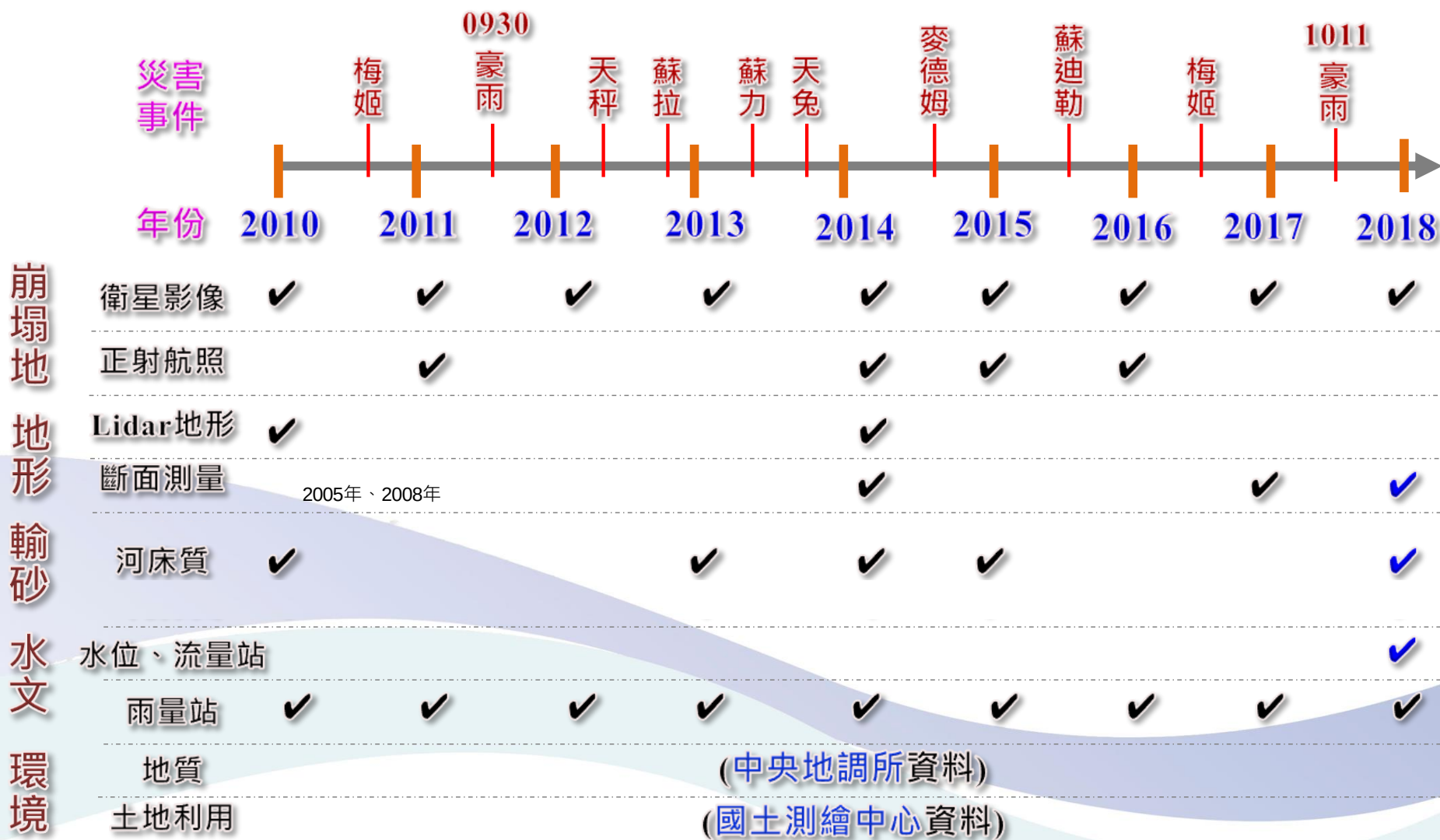


- ◆前期:參數以文獻及統計資料為主，缺乏實測資料。
- ◆目前:歷史實測資料，建立區域性土砂參數，作為後續土砂分析基礎。
- ◆未來:更新崩塌面積，簡易檢討土砂收支。



大尺度土砂收支分析

分析方法

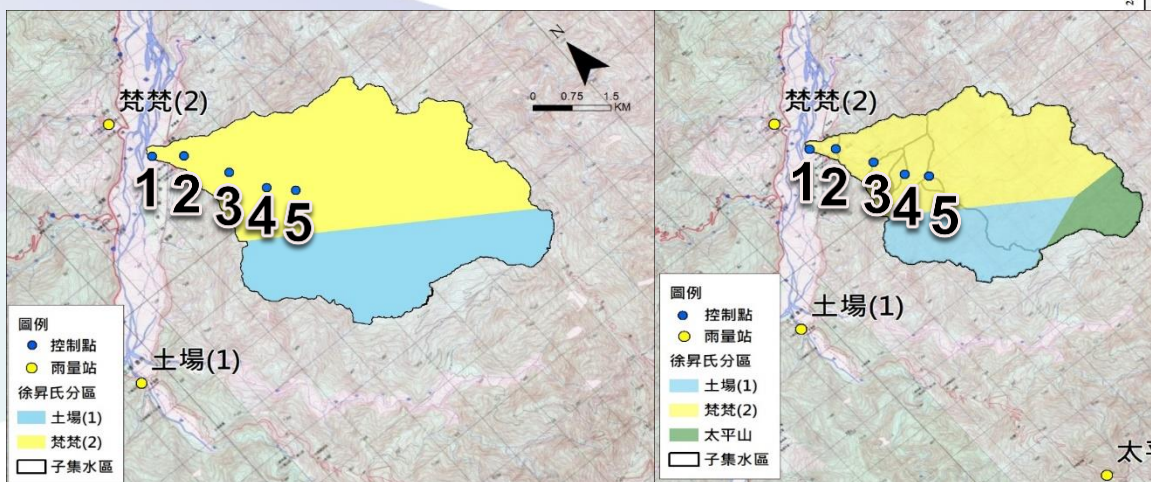


大尺度土砂收支分析

水文分析

- 碼崙溪集水區切分5個子集水區，5個土砂控制點
- 時間:民國82年~106年(25年)
- 雨量站:82年~83年(梵梵(2)、土場(1))、
84年~106年(梵梵(2)、土場(1)、太平山))
- 統計降雨延時:最大24小時降雨量

編號	控制點	重現期(年)							
		2	5	10	20	25	50	100	200
1	五號壩上游	382	579	702	815	849	952	1,049	1,141
5	河口	381	574	697	809	843	946	1,043	1,136



82年-83年徐昇氏

84年-104年徐昇氏

編號	河段	名稱	分區面積 (km ²)
1	治理河段	碼崙溪出口	0.28
2		一號壩上游	1.87
3		二號壩上游	0.93
4		四號壩上游	5.77
5	自然河段	五號壩上游	13.35
合計			22.19

大尺度土砂收支分析

■ 雨型: 梵梵(2) Horner 雨型 (水利署, 106年)

■ 流量分析: 修正三角單位歷線

單位歷線參數

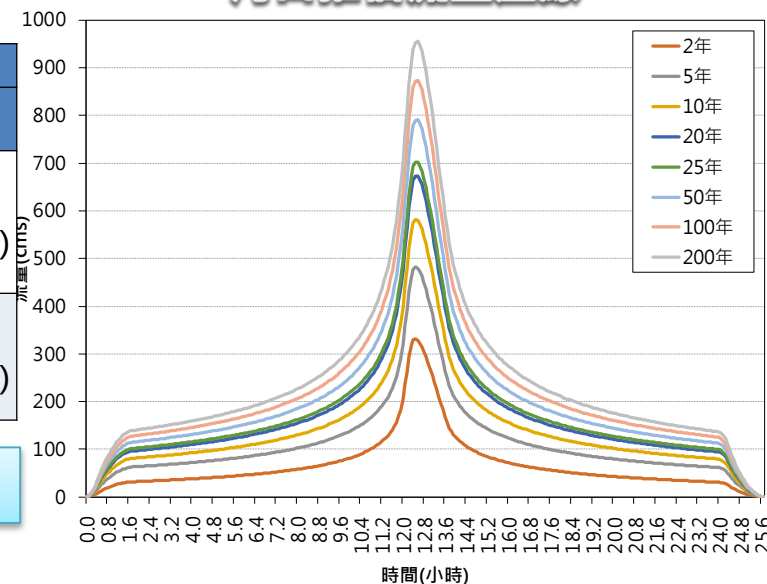
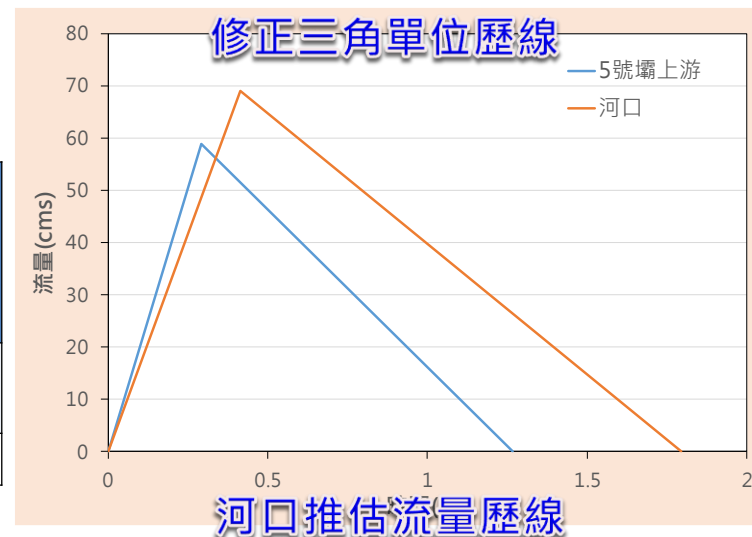
項次	控制點	面積 A (km ²)	河長 L (km ²)	高程 差 H (km)	流入 時間 T _s (hr) ¹	流下 時間 T _d (hr) ²	集流 時間 T _c (hr)	有效降 雨延時 D (hr)	洪峰 時間 T _p (hr)	基期 T _b (hr)	洪峰流 量 Q _p (cms)
1	五號壩上游	13.35	5.98	1.05	0.19	0.24	0.42	0.08	0.32	1.27	58.86
2	河口	22.19	9.30	1.21	0.19	0.44	0.63	0.08	0.41	1.80	69.03

流量分析

項次	控制點	重現期(年)							
		2	5	10	20	25	50	100	200
1	五號壩上游	230 (17.20)	329 (24.62)	393 (29.41)	450 (33.71)	470 (35.18)	526 (39.37)	577 (43.21)	628 (47.04)
2	河口	331 (14.93)	482 (21.71)	581 (26.19)	673 (30.31)	702 (31.65)	791 (35.66)	874 (39.37)	955 (43.05)

本次分析計劃流量791cms，比流量35.66 cms/km²

蘭陽溪(清水溪匯流前)比流量12.10 cms/km²



大尺度土砂收支分析

水文觀測站建置

- 已於7月18日將水文觀測站**建置完成**，完工後即開始觀測。
- 觀測時間:107/07/18~迄今

即時資料展示

資料查詢下載

站台資料管理

帳號資料管理

系統設定管理

即時資料展示 ▶ 10分鐘逐時資料

即時觀測資料(10分鐘)

中興工程顧問水利工程部 ▼

站碼	站名	時間	系統電力	水位	流速	通道資料
				電池電壓	流量(m ³ /s)	
MALUNQ01	碼崙橋	2018/08/23 19:40:00	13.071	289.556	0.519	

觀測站設備規格

前次更新：2018/08/23 19:45:45

項次	監測儀器	廠牌/型號	規格
1	雷達波水位計	Micropilot M / FMR240	測量範圍:70m 測量精度:±3mm 作業溫度:-40°C~130°C
2	雷達波表面流速儀	Sommer/ RG-30	測量範圍:0.1m/s~15m/s 測量精度:±0.01m/s 測量延時:5~240s(單次測量) 測量間距:8s~5hr 作業溫度:-40°C~130°C 測量距離(至水位面):0.5m~130m
3	資料紀錄器	Procal tech/ RT-100-811F	電源:DC10-30V 記憶體:8MB 記錄間隔:1s~24hr 作業溫度:-15°C~55°C 作業濕度:95%RH以內

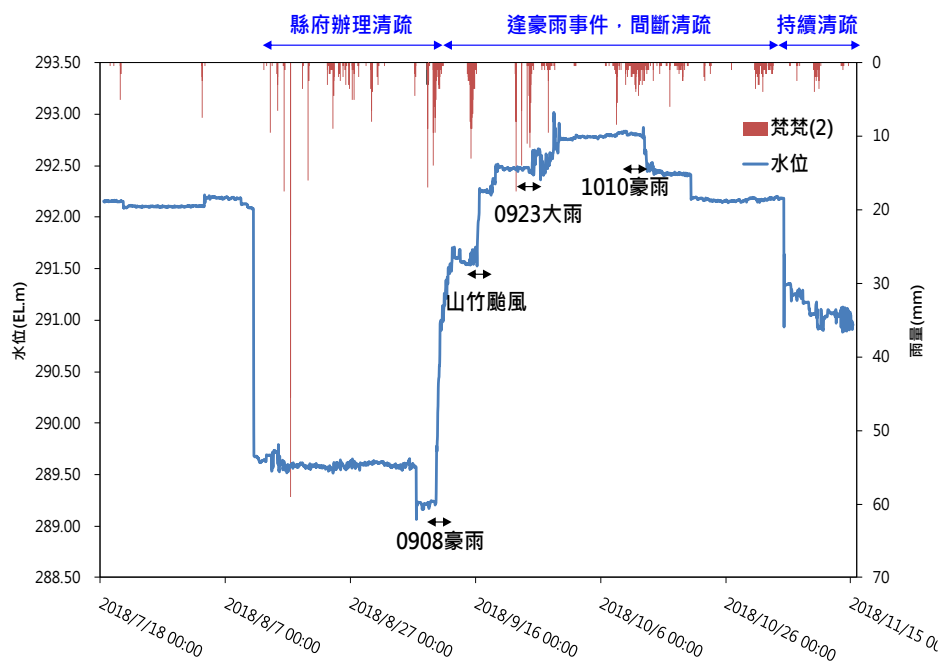
水文觀測站建置完成照



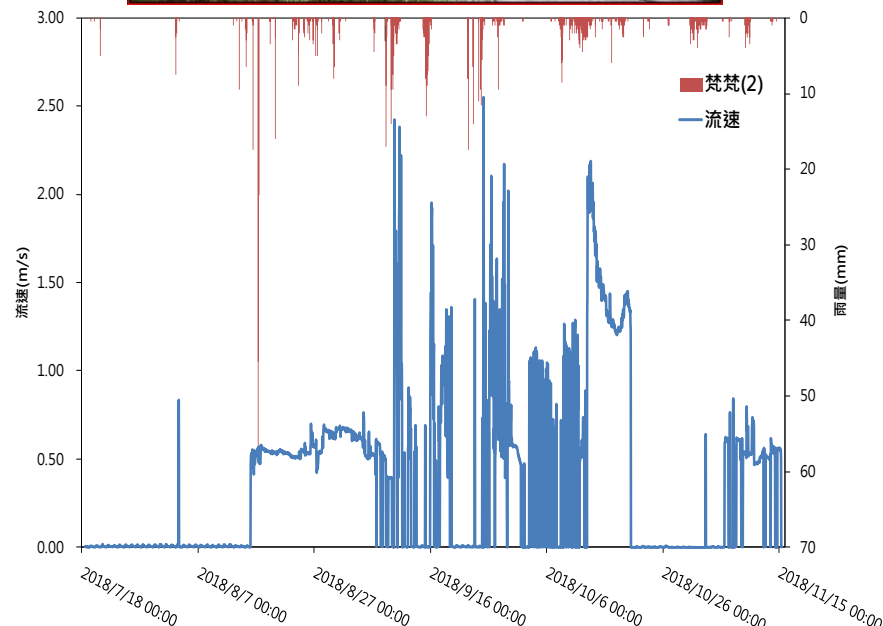
大尺度土砂收支分析

- 本計畫已於7月18日將水文觀測站**建置完成**，完工後即開始觀測。
- 觀測時間:107/07/18~迄今
- 本年度觀測降雨事件:0908豪雨、山竹颱風、0923豪雨及1010豪雨
- 降雨規模:皆小於**1.1年**重現期

洪水期間流速急降，未全斷面通水，水流淺受河床沖淤影響

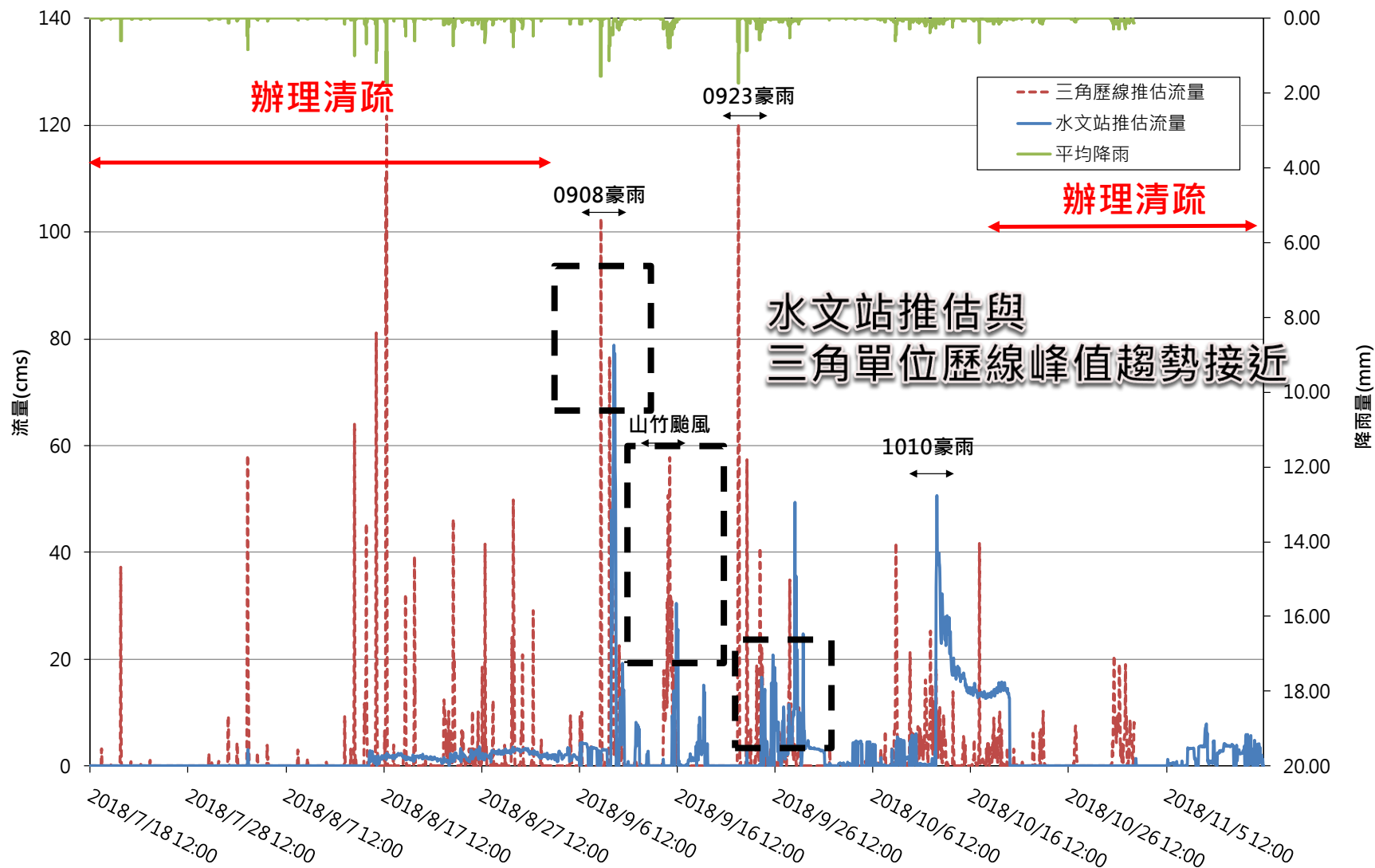


觀測水位



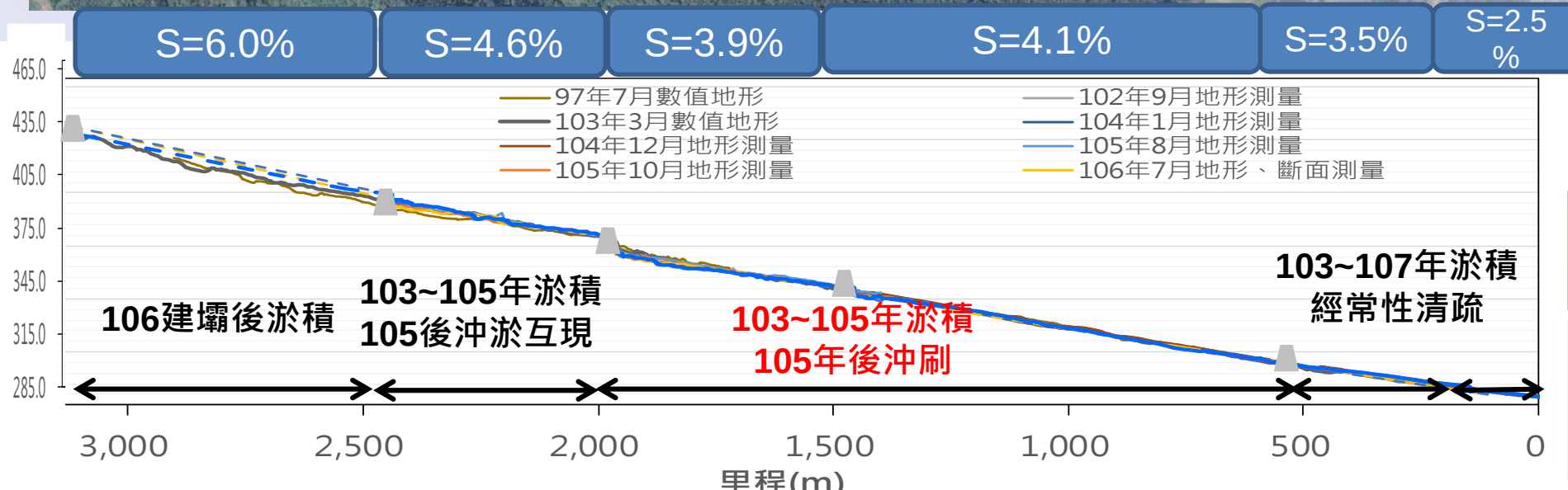
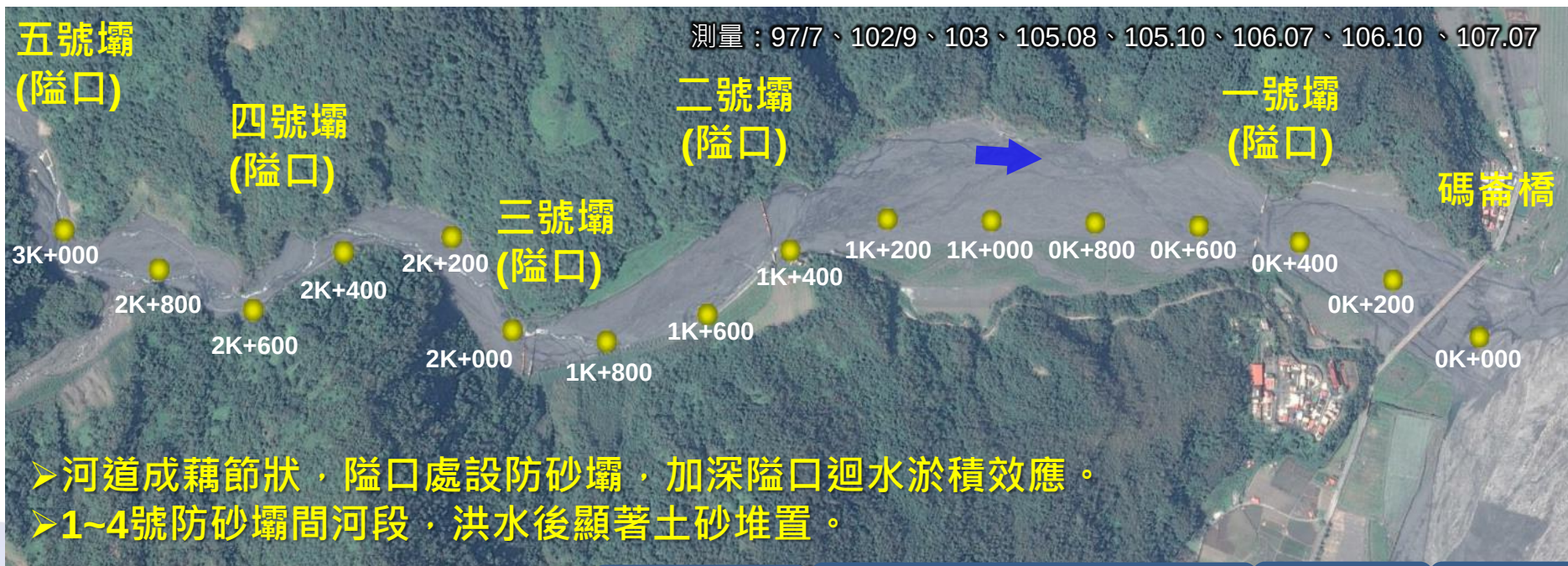
觀測流速

- 本年度水文站推估流量與三角歷線單位歷線比對
- 趨勢大致接近，水深較淺受河床沖淤影響，部分資料有無觀測到之情形



大尺度土砂收支分析

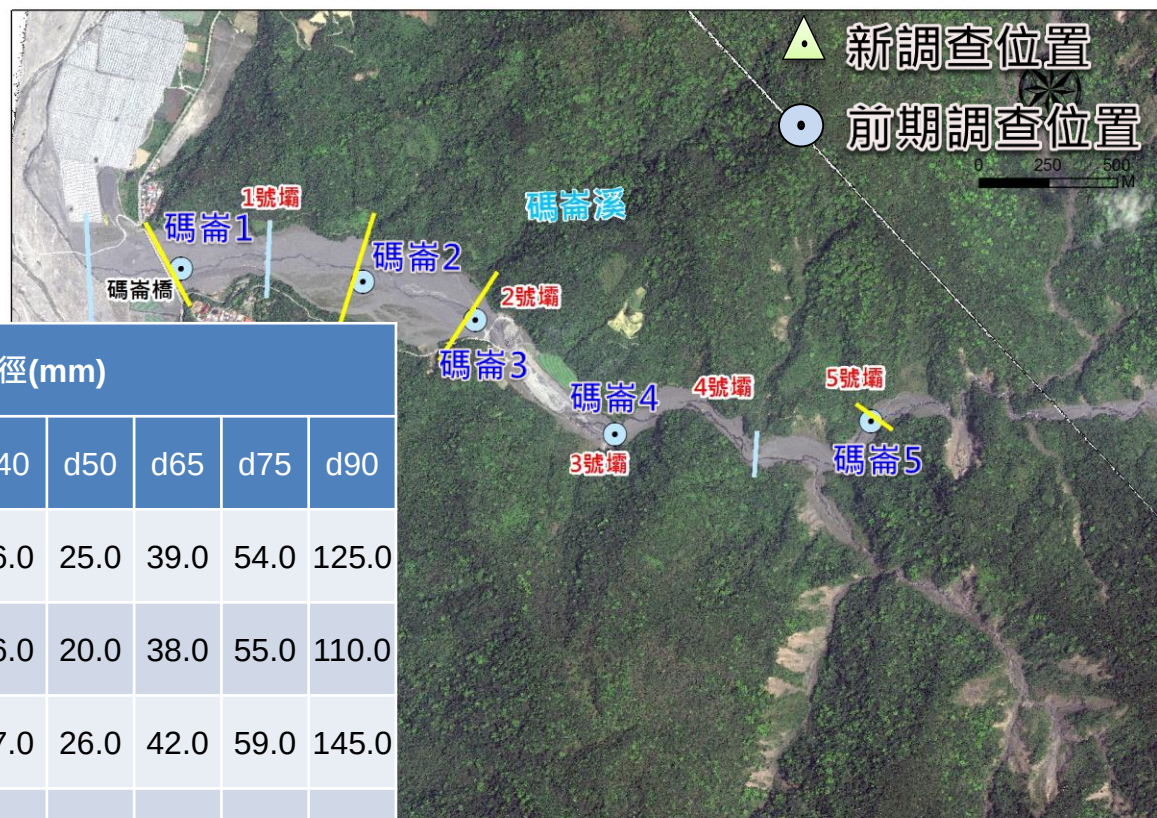
溪床沖淤與坡度



大尺度土砂收支分析

河床質調查

- 採樣坑:5處
- 表面粒徑調查:7處
- 採樣坑調查成果:



項次	坑名	平均粒徑(mm)	代表粒徑(mm)								
			d10	d16	d20	d30	d40	d50	d65	d75	d90
1	碼崙1	36.9	1.8	3.0	4.7	11.5	16.0	25.0	39.0	54.0	125.0
2	碼崙2	36.4	2.2	3.4	5.2	9.6	16.0	20.0	38.0	55.0	110.0
3	碼崙3	38.6	3.6	5.6	7.0	12.0	17.0	26.0	42.0	59.0	145.0
4	碼崙4	46.6	1.4	2.5	3.7	8.2	14.5	22.0	45.0	74.0	152.0
5	碼崙5	66.8	2.1	4.2	6.1	13.0	22.0	38.0	77.0	120.0	220.0

- 推估曼寧粗糙係數(表面粒徑)

✓ 碼崙溪:0.027-0.059



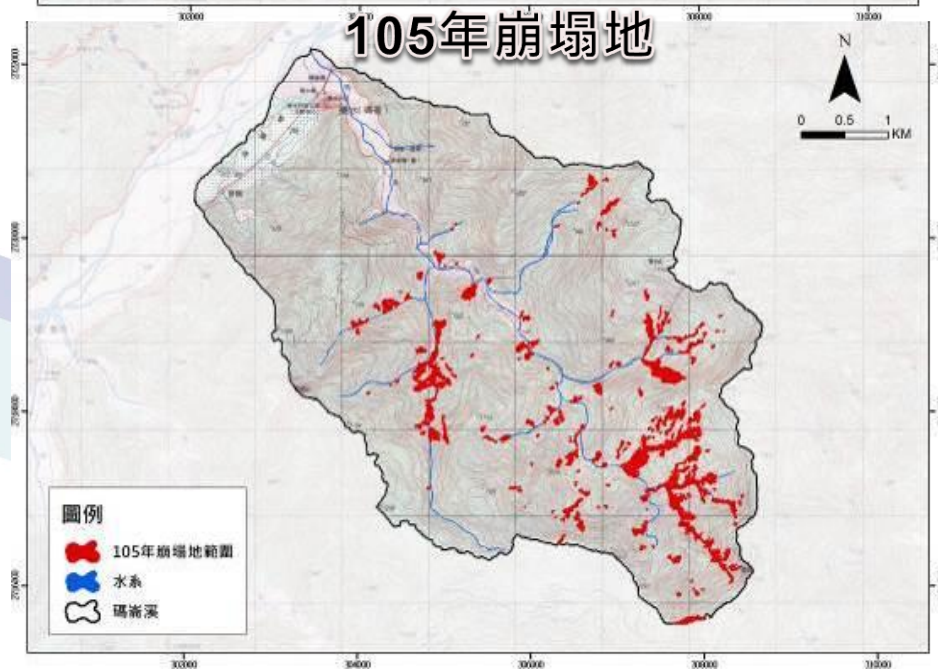
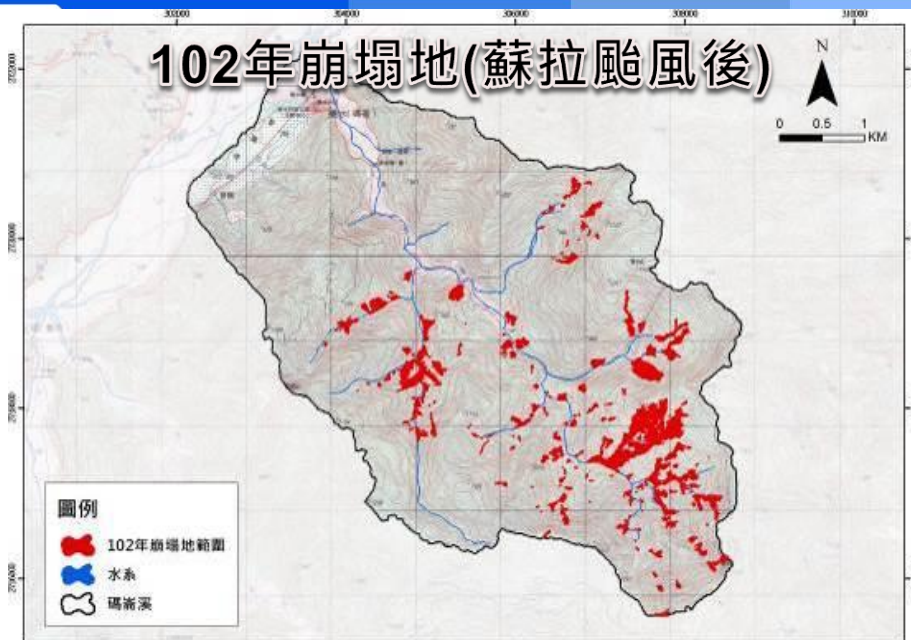
依分析成果及現場勘查採用:
0.035

大尺度土砂收支分析

崩塌面積

- 100年0930豪雨後，崩塌率顯著上升趨勢。
- 101年蘇拉颱風後，崩塌率達歷年最高4.03%。
- 近年崩塌地呈現**復育**趨勢。

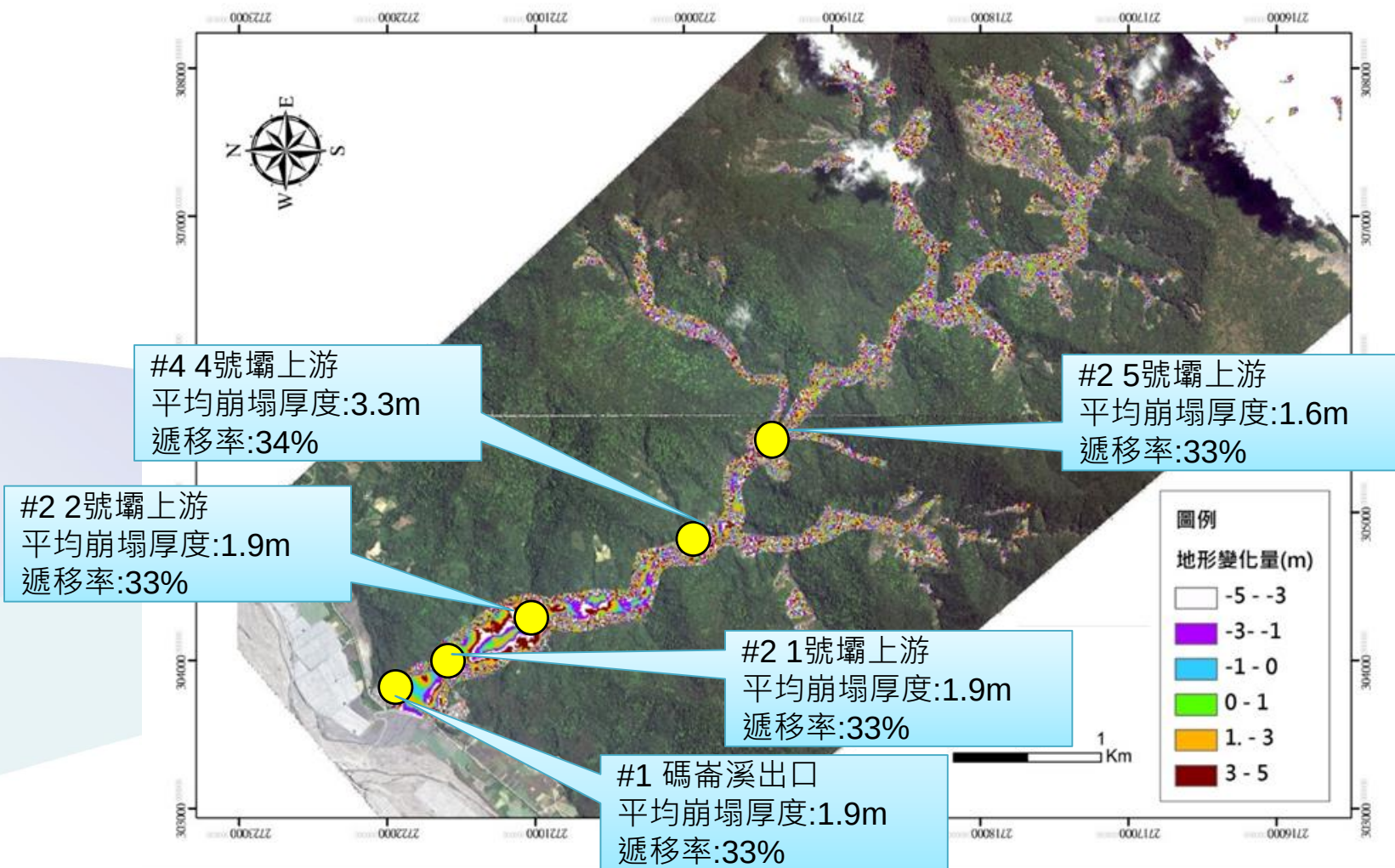
年度	事件	24小時降雨量 (mm)	崩塌地 面積 (ha)	崩塌率 (%)
96	0910豪雨(95/9)	209 (>1.1年)	23.20	0.92
97	米塔颱風後 (96/11)	351 (>1.1年)	15.42	0.61
98	鳳凰颱風後 (97/7)	495 (>2年)	20.92	0.83
99	芭瑪颱風後 (98/10)	720 (>10年)	33.02	1.31
100	梅姬颱風後 (99/10)	556 (>2年)	28.46	1.13
101	0930豪雨後 (100/10)	712 (>10年)	55.54	2.20
102	蘇拉颱風後 (101/8)	573 (>5年)	101.59	4.03
103	天兔颱風後 (102/9)	229 (>1.1年)	84.77	3.37
104	麥德姆颱風後 (103/7)	309 (>1.1年)	78.87	3.13
105	蘇迪勒颱風後 (104/8)	403 (>2年)	81.54	3.23



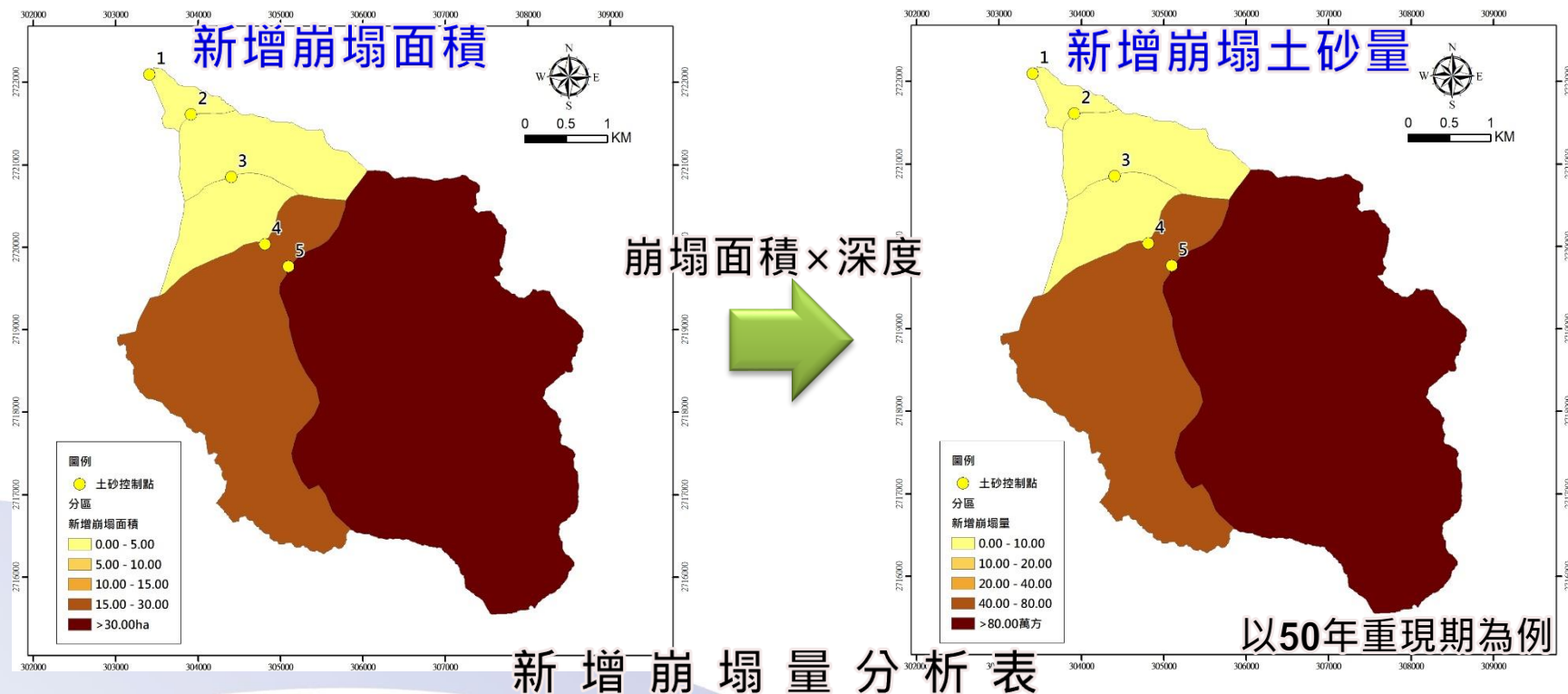
大尺度土砂收支分析

崩塌深度與遞移率

- 以兩期數值地形建立碼崙溪集水區，平均崩塌厚度及遞移率
- 崩塌面積101.60ha，崩塌量 191.70萬方，殘留量128.00萬方
- 推估碼崙溪集水區平均崩塌厚度1.9m，遞移率33.3%



- 打荻式經驗公式:建立歷史降雨-崩塌面積關係，推估未來崩塌量體。

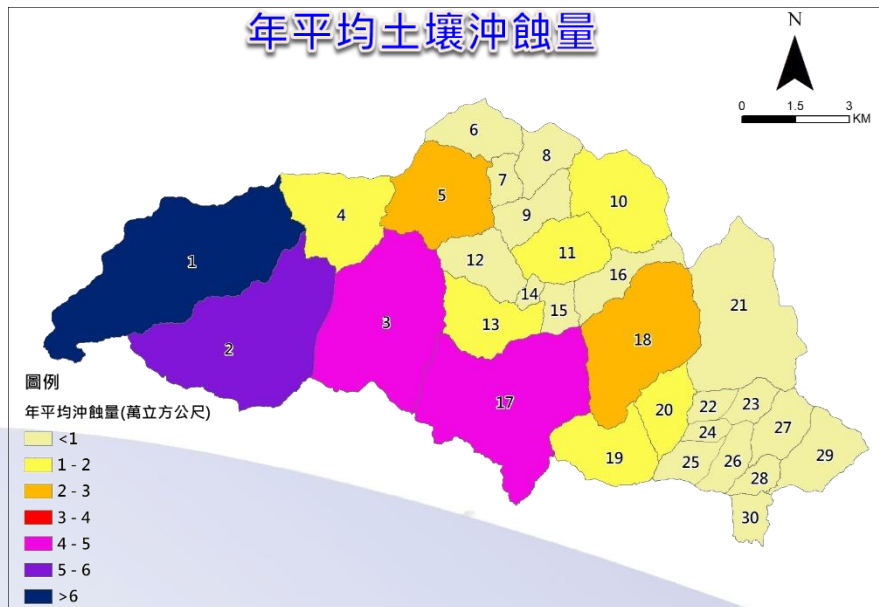


新增崩塌土砂	重現期(年)/概率權重								概率加權 年平均
	2年	5年	10年	20年	25年	50年	100年	200年	
新增崩塌面積 (公頃)	0.65	0.2	0.075	0.03	0.015	0.015	0.0075	0.0075	22.04
新增崩塌面積 (公頃)	5.04	27.28	54.08	87.04	98.65	138.42	182.17	229.85	22.04
新增崩塌土砂 量(10 ⁴ m ³)	8.92	51.24	102.21	164.88	186.98	262.62	345.83	436.53	41.27

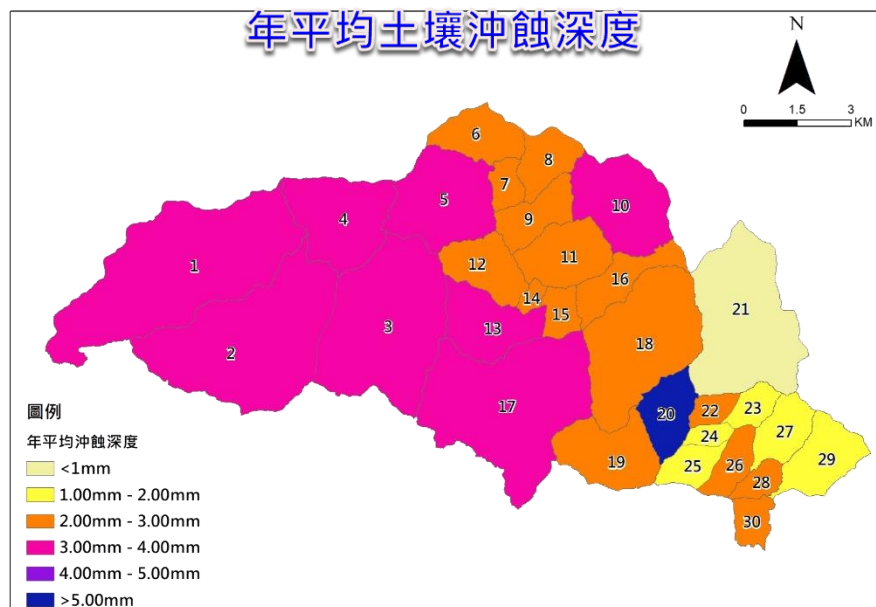
修正通用土壤沖蝕公式(MUSLE)

$$Q_s = 11.8(V_w \times Q_p)^{0.56} \times K_M \times L \times S \times C \times P$$

年平均土壤沖蝕量



年平均土壤沖蝕深度

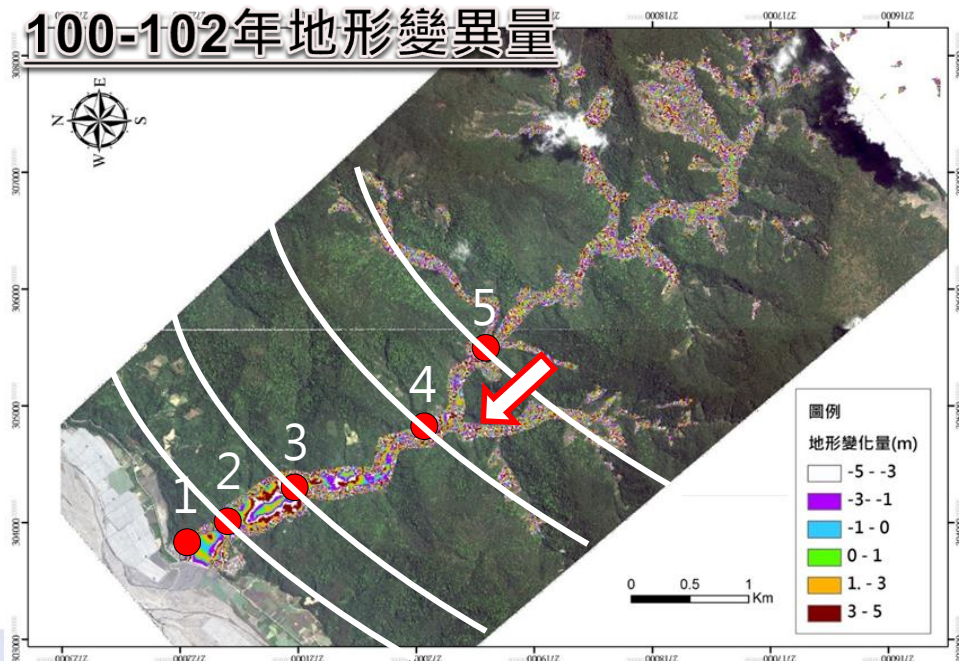


MUSLE	重現期(年)/概率權重								概率加權 年平均
	2年	5年	10年	20年	25年	50年	100年	200年	
	0.65	0.2	0.075	0.03	0.015	0.015	0.0075	0.0075	
土壤沖蝕量 (立方公尺)	57470	79308	109555	128774	134991	153514	170987	188133	72,318
平均沖蝕深度(mm)	2.59	3.57	4.94	5.80	6.08	6.92	7.70	8.48	3.26

大尺度土砂收支分析

河道輸砂量

100-102年地形變異量



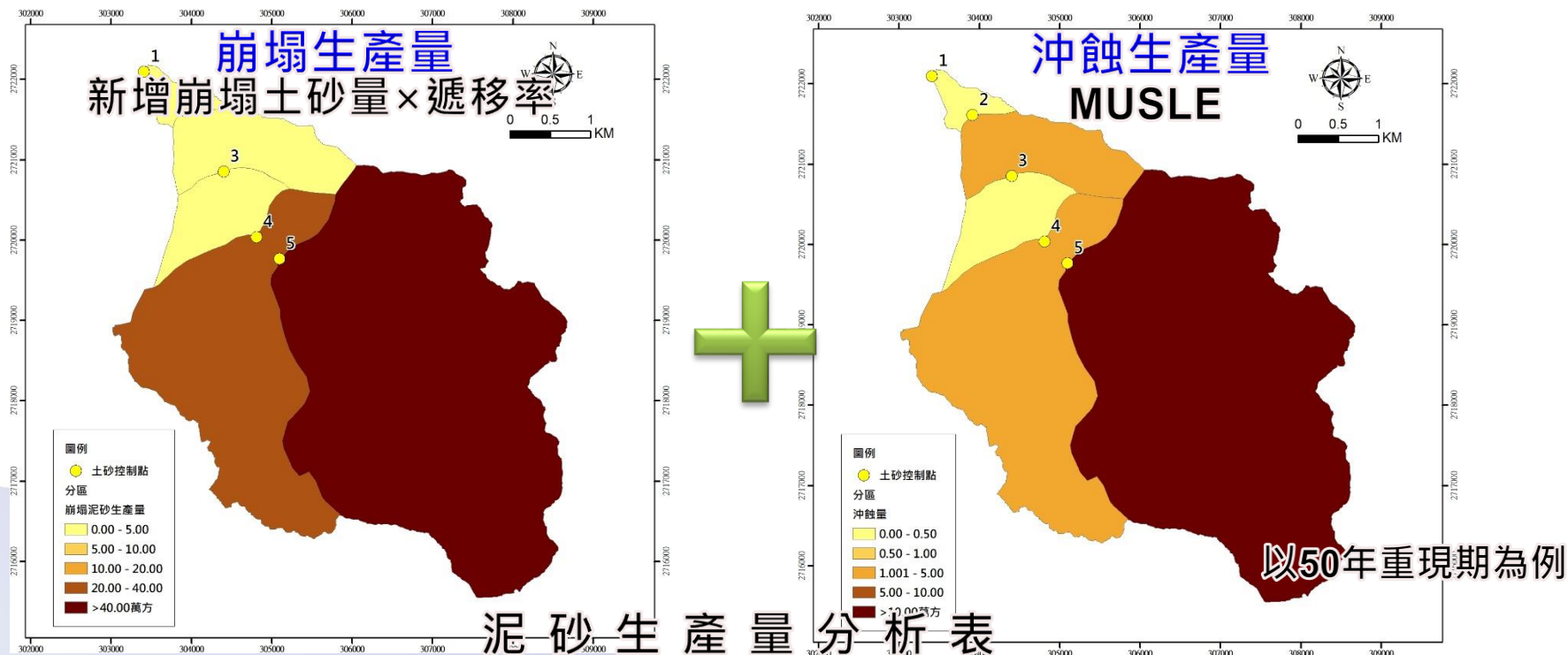
公式	控制點	2年 重現期 (10 ⁴ m ³)	50年 重現期 (10 ⁴ m ³)	100年 重現期 (10 ⁴ m ³)
何黃公式	5號壩上游	98.2	171.2	187.81
	4號壩上游	32.7	78.5	86.7
	2號壩上游	18.2	43.8	48.4
	1號壩上游	15.9	38.7	42.8
	碼崙溪出口	11.9	29.2	32.3

泥砂生產量推估(河床載運移)

採用台灣之何黃(1992)公式推估

$$q_s = 0.4383S^{1.41}(q - q_c)$$

- 泥砂生產量:坡面之崩塌生產量、沖蝕生產量及河道輸砂量(何黃氏)



泥砂生產量	重現期(年)/概率權重								概率加權 年平均
	2年	5年	10年	20年	25年	50年	100年	200年	
	0.65	0.2	0.075	0.03	0.015	0.015	0.0075	0.0075	
崩塌生產量 (10 ⁴ m ³)	2.96	17.05	34.03	54.91	62.27	87.46	115.18	145.39	13.73
沖蝕生產量 (10 ⁴ m ³)	5.75	7.93	10.96	12.88	13.50	15.35	17.10	18.81	7.23

大尺度土砂收支分析

土砂收支分析

土砂收支分析(50年重現期為例):

河道沖淤量 = 上游河道輸砂量 + 泥砂生產量 - 下游河道輸砂量



Q₅₀=2.121cms
S=0.025
D₅₀=3mm
44.16

: 河道輸砂量(圖上資訊 Q₅₀: 洪峰流量; S: 河床坡降; D₅₀: 河床載之粒徑)

26.87

: 土壤沖蝕量

A=61.71 ha
h=1.9 m
SDR=24%
23.43

: 崩塌泥砂生產量(圖上資訊 A: 崩塌地面積; h: 崩塌厚度; SDR: 遞移率)

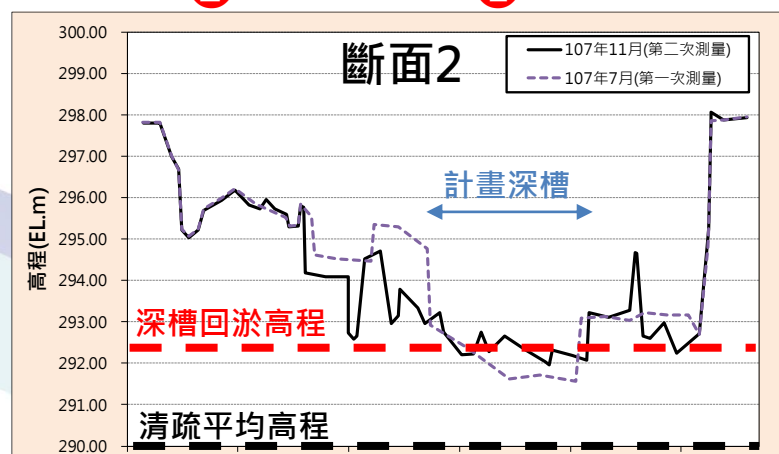
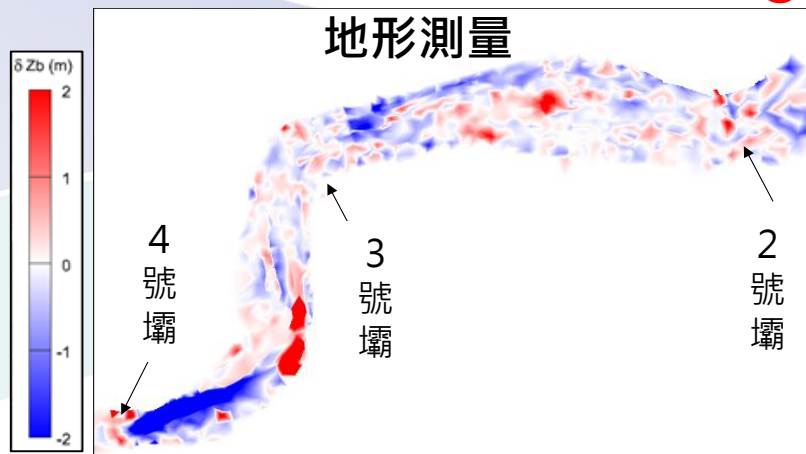
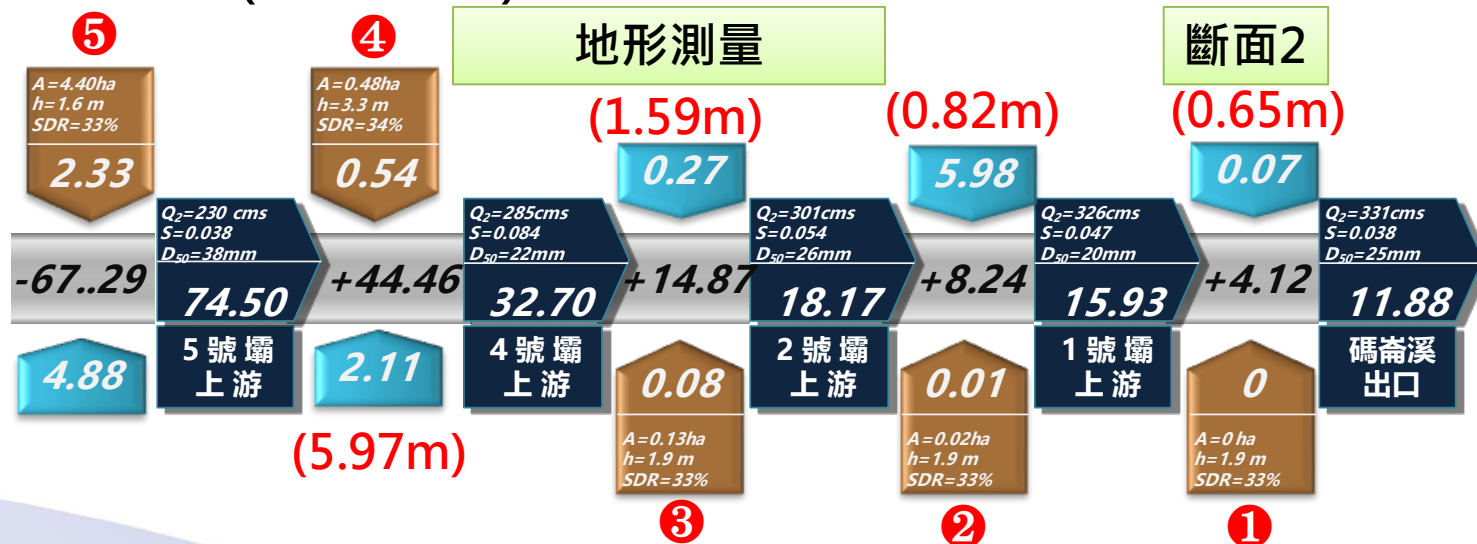
+25.57

: 泥砂沖淤量, 若+表淤積; -表冲刷

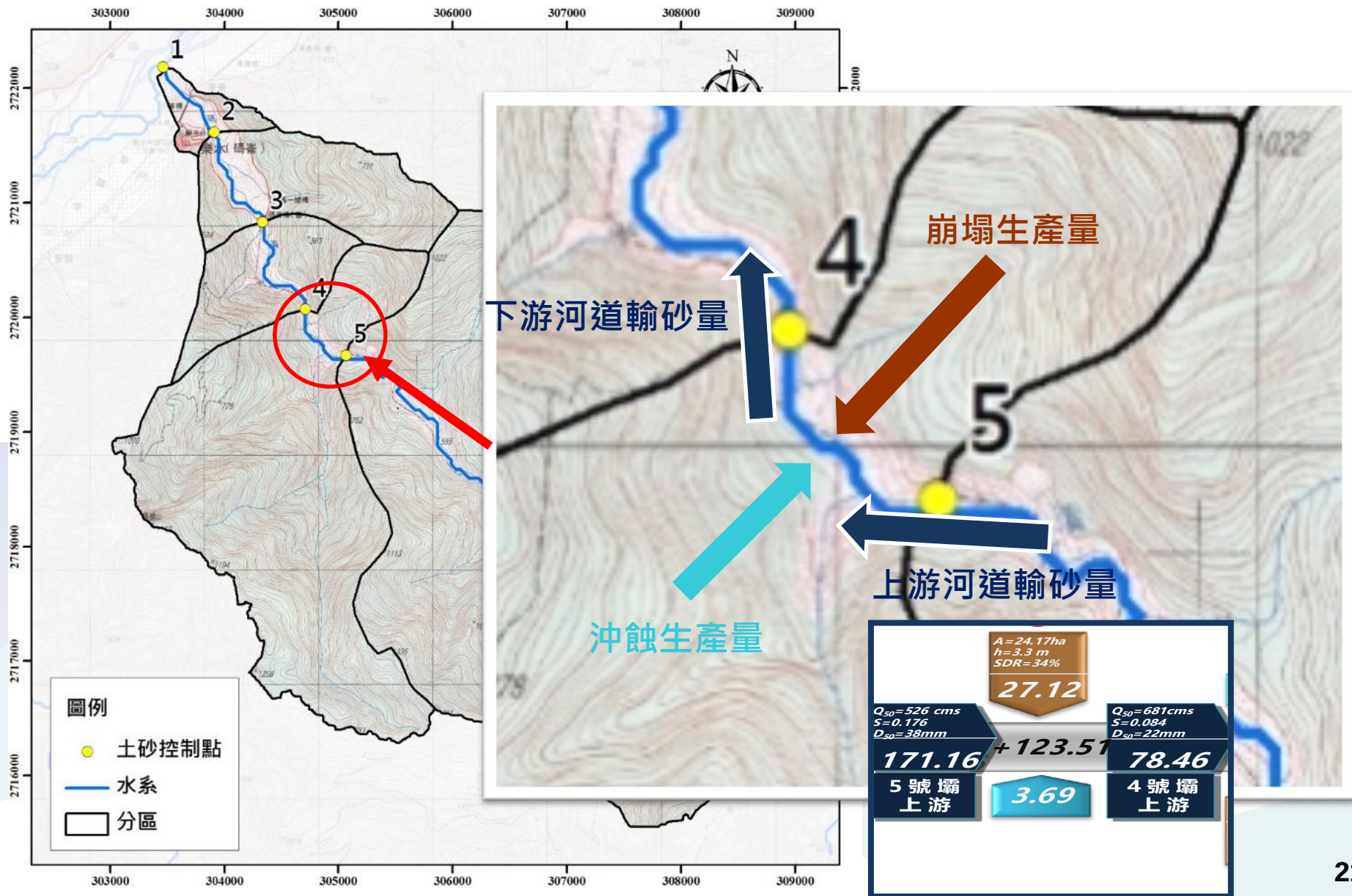
控制點	5年重現期				50年重現期				加權年平均			
	泥砂生產量			沖淤量	泥砂生產量			沖淤量	泥砂生產量			沖淤量
	崩塌	沖蝕	河道		崩塌	沖蝕	河道		崩塌	沖蝕	河道	
5號壩上游	11.98	4.88	106.83	-89.97	60.23	10.02	171.16	-100.91	9.71	4.68	91.56	-77.17
4號壩上游	4.97	2.11	47.72	66.20	27.12	3.69	78.46	123.51	3.93	1.76	40.70	56.56
2號壩上游	0.08	0.27	26.57	21.50	0.10	0.48	43.75	35.28	0.08	0.23	22.64	18.37
1號壩上游	0.01	0.60	23.41	3.77	0.01	1.04	38.72	6.09	0.01	0.50	19.91	3.24
碼崙溪出口	0.00	0.07	17.56	5.92	0.00	0.12	29.20	9.64	0.00	0.06	14.91	5.07

單位:10⁴立方公尺。

- 本年度降雨事件皆低於2年重現期，以2年重現期作為參考比對。
- 土砂收支分析(2年重現期):



一號壩下游明顯回淤，2至4號壩間沖淤互現，輕微淤積，整體趨勢相近



小尺度土砂收支分析

分析方法

碼崙溪集水區

碼崙橋
一號防砂壩

上游土砂下移，造成碼崙橋遇颱風豪雨即造成河道淤積

二號防砂壩

三號防砂壩

四號防砂壩(106年新設)

五號防砂壩



- 以實測資料建立小尺度土砂收支模式，評估土砂治理設施方案

工作方法

結果 目的

土砂收支分析小尺度

模式建立

地文

1. 歷年數值地形
2. 斷面測量
3. 治理工程資料

曼寧係數 n

1. 河床質
2. 現地環境

輸砂條件

河床質

水文量

降雨量

輸砂公式率定

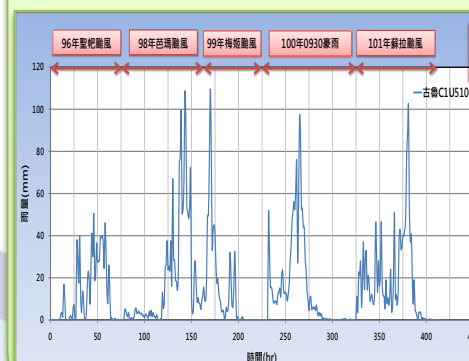
降雨情境分析

1. 計畫流量: Q_{50}

2. 尋常流量: Q_5

3. 長期變遷趨勢:

長期水文事件組合



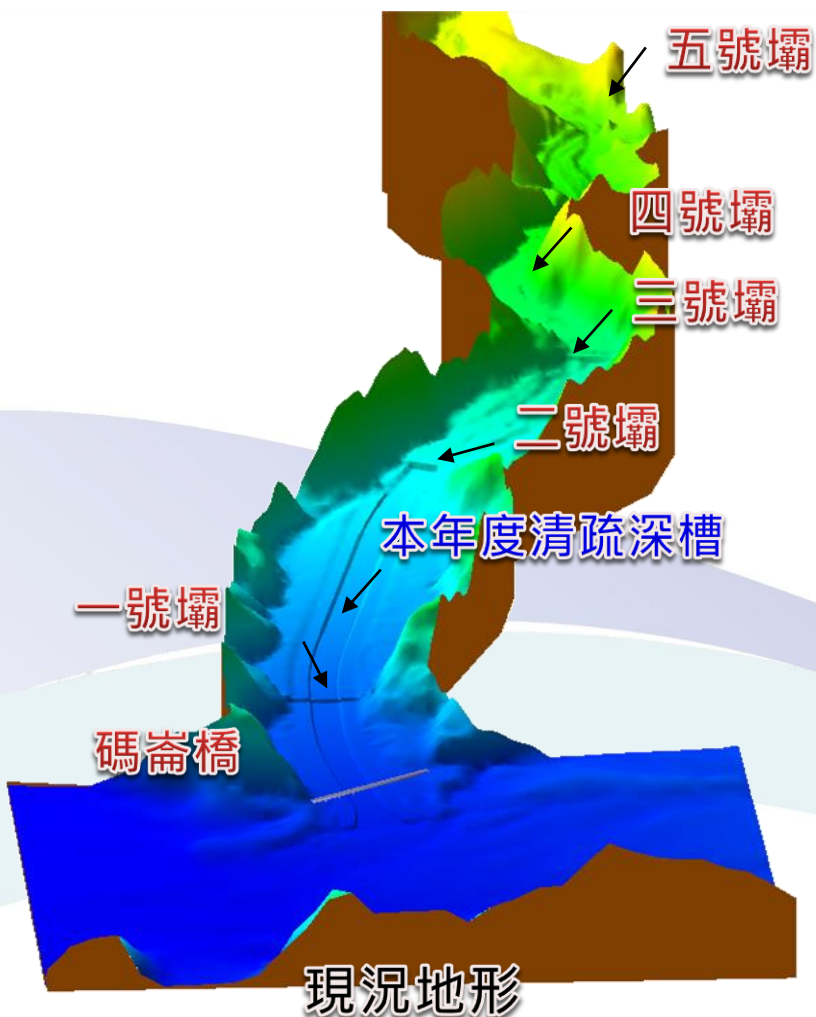
河床變動、輸砂量、通洪檢核

土砂治理設施方案

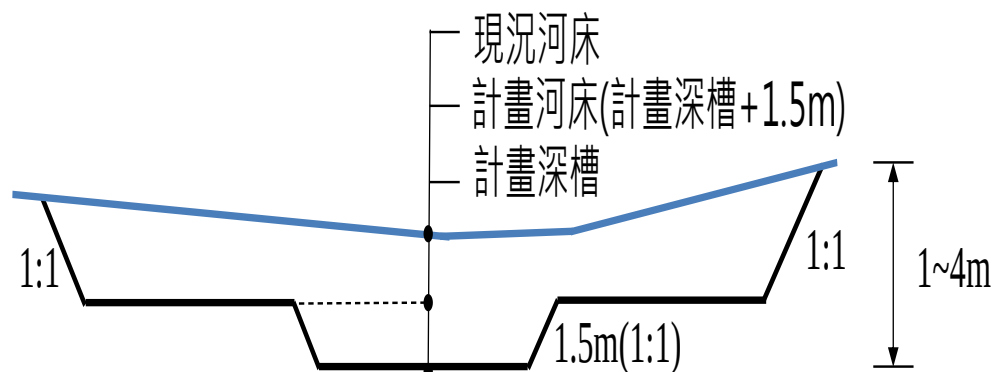
小尺度土砂收支分析

二維動床分析

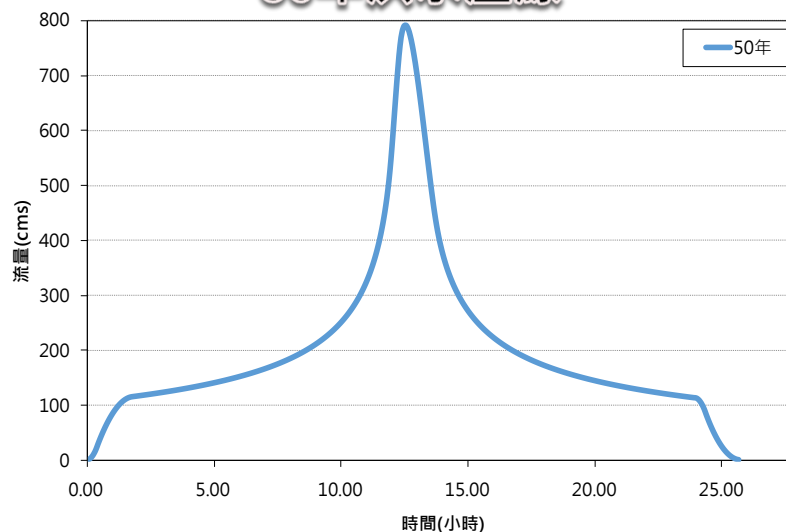
- 現況說明:縣府已於本年度進行清疏方案(河口至二號壩)，採複式斷面。
- 流量條件:50年重現期洪水量(792cms)
- 入砂條件:河道最大輸砂能力，假設土砂充足。



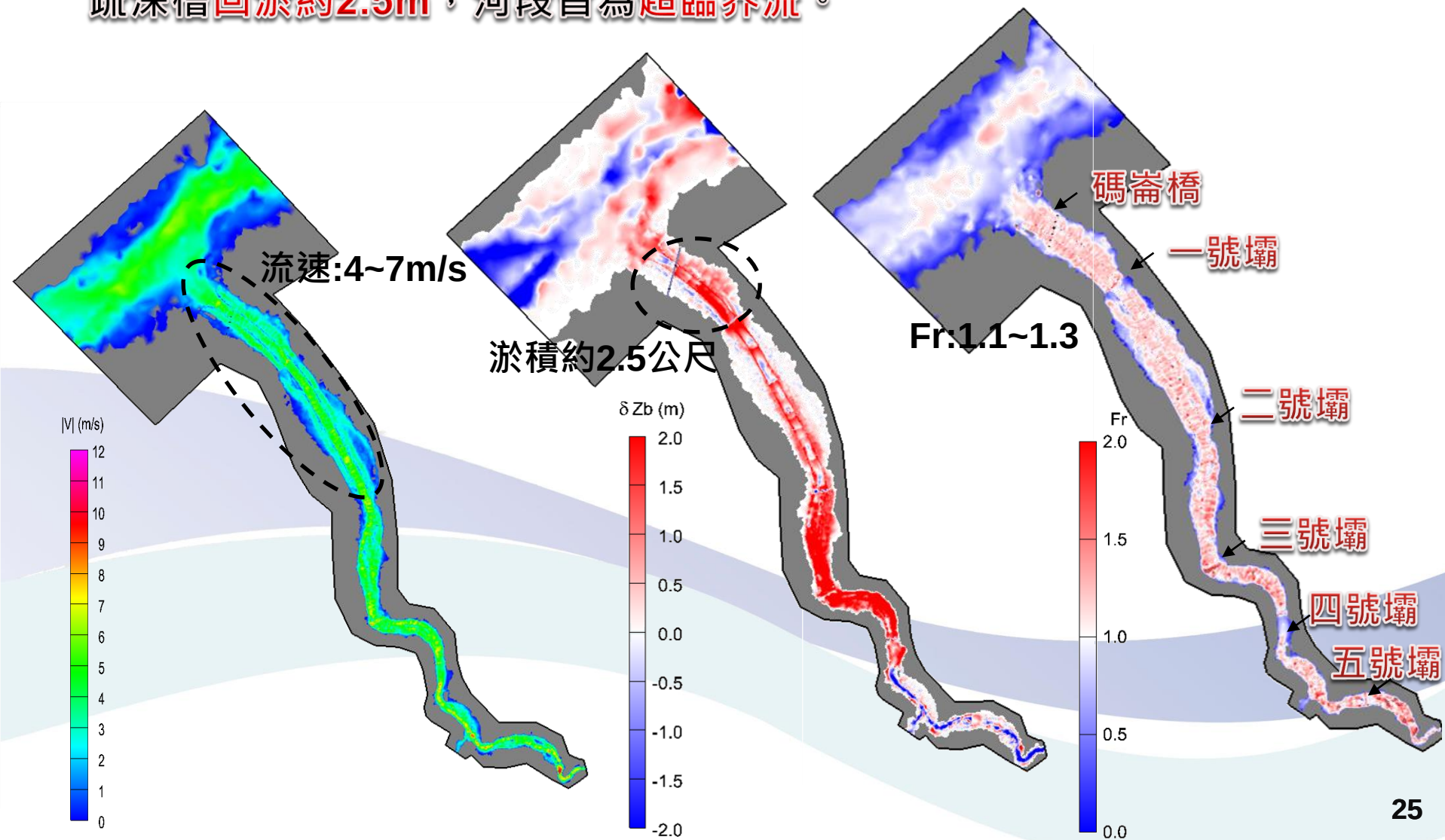
計畫清疏斷面



50年洪水歷線



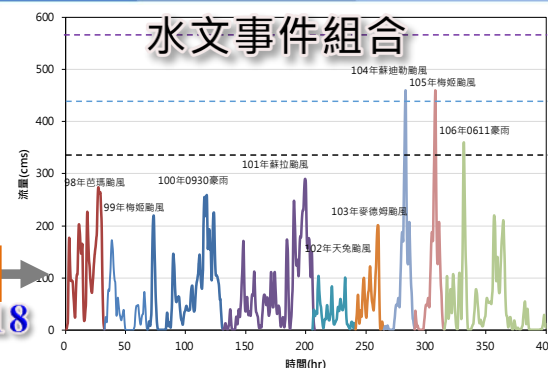
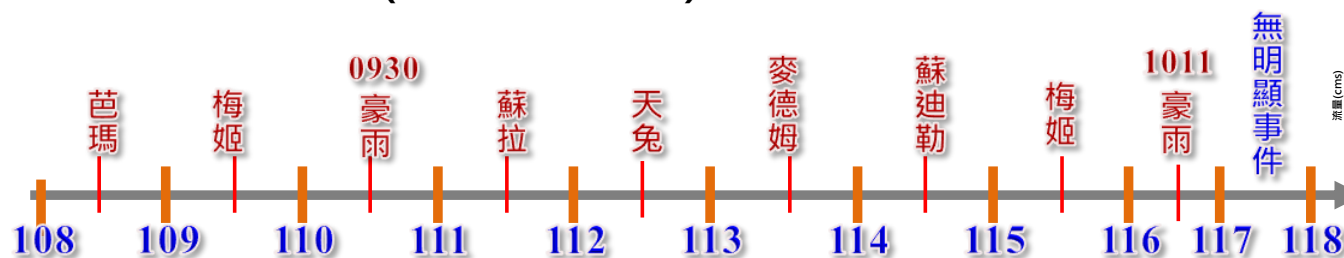
➤ 50年重現期洪水分析成果，清後後碼崙溪出口段流速約4~7m/s，清疏深槽回淤約2.5m，河段皆為超臨界流。



小尺度土砂收支分析

長期趨勢分析

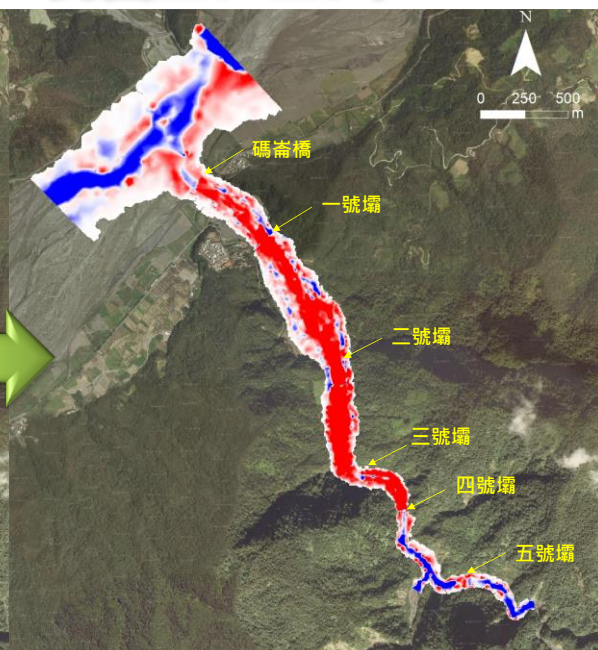
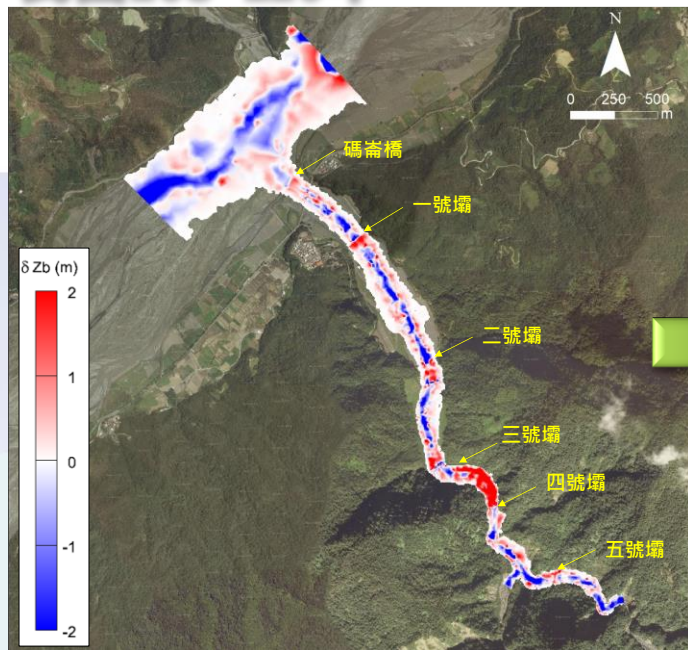
未來趨勢分析(水文事件組合):



民國108~110年

民國110~113年

民國110~118年

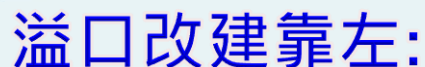


碼崙橋、3號壩至4號壩間淤積

河道整體淤積

河道整體淤積

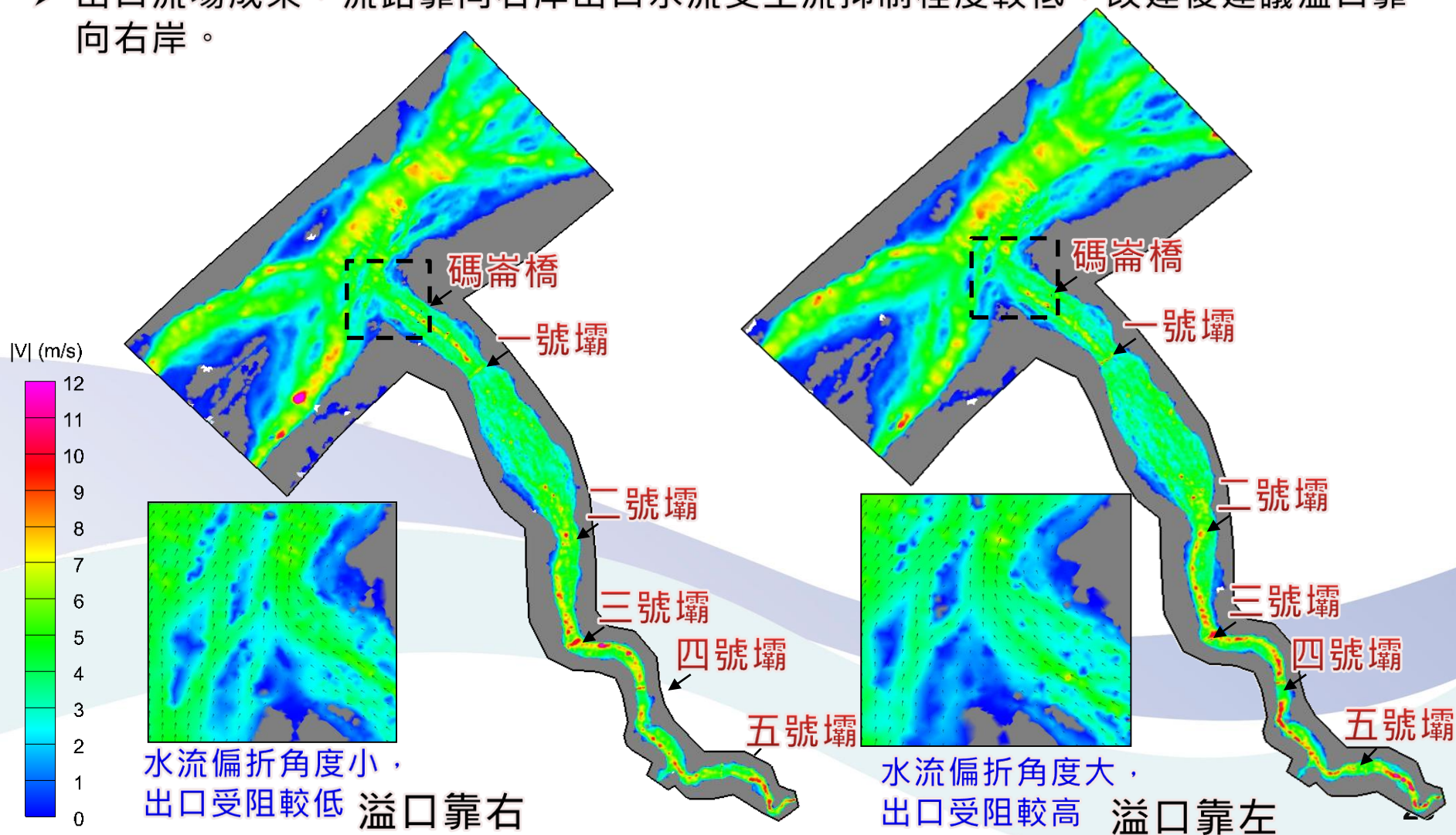
- ## 現況:



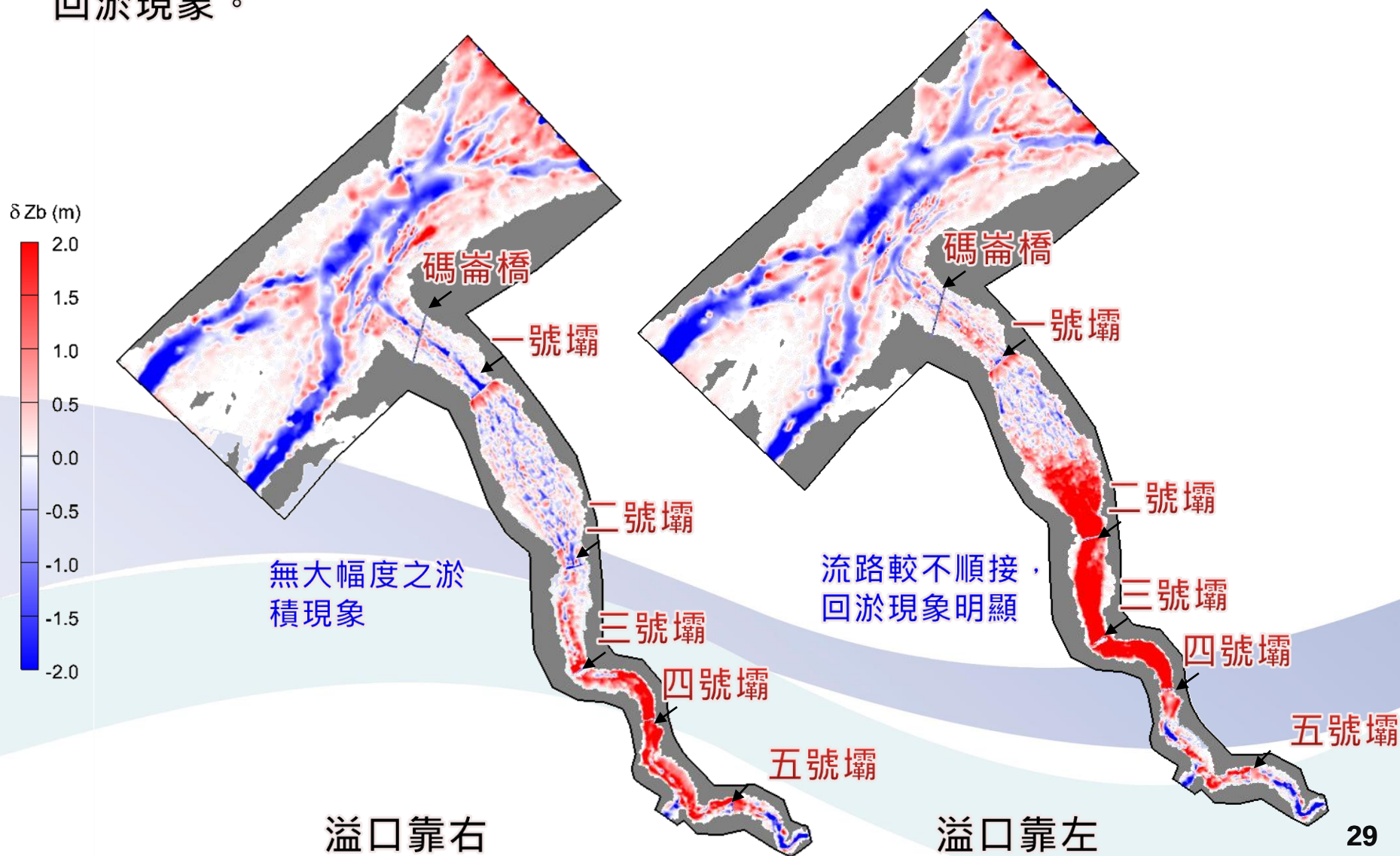
策略成效分析

溢口位置評估

- 依模擬成果，溢口靠右下游清疏深槽高流速區明顯；靠左流速較緩高流速區較不明顯。
- 出口流場成果，流路靠向右岸出口水流受主流抑制程度較低，改建後建議溢口靠向右岸。



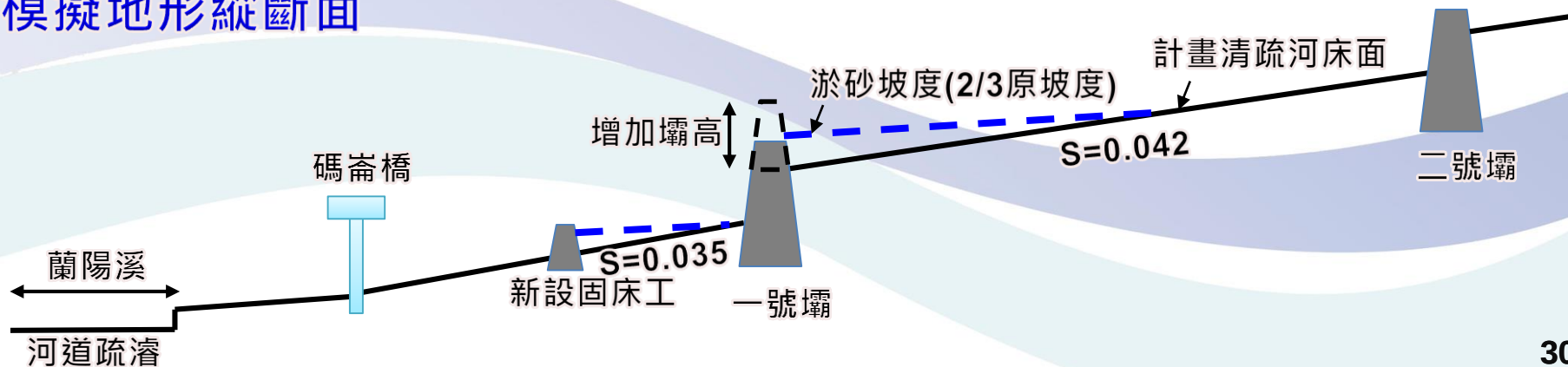
- 依模擬成果，溢口靠右則呈現輕微沖刷現象；溢口靠左上下游皆有明顯之回淤現象。



方案配置:



模擬地形縱斷面

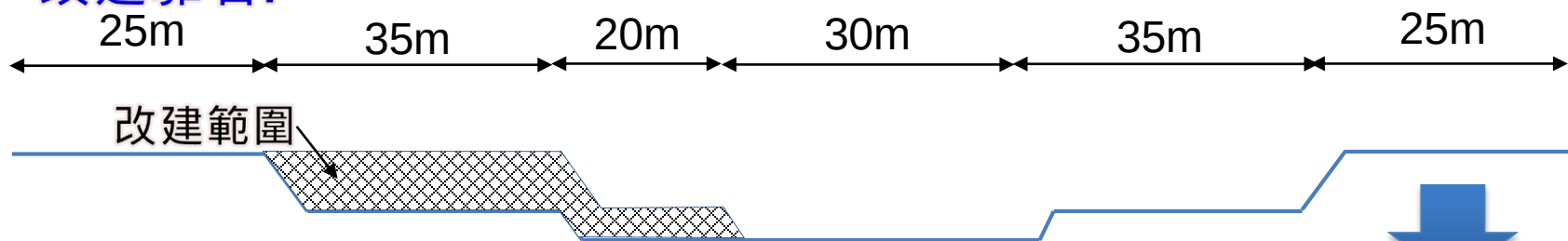


各方案配置目的:

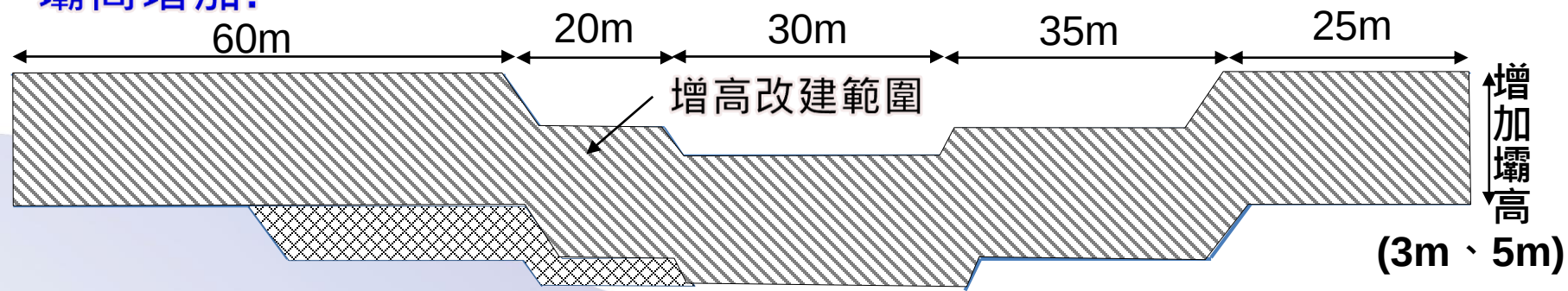
- 蘭陽溪主流河道疏濬
藉由主流疏濬，降低蘭陽溪水位，減少壓迫碼崙溪河口水流情形。
- 新設固床工
藉由複式斷面固床工導流穩定流路。
- 一號壩加高
藉由不同高度之防砂壩對於下游沖淤變化，作為改善防砂壩之參考。

一號壩加高:

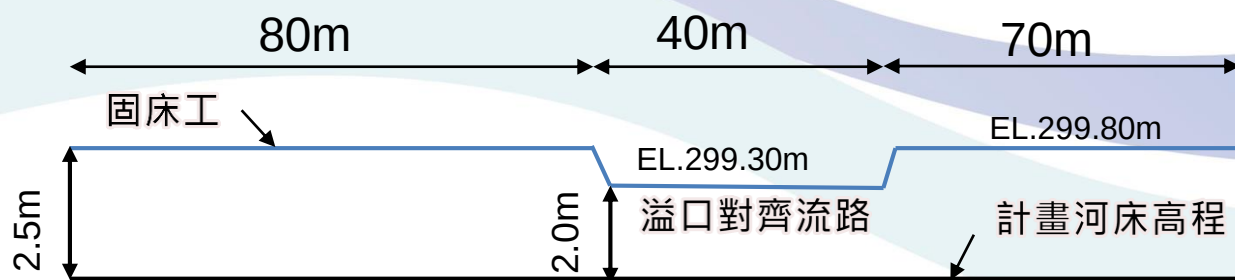
改建靠右:



壩高增加:

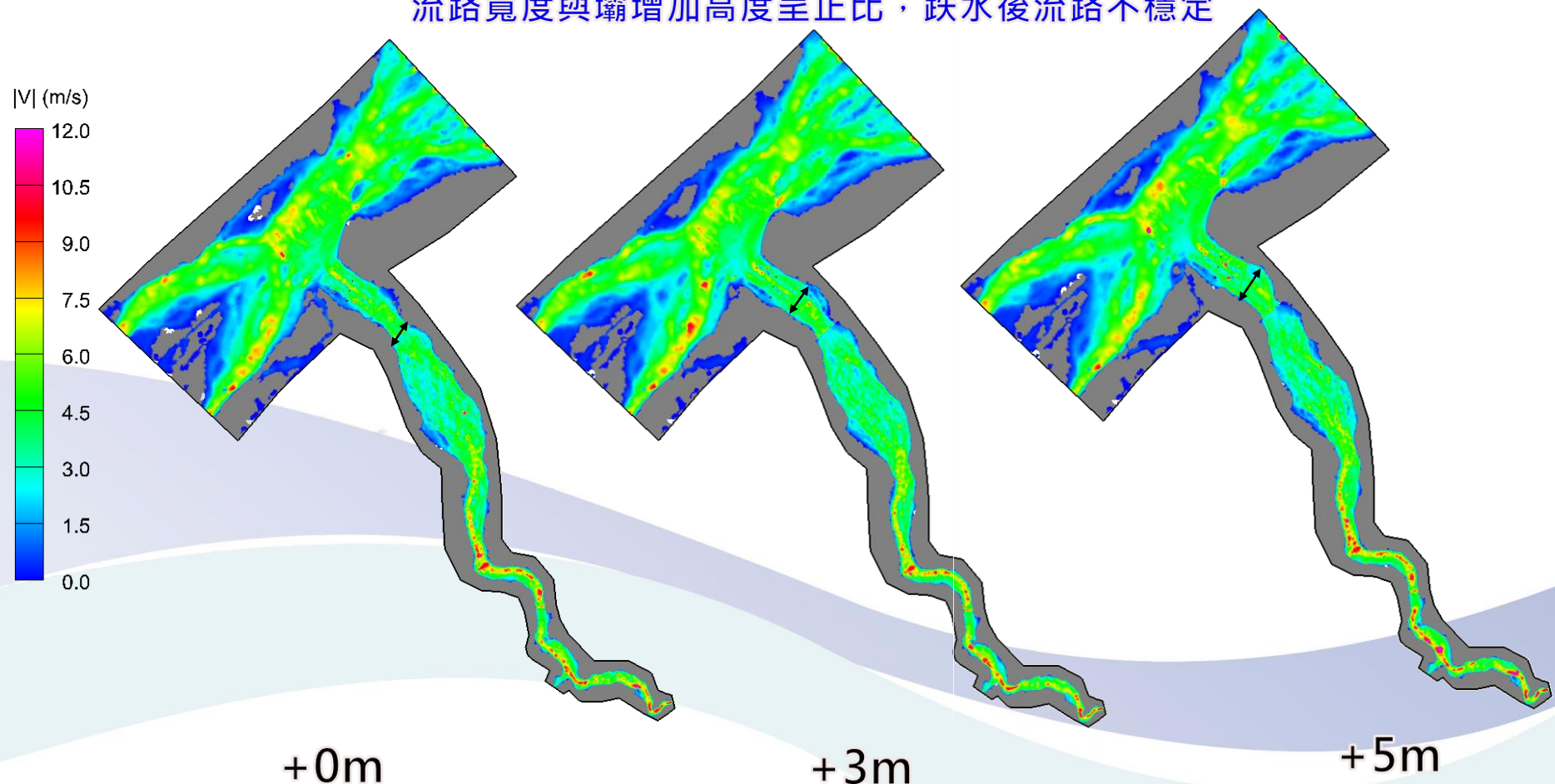


新設固床工:



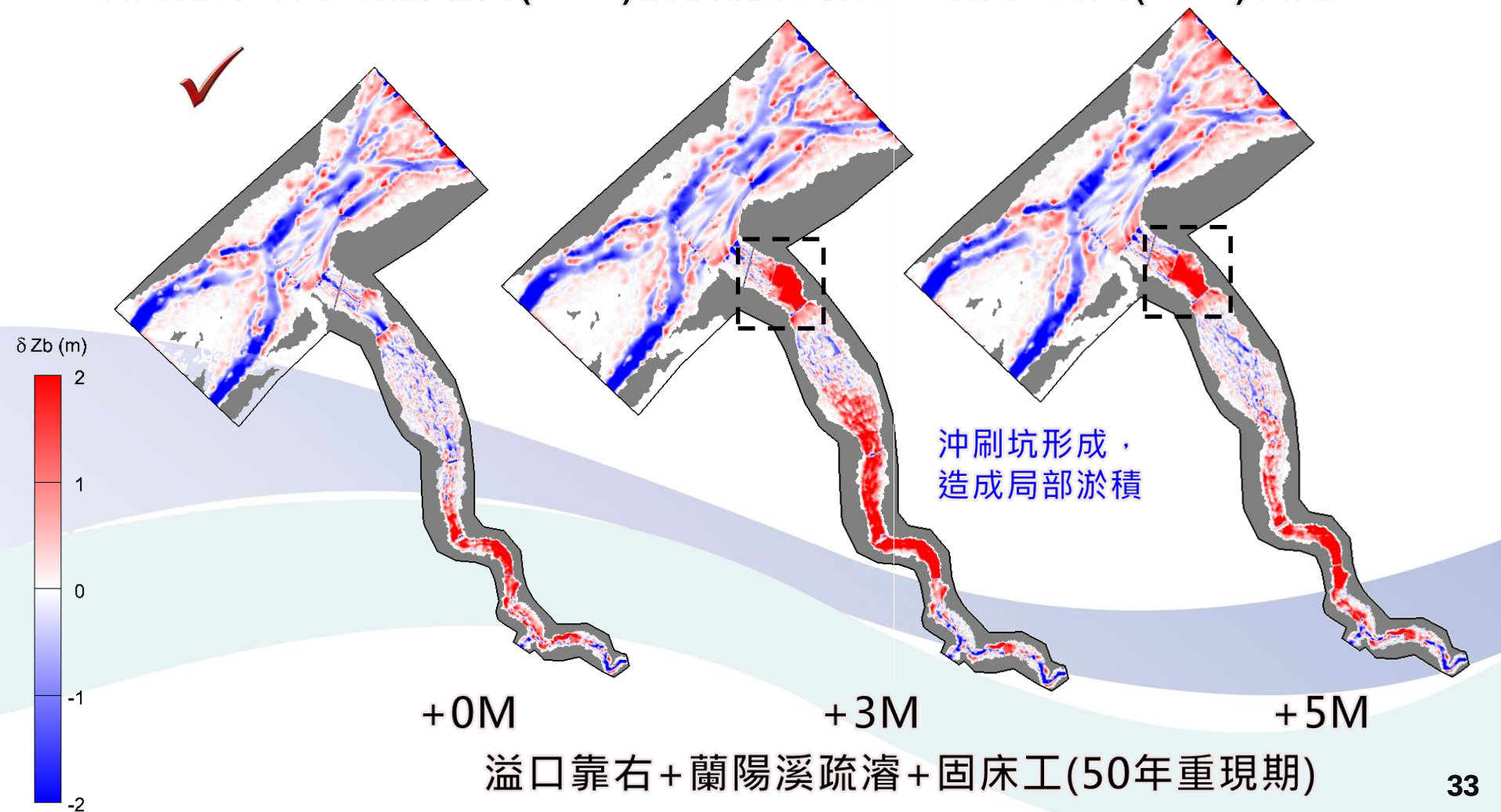
- 高頻率年(50年)流量事件下，壩加高後所產生之跌水，使流速變緩，流路不穩定。

流路寬度與壩增加高度呈正比，跌水後流路不穩定

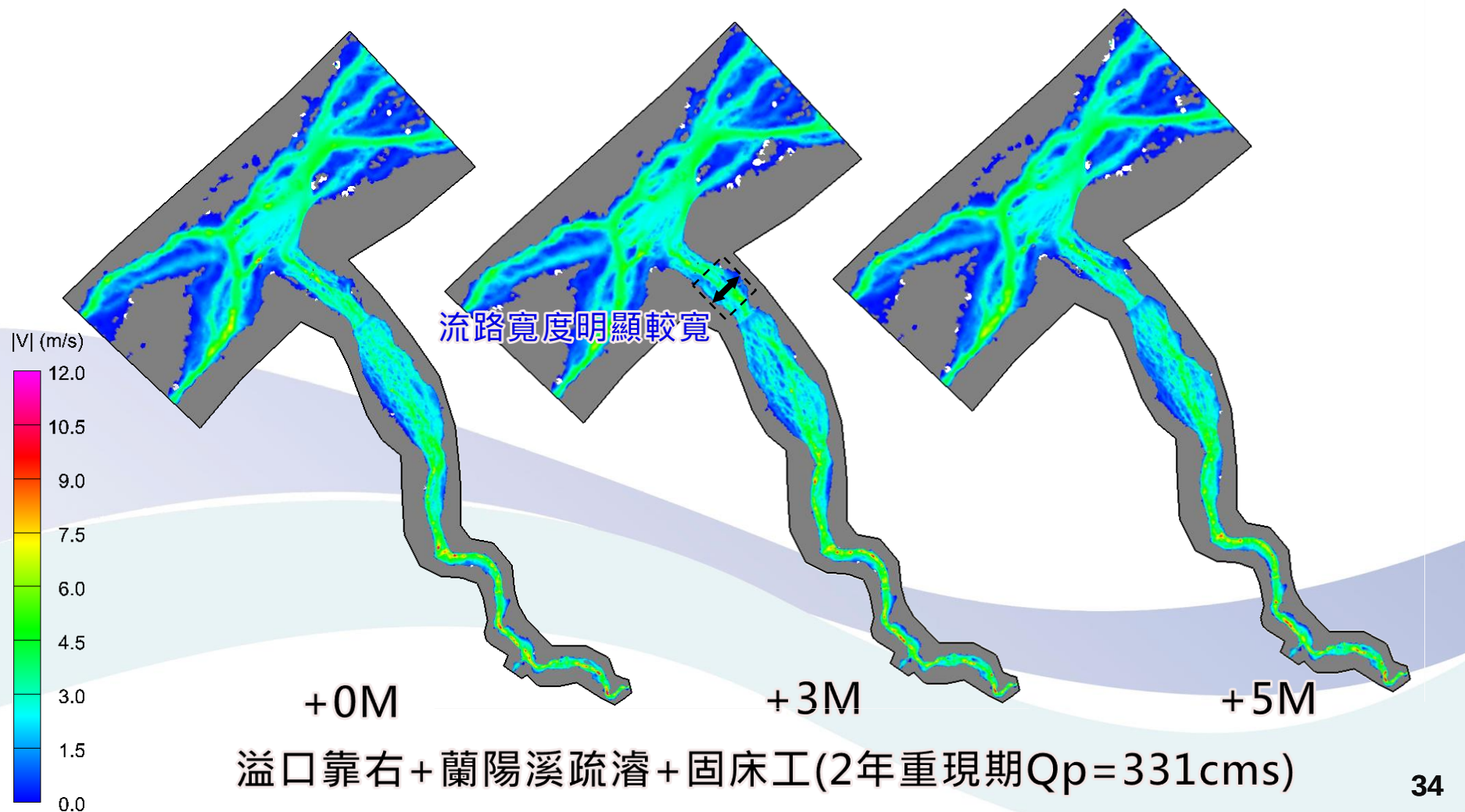


溢口靠右+蘭陽溪疏濬+固床工(50年重現期)

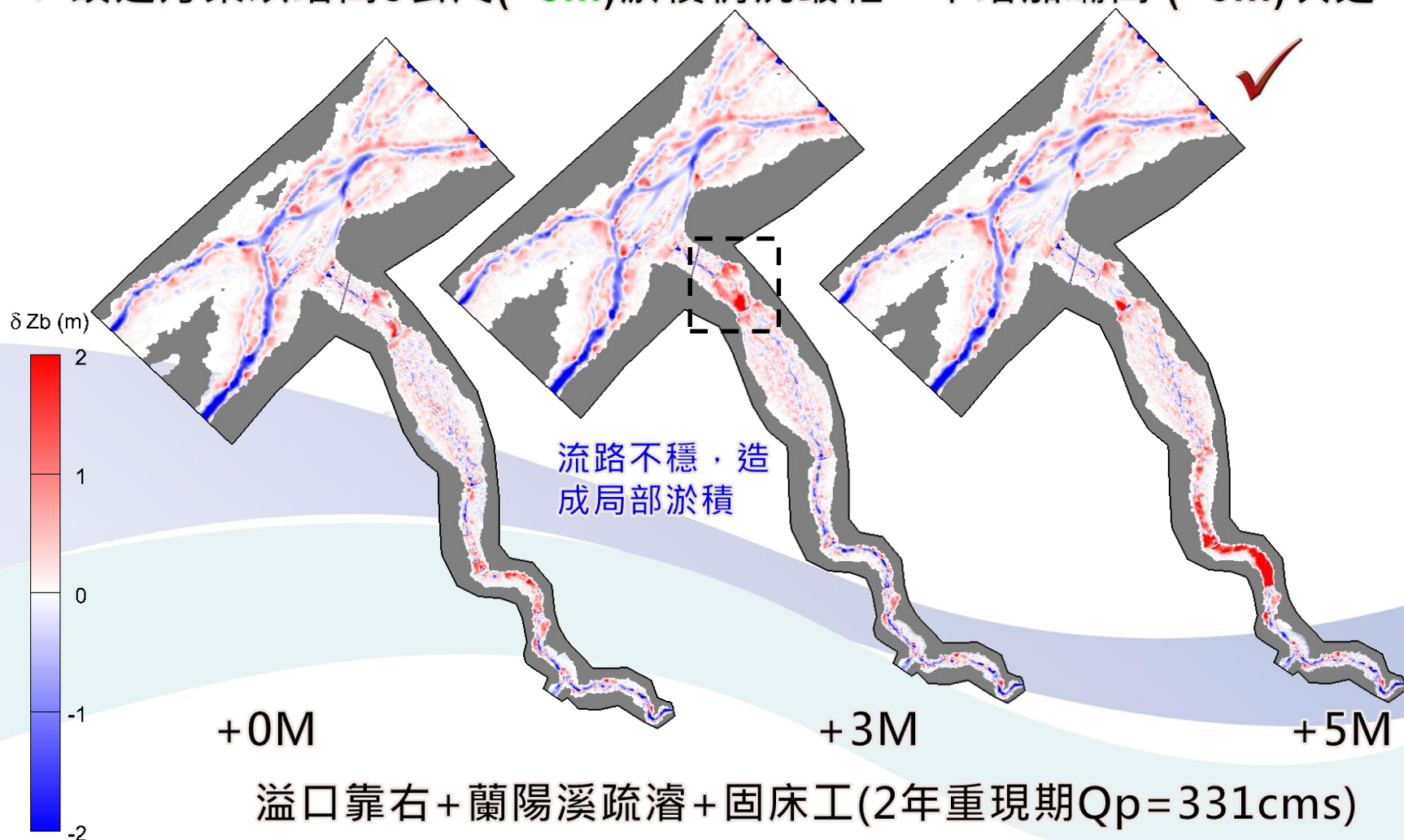
- 高頻率年(50年)流量事件下，壩加高後所產生之跌水，使流速變緩，流路不穩造成局部淤積。
- 改建方案以不增加壩高(+0m)淤積情況最輕，增高5公尺(+5m)次之。



- 低頻率年(2年)流量事件下，壩加高後所產生之跌水，+0m及+5m流速較集中，+3m則因河幅變寬，流速較緩。



- 低頻率年(2年)流量事件下，壩加高後所產生之跌水對於+3m方案影響較為顯著。
- 改建方案以增高5公尺(+5m)淤積情況最輕，不增加壩高(+0m)次之。



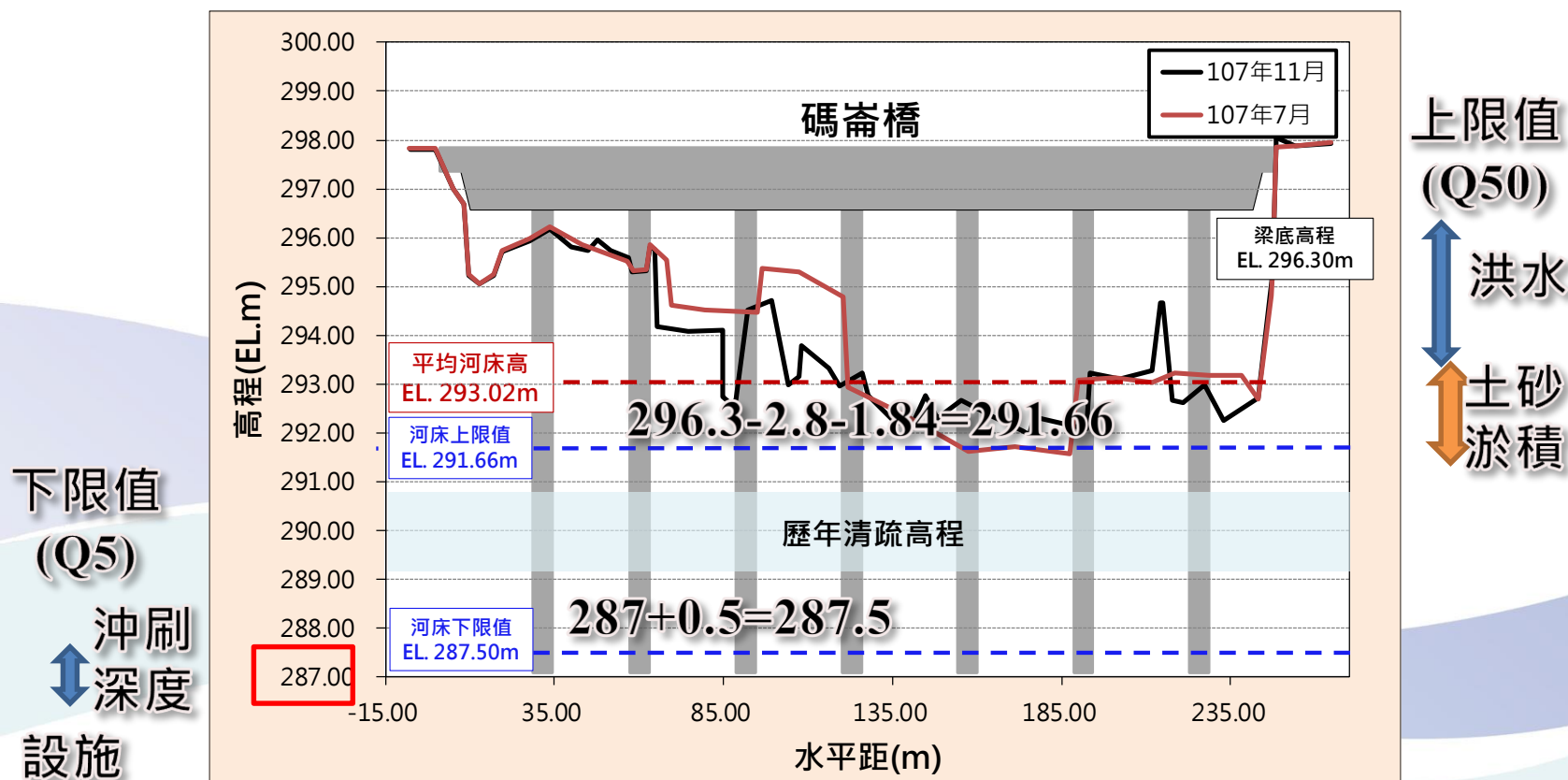
土砂治理策略評估

河道容許變遷範圍評估

上限值 = 容許水位高程 - 計畫水深 - 淤積深度(50年重現期) 或 出水高1.5公尺(取大值)

下限值 = 構造物基礎高程 + 沖刷深度(5年重現期) 或 2公尺覆土深(取大值)

平均淤積深度約2.80m，計畫水深1.84m，平均沖刷深度約0.43公尺



歷年計畫清疏高程約在EL.289.00m至EL.291.00m，符合上限值。

土砂收支分析

大尺度(集水區)

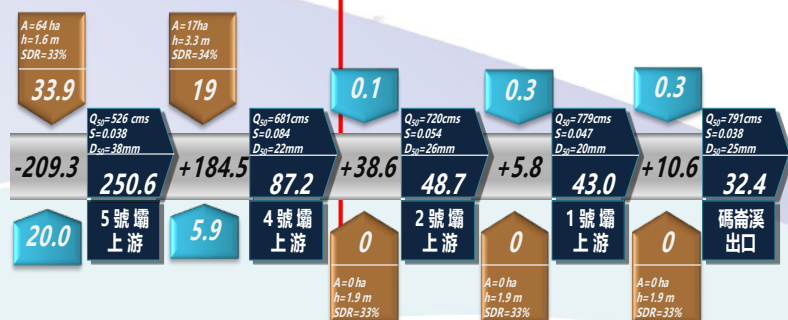
出流管制

- 多砂河川
- 水庫集水區
- 海岸敏感區

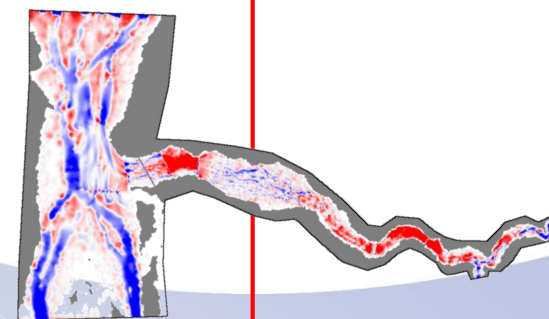
小尺度(重點河段)

治理方案

- 大型防砂設施
- 經常性災害區
- 生態敏感區



土砂量體管理



溪床變動管理



簡報完畢
敬請指教

