

「溪流治理之觀念與執行」教育訓練

簽到表

時間	108 年 8 月 2 日(星期五) 9 時至 15 時	地點	本局第三會議室 (4 樓)
簽 名 欄			
陳智秀	蘇邱蓮	黃永發	
		林志明	
李一因		潘思宇	林馬
林政倫	張伯燭	洪武雄	林立宏
廖秋宏	陳信言	李辛弘	宋宇姍
范力仁	李芷筠	莊立斯	林志明
陳柳輝	王慧高	林志明	李秀芳
鄧南育	劉郁芬	魏立德	張介明
胡家豪	周成良	呂素卿	白淑娟
陳昭平	何裕文	林煥賢	黃英仁

《水利署第九河川局教育訓練》



溪流河相學& 近自然治理工程

中興工程顧問公司・工程美學中心

楊佳寧 博士

2019.8.2

《大綱》

- 一、溪流河相學
- 二、河溪治理基本概念
- 三、復育案例分享
- 四、鰲溪的復育方針
- 五、野溪的公民科學



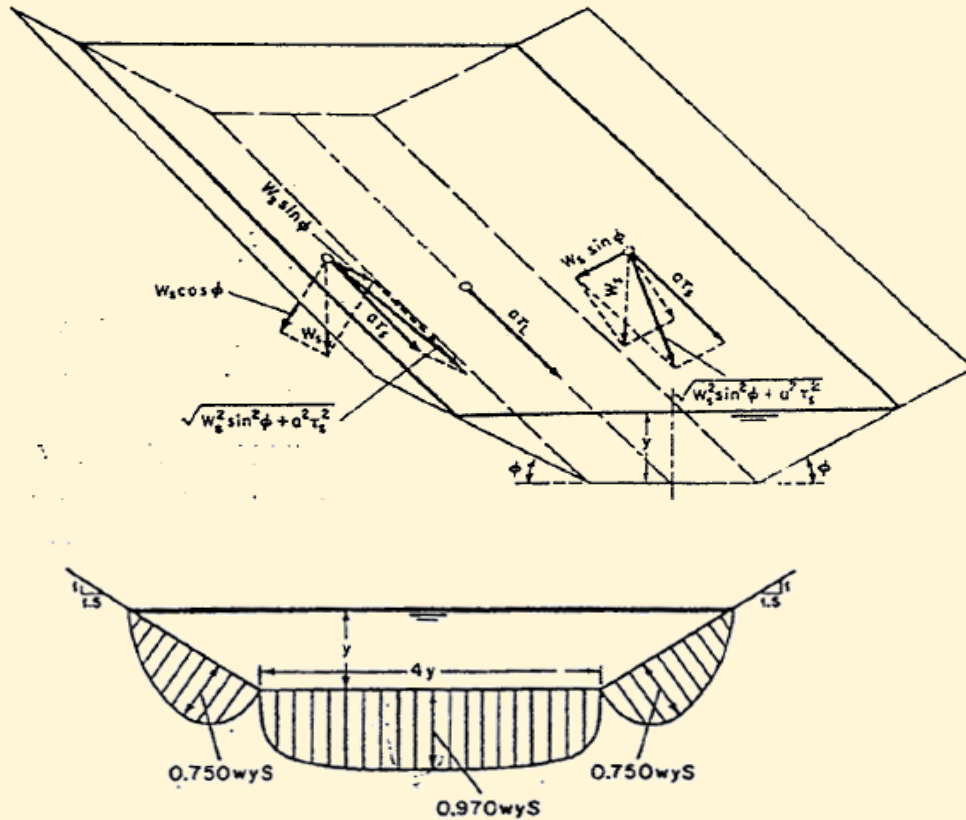
溪流河相學

河相學：研究河川面相(個性)的學問

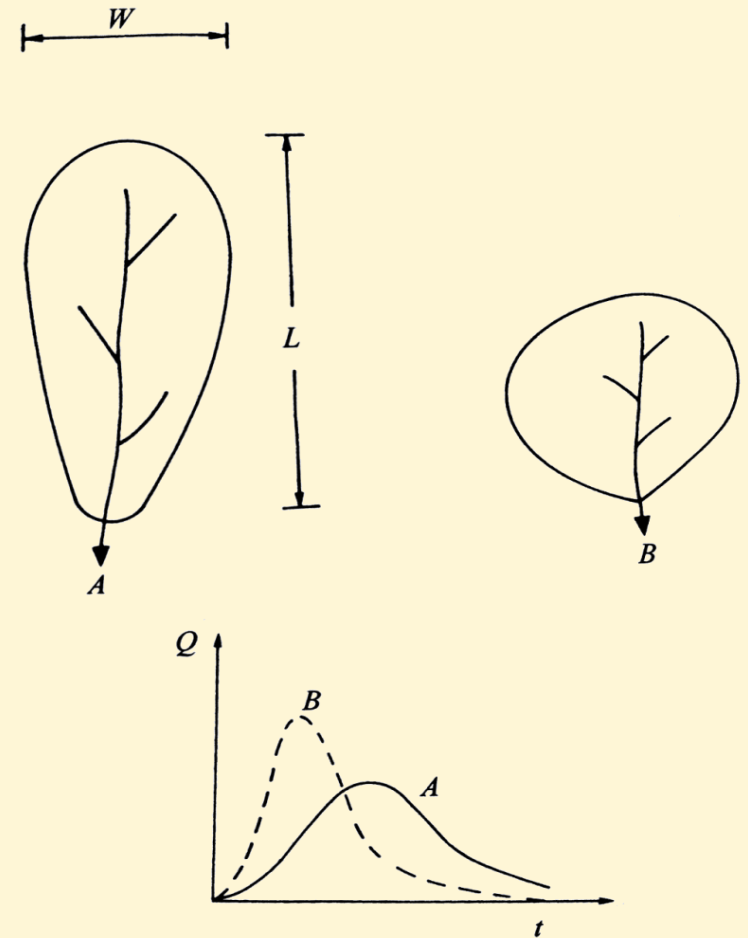
(fluvial geomorphology, 河流地形學)



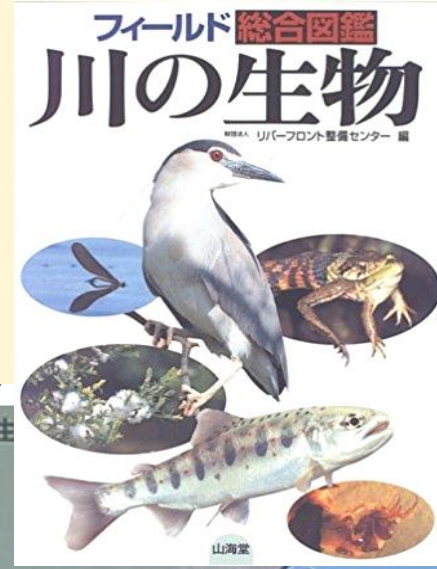
大學土木系見到的河川



「明渠水力學」教科書中的河道
(Ven Te Chow, Open Channel Hydraulics)

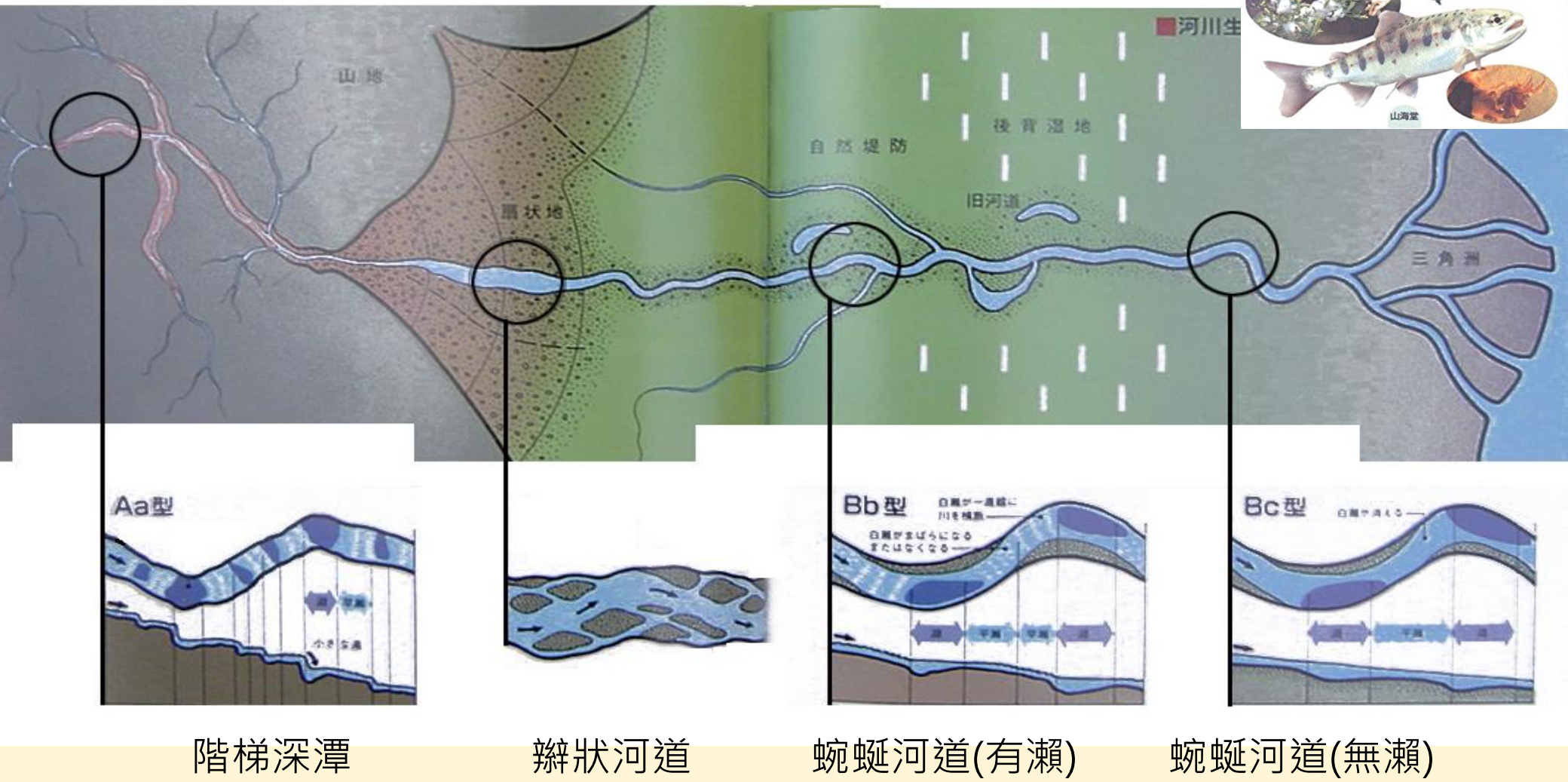


「水文學」教科書中的流域
(李光敦著)

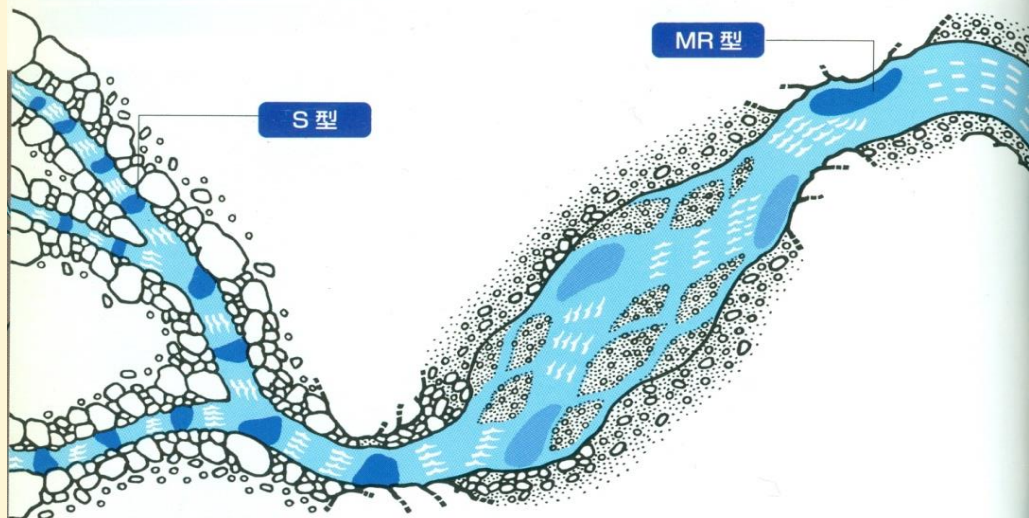


在日本初見河川的整體樣貌

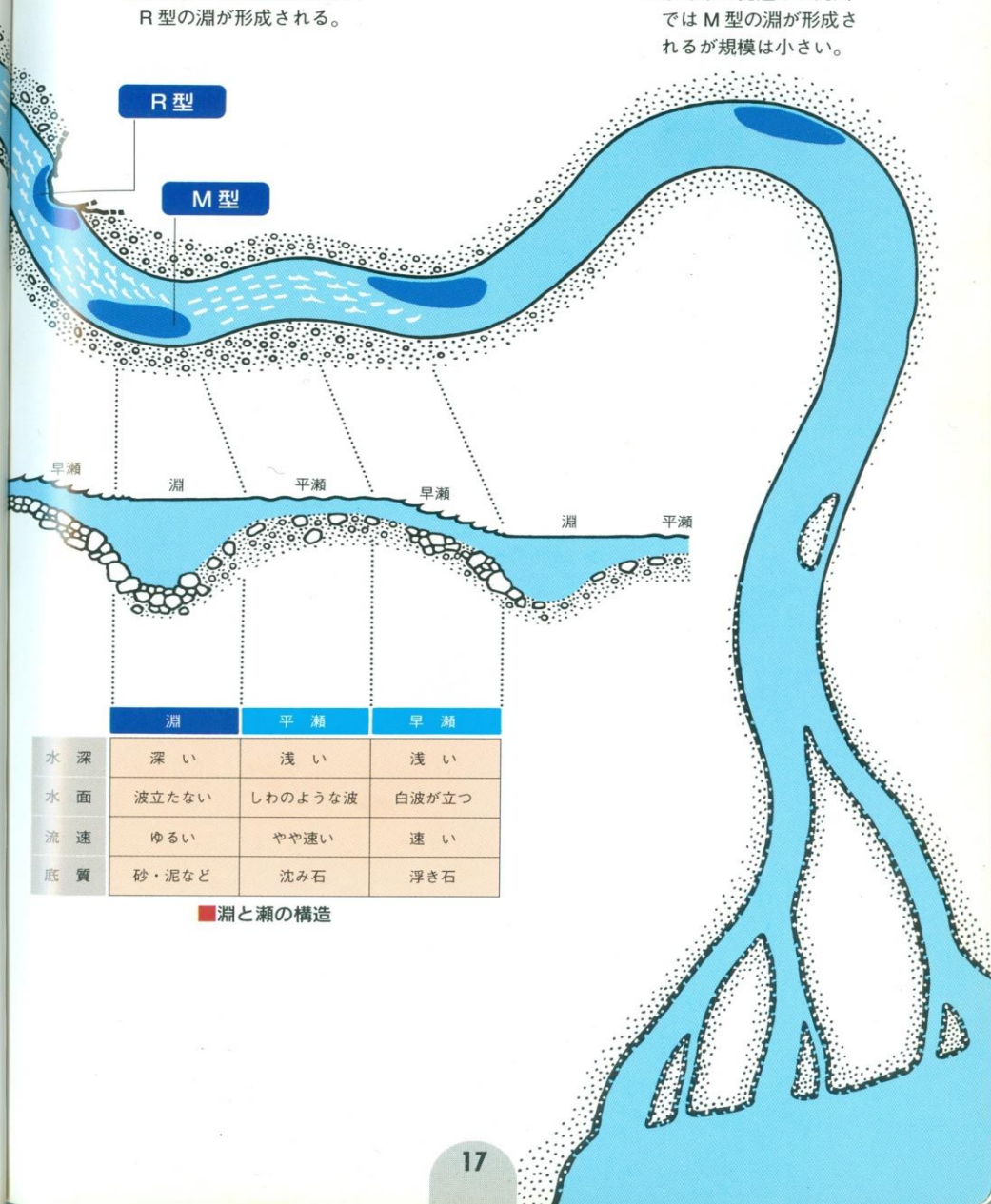
出處：「河川生物野外綜合圖鑑」：河川整備中心



●直線河道にS型の淵が連続する。



●M型とR型の淵が多い。



●蛇行点にはM型の淵が多い。

●橋脚などの構造物周囲にはR型の淵が形成される。

●明瞭な瀬はみられない。

●砂礫堆の発達した河川ではM型の淵が形成されるが規模は小さい。

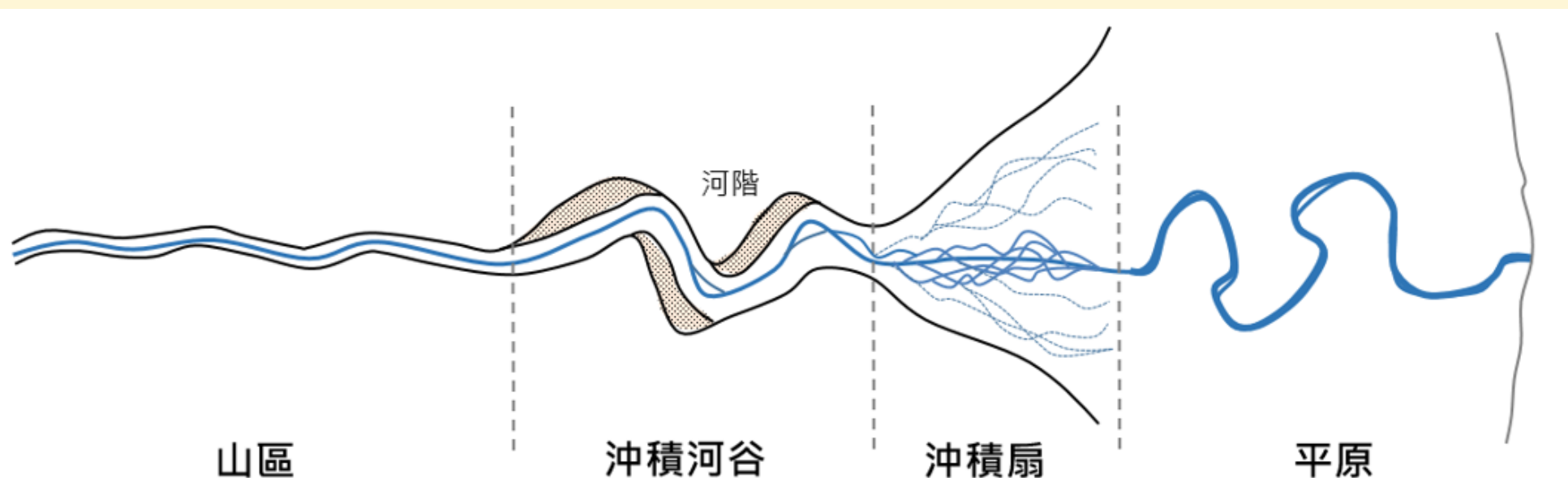
■主な淵の型と工学的な成因

工学 的成因	淵の型					
	S型 (Substrate)	R型 (Rock)	M型 (Meander)	D型 (Dam)	O型 (Ox-Bow)	複合型 MR型 MS型
流砂と流水の相互作用によるもの	溪流における階段状の河床形態による深み		砂洲前縁部からの落ち込み部			
岩や構造物の周りの洗掘によるもの		大きな岩や橋脚の周りなど				規模の大きなものが多い
川の曲りによるもの			流路の蛇行部など			
落水によるもの	滝や堰の下での落ち込み					
堰上げ等の背水によるもの				堰などの湛水部など	ワンドや三日月湖などを指す	

	淵	平瀬	早瀬
水深	深い	浅い	浅い
水面	波立たない	しわのような波	白波が立つ
流速	ゆるい	やや速い	速い
底質	砂・泥など	沈み石	浮き石

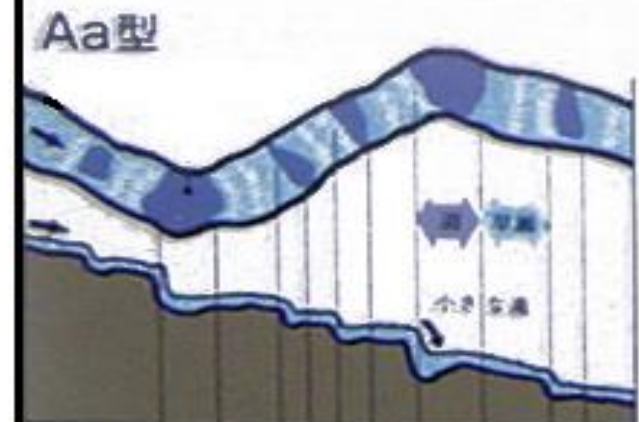
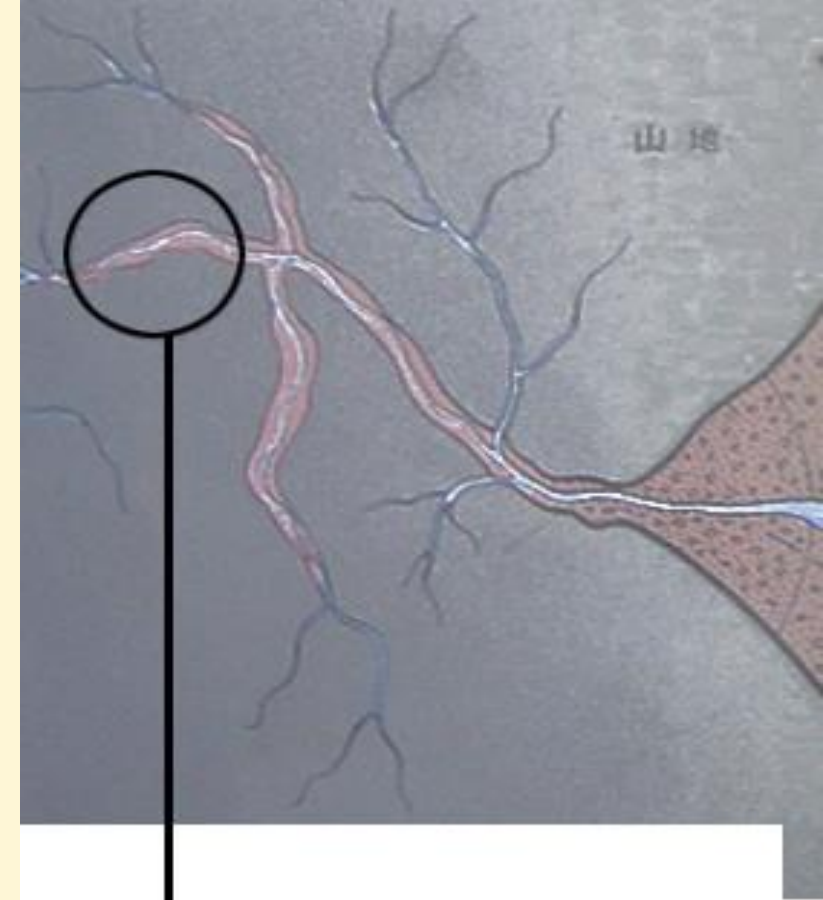
■淵と瀬の構造

縱向地形分段原則



	山區	沖積河谷		沖積扇	平原
河床坡降	> 1.66 % (1/60)	1.66 % ~ 0.25 %		< 0.25 (1/400) %	
河道谷壁限制	明顯受谷壁限制	受谷壁或河階崖局部限制		河谷開展受谷壁或扇階局部限制	無谷壁限制
河道地形特性	流路相對穩定	流路於谷壁間局部改道		等高線呈扇狀分布河道易改道	河道蜿蜒易改道

山區：階梯深潭(坡度 $>1/60$)





石頭下的水蠚



照片：方韻如

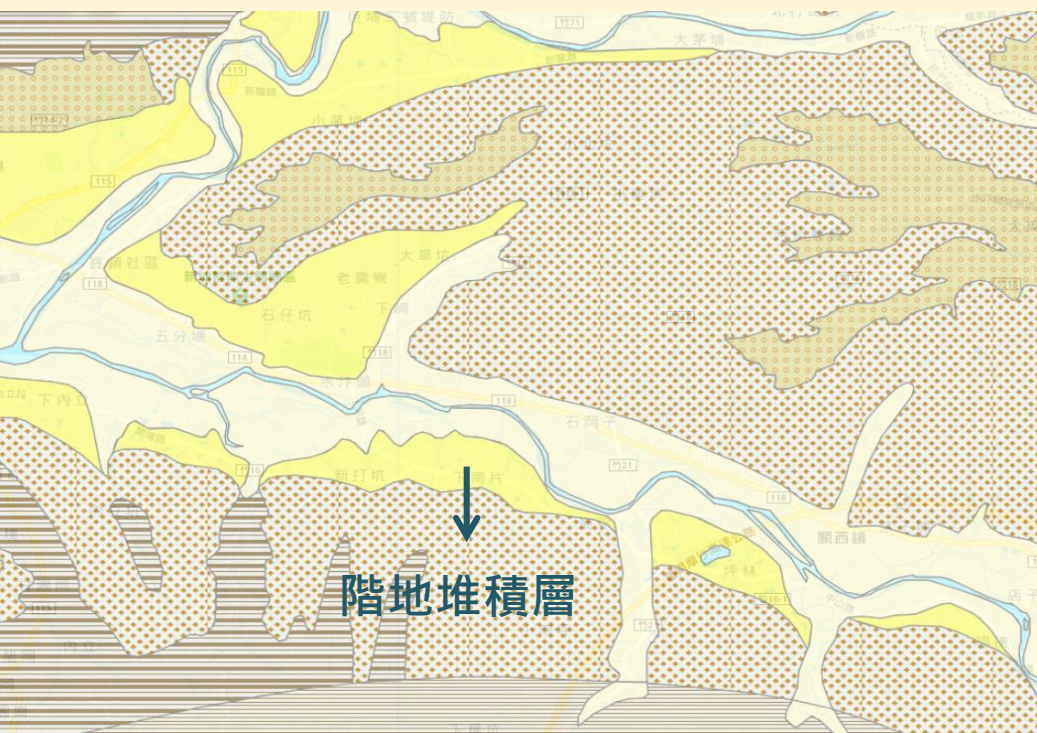
■ 階梯瀨潭可由洪水自然維持



沖積河谷：辮狀或蜿蜒河道(坡度1/60~1/400)



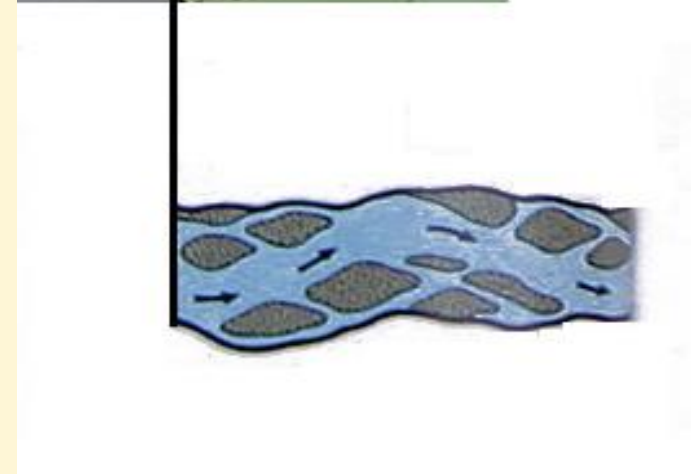
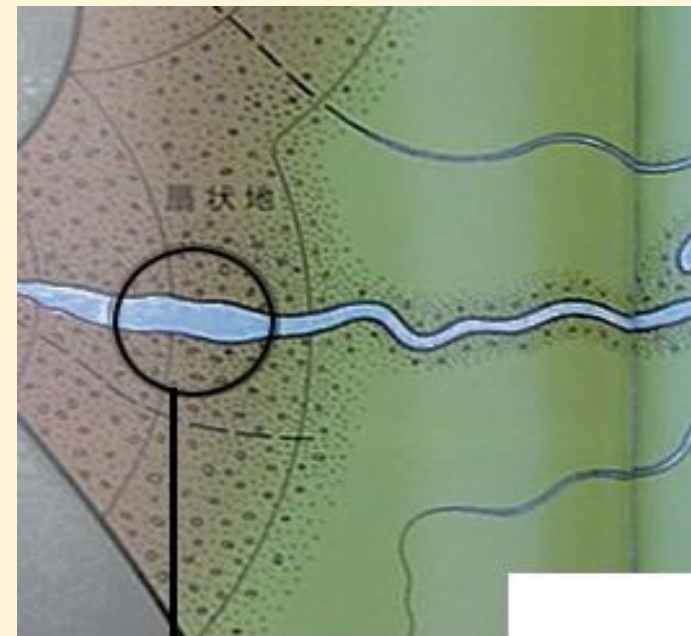
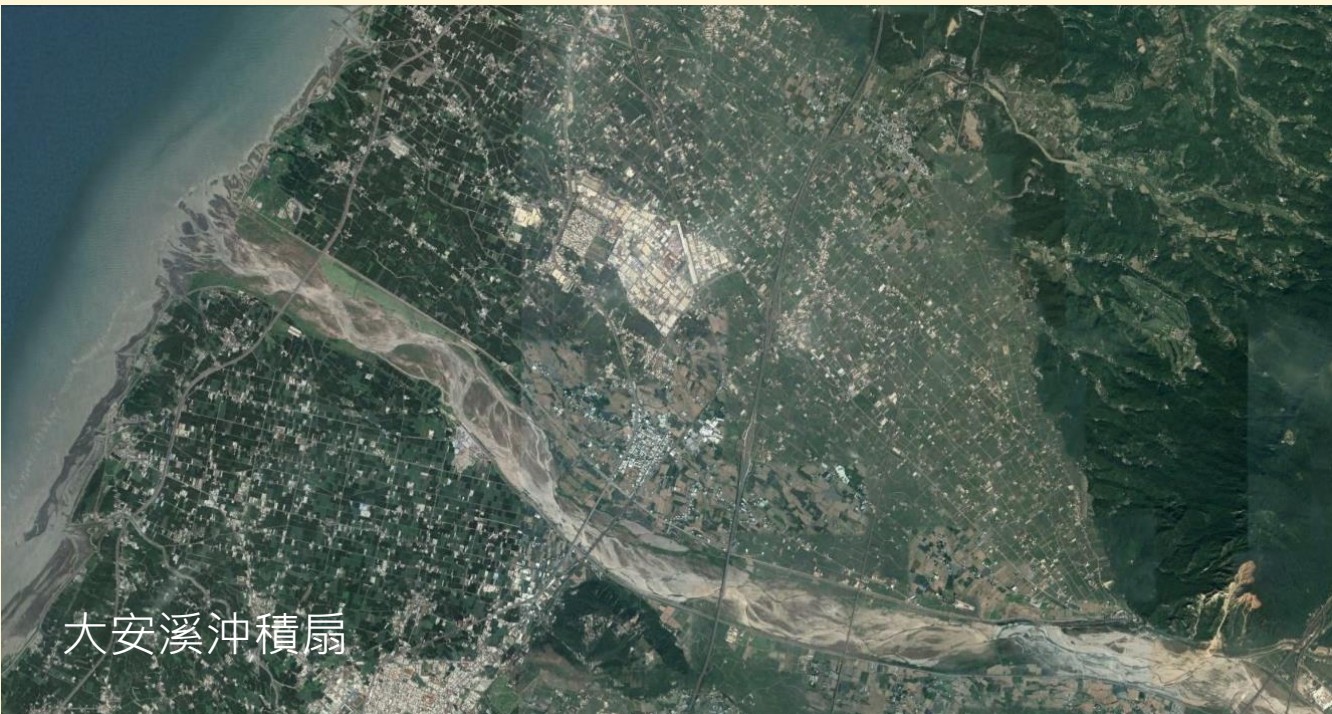
- 河道展寬，河床上開始有明顯的砂洲
- 地質圖上有階地堆積層
- 土砂量越大，越易朝向辮狀發展



流經新竹關西鎮的鳳山溪



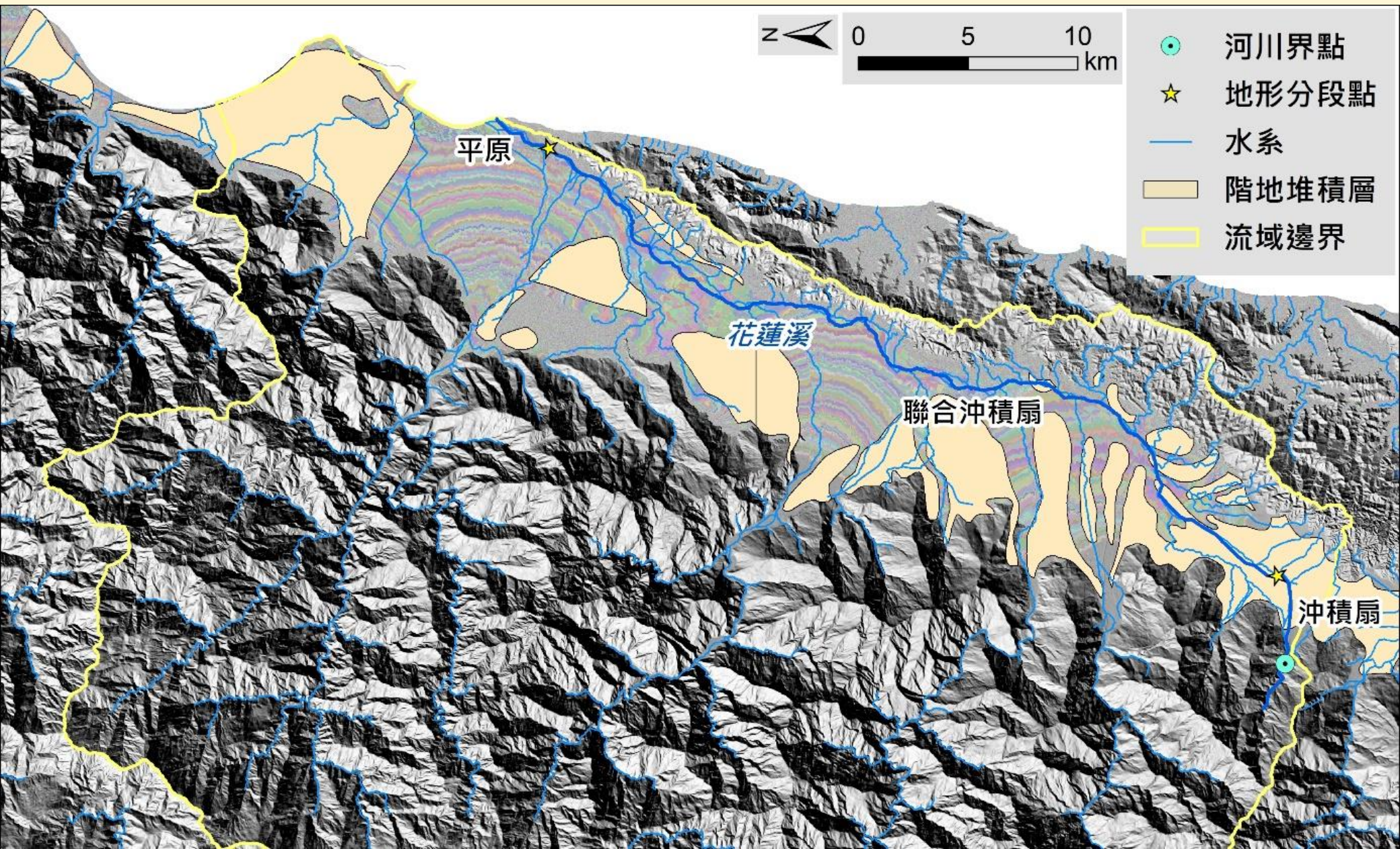
沖積扇：辮狀河道(坡度1/60~1/400)



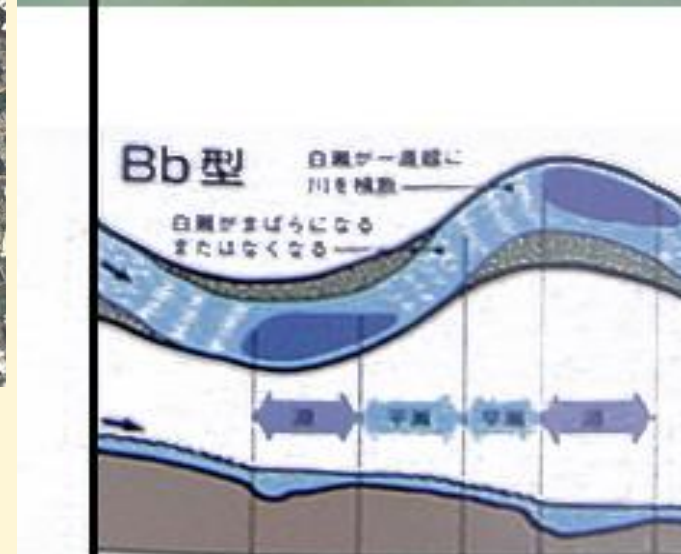
荖濃溪的辮狀河道



花東縱谷：聯合沖積扇



平原(2-1區)：蜿蜒河道(坡度1/400~1/2500)



新竹市客雅溪



照片：林淑英

- 平面形態由水流**含砂量**及河
岸**抗蝕能力**所控制
- **河畔林**對河道穩定有決定性
的影響
- 河道仍可見**瀨區**



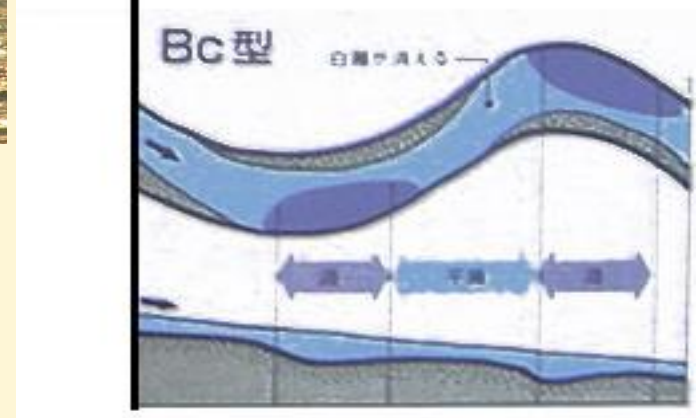
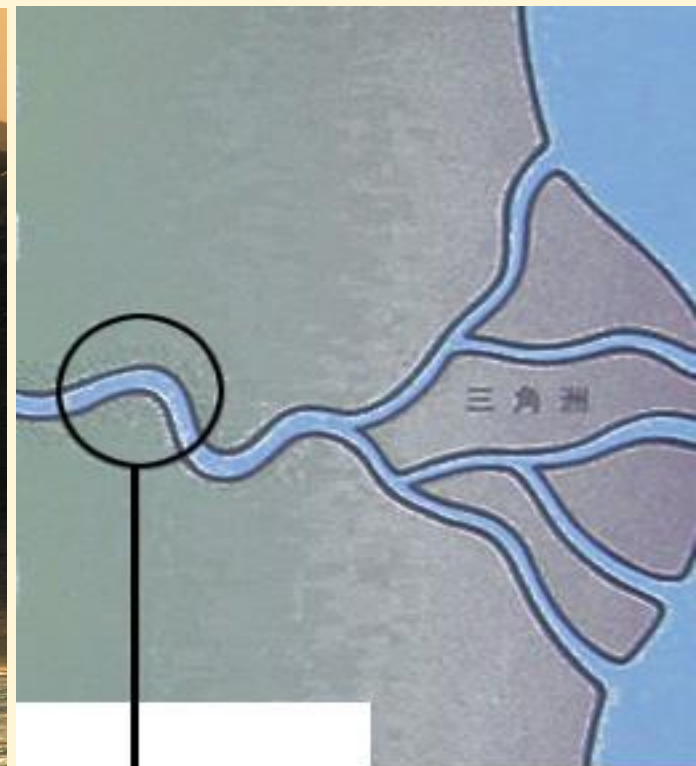
景美溪的蜿蜒河道

平原(2-2區)：蜿蜒河道(坡度 $1/2500 \sim 1/5000$)



曾文溪潮溝

Photo by 陳建昌



三角洲(3區)：分岔河道(坡度1/5000~水平)



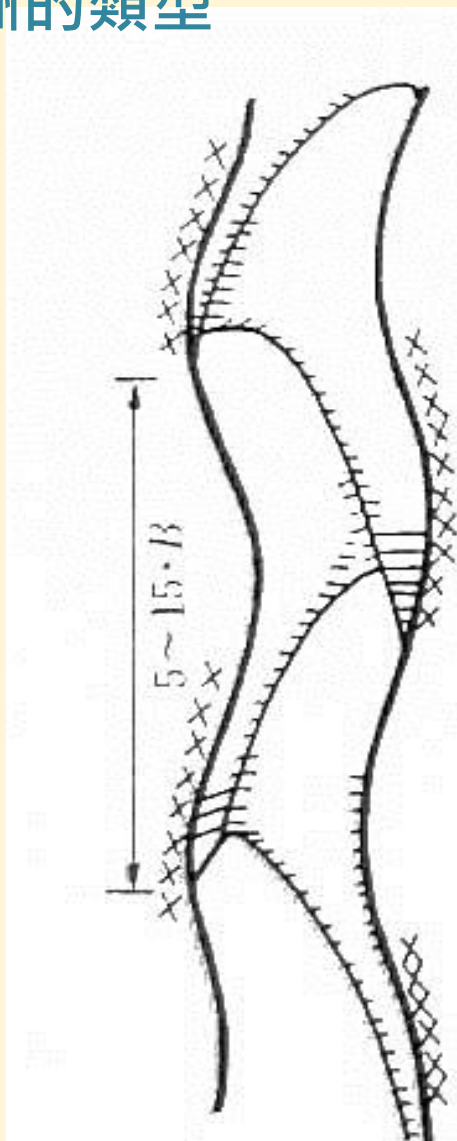
來源：MinuteEarth

Why Do Rivers Have Deltas?

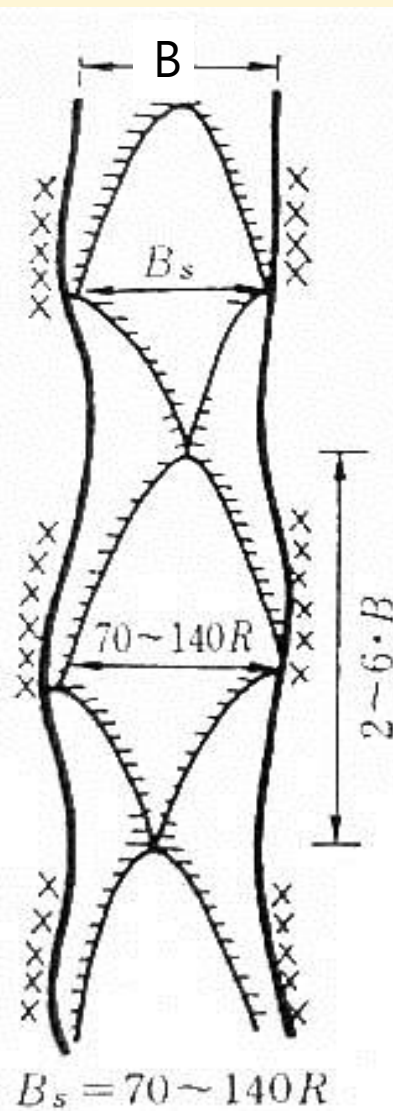
<https://www.youtube.com/watch?v=A47ythEcz74>

砂洲的類型

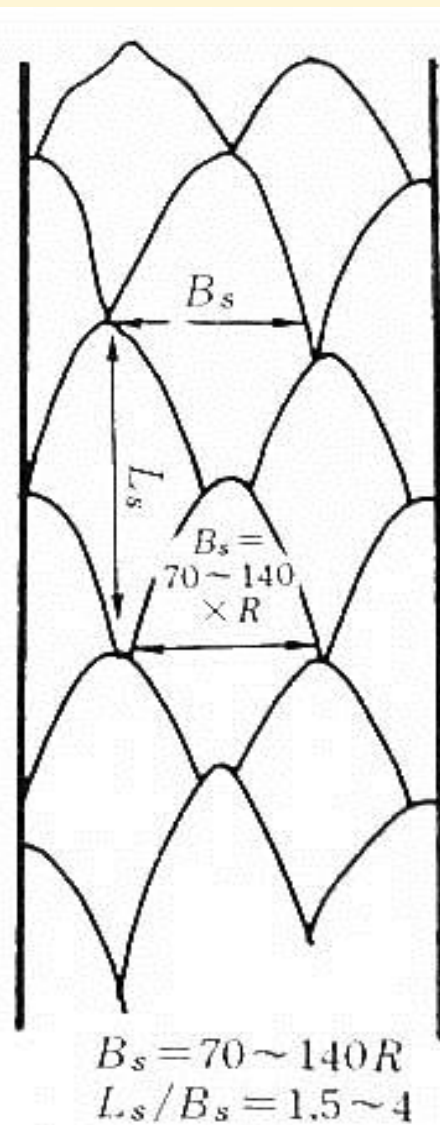
水流方向
↑



單列(交互)砂洲



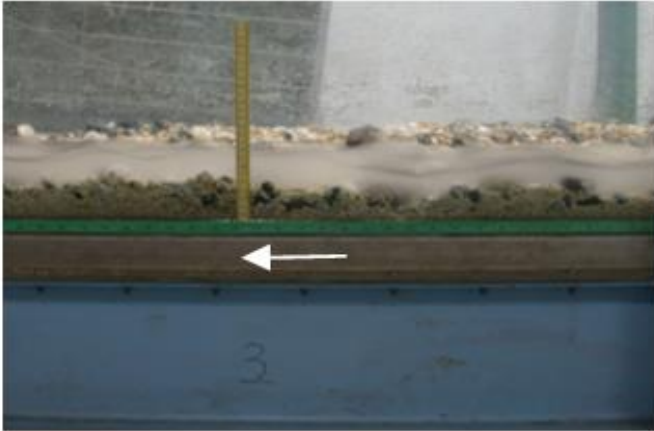
雙列砂洲



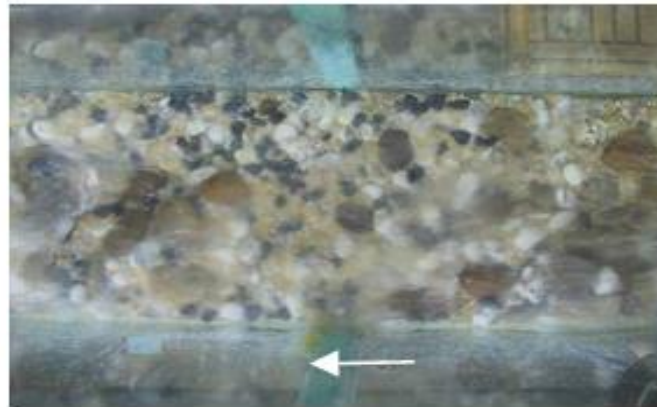
多列砂洲

山區河道的各種面貌

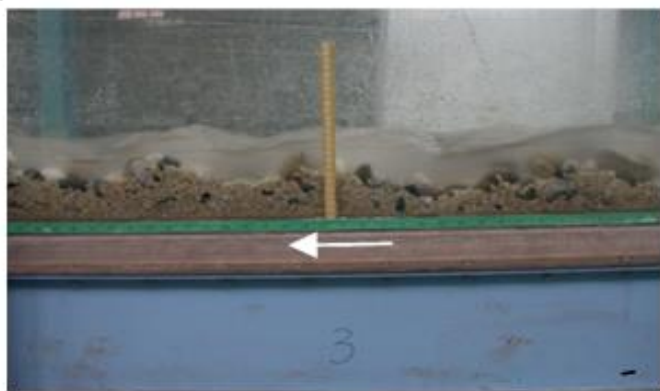
當流量越高或坡度越陡時，河川自我耗能的方法：



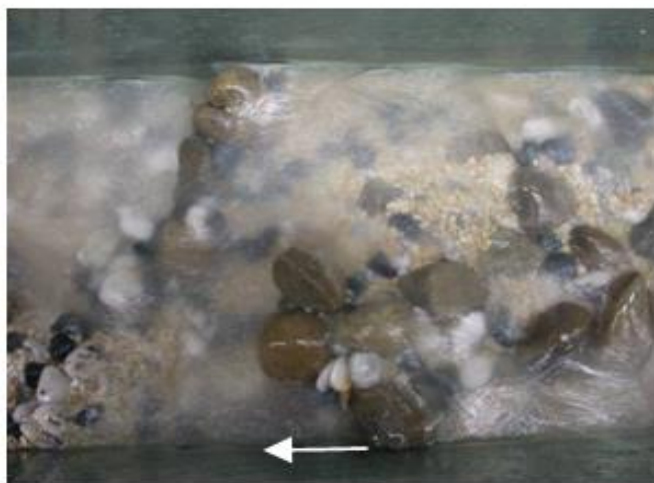
1. 邊灘bars(側向蜿蜒)



2. 湍流rapids(開始「垂直方向的蜿蜒」)

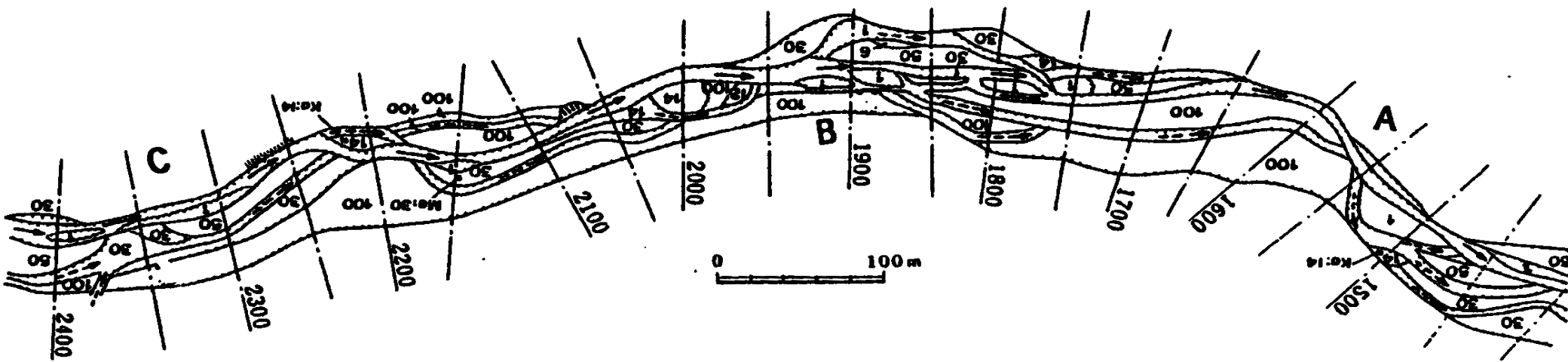


3. 階梯steps

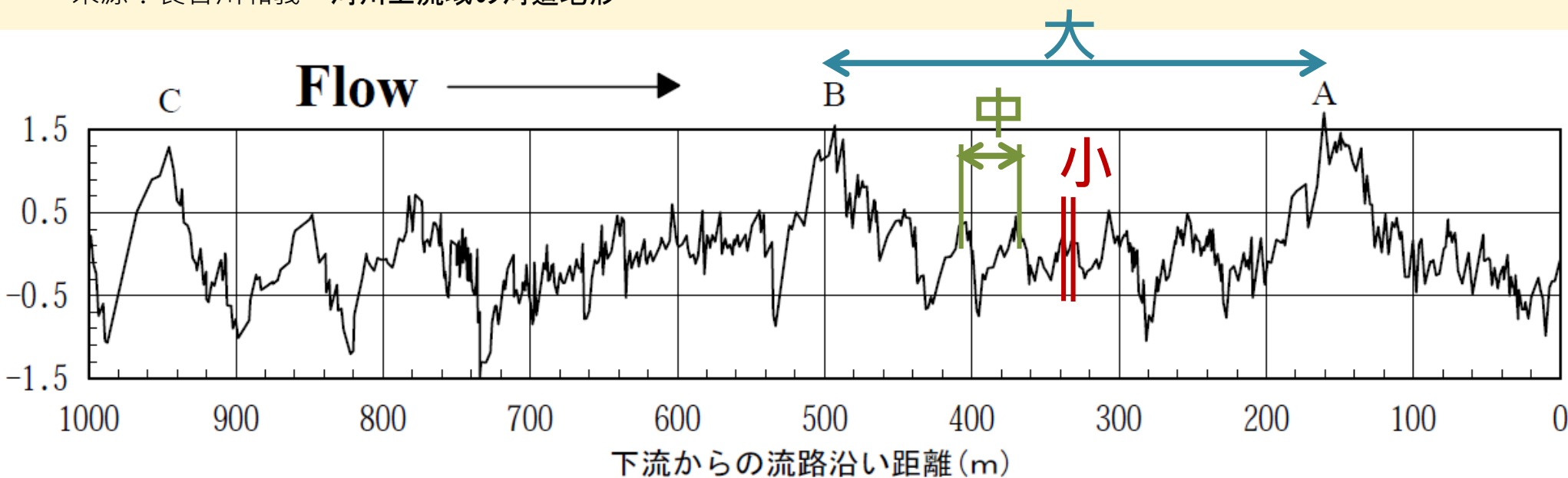


4. 更陡的階梯

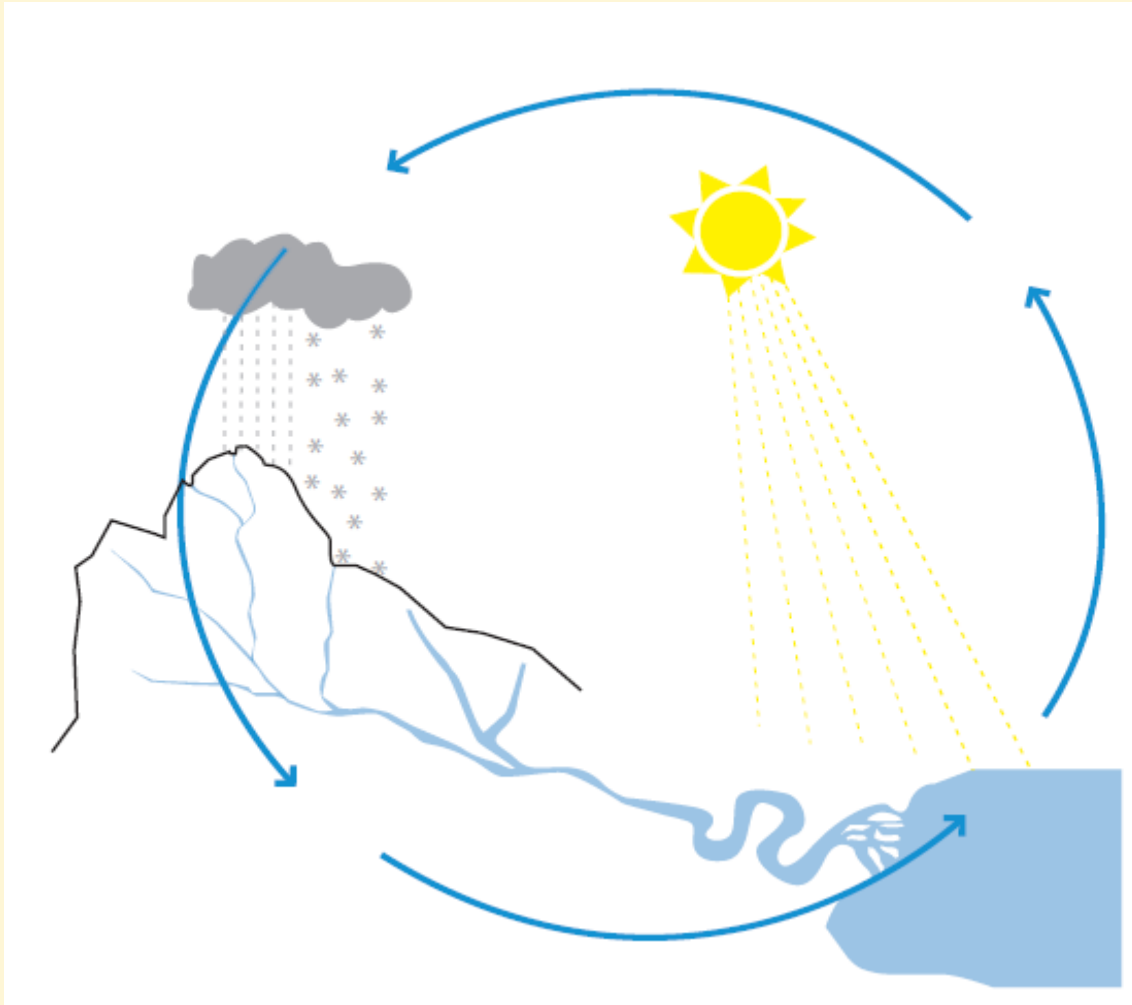
「河床波」裡蘊藏的造形法則



來源：長谷川和義・河川上流域の河道地形



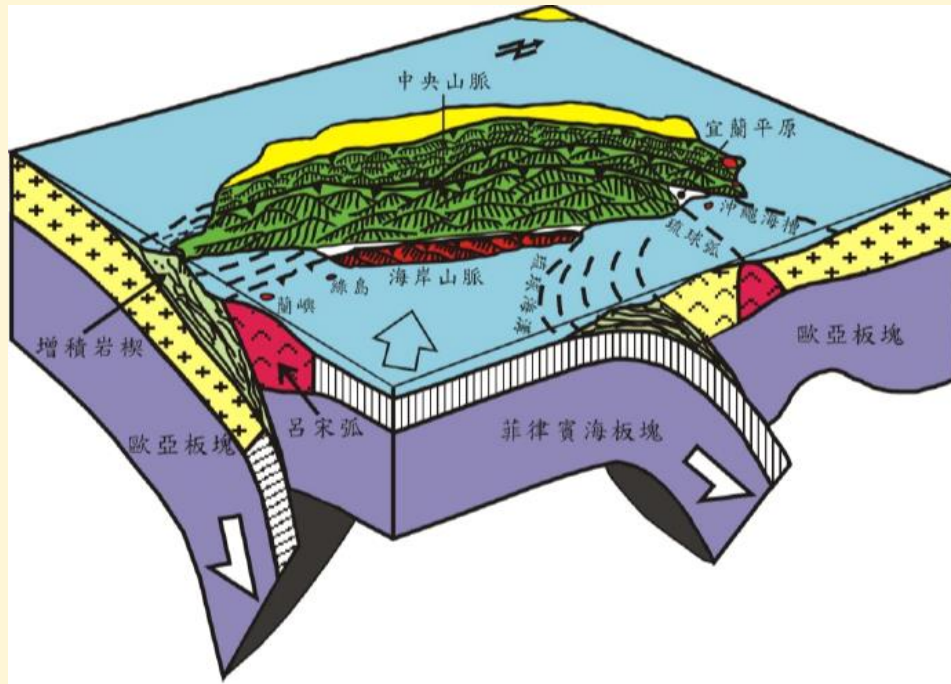
河川營力：營造河川形態的力量，驅動水與砂



來源：Prominski et.al. (2017) River.
Space. Design: Planning Strategies, Methods
and Projects for Urban Rivers

- 太陽是水文營力的起點
- 充滿能量的水遇到地表，就形成各種河川地景

■造山運動是土砂營力的起點

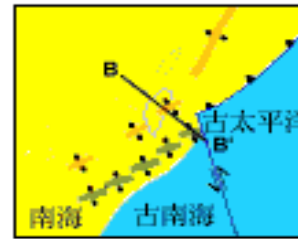


資料來源：鄧屬予 (2002)

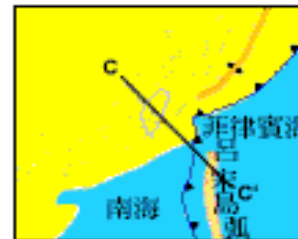
→ 土石流、地震、各種地形現象，及台灣島的根源



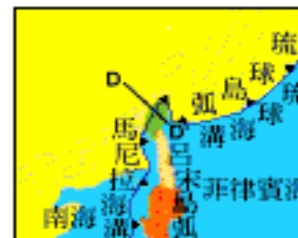
活動大陸邊緣



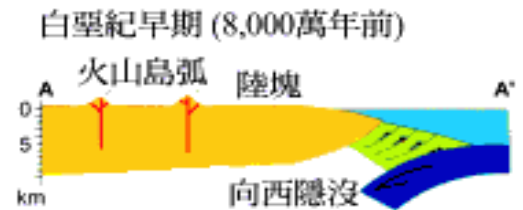
南海張裂



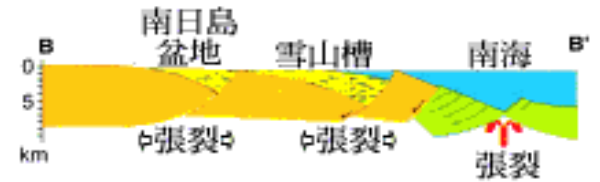
呂宋島弧移近



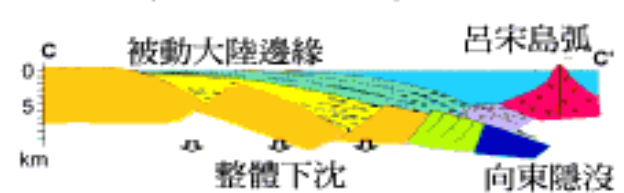
碰撞造山



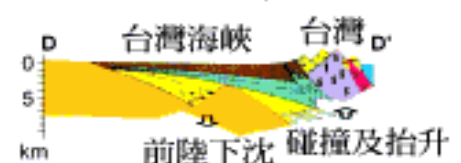
第三紀早期 (6,000~2,500萬年前)



中新世 (2,500~500萬年前)

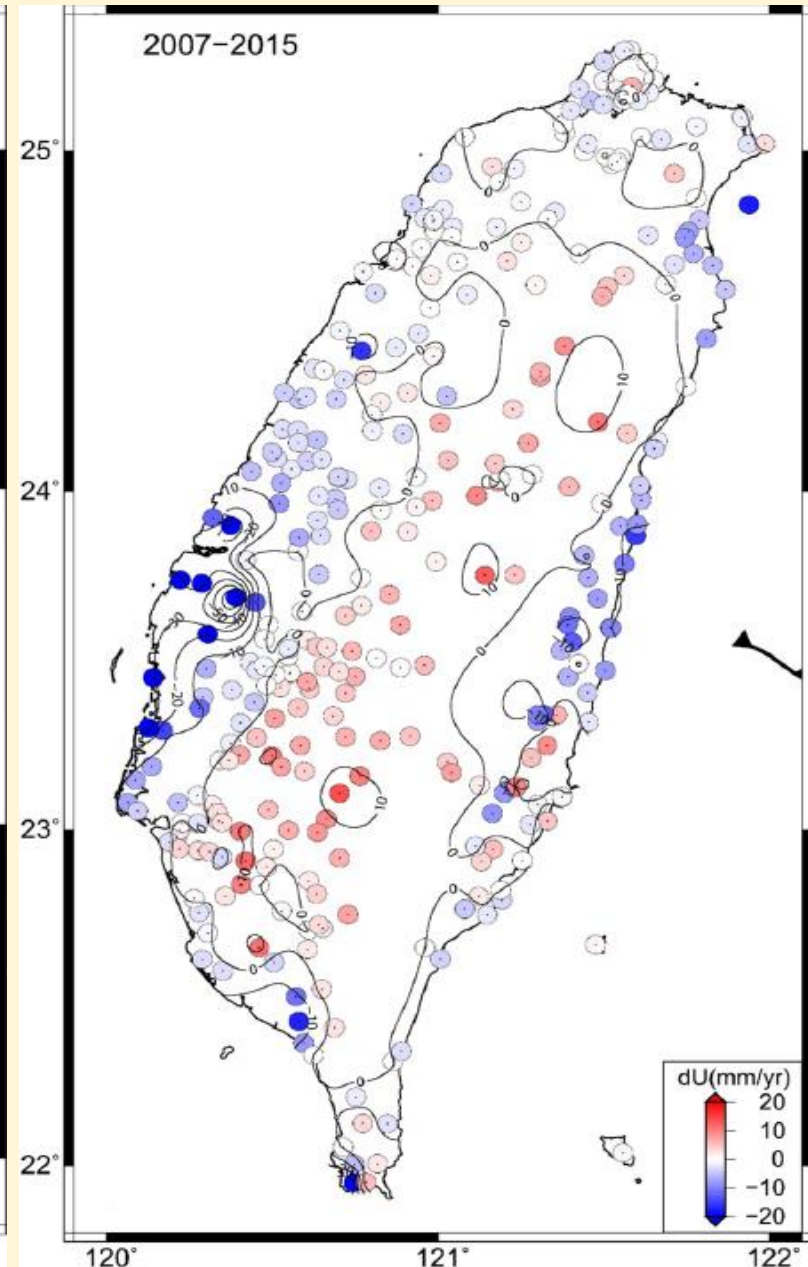
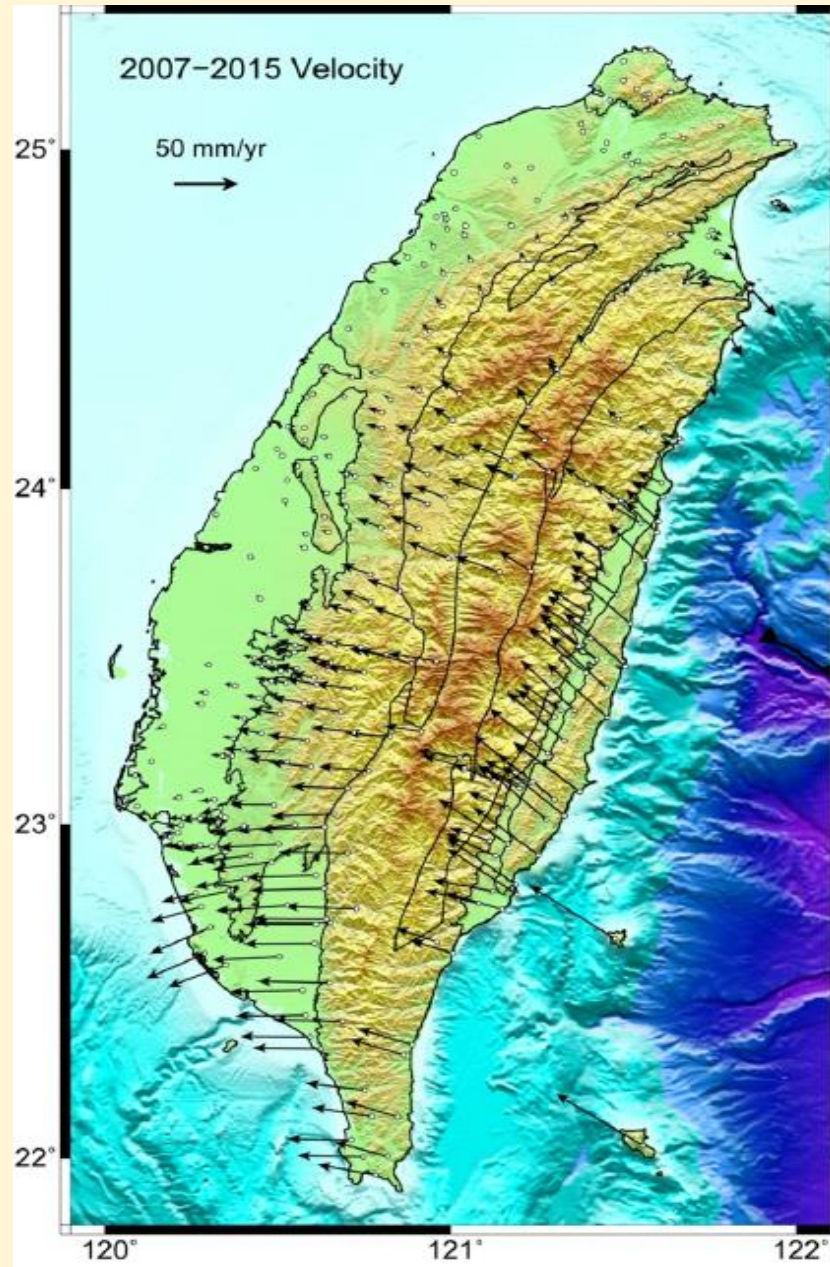


上新世-第四紀 (500萬年前至今)



造山運動的現況

中央研究院地球科學研究所

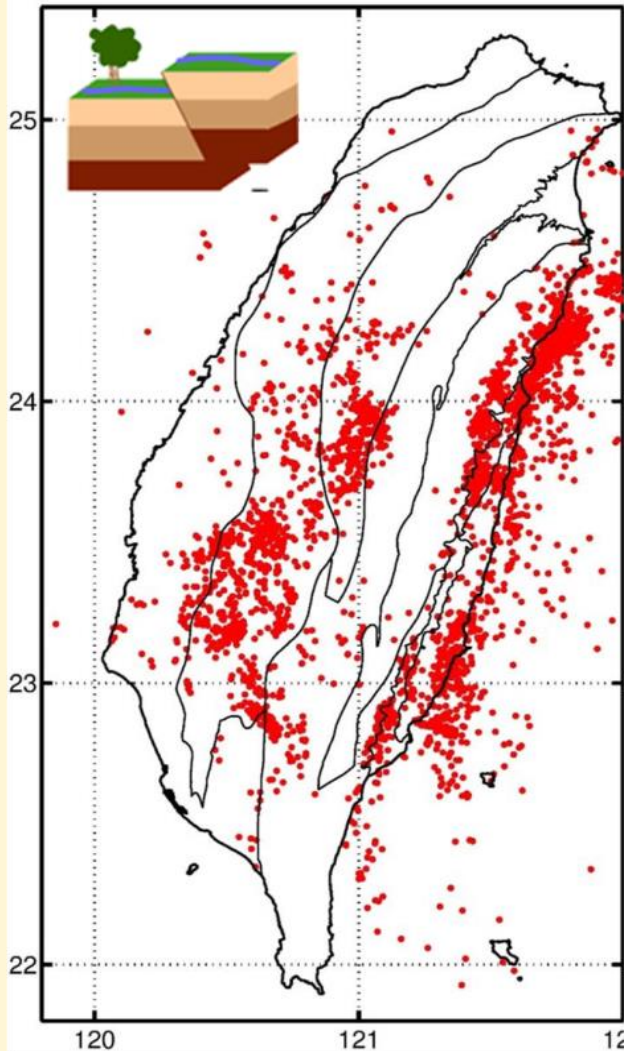


四種水砂營力

1. 構造運動：反映土砂生產與河床沖淤變化

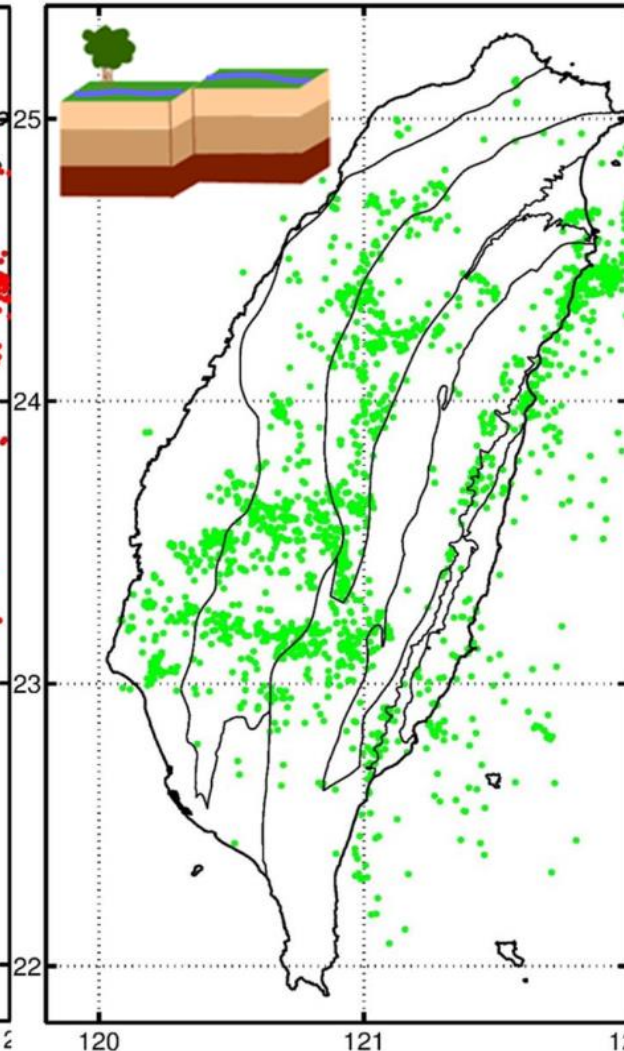
逆斷層型

1990–2016, Depth ≤ 30 km



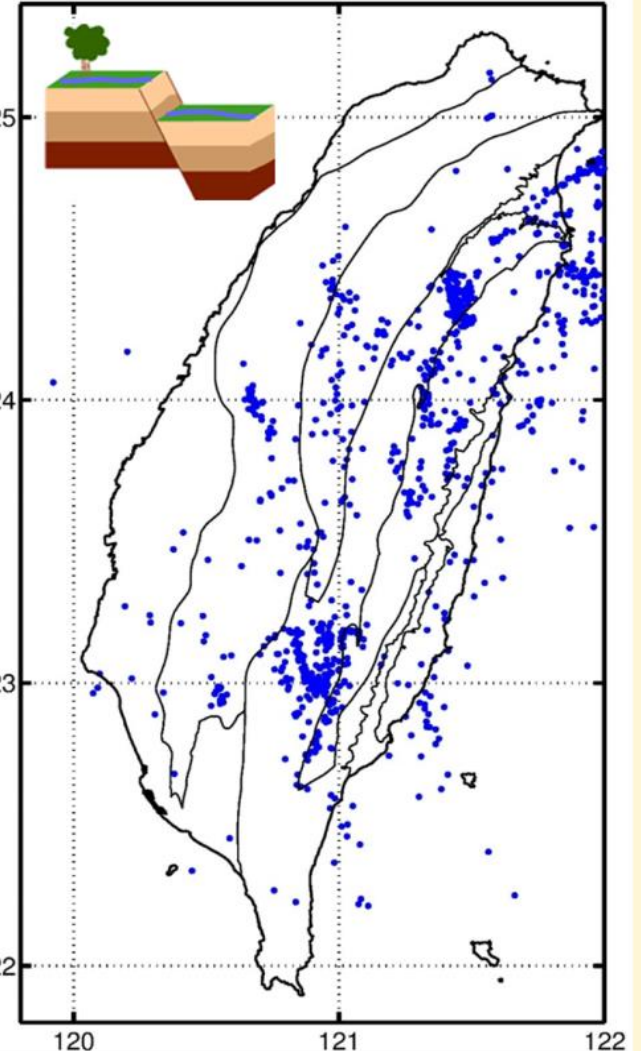
走向滑移型

1990–2016, Depth < 30 km



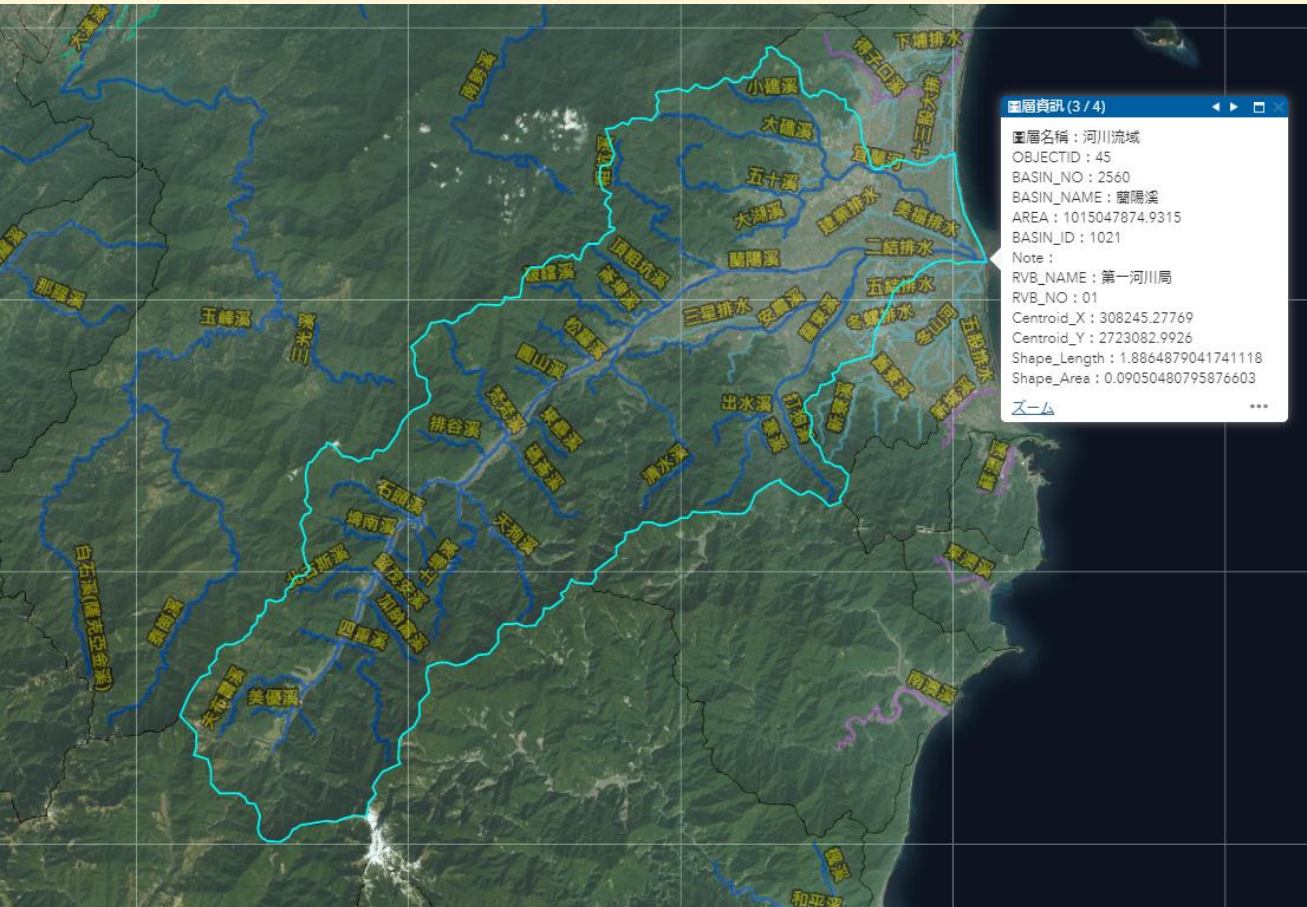
正斷層型

1990–2016, Depth < 30 km



2. 地形坡降：反映河川能量的強弱

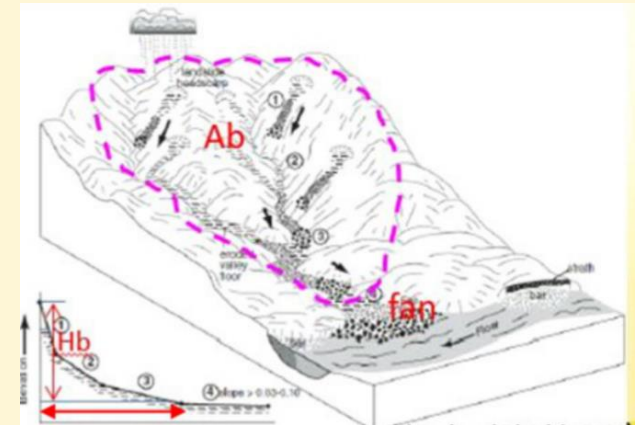
可用流域險峻值(Melton ratio)來表達



$$MR = H_b / \sqrt{A}$$

H_b : 最高點與最低點之高程差

A: 流域面積



秀姑巒溪：0.087

大漢溪：0.091

蘭陽溪：0.107

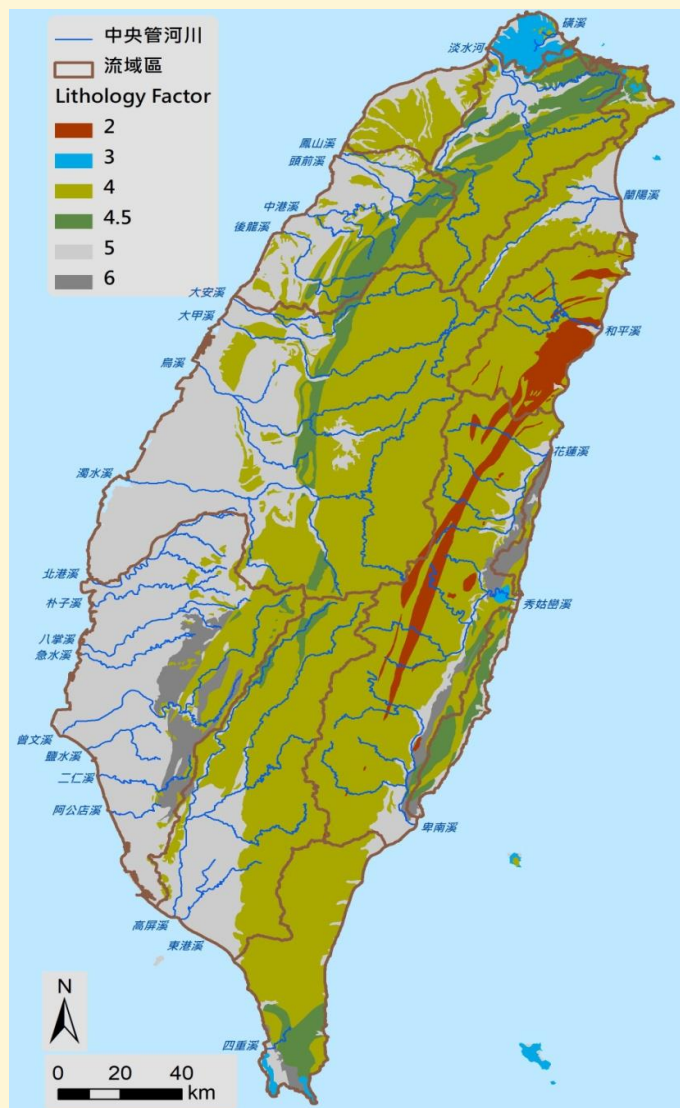
曾文溪：0.071

大甲溪：0.103

高屏溪：0.054

3. 岩性組成

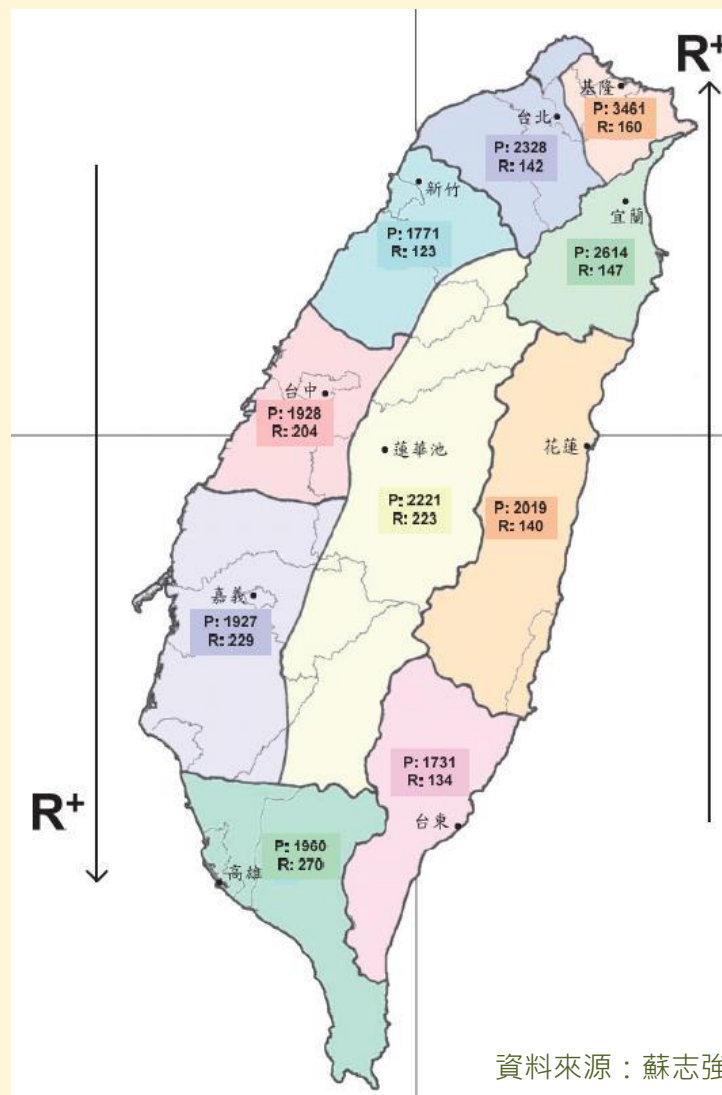
影響侵蝕速率、河道型態、河床質組成



註：修改自Kao
& Milliman
(2008)

4. 降雨特性

降雨沖蝕指數(包含年雨量與季節變異)，影響流量與輸砂量

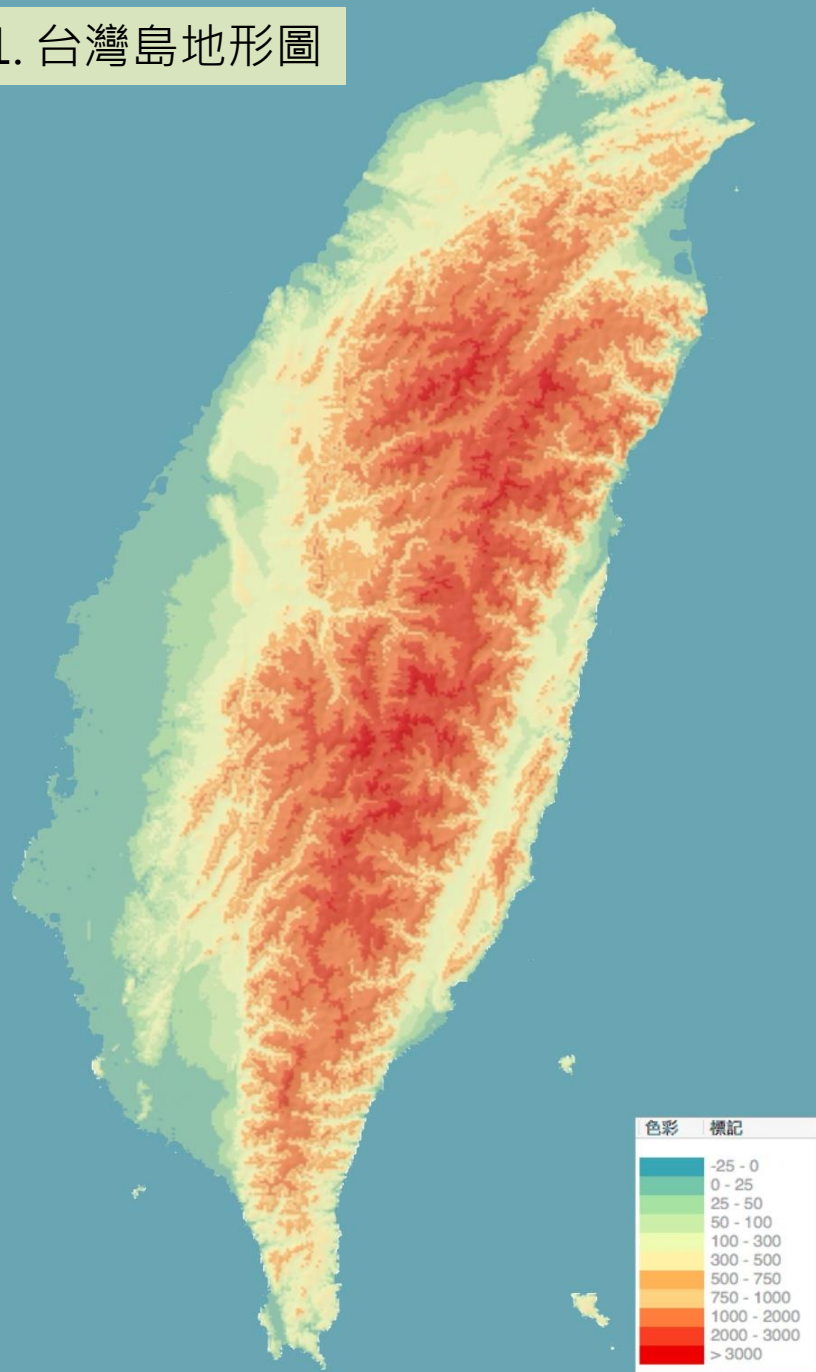


資料來源：蘇志強等(2016) 29

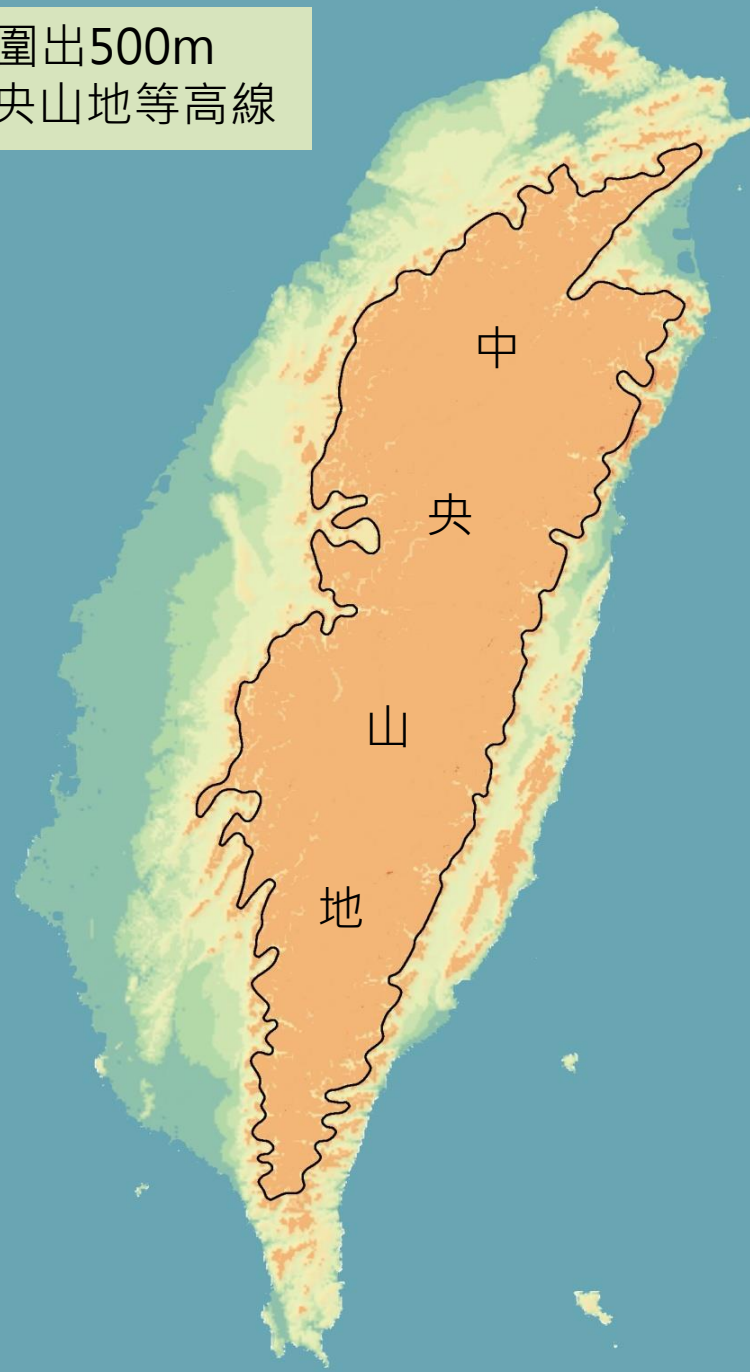
台灣河川流域區

- 考量地形、地質、水文特徵
- 將台灣本島河川分為13流域區
- 同區的河川水系有相似的「個性」

1. 台灣島地形圖

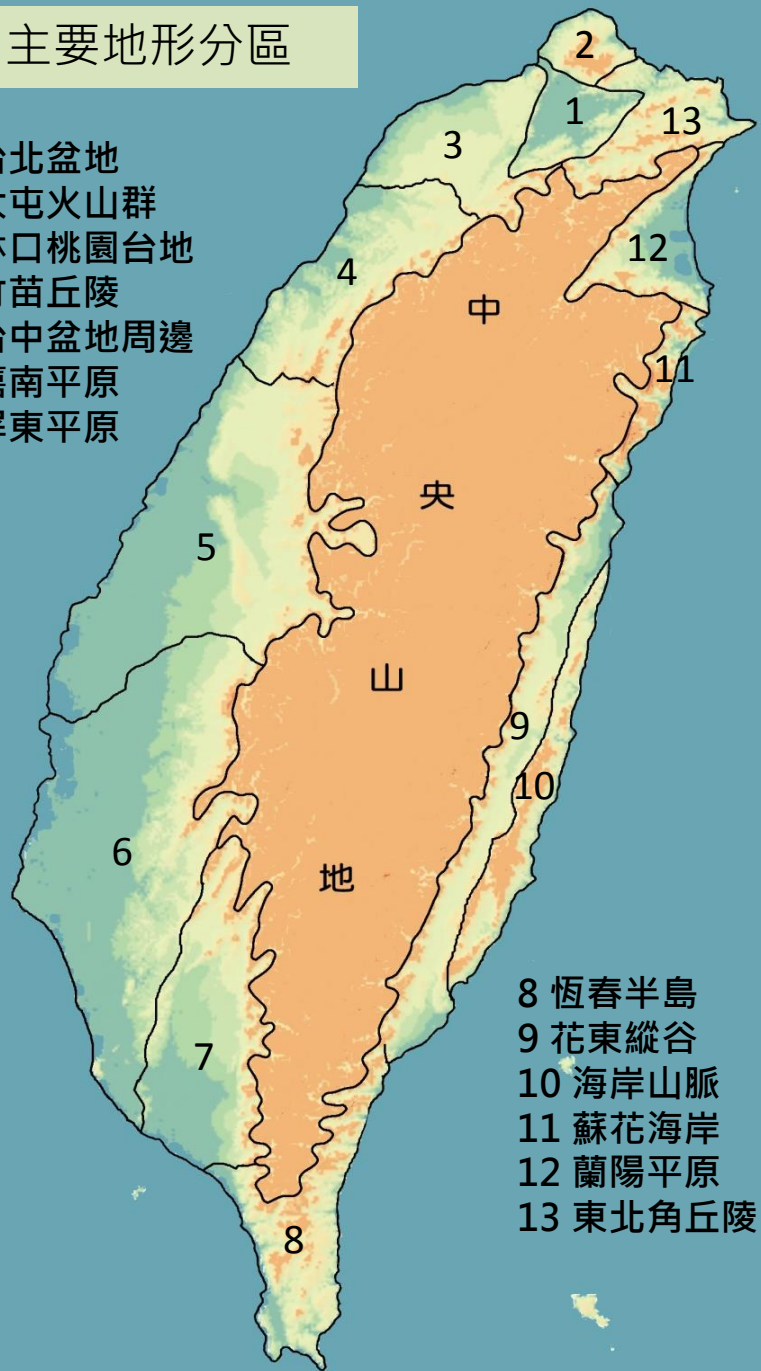


2. 圍出500m 中央山地等高線



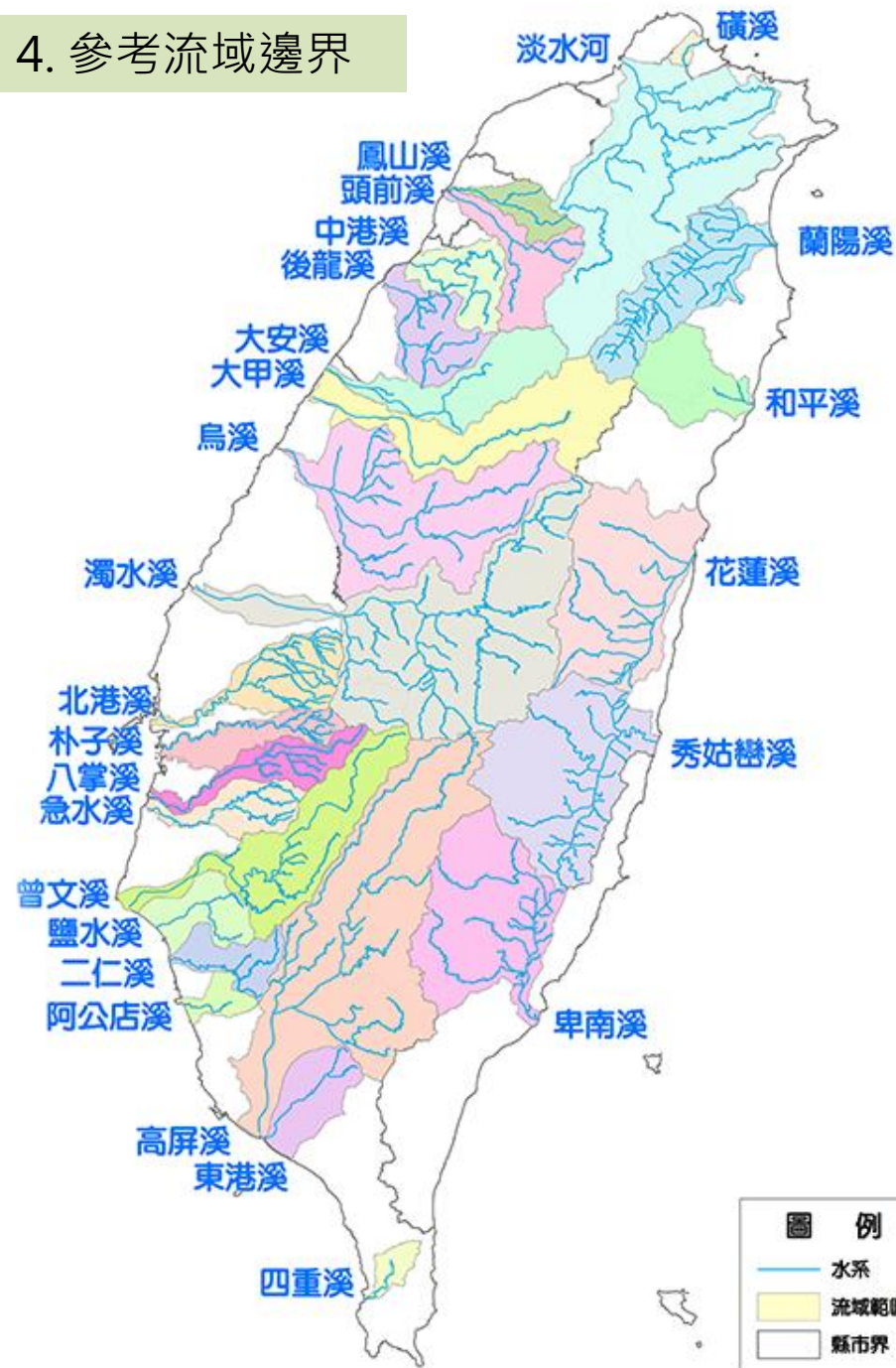
3. 主要地形分區

- 1 台北盆地
- 2 大屯火山群
- 3 林口桃園台地
- 4 竹苗丘陵
- 5 台中盆地周邊
- 6 嘉南平原
- 7 屏東平原

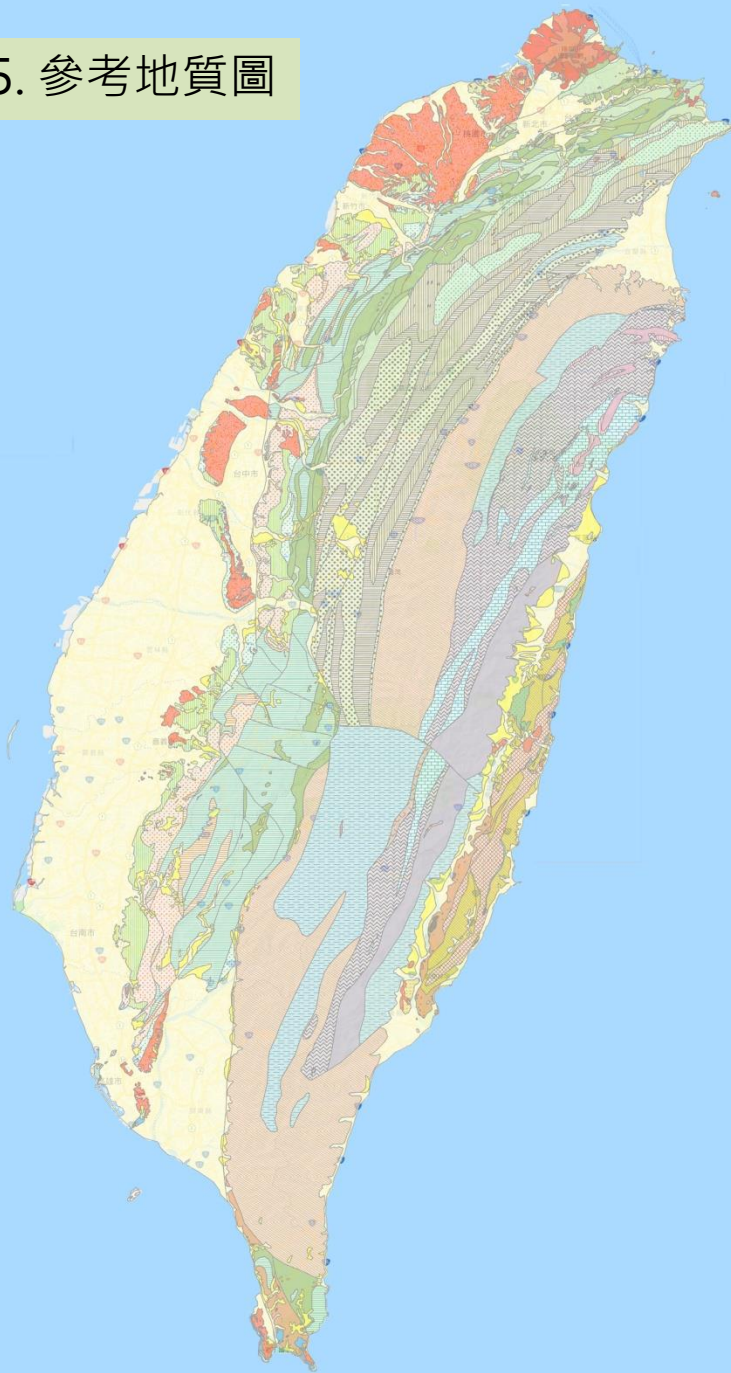


- 8 恆春半島
- 9 花東縱谷
- 10 海岸山脈
- 11 蘇花海岸
- 12 蘭陽平原
- 13 東北角丘陵

4. 參考流域邊界



5. 參考地質圖

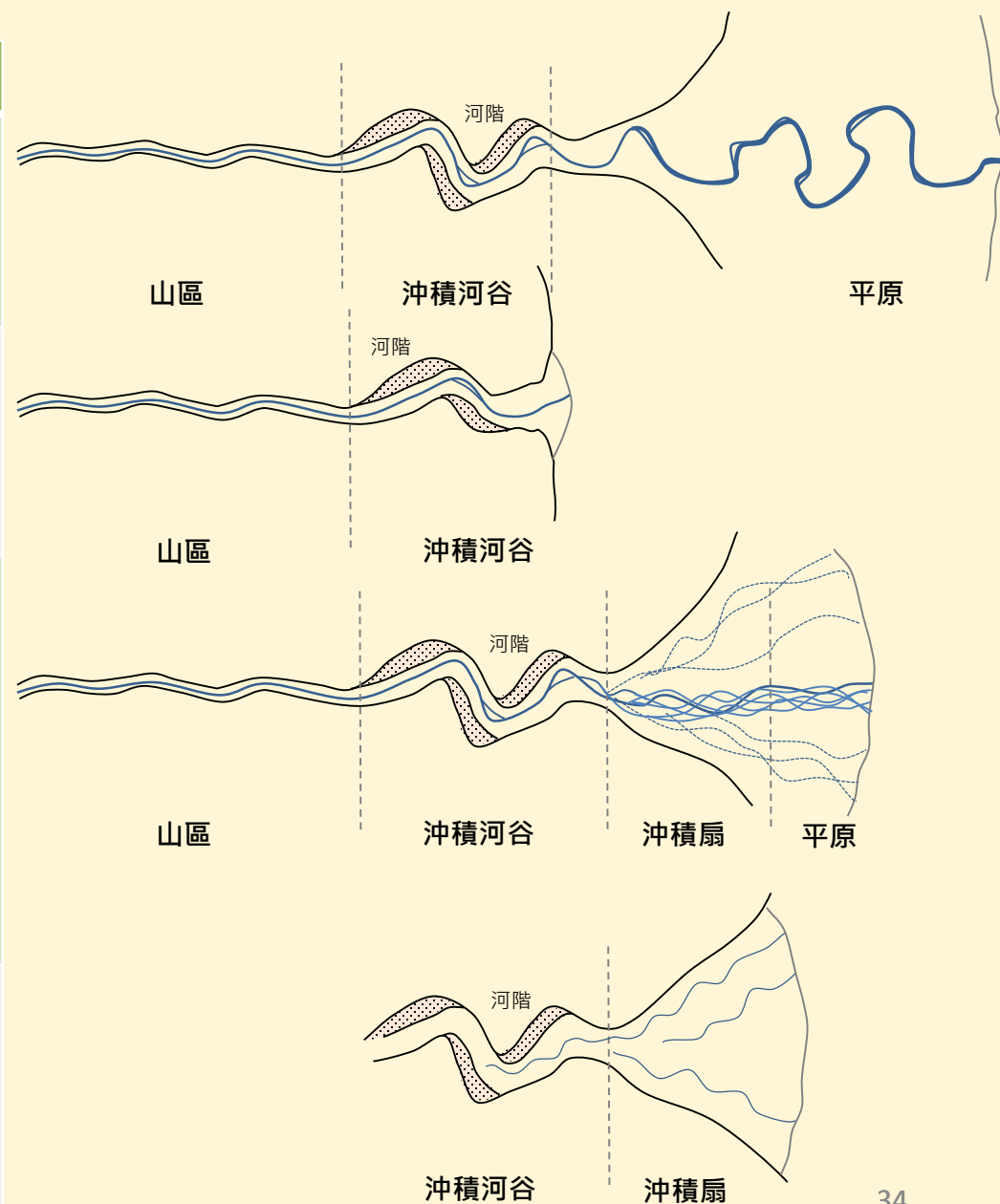


6. 劃分成流域區

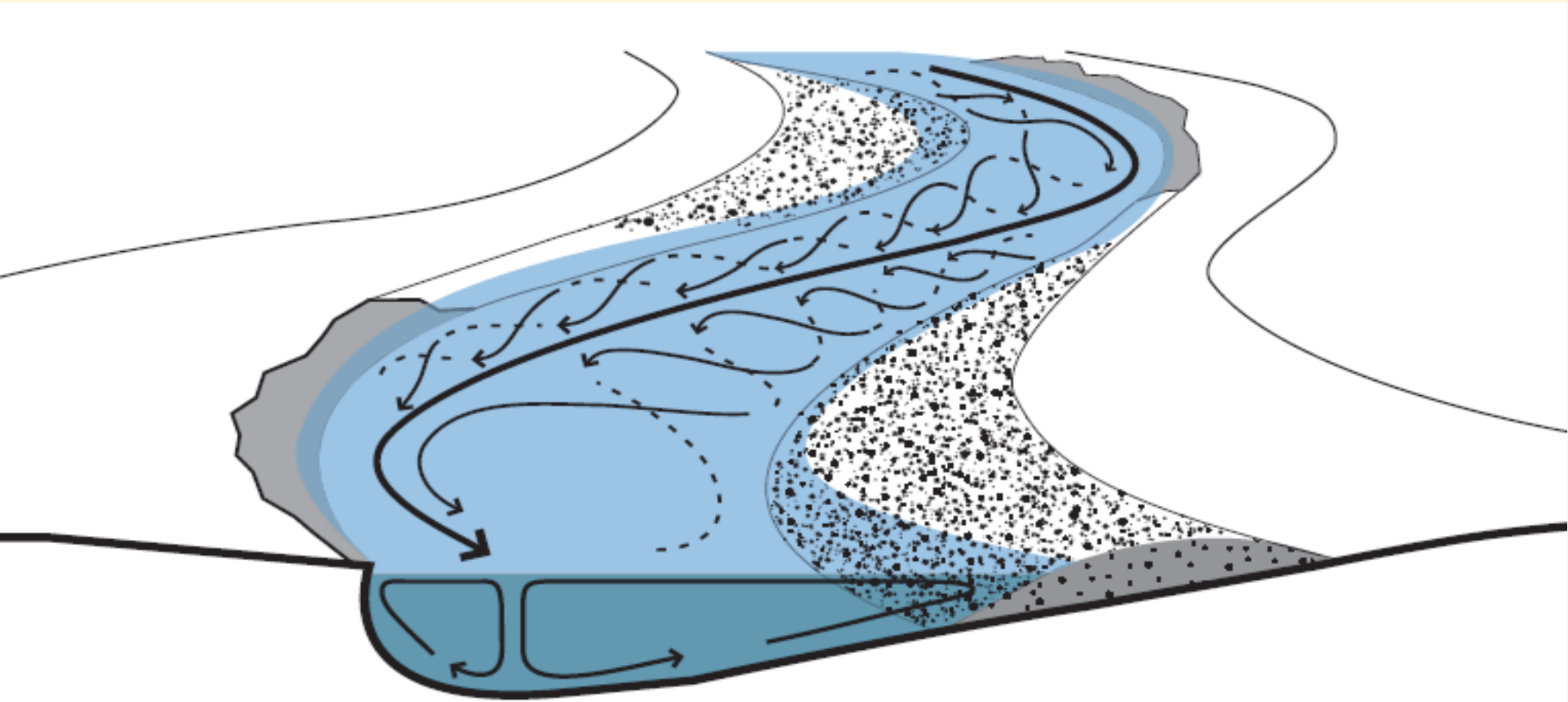


河溪類群歸納

類群	流域區	特色
一、平原曲流	2：台北盆地 4：竹苗丘陵(小) 6：嘉南平原	地勢平緩，沖積河谷至平原皆為蜿蜒曲流，沖積扇不發達。
二、獨立溪流	1：大屯火山群 8：恆春半島(小) 10：海岸山脈 13：東北角丘陵	小型河川，獨流入海，沖積扇不發達，土砂量較小。
三、辮狀河	4：竹苗丘陵(大) 5：台中盆地周邊(大) 7：屏東平原 8：恆春半島(大) 9：花東縱谷 11：蘇花海岸 12：蘭陽平原	土砂生產量大，沖積扇發達，氾濫平原狹小，至平原仍為辮狀。
四、失能河	3：林口桃園台地 5：台中盆地周邊(小)	因襲奪、改道而失去山區源頭的河川，為古沖積扇地形，土砂量較小。



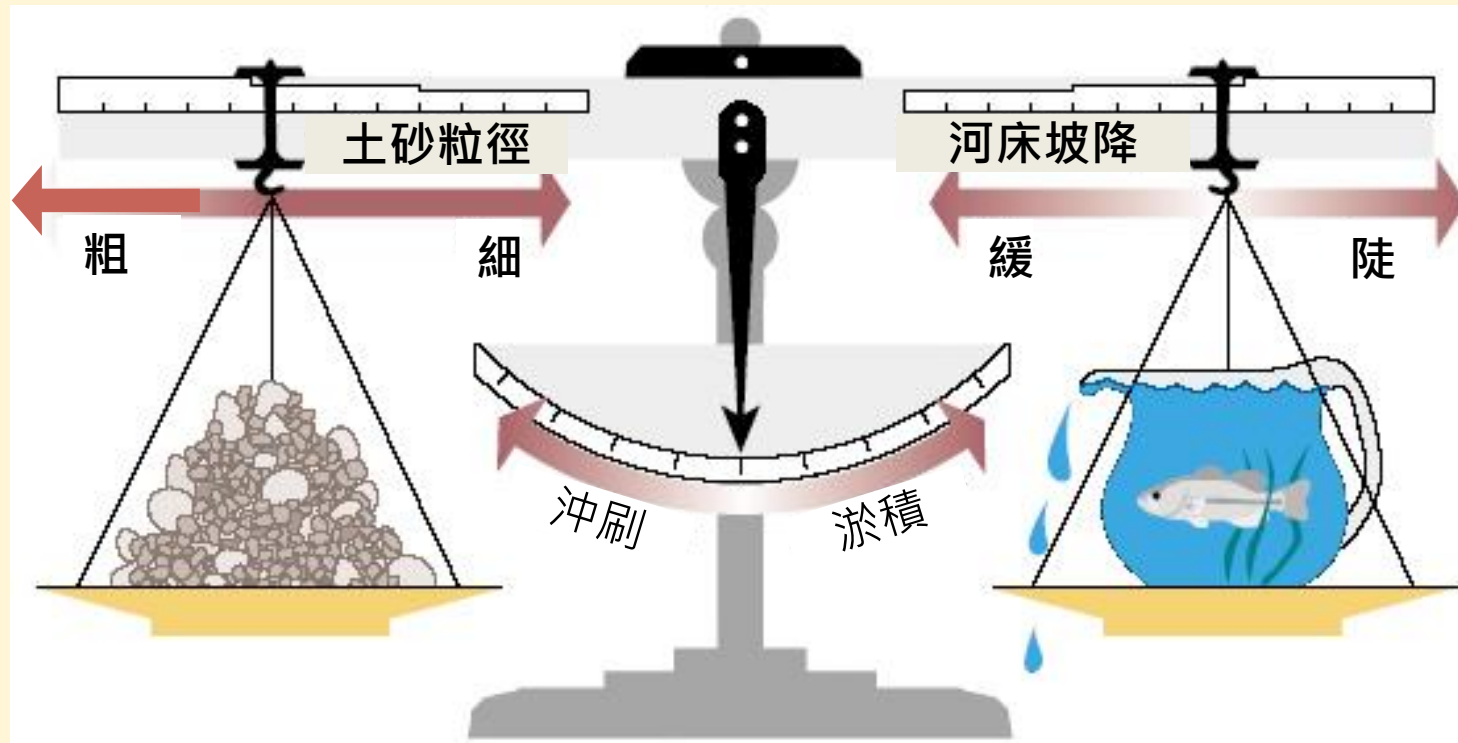
河川為什麼會產生各種形態？



水的法則：

匯聚成流後，水不走直線，而會設法**做功**，消耗自己的能量

作為能量系統的河川—Lane平衡



$$Q_s \times D \propto Q_w \times S$$

消能機制 正比於 河川能量

土砂量 x 土砂粒徑

流量 x 坡降

x 床型發育

河流最小熱能耗散率原理

- 河流有些能量拿來作功，有些能量通過紊動黏性轉為熱能耗散掉
- 挾帶泥砂等物體走一段路(懸浮、推移)，才算作功
- 在一定來水來沙條件下，河流總是在約束條件下努力調整所有可以調整的變數，使熱能耗散率減小，且當河道穩定(動態平衡)時為最小。

➔ 河流試圖作功!

$$\begin{array}{c} \text{作功} \\ \boxed{\text{熱能耗散率} = \text{總能耗率} - \begin{array}{c} \text{維持懸浮質} \\ \text{運動之功率} \end{array} - \begin{array}{c} \text{維持推移質} \\ \text{運動之功率} \end{array} = \text{最小值}} \\ \begin{array}{cc} \downarrow & \downarrow \\ \text{朝向飽和} & \text{朝向飽和} \end{array} \end{array}$$

- 河流會努力達到飽和輸砂，超過飽和時會淤積，未飽和時會沖刷

做功

$$\text{熱能耗散率} = \text{總能耗率} - \begin{matrix} \text{維持懸浮質} \\ \text{運動之功率} \end{matrix} - \begin{matrix} \text{維持推移質} \\ \text{運動之功率} \end{matrix} = \text{最小值}$$

$$\rho_m Q V S_e = \frac{\rho_m B h^{7/3} S_e^2}{n^2}$$

朝向飽和

朝向飽和

- 當輸砂飽和時，河流可透過調整河寬 B 、水深 h 、床型發育(蜿蜒、石組階梯...)來降低能量坡降 S_e 及流速 V (增加粗糙度 n)，從而降低總能耗率。
- 當懸浮質輸砂超飽和，渾水密度 ρ_m 下降，河床淤積。
- 河流達到動態平衡時，會按能量等級均勻消耗能量，從而推出

$$B \propto h^{13/9}$$

(含沙量) $\propto$ (蜿蜒度) $^{-2/3}$ 等河相關係

→ 在最佳消能狀態下，河相各因子之間有特定的關係

→ 河流一直在朝「平衡河相」努力！

人為營力對河相的影響

通常是增大河川能量，使得河道受蝕下切

人為營力	直接影響	河道回應方向
伐木	流域水土資源流失，河道內逕流量及土砂量大幅增加	沖刷或淤積
河道疏浚	河道粗糙度降低，貯砂量減少	沖刷
農業聚落開發	河道渠道化、坡降增加、粗糙度降低	沖刷
堰壩等水資源開發	河道內基流量減少、粗料土砂減少、粗糙度降低	沖刷
河道採砂	河道粗糙度降低、河床降低	沖刷
都市開發	逕流量增加、細料土砂增加、束縮河道空間	沖刷

→ 留予河川足夠的廊道空間，河道可再達平衡

河溪治理的基本概念

工程要點一：掌握河道骨架與彈性空間

1. 山區：谷壁、階梯石組(天然固床工)
2. 沖積河谷&沖積扇：自然河岸與局部丁壩
3. 平原：堤防、丁壩、瀨肩石組

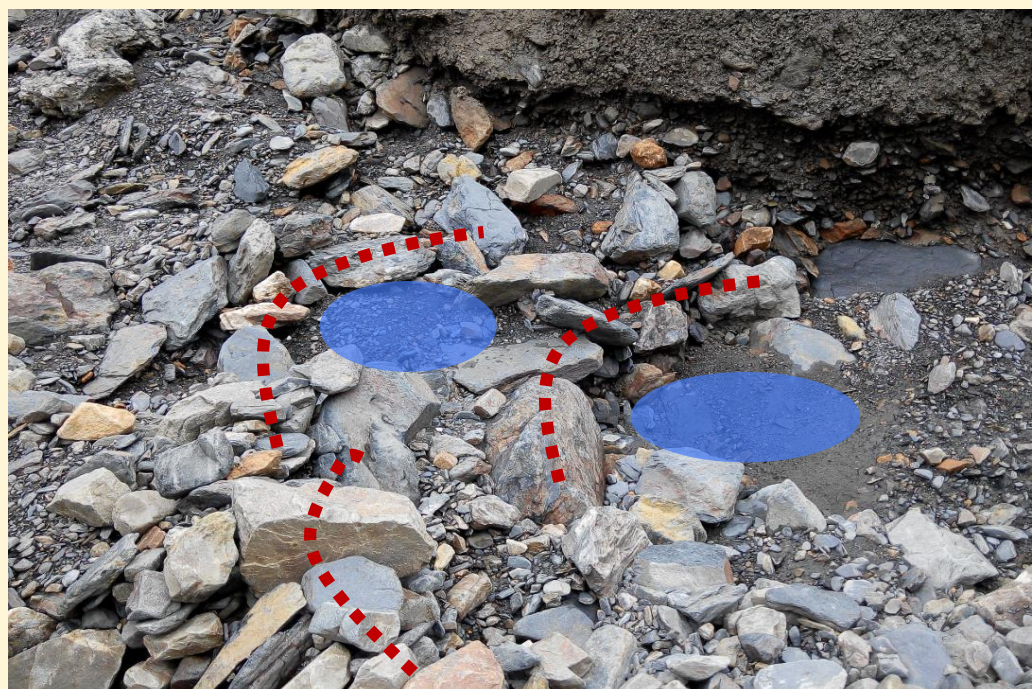


河道不能全是硬的，要有「骨」有「肉」→實現「最少量工程」

穩定的階梯是山區河道的骨架



蘭島溪潰壩實驗後，河床留下的構造



混凝土堤防不是好的「骨架」

食水崙溪番社嶺橋下游工程，2008年1月



出處: <http://blog.xuite.net/alcedolee/nature/30939133>

食水崙溪番社嶺橋上游，2008年3月



出處: <http://blog.xuite.net/alcedolee/nature/30939133> 食水崙溪的悲歌(也是台灣的悲歌)

食水嵙溪番社嶺橋下游，2008年718水災後



出處: <http://blog.xuite.net/alcedolee/nature/30939133>



日本中央大學

福岡捷二教授實驗

自然石河岸：

- 河岸河床同樣粗糙
- 流路相對安定



混凝土護岸：

- 過於平滑，使流路緊貼
- 骨肉分離，河床兩極化
- 易造成河岸破壞



日本常願寺川

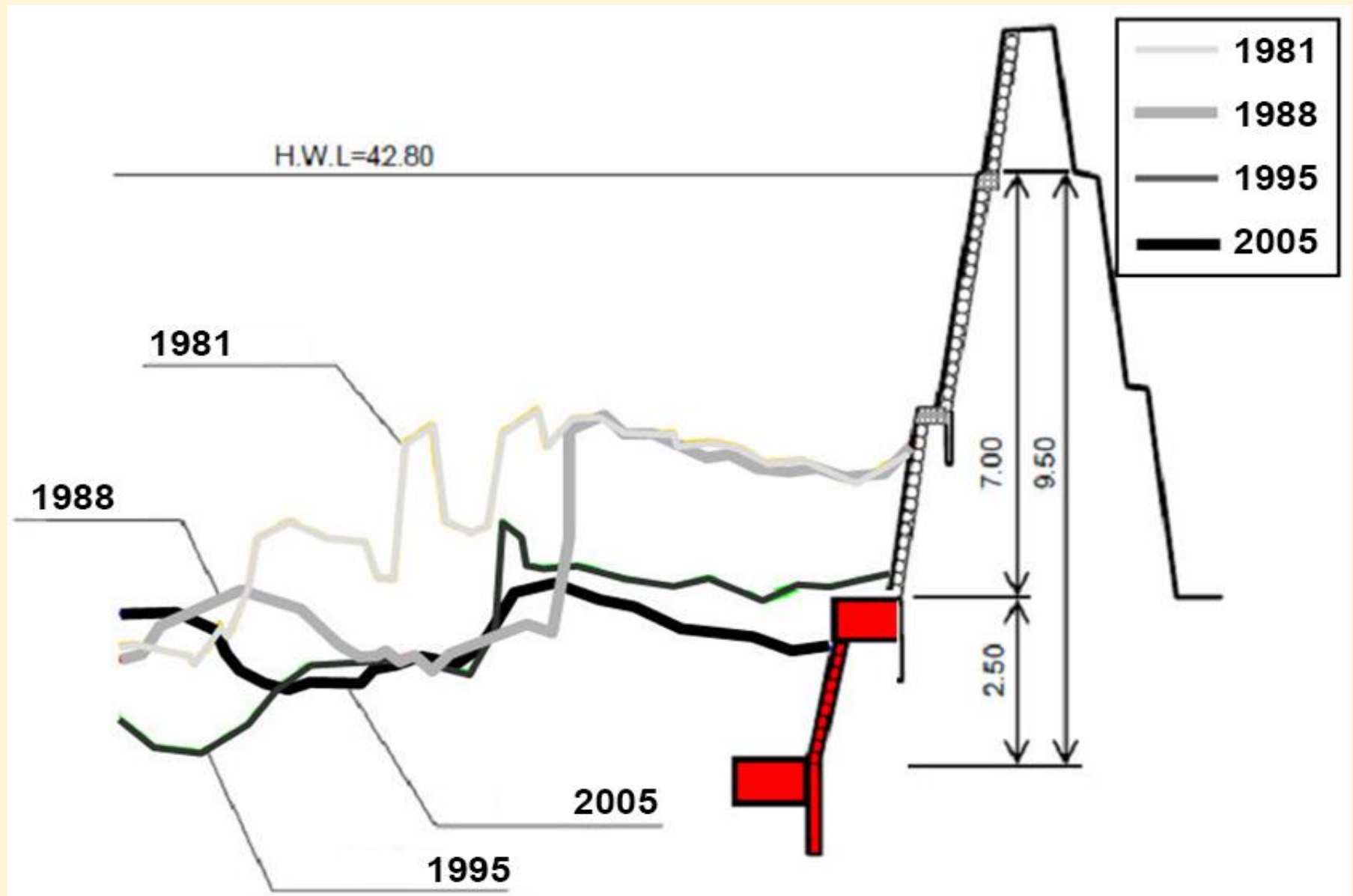


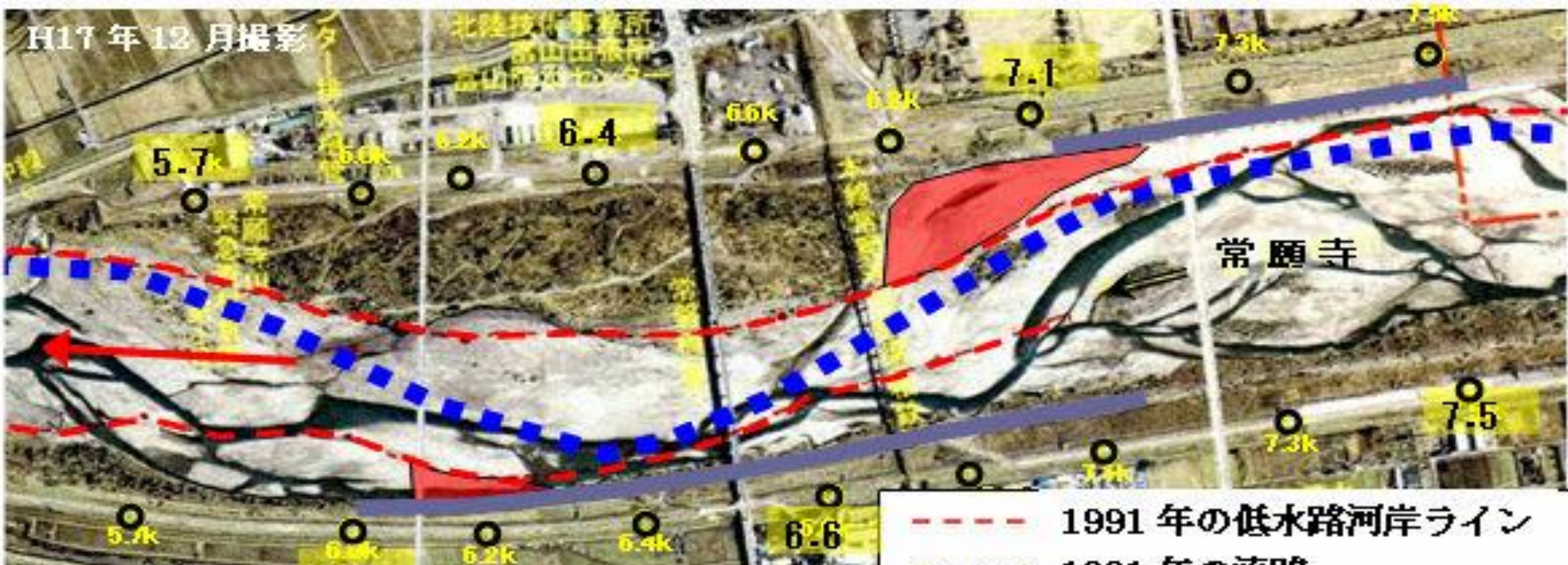
1991年11月

2003年4月



日本常願寺川：護岸導致河床下切，需加設基腳





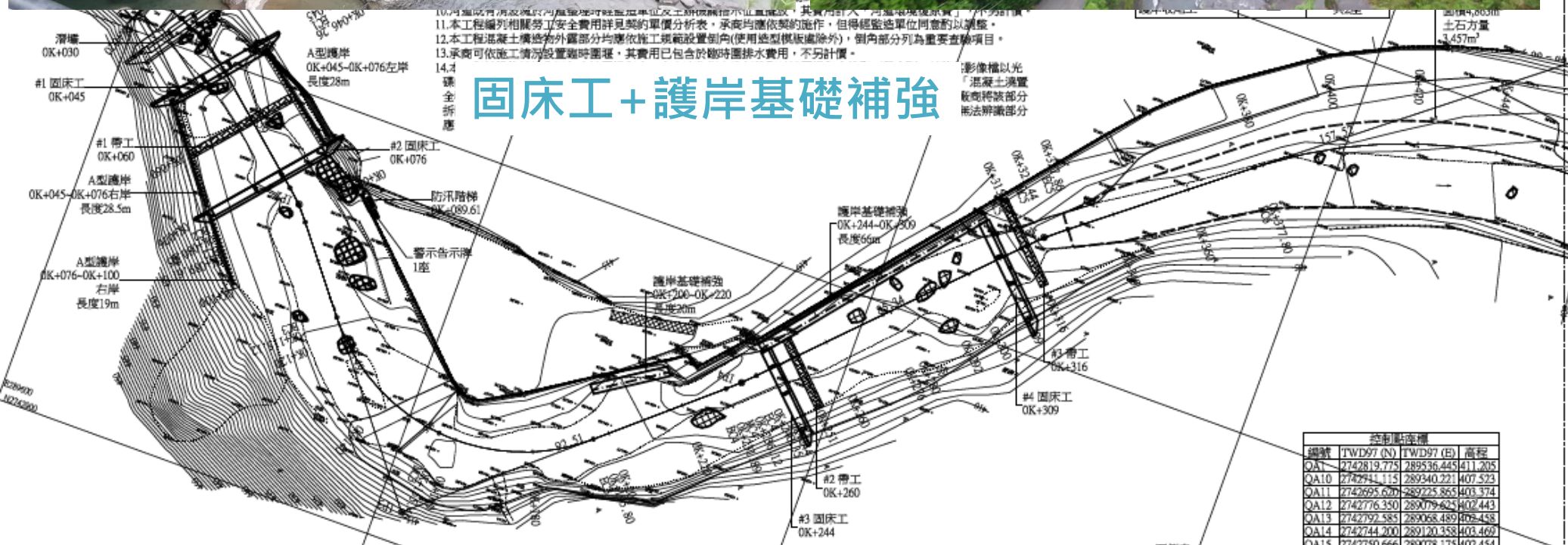
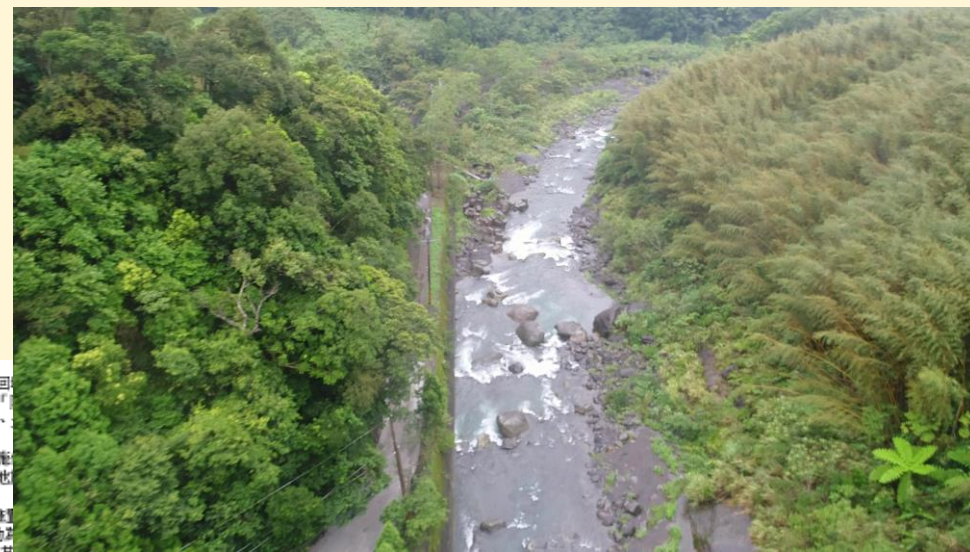
- 1991 年の低水路河岸ライン
- 1991 年の流路
- 低水護岸設置箇所
- 盛土箇所



2005年12月

以河道内礫石重建河岸後，河
道回復安定

工程要點二：維持粗糙度



如何估計粗糙係數 n

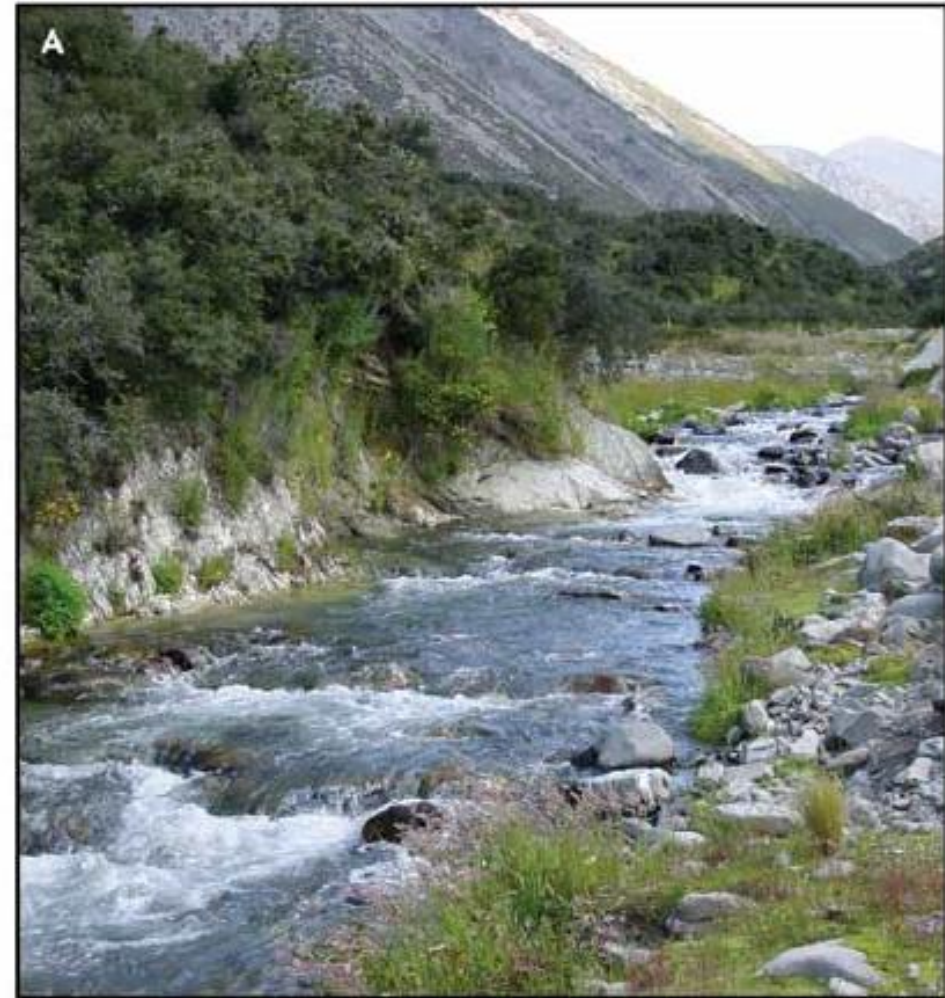
河槽情況	曼寧粗糙係數 n
河線勻直且斷面規則，砂質河床	0.025~0.033
河線勻直且斷面規則，礫石河床，河岸多草	0.030~0.040
河線蜿蜒，河床多深潭	0.033~0.045
河線蜿蜒，河床多礫石、雜草	0.035~0.050
河線蜿蜒，水淺	0.040~0.055
礫石河床，水淺	0.040~0.060
長草密布河床	0.050~0.080

國內的 n 表易低估溪流的粗糙度

→ 查圖冊(美國農業部，2014)，
找最像的照片

$n = 0.13$ $V = 0.55 \text{ m/s (1.8 ft/s)}$
 $f = 2.3$ $R = 0.2 \text{ m (0.66 ft)}$

1/16/2003



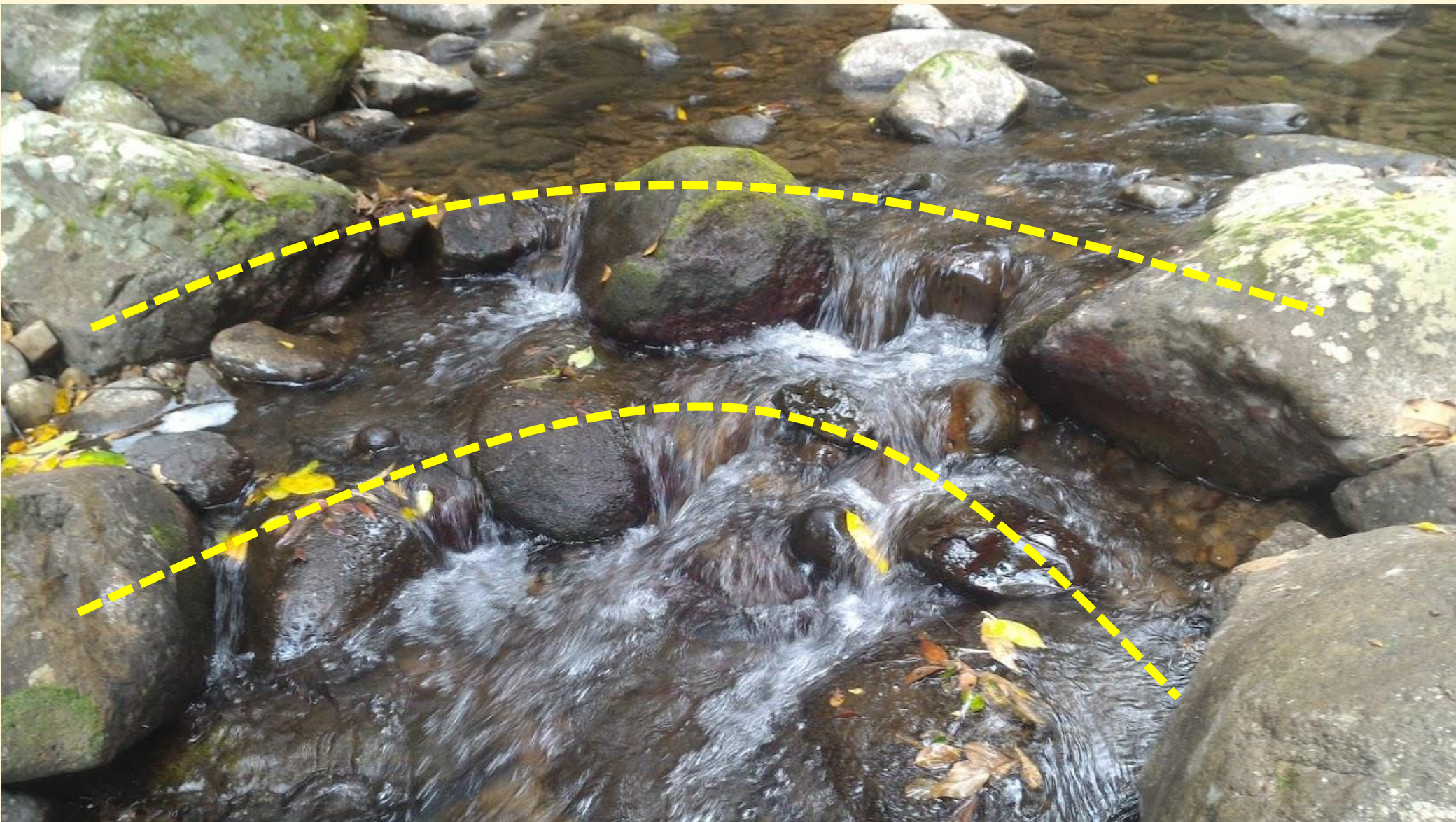
USDA
United States Department of Agriculture

Photographic Guidance for Selecting Flow Resistance Coefficients in High-Gradient Channels

Steven E. Yochum, Francesco Comiti, Ellen Wohl,
Gabrielle C. L. David, Luca Mao

如何判斷河床是否安定？

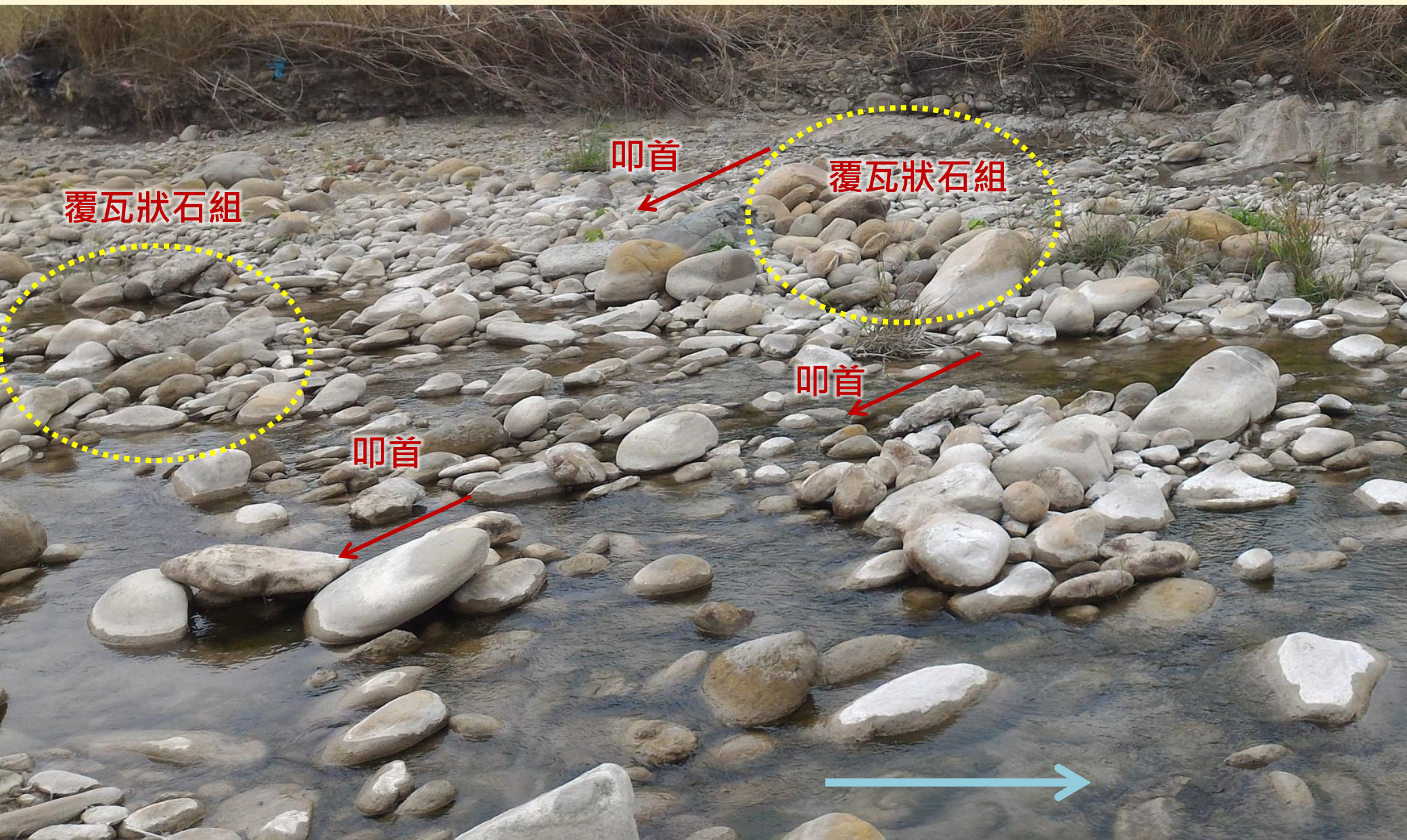
1. 塊石隨機卡合成階梯固床工(不一定是拱形，但常常是)



2. 無大徑浮動塊石



3. 塊石朝上游「叩首」，成覆瓦狀排列



保留階梯或石組

只保留單一大石，卻使其浮動，仍有危險



工程要點三：了解自然營力帶來的河相變化

山區：河岸小規模崩塌 → 蜿蜒度增加



2013年衛星影像

339,921.050 2,759,412.701 公尺

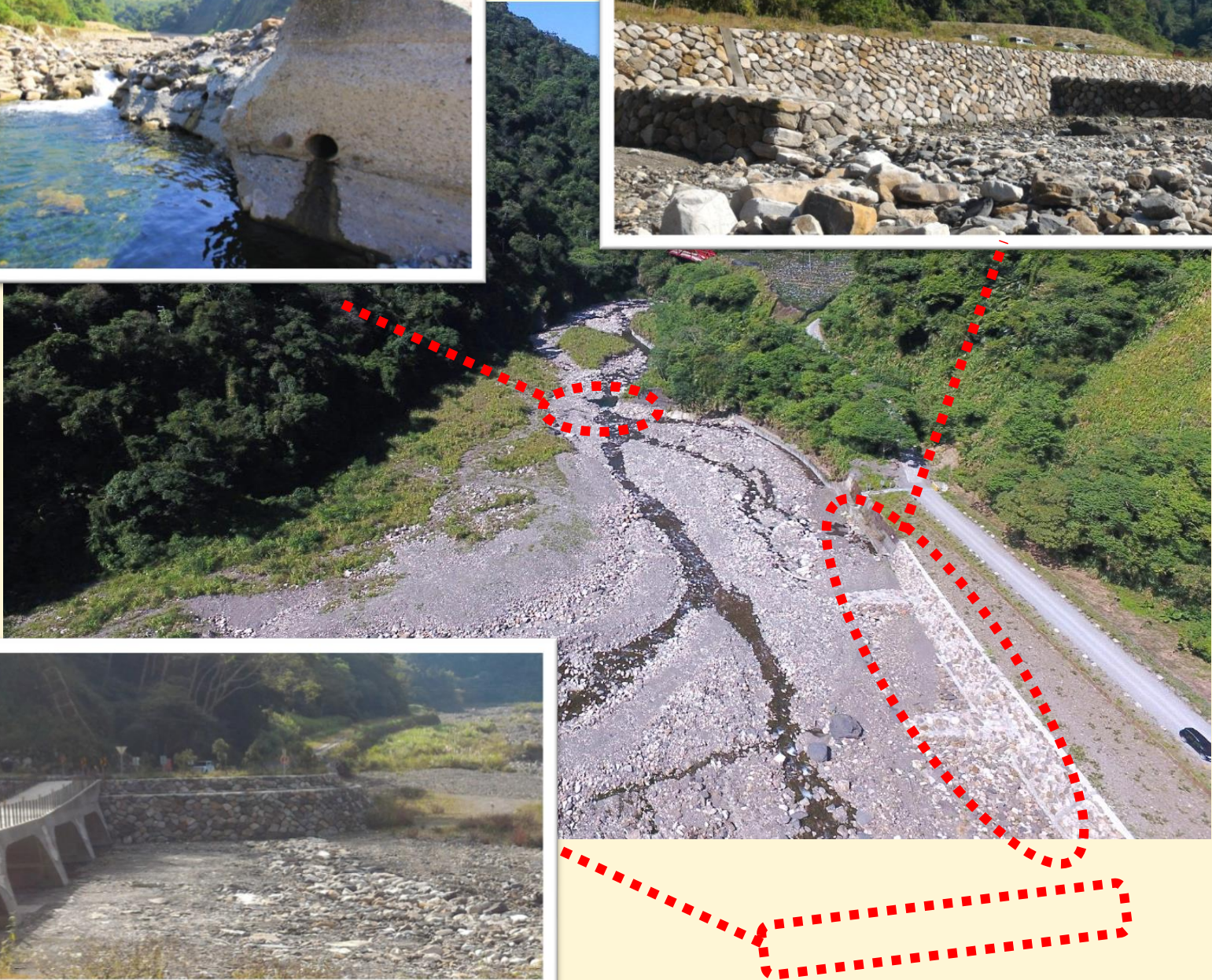
POWERED BY esri

辮狀河山區：沖淤變動劇烈的溪床常發生「埋積」

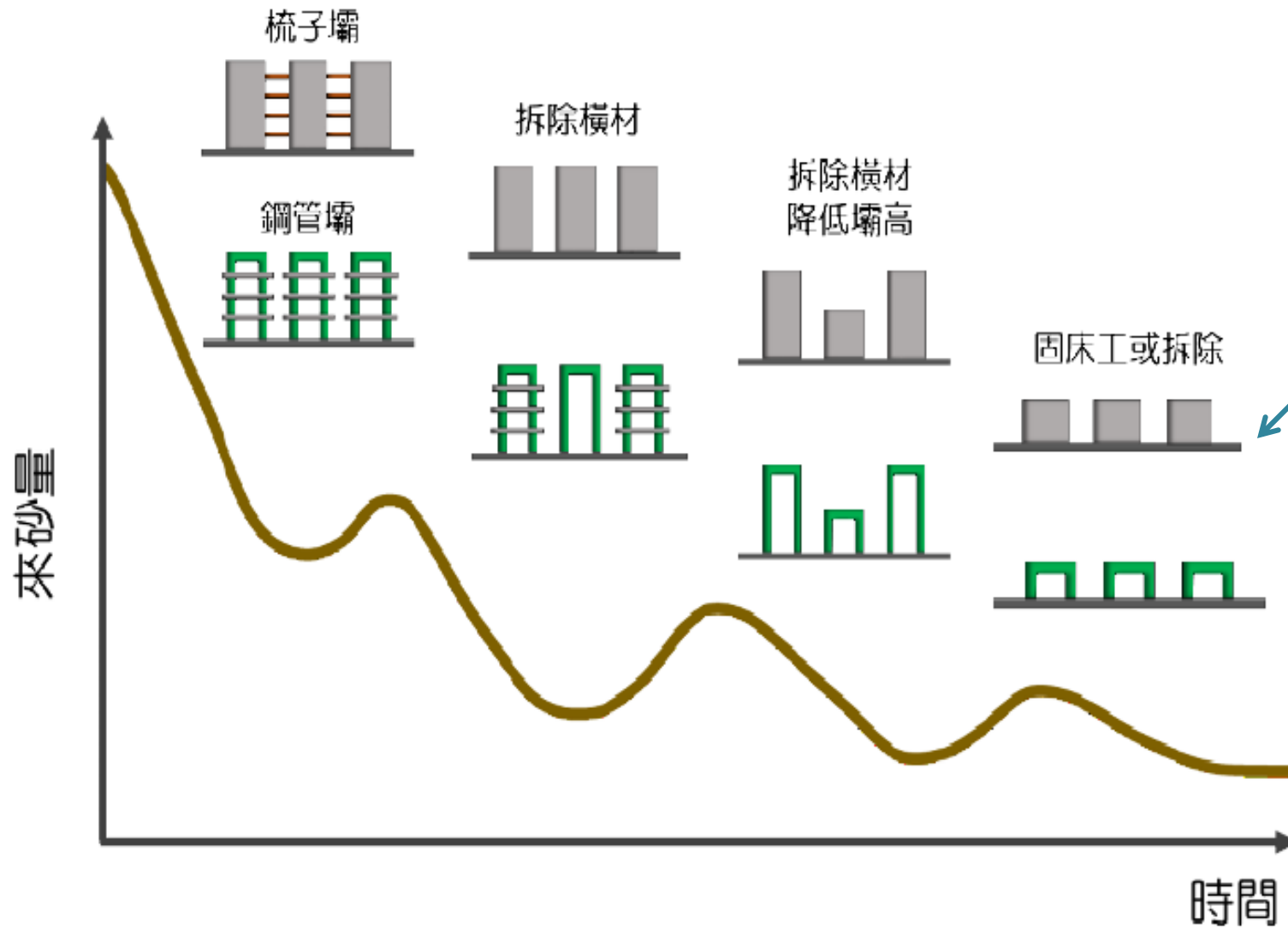


2004年敏督利颱風過後，山區大量土石崩落，使得本溪段成為埋積河谷，河床淤高>10公尺

它現在是沖刷還是淤積？



山區埋積的土砂脈衝

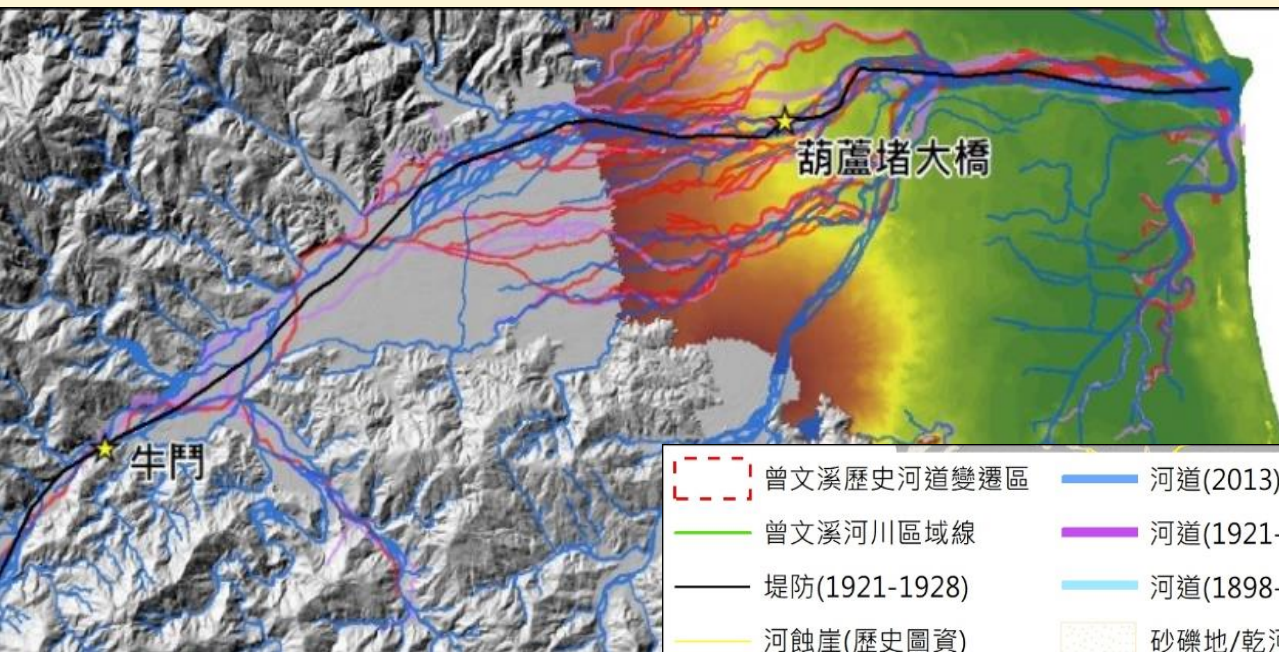


這條線不能是
固定結構物

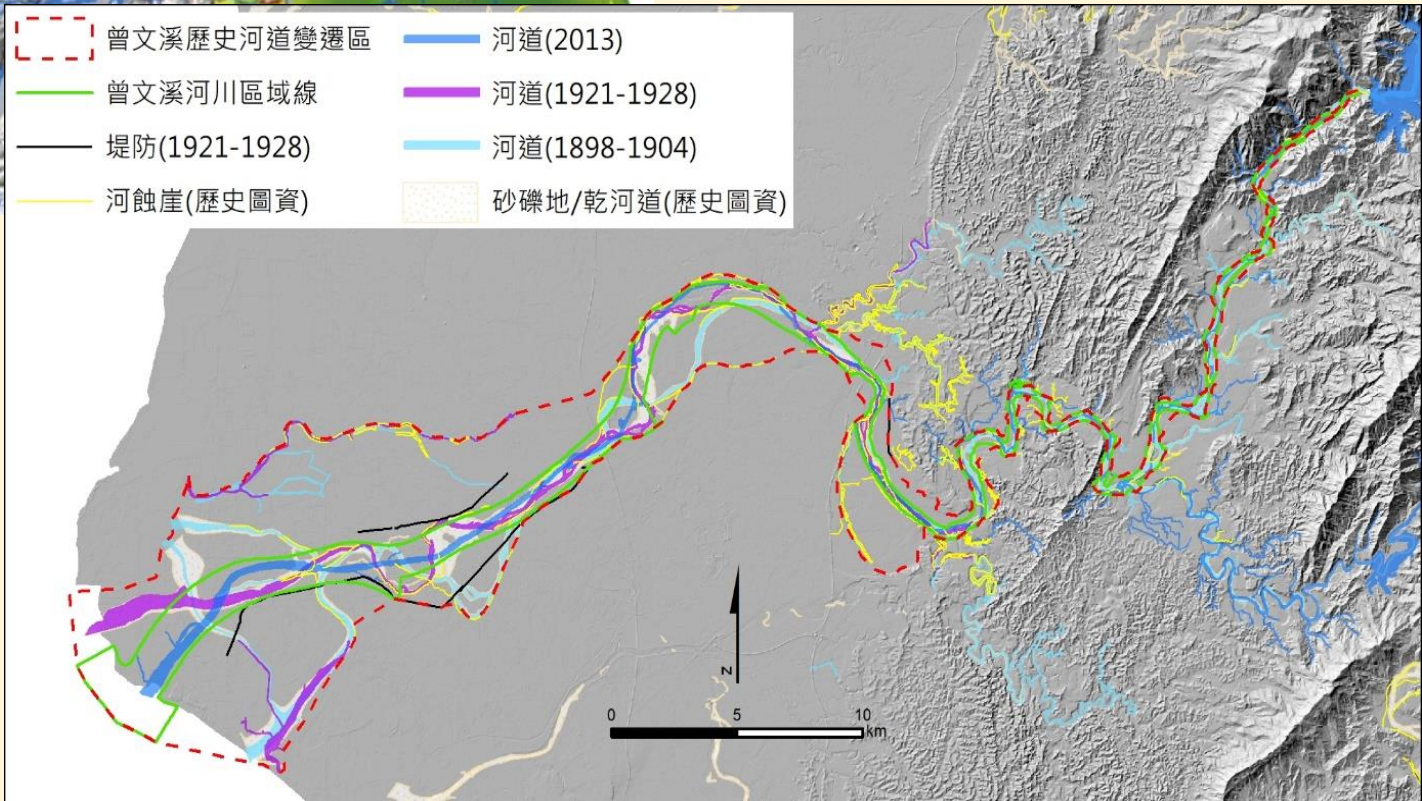
出處：2017年「防砂壩長期管理以精準調控土砂平衡期末報告」

沖積扇及平原的河流改道

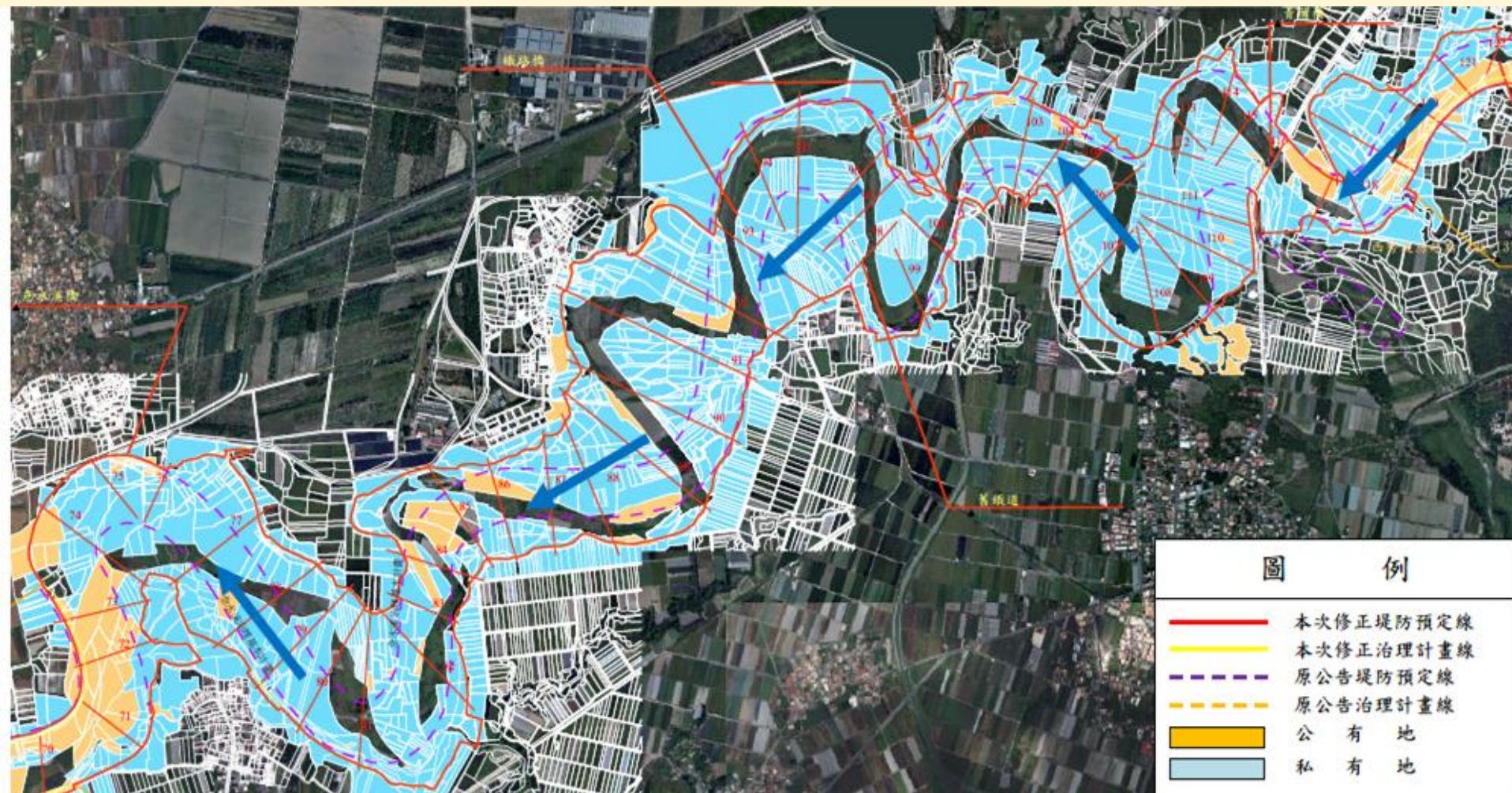
蘭陽溪沖積扇



曾文溪中下游



平原蜿蜒前進



急水溪斷面70-122河段堤防預定線調整示意圖

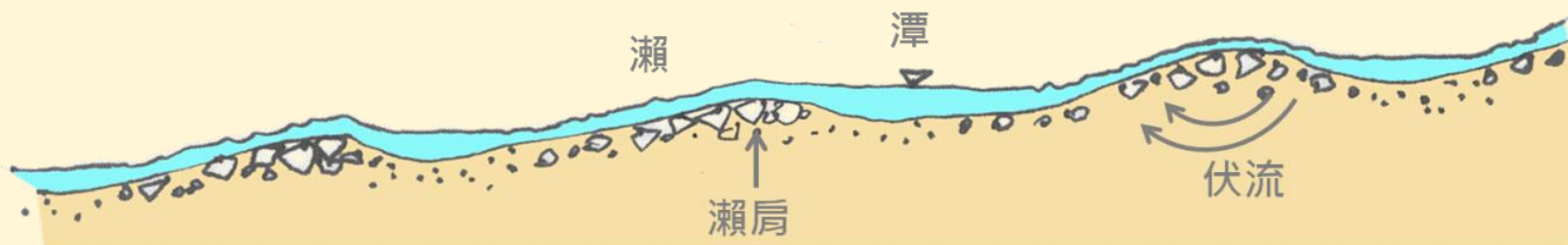
工程要點四：不阻礙生物移動

「回家是一條撞牆之路」~人禾環境倫理基金會



防砂壩 / 固床工對潭-瀨棲地結構的影響

施工前



施工後



施工前	施作後
水密性較佳，僅部分伏流。	水流受結構物阻斷，水密性不佳，易伏流。
河床質分選良好，生物易分區棲息利用。	河床質分選不良，大顆粒被細粒泥砂包埋。
「瀨肩」(河床波周期至高點)為大顆粒石組，構成河床骨架。	瀨肩的石組結構一旦移除，河床平坦化，棲地就消失。
潭、瀨地形由洪水自然維持。	洪水造成堰壩上淤下淘，結構物本身不易維持。

還路魚蝦 台東出海口高壩拆囉

f 分享

留言

列印

存新聞

2018-08-19 00:05:06 聯合報 記者洪敬涵／台北報導

讚 2,350 分享

圖 / 水保局台東分局提供





工程要點五：河岸保持透水性

為什麼常見護岸末端崩塌？







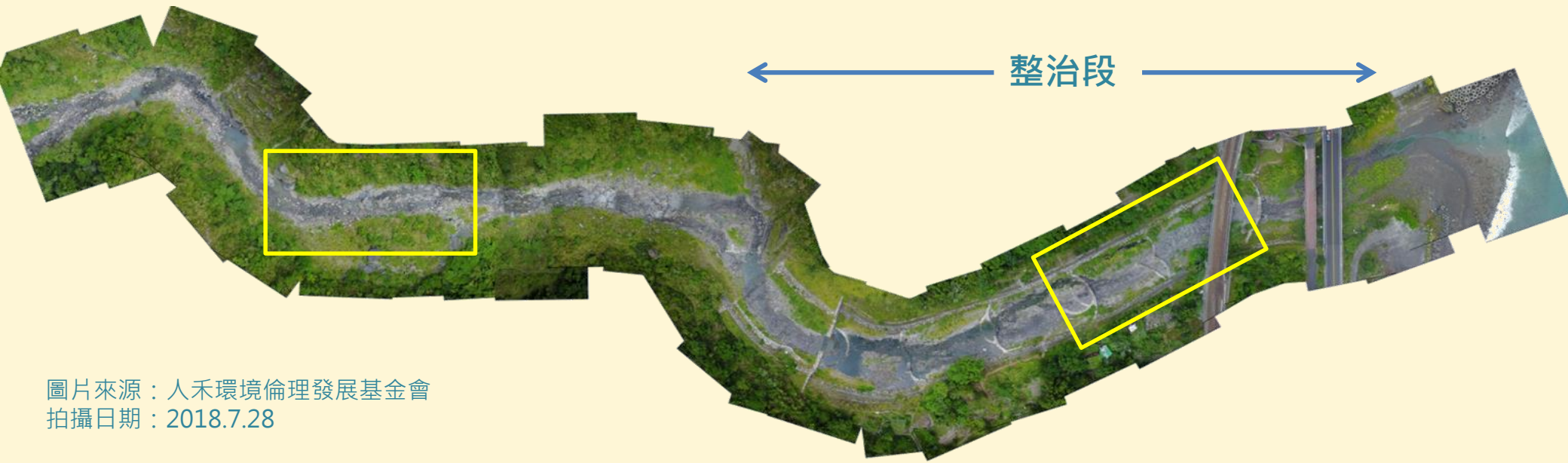
工程要點六：保持低水河道的形態



「野溪加油、工程師加油」~人禾環境倫理基金會



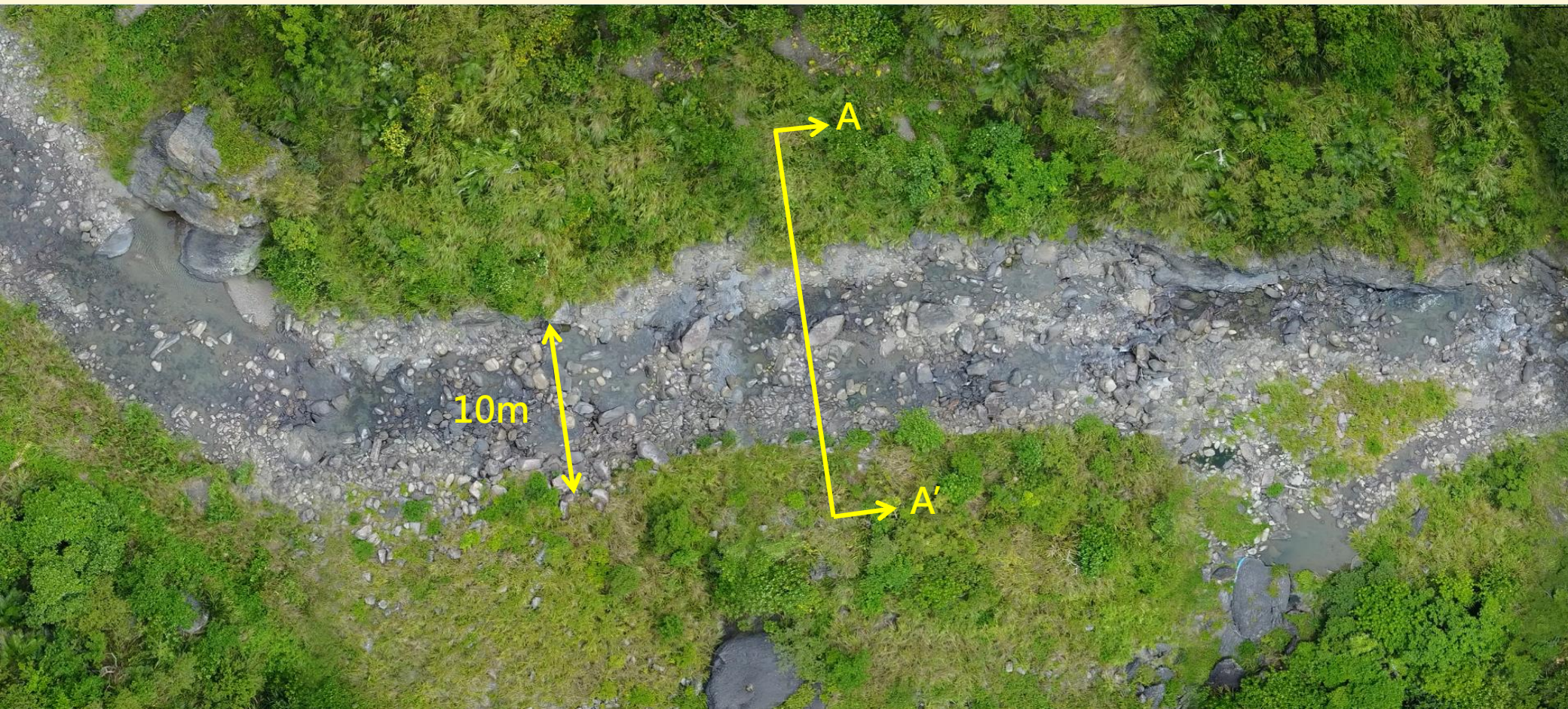
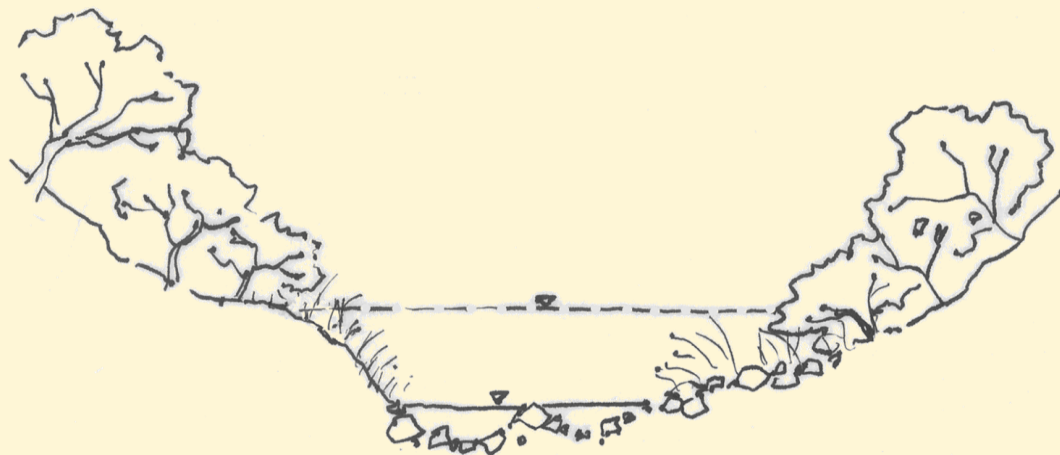
大溪溪下游一公里河段



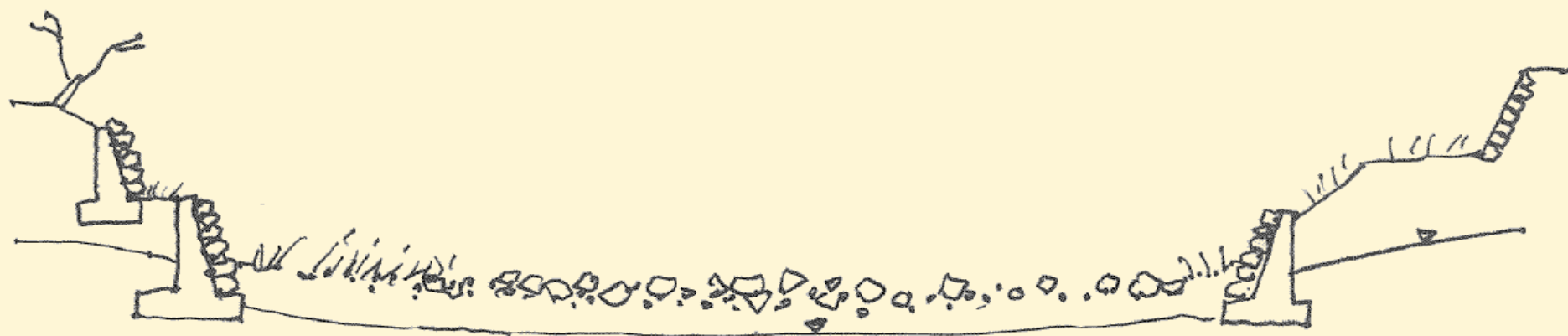
圖片來源：人禾環境倫理發展基金會
拍攝日期：2018.7.28



断面A-A'



断面B-B'



對高水治理來說沒問題，問題在於低水時



整治前



河階

低水河岸

圖片來源：觀察家生態顧問公司

施工中(2015年9月)



圖片來源：Google街景

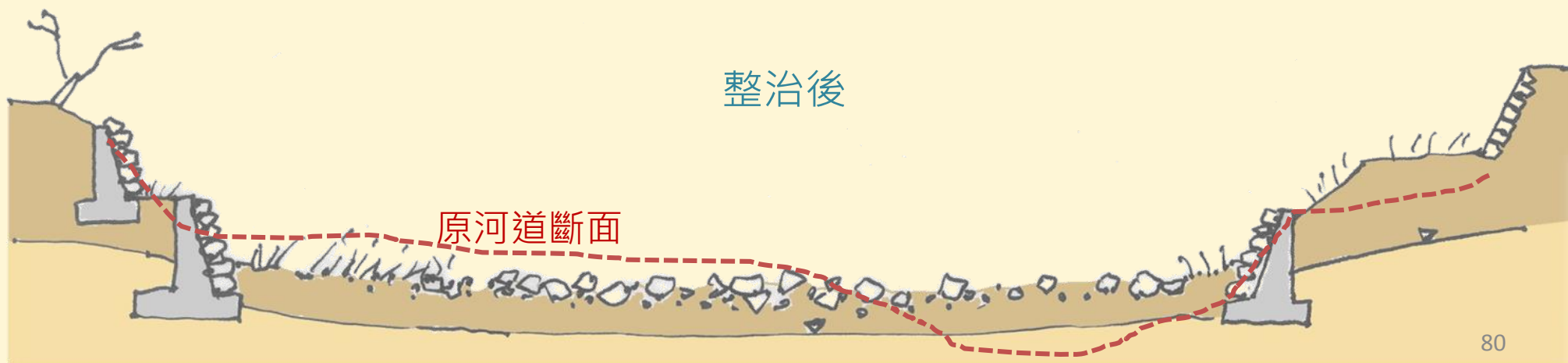
整治後 (2018年5月)



圖片來源：方韻如

為什麼整治之後會伏流？

1. 以為河道寬一點比較好，挖填平衡下，原低水河道消失
2. 混凝土結構阻礙地下水流，使地下水位下降
3. 河道拓寬、植被移除後蒸發旺盛



河溪治理的工程要點

- 一、掌握河道骨架與彈性空間
- 二、維持粗糙度
- 三、了解自然營力帶來的河相變化
- 四、不阻礙生物移動
- 五、河岸保持透水性
- 六、保持低水河道的形態

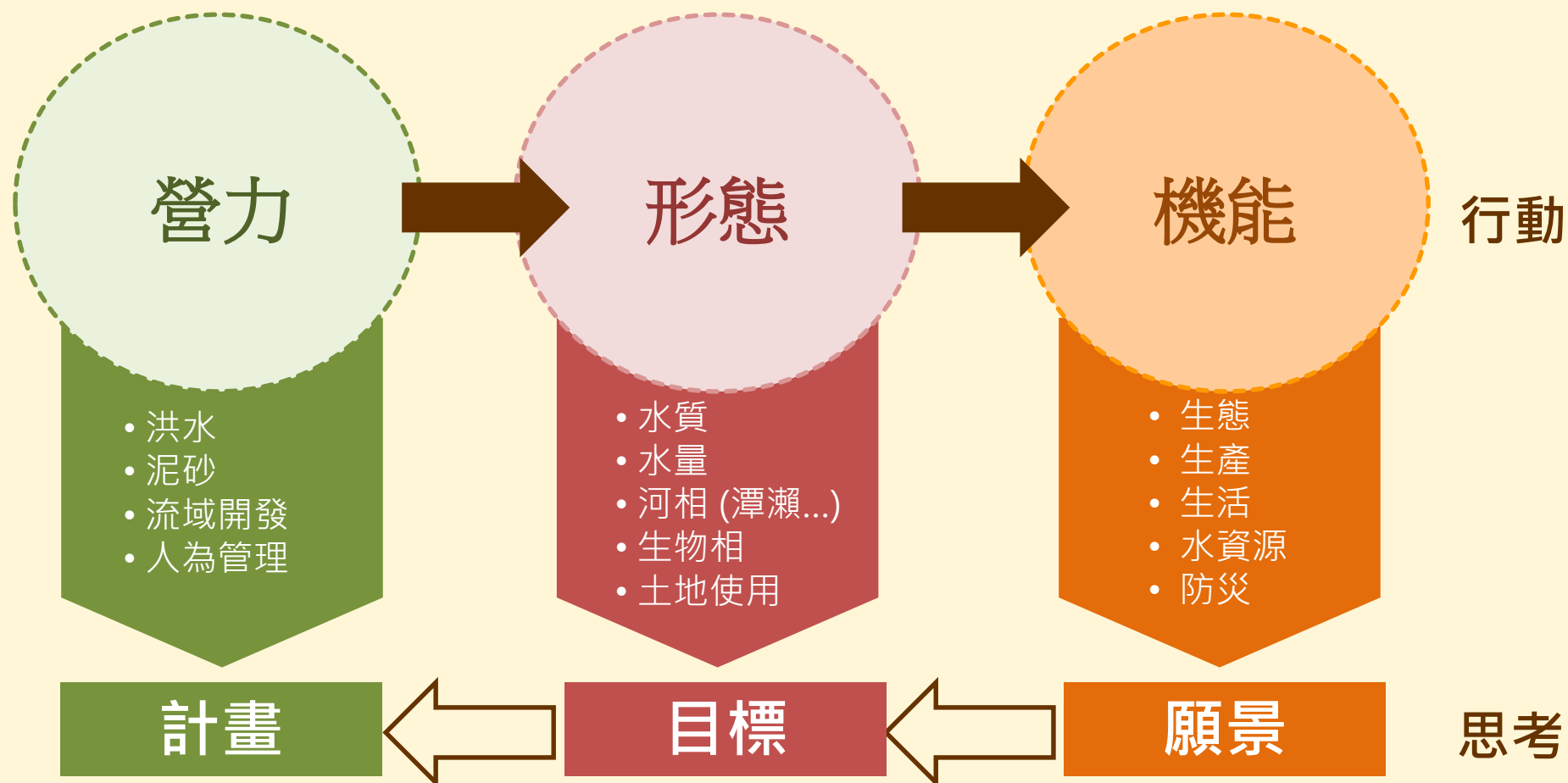
總結：

1. 河溪是一個能量系統
2. 河溪會自己尋求最佳的消能方式(沿程均勻消能)
3. 人為工程往往讓河溪無法適當消能，後果：
 - 1) 能量轉移至未被保護溪段
 - 2) 構造物被破壞
4. 幫助溪流恢復健康河相 = 恢復河道平衡穩定



河溪復育案例分享

河川治理 / 管理的優先順序



不顧營力的形態難以維持



來源：Mathias G. Kondolf

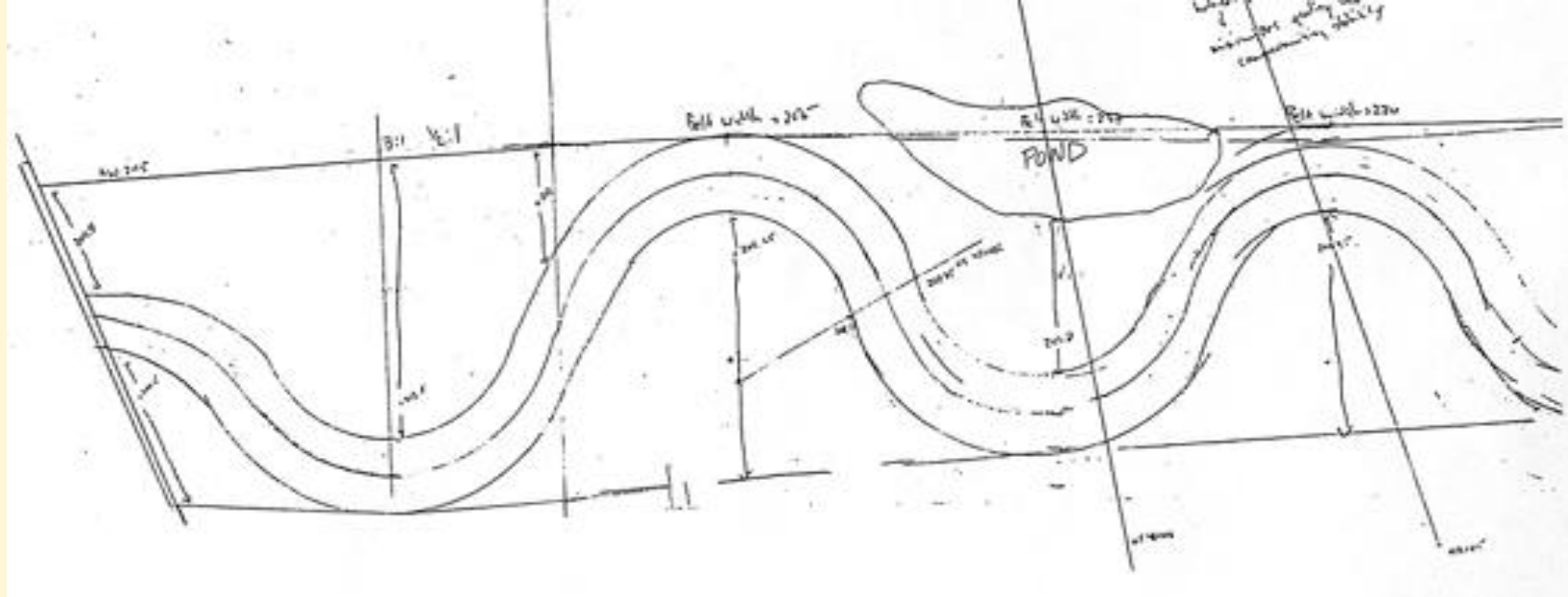
加州Uvas River 1996年1月(施工後)



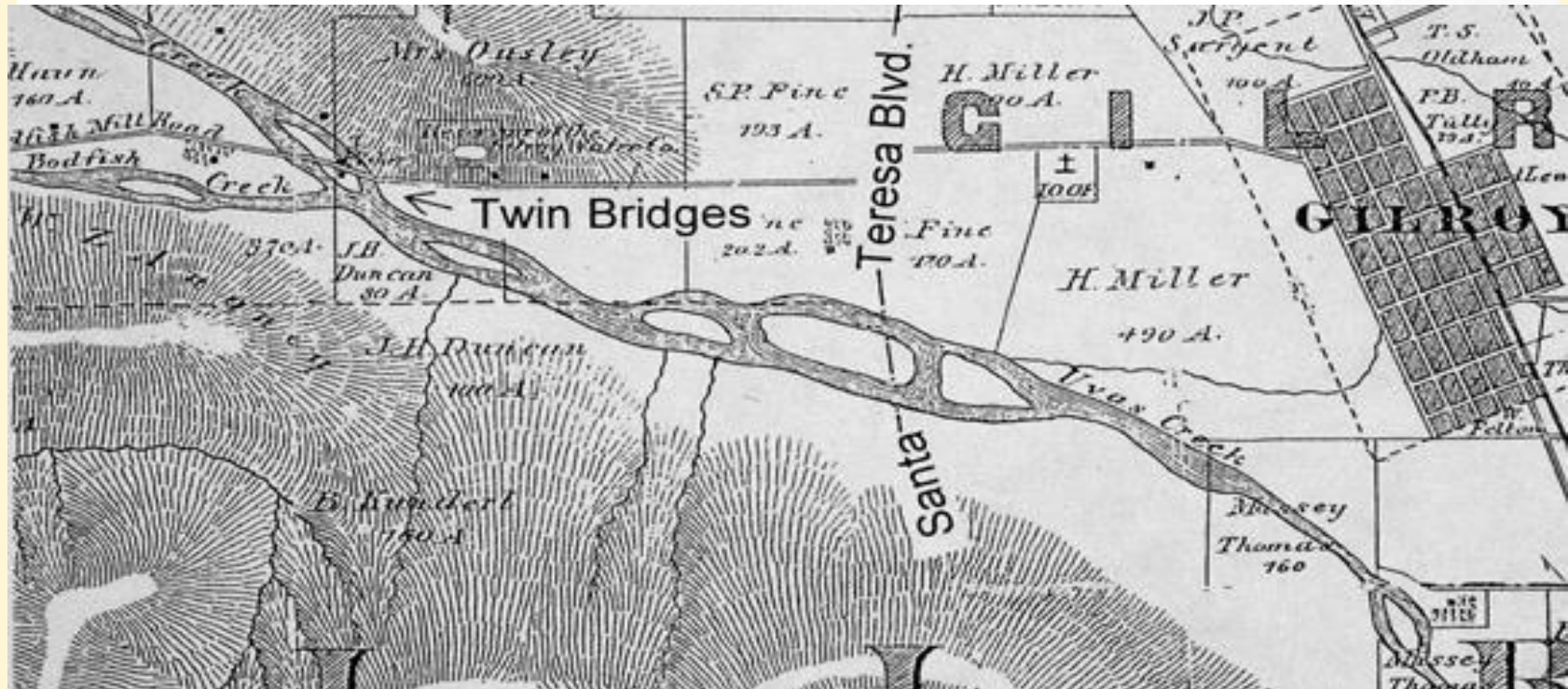
來源：Mathias G. Kondolf

加州Uvas River 1997年7月
(1996年2月大水後)

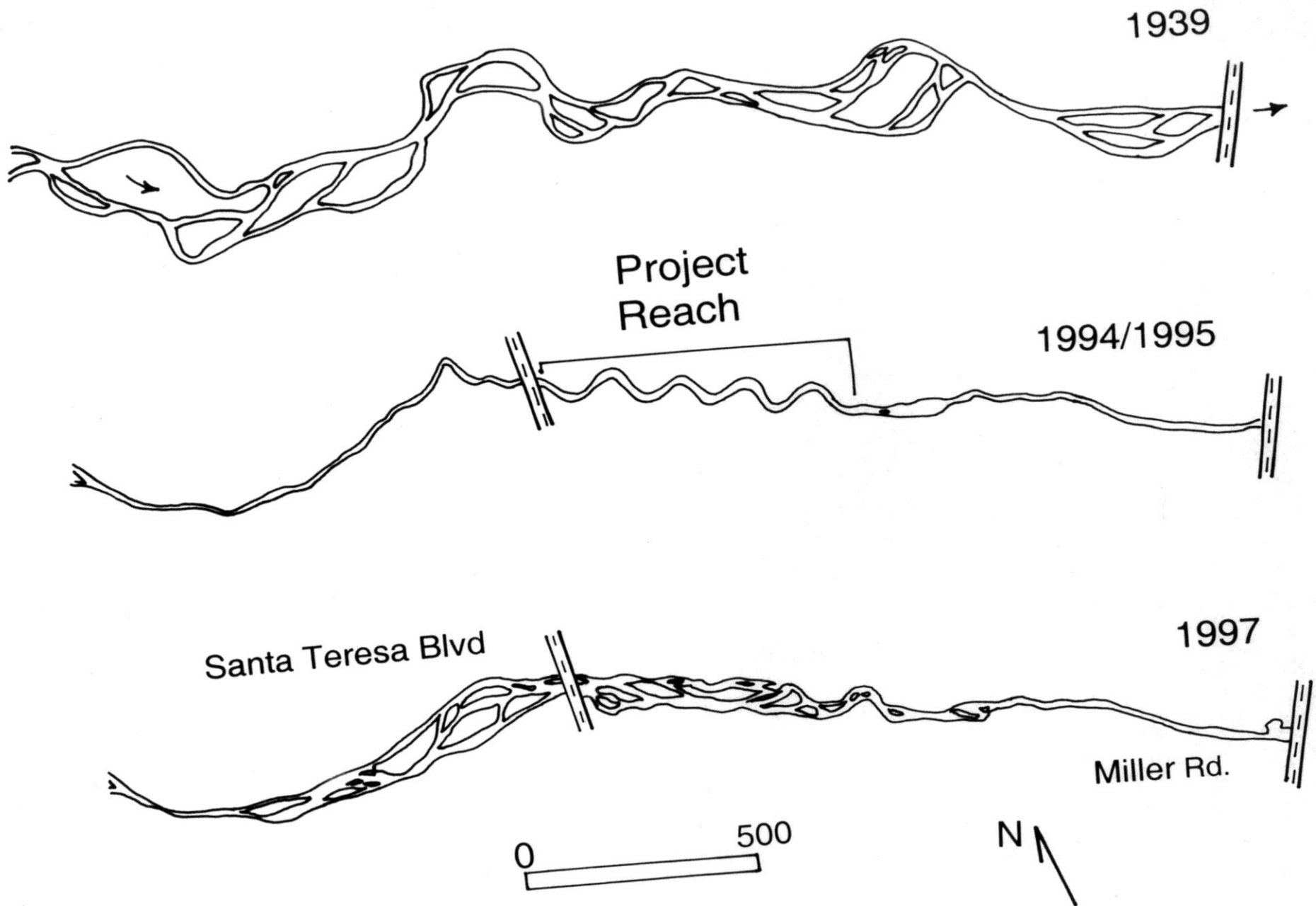
1994 設計圖



1879 地圖



Kondolf, G. M., Smeltzer, M. W., & Railsback, S. F. (2001). Design and performance of a channel reconstruction project in a coastal California gravel-bed stream. *Environmental Management*, 28(6), 761-776.



Kondolf, G. M., Smeltzer, M. W., & Railsback, S. F. (2001). Design and performance of a channel reconstruction project in a coastal California gravel-bed stream. *Environmental Management*, 28(6), 761-776.

不顧形態(河相)的工程必然破壞機能



<http://blog.xuite.net/alcedolee/nature/30939133>

整治前

食水料溪番社嶺橋上游護岸工程
(2016)



來源：蘋果即時



「食水料溪整治成功
台灣白魚回娘家」

自由時報

河川復育的「形態三原則」：

1. 孔隙



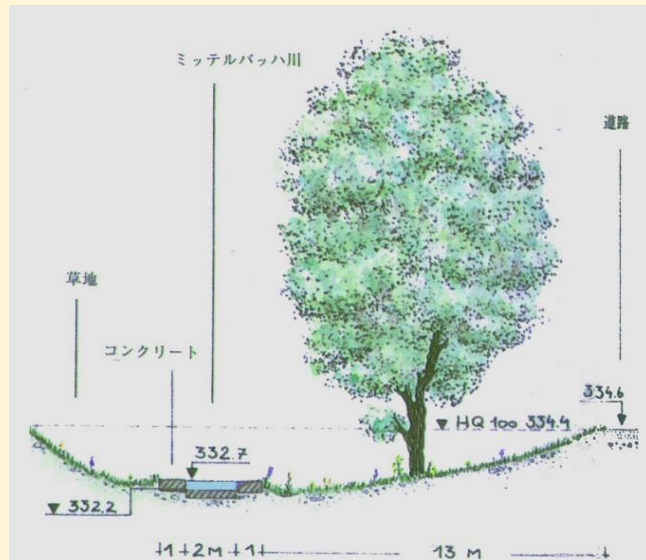
2. 境界



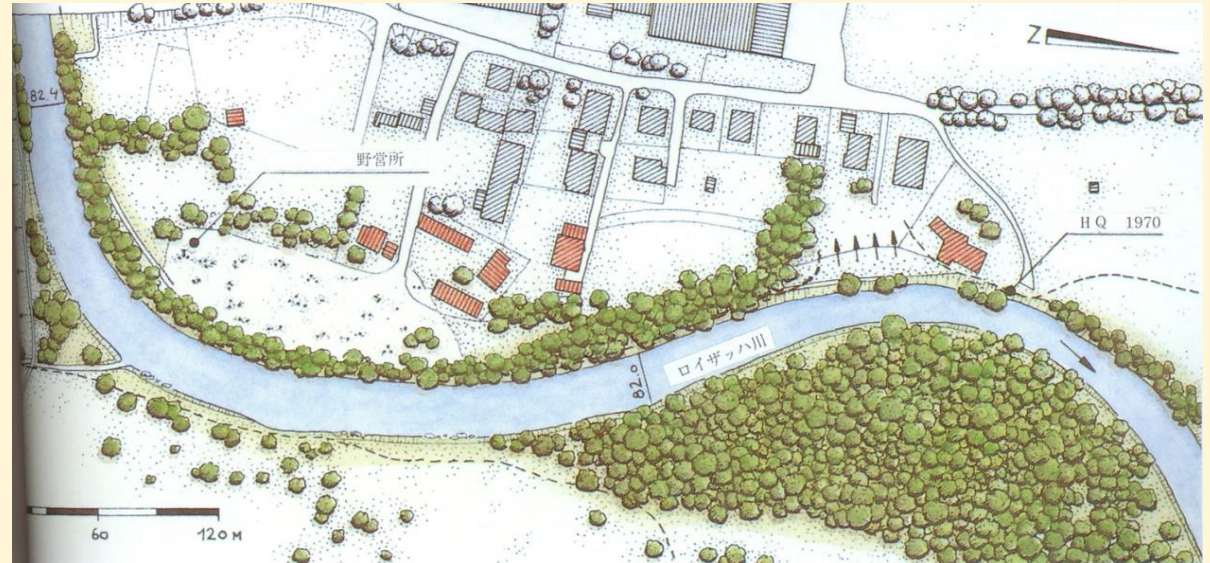
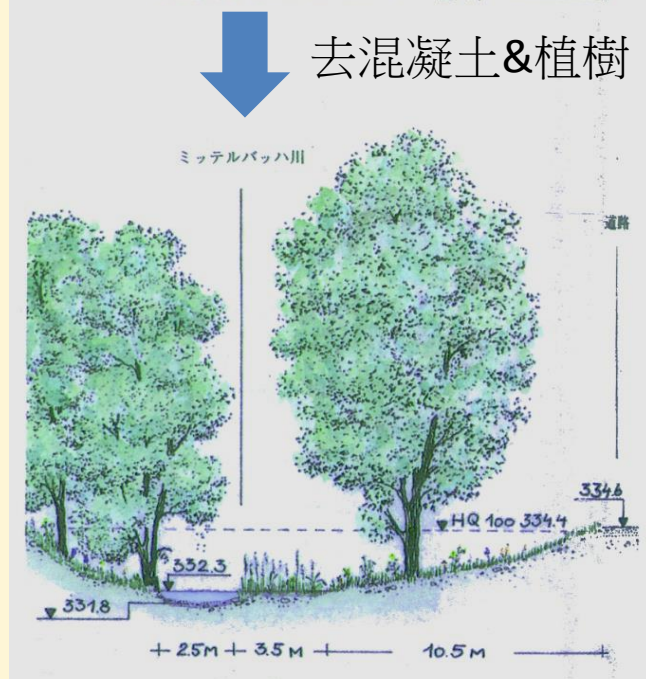
3. 多樣的水流



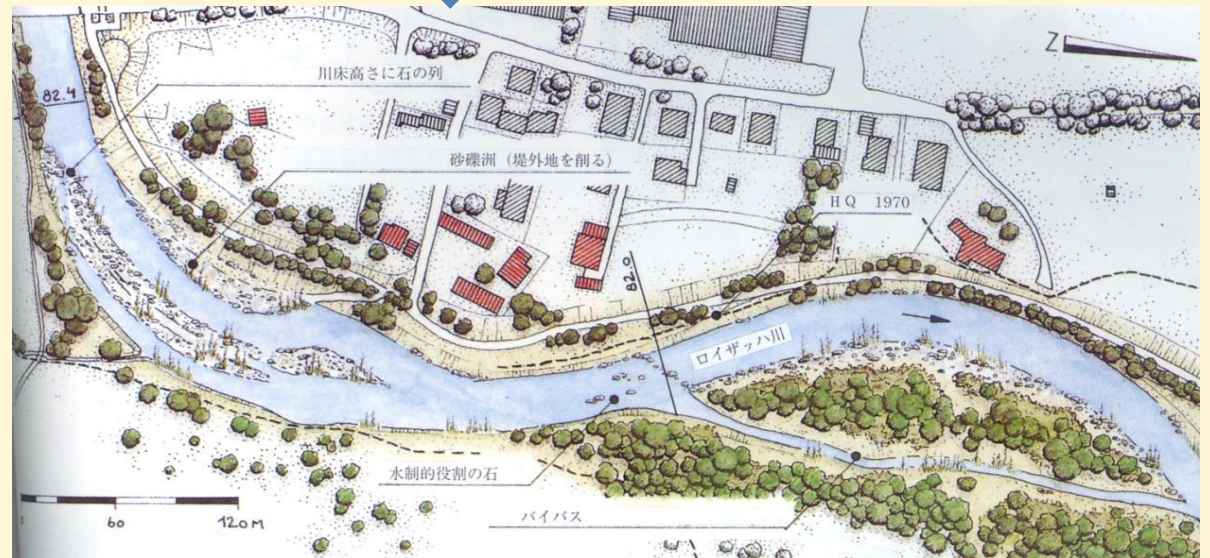
如果營力還在，改變形態可輕易改善機能



去混凝土&植樹

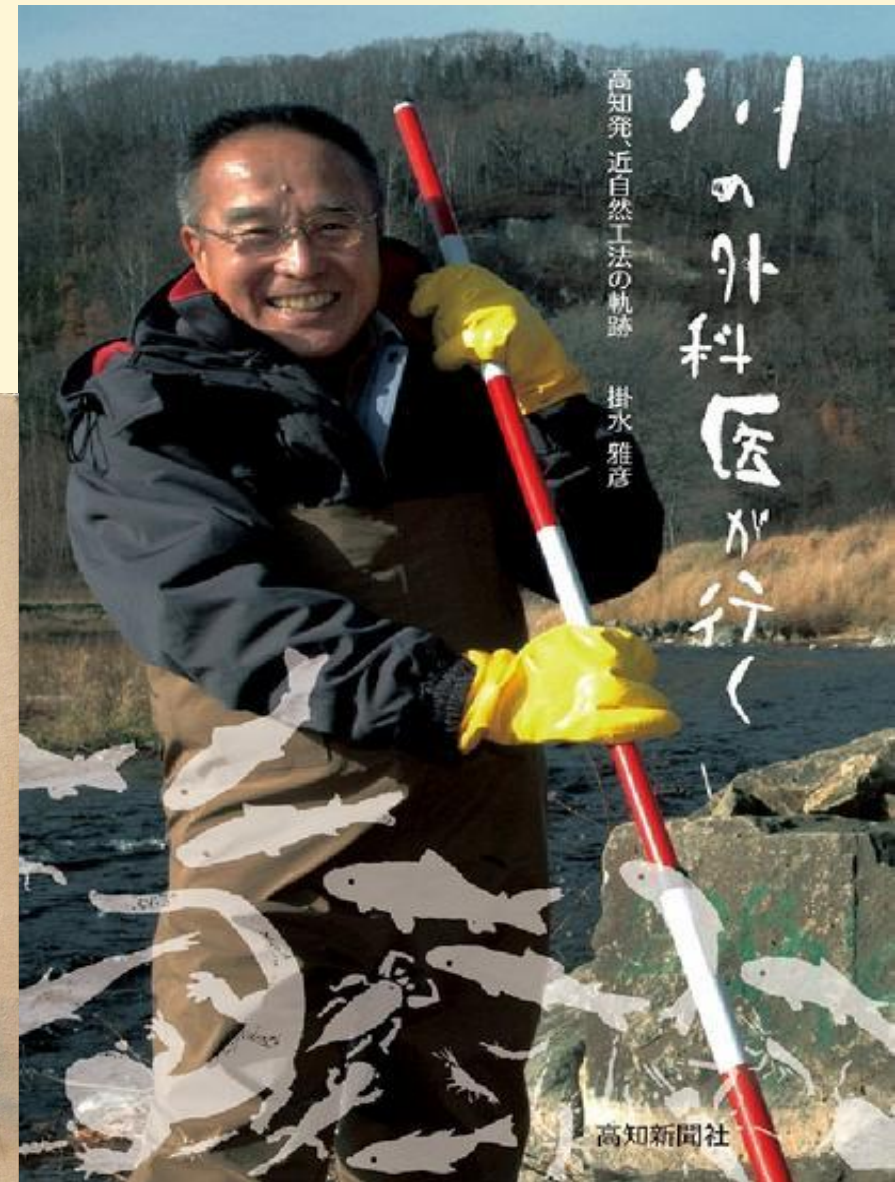
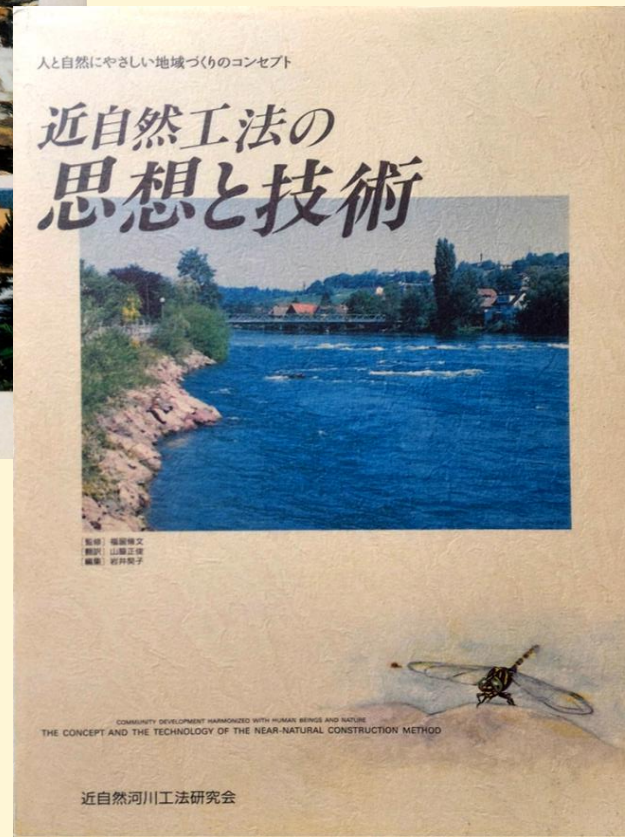
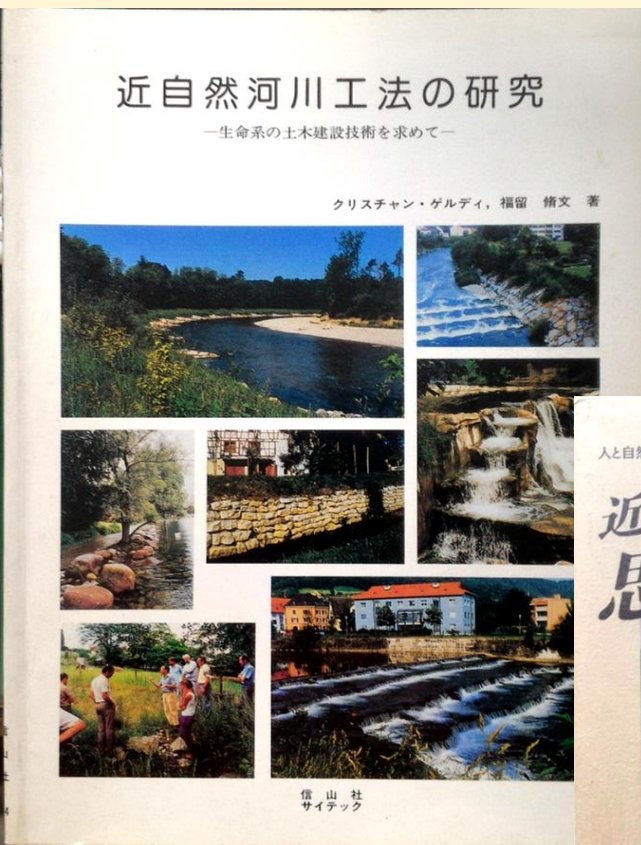


河道拓寬&河相改善



來源：「河川と小川」バイエルン州水利庁

日本「近自然工法」的推手：福留脩文 博士



形態的復育：丁壩營造多樣水流(日本愛知縣矢作川)



丁壩下游剛生成的泥砂堆積



細砂

粗砂

礫

分層堆積：
砂土地易長植物
礫石堆不長植物



瀨

親自然空間

岸邊緩流





堤防頂



植生護岸



使用者維持の小徑

形態的復育：丁壩造潭 (日本高知縣安田川)



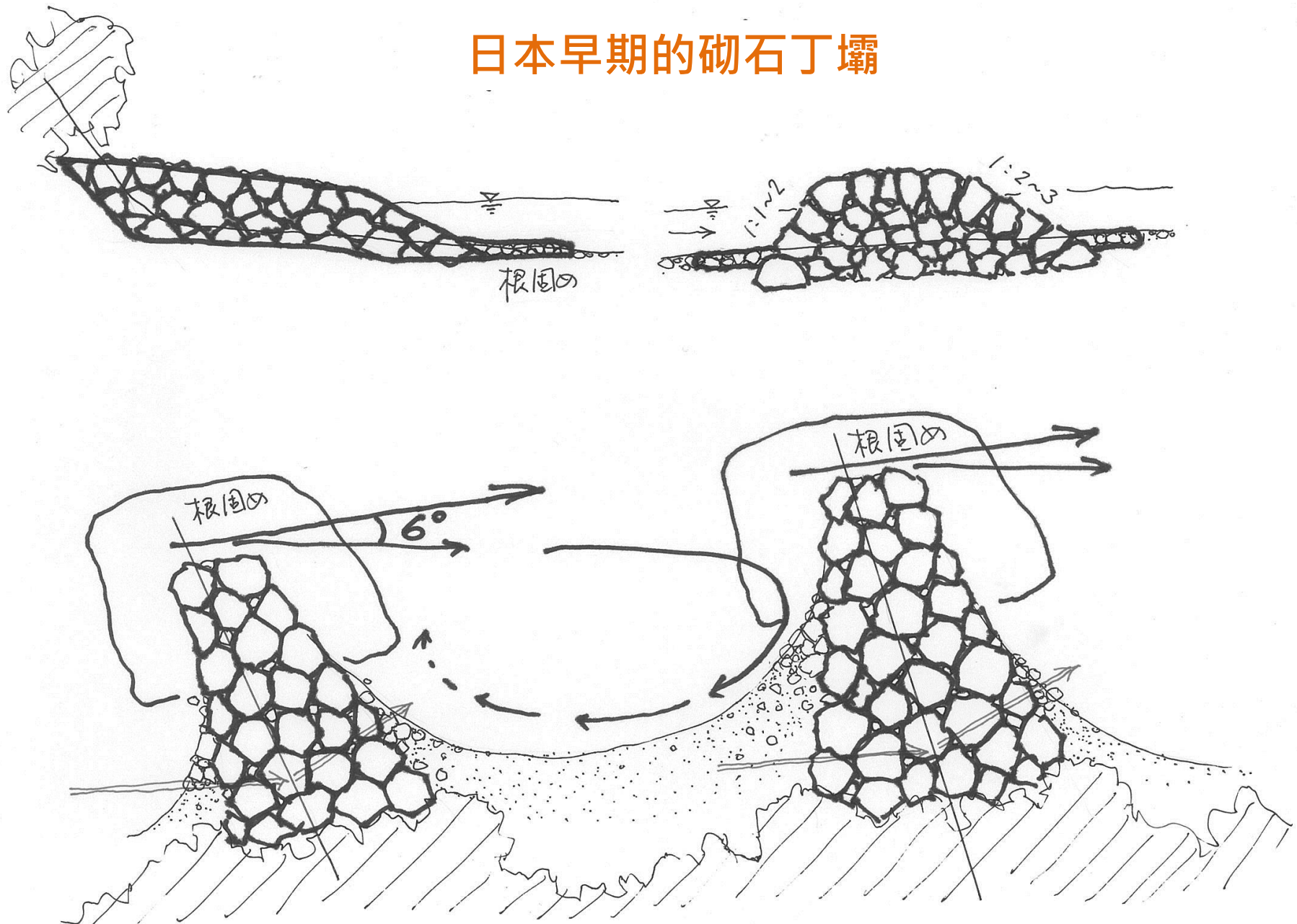
來源：西日本科學技術研究所

利用丁壩創造深潭

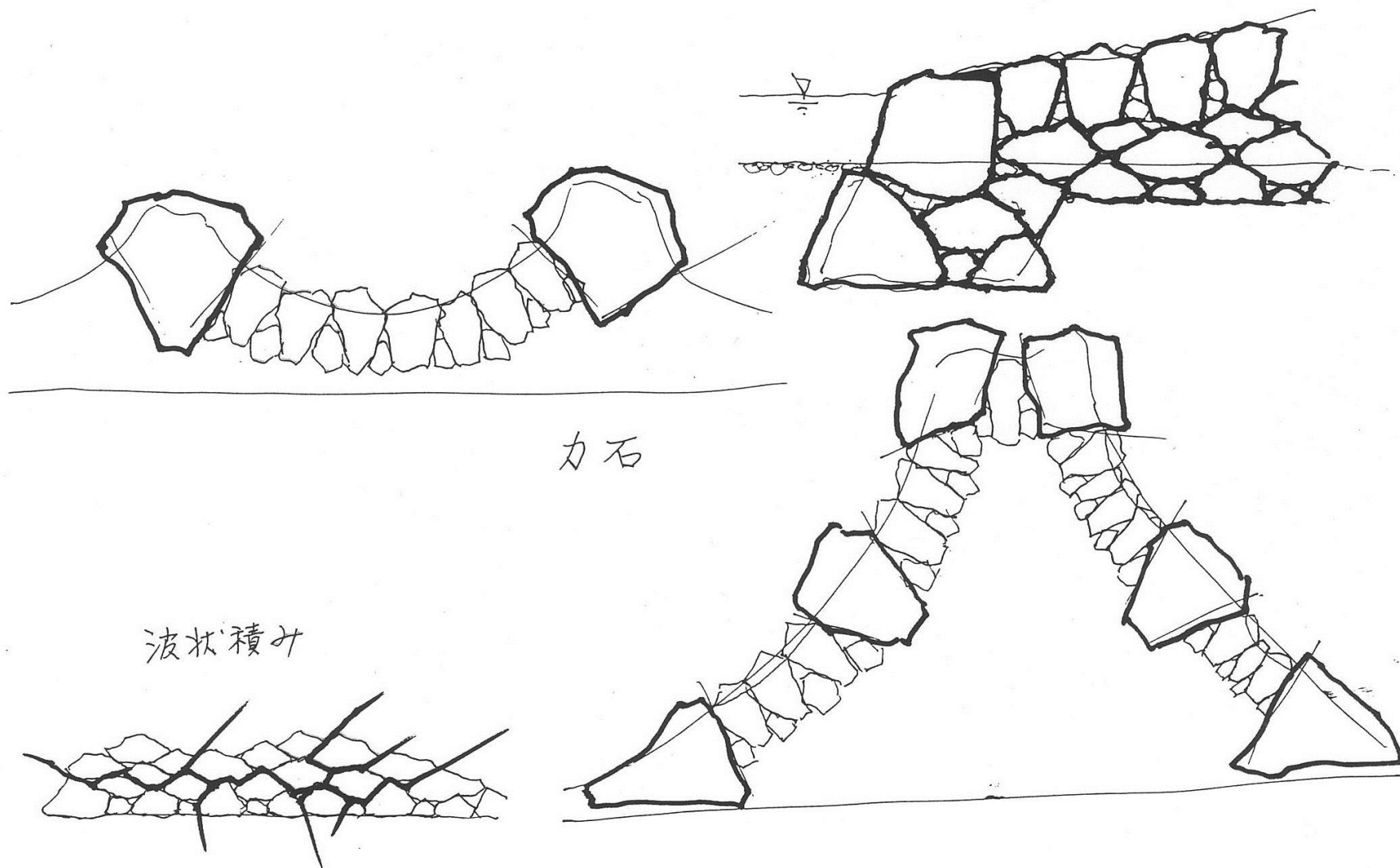


來源：西日本科學技術研究所

日本早期的砌石丁壩



造潭用的丁壩



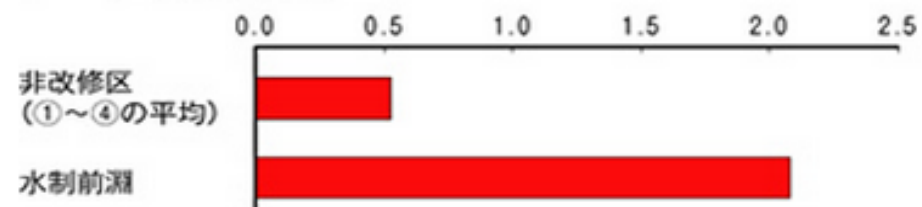
來源：福留脩文



來源：西日本科學技術研究所

丁壩附近香魚的密度變成四倍

アユの生息密度 (尾/㎡)



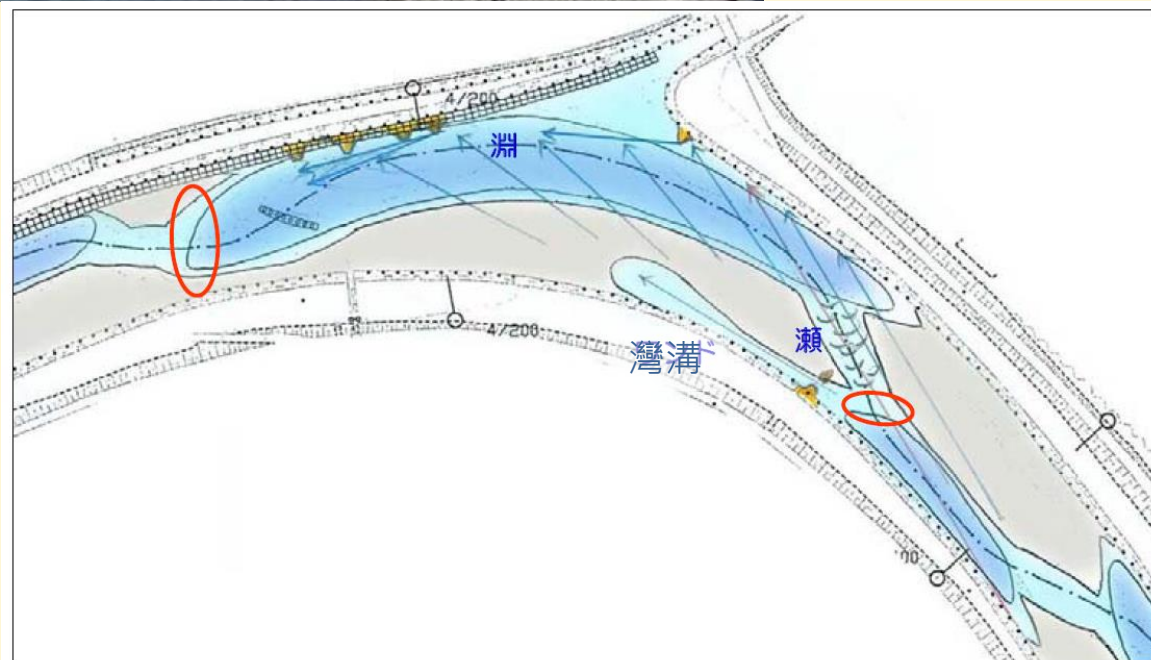
形態的復育：重建邊灘(日本熊本縣菊池川)



2005年，護岸使
河道深槽化，砂
州被日本葦固定

對策：

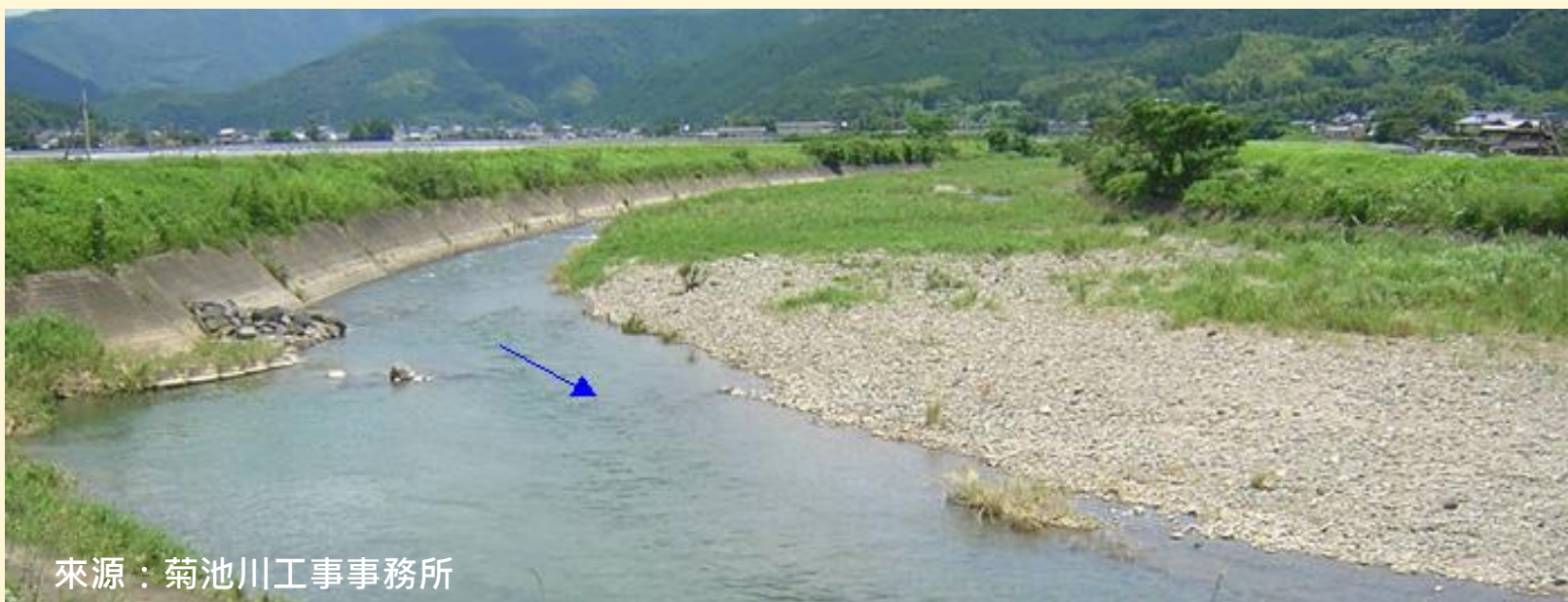
1. 削灘
2. 利用丁壩導正水流
3. 設「灣溝」沖刷灘地





來源：菊池川工事事務所

2007年
削灘完成後



來源：菊池川工事事務所

施工6年後，灘地
恢復健康

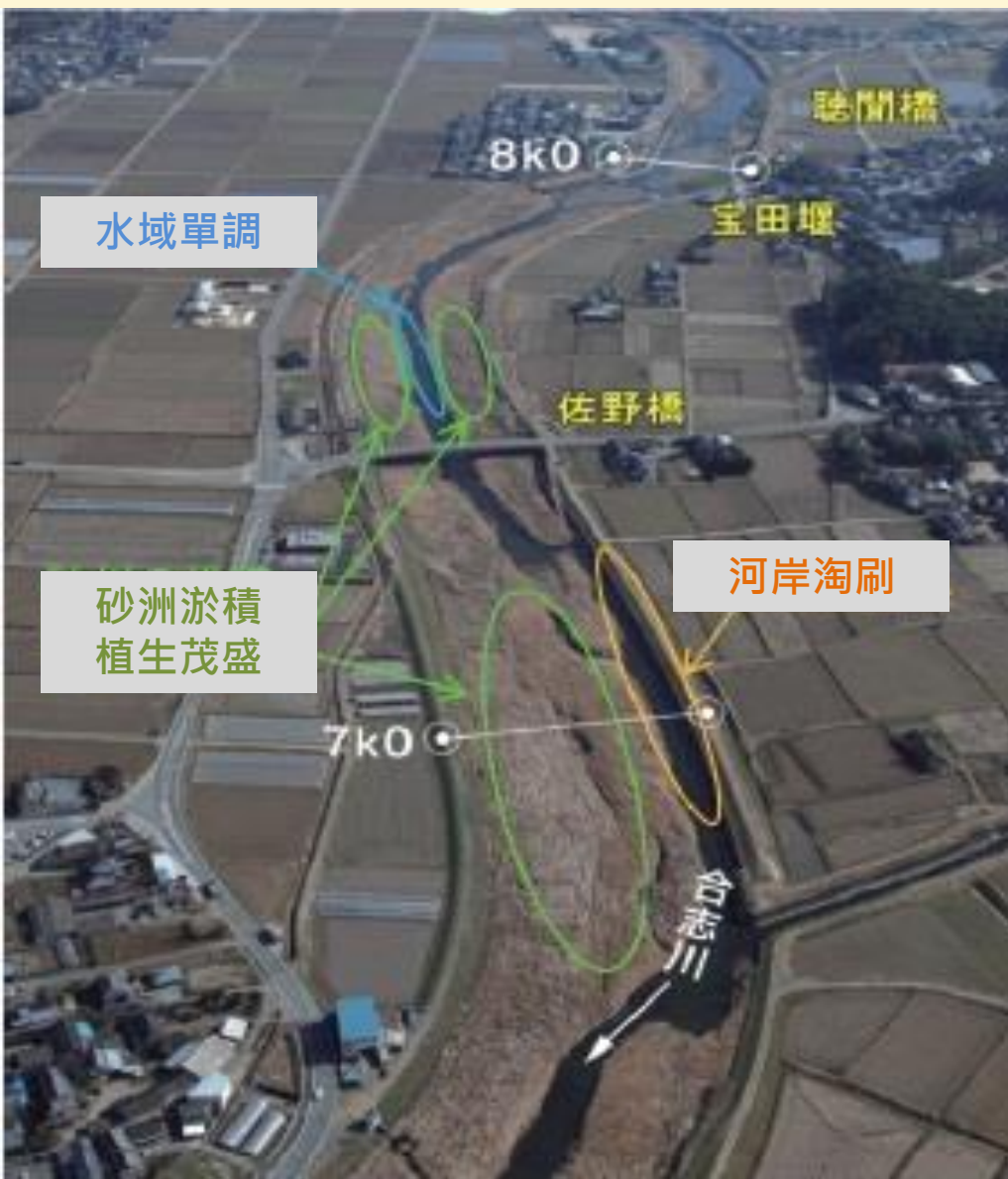
2018年11月



2018年11月



順應河相的河川營造(菊池川上游支流合志川)





塊石瀨區營造



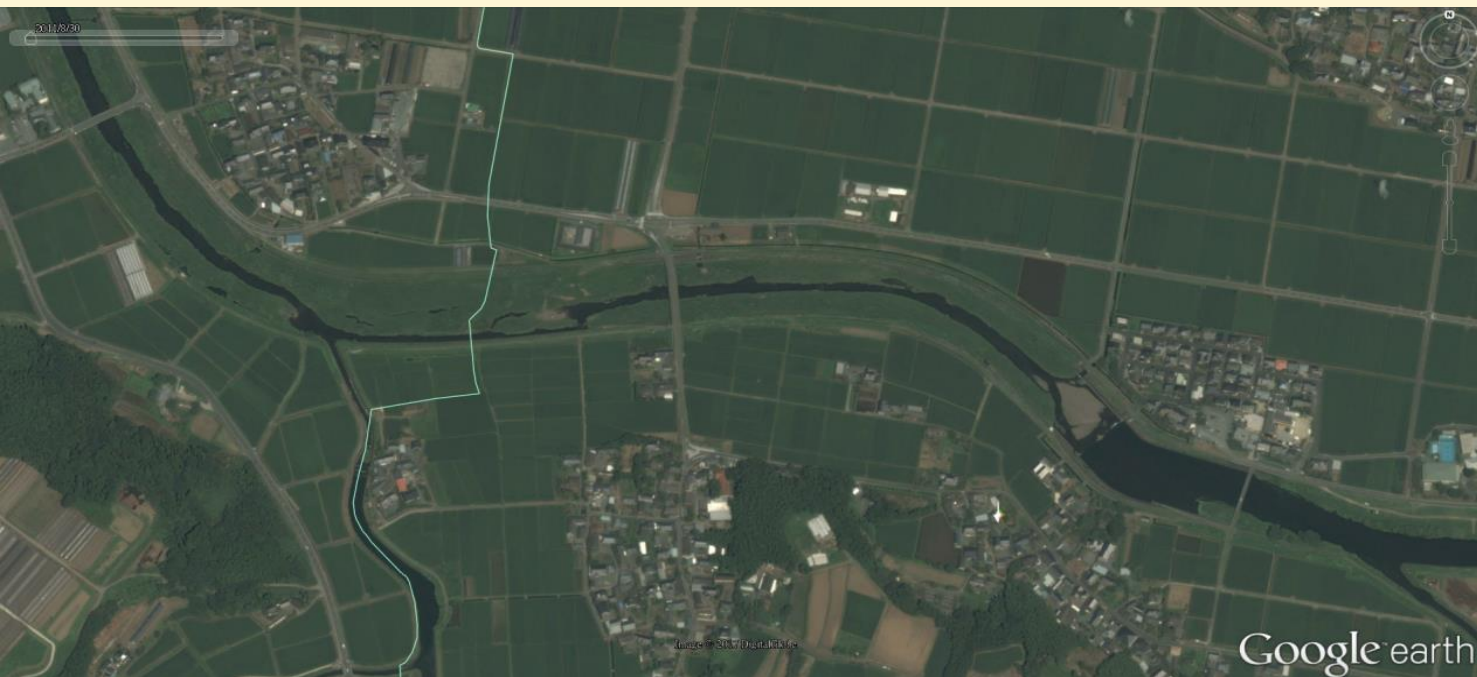
丁壩潭區營造



塊石瀨區營造(通水前)



基腳保護工



2011年的合志川



2016年的合志川

2108年11月



瀬區

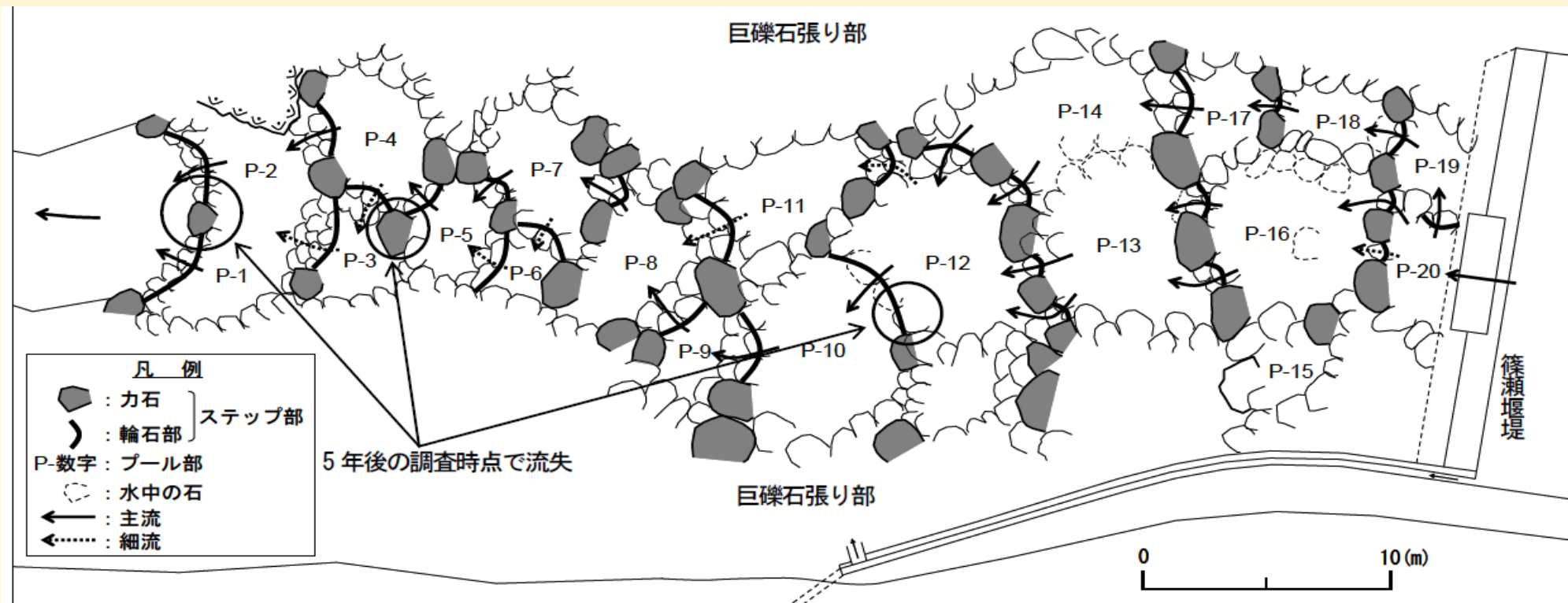
丁壩

形態的復育：堰體改善(日本福岡縣岩岳川)

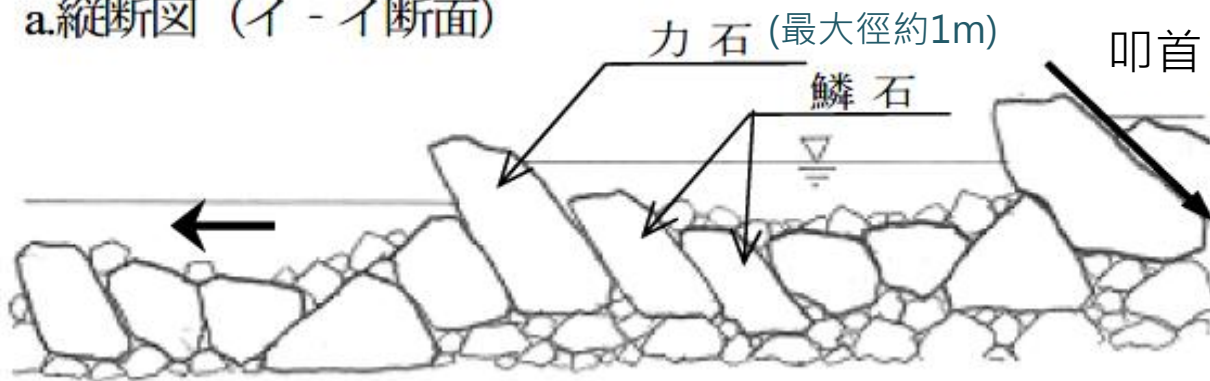


資料來源：福留脩文等・魚類の定住利用と河床の安定化を目指した溪床復元型全断面魚道の建設とその効果・河川技術論文集, 第16 卷 2010 年6 月

福留脩文老師設計的「全斷面魚道」



a.縦断面図 (イ - イ断面)



長：50m，寬：19m

總落差：3.5m

坡降：7%

階梯落差：0.3m

潭長：4m，潭深<60cm

潭數：12

魚道上游



魚道下游



完工7個月
生物調查結果

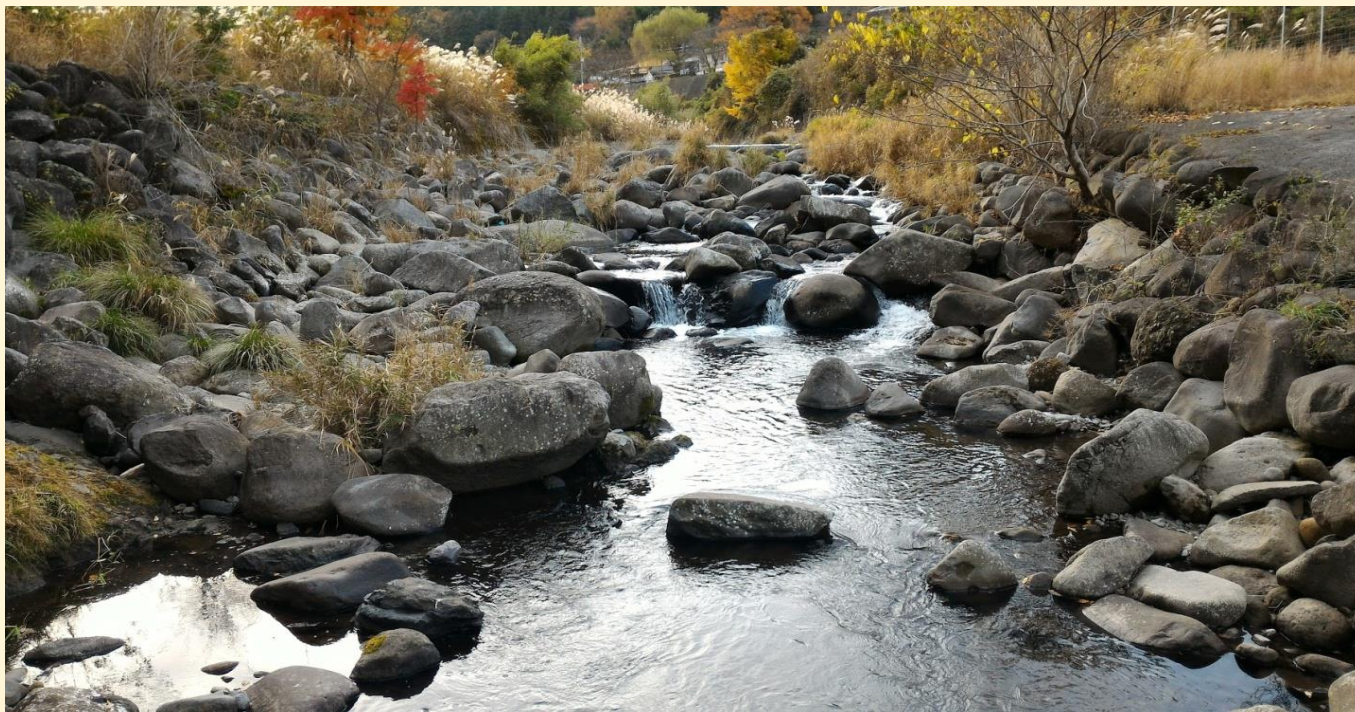
確認魚類		生息密度 (尾/m ²)		
		魚道下流 (淵)	全断面 魚道内	堰堤上流 (瀬・淵)
コイ科	コイ			0.02
	カワムツ	1.25	2.58	1.44
	ムギツク	1.89	6.71	1.51
アユ科	アユ	0.04		0.01
サケ科	ヤマメ		0.11	
ハゼ科	カワヨシノボリ	4.50	6.50	2.75
合計		7.68	15.90	5.73



2005年完工後



2010年2月洪水後



2018年11月現勘：
下游階梯構造流失
落差較高



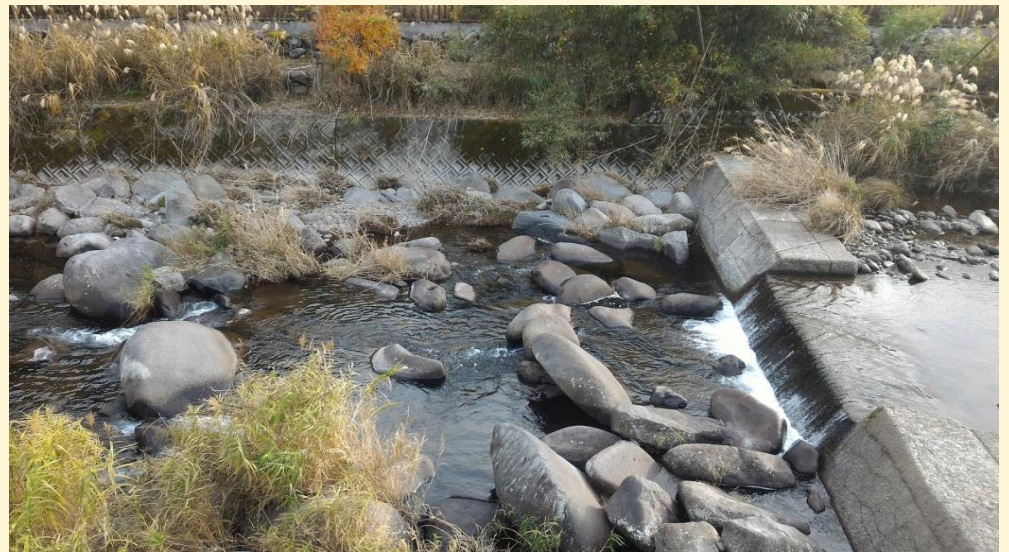
施工前(2004年)



完工後(2005年1月)



完工5年後(2010年2月)



完工14年後(2018年11月現勘)

日本福岡縣岩岳川岩屋橋「分散型跌水工」

▼ 對照河段



- 坡度：1/35
 - 河寬：20m
 - 交互砂州波長：100m
 - 設計流量：285cms
- 課題：
- 塊石浮動
 - 缺少深潭

於100m間施做5座分散型跌水工



2002年施工前

2003年完工後



2006年洪水後

資料來源：<http://www.engineer-architect.jp/works/cate/rivers/494/>



2018年11月

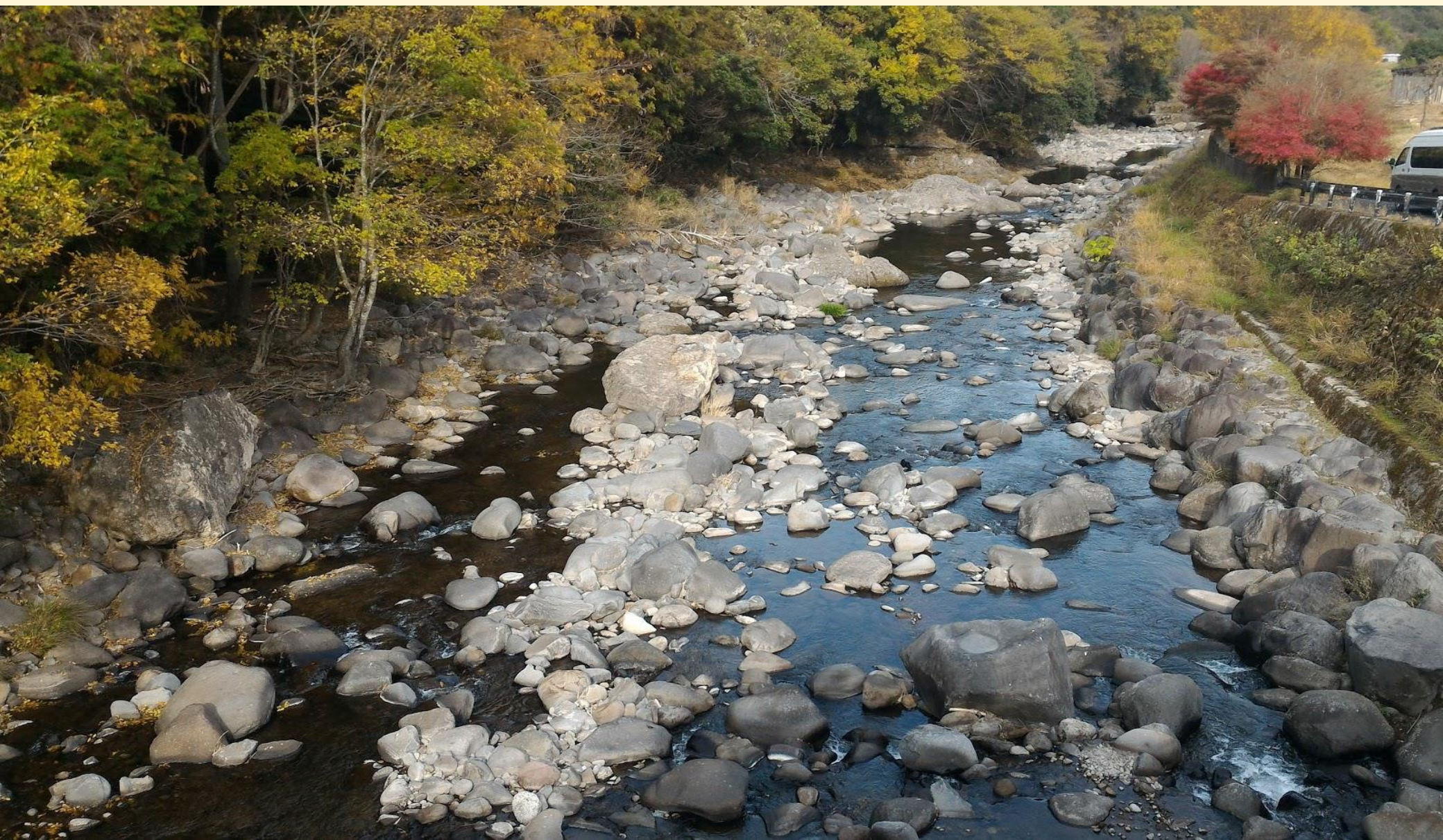




図-18 完成直後の分散型落差工配置図 (2003 年 4 月)

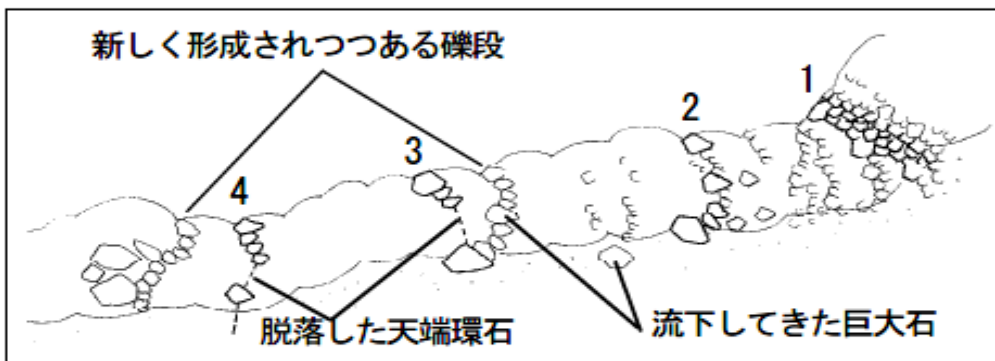


図-19 完成後3年5ヶ月を経た河床の概況 (2006 年 9 月)

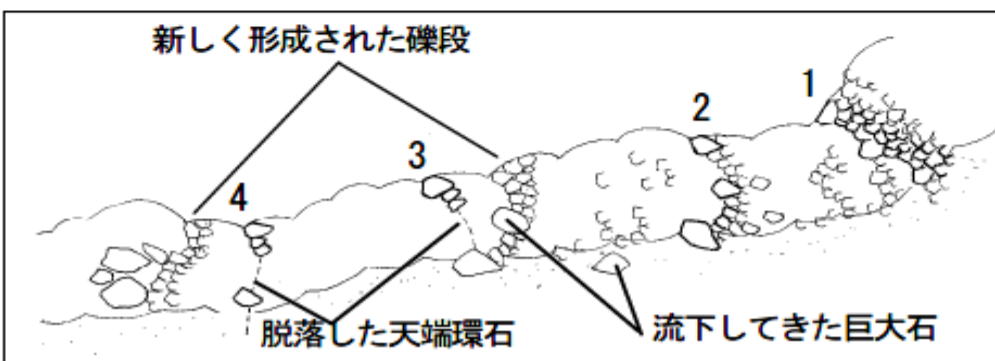
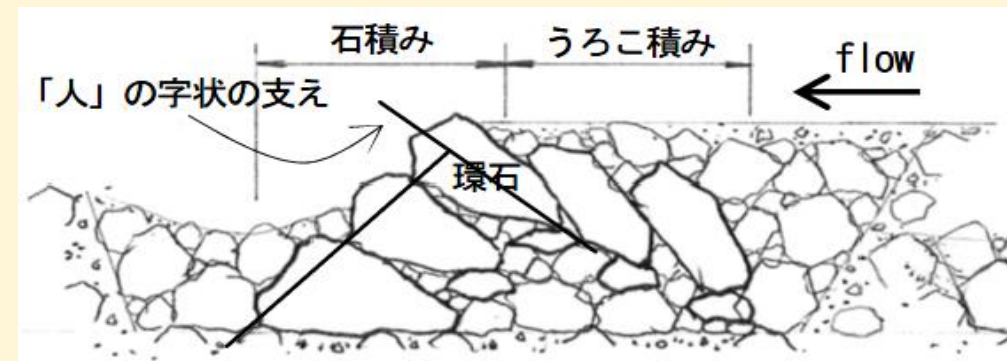
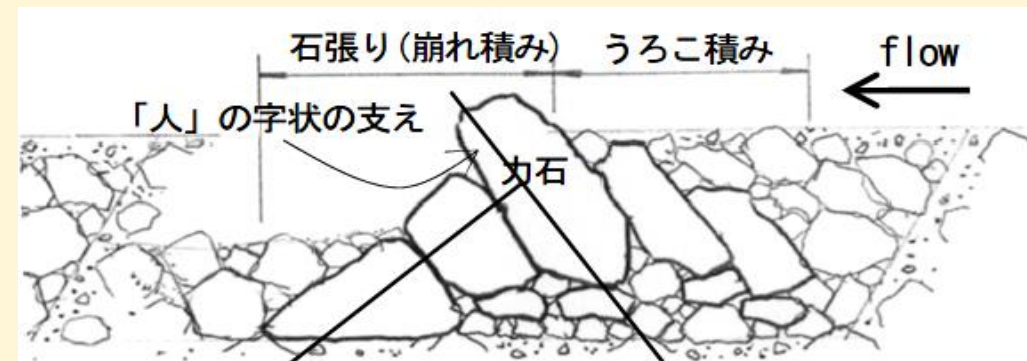
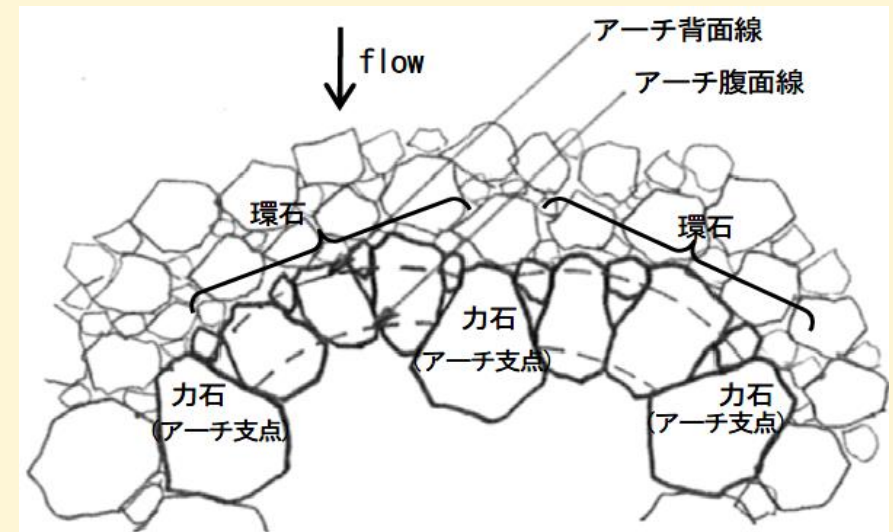


図-20 完成後5年10ヶ月を経た河床の概況 (2009 年 2 月)



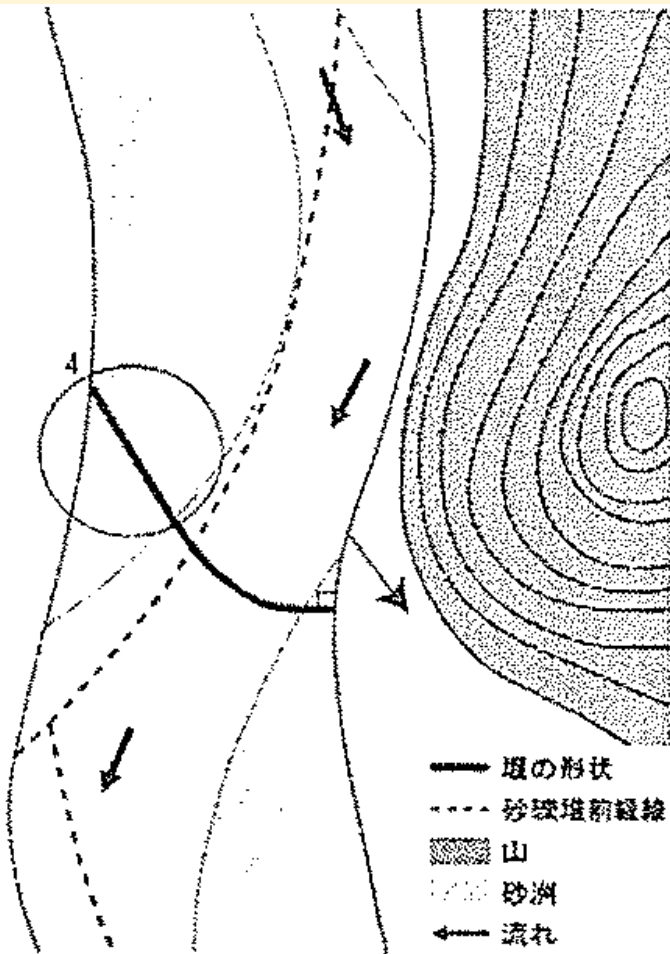


瀨區河床



潭區的魚群

符合河相原則的堰



日本岡山市的「曲線斜堰」

http://www.kinsei-izen.com/ranking/40_weir.html

崎谷浩一郎, 中井祐, and 篠原修. "曲線斜め堰の設計原理."
土木史研究 22 (2002): 225-234.

日本高知縣仁淀川の「八田堰」





鰲溪的復育方針

流域管理現況

- 主管機關多
- 「河川」才有河川區域
- 排水沒有「區域」，只有「設施範圍」
- 「野溪」沒有區域
- 「河川」與「野溪」界點難定



課題一：堤防寬度不足

台東 太麻里溪

莫拉克前



莫拉克後



課題二：溪流地下化



花蓮地震的雲門翠堤大樓

- 位於美崙溪與支流萬壽溪匯流口
- 過去為沙洲與水田
- 萬壽溪於1980年代加蓋
- 匯流口地下水位仍高

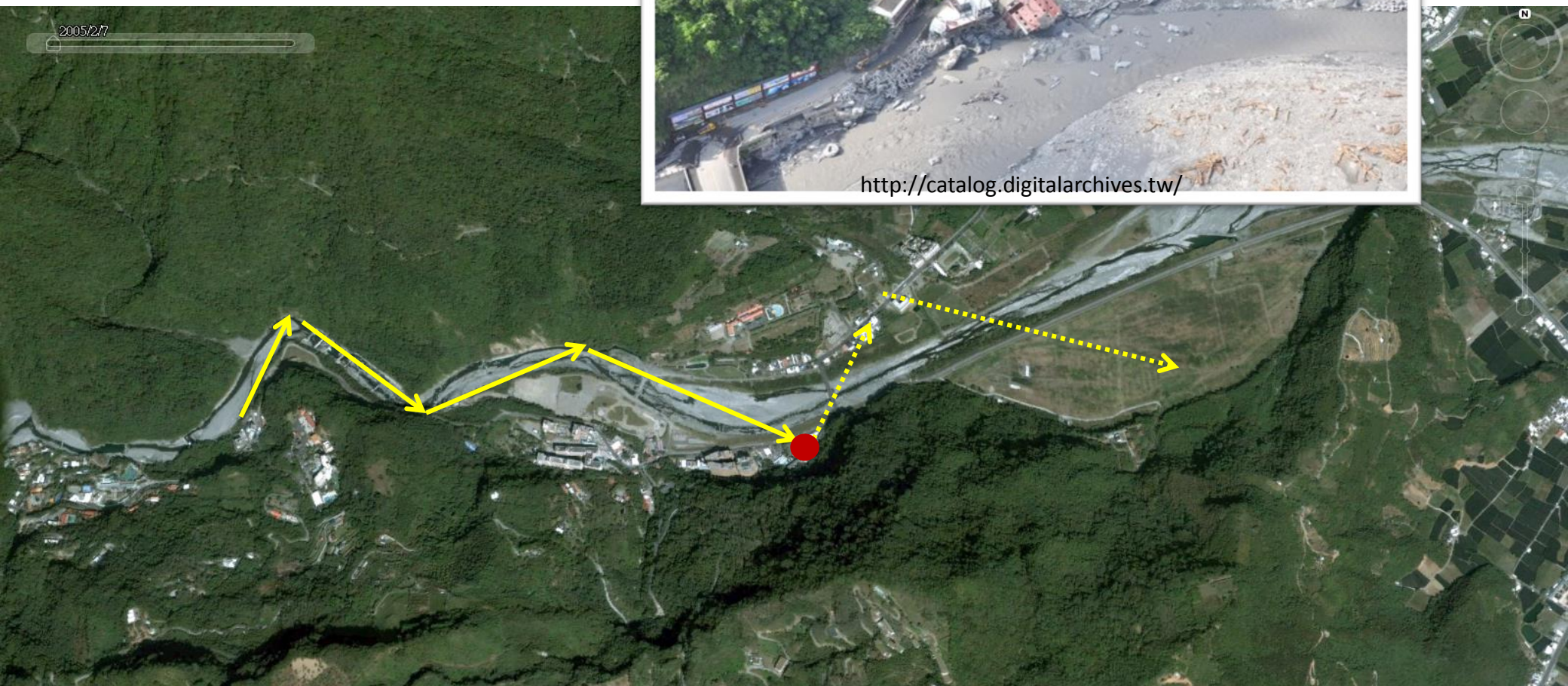
資料來源：林峻有臉書2018.2.7



課題三：未考量河川能量

知本：
沖積扇上的溫泉鄉

金帥飯店位於「衝擊點」



國土計畫下的河川廊道

《全國國土計畫》(107年4月30日公告)

1. 將「生態網絡串連」列為國家永續發展目標

「目標五：建構國家生態網絡，加強海岸、濕地及海域管理.....未來應積極透過河川流域、各類景觀生態資源地區、農業生態系維護等方式，以串連高山、平原、海岸乃至海洋之國家生態網絡。」

2. 「國土保育地區」之劃設條件包括河川廊道、水道、水系

「第一類：位處山脈保育軸帶...河川廊道、重要海岸及河口濕地等地區內」，「第二類：鄰近山脈保育軸帶、河川廊道、重要海岸及河口濕地周邊地區內」

3. 流域生態環境劣化區域應劃為「國土復育促進地區」，擬訂復育計畫

→河相及棲地嚴重變更地區，可依《國土計畫法》展開復育，河川廊道不僅有保育意義，更有積極的復育意義。

界定河溪的沖積廊道

沖積廊道：

(fluvial corridor)

自然狀態下河流地形變化的範圍，包含：

1. 過去河川曾佔據的範圍
2. 未來允許河川自由變動的範圍

➡ 兼具防災與生態保育意義

美國加州沙加緬度河的沖積廊道
(Kondolf, 2011)



沖積廊道的世界趨勢



沖積廊道規劃與管理流程

Stage 1: 河川類群歸納

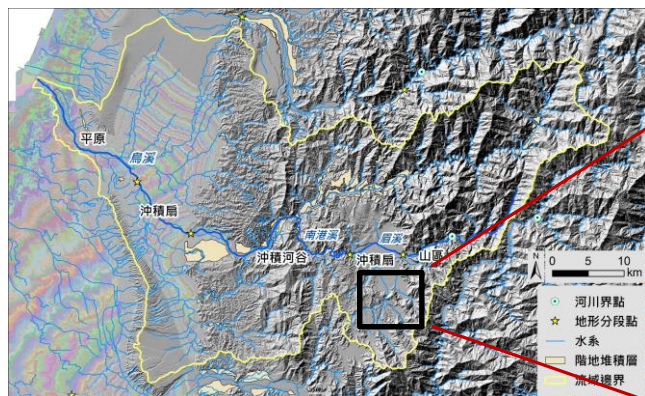
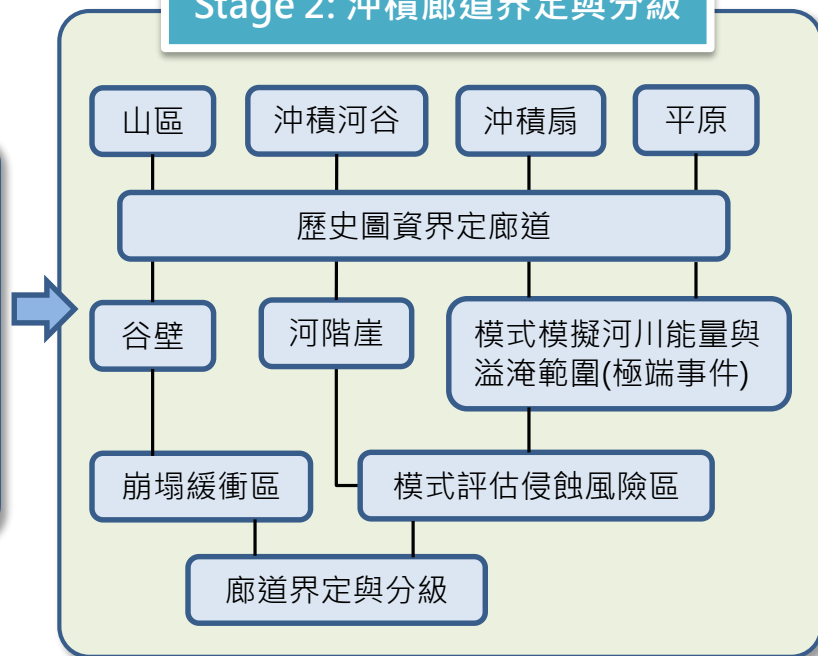
劃分流域區(13流域區)

河川類群歸納(4大類群)

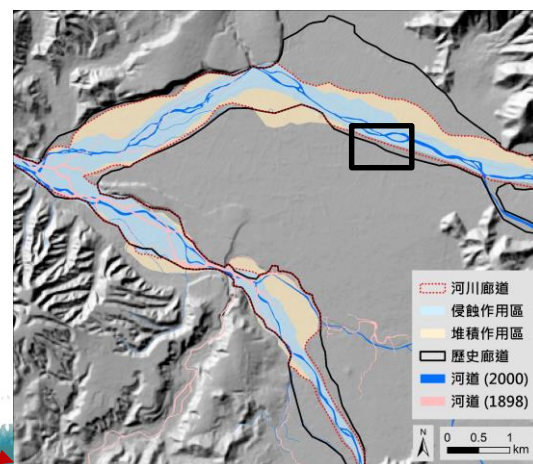
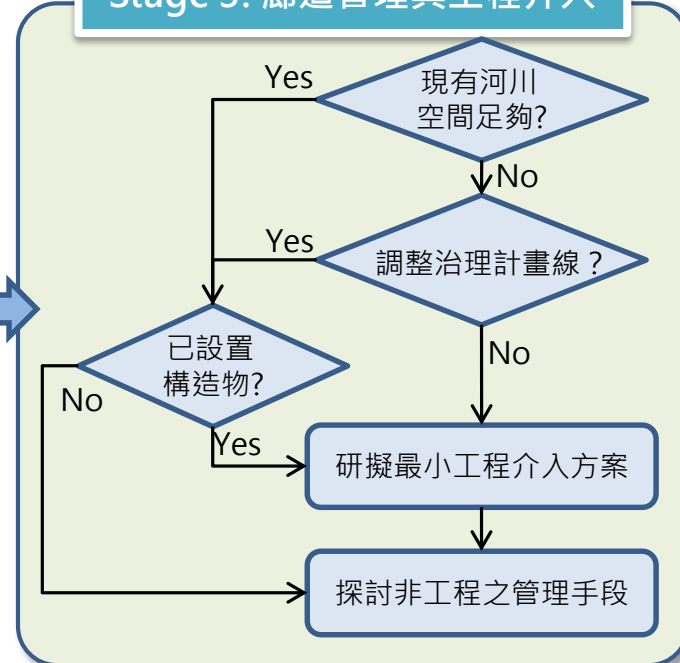
河川地形分段(4類分段)



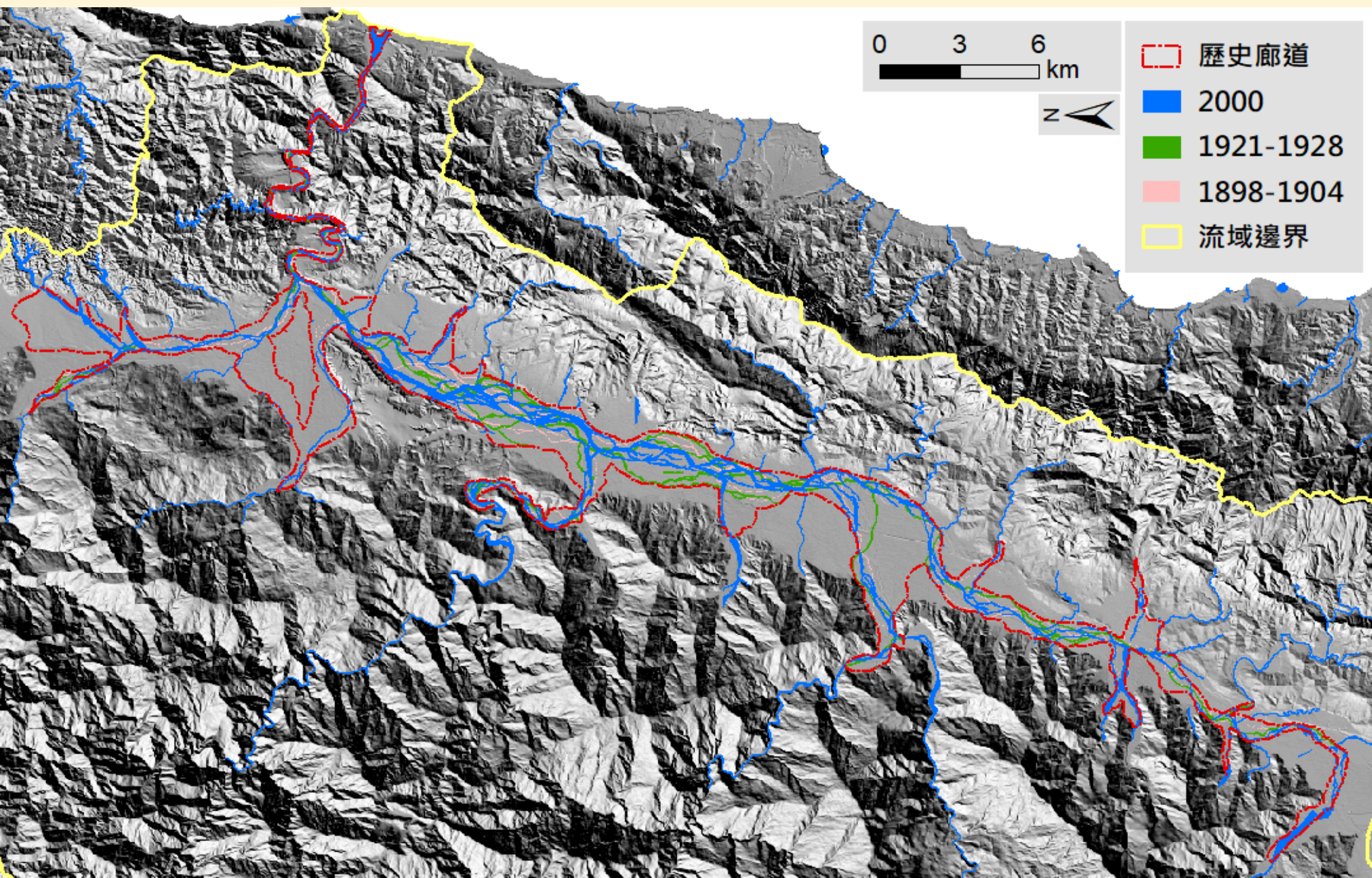
Stage 2: 沖積廊道界定與分級



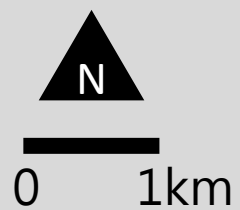
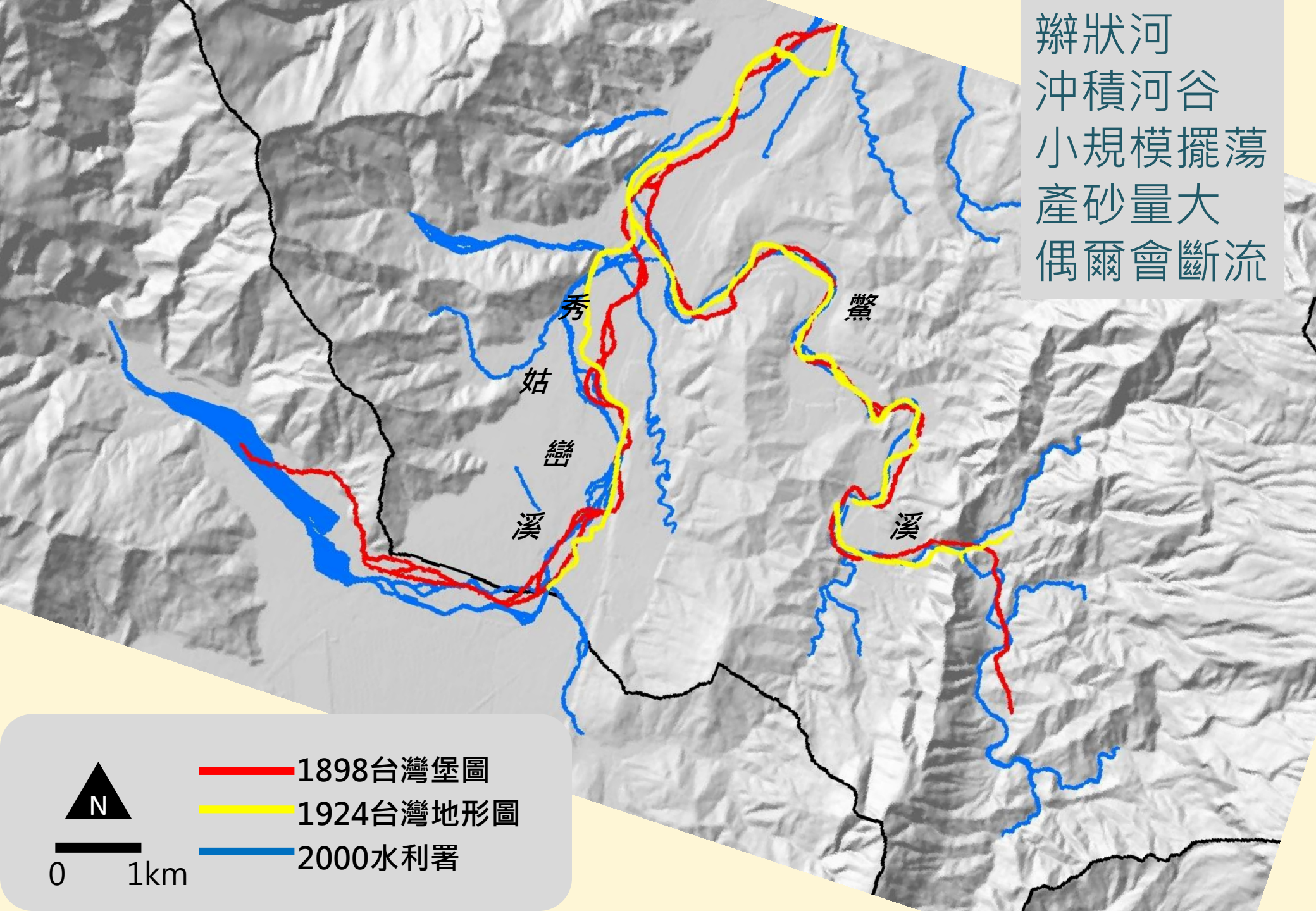
Stage 3: 廊道管理與工程介入



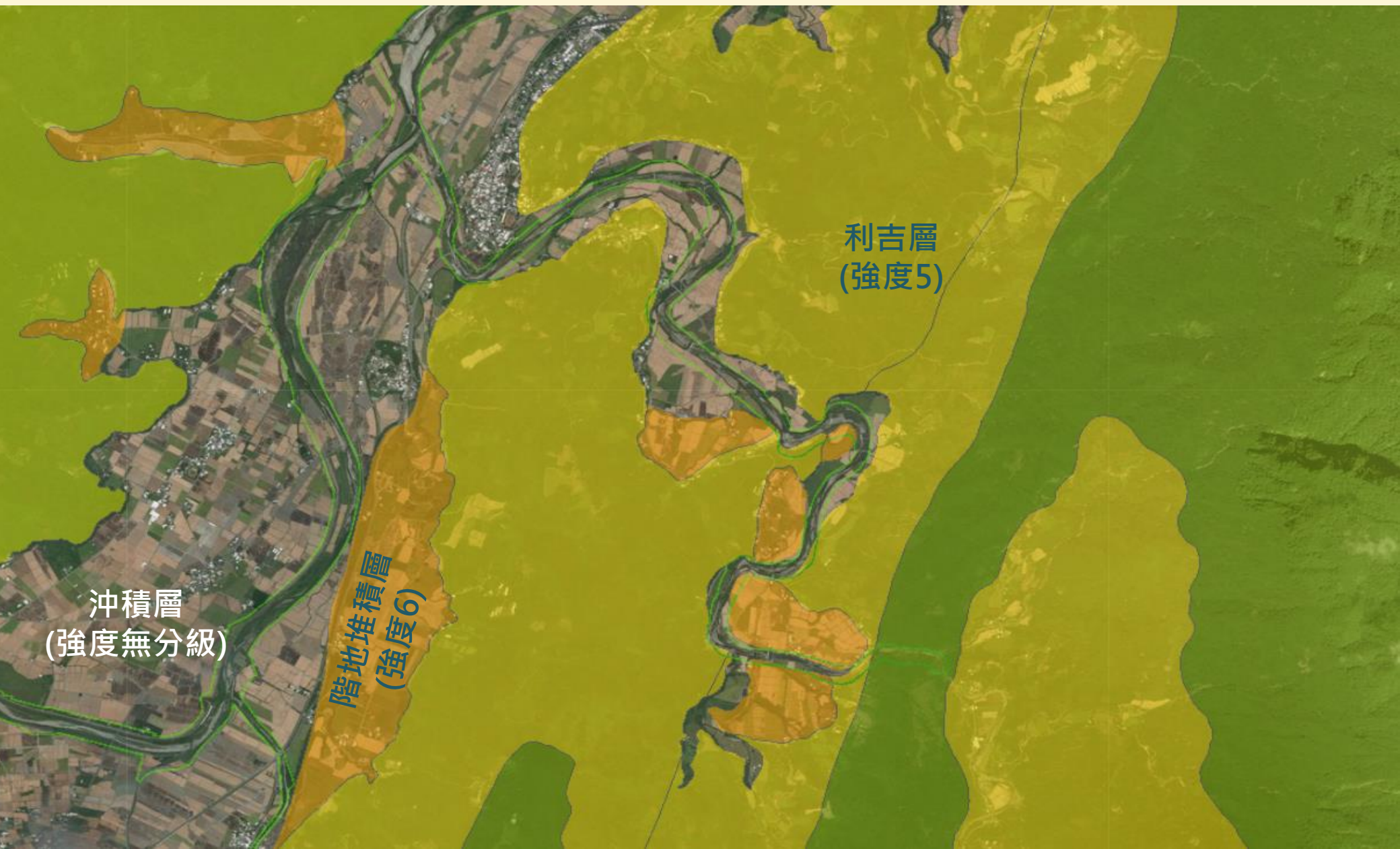
秀姑巒溪的「歷史廊道」



辮狀河
沖積河谷
小規模擺蕩
產砂量大
偶爾會斷流



— 1898台灣堡圖
— 1924台灣地形圖
— 2000水利署



沖積層
(強度無分級)

階地堆積層
(強度6)

利吉層
(強度5)

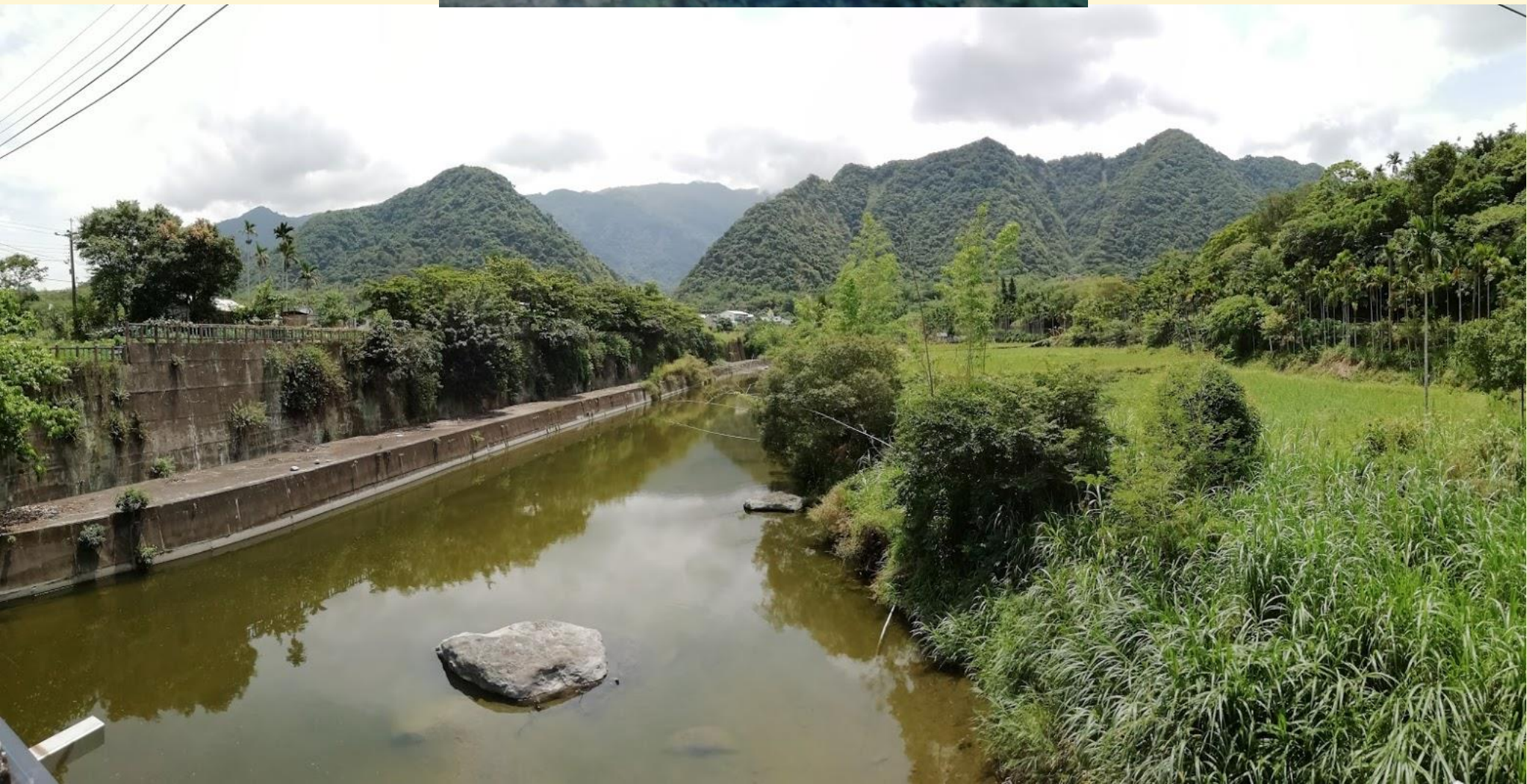
哪裡河相不健康？

秀姑巒溪

轆轤溪



河相如何改善？



河相如何改善？



鰲溪河相復育關鍵：

1. 重建河床護甲層
2. 增加河岸粗糙度
3. 重建縱橫向生物廊道

→ 讓河流有更大的擺蕩空間

→ 移除混凝土護岸，或表面培厚

→ 讓石頭重回河道

→ 近自然工法重建河道骨架



在這個基礎上，生物自然會回來!



野溪的公民科學

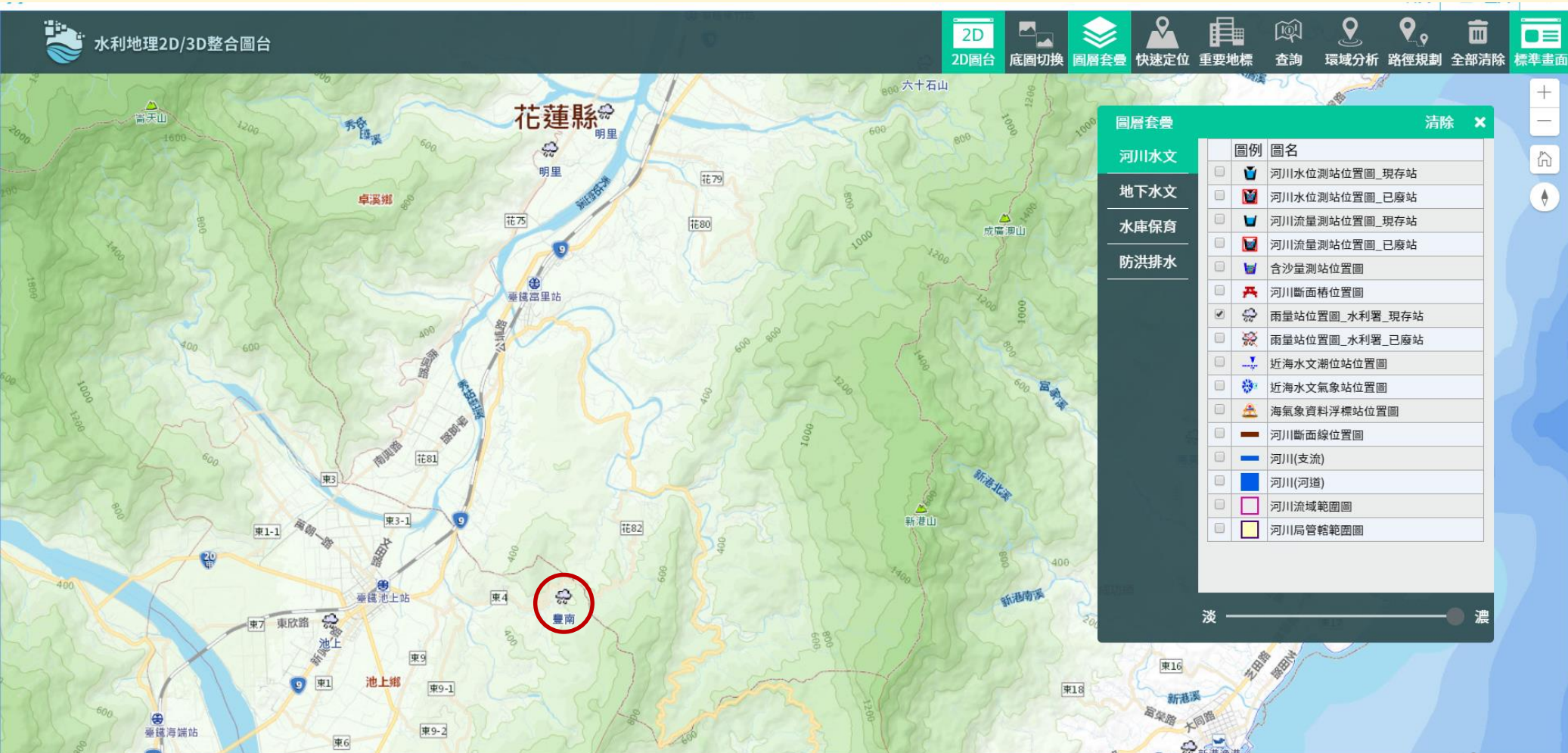
誰來為野溪作記錄？

- 26條中央管河川有定期的水質、流量、斷面測量、河床粒徑調查、河川情勢調查、土地利用調查
- 但野溪及上游支流記錄就很少(鰲溪沒有流量站或水位站？)
- 有些數據可以靠公民來累積：
 1. 雨量
 2. 水位
 3. 河床坡降
 4. 平時流速
 5. 橫斷面
 6. 縱斷面
 7. 河床粒徑
 8. 河相圖

水利署雨量站

(水利地理資訊服務平台)

→ 鯨溪無站，距離最近的是豐南站



查詢歷史雨量

水文資訊網：<http://gweb.wra.gov.tw/hyis/>

gweb.wra.gov.tw/hyis/

水利署 水文資訊網 整合服務系統

目前訪上人數：2人，瀏覽人數累計：5368人瀏覽

1 設定查詢時間範圍 2 設定查詢類型項目 3 勾選查詢測站名單 4 確認查詢測站清單

1 您設定查詢年份自 2015 年 至 2016 年

2 您查詢類型項目為：日雨量

3 選擇下列方式篩選測站清單

行政區 流域 管理單位

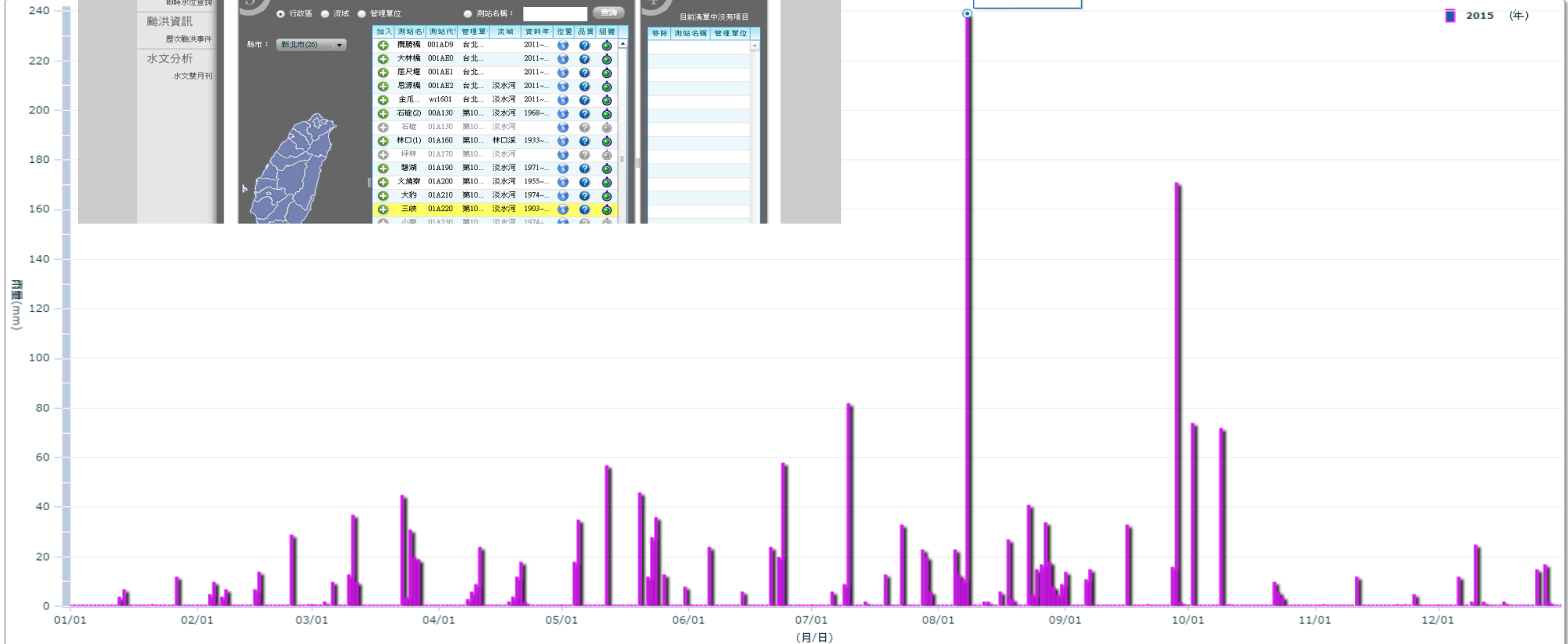
測站名稱： 查詢

4 查詢清單

目前清單中沒有項目

加入	測站名	測站代	管理單	流域	資料年	位置	品質	備註
+	廣源橋	001A09	台北...	2011~...				
+	大林橋	001A00	台北...	2011~...				
+	屈尺橋	001A01	台北...	2011~...				
+	思源橋	001A02	台北...	2011~...				
+	金瓜...	ws1601	台北...	2011~...				
+	石碇(2)	00A130	第10...	淡水河	1968~...			
+	石碇	01A130	第10...	淡水河				
+	林口(1)	01A160	第10...	林口溪	1933~...			
+	坪林	01A170	第10...	淡水河				
+	雙湖	01A190	第10...	淡水河	1971~...			
+	火燒寮	01A200	第10...	淡水河	1955~...			
+	大豹	01A210	第10...	淡水河	1974~...			
+	三峽	01A220	第10...	淡水河	1903~...			
+	小豹	01A230	第10...	淡水河	1974~...			

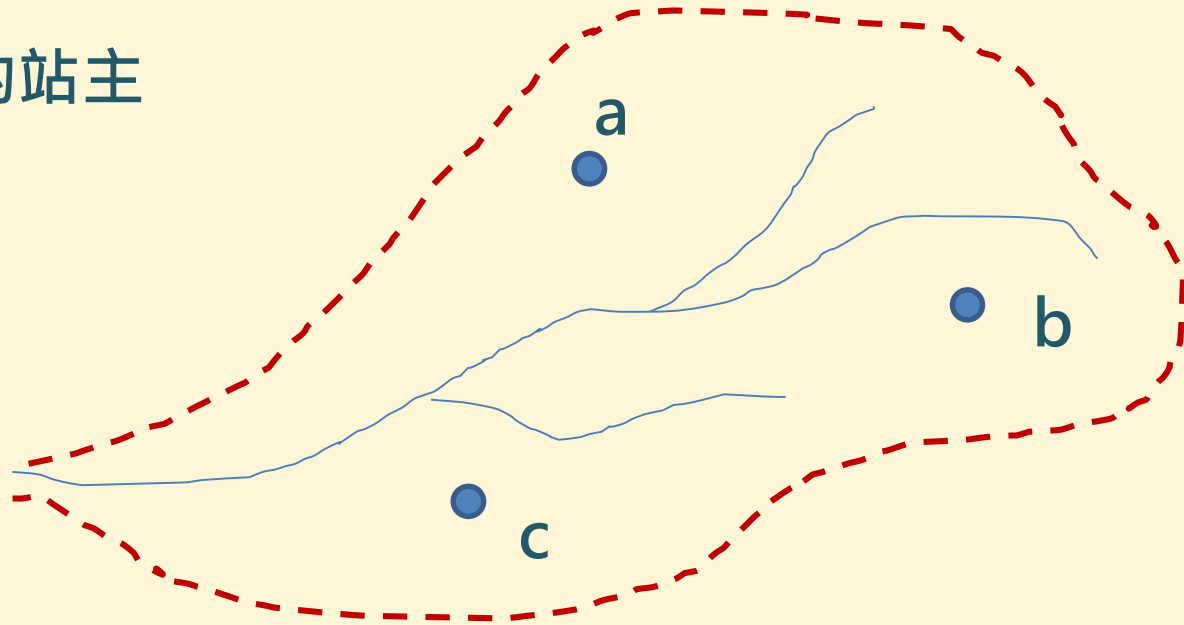
列印



簡易雨量筒

- 找幾個方便的點設測站
- 可能的話平均分布在集水區
- 可以讀到公釐就ok
- 每隔一段時間，紀錄深度(mm)
- 計算降雨強度(mm/時間)

下完雨後a、b、c的站主
通報雨量給負責人



簡易水位站

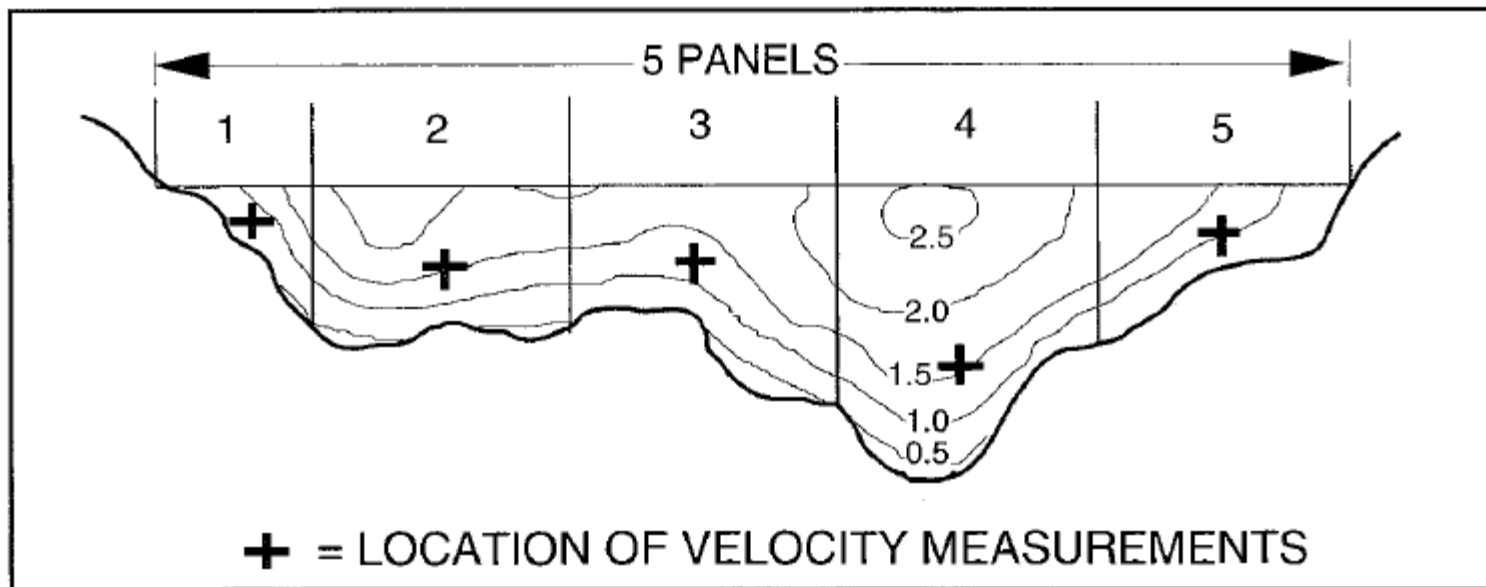
- 貼刻度尺在橋墩或垂直的岸壁
- 下完大雨，退水後，尋找新的「水痕」
- 注意刻度尺或岸邊的線索--枝葉、淤泥等等
- 把雨量與水位紀錄對應起來



量平時流速



- 了解潭、瀨等不同棲地的平時流速
- 有流速計→ 量0.4倍水深處，分段平均
- 如果沒有儀器，可用漂流物及碼表，量流心表面流速
- 流心表面流速約等於 1.3倍平均流速



量橫斷面、水深



- 工具：卷尺、皮尺、刻度桿
- 找易辨識的點，作記號
- 每50cm量一次，但要包括最深點和坡度變化點
- 盡量量到兩岸高處(洪水可及處)
- 順便量水位

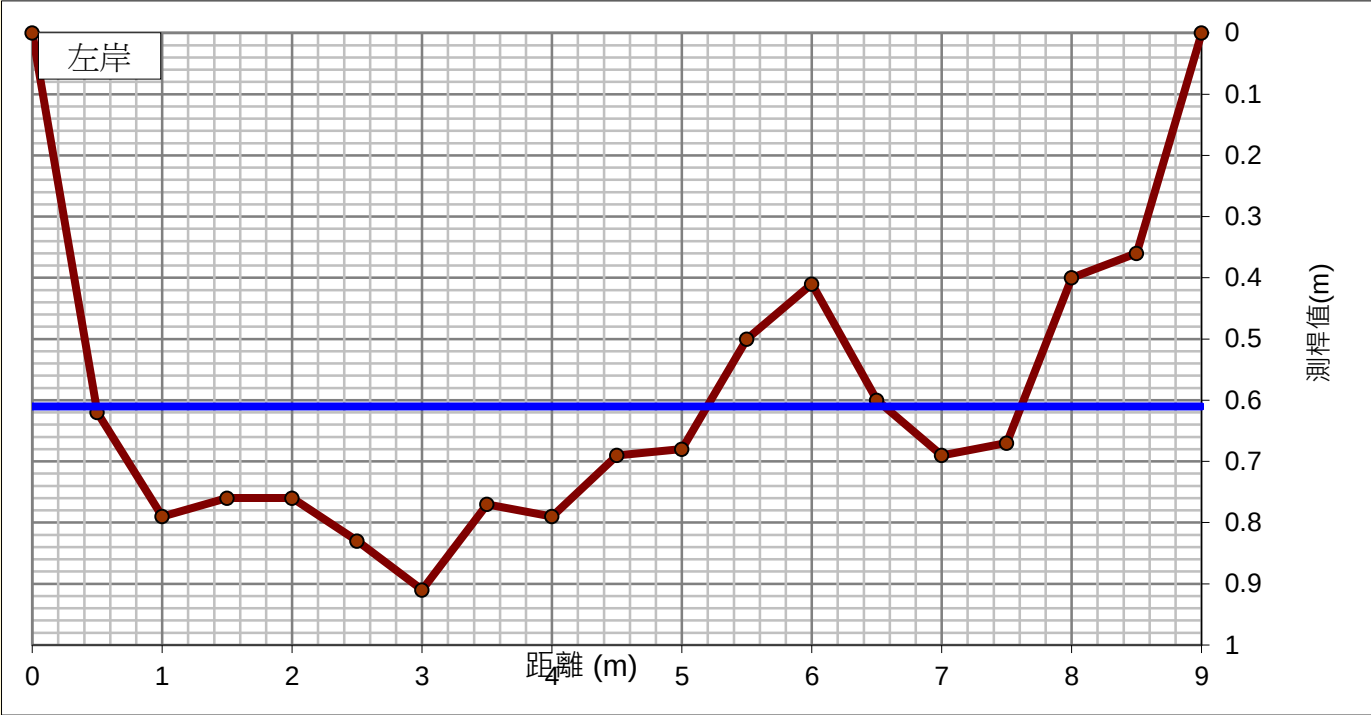


放入Excel表繪圖

測量數據

測桿值(m)	距離 (m)
0.00	0.0
0.62	0.5
0.79	1.0
0.76	1.5
0.76	2.0
0.83	2.5
0.91	3.0
0.77	3.5
0.79	4.0
0.69	4.5
0.68	5.0
0.50	5.5
0.41	6.0
0.60	6.5
0.69	7.0
0.67	7.5
0.40	8.0
0.36	8.5
0.00	9.0

(面向下游判斷左右岸)



輸入水位，可自動計算斷面積

量縱斷面、坡降

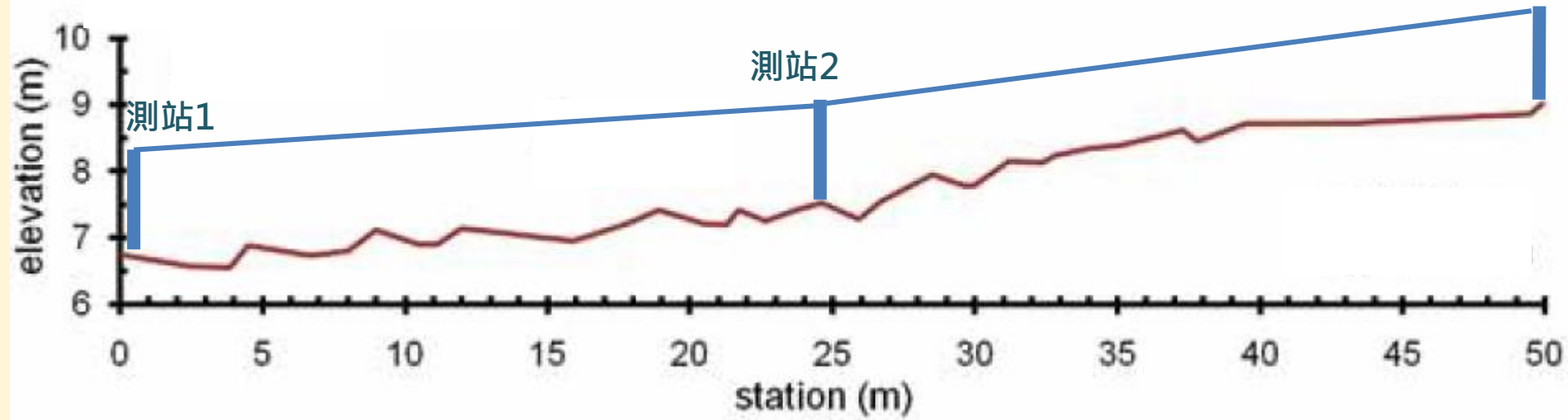


手機APP

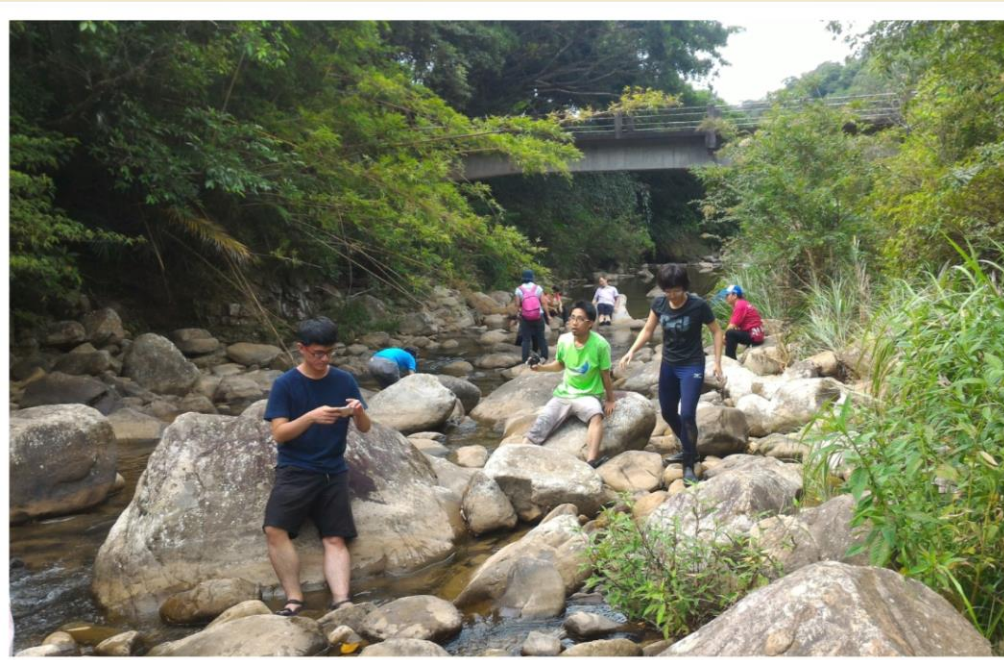


可量角度的
測距儀

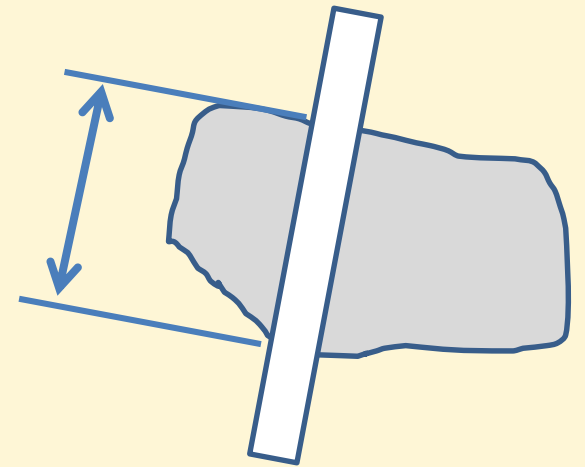
- 工具：皮尺、刻度桿、可量角度的測距儀
- 找出各測站的**最深點**，在最深點間拉30m皮尺
- 定出平行於測站1、2的線，量測站1、2間的**坡度**
- 每1-2m讀一次床底測桿值，要包括**潭、瀨和坡度變化點**



量河床質粒徑



- 在測站斷面盲選(用手指)
- 要移動，不要坐著不動
- 量「中值粒徑」
- 量100顆以上，讀到公釐
- 放眼望去最大的塊石要量，小顆的砂粒也要量



粒徑分布圖

篩】 2018 9月8日 2018 9月8日

孔徑 上游 下游

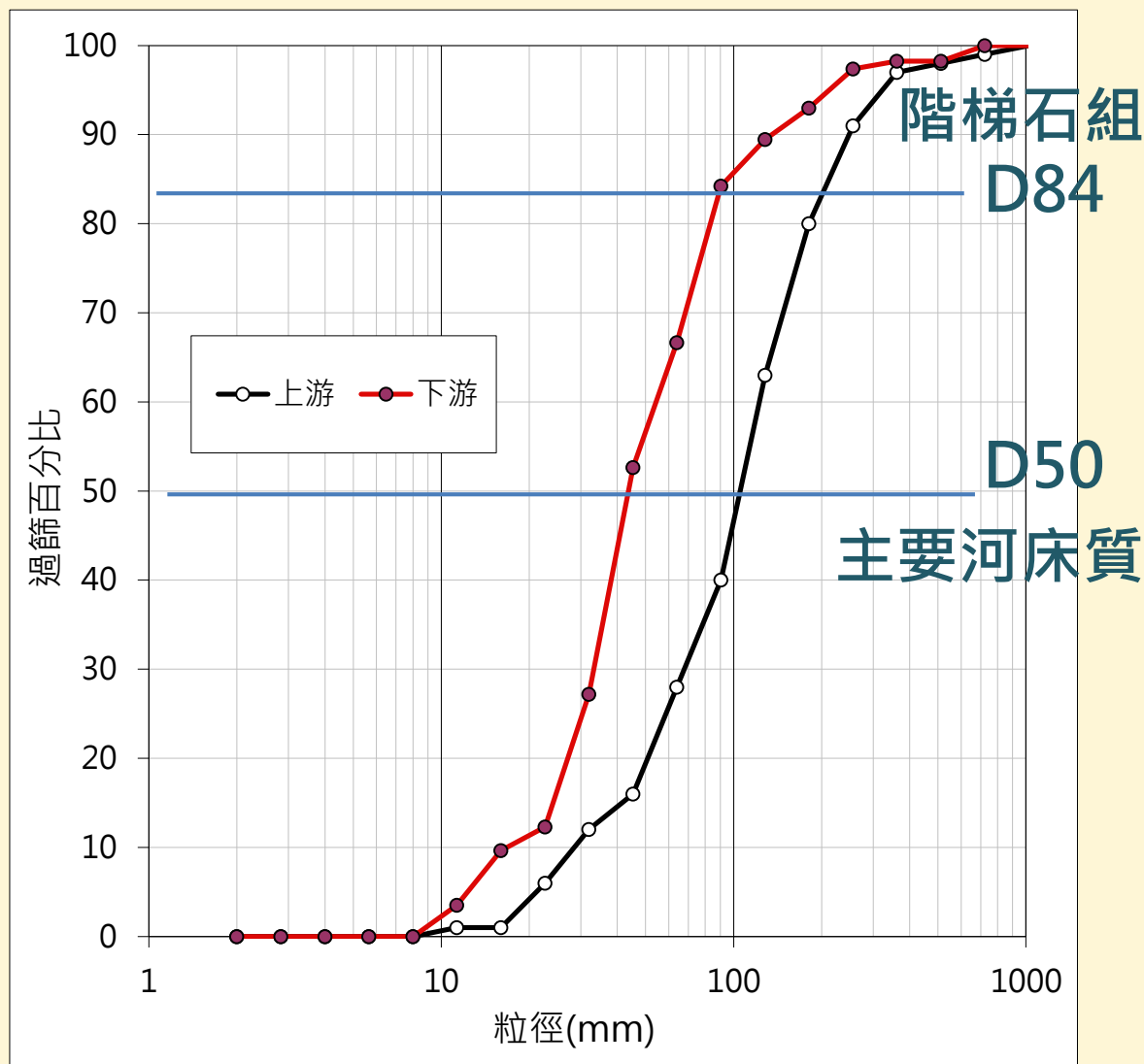
(mm) 個數 過篩% 個數 過篩%

1024		100.0		100.0
724	1	99.0		100.0
512	1	98.0	2	98.2
362	1	97.0	0	98.2
256	6	91.0	1	97.4
181.0	11	80.0	5	93.0
128.0	17	63.0	4	89.5
90.5	23	40.0	6	84.2
64.0	12	28.0	20	66.7
45.3	12	16.0	16	52.6
32.0	4	12.0	29	27.2
22.6	6	6.0	17	12.3
16.0	5	1.0	3	9.6
11.3	0	1.0	7	3.5
8.0	1	0.0	4	0.0
5.66		0.0		0.0
4.0		0.0		0.0
2.83		0.0		0.0
2.0		0.0		0.0
<2		0.0		0.0

100

114

卵石64~256 砂<2 礫石2~64 塊石>256

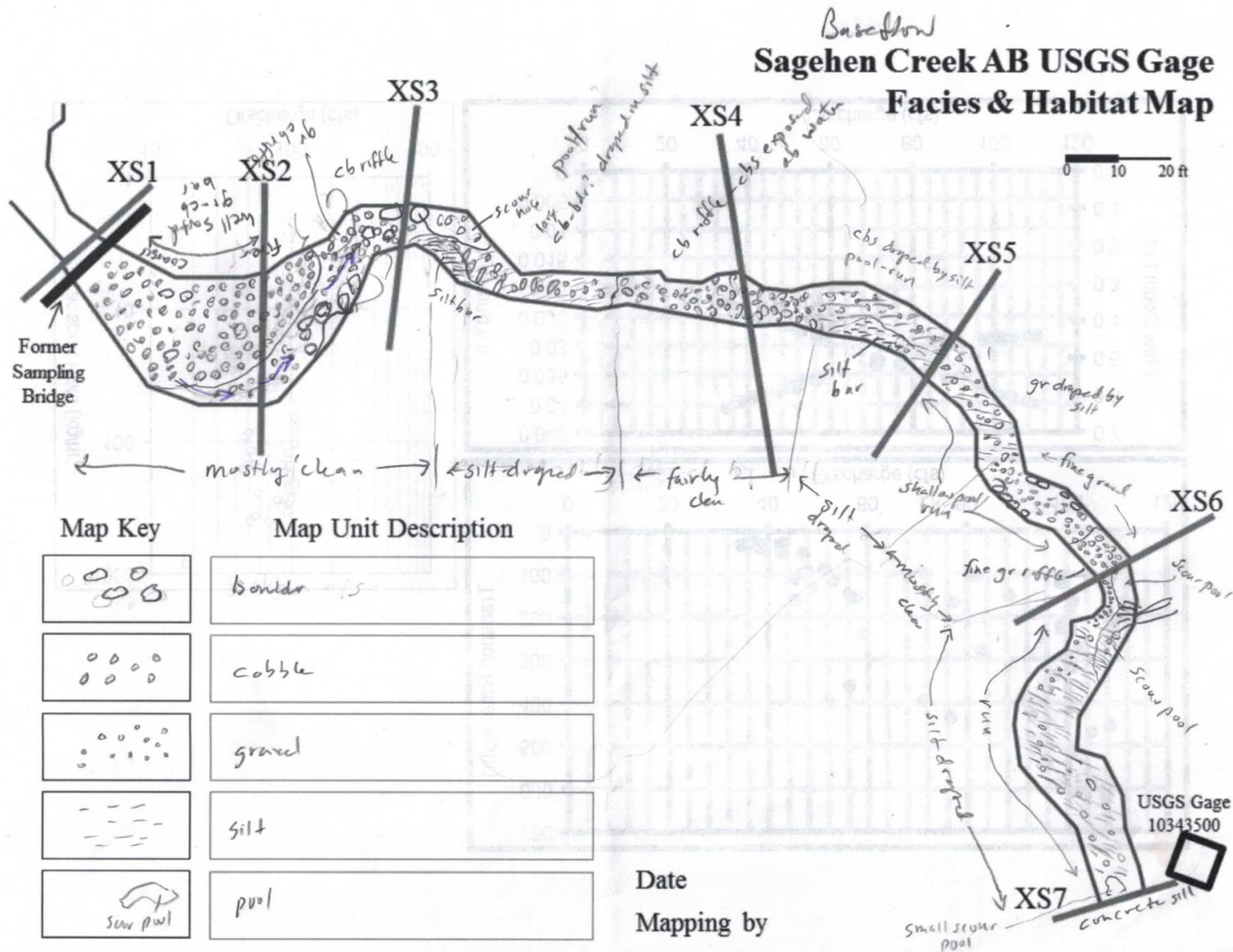


河相觀察圖(facies map)

■現在可用空拍

■也可紀錄植被、關注物種等等

■觀察階梯、石組、潭...的位置

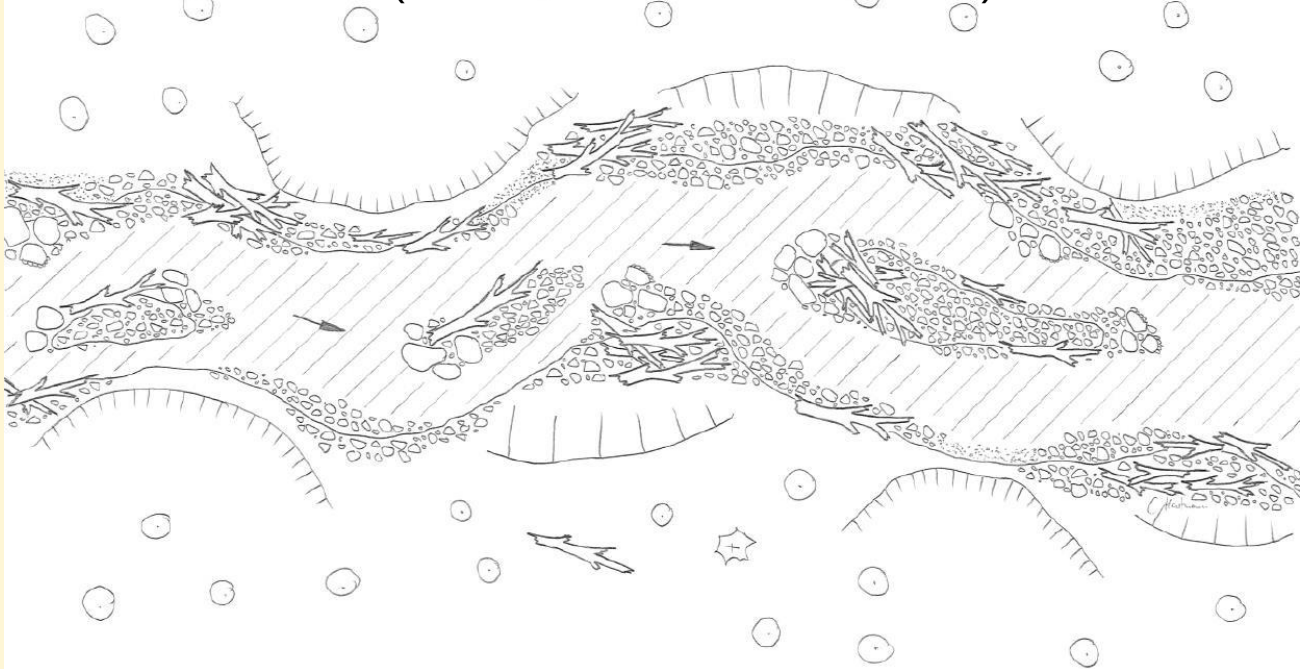


德國將全國河川分為24類型, 各有「理想河相」

聯邦採用的河相參數：

- 河槽類型
- 河床質細料比例
- 河床質粗料比例
- 可動 / 穩定底床比例
- 木材殘質比例
- 水生植物相
- 深潭
- 遮蔭
- 可發展廊道
- 縱向及橫向連續性
- 河床質平衡
- 流量
- 流量變化特性
- 河床固定程度
- 河床阻塞程度
- 灘地溢淹程度

德國1.2型河川(石灰岩質阿爾卑斯山麓溪流)的理想河相



塊石



卵礫石(大多可動)



卵礫石(大多穩定)



卵礫石(水面上)



粗砂(大多穩定)



倒木



樹根團



大型水生植物 / 附生植



棲地典型喬木



砂州



侵蝕河岸



露岩



水流

 敬請指教 Thank You

