

出國報告（出國類別：考察）

107 年度臺日技術合作計畫研修  
「營造親水及生態河岸空間之策略」

服務機關：經濟部水利署

出國人員：李局長宗恩、郭副局長建宏、張百欣科長、施政杰  
課長、施國順課長、葉兆彬課長、黃俊仁正工程司

派赴國家：日本

出國期間：中華民國 107 年 11 月 18 日至 11 月 24 日

報告日期：中華民國 108 年 1 月

## 摘要

經濟部水利署自民國93年開始推動重要河川環境營造工作，並於民國95年及99年分別研擬「河川廊道復育手冊」及「河川環境管理規劃技術手冊」，做為河川環境規劃之參考。惟現有的河川環境規劃案多為單點、小區域之河川環境營造工程，尚無以全面的景觀與生態面向進行考量。本次考察日本12處河川營造及河川復育案例，透過日本專家解說針對較完整案例內容，以了解其公私協力過程及完成後對於生態環境及居民之影響。

透過本次考察，瞭解到日本都會型河川及原野型河川於環境營造上並不完全相同，但各河川之環境營造皆源自地方需求與願景，並充分考量河域與其周邊區域環境條件與特性，範圍涵蓋陸域、水域與濱溪帶，營造在地多樣生態棲地，並透過民眾參與積極討論，無制式既定答案，群策群力因地制宜營造在地特色，共同朝永續經營邁進。綜觀日本河川治理方案成功的案例，除了日本人做事態度嚴謹且具高度人文素養外，還具有以下幾個值得我方學習的特點：1.日本民眾高度參與，花很長的時間進行溝通及討論，複雜的問題透過三方討論，而非倉促行事。2.與該復育工程有關的權益相關者(stakeholders)會積極參與規劃及決策過程。3.規劃、設計、施工階段都保留完整的檔案資料，以供後續研究人員或維護、施工人員參考。4.參與的專家學者通常含括多個面向專長，如生態、景觀、地質、水文、水質、文化、經濟等。5.通常後續都會有監測計畫以追蹤成效，並檢核是否達成當初的規劃目標。6.同時考慮洪水、河相及泥砂等自然營力的問題。7.有完善的維護管理計畫。

歸納本次考察團員之所見所得，建議可以在我國嘗試應用之可能作法如後：1.檢討既有公私協力模式，以時間凝聚公私協力共識提升互信。2.借鏡日本多自然造川思維及工法。3.出國考察行程準備要三通、河川環境營造成功要三水、未來民眾參與工作看三小。希冀本次考察有助於目前政府「前瞻基礎建設計畫」之「全國水環境改善計畫」辦理方向，並能協助地方政府辦理水環境整體改善，同時兼顧生態保育、水質改善、地景營造及民眾參與等之水環境與社區共同改善營造，創造優質宜居水岸環境。

# 目 錄

摘要 .....	I
壹、目的 .....	1
一、緣由 .....	1
二、目標 .....	1
(一)小規模棲地改善 .....	1
(二)沖積河川河相復育 .....	2
(三)山區河川棲地復育 .....	2
貳、成員及行程 .....	3
一、考察成員 .....	3
二、主要行程 .....	4
參、過程紀要 .....	7
一、小規模棲地改善 .....	7
(一)佐賀縣石井樋 .....	7
(二)佐賀縣薊之瀨 .....	11
(三)福岡縣上西鄉川 .....	13
(四)福岡縣遠賀川 .....	16
(五)福岡縣板櫃川 .....	22
(六)熊本縣通潤用水下井手水路 .....	24
二、沖積河川河相復育 .....	30
(一)熊本縣白川 .....	30
(二)熊本縣合志川 .....	35
(三)熊本縣菊池川支流上內田川、岩野川 .....	39
三、山區河川棲地復育 .....	44
(一)福岡縣岩岳川 .....	44
(二)大分縣赤石川 .....	50

肆、心得與建議 .....	52
一、心得 .....	52
(一)都會型及原野型河川於環境營造之差異 .....	52
(二)日本民眾高度參與河川治理 .....	53
(三)日本人做事態度嚴謹且具高度人文素養 .....	55
二、建議 .....	56
(一)以時間凝聚公私協力共識提升互信 .....	56
(二)日本多自然造川思維及工法借鏡 .....	58
(三)333 指標-三通、三水、三小 .....	61

## 表目錄

表 1 本次考察團員表 .....	3
表 2 日方接待人員表 .....	3
表 3 考察行程表 .....	4
表 4 本次考察河川之環境營造差異比較 .....	52

# 圖目錄

圖 1 本次考察團員與西山穩先生於熊本縣白川之合影.....	5
圖 2 本次考察團員與福永泰久先生於熊本縣菊池川之合影.....	6
圖 3 石井樋航照圖及平面圖.....	8
圖 4 石井樋分流取水系統圖(吉村伸一專家推測圖).....	8
圖 5 大井手堰造型模型圖(左：初期，右：後期).....	9
圖 6 石井樋設施群平面圖.....	10
圖 7 石井樋設施取水流路示意圖.....	10
圖 8 石井樋現地勘查照片.....	10
圖 9 薊之瀨原規劃布設堤防位置.....	11
圖 10 薊之瀨藉由降挖高程控制外來植物出現.....	12
圖 11 薊之瀨學習設施及居民環境教育學習.....	13
圖 12 上西鄉川流向及位置圖.....	13
圖 13 洪水調節池位置及現場情形.....	14
圖 14 上西鄉川河道放寬及河道內營造潭瀨生物棲地空間.....	15
圖 15 民眾參與規劃設計及營造生態棲息環境.....	16
圖 16 遠賀川魚道公園現勘照片.....	17
圖 17 遠賀川魚道改善研商懇談會照片(2008 年).....	18
圖 18 九州工業大學伊東啓太郎准教授提出規劃構想.....	18
圖 19 遠賀川魚道公園改善前照片(2008 年).....	19
圖 20 遠賀川河口堰既設階梯式魚道.....	19
圖 21 遠賀川魚道公園改善後照片(2014 年).....	19
圖 22 遠賀川魚道公園改善設計平面圖.....	21
圖 23 遠賀川魚道公園改善設計主要內容.....	21
圖 24 近自然魚道舉辦學童環境教育生物觀察活動.....	21
圖 25 施工前河道狹窄.....	22

圖 26 平面圖及橫斷面圖 .....	23
圖 27 拓寬河道 3 倍完工後現況 .....	24
圖 28 通潤橋及白系台地用水路 .....	24
圖 29 通潤橋倒虹吸工示意圖 .....	26
圖 30 通潤橋放水照片 .....	26
圖 31 本次現勘通潤橋現況 .....	26
圖 32 上下井手用水路與棚田分布示意圖 .....	28
圖 33 下井手用水路改善設計目的 .....	29
圖 34 西慶喜先生介紹下井手用水路照片 .....	29
圖 35 下井手用水路改善後照片(1/3) .....	29
圖 36 下井手用水路改善後照片(2/3) .....	29
圖 37 下井手用水路改善後照片(3/3) .....	30
圖 38 白川流域位置及年平均雨量圖 .....	31
圖 39 白川改善前後航拍對照及平面配置圖 .....	32
圖 40 秀川護岸近年颱洪災情形 .....	34
圖 41 秀川護岸環境營造構想 .....	35
圖 42 福留脩文先生的理論 .....	36
圖 43 整治前後影像比較 .....	37
圖 44 整治後河道形態多元且穩定，亦可抑制高灘雜草木生長 .....	38
圖 45 瀨潭拱形壩施工方式 .....	39
圖 46 菊池川水系流域圖 .....	39
圖 47 岩野川彎道治理平面配置圖 .....	40
圖 48 岩野川邊灘及水制工現況照片 .....	41
圖 49 景美溪水 10 座丁壩工施工前後現況照片 .....	42
圖 50 上內田川舊河道與道之駅結合平面配置圖 .....	43
圖 51 上內田川的舊河道環境營造照片 .....	44



圖 52 岩屋橋上游浮石狀塊石(2002 年) .....	45
圖 53 岩岳川試驗施工區位置圖 (岩岳橋) .....	45
圖 54 岩屋橋下游分散型落差工平面配置圖 .....	46
圖 55 塊石表面均朝上游側緩傾斜呈「叩首」狀 .....	46
圖 56 仿效石階構造的砌石平面、正面圖 .....	47
圖 57 以石階構造為範本的石組縱斷面圖 .....	47
圖 58 岩岳川完工迄今多處仍呈現石梁、石階等多樣化水域環境 .....	48
圖 59 岩岳川篠瀨堰護床工採溪床復原型全斷面魚道形式平面圖 .....	49
圖 60 岩岳川篠瀨堰下游全斷面魚道現況照片 .....	49
圖 61 赤石川護岸前方河床下切泥岩裸露 .....	51
圖 62 赤石川分散型落差工兼具水域多樣性及河防安全 .....	51
圖 63 赤石川連續分散型落差工至今仍穩定 .....	51
圖 64 日本河川治理方案形成過程 .....	55
圖 65 混凝土排塊石落差工平面及剖面示意圖 .....	59
圖 66 白川以混凝土方塊搭配混砌塊石營造不同水域流況 .....	61

# 壹、目的

## 一、緣由

國內河川、排水及海岸經過多年計畫性治理，已有效降底水患潛勢，為提升未來生活環境品質，營造更具親水的空間，未來水利建設將以「魅力水岸」為目標之一，「營造水岸融合，提升環境優化」、「恢復自然健康河川，建構永續之生活環境」為願景，期能恢復河川生命力及親水永續水環境。

經濟部水利署為加速達到上述願景與目標，將「全國水環境改善計畫」納入「前瞻基礎建設計畫」，並奉行政院核定辦理，該計畫為統合各部會資源能量，補助直轄市及縣（市）政府辦理水環境整體改善，內容包含生態保育、水質改善及地景營造等之水環境改善，期創造優質宜居水岸環境，營造一縣市一亮點，作為未來水環境改善示範案例。

由於日本氣候及河川情勢與台灣相似，本次希望透過至日本實地參訪，研究如何在台灣有限資源下於水域創造兼具防洪與優質水岸環境，及未來永續經營之策略。

## 二、目標

藉由與參訪點之地方事務所及學校單位，帶領了解日本有關水域環境保育利用及規劃施工等技術與公私協力經驗交流，提供台灣水環境營造面臨之問題，因應之策略與方法。茲將參訪地點分為三類如下所列：

### （一）小規模棲地改善

藉由現地勘查（如：熊本縣通潤用水下井手水路、福岡板櫃川、上西鄉川等地），觀摩有關小型河川排水路小規模的棲

地改善工法與方式，體驗河川的生命力如何與社區的生命力相互結合，做為「全國水環境改善計畫」借鏡。

## (二) 沖積河川河相復育

藉由現地勘查日本沖積河川（如：熊本縣白川、菊池川流域上內田川、合志川、岩野川等）之全河相復育，從河相學觀點考量不同規模洪水時的流路變化，規劃河道內復育工程等，期能善用自然營力來創造潭、瀨，維持灘地及河道健全的生態功能。

## (三) 山區河川棲地復育

藉由現地勘查日本山區河川（如：福岡縣岩岳川及大分縣赤石川）嘗試利用山區河川之特性，使用河床上堆積的大小塊石做為材料，讓山區塊石河川的小尺度結構（階梯深潭）再度出現，以達到防洪與生態調和之棲地復育目標。其近自然工法的精隨，係讓水流與土砂的運動達到平衡以利河床地型與環境的安定，進而恢復河川自然生命力，而非僅利用鋼筋混凝土穩固河床。

## 貳、成員及行程

### 一、考察成員

本次考察團團員包含水利署第七河川局李局長宗恩（團長）、第六河川局郭副局長建宏、水利署河川海岸組張百欣科長、第八河川局施政杰課長、第五河川局施國順課長、第十河川局葉兆彬課長、中區水資源局黃俊仁正工程司，以及中興工程顧問股份有限公司楊佳寧博士等共8位，日方接待專家學者共2位，分如表1、2所示。

表 1 本次考察團員表

姓名(Name)	部門(Office & Division)	職稱(Title)
李宗恩	經濟部 水利署第七河川局	局長 Director
郭建宏	經濟部 水利署第六河川局	副局長 Deputy Director
張百欣	經濟部 水利署河川海岸組	河川海岸組科長 Division Chief
施政杰	經濟部 水利署第八河川局	工務課長 Section Chief
施國順	經濟部 水利署第五河川局	管理課長 Section Chief
葉兆彬	經濟部 水利署第十河川局	規劃課長 Section Chief
黃俊仁	經濟部 水利署中區水資源局	正工程司 Senior Engineer
楊佳寧	中興工程顧問公司工程 美學中心	工程司 Engineer

表 2 日方接待人員表

姓名(Name)	部門(Office & Division)	職稱(Title)
西山穩 Nishiyama Yasushi	NNラントシャフト研 究室	

福永泰久 Yasuhisa Fukunaga	株式会社 西日本科学 技術研究所 退休	副所長
---------------------------	------------------------	-----

## 二、主要行程

本次考察行程主要為勘查日本九州地區營造親水及生態河岸空間之策略。代表團一行人於108年11月18日由桃園機場啟程飛往日本福岡，出訪行程共計7天，詳細行程詳如表3所示。另外，本次考察團於九州進行現地考察期間，透過楊佳寧博士介紹曾在西日本科学技術研究所任職的日本專家西山穩先生及福永泰久副所長之協助與安排，由武雄河川事務所上野勇二課長介紹薊之瀨；九州大學林博德助教帶領勘查上西鄉川、遠賀川及板櫃川；熊本大學增山晃太博士介紹熊本白川；菊池川河川事務所浦田敦英課長介紹菊川水系，使本次考察團在現場勘查現地工程能夠加了解其工法與設計理念，讓本次考察順利完成。

表 3 考察行程表

日期	預定行程		Google 地圖路線	聯絡/ 交通方式
11-18 (日)	全日	搭乘長榮航空 BR102 於 18:00 抵達九州福岡機場	---	
		住宿：博多博多綠色附樓飯店		
11-19 (一)	上午	博多運河	<a href="https://goo.gl/maps/8UPuz1vquBC2">https://goo.gl/maps/8UPuz1vquBC2</a>	福岡租車 (含司機)
	下午	石井樋現勘現勘、薊之瀨聽取武雄事務所簡報及現勘		
		住宿：博多博多綠色附樓飯店		
11-20 (二)	上午	上西鄉川小規模棲地改善現勘	<a href="https://goo.gl/maps/5jobWmwcsJu">https://goo.gl/maps/5jobWmwcsJu</a>	福岡租車 (含司機) 新幹線
	下午	遠賀川河口魚道改造、板櫃川小規模棲地改善現勘【移動】福岡->熊本		

		住宿：東橫 INN 熊本城通町筋		
11-21 (三)	上午	白川緑の区間土砂自然沖淤現勘	<a href="https://goo.gl/maps/BK7igaEmbDD2">https://goo.gl/maps/BK7igaEmbDD2</a>	熊本租車 (含司機)
	下午	通潤用水下井手水路小規模棲地改善現勘		
		住宿：東橫 INN 熊本城通町筋		
11-22 (四)	上午	上内田川環境營造	<a href="https://goo.gl/maps/jbC3voRGw1G2">https://goo.gl/maps/jbC3voRGw1G2</a>	熊本租車 (日本專家自駕)
	下午	国交省菊池川河川事務所帶領現勘合志川、菊池川及岩野川		
		住宿：日田站酒店		
11-23 (五)	上午	日田市赤石川	<a href="https://goo.gl/maps/mGMRhj2cV822">https://goo.gl/maps/mGMRhj2cV822</a>	租車(日本專家自駕)
	下午	豊前市岩岳川地區		
		住宿：APA 小倉站前酒店		
11-24 (六)	全日	搭乘長榮航空 BR 105 於 12:15 自福岡機場出發返國	---	



圖1 本次考察團員與增山晃太博士於熊本縣白川之合影



圖2 本次考察團員與福永泰久先生於熊本縣菊池川之合影

## 參、過程紀要

### 一、小規模棲地改善

#### (一) 佐賀縣石井樋

石井樋是嘉賴川引水至多布施川用來灌溉佐賀市的水利設施，大約在400年前由佐賀武將「成富兵庫茂安」先生(1596-1615)興建，是日本目前最古老的灌溉設施之一，當時設計的理念是利用攔水堰配合設置巧妙的導流工（象之鼻、天狗之鼻）減少引水路的淤積，利用象鼻趾部的溢流堰產生的水牆，避免洪水來的時候造成淤積。可惜的是，當初並沒有留下太多史蹟記載，僅有約200年前的「疏導要書」內有繪製石井樋設施群的示意圖(如圖3)。

1993年石井樋地區為了慶祝日本皇太子成婚，開始著手進行石井樋地區水域歷史的復舊，經過研究摸索400年前的河川分流堰(大井手堰)、天狗之鼻、中之島等設施，繪製出推測的河川分流取水系統(如圖4)，並且製作許多模型進行水理試驗，證實石井樋複雜的分流取水方式與近代的治水思想相近。2001年，成立「石井樋地區設施計畫檢討委員會」開始著手復原重建計畫，其中較大的復舊工程，即為已遭到部分沖毀及掩埋的大井手堰復舊重建工程，直到2004年，委員會才決定復舊的大井手堰初期造型(圖5)，其後又經歷部分修正，到2005年才正式確定大井手堰的後期造型(圖6)。





圖3 石井樋航照圖及平面圖

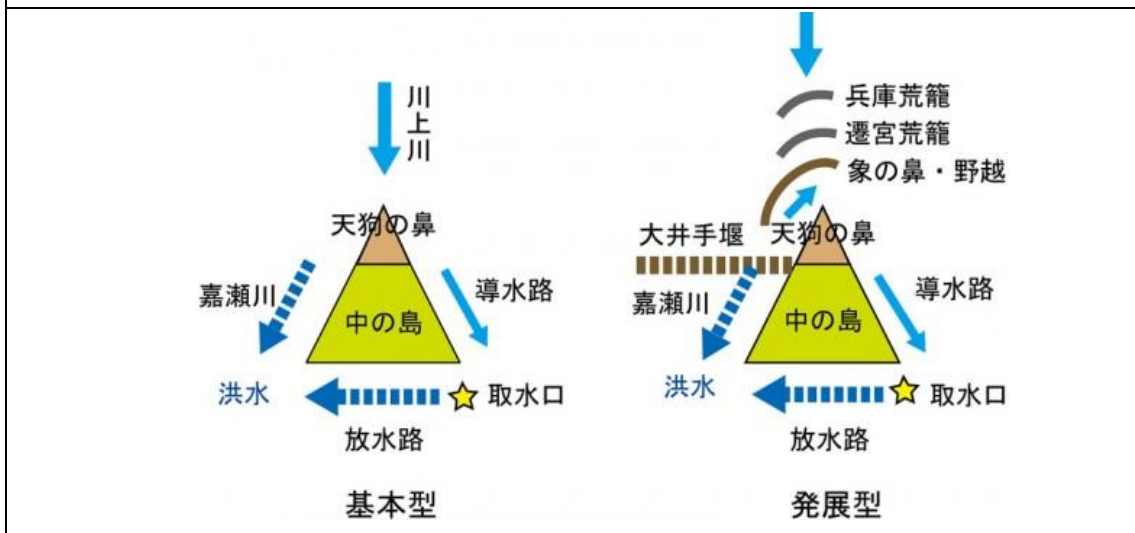
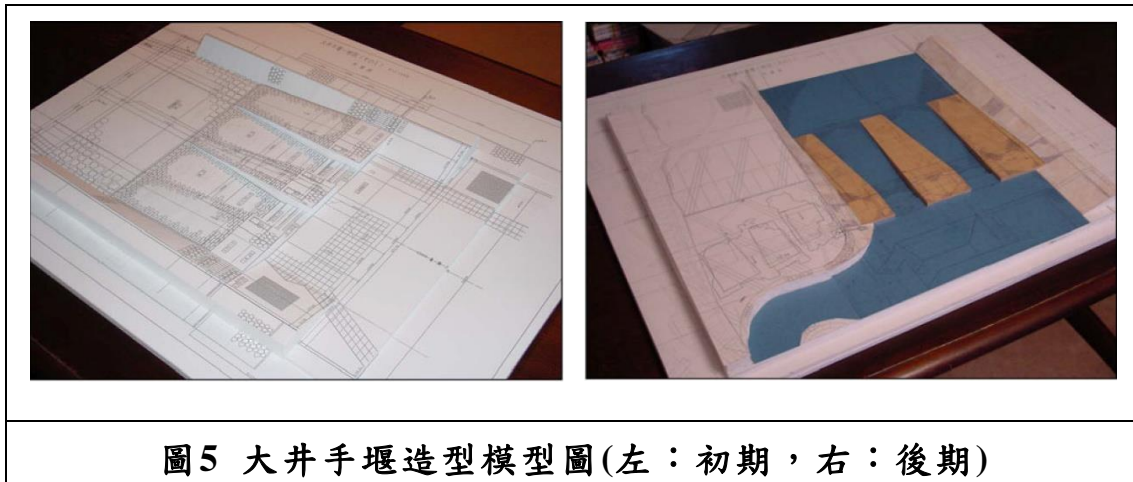


圖4 石井樋分流取水系統圖(吉村伸一專家推測圖)

資料來源: <http://www.engineer-architect.jp/serial/cate/eawork/1405/>



資料來源: 逢澤正行, 石井樋大井手堰の土木造形, 景觀・デザイン研究講演集, No.2, December 2006

石井樋的分流引水設施群，除了大井手堰的復舊規模較大以外，其餘設施包含象之鼻、天狗之鼻與中之島、導水路與放水路等等(圖7)，復舊重建工程為了向成富兵庫先生致敬，依照模型試驗的設施尺寸，將所有設施保留原有砌石殘跡，於遺跡表面採用大塊石切割的石塊鋪面堆砌來進行修復，更加凸顯石井樋設施於日本的歷史意義。

石井樋設施的恢復工程並不只是單純河川分流取水工程的再生，簡單在河裡建造一個新的堰，或是把被埋在土裡的部分挖掘出來，而是以歷史建物再生的觀點，將過去沒有任何設計圖留存的設施，透過水工模型試驗，來驗證各導流工的功能及設置的尺寸與位置，實際操作的結果，也成功的安然度過多次洪水的考驗，並且有效攔阻過多泥砂進入石井樋取水道。本項復舊工程也在2008年榮獲「土木學會design優秀賞」的殊榮。



圖6 石井樋設施群平面圖



圖7 石井樋設施取水流路示意圖



圖8 石井樋現地勘查照片

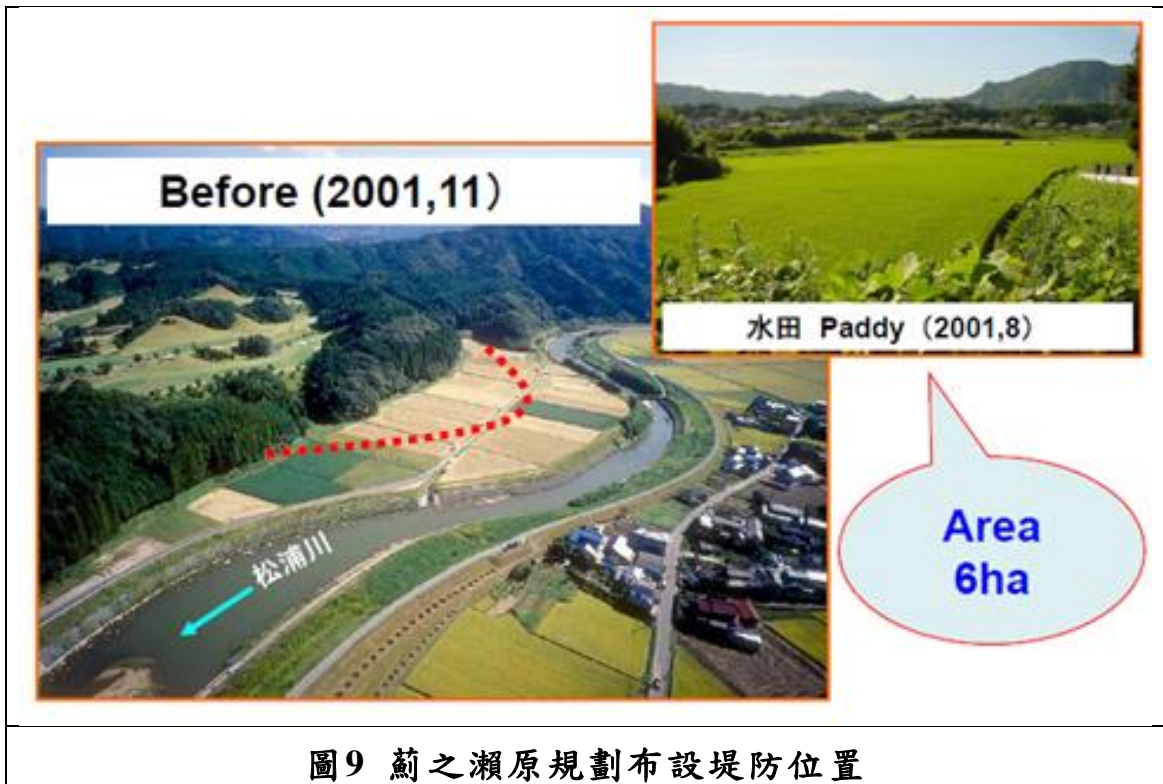
資料來源: <http://www.qsr.mlit.go.jp/takeo/kasegawa/kaseishiibi/>

除了恢復過去的樣貌外，日本國土交通省九州地方整備局武雄河川事務所也在當地設置「嘉瀨川防災環境教育館」，民

眾可利用在場的模型，了解利用水流來攔阻泥砂的原理，並且對於古人的智慧以及歷史設施的復舊，有更深刻的認識。

## (二) 佐賀縣薊之瀨

薊之瀨位於佐賀縣松浦川流域，原本規劃築堤束洪方式保護堤後水稻田，後經評估並與居民多次討論後，改將原本堤後之水稻田土地全數購買，並取消原先規劃的堤防。而購入之水道田則予以降挖，以恢復原本河川自然溢淹流入之濕地型態。



資料來源：武雄河川事務所提供簡報

薊之瀨自然再生計畫的目標有二項：(一)恢復原有洪氾區濕地，形成多樣化生物棲息環境。(二)恢復人與生物之接觸，成為多樣性動植物的環境教育場所。

計畫之開發及後續管理則採用PDCA循環，計畫一開始包含「學習設施」、「河畔林」、「緩傾斜堤防」、「濕地」等區域，經過調查分析在部分地勢較高區域出現許多外來種植物的

現象，藉由植物專家參與及建議，將上述出現外來種之地區予以降挖，以增加浸水時間及頻率，藉由上述作法有效控制外來植物出現機會。



圖10 薊之瀨藉由降挖高程控制外來植物出現

資料來源：武雄河川事務所提供簡報

薊之瀨之開發及維護完全由民眾參與，從一開始設計到現今已累計超過100次的討論會議，居民成立「薊之會」主動進行除草等維護管理工作，並藉由舉辦相關活動，重建生物與人之間的聯繫，而計畫內所興建的「學習設施」，已成為當地居民及學校的環境教育場所。



圖11 薊之瀨學習設施及居民環境教育學習

資料來源: [http://www.qsr.mlit.go.jp/takeo/site\\_files/file/azame/061011azame.pdf](http://www.qsr.mlit.go.jp/takeo/site_files/file/azame/061011azame.pdf)

### (三) 福岡縣上西鄉川

上西鄉川位於福岡縣福津市，屬福津市管河川，流入縣管河川西鄉川後再流入海，本次參訪地點位於上西鄉川流入西鄉川之匯流口處，該河段位於福津市都會區域內，屬都市型河川。



圖12 上西鄉川流向及位置圖

上西鄉川早期兩岸皆為水泥護岸，且有防洪上之問題待改善，於2006年至2007年進行設計，透過“整合防洪與環境的河流設計”進行河道拓寬改造，2008年開始施工，2013年完工。

期間設計及施工階段透過九州大學做為政府及社區民眾溝通協調的媒介。

上西鄉川匯入西鄉川之匯流口處，於西鄉川左岸原本為一片水稻田，配合鄰近住宅開發，將其規劃為洪水調節池並搭配環境營造，平常做為休閒遊憩使用，洪水來時做為貯留調節空間。



上西鄉川部分河段左岸緊鄰住宅，為兼顧防洪與環境需求，因此往右岸放寬河寬並採取緩坡型式土堤，土堤上方鋪設地工織物，目前植生狀況良好。河道內則運用各式間伐木材工法及

大石塊等改變局部水流流速及方向，營造潭瀨等生物棲地空間。



圖14 上西鄉川河道放寬及河道內營造潭瀨生物棲地空間

本計畫之設計並非僅由政府或設計單位完成，而是透過大型規劃模型，由民眾一起討論未來河川的樣貌。另外於施工過程，部分項目例如河道內與生態有關的間伐石塊等工法，亦由九州大學及社區民眾完成，後續並由九州大學進行魚群生態調查與物理環境監控，結果顯示導入間伐石塊工法後其周邊產生多種淺灘及淵等生態圈，並觀測到水生動物呈現更多元化。至於計畫完成後之維護管理，則由民眾協助辦理植樹及淨溪等工作。





**圖15 民眾參與規劃設計及營造生態棲息環境**

資料來源：九州大學林博德助理教授

本計畫能成功的關鍵，是藉由九州大學河川研究室作為公部門與民眾溝通的橋梁，透過各種實體模型的協作進行規劃設計，配合施工期間與後續維護管理徹底的公眾參與，其中在2007至2016年期間，合作舉辦了80多個講習班和活動，目前已經成為孩子主要親近河川的地方，也可以被用作學生的環境教育場域。

#### (四) 福岡縣遠賀川

遠賀川河口防潮堤因為舊有的魚道設計過短無法讓中小型魚種順利上溯回游，因此，國土交通省遠賀川河川事務所與九州大學合作，由九州工業大學當作橋梁進行橫向聯繫，透過邀請地方居民參與討論，召開了130次以上的會議，決定採用近自然的方式另外闢建一條坡度較緩的多自然魚道，同時配合周邊的環境改善整理，讓整個防潮堤與河川周邊，成為人與生態、自然親近的魚道公園。



圖16 遠賀川魚道公園現勘照片

遠賀川是位於福岡縣北部的一級河川，在河口入海處有設置防潮堤兼調節取水的河口堰。2007年調查發現，因既設河口堰魚道(混凝土階梯式魚道)不敷使用，許多淡海潮間帶生存的魚類無法回游上溯(其中又以鮎魚與鮭魚最受到重視，日本各河川上游甚至設置「鮭神社」、「鮭魚回游漂亮河川保護」等活動)。因此，在2008年結合了公部門行政單位、九州大學、建設公司(施工單位)及地方居民等，開始進行遠賀川河口堰魚道改良事業，將各單位以懇談會的方式進行溝通，經過3次大型懇談會討論，由地方民眾提出了「最理想的遠賀川與下個世代聯繫之建言」，九州工業大學的伊東啓太郎准教授更是提出規劃構想，為改善方向提出規劃藍圖(如圖18)，懇談會的共識，就是希望創造一個「生物與人的繫絆。緩慢的水邊空間再生」概念，提供生物與人都可以舒適生活的親水空間。



圖17 遠賀川魚道改善研商懇談會照片(2008年)

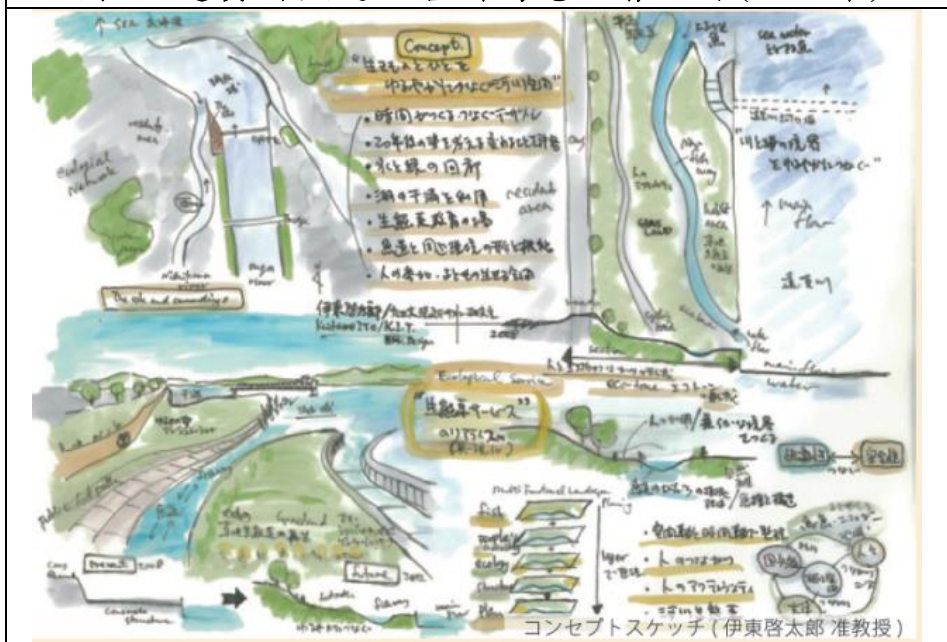


圖18 九州工業大學伊東啓太郎准教授提出規劃構想

經過2008年懇談會，以及後續召開約130場地方民眾參與的圓桌會議，擬定了「遠賀川魚道公園改善」的四大原則方針：

- 1.活用遠賀川原有材料
- 2.活用自然線形
- 3.形成草生地河岸
- 4.形成河口干潟

在2008年以前，遠賀川河口防潮堤周邊河岸，均是以混凝土鋪面進行堤後保護工(圖19)，而原有河口防潮堤既設魚道則是採用傳統混凝土階梯式魚道型式(圖20)。其後，依循這四大設計原則方針，透過九州大學的協助，利用模型的建置確立魚道的型態，給出了植生種植的類型，魚道的形狀以及安全措施等意見，於2010年至2012年施工後，2013年初步監測近自然魚道已發揮功效，2014年魚道公園改善後，已形成生態良好且親水的河邊水域空間(圖21)。



圖19 遠賀川魚道公園改善前照片(2008年)



圖20 遠賀川河口堰既設階梯式魚道



圖21 遠賀川魚道公園改善後照片(2014年)

遠賀川魚道公園改善計畫，依循前開的設計原則，主要包含以下幾項重要的設計內容(圖22～圖23)：

- 1.遠賀川河岸原有混凝土鋪面打除後廢棄材料：經過破碎處理後，作為近自然魚道內襯底鋪設，並加鋪不透水布，以防止魚道內滲漏而乾涸，加強近自然魚道功能。
- 2.近自然魚道(或稱多自然魚道)活用自然線形：透過製作模型與居民溝通，並且實際驗證緩坡化魚道設計對於魚類洄游之影響，設計出自然線形的近自然魚道，並且魚道兩側護岸採用砌石材料設計，更可貼近自然並提供充足孔隙讓生物棲息
- 3.形成草生地河岸：除了近自然魚道以自然線形設計外，位於魚道旁的親水步道，也以自然線形設計呈現，並且以草生地河岸原則，搭配土丘、邊坡緩坡化等設計，營造提供周邊水域生物的良好棲息環境。
- 4.形成河口干瀉：在河口彎曲處及魚道入口兩處，設計「干瀉(潮灘)，以木樁工型式配合養灘，平時可作為魚類短暫休息的棲地，以適應淡海水變化的環境差異，洪水來臨時，迴游魚類亦可進入避難躲藏，是提供魚類重要的棲息避難場域。
- 5.現有魚道改善：為了提升既有魚道的功能，除增加近自然魚道設計外，將既有魚道進行二次施工，將原有一條魚道分隔成寬度大小、深淺不同的兩條魚道，可提供不同尺寸的大小型魚類進入，提高魚類洄游利用的機率。

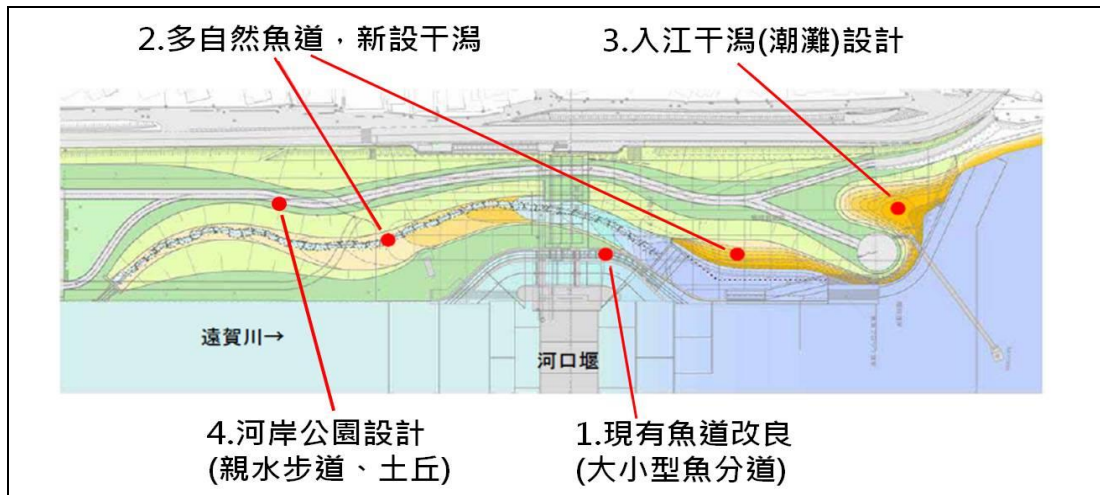


圖22 遠賀川魚道公園改善設計平面圖



圖23 遠賀川魚道公園改善設計主要內容



圖24 近自然魚道舉辦學童環境教育生物觀察活動

遠賀川魚道公園改善計畫自2007年啟動，歷經2008年至2010年各界參與醞釀討論方案，定案後自2010年至2012年施工完工，工程經費約7億日圓，最後成為了良好的生物棲息環境，以及當地民眾及學童們遊憩與環境教育的親水場域(圖24)。

其後，本項改善計畫更獲得2013年度GOOD DESIGN AWARD獎、2014年度全建獎，可謂結合產官學界以及居民地方參與集結心力而成的良好典範，相當值得我國水利工程學習仿效。

#### (五) 福岡縣板櫃川

板櫃川與上西鄉川類似，從1990年間開始進行整治，九州大學林博德助理教授說明，整治原理係將河道拓寬為原有河道3倍並將左岸公園作連結的方式進行棲地與環境的營造，其原有河道詳圖25，平面圖及橫斷面圖詳如圖26所示。



圖25 施工前河道狹窄

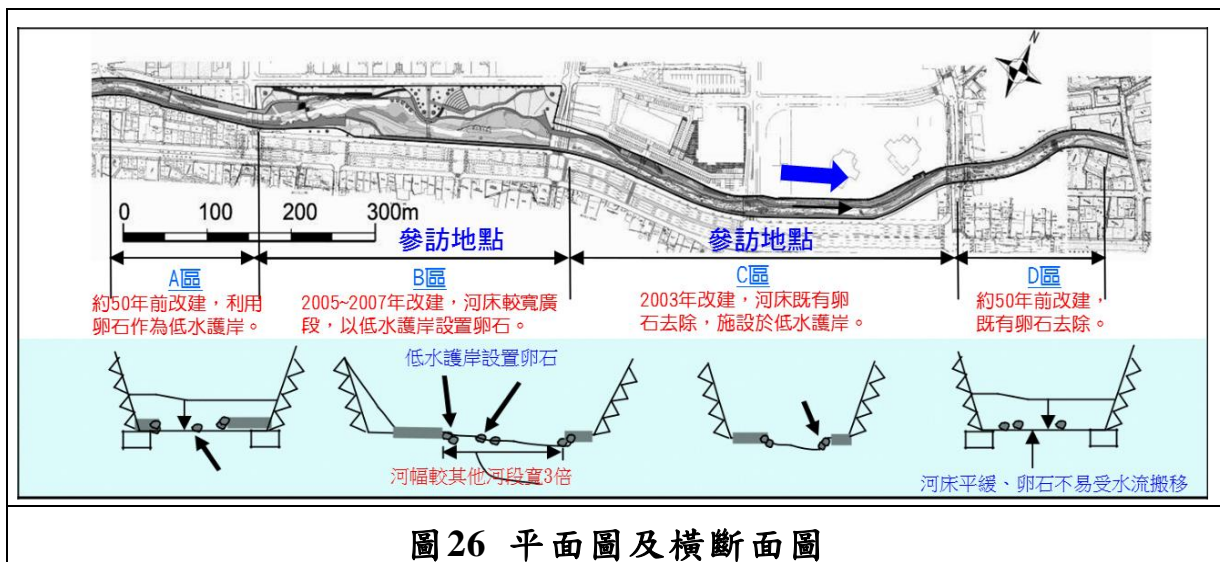


圖26 平面圖及橫斷面圖

其目的是讓鄰近小學生可以親近河川進而學習，因此居民稱該區為「水邊的樂校」，是第一代將河川環境教育學習導入正規教育課程中的案例，學童們可以從水中生物的觀察與調查、物種的辨識以及棲地環境的變化學習到更多有關環境議題。本工程並獲得2008年鄉村民俗獎，2010年獲得土木工程協會設計獎。

本工程不管是於低水護岸設置卵石或是打木排樁皆是從魚類棲息角度進行工程設計，參訪時，九州大學林博德助理教授的裝備是青蛙裝，目的就是要抓魚，只見他很熟練從潭中撈中有假眼睛(大眼睛)的1B保育類魚類及有吸盤的魚，林博德助理教授說，因前年的洪水讓魚少了很多，但因棲息的環境沒有太大破壞，應會很快恢復以往豐富的多樣魚類生態。

此處以拓寬河道3倍（詳圖27），又徵收土地每進行米花費500萬日幣，實在感到無比驚訝，雖然林博德助理教授開玩笑說，北九州市長就住在公園旁的別墅，應是促成原因，但日本人民對河川的情感，公私協力、民眾參與，努力完成營造此遊憩和環境學習的場所，正是值得借鏡省思的地方。





圖27 拓寬河道3倍完工後現況

### (六) 熊本縣通潤用水下井手水路

通潤橋位於熊本縣山都町的白系台地，以通潤橋為中心，連接白系台地地區的上井手及下井手兩條農業灌溉圳路，貫穿整個白系台地，提供重要的農業用水灌溉系統。在2010年「通潤用水與白系台地的棚田景觀」更被選定為當地重要文化景觀，除了具有歷史地位，更良好保存了農業生產及生態價值。(註：棚田即為一般所稱的梯田，是白系台地地區依照地形開發之農耕特色，圖28)

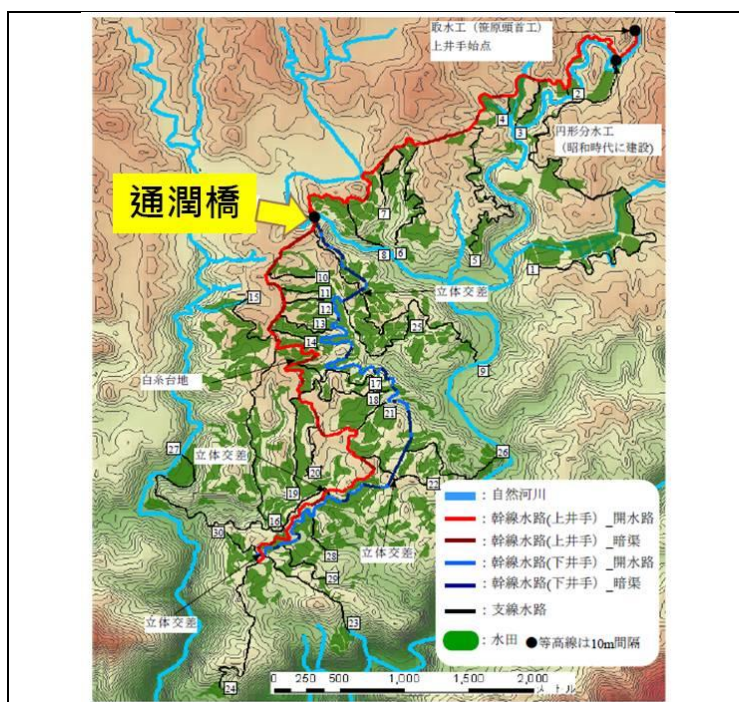


圖28 通潤橋及白系台地用水路

通潤橋是橫跨於轟川上的單一拱橋，建於日本嘉永7年(1854年)，長75.6公尺、高20公尺，是江戶時代一位惣莊屋(當地長官)「布田保之助」(1801年~1873年)為了救助苦於供水不足的民眾而請「肥後的石工」在1854年建設的石橋。通潤橋長75.6米，高20.2米，它的拱門直徑和高度是日本國內最大，也因其作為日本最大的石造拱形導水橋，而被指定為國家重要文化財產。通潤橋利用連通管(倒虹吸)原理輸送白系台地之間的灌溉農業用水，橋的上部建有利用倒虹吸原理的三根石製水管(圖29)，為了加強橋的強度和防震措施，布田保之助在建築架構上也下了不少功夫，在進水口處和出水口處刻意的彎曲通水管，也在每條通水管上4個地方採用松樹中間挖空所作成的木頭通水管。另外為了防止通水管內部囤積泥土和砂石，更是嚴密計算放水口的位置。

在建造通潤橋時最為發揮本領的是稱為「種山石工」的職業師傅集團，這些師傅聚集了一生所學的技術來完成這項浩大的工程，每個人對於自己的技術都有很大的信心，要是通潤橋倒塌反而會感到羞恥，因此在通潤橋完成當天，師傅們的口袋裡藏著寫著「這個橋要是塌掉了，就以切腹謝罪」的一張紙。

布田保之助親自參與通潤橋的企劃、設計、資金計劃和施工，綜合民眾的力量，從動工歷經1年8個月終於完工，也因為這項大工程，期待已久的水經過山谷，灌溉了白系台地73.8公頃的田地。

之後，為了保持輸水灌溉通暢，去除管道內部可能阻礙水管通暢的沈積物，主管單位也會定期舉行觀光放水，經常吸引許多民眾圍觀欣賞，也形成當地重要的盛事。(即為俗稱的通潤橋放水，圖30)近年來通潤橋出現漏水等問題，為了保護這文化古蹟，主管單位決定限制放水的次數。雖然本次參訪並未見

識到壯觀的放水情景，但參觀了通潤橋史料館，感受到通潤橋的魅力以及橋梁本身的歷史背景及功能，也是值得欣賞(圖31)。

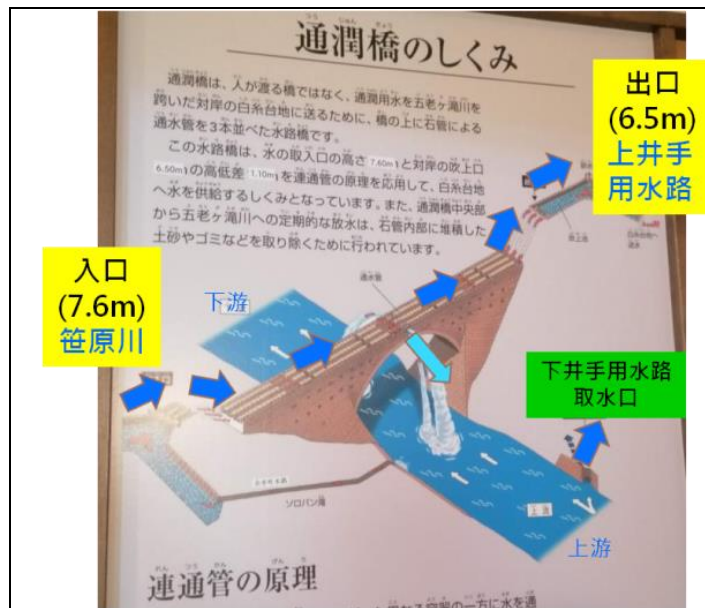


圖29 通潤橋倒虹吸工示意圖



圖30 通潤橋放水照片



圖31 本次現勘通潤橋現況

通潤地區及白系台地農業灌溉用水開發事業，從日本嘉永6年(1853年)開始進行，當時住在白系台地的居民連生活用水也都缺乏，更不要說是農業用水。白系台地是由長野、小原、田吉、犬飼、新藤等8個村構成，周圍有五老瀧川、千瀧川和笹原川，形成深邃的溪谷。白系台地的居民以耕種為中心，雖然水田的面積大約有13萬2千坪，但是稱得上是好田的唯有2千4百坪。當時的惣庄屋(當地負責人)「布田保之助」(1801年~1873年)覺得疏水不便，設法建設通潤橋，並引水灌溉白系台地，把這個地方變成可以擁有豐富收成的地方。

當初新開發的農田面積約73.8公頃，大多是以梯田形式開發，水源由笹原川引取河水，經過通潤橋後，輸送至上井手用水路，而通潤橋橫跨的五老瀧川下游，則是下井手用水路的取水口(註：用水路即為農業用水圳路)。

白系台地的輸水路，依照高程分布不同，分為上井手用水路與下井手用水路(圖32)，本次參訪勘查的是下井手用水路，主要是用來串聯沿線梯田之間的農田回歸水，因為用水路的老化而有修復的需求，但是為了維持生態、文化與景觀的特色，因此儘量不使用混凝土工法，而改採因地制宜的自然工法配合地形作調整，使得水路與水田能夠妥善融合，並且維持原有的生態系統，而且是少見由文化部門負責整建的案例。



圖32 上下井手用水路與棚田分布示意圖

本次勘查的下井手用水路，經過與當地農民溝通了解需求，並考量維持生態與文化景觀等要項，依照下列三個目的進行改善(圖33)：

1. 水路修補：既有用水路老舊修補，護岸整修維持供水功能。
2. 提升維護管理功能：依據當地農民需求，將用水路周邊的維護道路拓寬，提供定期巡檢的作業或是防災修補的作業進行。
3. 考量營造生物棲息環境：將白糸台地生態棲息環境擴大考量，使得用水路周邊的生物與人共生共存。

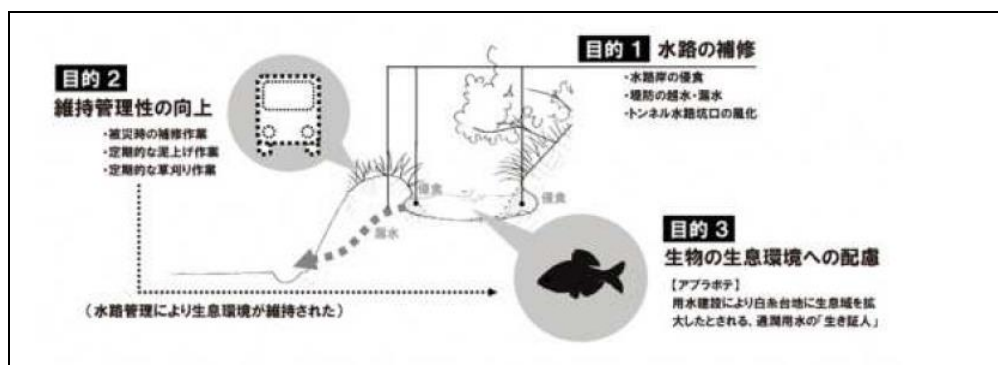


圖33 下井手用水路改善設計目的



圖34 西慶喜先生介紹下井手用水路照片

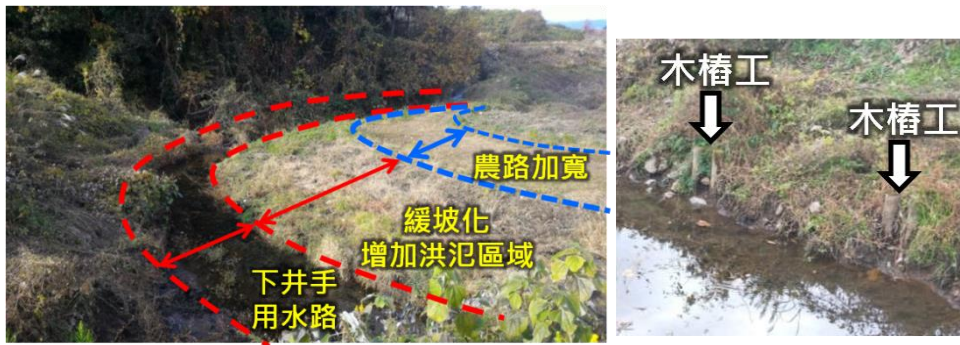


圖35 下井手用水路改善後照片(1/3)



圖36 下井手用水路改善後照片(2/3)



圖37 下井手用水路改善後照片(3/3)

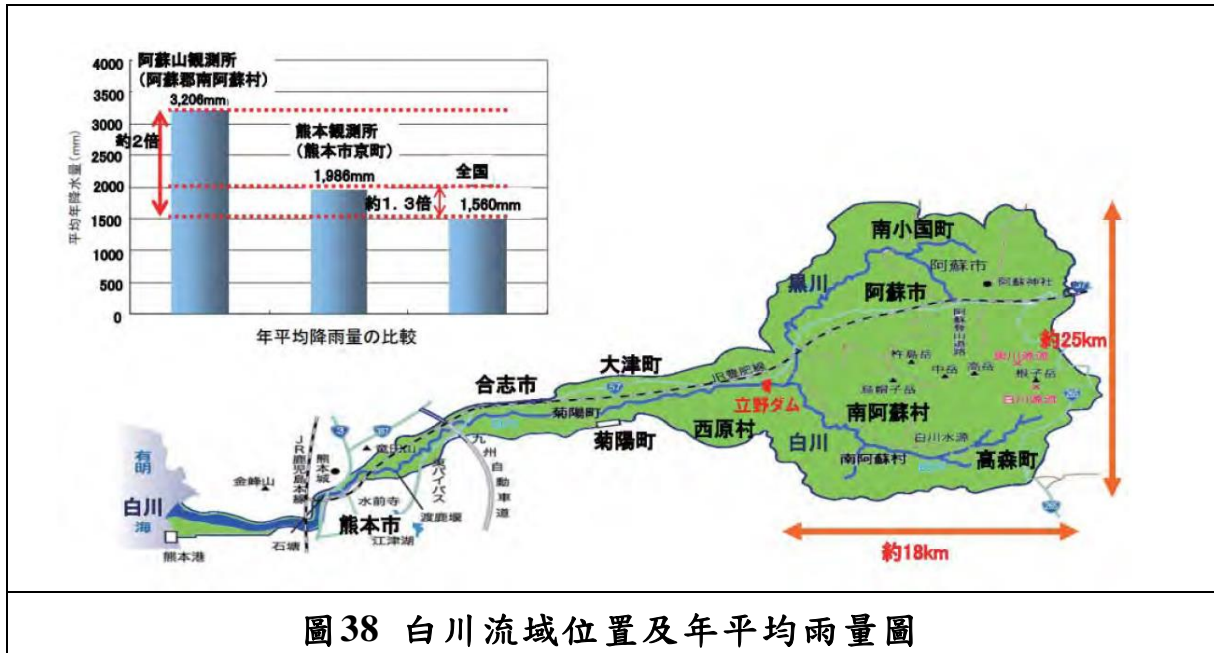
下井手用水路將用水路護岸進行緩坡化改善，部分護岸改用砌石型式與木樁工修補調整流路，減少洪泛災害破壞，並可增加生物棲息孔隙；在野溪支流匯流處，則增加保護工與鋪排塊石營造深潭與淺瀨，減少匯流處遭洪水破壞；而且配合當地農民農耕與巡查需要，將用水路旁農路拓寬並植草，提高維護管理功能性；另外，在用水路有一小段砌石護岸改善後遭到山豬踩踏破壞，經調查應是山豬出沒覓食主要路線，管理單位也考量維護生態，要再以生加生物通道方案來進行二次改善。

本次參訪下井手農業用水路，除了完整保存傳統農業棚田文化與景觀，並且維持農業經營功能與生態友善保護，實為兼顧文化、農耕及生態之良好設計範例，值得參考借鏡。

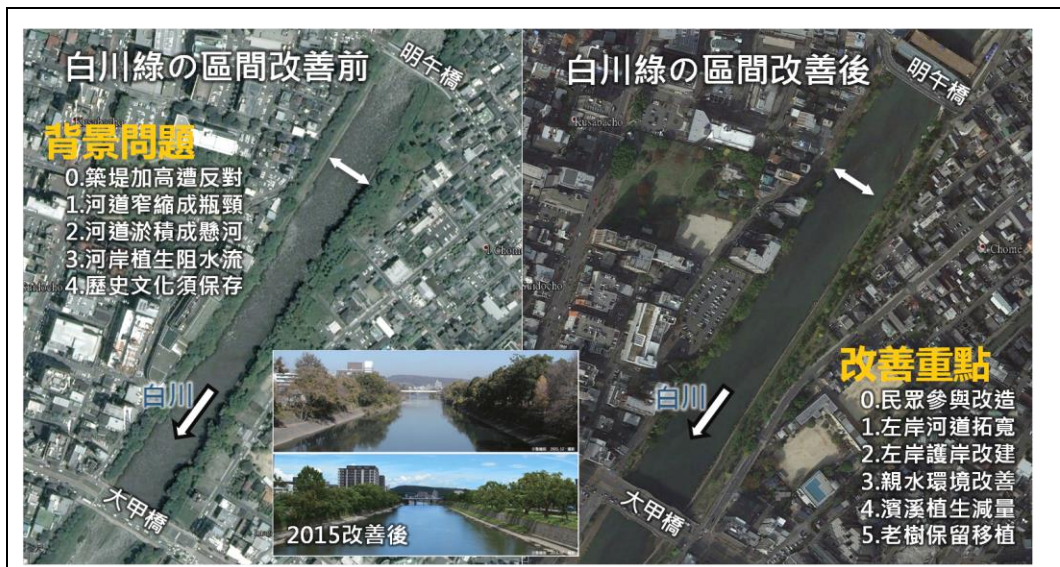
## 二、沖積河川河相復育

### (一) 熊本縣白川

白川流域面積480km<sup>2</sup>，流長4km，流經熊本市中心流域位置詳圖38，因為屬於河道窄縮段加上兩岸土地利用因此洪災潛勢很高，此外河流承受阿蘇火山的泥灰逐年淤積而有「天井川」之稱，在此不利的環境背景條件下過去曾遭受了多次洪水災害，最嚴重一次發生於昭和28年(1953年)造成422人死亡淹水戶數31,145戶，本次勘查河段大甲橋～明午橋之間河段（俗稱綠色的區間）鄰近熊本城，由於熊本城有“森林之都”的象徵，而熊本市也是白川防洪的關鍵點，1986年已公佈的實施基本計劃是要用加高方式提高保護，並沒有環境和景觀的規劃，引起當地居民反對，最後決定重新審視該計劃檢討改正(改善前後詳圖39)。



1998年成立白川流域住民委員會透過學者與居民和政府之間進行協商，針對河道整治方式，以及確保白川的景觀和綠色區間構想進行討論，並組織了“白川市市政景觀和親水調查委員會”共同決定改善計劃，盡可能保留現有樹木，而透過在當地居民的意見反映，決定拆除臨河側的房舍，將佔據濱水區的樹木往後移，多餘的土地開發為城市空間綠帶。(改善前後詳圖39)。





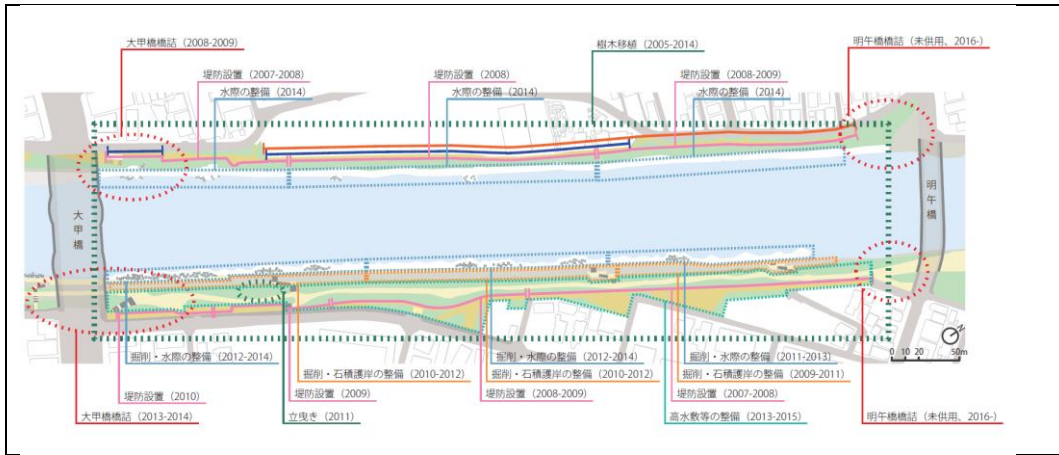








圖39 白川改善前後航拍對照及平面配置圖

工法上比較特別的是，新設的護岸仿照熊本城江戶時代外護城河砌石的方式，並且在建造砌石護岸時，由專家在現場進行施工指導，而防洪高度不足的部分，則採用低矮的擋牆，高度約70~80公分可以讓人倚靠或坐下休憩，也不會擋到小孩子看見河川的視野，此外河道低灘設置的丁壩是使用混凝土塊石，以不連續性的排放產生高低、長短的落差，能讓河川在不同水位高度都能讓民眾親水，並且藉由自然的沖淤營造不同的棲地環境，配合親水步道使民眾能更接近水的環境。

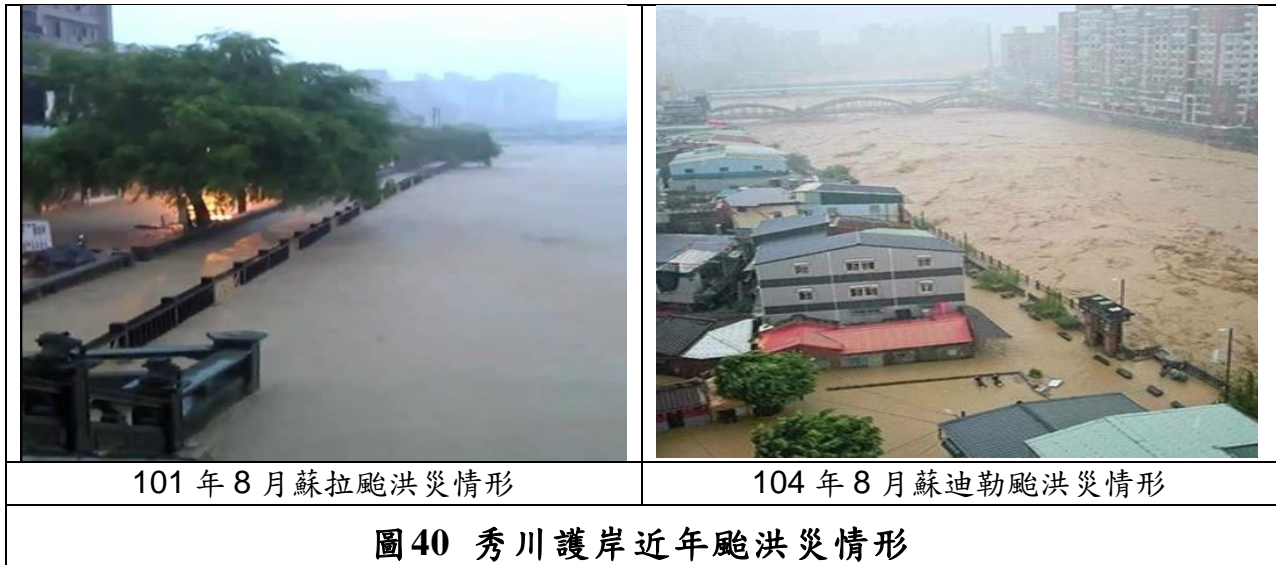


	
<p>蜿蜒的堤頂步道</p>	<p>親水的岸邊步道</p>
	
<p>仿照熊本城牆砌石護岸保留歷史性</p>	<p>熊本大學增山晃太博士介紹白川防洪牆</p>
	
<p>民眾親水活動</p>	<p>兒童親水活動</p>

資料來源: [https://www.pwri.go.jp/team/kyousei/jpn/events/link/08\\_hoshino.pdf](https://www.pwri.go.jp/team/kyousei/jpn/events/link/08_hoshino.pdf)

類似的情況台灣北部淡水河水系大漢溪支流三峽河也面臨同樣的問題，三峽區清水街旁的秀川護岸因現有護岸高度不足，於民國101年蘇拉颱風及104年蘇迪勒颱風(詳圖40)時已造成兩次的淹水紀錄，故秀川護岸治理工程為三峽河相當重要且急迫的治理工作，目前三峽河秀川河段相關防洪設施已初步完成，未來也朝向考量在地人文背景、經濟活動及在地民眾需求，秀川護岸治理工程需同時兼顧，針對秀川護岸的改善研擬各種不

同護岸工程改善方案，透過辦理工作坊的方式與當地民眾及非政府組織進行互動與對話，廣納結合各方意見並將資訊公開透明化，以達成民眾訴求並解決洪氾問題。



秀川護岸環境營造工作願景，期待也能類似日本熊本縣白川一樣的方式，持續透過民眾溝通以能重整提昇老街人文與三峽河水綠空間之交融機會，並且強化三峽河水道整理及塊石拋放及清整，符合水利要求及景觀美學之護岸，以玻璃防洪牆、人行觀景棧道等重要設施元素，使與河岸區域文化古蹟景緻合而為一，呈現歷史時光隧道之氛圍，同時共塑人本閒適的柳堤河岸清水街，完備兩岸堤頂及高灘地自行車道系統與步道動線串連，並強化左岸人文活動廣場及右岸高灘地生態野花草園營造。



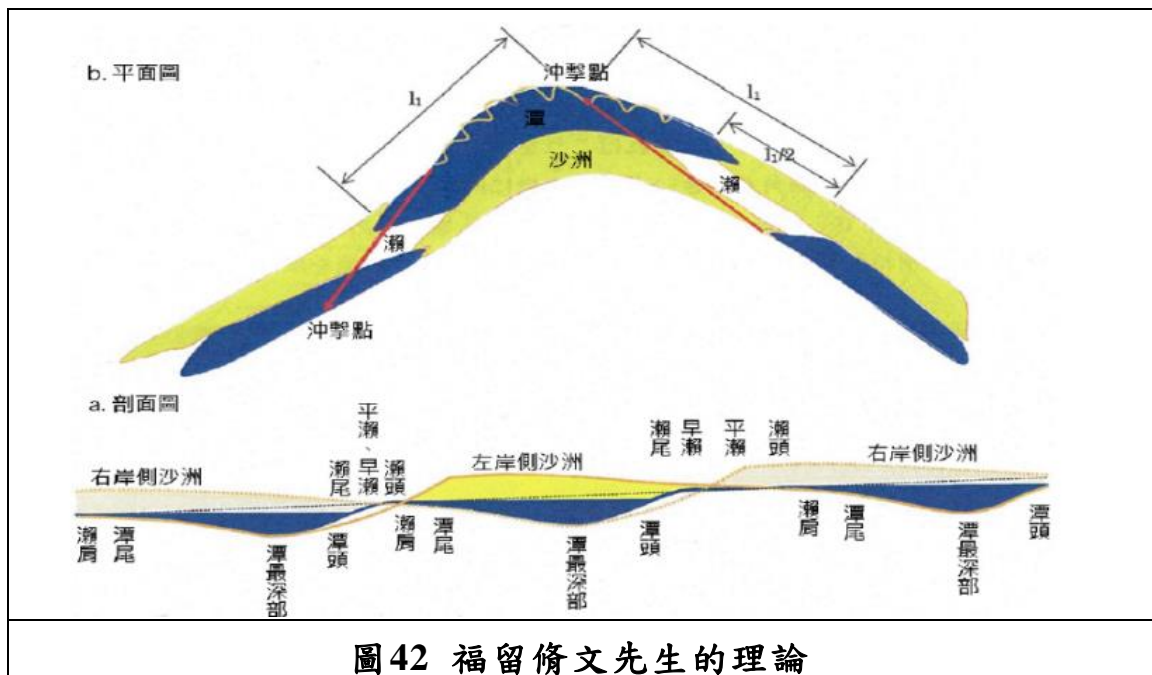
## (二) 熊本縣合志川

參訪好菊池川之支流上田內川時間為12:20，日本專家福永泰久先生建議至臨近的道之驛(高速公路休息站)用餐，到達時間為12:40，用餐地點採自助式，菜色為熊本縣當地的美食，是大家來日本參訪公認最好吃的一餐。惟因與國土交通省菊池川河川事務所約13:30在合志川現場會合，故用餐時間只有20分鐘，甚為可惜。日本人安排時間是以『分』計算的，搭車、拜會、離開、散會都能準時完成，13:00從道之驛出發，只見已高齡73歲的福永泰久先生以快、穩及準的精神駕車，眼見連停紅綠燈都在控管時間，到達現場為13:27，真是精準的民族。

在參訪合志川的第一個現場，由國土交通省菊池川河川事務所浦田課長親自報告合志川的概況與整治情形。2012年7月梅雨鋒面滯留，造成九州北部空前的豪雨，菊池川的支流合志川堤防破損達300m，合志川災後復建的目標是在取水堰(8k+000)為起點往下游1.5km止，營造一條兼顧防洪與生態的河川，在整治前應先探討合志川面臨問題，歸納起來大概有4種問題：

1. 防洪標準不足：2012年7月在洪水時，因堤防防洪標準不足，在合志川堤防7k+200處，產生溢堤後損壞情形。
2. 河川環境（瀨與潭）的再生和保護：河流是單調的，有必要營造一條兼顧防洪和生態的河流。
3. 河床陸化及深槽化情形嚴重：當河床兩岸一岸堆積，另一岸沖蝕嚴重失衡時，此現象稱為雙極化，存在著結構損壞（基腳裸露）等問題。
4. 河床有侵蝕現象：河床沖刷，軟岩層裸露，跨河構造物之基礎刷深，危及安全。

為此，事務所運用了日本近自然工法宗師福留脩文的研究成果，使用丁壩工、分散型落差工、根固工等構造物，材料選用石頭來營造自然的瀨、潭與沙洲。其設計理念詳如圖42所示。



依此設計理論，事務所完成的整治前後比較圖像如圖43所示。

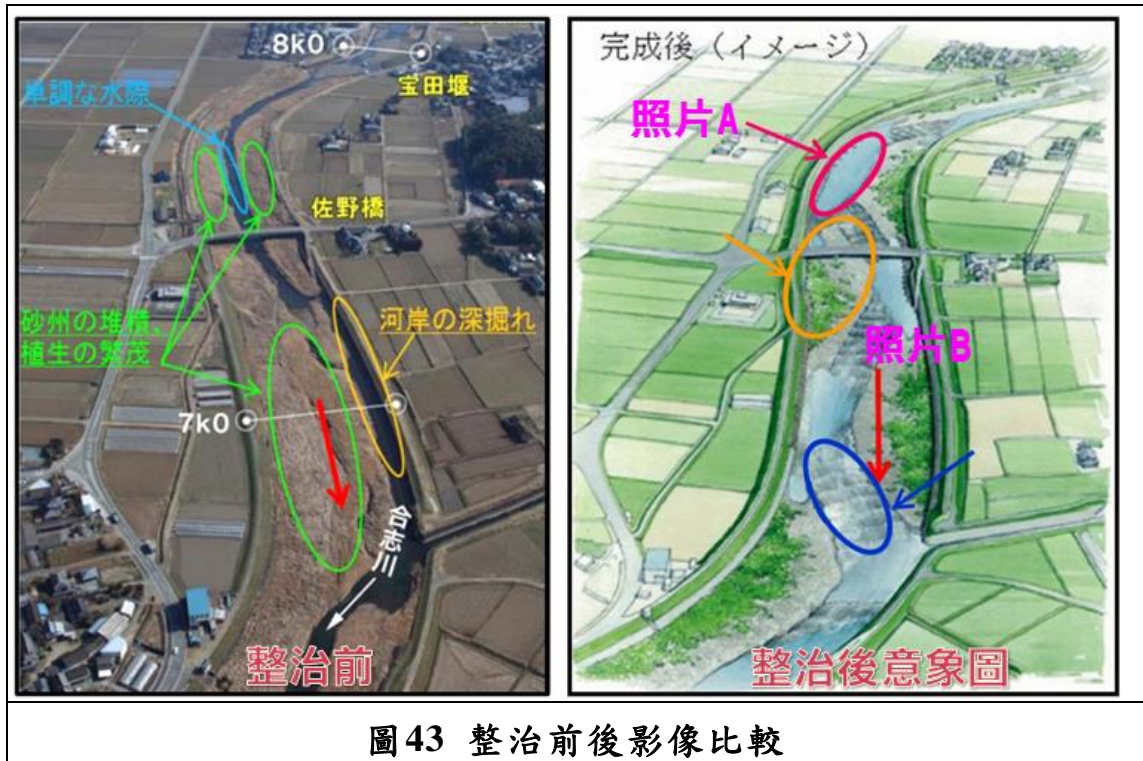


圖43 整治前後影像比較

日本人於工程完工後後續都會有監測計畫，並檢核是否達成當初的規劃目標，今天我們就借這參訪之便來檢視一番，參訪第一個現場詳如圖44照片A所示，從現場可見分散型落差工或大小混合的塊石以弧形砌置於河床，可營造瀨區，凹岸的丁壩工可營造潭區，浦田課長說明，要追求兼顧防洪與生態，首先要保存或復育衝擊區的深潭，而要保持深潭，同時復育河岸，最好的方法就是丁壩工。

此處丁壩工共有4處，材料為塊石，可消除深槽化現象，福永泰久先生說明丁壩工第一道最短，目地是稍微把攻擊面水流往外推，通常在日本設置丁壩工不會太長，以免攻擊到對岸，其間距約為丁壩長之3倍，另最重要是丁壩工前端需作基礎，這樣丁壩工就不致下陷，又其目的是要讓洪水來時可在前端有刷深情形而成潭。

從圖44整治後照片A可見取水堰下方有瀨，丁壩工前面為潭，最特別的是形狀如台灣的沙洲為施工後慢慢堆積，這般瀨、

潭及沙洲的組合對照圖43之完工意象圖，相當符合當初的規劃目標。參訪第二個現場詳如圖44照片B所示，浦田課長說明，施工前水面很窄，而沙洲很大，長滿草，甚至高莖作物，以致維管困難。於是河川事務所應用福留脩文先生方法在平面圖先決定瀨及潭位置，又其中最重要的是要保留「瀨肩」，「瀨肩」是由潭轉變為瀨的交接處，也是河床橫斷面的最高處，通常有大石頭，「瀨肩」的保留，可讓洪水後也保持原貌。

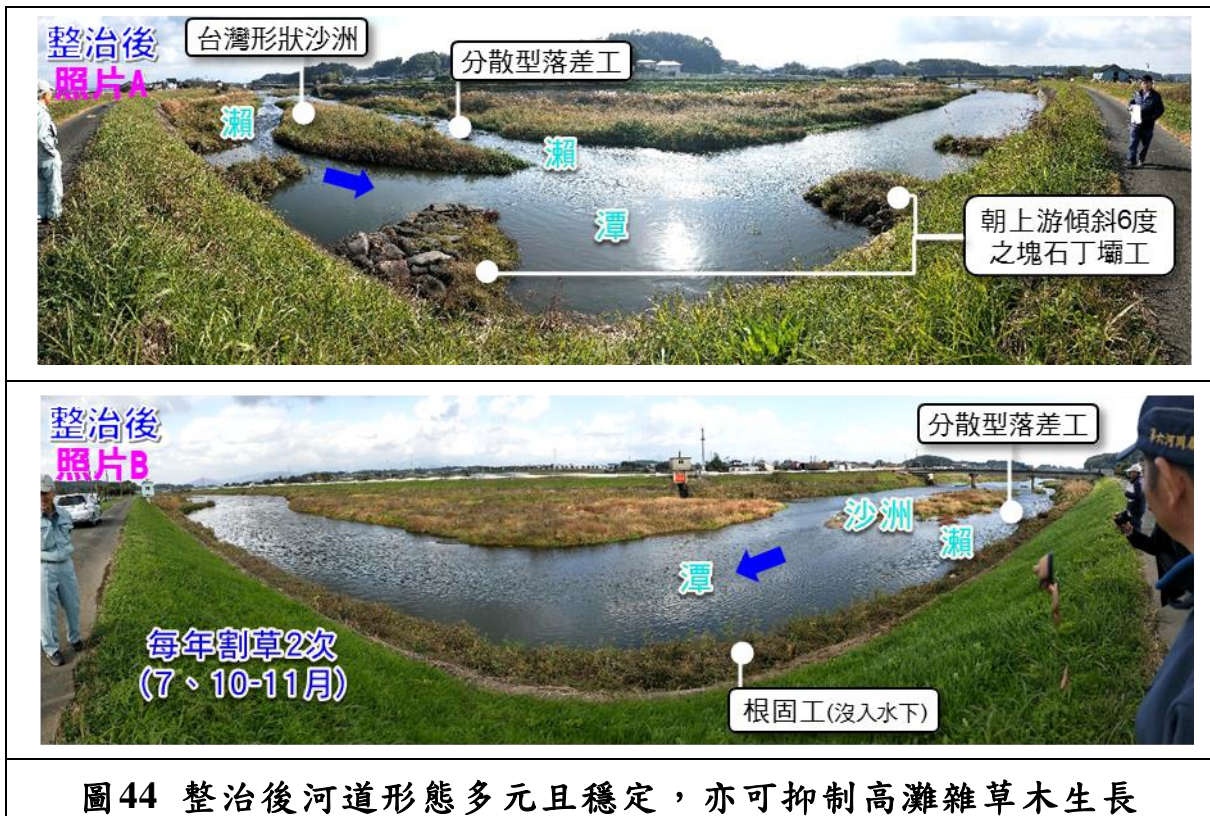


圖44 整治後河道形態多元且穩定，亦可抑制高灘雜草木生長

又瀨的施工方式，詳如圖45，為以弧形的槽砌置大石頭，中間以小石頭填隙充分咬合，形成拱形壩，可將水流圍繞在中心流動和沈積礫石的效果，恢復和維護近自然狀態的河床。施工完成後近6年，即使遭遇多次洪水，瀨、潭及沙洲的形態也不會改變太多，最特別的是不用辦理疏濬，也沒有剷除高莖作物，省下大筆維護管理經費。

最後，看到旁邊修剪整齊的草坡，我們問浦田課長：在日本每年除草幾次？民眾接受度如何？浦田課長說：「在日本，

於7月及10-11月各除草一次，其實在我們來之前草比人高，民眾也會陳情要除草，他說會跟民眾解釋因國家很窮，只有這些經費來維護管理，如果不滿意請來認養」，這真是很特別的國情，真是感慨萬千！



圖45 瀨潭拱形壩施工方式

### (三) 熊本縣菊池川支流上內田川、岩野川

菊池川位於日本九州熊本縣北部，從深葉發源，和支流的迫間川、岩野川等會合，經過菊鹿盆地，出了山區後，進入玉名平原，最後注入有明海，流域面積996平方公里。



圖46 菊池川水系流域圖

資料來源: [https://www.pwri.go.jp/team/kyousei/jpn/events/link/08\\_hoshino.pdf](https://www.pwri.go.jp/team/kyousei/jpn/events/link/08_hoshino.pdf)



日本各地的河川，由於河道內過去施作大量護岸工程，河槽變得十分固定，河床逐漸下切，而灘地的淹水頻率卻減少，造成陸域的樹種發育成林，河道可謂呈兩極化發展。土砂淤積與樹林生成阻礙通洪斷面，必須實施大規模的疏浚，而且有必須採取對策，使河道在疏浚後不易再度淤積、陸化。另一方面，這些河段也有香魚的產卵場，必須維護其生態機能。為了恢復河道的動態機制，讓水與砂的流動能接近原本的自然狀態，九州地方整備局菊池川河川事務所在流域各地展開了造川計畫。

2006年事務所先在支流的岩野川施工，以改善河川形態。岩野川的流域面積為114.4 km<sup>2</sup>，此處由於細砂在灘地堆積，使得灘地上植生茂盛，阻礙通洪斷面。此外，河槽緊貼護岸，也危及護岸基腳。設計者在外彎道設置丁壩工(水制B)，將主流導回原本河槽的位置，避免河槽繼續刷深，同時將丁壩工設計成導流式丁壩，以避免之流匯入處造成淤積。

另一實驗手法，是在邊灘上游側設置「灣處」。當初的設計構想是，灣處在平時可形成生物棲息的空間，洪水時將水流由上游順勢引入，讓水沖到灘地上，抑制灘地上的細砂堆積，使灘地得以受到洪水的擾亂。本次勘查，邊灘已恢復卵礫石河床的樣貌，可適度受洪水擾亂，並能維持一定的規模，潭、瀨、邊灘的形態關係得以回復，但是邊灘上游側設置「灣處」已經淤積。

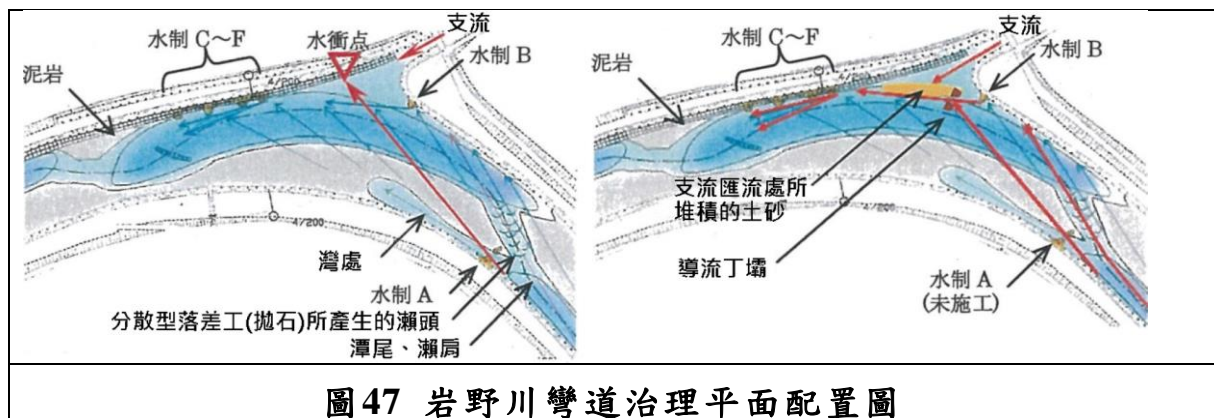




圖48 岩野川邊灘及水制工現況照片

類似的情況台灣北部淡水河水系新店溪支流景美溪也面臨同樣的問題，景美溪來到景美溪橋上游河段，因為右岸的高灘地比較大，造成水流偏左岸，過去用來保護堤防基腳的消波塊已經露出，顯示左岸新店這邊需要進行保護，過去的做法大概就是繼續丟消波塊保護，但是因為現在工程師慢慢比較懂得順應水流水勢，先補充部分流失的消波塊然後把右岸的高灘地削減，讓低水河道還是維持一樣的寬度而且流路居中減少對於兩岸堤防的威脅，過了景美溪橋以下反而變成是右岸世新大學前

方的自行車道首當其衝，是典型的凹岸沖刷的樣態，所以利用丁壩工的方式，來保護堤岸，左岸灘地則適度的疏濬，讓原有低水河槽的寬度能夠維持，未來或許可以考慮左岸灘地疏濬時也能夠嘗試將岩野川在邊灘上游側設置「灣處」的構想，提供生物避難棲息的地方。



上內田川為了讓河道恢復近自然化，有計畫的把原有的混凝土堤防護岸移除改為鋪塊石護岸配合覆土植生土提方式進行改造，河道內則以木樁工、柳枝工加強基腳保護，另外也利用上內田川的舊河道營造成戲水空間，舊河道與截彎取直後的新河道間的土地就利用做為國道休息站，舊河道的營造就是用人

工的手法設計一些潭、瀨的水岸景色，並且設計一段可以練習獨木舟的河段供民眾親水及戲水。

由平面圖可見，去混凝土化工程位置後方並沒有太多的保全對象，都是農田為主，顯示日本在進行生態工程仍然會考量堤後的開發情形因地制宜，不過在台灣普遍講求左右岸都要公平統一保護標準的保護情況下，可能就不一定可行。

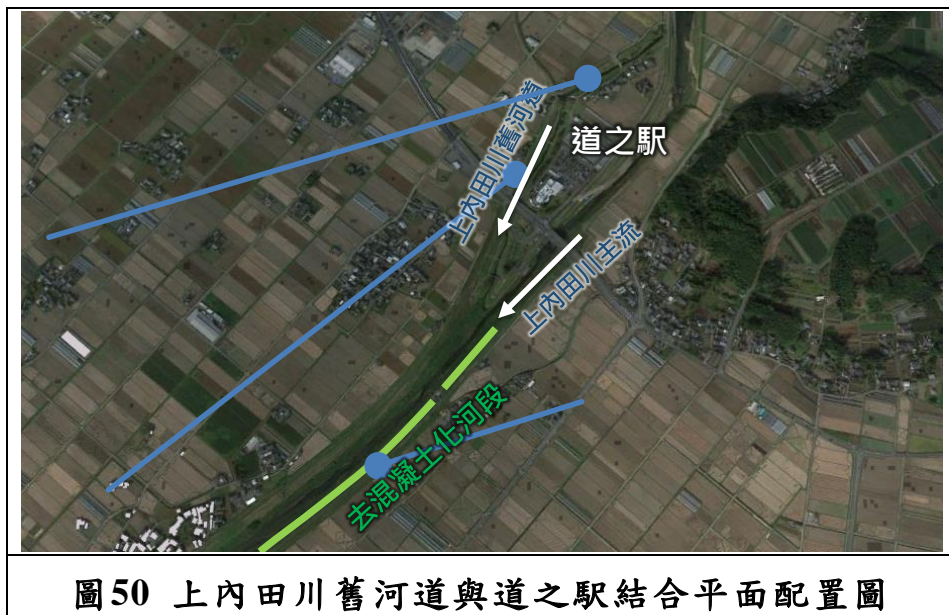




圖51 上內田川的舊河道環境營造照片

### 三、山區河川棲地復育

#### (一) 福岡縣岩岳川

岩岳川是福岡縣山區的石河川，流域源頭區土砂產量豐富，河川粒徑由大小粒徑混合砂礫構成，並夾帶大量大塊石（如圖52），其中大部分塊石為易於河床表面滾動的不安定狀態，推測大流量洪水時即可能發生移動，水域型態及流路因經整治後而沒有明確的潭區而顯得單調，溪流生物賴以維生的潭瀨棲地顯然已受到破壞。2003年主管機關為確保通水斷面，在岩屋橋至下游245m的區間進行河床疏浚（位置如圖53），之後福留脩文先生在此施作實驗性質的分散型落差工（平面配置如圖54），希望恢復具有連續階梯深潭的天然溪流環境，以達到溪流環境復育與河床穩定之目標。

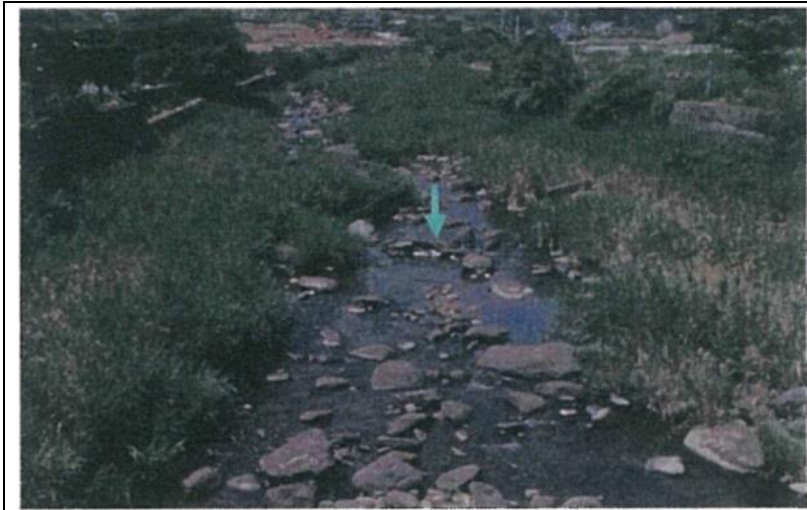


圖52 岩屋橋上游浮石狀塊石(2002年)

資料來源：兼顧防洪與生態的河川營造技術

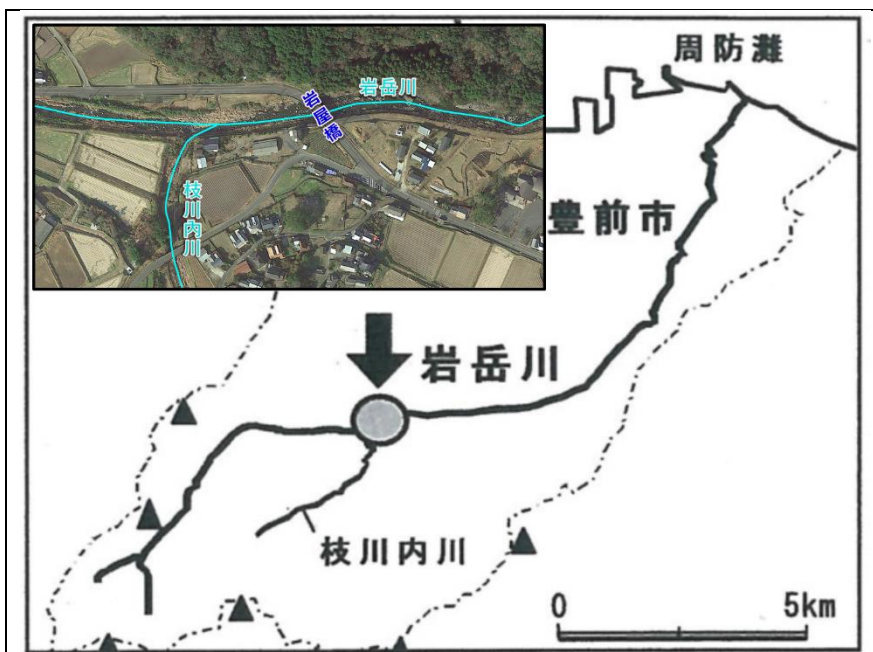


圖53 岩岳川試驗施工區位置圖（岩岳橋）

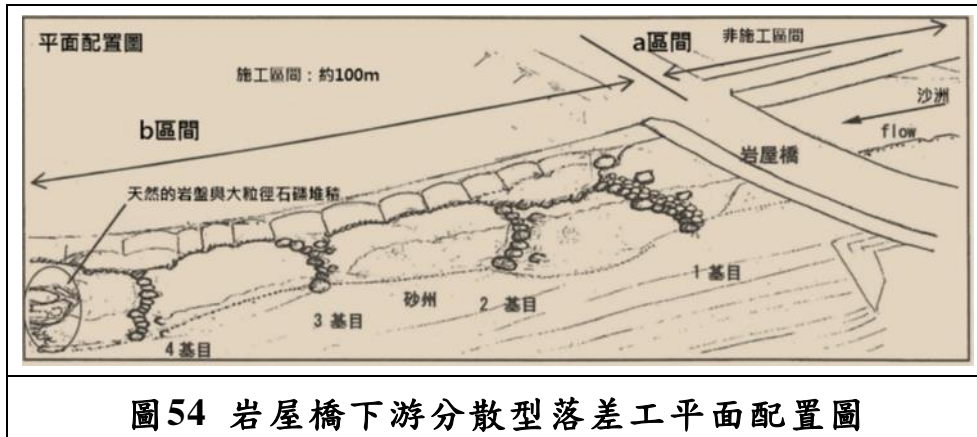


圖54 岩屋橋下游分散型落差工平面配置圖

資料來源：兼顧防洪與生態的河川營造技術

分散型落差工係福留脩文先生為研究山區塊石河川的河床穩定化、恢復潭瀨環境，參考自然河川中的石梁、石階、落階等河床形態，開發出一種砌石技術，使用分散型落差工模擬接近自然的河床，不只能用在復原河床高度，也可用於護床工的穩定與溪流型的魚道構造。首先，各個塊石表面均朝上游側緩傾斜（此現象稱為「叩首」，如圖55），而縱斷方向則形成稱為imbrication的覆瓦狀構造（類似砌石工法中所謂的破格砌〔崩れ積み〕，高知縣則稱此構法為「魚鱗砌」）。這些塊石上下交疊，上層石塊置於下層凹處，縱斷方向成人字形，下方石頭負責支撐，上方石頭則使下方石頭免於承受動水壓（圖56及圖57），並沿縱斷方向讓穩定的石梁、石階以一定間隔出現。

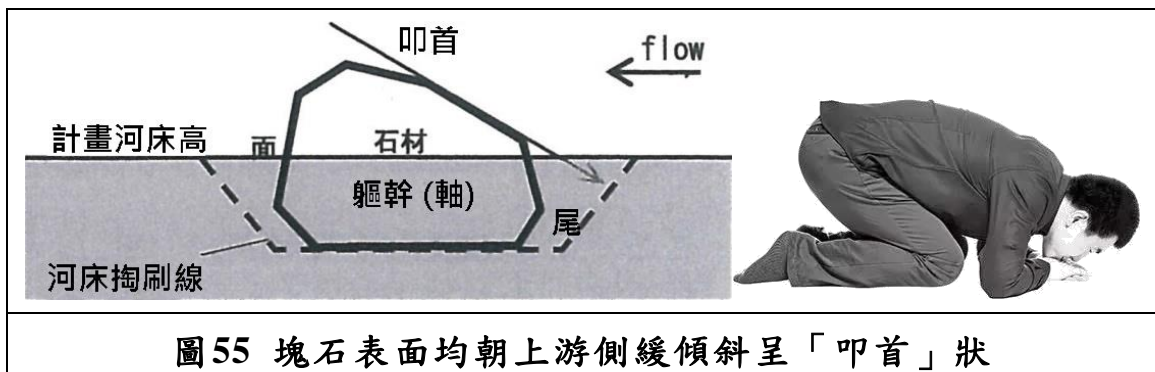
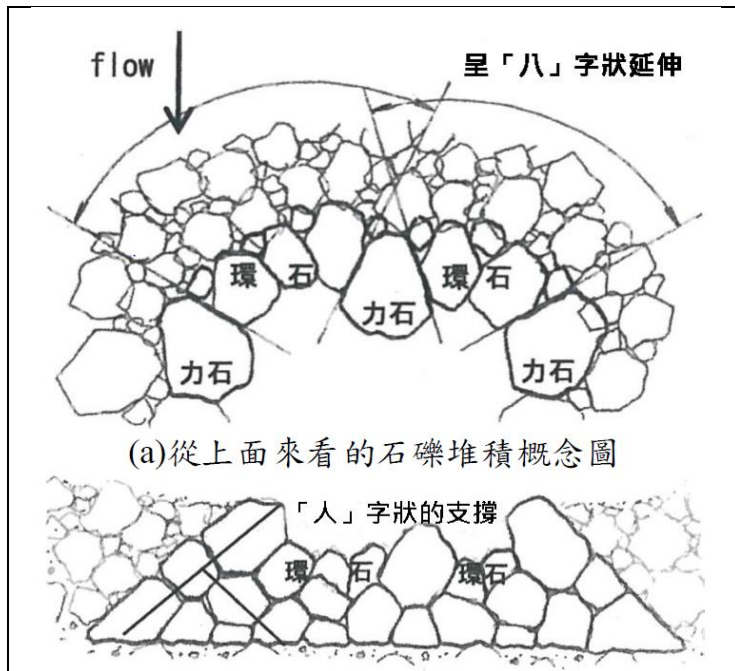
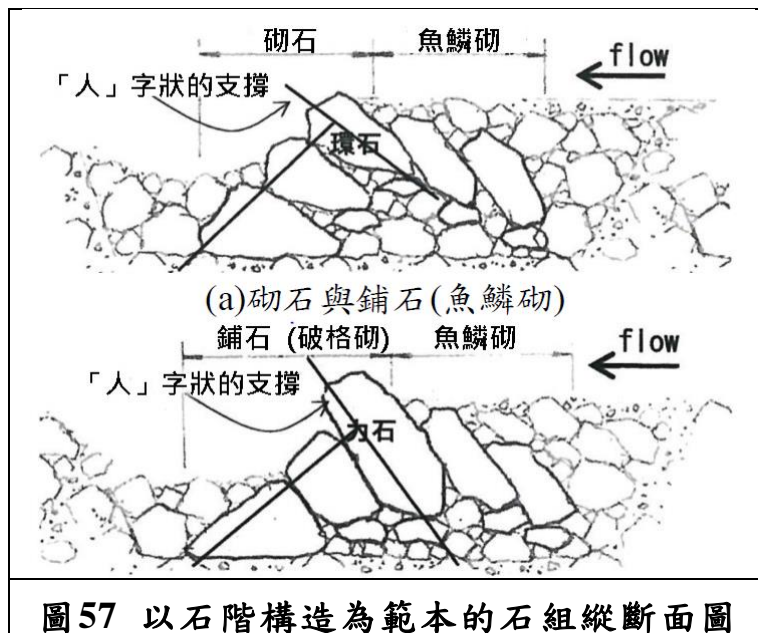


圖55 塊石表面均朝上游側緩傾斜呈「叩首」狀



**圖56 仿效石階構造的砌石平面、正面圖**

資料來源: 兼顧防洪與生態的河川營造技術



**圖57 以石階構造為範本的石組縱斷面圖**

資料來源: 兼顧防洪與生態的河川營造技術

經本次現場勘查，雖然已經過了十幾年，四座落差工仍可以看得出大致的樣貌，而且主要的力石都仍然保留，但是周遭的環石則有留失，不過現場河道仍穩定，多處仍呈現石梁、石



階等構造，仍維持潭、瀨多樣化水域環境（如圖58），效果顯著。



此外，岩岳川的山區河道有一座農用取水堰，叫做篠瀨堰，過去堰的上下游河道有河床下切、岩盤裸露的情況，河床上散亂的塊石被土砂埋沒，在防洪與環境方面都呈現不穩定的狀態。2005年福留脩文先生用現地的大型石塊做了一座溪床復元型全斷面魚道，其設計概念是以自然溪谷常見的石階、落階構造為本，從堰體以下河床坡度為1/15，約50公尺的區間全部使用乾砌石方式施工（平面圖如圖59）。經本次現場勘查，雖部分力石已經流失，惟因分散型落差工石組採谷砌法，即使有部份移位或脫落，也不致於立刻整體崩垮，上游若有塊石料源補充，往往可自然恢復成原本的石梁、石階狀態。但是當落差工上、下游面河床淘刷過深，石組承受由下至上的動水壓過高，便有滾動、流出的可能。本次現勘即發現下游數座分散型落差工已發生大塊石流失情形，推斷是最後一座分散型落差工下游面河床刷深，導致分散型落差工群自最後一組逐漸流失崩解，但崩解後的大塊石亦調整了下游河床的坡度，使的前幾座分散型落差工得以穩定存續，現場仍具石梁、石階狀態（現況照片如圖60）。

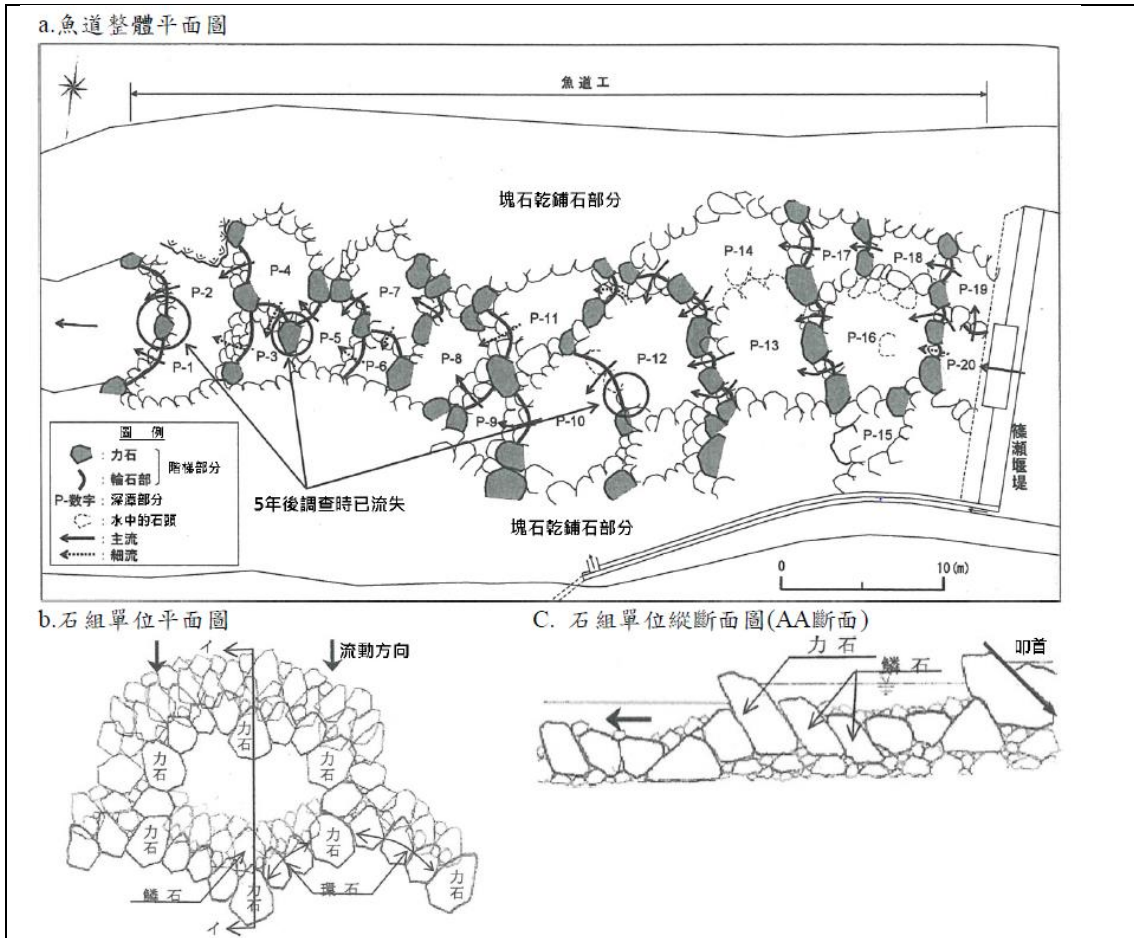


圖59 岩岳川篠瀨堰護床工採溪床復原型全断面魚道形式平面圖

資料來源：兼顧防洪與生態的河川營造技術



圖60 岩岳川篠瀨堰下游全断面魚道現況照片

## (二) 大分縣赤石川

大分縣赤石川為重要的香魚產地，在經大量人為整治後，護岸前方河床下切，原本巨岩與塊石堆積的河床崩壞流失，泥岩質河床呈裸露狀態，護岸基礎完全曝露出來（如圖61），亦使得魚類棲地環境受到影響。

為避免興建後造成河床下切，於是由福留脩文先生預先設置很多座的分散型落差工，組成多種群體結構使河床自然穩定，保持潭、瀨、沙洲的安定，恢復河道侵蝕及淤積的動態機制，營造多樣的水域環境，達到棲地復育之目的，並將舊有蜂巢塊整齊排放於左側凹岸，上方鋪設大塊石做為第二道保護以鞏固堤岸，達河川水域多樣性及河防安全兼顧之效（如圖62）。

此外，更值得一提的是，此處施做連續分散型落差工完全沒有繪製施工圖，靠的就是現場人員的經驗一點一滴構築完成，至今仍非常穩定（如圖63）。對於福留脩文先生不花政府經費，沒有設計圖直接現場指導施工，如此即使失敗並不會造成太大的損失，也不會有被民眾責難的風險，這種試驗精神或許可以考慮嘗試。

另藉由本次考察可以發現，河川生態復育與產業發展間之關係未必全然處於競合關係，赤石川為當地香魚的重要產地，透過改善河川棲地空間營造利於魚群生存條件，並限制過度捕撈以達到產業永續發展。



圖61 赤石川護岸前方河床下切泥岩裸露

資料來源：兼顧防洪與生態的河川營造技術



圖62 赤石川分散型落差工兼具水域多樣性及河防安全

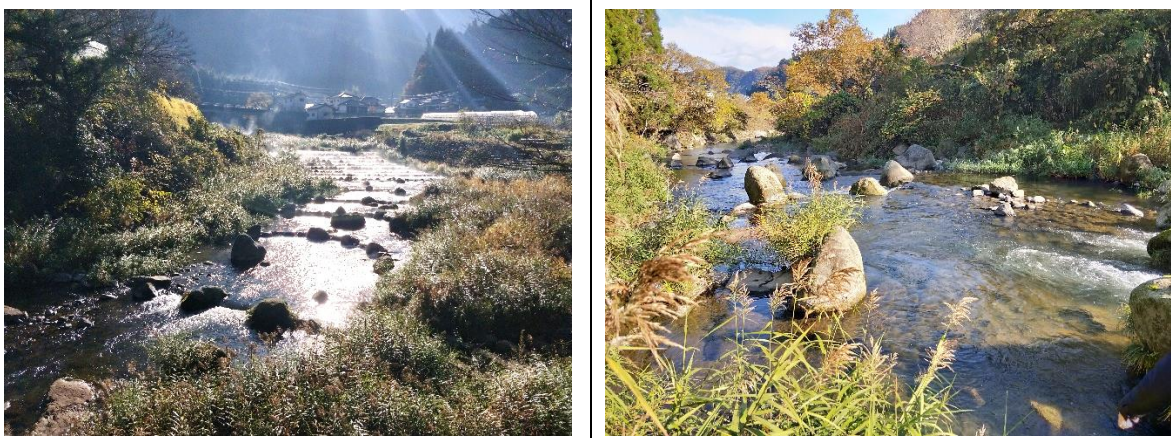


圖63 赤石川連續分散型落差工至今仍穩定

## 肆、心得與建議

### 一、心得

茲就本次「營造親水及生態河岸空間之策略」考察，有關河川環境營造、河相復育及民眾參與公私協力等所見所得彙整如下：

#### (一) 都會型及原野型河川於環境營造之差異

都會型河川的重點在於營造親水景觀，並建立人與生態間的關連性，適時考慮人類活動因素，讓居民接觸、融入及重視在地環境，以達到人與生態並重之要求，並使人民體會政府施政的用心。原野型河川的重點則在復育或維持當地生態，如營造淵瀨、魚道等，設計上不以人的觀點去考慮功能性及便利性，而以當地生態物種為首要考量重點。

此外，都會型河川及原野型河川因兩岸人口稠密度及使用型態等不同，於復育重點、使用材料、工法選擇、民眾參與、土地取得難易度及經費需求度上皆有所差異，整理本次考察河川之環境營造差異比較詳表4。大抵而言，各河川之環境營造皆源自地方需求與願景，充分考量流域與其周邊區域環境條件與特性，範圍涵蓋陸域、水域與濱溪帶，營造在地多樣生態棲地，並透過民眾參與積極討論，無制式既定答案，群策群力因地制宜營造在地特色，共同朝永續經營邁進。

表 4 本次考察河川之環境營造差異比較

	都會型河川	原野型河川
復育重點	防災、親水、生態、景觀、交通	防災、農業、生態
使用材料	1.減少硬性材料或以加工天然材料代替 2.特殊復舊材料(白川-舊乾砌塊石護岸) 3.材料可能由別處取得(上西鄉川-木欄杆)	1.就地取材(木料、塊石為主) 2.型式尺寸較無固定 3.保留當地植栽(薊之瀨)

工法選擇	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.緩坡化營造親水空間(上西鄉川、上內田川)</li> <li>2.河道護岸近自然化(上內田川)</li> <li>3.需考慮原有 RC 材料去化問題(上內田川、遠賀川魚道)</li> <li>4.現地樹木移植(白川)</li> <li>5.生態棲地補償及通道(遠賀川魚道)</li> <li>6.追蹤生態復育成效(上西鄉川、板櫃川)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.分散式跌水工營造瀨區潭區(菊池川、岩岳川)</li> <li>2.砌石丁壩調整流心(合志川、岩野川)</li> <li>3.高灘地可允許洪氾區域(岩野川)</li> <li>4.營造生物棲地或生態復育(菊池川、岩野川、薊之瀨)</li> <li>5.全斷面魚道洪水後需再二次施工(岩岳川)</li> </ol>
民眾參與	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.居民參與度高(上西鄉川、白川、遠賀川)</li> <li>2.公園化維護管理多仍由公部門辦理(上西鄉川、上內田川)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.居民參與度高(薊之瀨、下井手用水路)</li> <li>2.維護管理雇用當地民眾或農民自主性維護管理(薊之瀨、下井手用水路)</li> </ol>
土地取得	取得土地較困難(上西鄉川、板櫃川)	取得土地相對容易(菊池川各支流、薊之瀨)
經費需求	高(土地取得、景觀營造，有設計圖)	低(就地取材、河道整理，多無設計圖)

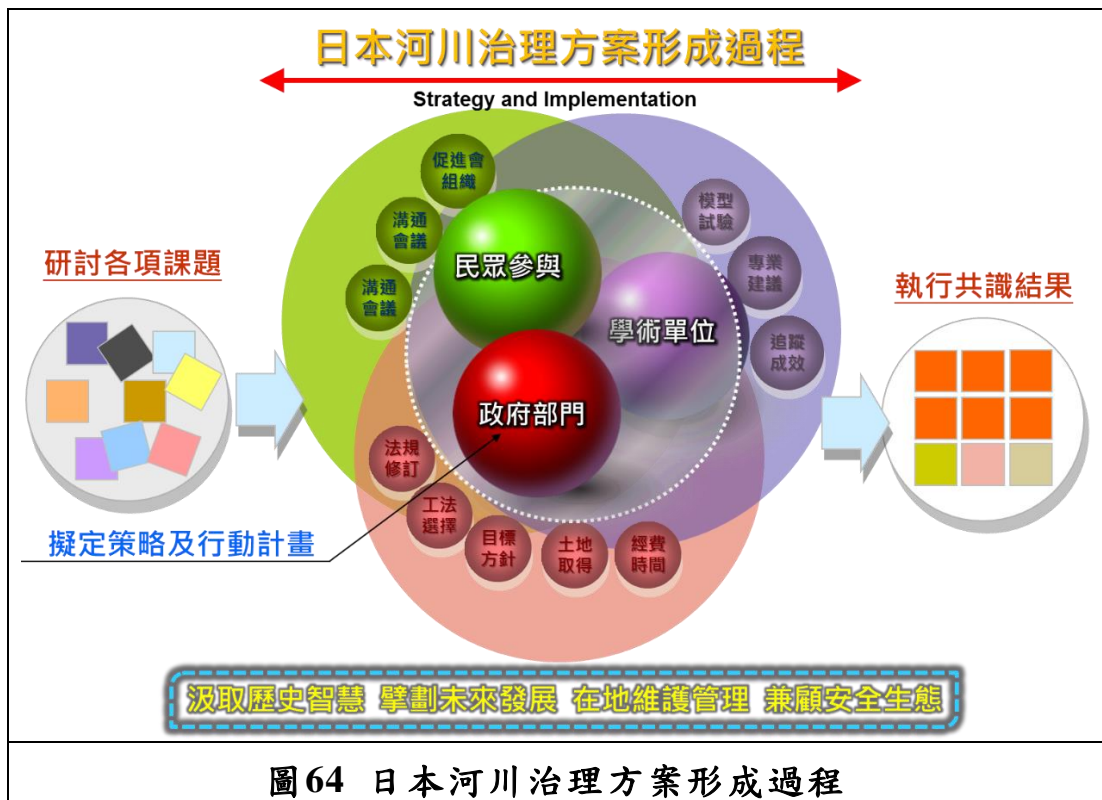
## (二) 日本民眾高度參與河川治理

走訪日本的河川，總會覺得河川環境及水域是乾淨、讓人想親近的，這與日本人的生活習性及日本的河川管理制度較為完整有關。透過本次考察發現，日本河川管理單位對於民眾參與河川治理的機制相當的完整，過去日本政府在公共事務處理過程中，一直扮演著主導性的重要角色，然隨著民眾需求逐漸多元化，日本公共服務的輸出與公共政策的制定逐漸發生改變，傳統以「中央」為主的政策決策模式，陸續加入「地方」、「民間企業」、「組織」、「志願團體」等更顯多元，除了可提升公共服務的效率和品質外，亦能增加公共政策或公共服務供給的正當性，藉由引進私部門或團體的力量，來彌補地方政府財源不足，並改善公部門效率低落且缺乏成本概念之刻板印象。

本次考察的福岡縣上西鄉川，即是由九州大學做為政府及社區民眾溝通協調的媒介，透過大型規劃模型與民眾及地方團

體共同勾勒出河川未來的樣貌，藉由深入的公私協力拉近民眾與河川的距離，並凝聚對河川的情感。日本許多河川的治理方案都是透過這樣公私協力的模式而訂定，其成功的治理方案形成過程如圖64所示，且通常具有以下幾個值得我們學習的特點：

- 1.日本民眾高度參與，花很長的時間進行溝通及討論，複雜的問題透過三方討論，而非倉促行事。
- 2.與該復育工程有關的權益相關者(stakeholders)會積極參與規劃及決策過程。
- 3.規劃、設計、施工階段都保留完整的檔案資料，以供後續研究人員或維護、施工人員參考。
- 4.參與的專家學者通常含括多個面向專長，如生態、景觀、地質、水文、水質、文化、經濟等。
- 5.通常後續都會有監測計畫以追蹤成效，並檢核是否達成當初的規劃目標。
- 6.同時考慮洪水、河相及泥砂等自然營力的問題。
- 7.有完善的維護管理計畫。



### (三) 日本人做事態度嚴謹且具高度人文素養

本次日方接待人員於現場皆進行全面的解說，對於考察團員的提問亦一一詳盡回復，讓本團員深深感受到日本人對本考察團的重視，無論是事前準備的資料或是考察中的詳盡說明，均充分展現了做事嚴謹、專業及敬業的態度。此外，因本次考察點位較多且位置分佈較廣，日方接待人員對於時程掌控也十分到位，本團員對於日本人守時守信的原則深表佩服。

自本次考察的河川環境營造不難看出，日本人民有高度的人文素養與對河川的情感，自知如果有好的河川環境做為遊憩和環境學習的場所，不僅需要公部門管理，還需要居民自己，除了河川安全從自家做起外，甚至可以從當地社區提升到全流域合作，這份為了理想的情操感染周邊的人，團結整個流域甚至連接到下一代，達到永續經營管理。此外，考察團員發現日本許多具親水機能的河川皆無設置過多警告牌面，這點與台灣



是截然不同的，當我們請益日本接待人員這個問題時，皆訝異的表示日本人民在這種地方發生意外都會認為是自己不小心，注意安全是自身應負的責任；相較我國水利人員設計這類具親水功能的堤岸，還必須考量可能發生國賠等情形，導致在設計思維上受到許多侷限，日本人民的自省與自我要求的態度，值得我們省思並教育給下一代。

## 二、建議

歸納本次考察團員之所見所得，建議可以在我國嘗試應用之可能作法如下：

### (一) 以時間凝聚公私協力共識提升互信

日本與我國在河川等級區分上近似，將河川分為中央管轄（一級河川）與地方管轄（二級河川），一級河川需要公告河川整備計畫，這個計畫類似我國的河川治理計畫，做為河川整治的上位計畫，但又比我國的河川治理計畫來的細膩多元，內容除了河川治理及管理外，還有河川歷史回顧、河川環境整合、河川教育綱本以及公私協力的構想，內容可說從古至今、由內到外、從上至下，如此包羅萬象的架構除可說五臟俱全外，著實踏實而有趣。

綜觀過去的流域綜合治理計畫以及目前的前瞻計畫，已將民眾參與納入實施條款，在水利署網頁還頒佈『流域綜合治理計畫建立民眾參與機制注意事項』，明訂各河川局及縣市政府在規劃、設計、施工階段都必須召開公聽會聽取相關意見，以及定期召開在地諮詢小組會議以廣納地方團體建議，以提升規劃、設計的在地性、合理性與民眾參與的程度，但流域綜合治理計畫已經執行多年，大多數工程也陸續完工，的確建構出許多

美麗和諧的河川，但仍有不少的計畫在執行完畢後無法徹底解決原有的問題，以致於沒有達到預期的治水目標。

相較日本河川治理、環境營造及公私協力的落實，我們不禁反思「別人可以我們不能？問題出在哪？」。本次考察團認為最主要的原因出在體制與民情，體制上造成時程的緊迫，再加上民眾對政府缺乏互信的民情。以本次參訪的熊本縣白川為例，設計期間自2003年至2015年長達10年有餘，並於2006年至2015年施工，施工期長達9年之久，即設計期間進行施工，施工期間同步導入公私協力模式，逐次把民眾的意見融入其中，針對民眾意見窒礙難行之處，以時間做為緩凝劑緩慢凝聚多方意見達成共識，以時間打造多方互利互信互助的空間，避免因政策使命或政治取向而迅速凝結決議，並以滾動方式檢討設計方案及經費支應，逐步完成整體河川環境改善。反觀我國預算有執行率及會計年度的壓力，預算一經行政院核定之後即如高速向前疾駛的高鐵般，只能筆直向前，缺乏停頓檢視或回頭檢討的空間，原始規劃的路線一旦遭遇民眾多元的意見，若沒有時間做為緩凝劑，僅為了預計完工時程而趕工，往往就會失焦而蒙上眼睛持續往前，最後就算工程完成，留下的也只剩下工程的軀殼而失去了初衷的美意。

沒有互信何來協力？政府與民眾互信度的養成，是公私協力能否成功、意見能否收斂的重要關鍵，如何提升民眾對政府的信任，即是當前重要的課題。日本河川管理單位對於民眾參與工作皆是透過許多場次的公開共同討論，而不是官方辦理公聽會、說明會的性質，非『官教民聽』或『民陳官判』的流於形式，而是各方參與角色皆有陳述自己意見及想法的機會，藉以取得最大公共利益之共識。這樣的會議應該要由沒有立場的第三團體籌辦，避免預設立場及解答，政府與民間團體都是受

邀的對象，沒有主客、高低之分，儘管時程可能較為冗長，但得到的結果可能較為理性客觀，這樣的模式值得我國參考學習。

## (二) 日本多自然造川思維及工法借鏡

日本於1990年開始推動「多自然型造川」，設計的思想上比較偏向以人為造園的手法模擬自然的河川型態，期間曾出現一些技術課題，並經多自然型造川檢討委員會(2005年)指出：「多自然造川的技術問題在於，目前還無法充分說明人為的改變會引發河川什麼樣的物理、生態反應，而現在的知識也無法完全反應在設計上，結果便是河川營造依然和以往一樣制式、不假思索」，而後歷經幾次修訂河川法，載明河川管理的目標除了防洪、水資源外，也納入了重視環境的思想，並導入新的規劃制度，要求河川整治必須要能反映當地居民的意見，打開了民眾參與的道路。歷經10年的演變，直至2000年日本推動多自然造川，將前述多自然型造川去掉「型」字，設計的思想轉為回復生態系統功能、善用各河川自然特性、維持及恢復河川固有的動態行為，並將河川整體的自然營力納入考量。

日本研究發現，大自然本身就具有安定的形式與構造，自然河川也有其特定的形態與景觀，然而河川一旦經整治而變得單調，河床形態就不容易穩定。因此，經營造接近自然的河道，比將河道一律整治為單調的樣貌，更容易維持河道的穩定，此為多自然造川的精髓。本次考察的沖積河川及山區河川復育，即是多自然造川的體現，考量各河川之土砂、流量等自然營力特性，運用在地大粒徑的塊石模仿天然的石梁、石階，施作分散型落差工及水制工，使潭、瀨、沙洲的河床形態能盡可能接近自然樣貌，並維持它們的穩定；相較台灣針對山區河川之防洪對策主要著重於用護岸或堤防來保護河岸，當河床下切造成

護岸的基礎變淺，便使用基礎加深、強化護腳工、丁壩工挑流或施做固床工等方式來強化護岸構造，往往造成河道更急遽的變化。日本將河床恢復成接近自然的形態，使河床自然穩定，並維持與復育潭、瀨、沙洲之相互關係，河岸與護岸便容易長久穩定。

本次考察經日本接待人員現場的解說，使我們瞭解分散型落差工於山區河川的施做方式與適用河性，我國的山區河川於坡度及水文、水理特性與日本相似，未來也可以嘗試施作分散型落差工，若能發揮使河床自然穩定的成效，除可復育生態環境外，對河川土砂運移的平衡亦能有所助益。此外，若欲於人口稠密的中、下游小型河川或排水進行河道生態復育，僅以自然塊石互卡互制恐因極端氣候降雨導致破壞的風險較高，反被冠以豆腐渣工程之名，建議可仿造分散型落差工型態進行延伸，考量於落差工大塊石底下以混凝土施作基礎台形成混凝土排塊石落差工（如圖65），以抵禦較強的洪水、增加工程耐久性及維持河道穩定，進而保障河防安全，且河床面仍能營造潭、瀨之流況，維持水域多樣性及提供生物更穩定的適生環境。

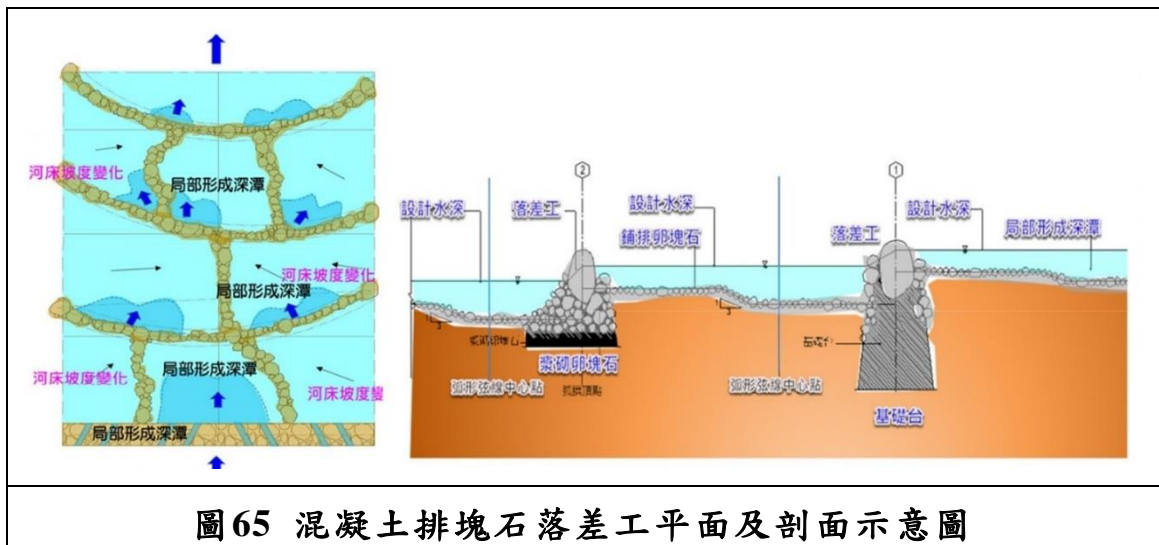


圖65 混凝土排塊石落差工平面及剖面示意圖

除山區河川的分散型落差工外，日本對於中、下游河川在治理的思維上也讓考察團受益良多。於熊本白川接待我方的熊

本大學增山晃太博士表示「白川水邊混凝土平台下面是自然砌石，營造多孔隙空間，表層為了方便人親水，才打混凝土」，這句話隱喻著人與動物共享這白川水域的生態作為，以混凝土方塊搭配混砌塊石，除可保護堤岸並便民親水，同時衍生不同流況營造多樣性棲地，混砌塊石縫自然植生後更顯自然(圖66)，該構造物下游水中也確實存在許多魚群棲息，而混凝土方塊上亦有鳥類棲息及覓食的足跡。

人與動物皆屬生物，生態環境多樣性應包含人與動物皆適生的環境，但如何打造人與動物共生共榮的環境？在中、下游河段人口稠密區以河防安全為首要，混凝土構造物的存在難以避免，但換個角度思考，混凝土構造物可以保護人，當然也有製造保護在地生物環境的可能性，除用以打造魚梯魚道幫助魚群上溯外，混凝土用以形塑友善生態的做為，值得我們思索及延伸，倘能有所突破，未來工程在面對環團及民眾說明時，亦可能是個取得認同及互信的亮點。

日本多自然造川即是以自然營力營造河川環境，使其回復自然與生態，多自然造川的思維及工法可做為我國未來規劃及設計河川工程之參考及借鏡。



圖66 白川以混凝土方塊搭配混砌塊石營造不同水域流況

### (三) 333指標-三通、三水、三小

針對國外考察出國前準備、本次考察所聞河川環境營造要件，及未來民眾參與工作方向歸納及建議如下：

#### 1. 出國考察行程準備要三通：交通、溝通、語言通

出國考察有助於了解他國情況，學習和借鑒世界先進經驗，以提升國內水平，所以出國考察行程準備即需具備三通：

- (1)交通：租車方式可提高行動力，增加勘察點，事前準備相關圖資，並善用科技裝置導航。
- (2)溝通：行前與水利署、團員與考察國家充分溝通，提高行程效率並擇定較佳考察地點。
- (3)語言通：國內及國外專家現場解說翻譯，了解計畫全貌。鑑於水利專業術語繁多且領域廣泛，兼具水利及外語專業的人才難求，若要深入及擴大國內外

水利交流成果，亟需長期培育水利外語人才，並深耕及培養與交流國間之深厚情誼。

## 2. 河川環境營造成功要三水：水質、水量、水準

水質優良、水量穩定、民眾願意親水，工程投資才有價值，民眾與政府才能互信，藉此提升民眾素養與對河川的情感，方能營造更好的河川。

## 3. 未來民眾參與工作看三小：小朋友、小模型、小活動

(1)小朋友：邀請小朋友投入河川環境營造（淨溪、調查、施工）過程，並以環境教育的模式向下扎根。

(2)小模型：小模型可使民眾更具體參與河川營造方案討論，易於聚焦。

(3)小活動：小型體驗活動可以啟發民眾對於河川的認同感，從在地小範圍開始凝聚情感，進而擴大至全面。