

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：考察)

行政院農業委員會水土保持局

九十二年度派員出國計畫

土石流災害防治應變研習考察報告

行政院研考會/省(市)研考會 編 號 欄

出國人：

服務機關：行政院農業委員會水土保持局

職稱：簡任技正兼組長

姓名：李鎮洋

服務機關：行政院農業委員會水土保持局

職稱：技士

姓名：鄧韶書

出國地點：日本

出國時間：九十二年八月二十四日至三十  
一日

報告日期：九十二年十一月十一日

F11/09300192

系統識別號:C09300192

公務出國報告提要

頁數: 52 含附件: 否

報告名稱:

行政院農業委員會水土保持局九十二年度派員出國計畫/土石流災害防治  
應變研習考察報告

主辦機關:

行政院農業委員會

聯絡人/電話:

蔡慶雄/23126988

出國人員:

李鎮洋 行政院農業委員會 水土保持局 組長  
鄧韶書 行政院農業委員會 水土保持局 技士

出國類別: 考察

出國地區: 日本

出國期間: 民國 92 年 08 月 24 日 -民國 92 年 08 月 31 日

報告日期: 民國 92 年 11 月 11 日

分類號/目: F11/山坡地問題 /

關鍵詞: 土石流災害防治、自然生態工法

內容摘要: 本局以往辦理治山防災、集水區治理等工作，均以防治土砂災害、保護人民生命財產安全為首要目的。雖然對集水區內水土資源之保育、延長各型水庫之壽命、保護人民生命財產安全及維護公共設施等功效宏大，深獲民眾及各級政府好評，然部份工程受制於民意的壓力及著重安全上的考量，多沿用傳統保守的方式設計，外界常有過量使用混凝土材料及對自然生態環境造成衝擊之疑慮；近年來國人對生活環境及生活品質要求日漸提高，開始重視生態環境保育，因此本局各項工程以往僅以防災為目的之工法，正改變採用兼顧生態環境保育，因地制宜、就地取材、減低成本之「自然生態工法」，儘量減少擾動及破壞自然生態系的平衡。然國內推行自然生態工法方值起步階段，而日本之自然環境與台灣相似，且在土石流災害防治與自然生態工法這兩方面的研究發展，已有相當成效，值得我等學習之處甚多，期能透過參訪過程學習及交流，增進我方在此方面的觀念及知識。本次參訪地區包含西日本科學技術研究所、愛知縣都市整備部、愛知縣矢作川研究部、高知縣鏡川、吉原川、仁淀川、四万十川、愛媛縣北川，愛知縣矢作川等河川自然生態工法整治，針對參訪行程內容及心得紀錄於報告內，提供本局及相關工作者在土石流災害防治及自然生態工法推動之參考。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

# 土石流災害防治應變研習考查

## 目 錄

壹、目的.....	1
貳、訪日行程.....	4-1
參、研習內容	
一、西日本科學技術研究所講授課程.....	5-1
二、高知縣鏡川、吉原川之野溪整治.....	5-5
三、日本之砌石工法.....	5-7
四、高知市之砌石城牆.....	5-8
五、高知縣仁淀川動植物棲地改善.....	5-11
六、高知縣四万十川之生態工法.....	5-11
七、高知縣窪川地區道路邊坡植生工程.....	5-15
八、愛媛縣五十崎町之濕地營造.....	5-16
九、愛知縣之生態教室.....	5-17
十、愛知縣矢作川之水制工.....	7-1
十一、愛知縣豐田市近自然工法之公園.....	9-1
肆、研習心得.....	10-1
伍、建議事項.....	10-2
陸、結語.....	10-2
柒、附錄（日本之砌石工法）.....	11-1
捌、照片	

## 壹、目的

台灣地區自九二一地震後，山坡地土石流災害更是迭有所聞，為穩固土石，重建新家園，同時順應維護自然生態環境永續利用潮流，重建新價值觀，舉凡災後重建、河川治理、治山防災、坡地保育、環境改善、野生動植物棲地保育，以及人文社會關懷之社區整體營造、農村聚落重建等，均應因地制宜，積極推動自然生態工法，使創傷之大地能恢復生機，重現福爾摩沙之優質環境。由於國內推行自然生態工法方值起步階段，而日本之自然環境與台灣相似，且在土石流災害防治與自然生態工法這兩方面的研究發展，已有相當成效，值得我等學習之處甚多，期能透過參訪過程學習及交流，增進我方在此方面的觀念及知識，短時間內迎頭趕上其水準，甚至超越，爰此，始有日本研習之旅。

貳、訪日行程

日期	時間	行程紀要	備註
08/24 (週日)	05:00~06:40	中興新村-桃園中正機場	
	08:40~12:10	桃園中正機場-日本大阪(關西空港)	長榮航空 BR2132
	15:10~15:50	Kansai Airport → Kochi Airport	搭乘日本國內線班機 ANK701
	16:30~17:00	訪問西日本科學研究所 (Nishinohon Institute of Technology, Kochi)	接待: Mr. Arikawa Ms. Iwai
	17:00~18:30	福留脩文所長(Mr. Fukudome) 講授近自然工法	
		夜宿: South Breeze Hotel	
08/25 (週一)	08:00~08:40	啟程前往 Tosa City	
	08:40~09:10	參觀 Niyodo River 水制工法 (鏡川)	接待: Mr. Arikawa Ms. Yamashita
	10:40~11:20	參觀坡地植生工法 (Ittoby in Kubokawa Town)	
	11:20~14:00	返回高知市	旅途中便餐
	14:30~17:00	與西日本科學研究所進行意見 交流 (福留脩文所長講授砌石 工法)	
			夜宿: South Breeze Hotel

日期	時間	行程紀要	備註
08/26 (週二)	08:40~11:30	啟程前往 Kochi Castle 及 Kagami Village	接待：Ms. Iwai Mr. Fukudome
	12:15~13:00	於 Kagami Village 午餐	日本第三大河仁淀川、四万十川(澗川地區、下田)
	13:00~15:00	參觀 Yoshihara River 及 Kagami River	利用近自然工法之溪流整治案例
	15:00~16:30	啟程前往 Higashitsuno Village	
	16:30~17:30	參觀 Kitagawa River 及 Hoigawa River	利用近自然工法之溪流整治案例
	17:30~18:15	啟程前往 Tenguso 並用晚餐	
	19:00~21:30	福留脩文所長(Mr. Fukudome)講授近自然工法	
			夜宿：Tenguso 天狗莊
08/27 (週三)	08:00~10:00	參觀 Breeze of Tengu	接待：Mr. Autenbogart
	10:00~11:00	啟程前往 Ikazaki Town	愛媛縣五十崎町
	11:00~12:00	參觀 Oda River	接待：Mr. Nishimura Mr. Kameoka Ms Kawabatake 利用近自然工法之溪流整治案例
	12:30~13:30	於 Restaurant Karari, Uchiko Town 用中餐	
	14:00~17:00	參觀 Fumoto River, Uchiko Town	接待：Mrs. Ohno 利用近自然工法之溪流整治案例
			夜宿：High Plaza Uchiko

日期	時間	行程紀要	備註
08/28 (週四)	08:30~10:30	參觀 Uchiko Town	接待：Mr. Nishimura
	10:30~11:30	松山機場 (Matsuyama Airport)，搭機前往名古屋 (Nagoya Airport)	搭乘日本國內線班機 NakaNippon Air 534 至名古屋
	14:30~18:00	參觀 Shimoyama Bark Park 淵崎燈子：矢作川研究所主任 研究員)	接待：Mr. Kido (木戶規 詞：愛知縣豐田市都市整 備部課長) 自然資材再利用於近自然 工法及坡面植生
			夜宿：Prestige Hotel
08/29 (週五)	08:30~	參觀 豐田市 Yahagi River Chigo-no-kuchi-Park Pavement shaded by greens near the station	接待：Mr. Kido 矢作川水制工、豐田大橋
	12:30~13:30	中餐	
	15:20~17:00	名古屋→東京 (Nagoya Station → Nozomi 72 → Tokyo Station)	搭乘日本新幹線
			夜宿：Shinagawa Prince Hotel
08/30 (週六)	08:30~17:00	參觀 東京市近郊綠化 (Dr. Ishii 建議地點)	資料蒐集
			夜宿：Shinagawa Prince Hotel
08/31 (週日)	09:00~11:35	Shinagawa Station → Narita Airport	東京搭乘日本鐵路 (JR) 至成田空港
	14:15~16:45	日本成田機場 (長榮 BR2197) -桃園中正機場	
	18:40~21:10	桃園中正機場-中興新村	

參、研習內容

西日本科學技術研究所講授課程（福留脩文所長）

● 日本近自然工法之發展

\* 主要內容

（一）產生近自然河川工法之背景：

1970 年代後半，全球性的環境問題，引起國際間疑慮，為獲得自然界生物多樣性的棲息可行性之工法，近自然河川工法乃誕生並發展於德語系國家。1986 年本人於瑞士得知此工法以來，即在日本努力發展此思想與工法。

（二）日本河川制度的變遷：

日本河川制度於 1896 年舊河川法制定以來，經過下列數次改正至現今制度。在近年，更實施重視自然環境的河川創造、居民參與的河川建設、考慮歷史文化的河川整治等。

1896 年舊河川法制定係以治水為主體。1964 年新河川法制定時，除了治水，還加上利水；此後不以都道府縣行政區域為分割單位，採行自上游至下游，以水系管理為原則之整體統一管理制度，屬於整理水利用體系的制度。

1986 年介紹近自然河川工法資訊；1990 年起由建設省對全國通令「多自然型河川建設之推動」。1997 年部份改正河川法：治水加利水加河川環境。由原有的「治水」「利水」，明確加上「河川環境整治與保全」定位為河川整治之計畫制度。

（三）近自然河川工法所應用的工法：

近自然河川工法就多種多樣的建設材料及工法中，選擇最符合該場所的方法為必要條件，在工法方面依下列優先順位為準。近自然河川工法著眼於平常時的水防，其次為淺灘與深淵間水路構造。然在近自然河川工法對洪水對策的混凝土塊（concrete block）護岸並未否定之。

（1）利用植物材料的工法

瑞士在 1980 年至 1987 年利用柳樹及樺樹的粗枝編柵造成護岸邊坡覆蓋工，加強土堤的強度，同時成為陸上的群落生態環境（biotope）或高水位時魚之避難場所。



(2) 混合使用自然石及植物混合材料的工法

砌石護岸以插柳條來加強，柳樹根系安定背後的土砂，使護岸全體更強固。

(3) 混凝土或石材等堅固材料的工法

視安全情形需要亦利用混凝土，營造河川全體的流水機能，發展自然河川蜿蜒的態樣。

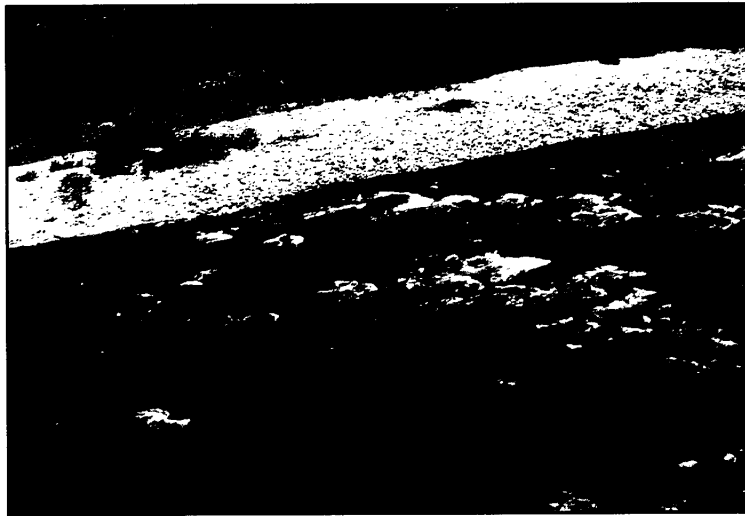
(四) 日本施工案例介紹

以大畑川(青森縣大畑町)為案例，因河川改修導致沒有香魚的河川，為了生息環境再生的目的，進行近自然河川工法再次修改，使河川活化。平成九年(1997)受到指令施工，工期 5 小時之間，首先查明流水的流出情形，繼而設置一個水制 (groin spur dike)，防止強大的水流直衝堤防，以保護堤防護岸之基礎，水制後方的水流，會形成環狀水流，當其向下流流動時，可以拖引並抵消來自上游直衝而下之強烈主流，達到「以水制水」的目的，另外以三個巨石組排置河川中，讓水流有變化，使無表情的河水蘇生。三週後媒體報導「由於近自然工法香魚群回游」的記載，經過數年追蹤調查，巨石處及水制工頭部已形成淵且有藻類生長，水制根部下流側附近石礫堆積處，因流速減低，上游之落葉至此淤積，成為水生昆蟲食物來源，成果斐然。



河川修改拓展河幅後，流水變淺流，流速緩慢河床上泥砂堆積，魚類欠缺鮮苔等飼料，無法生存，將河床挖深，並以土佐砌石法將塊石組立，水流加以改變後因流水沖洗水底的泥砂，石頭受陽光照射產生鮮苔類，創出香魚棲息的環境。近自然工法的原理為支援生態系 Pyramid 底邊的生物群之復蘇，以後則依賴河川的自然回復生機。

鏡川之寬廣河段以人為石組，使流速有所變化。



配合沿岸水制工營造魚類生長環境。



以此經驗為契機，應用日本土佐地區傳統的砌石技術修改河川，進而推行及全國河川。

(五) 日本自 1999 年以來推行近自然工法之河川：

- (1) 長野縣鳥居川 (1999 年) 防砂河川水制與分散落差工。
- (2) 青森縣易國間川 (2000 年) 防砂河川的護岸工。
- (3) 和歌山縣加茂山 (2000 年) 都市河川的水制與分散型落差工。
- (4) 北海道目名川 (2000 年) 壩下減勢工的水制工、護岸工。
- (5) 兵庫縣明石川 (2001 年) 坡腳保護工 (foot protection work) 的砌石護岸 (stone revetment)
- (6) 鹿兒島縣引乃平川 (2002-2003 年) 火山防砂的斜路工，對含有巨石的土石流河川的挑戰。
- (7) 高知縣鏡川 (2003 年) 山地河川的落差工。
- (8) 福岡縣岩岳川 (2003 年) 淺灘與深淵的再生。
- (9) 近自然工法再上一層的發展：

近自然工法不僅僅是河川修改的技巧，或農地的整理手法，道路或都市的基盤整理亦能應用之，應成為地區再造的基本概念。以下是實施近自然工法之登山道：

- (10) 鹿兒島縣屋久島 (1998 年) 緩斜面上踏石階設置。
- (11) 山梨縣瑞牆山 (2002 年) 橫斷崩塌地之登山道。
- (12) 北海道大雪山 (愛山溪) (2001 年) 蛇行水道的對象。
- (13) 德島縣劍山 (2002 年) 風化岩盤的對策。
- (14) 近自然基地建造：
- (15) 群馬縣柏川村星期日森林 (1998-2002 年) 導入近自然概念的工廠建設。

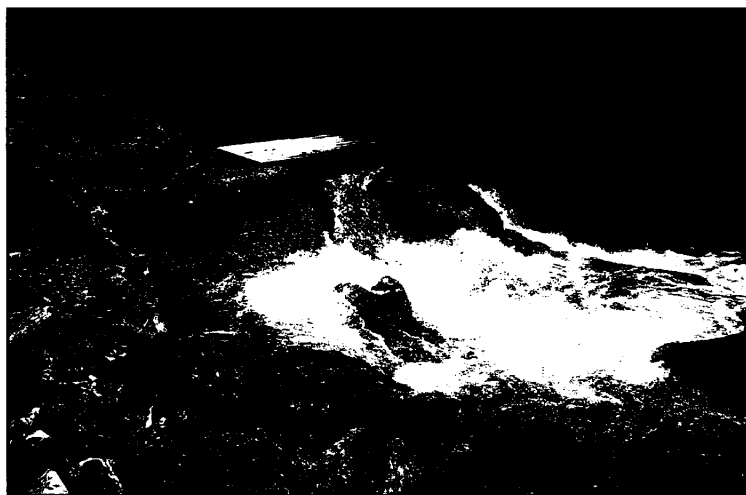
●高知縣鏡川、吉原川之野溪整治

\* 主要內容

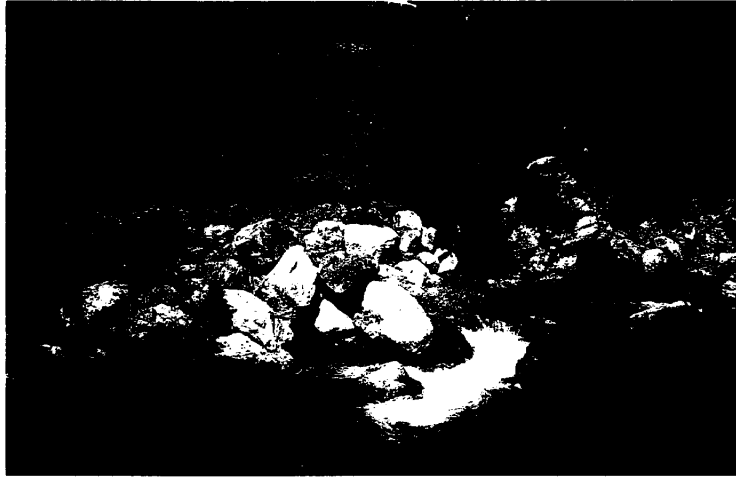
溪流景觀改善：使用天然材料（石材）造景，石組形成之瀨區，即為魚類棲息場所。



創造親水遊憩的空間：散步休憩設施、親水廣場等設施。



提高治水機能：利用巨石堆砌的水制工變化流路，減低水衝之動能，保護河岸。



野溪整治考量之順序，首先為防災，其次魚蝦繁殖，最後才是景觀。

吉原川之土石流災區復舊，先考慮溪流河床侵蝕下割之抑止工，以連續低壩群固床，同時考慮河川生態及親水性，構造物與自然景觀相近，將從前直線性砌石護岸，改用巨石、中小石組合之水制工，營造出具深淵淺瀨之自然河川。

為防治土石流，上游有防砂壩設施，但在泥砂有效控制之後，自上游至下游地區，採用大塊石堆砌而成自然不規則邊坡並產生多孔隙護岸坡面，以利動、植物趨近野溪，並且在溪中設置堆砌塊石，一方面消能，另一方面營造野溪深淵淺瀨，提供水中動植物生長，以維持水、岸間之生態食物鏈環境。

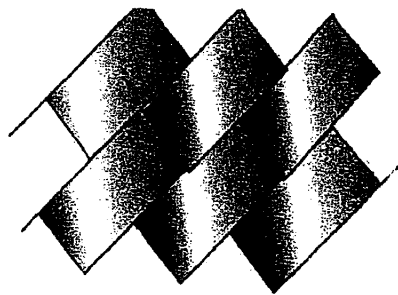
災區復舊，配合景觀工程，小橋、涼亭及跨越踏步固床工木板之貼心設計，可見日本人細膩的一面。



●日本之砌石工法(福留脩文)

\*主要內容

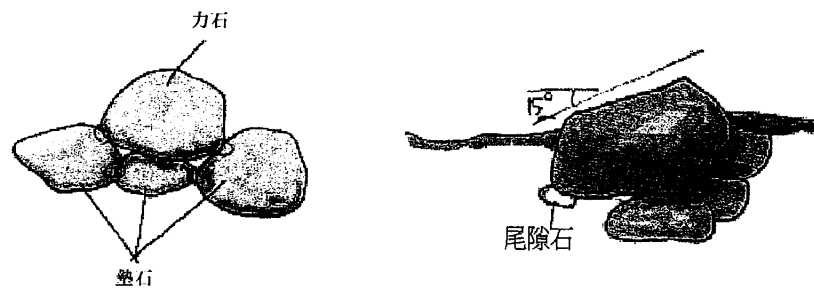
砌石工法。日本築石分為：(1)石積法 $< 1$ 割；表示邊坡較陡，斜率小於1:1之砌石方式。(2)石張法 $> 1$ 割；表示邊坡較緩，斜率大於1:1之砌石方式。  
日本四國土佐(高知市之古名)地區特殊之築石：谷積法(上下層間呈鋸齒狀)。石頭互相間空隙以間石或詰石嵌入。



谷積法(近代)

利用土佐傳統之砌石工法所做的固床工，能營造出魚類等生物棲地和多樣性水流形態。

力石、墊石、護衛石、輪石、胴隙石等之功能、配置及石組注意事項。

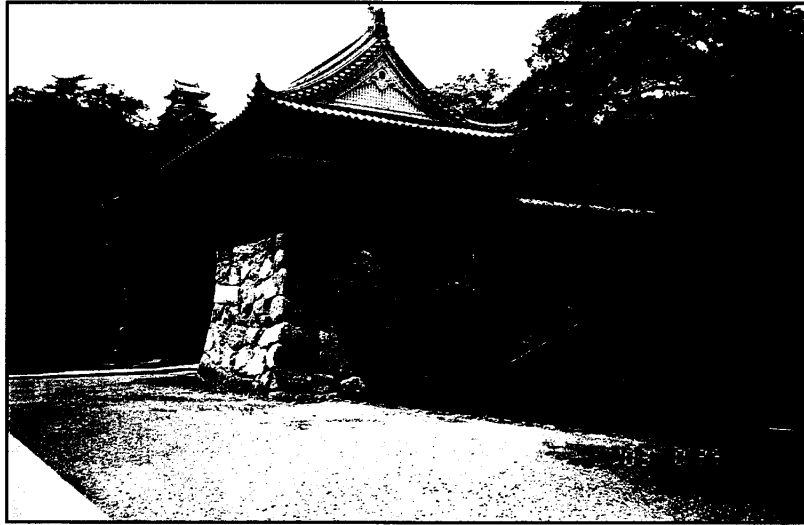


福留先生對於傳統之土佐砌石法，感到非常自豪，2002 年曾受臺灣省特有生物中心之邀，在南投縣國姓鄉竹坑溪示範砌石，歷經豪大雨，證實成功。

#### ●高知市之砌石城牆

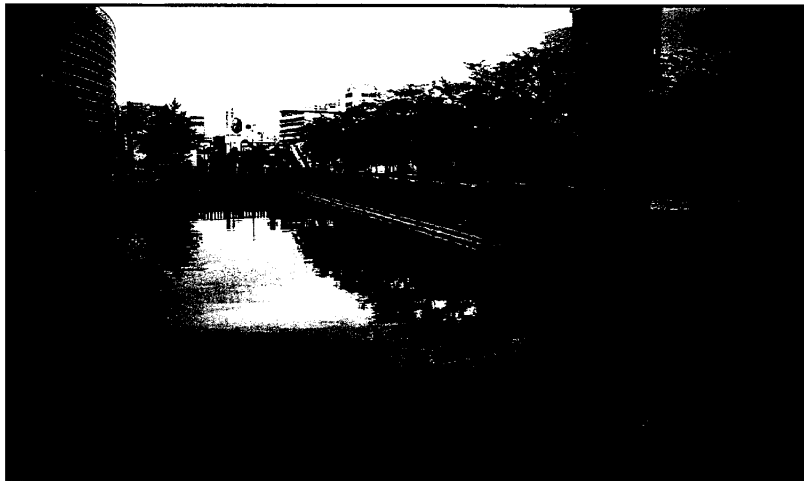
##### \*主要內容

高知城堡（1603 年建，18 世紀重建）被認為是日本最優雅的城堡建築之一。城牆之砌石方法即所謂土佐砌石法，因為特殊故被認為是四國地區所獨具之本土性產物，該傳統之砌石工法，不僅應用於城牆、擋土牆，現已被推廣運用於土石流地區及河溪近自然工法中使用。



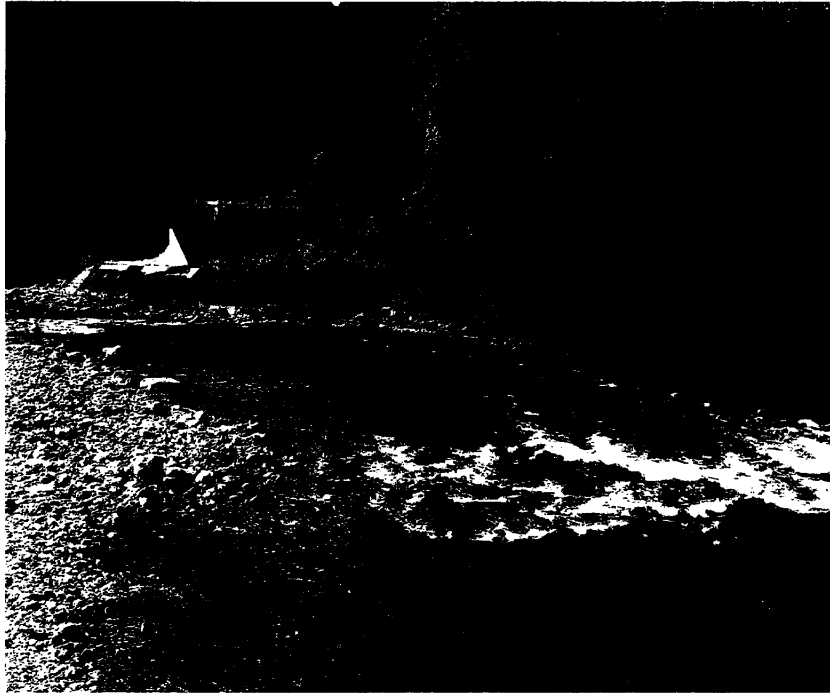
高知(KOCHI)位處日本四國南部，縣境成弧形圍繞太平洋土佐灣。面積約 7106 平方公里，為四國最大之縣份，人口集中在三面環山的土佐平原。以出產農用機械、農具、珊瑚、加工水產品、紙張和生絲著名。首府高知市位浦戶灣頂，曾為前土佐省首府。由於鏡川通過，各支流或水道沿岸，甚多近自然工法及景觀之設施。

高知市鏡川河岸之近自然工法。

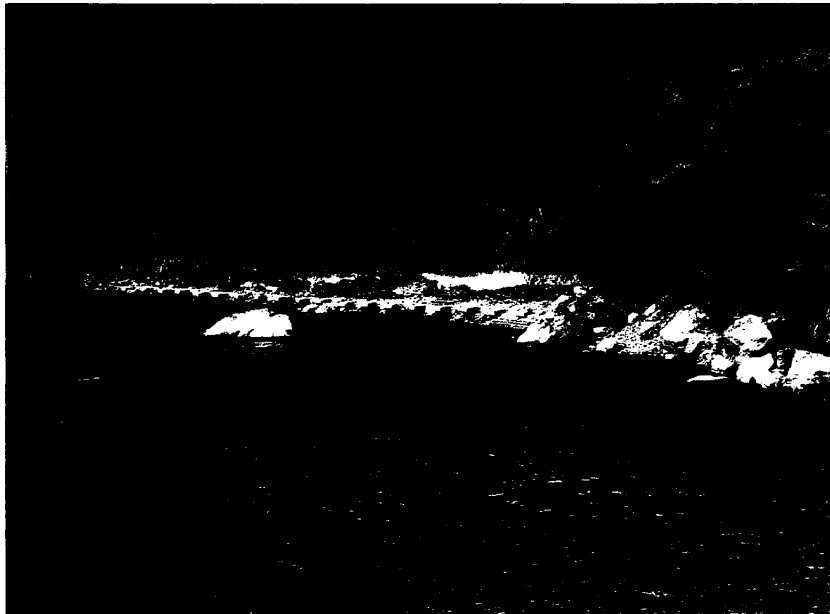




鏡川河道中以砌大塊石之石組所營造之瀨區。



早期以混凝土施做之護岸及水制工。

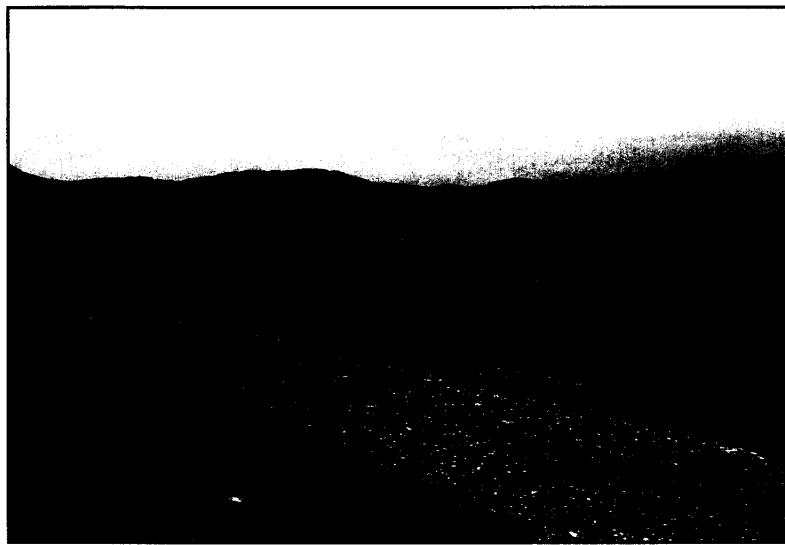


●高知縣仁淀川動植物棲地改善

\*主要內容

河川下游因溪床坡度漸緩，土砂因流水挾砂動能減小而沉積形成扇狀地，河川蛇行之凹岸防洪水制群，此區自古即有設置，惟隨時間演進，循序運用木框、混凝土、水泥框、混凝土異型塊、最後以土佐法堆砌石塊築成水制工之歷史演變過程。

以土佐法堆砌石塊築成水制工歷經不同洪水位之考驗情形。



●近自然工法之水制工

水制工之設置使藻類得以附著、為動物食物來源，石材間隙可供底生動物利用之生息空間。

水制之設置使河川發生流速上的變化，使某些魚類因喜好該流速環境而得以繁衍。

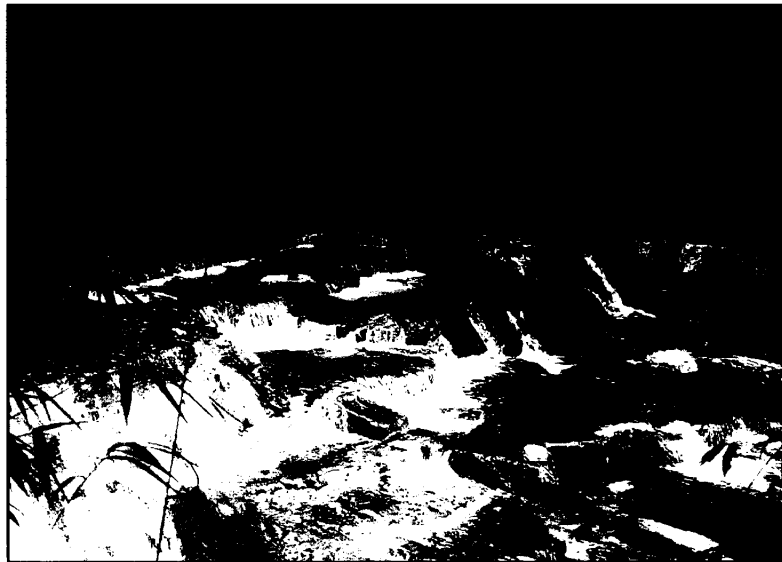
- 高知縣四万十川之生態工法（含下游之下田、中游之窪川、上游東津野村之北川）

\*主要內容

堤防外之棲地改善。



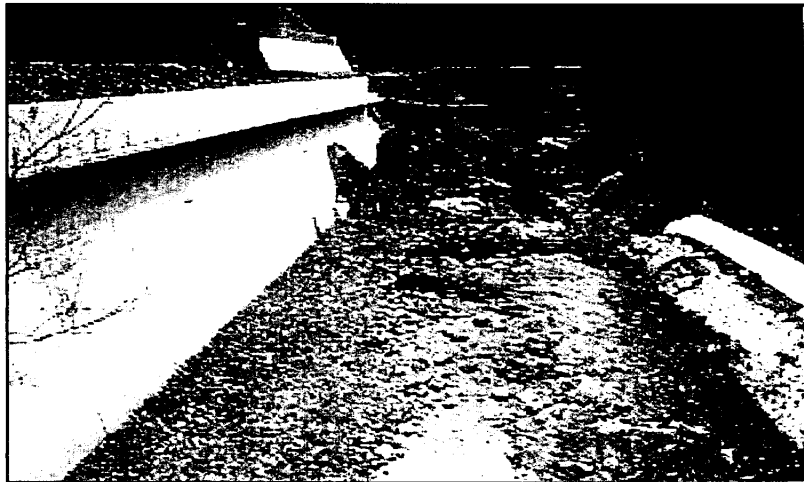
恢復河川之蜿蜒特性，美化視覺景觀。



以石塊組合之落差工，營造水岸線之生態環境。



四万十川水系上游北川(高知縣東津野村)，將原有直線化及平坦化之河道，以河道生態學改善，在河岸前面空間，以石塊組成粗短水制，及蛇行之河道，河床上的堆石，使流況多樣化，大水時水制工下游側成為魚類避難場所，經自然工法營造之深淵和淺瀨，經過調查，此區已形成香魚生息及每年產卵的地方，經現場實驗，日本解說員不到十分鐘即釣獲香魚。



將直線護岸修改成自然河川之蛇行狀。



四万十川被稱為日本最後的清流，從前堤岸的修築有如道路般直線，水岸邊的護岸基礎，有如無機質般阻截了生物食物鏈，經過生態考量後的改善工事，即以現地材料施以合理的施工技術配合下，非常簡單即做出自然景觀的效果。下圖為東津野村的落差工。

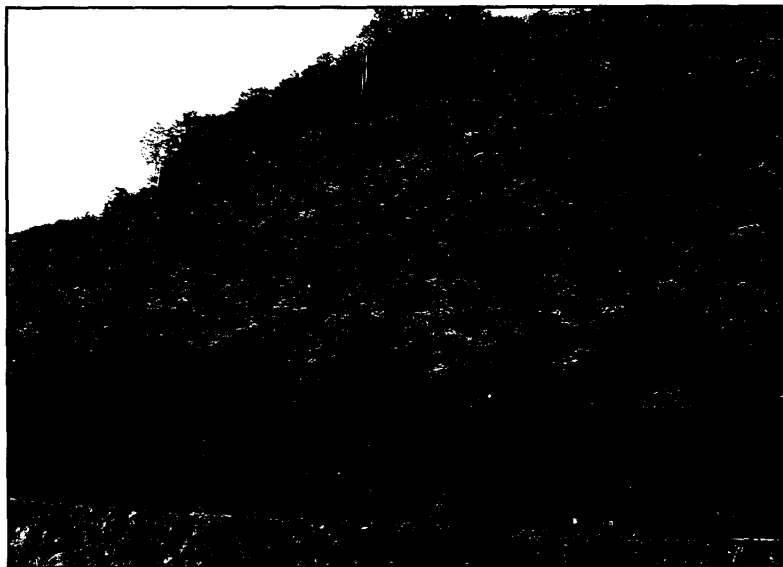


● 瀧川地區之道路邊坡植生工程

\* 主要內容

四万十川流域各縣鄉鎮市的道路改良工事，秉著「人和木共生」基本理念，落實「木的文化縣構想」政策，所有道路改良，因切土而課露之斜坡需遵行高知縣自然景觀之復元，取代以往經濟性機能優先的觀念，必須綠化，達到人與自然共存。

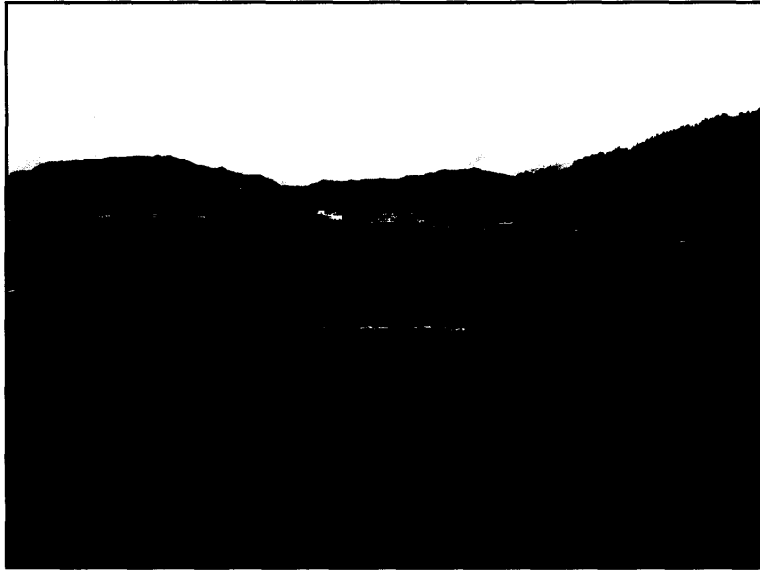
沿線道路上邊坡裸露崩塌，在岩盤上打木樁、客土、植穴設計土壤改良劑等方式，植生綠化達到人與自然共存目的。



●愛媛縣五十崎町之濕地營造

\*主要內容：

民間人士龜岡徹推行近自然工法，因日本建設部門傳統上使用水泥護岸及混凝土消波塊，雖呼籲採用近自然工法，與政府長官談了三年，政府建設部門始終半信半疑，溝通甚久，為了說明近自然工法之理念，曾至日本各處參訪。瑞士參訪後，經當地居民認同並參與，最初用漿砌石，太直不好看，後用大石頭造成曲線，第四階段以3ton-block連結，覆土，洪水不會沖毀。第五階段採用2ton以上大石，營造濕地，蜻蜓、四腳蛇入內，形成自然生態之濕地。



●愛知縣之生態教室

\*主要內容

利用森林砍伐之樹皮、竹木、廢木料發酵後，加肥料，噴於道路、或作為植物生長基盤，為低成本、資源再利用、環境保護、綠化、及提高生活品質之最佳示範。



污水處理亦可營造成生態池，供作中小學生之戶外教室，借著現場觀摩教育宣導，將生態觀念向下紮根。



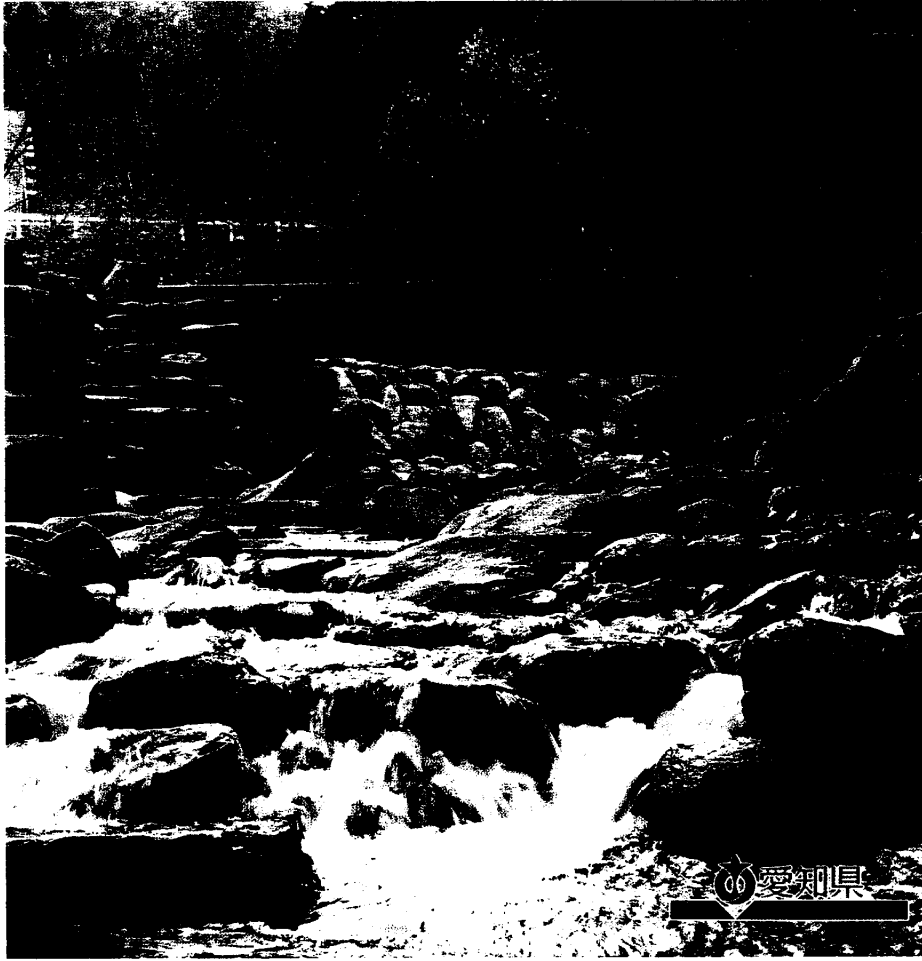


●生態工法之宣導-愛知縣井山川之自然生態教室

愛知縣井山川，源自三河高原觀光勝地的面之木鞍部，流至下游即入矢作川水系的名倉川；井山川流域面積約 8.8 平方公里，流路總長 7.4 公里，是愛知縣內有數的明媚溪流之一。井山川流域的岩層，除了源頭附近有部份新第三紀的安山岩出露外，整個流域幾乎都是由容易受風化的花崗岩所構成，由於地形陡峭，所到之處盡是裸露地，因此，本流域自古以來，即做了許多水土保持工作，也確實發揮了功效。

在鞍部下方緊鄰井山川處，有一名古屋市的野外教室，每年春到秋季間，名古屋市區的中學生多會來此參觀，並與稻武町當地中學生交流。由於野外教室範圍內的井山川溪流雜亂，有關當局乃於 1986-1991 年間，沿河道進行自然工法的河道整治，使其融入周遭的自然景觀。





附記：計畫流量  $Q=48.5\text{cms}$ ，溪床坡度  $1/11-1/40$ 。

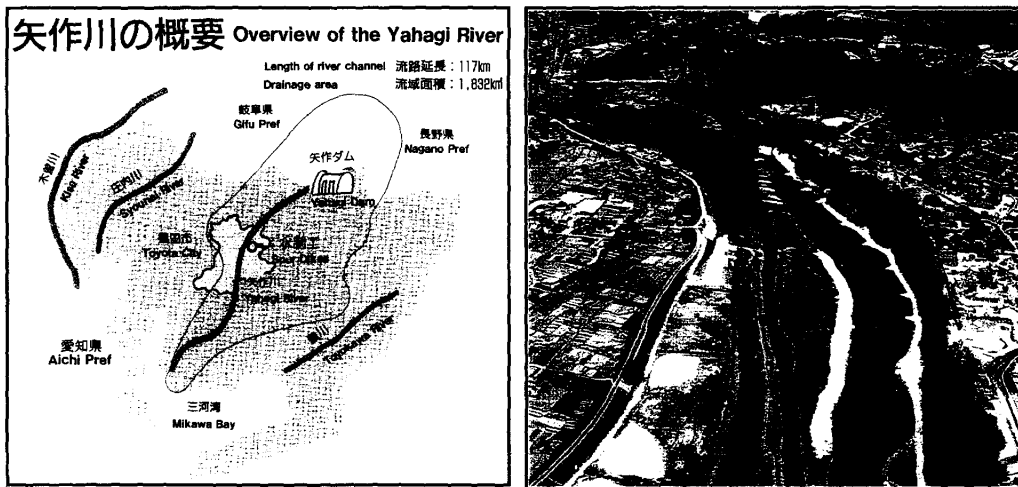
早期的近自然工法，考慮親水，有向下之階梯供人類遊憩，兩岸斜率甚陡。

● 愛知縣矢作川近自然工法之水制工

\* 主要內容

水利工程是要塑造出足以應付洪患的強固河川，以保護人民生命財產安全；近年來，維護河川本來的自然風貌，俾使此無法替代的資產流傳給後代子孫的聲浪日益高漲；

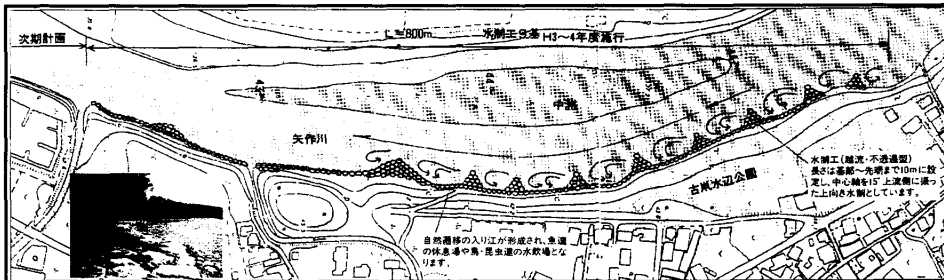
愛知縣政府也努力在此治水功能與環境保護間，取得平衡點，從事河川治理工作，矢作川的水制工即為作品之一。

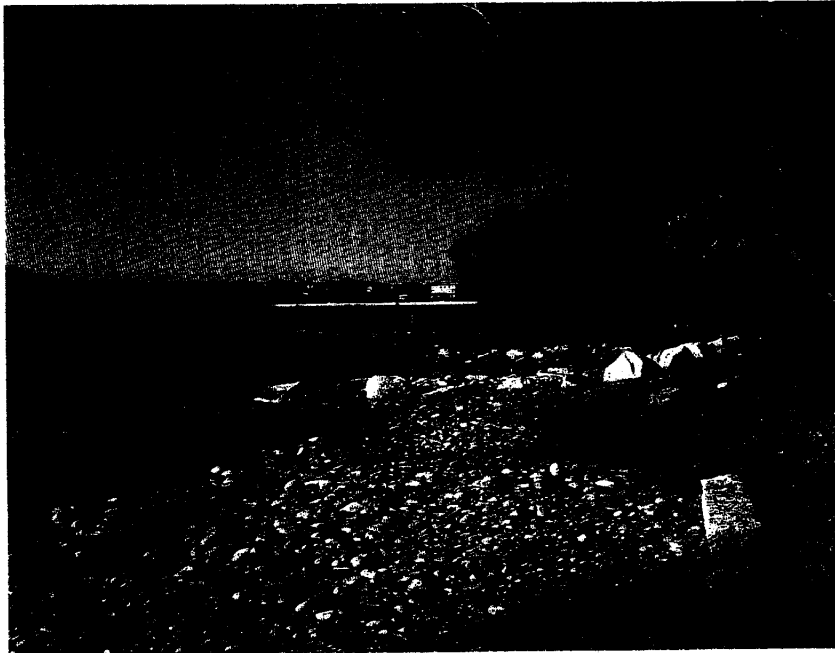


矢作川水制工-Spur Dikes on the Yahagi River



平面圖





在矢作川平戶橋下游（距河口大約 44 公里附近）左岸，因河道轉彎，河岩侵蝕作用劇烈，為保護河岸，愛知縣政府乃利用巨石施作水制工，並以卵石堆置低水護岸。此處距豐田市區近，且河畔林木茂盛，造就良好的河岸空間，是市民垂釣香魚的好去處。由於河岸淤積，擔心對自然環境會有不良影響，乃利用一般石頭，施作低水護岸及水制工，改變流路，創造出淺灘與深淵等多樣化的河川空間，以利水生動植物棲息繁衍。

工事內容：

為保護河岸不被侵蝕，乃利用挖自河川沙洲的卵石堆置在低水護岸，創造出多樣空隙的水邊環境。

沿河岸每隔 45 公尺設置一個由  $\phi = 50-150$  公分的巨石所構成的水制工，不但可保護河岸，而且可形成緩流或急流，創造出水生動植物易於棲息的環境。

### 水制工 Spur Dikes on the Yahagi River



依現況河床情形加以疏浚，以保全原有淺灘深淵，讓流水沖走卵石上的污泥，以便一些可做為魚餌的藻類再度生長。

附記：矢作川溪流長度 117 公里，流域面積 1832 平方公里

矢作川平戶橋下游（豐田市扶桑町）計畫地點計畫流量  $Q=5300\text{cms}$ （150 年頻率），流速  $V=3.7\text{m/s}$ ，河床坡度  $1/750$ 。

矢作川平戸橋下游左岸之水制工。



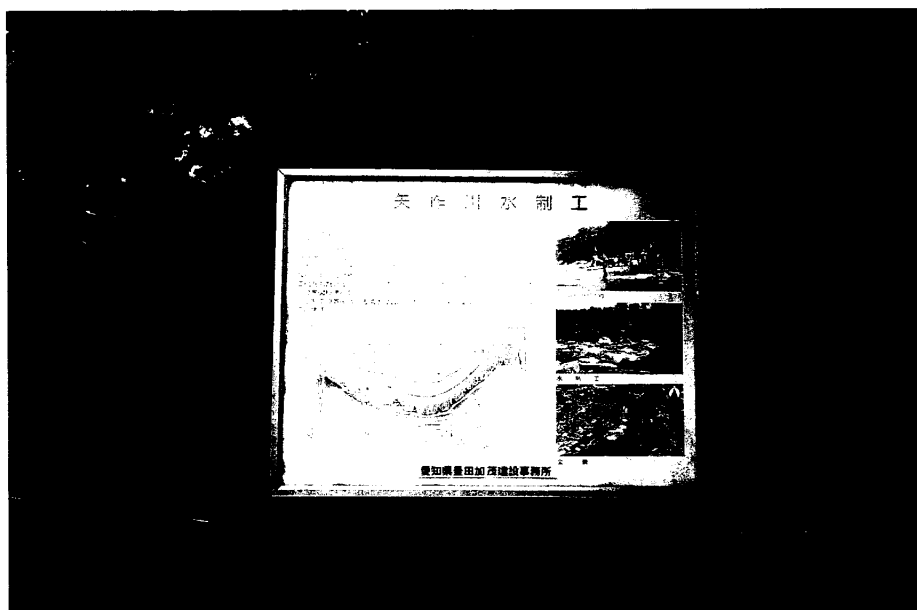
照片中央隱約可見水制工造成之水花。



水流衝擊水制激起浪花，增加視覺效果，使河川更活潑。



河畔林蔭公園內的工事解說牌。



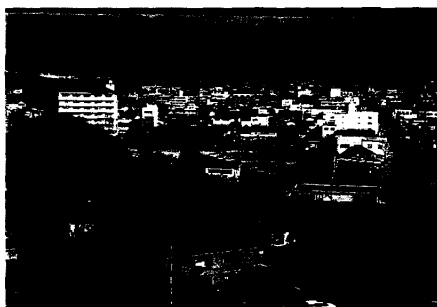


●愛知縣豐田市近自然工法之公園

\*主要內容

以近自然工法，經由該市建設部門的官員和附近居民的共同參與，使平淡無味的都市公園野生化，變成充滿生機的綠地公園，人類雖然是世上最強勢的動物，為了恢復自然生態系統，努力創造近自然環境，誘使昆蟲、魚蝦、鳥類相繼現蹤，人類與自然界和諧共處，為近自然工法成功案例提供最佳見證。

平成四年（1992年）愛知縣豐田市內一空地。平成15年（2003年）歷經自然生態工法施做後  
（以下照片 木戶 規司提供） 所展現的新風貌。



1993年原本單調的景觀。



都市公園野性化處理後，多樣性的環境得以保全，1996年的景色截然不同。



平成5年（1993年）水池周邊風景情形。



實施近自然工法完成後，魚、鳥、孩子們都回來了。平成15年（2003年）夏天，池塘邊景象。



公園一隅，20世紀末的小孩接觸是鞦韆、滑梯。



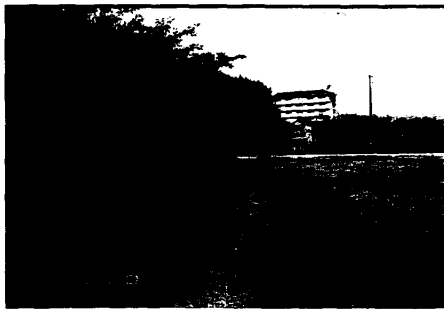
21世紀的小孩接觸是大自然。



平成 5 年(1993 年)公園邊近國道的封閉圍牆。平成 15 年(2003 年)夏天，已呈現開放的空間。



二次大戰後原有的小川，因整平被掩埋，使用盲溝的再活性化事業，採用明挖方式將原來的  
溝排水。流路恢復。



1994 年的蜿蜒流水。



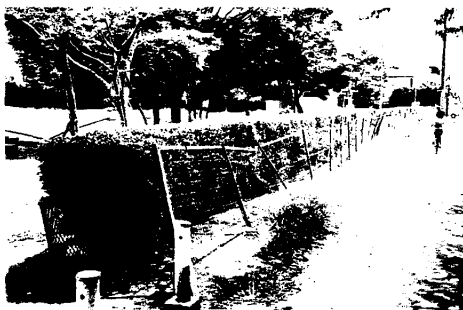
2003 年 8 月現況



平成四年(1992 年)的單調景色。



如今已是綠意盎然的美麗風景。



之前充滿黃砂的光禿空地。



球類活動撤出後空地綠化後景觀。



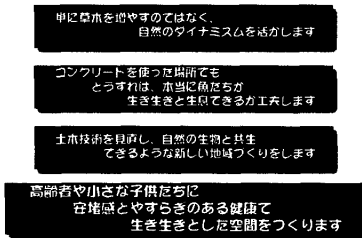
平成5年(1993年)建設課官員與自治區內住民說明工事溝通之照片。



園區外豎立之工事內容告示牌。



告知民眾施行生態工法之目的，四大宣誓內容。



民眾閱覽相關資訊。



民眾共同參與植樹造林。



雜木林已然成形，自治會民眾設籬禁止遊客入內，漸為動物棲息場所。



2003年8月之狀況。



公園野性化後，林中生態系頂點的角鴉被發現，證明該生態系的確立。



#### 肆、研習心得

一、生態工法是生態系的復原、景觀與生態系的結合體。換言之，將各具獨立性的生態系在多樣的生物的會合場所（如林地邊緣、水岸邊際）以近自然工法加以結合。其著眼點以林地與一般土地、河岸與河水間交接之境界線為主。上述境界線之妥善處理，亦即境界領域的近自然化，講求物質的收支、食物鏈，使景觀與生態系結合。其目的在創造生態系底邊（最底層）之生機，使已破壞之生物棲地恢復自然狀態。

二、生態工法的觀念是：人無法製造自然，人為協助復原受創之大地，迅速恢復為原來狀態，努力縮短大地自行癒合的時間。

三、生態工法的河川治理，是使蜿蜒河川再現，呈現出河川形態、水際汀線、及原自然之淺瀨深淵。至於生態工法對森林之作為是綜合林道、農路、林緣土壤、水、大氣、植物以近自然工法、傳統工法使自然的能量加以活化。

四、日本四國地區火山多，富含花崗岩石材，採用生態工法設計時，工程師可先至採石場選用適當之石材加以編號，施工時，即可依圖上位置組立，受託之民間監造單位，經授權可依其經驗及專業素養隨時予以調整及變更設計，並負成敗全責。此舉可供臺灣公共工程參考。

五、四國地區因石材無虞，生態工法採用砌石相當普遍，但仍部份地區，因運送不便，亦採用鋼筋混凝土等構造物，絕不會排斥。

六、日本相當重視河川生態資料之調查與建立，能掌握河川魚類習性，河川治理工事在設計時即可兼顧生態之需。

七、日本政府及民間團體，對於愛惜地球生態保育觀念大力宣導，教育也向下紮根。政府推動生態工法，事先與當地居民溝通，工事地點都設置解說板，甚至讓學生、民眾參與建設家園，例如愛知縣井荒川砂防學習區示範，利用溪流景觀改善，創造親水遊憩的空間，設置解說板、防砂資料展示館等，在親子互動之遊戲中，對下一代產生示範作用；豐田市公園之野性化，政府的施政透過宣導讓外界及民眾了解，政府的努力也讓大眾知道，而政府文宣品之製作精美易懂，很容易引起共鳴，達到宣導及教育的效果。

八、日本除了在河川治理應用近自然工法，在崩塌地或土石流防治也應用近自然工法，但仍以安全為最高考量，鋼筋混凝土構造物之導入難以避免，惟先使不安定區域趨於穩定後，再加強近自然工法及綠化。日本的經驗可供我們做為參

考。

九、日本人對工作的執著和榮譽做事的態度，令人印象深刻。福留先生的砌石技術是件累積經驗法則的工作，在不斷的試誤中得到最有利的經驗，長時間之蒐集及觀察後，將技術轉移至行政機關或民間，成為例行性工作。

十、生態與安全並重。防災、生態、景觀是防砂構造物應考慮的順序，自然生態工法之施作，因地制宜，若以天然石材為主，對於砌石工法需縝密的施工，將各石塊相互之間力量牽制發揮到極致，有生態的觀念，也看得到為安全所做的用心。

## 伍、建議事項

### 一、加強生態工法設計理念之溝通及觀摩研習

台灣受制於民意的壓力及安全上的考量，公共工程多沿用傳統保守的方式進行設計，外界常有過量使用混凝土材料及對自然生態環境造成衝擊之疑慮，而生態工法係屬於累積經驗的工作，需不斷的試誤，施工時，工程師經授權可依其經驗及專業素養隨時予以調整及變更設計；此外，在執行上，需獲得在地人之認同及參與，才能成功。至於工作人員應踴躍參加各單位舉辦之生態工法講座，藉學術、技術之交流，提昇個人設計的水準。

### 二、落實混凝土減量，減少生態的破壞

河溪工程所需的骨材，通常是由外處運入，徒增河溪環境的負荷；以發展具自然生態工法指標之混凝土減量及就地取材措施，是現階段河溪治理工程設計之首要目標，期能築成多孔隙的護岸，多變化的河川形態，營造動植物的生態棲地，減少對地球生態的破壞。

### 三、加強宣導治山防災和生態環境保育的正確觀念

治山防災工作以人民生命財產安全為優先，但也不能對生態環境保育的世界主流價值置身事外，推行自然生態工法是政府既定政策，政府有義務教育民眾，民眾也要相對提昇自己，共同為安全及生態努力。

## 陸、結語

本次參訪承蒙國立屏東科技大學水土保持系吳嘉俊教授協助安排行程及邱創益教授擔任翻譯工作，備極辛勞。西日本科學技術研究所福留脩文所長、愛知縣都市整備部木戶規詞課長、愛知縣矢作川研究部淵崎燈子主任研究員等在參訪行程中詳細解說，使得此行短暫的參訪行程充實且順暢。衷心感謝以上曾幫助我們的朋友，謹致上最高的敬意及謝意。

## ●日本之砌石工法（福留脩文）

人類利用野外岩石，可溯至石器時代，石垣和城牆等構造物，在天正年間(1576年)所謂的「古式穴太砌石」，江 時代的石頭加工建築技術發達，採用割石和樵石的高石垣的變化。

### 一、砌石工法的基本概念

#### (1) 石材名稱

石頭依其形狀大致分為：野石、樵石。

野石（天然石）：又分吳呂太（圓形石）、野角（角石）、野板（扁石）、割石（切割石）、素割石（斷裂石）。

樵石（加工石）分為：拑石（立方體石）、布石（長方體石）、間隙石（楔形體石）。

#### (2) 砌石工法

通常分為石積工、石張工。大致上以坡度1:1區隔，坡度陡者（小於1:1）稱石積工，坡度緩者（大於1:1）稱石張工。

#### (3) 砌石方式

整層積法：布積法、谷積法（近代）。

亂層積法：布目崩積法、谷積法（古式）。

### 二、固床工施工

固床工是防止河床淘刷、穩定河床坡度、維持河川縱橫斷面形狀的橫向構造物，大致上幾無落差者稱為「帶工」，有落差者謂之「落差工」。

利用土佐傳統之砌石工法所做的固床工，能營造出魚類等生物棲地和多樣性水流形態。

以亂層積法的固床工，石頭組合應注意事項如次：

石塊不要以「面」接合，要以「接合端」接合。

石塊應依壓力（水壓、土壓）方向呈弧狀（arch）配置。

石塊尾部朝下傾斜（約15度）。

砌石名稱：

力石：不動的石頭，底座略平，石面要大，石尾要小。

墊石：使石組的荷重能均勻傳至地盤，以保持安定狀態的石頭。墊石和上方石頭的接合端成三點支撐的配置。

護衛石：有輔助力作用的石頭，配置在力石前面，輔助力石阻擋水壓或在力石後



面支撐，當力石的作用有漏洞時使用。

輪石：連結力石的石頭，做為力石的支點組合的石塊，使石組形成拱狀以傳遞力量。

胴隙石、隙盤、尾隙石：補助力石和輪石的接合端縫隙間之接觸，用鐵錐分 2-3 次打入，使砌石組能緊密結合形成一共同體。

固床工砌石之配置要領

(1) 墊石的配置：以力石的高度來選取墊石，墊石與力石之接合配置三個墊石。

此時，上游側的石尾深入河床，呈 15 度向下傾斜，墊石的配置需使接合端固定。

(2) 力石的配置：比墊石上的面稍向尾部的位罝，使傾斜和接合端密接放置尾隙石。

(3) 力石（主、副、從）的配置：以常流水時的流路配置力石，以副和從的石頭做拱形的支點，弧形的長度、方向，視河道寬度、流況而定。為使水流更多樣，副、從石的高度可用 1/2、1/4 變化。

(4) 輪石的配置：力石與力石間配置輪石，接合端連成拱形，最後一個做楔子的石頭面向上游側也可以，輪石向上游呈 15 度傾斜，輪石依石材大小分二層或三層組合成。輪石上再排石塊，依設計流落控制水深，如要分流就提高輪石高度，如要越流就降低輪石高度。以尾隙石或胴隙石使石組形成整體構造。

(5) 砌石組法：(谷積法)的石塊配置

正確的方法是第二層以下之石頭配置成谷形，接合端取三點支撐，分擔上方石頭重量，以免荷重集中在谷中央。

錯誤的方法：第二層以下石頭配置坡石接合端做成銳角，如山谷形狀插入石頭會把下層石頭撐開。

魚湍地：使用有稜角的自然石，可做成水深 80 公分，長 3-5 公尺的湍地，深且廣的空間可做為魚類的隱蔽場所。

石積法：(土佐積法)石牆所用砌石手法之一；在壁面上部有逆坡突出的特徵。)

三、水制工施工

水制：改變流水方向、限制水流寬度、維持水深，從河岸向河心設置之橫斷構造物。

在不造成河道淤積的範圍依平時的流路進行規劃。

力石的選定方法與「固床工」相同，凹岸的水制前端二點，和水制基部二點，共計四點做固定點配置力石。水制前端部所用的力石略高，約呈四角形的石頭，水制基部以三角形力石做底較好。

基礎開挖：須在計畫位置，略大於水制長度、寬度之範圍進行基礎開挖。凹岸前端的力石，基礎深度要比河床淘刷深度深，力石頭端比計畫位置還低時，放入墊石做基礎。

力石需要多大呢？

以最大流速所能移動石頭的粒徑為標準，算出石頭移動之限界粒徑，求移動限界粒徑公式依美國陸軍工兵團拋石護岸設計所用方法。

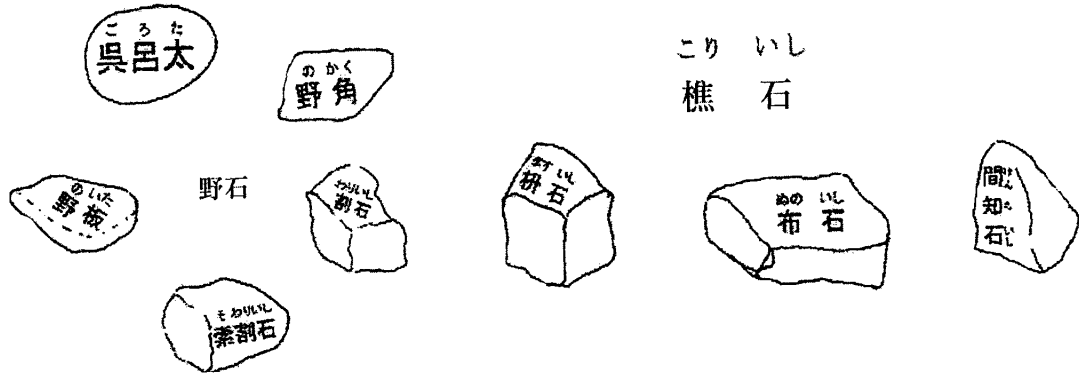
水制砌石配置之要領

- (1) 力石的配置：石頭的排列成「八」字形狀，水制基部的力石，以略呈三角形的石頭為底座較好。
- (2) 輪石的配置：接合端互相銜接，力石間之輪石砌成拱形狀。
- (3) 蕊石的配置：在水制內部配置三個較大的石頭稱為蕊石。
- (4) 內填石：石面向上、石尾向下呈縱向的配置，使外側的力石和內側的蕊石緊密結合。
- (5) 第二層力石的配置：須向壓力（水壓）方向傾斜，並依第一層的力石和蕊石接合端來選用第二層石頭，第一層石頭頂端儘量選用平的石頭。
- (6) 第二層輪石的配置：第二層力石的和第一層輪石間配置第二層輪石，再以水制周邊的石頭堆置完成。
- (7) 修飾：水制上游側-力石的間隙用空隙石塞緊。

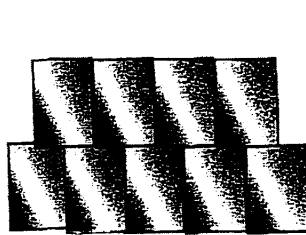
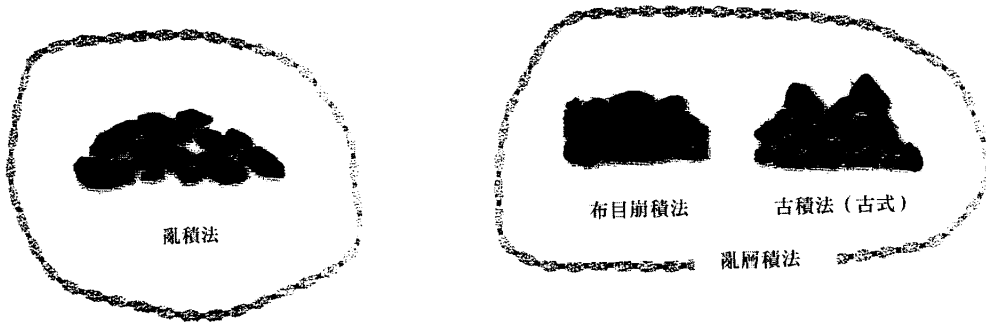
水制頂端-頂端的石體像梳子般垂直，為固定頂端石，下游側成縱向排塊石，如果頂端石的前緣像下顎般凸出，容易受水流衝擊，要特別注意。

水制下游側：表面平緩傾斜且光滑的排石頭。想利用水制造成水路和淵的話，前端要陡急。

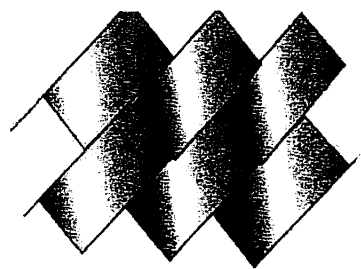
## 各種石頭形狀



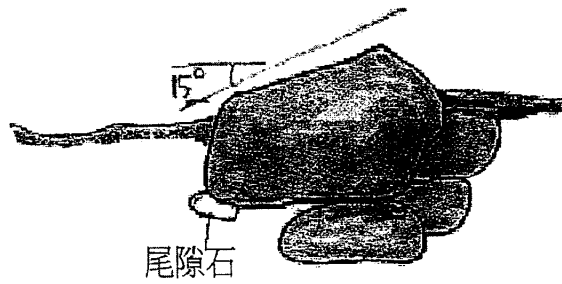
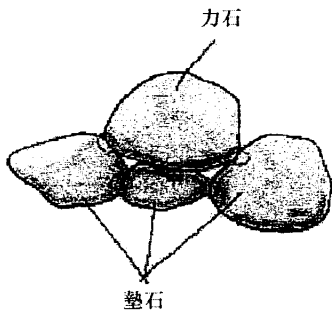
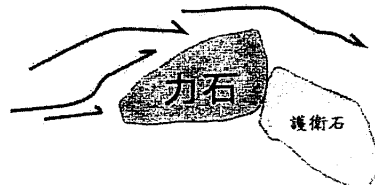
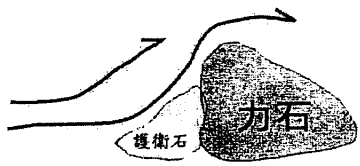
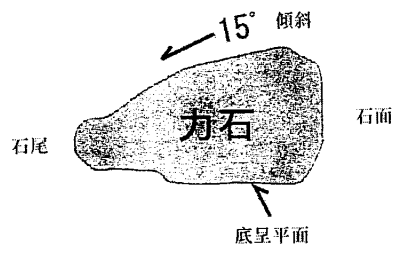
## 砌石方式



布積法

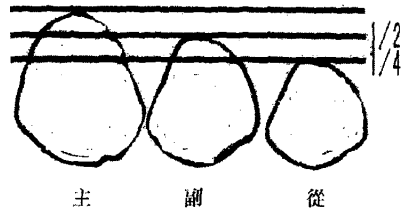


谷積法 (近代)

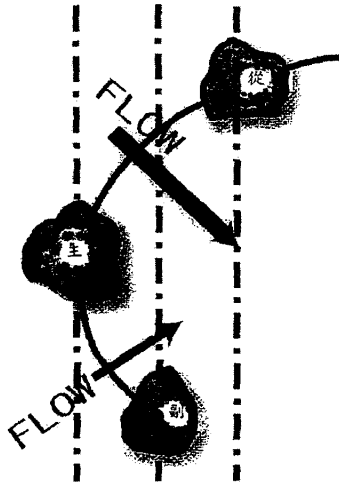


# 力石埋設深度

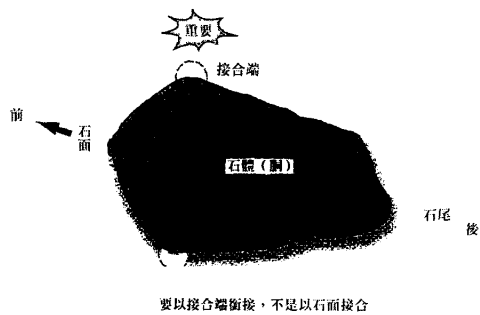
力石頂端的高度



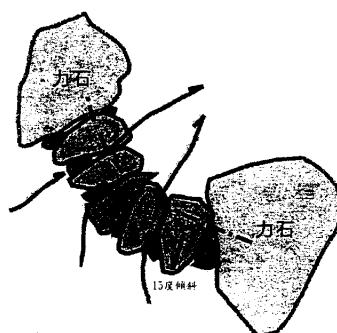
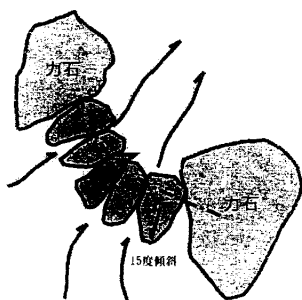
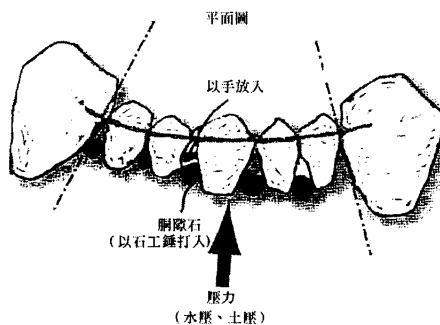
拱形和流向



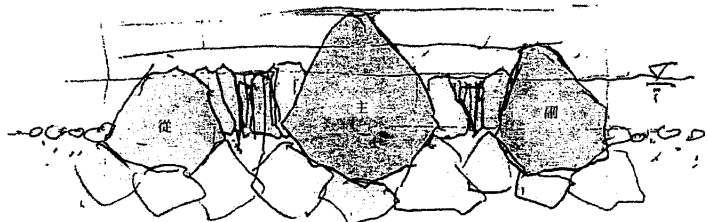
# 砌石技術



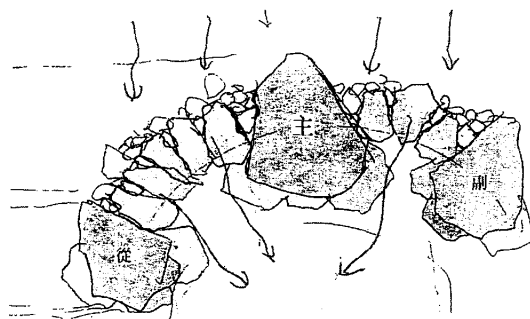
要以接合端銜接，不是以石面接合



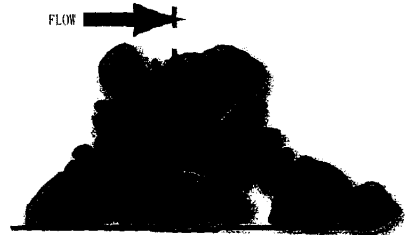
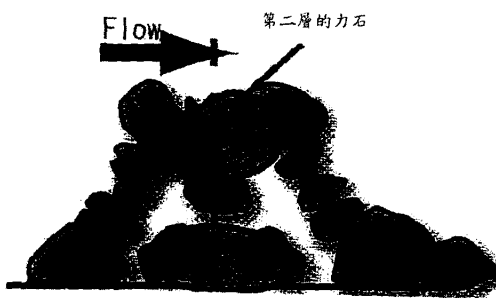
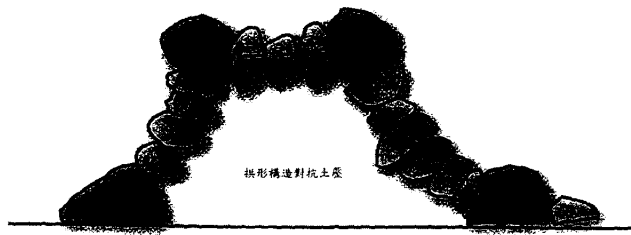
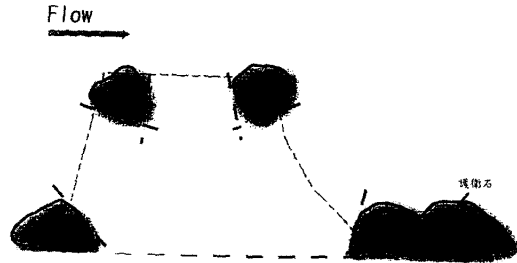
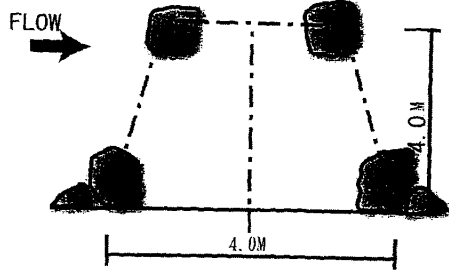
固床工斷面圖



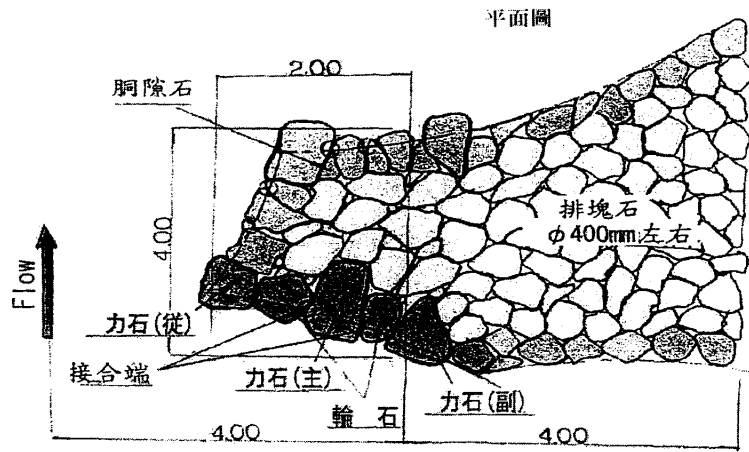
固床工平面圖



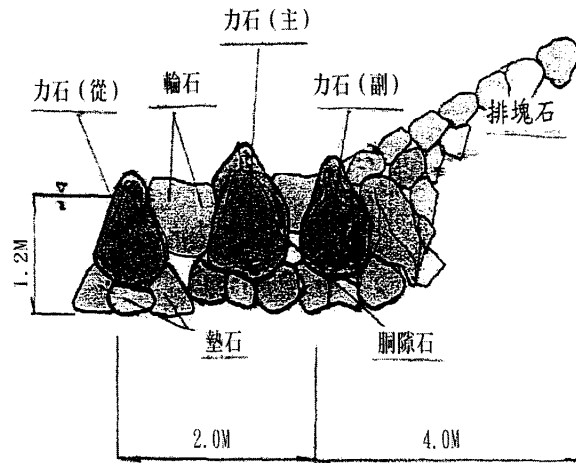
# 水制工



## 根固水制

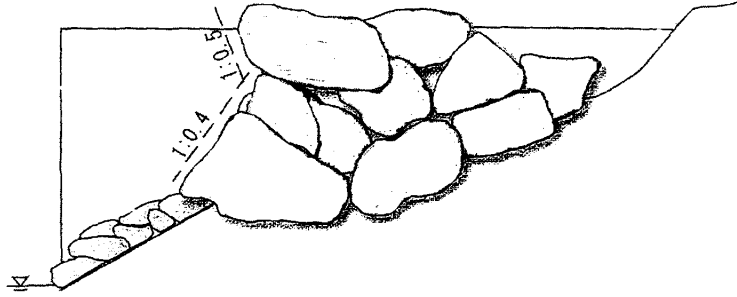


## 低水水制

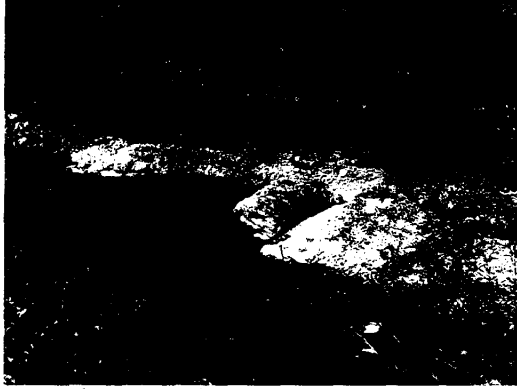




高水水制



鏡川早期以混凝土施做之護岸及水制工  
(內部用混凝土固結)



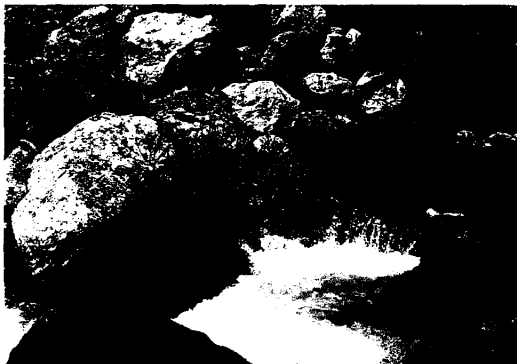
吉原川(鏡川上游)直線段河道以砌大塊  
增加糙度。



護岸之基礎同樣以大塊石保護。



深潭以下是瀨區。



鏡川河道中以砌大塊石之石組所營造之瀨區。



蜿蜒之水流。



遠眺已看不到原有混凝土構造物。



落差工。



固床工下游由大塊石砌成之落差工。



仁淀川之水制工

親水設施旁之涼亭及造景。



近自然工法水制工。



仁淀川水制工也使用混凝土消波塊



植物使混凝土構造在視覺上柔化。



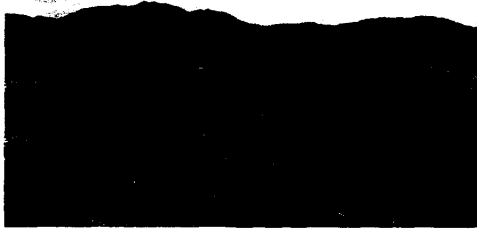
植物包括木賊、薔薇、蘆竹、貓柳、柳樹  
(自然入侵)



喬木間以竹子串聯，高水位時，可消減洪水流速



近照為早期施做之丁壩（長度約 30 公尺以上）。



早期護岸（含基礎）多為混凝土構造物。



最下游之水制工背後部份砂石雖被帶走，但仍可發揮功能。



四万十川下田地區岸邊植物入侵。  
（薔薇、烏桕、野桐、胡頹子、柳樹、白茅、加拿大蓬、草銀合歡、百喜草、假儉草）



水制工之基礎並不排斥使用多孔性混凝土構造物。



四万十川下田地區堤外近自然工法之水制工。



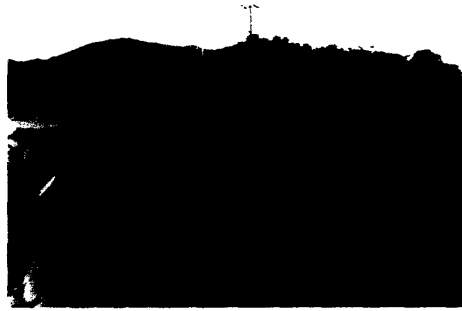
四万十川下田地區近自然工法之水制工。



四万十川中游既有堤防外之水制工營造動植物棲息環境兼具綠化。



堤頂道路植生覆蓋。



堤頂之花臺。



以天然材料（木材、石材）代替混凝土消波塊



四万十川流域內道路邊坡之綠化。



以鋼筋插入岩壁後以木條組立形成階段再客土植生。



由木條組成之維護步道。



成林後覆蓋情形。



公路邊坡之打樁編柵（使用間伐木）。

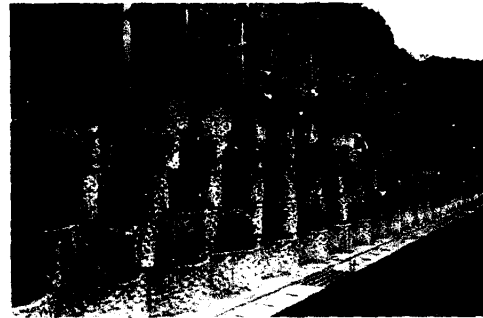
直徑約八公分左右之木條。



鋪稻草蓆。



坡度較陡為減少開挖而使用水泥植生框。



斜坡上使用不同工法，力求達到穩定與綠化目的。

階段式開挖並鋪被覆膜網之植生基礎工程。



被覆網重疊處以鋼條錨定。



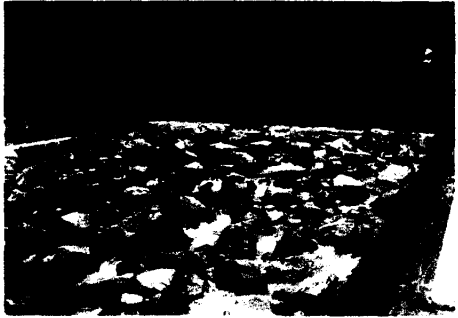
各階段都有排水設施。



水泥型框上客土植生。



表面粗糙化之近自然工法。



配合防落石柵設計。



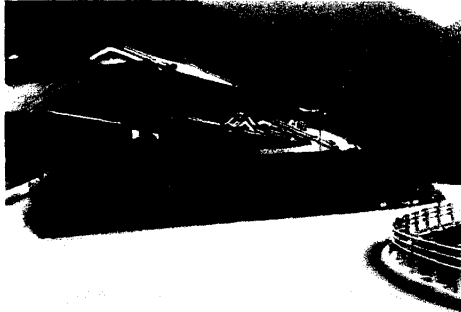
隨處可見之砌石護岸。



愛媛縣鄉道之砌石牆。



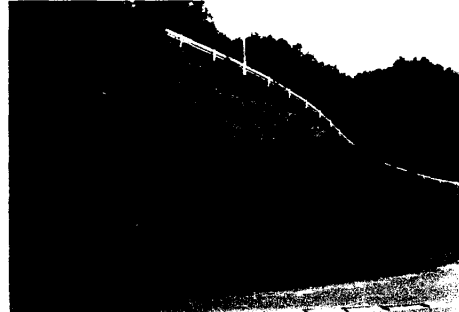
愛媛縣內十子町具地方特色之田丸橋。



內子町公共造產農宿旁邊坡線美化，該邊坡係砌石護坡



天狗高原之邊坡植生工程



道路邊坡植生覆蓋。



將廢棄竹木碾碎發酵後組成之植生網條植生情形。



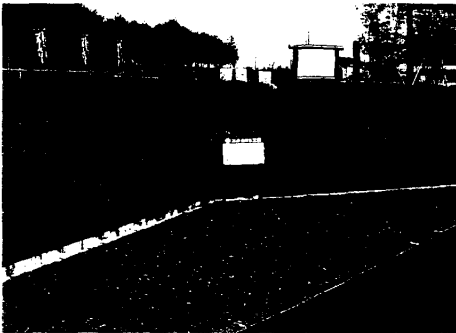
由樹皮碎木鋪設之道路。



生態教室解說牌，兩根立柱暗藏玄機，分置粉筆、板擦，黑板上是小朋友看到的動植物名稱。



愛知縣生態教室解說牌。



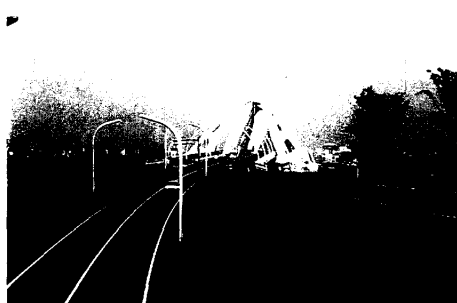
天然材料（石、木、竹）組成之道路。



矢作川橋引道之造型駁坎。

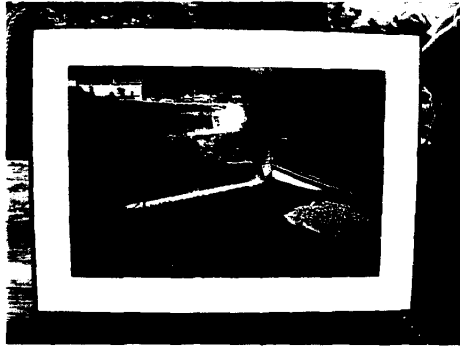


矢作川橋及其引道另一角度。

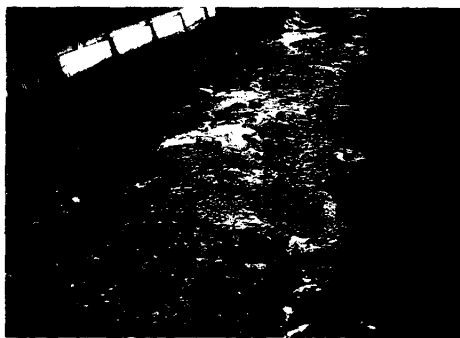




原有潛壩



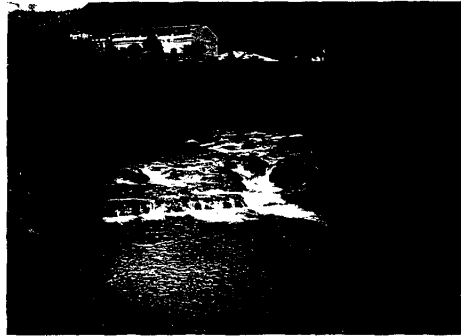
砌石組立在平面上使河川蜿蜒化，  
在縱斷面上形成落差工。



愛媛縣內子町之落差工。



壩打除後魚蝦之棲地改善。



愛媛縣內子町正體下堰之砌石護岸。

