

出國報告（出國類別：考察）

## 日本河川生態工法考察報告

服務機關：行政院公共工程委員會

姓名職稱：郭清江 副主任委員

李顯掌 技正

派赴國家：日本

出國期間：93年11月21～26日

報告日期：94年02月04日

# 摘要

台灣於 921 大地震後，開始大規模應用生態工法從源頭整治重建區集水區崩塌地，因成效良好，在工程會於 2002 年起大力推動下，已陸續應用至河溪整治、道路等各類工程。

日本推動生態工法已 20 多年，由於日本的地理環境、氣象條件都與台灣相近，其生態工法推動之經驗及發展之技術，值得國內效法。故派員實地瞭解日本河溪以生態工法推動及整治之相關經驗，以作為國內未來推動生態工法之重要參考。

本次考察內容為日本自然共生研究中心、木曾三川公園中心、長良川河口堰魚道、三面川鮭魚復育，及矢作川、農具川生態工法採用生態工法之現況等。

# 目次

摘要	.....	1
目次	.....	2
圖目錄	.....	3
表目錄	.....	5
第一章、考察目的	.....	6
第二章、考察過程	.....	7
第三章、考察地點簡介	.....	14
壹、自然共生研究中心	.....	14
貳、長良川河口堰魚道	.....	29
參、矢作川生態工法	.....	32
肆、三面川鮭魚復育	.....	42
伍、農具川生態工法	.....	44
第四章、結論與建議	.....	49
壹、結論	.....	49
貳、建議	.....	50
附錄 攜回相關資料	.....	51

# 圖目錄

圖 2-1	赴日本考察河川生態工法案路線圖	8
圖 2-2	萱場祐一先生說明實驗設施	8
圖 2-3	自然共生研究中心之實驗河川	9
圖 2-4	自然共生工法展示場	9
圖 2-5	木曾三川自然之美	9
圖 2-6	長良川河口堰及觀察室	10
圖 2-7	市木川美景及石籠護岸	10
圖 2-8	矢作川美景及考察團合影	11
圖 2-9	內水面水產試驗場圍牆倒塌	11
圖 2-10	內水面水產試驗場周邊農田土壤液化現象	12
圖 2-11	村上市大觀莊(Hotel Daikansou)全景	12
圖 2-12	村上市三面川及民眾於岸邊釣鮭魚情形	13
圖 2-13	大町市農具川	13
圖 3-1	自然共生研究中心位置圖	14
圖 3-2	自然共生工法展示場配置圖	17
圖 3-3	自然河川與人工棲地對生態復育成效比較	25
圖 3-4	長良川河口堰位置圖	29
圖 3-5	魚類洄游及蟹類攀爬情形	30
圖 3-6	集中水流式階梯魚道及其水路出口之湍流	30
圖 3-7	魚道中之蟹類攀爬及魚類	30
圖 3-8	淺灘式魚道及保護墩	31
圖 3-9	淺灘式魚道上游端橡皮壩	31
圖 3-10	淺灘式魚道內之魚類	31
圖 3-11	矢作川位置圖	32
圖 3-12	市木川丁壩工	33
圖 3-13	市木川石籠護岸	33
圖 3-14	矢作川丁壩群之景色	34

圖 3-15	矢作川砌石丁壩沖刷示意圖	35
圖 3-16	框架式丁壩竣工時全景	35
圖 3-17	框架式丁壩現況	36
圖 3-18	柳枝工使用之材料	37
圖 3-19	柳枝工構造平面圖及立面圖	37
圖 3-20	柳枝工施工程序	38
圖 3-21	柳枝工完成後景況	39
圖 3-22	志貴野護岸施工及完工後全景	40
圖 3-23	八帖護岸施工及完工後全景	40
圖 3-24	高橋緩坡護岸	41
圖 3-25	矢作川固床工及魚道	41
圖 3-26	三面川攔捕鮭魚情形	42
圖 3-27	鮭魚人工繁殖流程	43
圖 3-28	村上鮭魚博物館	44
圖 3-29	農具川位置圖	45
圖 3-30	農具川生態工法施作工區位置圖	45
圖 3-31	木框架卵石固床工	46
圖 3-32	人工深淵深潭及魚道	46
圖 3-33	砌石低水護岸	47
圖 3-34	木樁框架卵石低水護岸	47
圖 3-35	蛇籠低水護岸	48
圖 3-36	混凝土塊護岸	48

# 表目錄

表 2-1 赴日本考察河川生態工法案行程表

7

## 第壹章、考察目的

台灣的雨量及溫度分佈變化大，在如此特殊之地理環境下，成為豐富的自然生態環境寶島，孕育出豐富的原生物種高達 36,000 種，其中更有 33% 屬於台灣特有種。惟過去幾十年來，由於台灣工程建設的推動，主要係配合國家經濟發展目標，在只重功能及安全的偏差下，長期忽略對環境景觀生態的影響，導致島內豐富的自然生態環境頻頻遭到破壞，形成到處都是水泥化的建設，違背自然的工程文化。以工程萬能、人定勝天的觀念，對大地進行豪取掠奪，勢將造成大自然的反撲。

近年來，全球氣候變遷使得我們面臨大自然更嚴酷的挑戰，如 2001 年的桃芝、納莉颱風，2004 年的敏督利颱風及艾利颱風，帶來的累積降雨量讓寶島承受重大打擊，大自然一再展現它的威力，讓我們更加體認工程建設「順應自然、學習自然」的重要。隨著觀念與價值觀的轉變，只重功能及安全之工程設計理念已經有改革的必要了，生態工法之推動，為台灣工程建設及生態環境帶來新的契機。

生態工法從德國及歐洲其他國家發展出來已經 60 多年，在美國也發展了 40 多年，鄰近的日本則推動了約 20 多年。台灣則是於 921 大地震後，開始大規模應用生態工法從源頭整治重建區集水區崩場地，因成效良好，在工程會於 2002 年起大力推動下，已陸續應用至河溪整治、道路等各類工程。

1987 年 367 個日本民間團體募集了 11 億日圓的資金成立河岸整備中心，針對水域及周邊空間的生態、保全和利用等相關技術進行調查研究工作，並透過大量的推廣應用，以創造安全與豐富的國土建設；日本政府在 1997 年所修正新的河川法之中，將生態工法訂為各項河川工程必須遵守的準則，1998 年進而成立自然共生研究中心以進行相關的野地試驗，發展符合環境保育目標之河溪新技術，供河溪整治之參考，並逐漸發展出適合日本本土環境特性的生態工法。由於日本的地理環境、氣象條件都與台灣相近，其生態工法推動之經驗及發展之技術，值得國內效法。爰本次考察主要目的係派員實地瞭解日本河溪以生態工法推動及整治之相關經驗，以作為國內未來推動生態工法之重要參考。

## 第貳章、考察過程

### 壹、行程

本次係由工程會郭副主任委員清江率同李顯掌技正赴日考察，另辦理工程會委託研究計畫本土化水域生態工法技術之研究之計畫主持人梁文盛博士亦配合隨同參訪，本次行程由日本豐橋技術科學大學名譽教授中村俊六先生接待陪同參訪解說，考察時間為 2004 年 11 月 21 日至 26 日（行程詳表 2-1 及圖 2-1）。主要係考察日本自然共生研究中心及木曾川、長良川、矢作川、三面川、農具川等河川之採用生態工法之現況。

表 2-1 赴日本考察河川生態工法案行程表

日期	地點	行程	考察內容
93.11.21	台北→名古屋(Nagoya)→小牧(Komaki)	去程	去程
93.11.22	小牧→岐阜(Gifu)→小牧	1.參訪自然共生研究中心 (Aqua Restoration Research Center) 2.參觀木曾三川公園中心 (Kiso Sansen Park Center) 3.考察長良川河口堰 (Nagara River Estuary Barrage)	1.瞭解自然共生研究中心設施及運作情形。 2.遠眺木曾三川(木曾川 Kiso River、長良川、揖斐川 Ibi River)整治之美。 3.實地瞭解魚道設施。
93.11.23	小牧→豐田(Toyota)→安城(Anzyou)→小牧	1.考察市木川(矢作川上游支流) 2.考察矢作川(Yahagi-gawa)	實地瞭解矢作川相關護岸、固床、丁壩等設施採用之工法。
93.11.24	小牧→新潟(Niigata)	1.車程(上午) 2.新潟縣內水面水產試驗場 (Niigata Freshwater Fisheries Research Center)	車程，並順道了解新潟大地震造成之災害現場。
93.11.25	新潟→長野(Nagano)→小牧	1.考察三面川( Miomote-gawa)及參觀上鮭魚博物館 (Salmon center) 2.考察農具川 (Nohgu-gawa)	1.瞭解三面川鮭魚復育情形及相關做法。 2.實地瞭解農具川相關護岸、固床等設施應用之工法。
93.11.26	小牧→名古屋→台北	回程	回程





圖 2-1：赴日本考察河川生態工法案路線圖

## 貳、考察過程

### 一、木曾三川流域

本次赴日考察第二天（11月22日），主要訪查木曾川河系相關設施，第一站為位於岐阜縣之自然共生研究中心（Aqua Restoration Research Center），由該中心主任萱場祐一先生接待，帶領我們一行人參觀研究中心現場設施及說明相關研究成果。



圖 2-2 萱場祐一先生說明實驗設施



圖 2-3 自然共生研究中心之實驗河川



圖 2-4 自然共生工法展示場

午餐後趕赴木曾三川公園中心，木曾川、長良川、揖斐川等三條河川在此交會，該中心主要是介紹木曾三川流域發展之歷史及風土自然景觀，從高 65 公尺之瞭望臺以 360 度視野遠眺，木曾三川的雄偉及景觀生態之美一覽無遺。



圖 2-5 木曾三川自然之美



下午參觀長良川河口堰魚道工程，並於左岸階梯式魚道旁之生態觀察室實地了解魚類迴游情形，及觀賞魚類迴游記錄影片，可見日本除設置工程外，亦不忘利用相關設施大力進行教育宣導。



標示牌



長良川河口堰



觀察室放映之紀錄片



觀察室中之魚道景象

圖 2-6 長良川河口堰及觀察室

## 二、矢作川流域

11 月 23 日係參訪矢作川流域使用生態工法整治之情形，一早即趕往矢作川上游支流市木川，該河川屬於野溪，環境優美，以砌石丁壩導正流心保護護岸，護岸採石籠並覆土植生，放眼望去，幾乎已看不出石籠結構。



圖 2-7 市木川美景及石籠護岸

中午時分到達矢作川東海新幹線下游左岸處，參觀福留脩文所建造之砌石丁壩群，該處風景優美，河川生態環境良好，本日恰為日本勞動休息日，適逢民眾在此網魚野餐，透過中村俊六先生之翻譯，我們一行人與日本民眾短暫交流互動，互相留下美好的回憶。



圖 2-8 矢作川美景及考察團合影

下午沿著矢作川河岸道路，沿途參觀柳枝工護岸、框架式丁壩、固床工及魚道等各種生態工法工程。

### 三、新潟之旅

11月24日由中村俊六教授帶著考察團一行人遠赴新潟縣，下午到達新潟時，已看不太出10月23日新潟大地震發生之景象，日本災後快速復原能力值得台灣效法。

途經新潟縣時，順道參訪北魚沼郡之內水面水產試驗場，從倒塌之圍牆及周邊農田產生土壤液化之現象，稍可知道地震曾在此肆虐。

晚上夜宿村上市大觀莊(Hotel Daikansou)，晚餐後，考察團一行人在旅館大廳向中村俊六先生請益生態工法及如何維護河川橋樑安全等相關問題，獲益良多。



圖 2-9 內水面水產試驗場圍牆倒塌

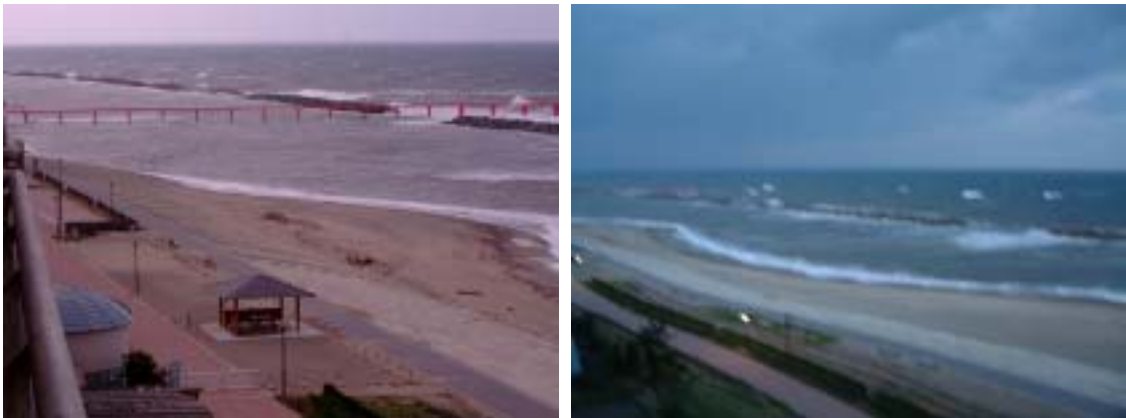


圖 2-10 內水面水產試驗場周邊農田土壤液化現象



大觀莊外觀

離岸堤



周邊之沙灘景色

圖 2-11 村上市大觀莊(Hotel Daikansou)全景

#### 四、三面川及農具川

11 月 25 日上午參訪新潟縣村上市三面川鮭魚復育情形，並參觀村上鮭魚博物館。到達三面川時，當日適逢每一年一度開放給民眾釣鮭魚的日子，有甚多民眾購買許可證後於現場釣鮭魚，場面甚為熱鬧。





圖 2-12 村上市三面川

下午趕赴長野縣參觀農具川以生態工法整治成果，整體之景觀配合鄉野農村之景色，極富自然之美，沿著該河川參觀砌石、木樁框架內填卵石、蛇籠等各類型護岸、木樁框架內填卵石固床工及木樁魚道等各類型生態工法整治工程後，結束在日本最後之參訪行程。



圖 2-13 大町市農具川

## 第參章、考察地點簡介

### 壹、自然共生研究中心（AQUA Restoration Research Center）

自然共生研究中心位於岐阜縣笠松町木曾川右岸，佔地約 13.5 公頃，包括研究大樓及實驗場(含實驗池及實驗河川)，另於研究中心實驗場之西側，木曾川之支流新境川(北派川)河口兩岸設置自然共生工法展示場。

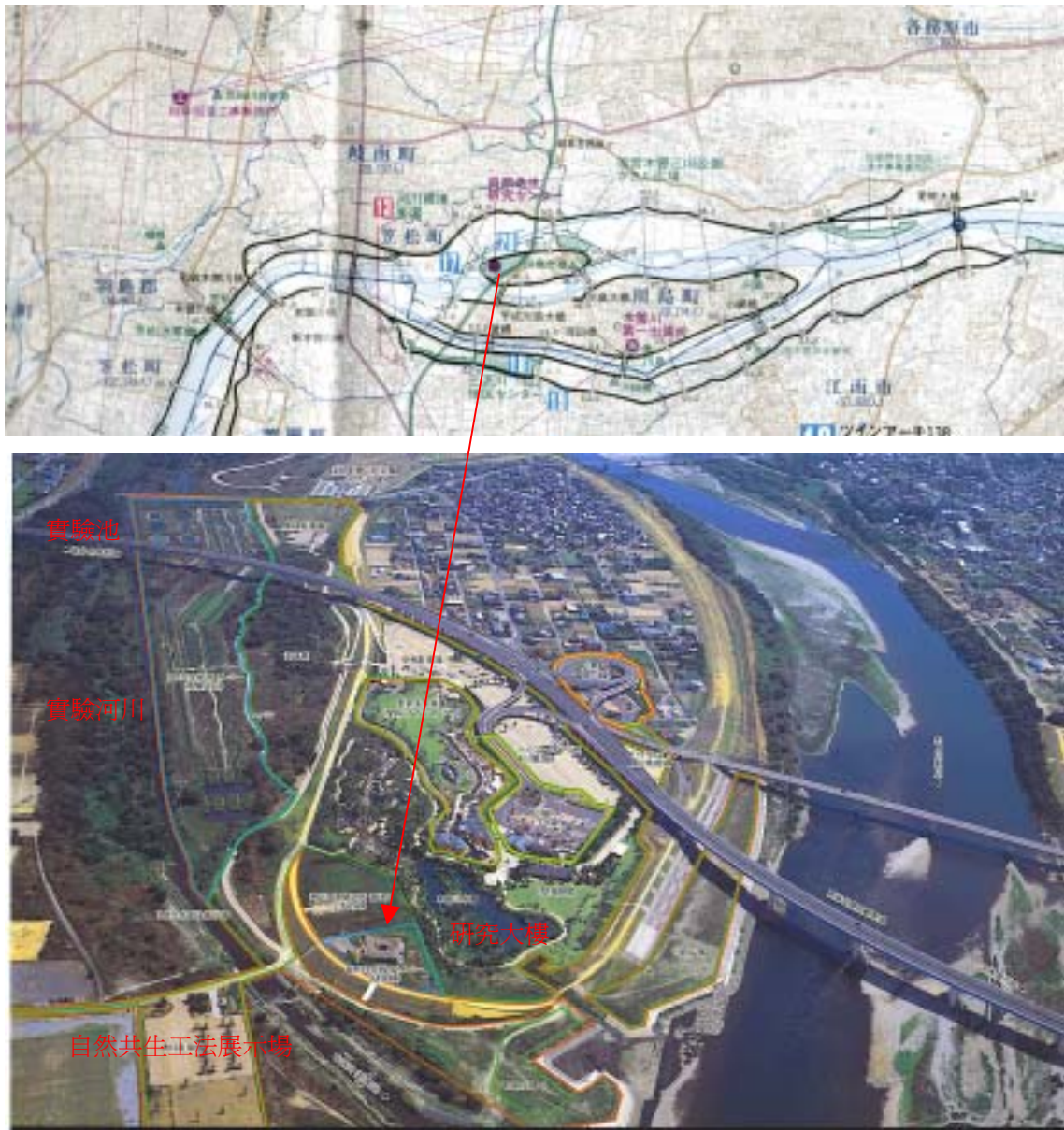


圖 3-1：自然共生研究中心位置圖

日本為保護河川自然環境，於 1987 年即開始推動河川生態工法，然經歷了十多年後，仍然僅能藉由實際工程之錯誤經驗，逐步改善，加以河川、湖泊等水域自然環境保護如何與人類共存之研究，涉及生態、水利、土木等不同領域，爲了

能進行河川、湖泊等水域自然環境保護、復育之基礎應用研究，以建立相關基本觀念及技術，並推廣應用至各界，日本建設省(Ministry of Construction)下之土木工程研究所(Public Works Research Institute)於 1996 年提出自然共生研究中心計畫，並於 1997 年建造完成，整建經費約 6 億日圓，1998 年成立後即進行初步之實驗，1999 年全面展開相關研究。

土木工程研究所配合日本政府組織改造，現已成為獨立行政法人組織，所屬之自然共生研究中心，每年預算約 1 億日圓（不包括外來相關的研究經費），主要係由建設省補助。該中心目前共聘有 8 位研究人員，只有 2 位屬於土木工程研究所正式編制人員，其餘 6 位皆為外聘人員，在有限的人力下，係透過與學校、研究團體合作進行相關研究。

研究課題主要為棲地環境復育、維護本土濱溪植物、水質淨化等基礎研究，並進行魚類保全、魚道技術及護岸工程之新材料、新工法之開發等應用研究。透過這樣的基礎與應用研究工作，使得日本能夠真正的發展出適合本土環境特性的生態工法。

河溪整治計畫除目前已考慮河溪本身之生態系統外，尚需考慮流域上中下游之整體特性，自然共生研究中心未來之研究方向，將擴及流域內之洪水平原、生物廊道及土地利用等。

## 一、研究設施概述

### (一) 研究大樓

研究大樓包含研究部門、資料控制室、水質試驗室及對外公開之圖書室與訪客室等。可透過資料控制室之寬銀幕及遙控相機展現相關實驗成果。

### (二) 實驗場

為能發展出可保護民眾生命財產安全，及有益於水生物及濱溪植物與環境保育之河溪工程新技術，並期能獲得民眾之支持，故設置實驗池、實驗河川，以進行各種生態工法技術之實地驗證。

#### 1. 實驗池

為了解水生植物與混凝土鋪面對水質淨化功能之差異性，設置 6 個長徑 50m、短徑 30m 之實驗池，二個實驗池以混凝土襯砌，其他 4 個實驗池則僅以土壤鋪蓋促進水生植物之生長，透過實驗驗證湖岸植物之水質淨化等生態功能。



#### 2. 河川植物復育區

砂洲上之植物常遭外來種之侵害，本區域之研究在於找出本土種與外來種之競爭關係，並發展保育本土植物之有效方法。





### 3.實驗河川

共有 3 條長 800m，坡度 1/200~1/800 之實驗渠，進行河川生態相關實驗。

實驗河川 A：直線型護岸，河底寬為 2.5m。

實驗河川 B、C：2 條實驗渠形狀相同，皆為蜿蜒型河岸，河底寬 2.5~6m。

		<p>(1)配水池：由新境川引水入配水池，由配水塔控制流量，實驗渠之基流量為 0.1 cms，最高流量 4cms 以模擬洪水狀況。</p>
		<p>(2)上游蜿蜒段：長 180m，坡度 1/200~1/400，本段實驗著重於研究蜿蜒河道演變過程產生深潭與淺瀨之生態功能，供河溪復育計畫執行之應用。</p>
		<p>(3)復育段：長 100m，坡度 1/800，此段係以不同之人工構造物營造多樣化棲息環境，進行河溪棲地復育之實驗。</p>
		<p>(4)淹沒段：長 110m，坡度 1/800，低水河槽兩側有狹窄之高灘地，用以進行灘地基本特性之實驗，例如不同高程灘地對植生之影響。</p>
		<p>(5)迴水段：長 110m，坡度 1/800，可提供魚類產卵育苗之棲地，並為洪水時之避難所。本段之實驗係研究迴水區形狀、水流循環與棲息環境間之關係。</p>
		<p>(6)下游蜿蜒段：長 180m，坡度 1/280，本段為濱溪植物重要生活空間，就不同材料、工法之護岸進行分析，研究適合動植物之生活環境，供河溪生態復育計畫執行時之參考與應用。</p>
		<p>(7)其他設施：設有生物發信機，利用電波強度來追蹤調查生物活動蹤跡。</p>

### (三) 自然共生工法展示場

自然共生工法展示場位於新境川(北派川)河口兩岸，共有 30 個企業集團參與，將日本實際應用於各河川之護岸工法，以實體之方式集中構築於新境川兩岸，並進行相關研究，將成果提供大眾研習與參觀。

展示區分為上游工區及下游工區，中間以進入自然共生研究中心通道橋梁為界，上游工區於右岸，設置長 150m 共 15 種工法之展示區；下游工區則於兩岸，設置長 200m 共 15 種工法之展示區，合計展示 30 種護岸工法，目前自然共生研究中心人員正積極研擬評估各項工法優劣之原則及評估方法，初步研擬之評估項目包括工法之透水性、多孔隙性、植生覆蓋率等。

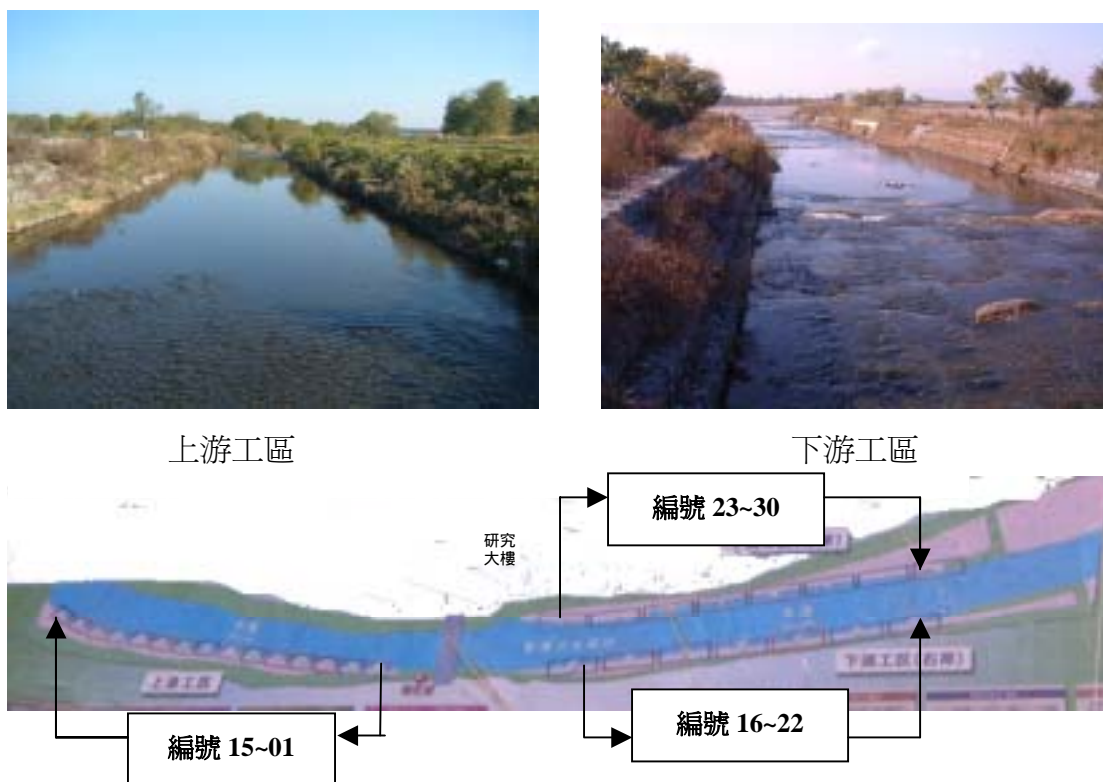










圖 3-2：自然共生工法展示場配置圖





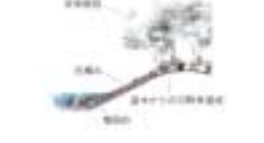

現場展示之工法簡介如下：

#### 1. 上游工區






編號	工法名稱	說明	圖片
01	板框交叉工法 (賜福株式會社)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 以木條隔成板框，內填卵石。</li> <li>2. 價廉且易於施工。</li> <li>3. 調查內填材料之生態性、植生恢復狀況及內填料之抗水流安定性。</li> </ol>	



編號	工法名稱	說明	圖片
02	混凝土塊護岸 (株式會社安部工業所)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 採用火力電廠廢棄之石炭灰，經化學處理後之新材料，製作透水性混凝土塊，具吸附、陽離子交換及觸媒等三大機能。</li> <li>2. 調查植生效果及生物生息狀況。</li> </ol>	
03	混凝土塊植生工法 (松岡混凝土工業)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 以 25% 空隙率之混凝土塊，經覆土後植生。</li> <li>2. 透水空隙可供植物生長，其根系可確保土壤之安定性。</li> </ol>	
04	框形混凝土植生工法 (株式會社丸治混凝土工業所)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 於混凝土框內填充綠化基材，下鋪防止土壤流出網，具保濕性，促進植物生長。</li> <li>2. 調查綠化基材之效果及防止土壤流出網之功能。</li> </ol>	
05	混凝土塊植生工法 (南濃混凝土工業株式會社)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 混凝土塊空隙內填卵石及土壤，並植生調查安定性及植生恢復狀況、植被率、植物種類等。</li> </ol>	
06	板框交叉工法 (日東工業株式會社)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 價廉易施工，可植生綠美化。</li> <li>2. 調查內填材種類所產生之生態、植生恢復及受水流力之安定性。</li> </ol>	
07	木框護岸工法 (歧建株式會社)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 利用木材框配合填料植生。</li> <li>2. 調查流況對護岸之侵蝕狀況、植生恢復情況及工法通用性。</li> <li>3. 採用多孔混凝土塊保護水邊河床變化。</li> </ol>	
08	自然植生護岸 (岩石建設株式會社)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本土植生可形成多樣性環境。</li> <li>2. 鋪設耐沖蝕性之植物生長基盤，不以人工播種或植栽，使植物自然生長。</li> </ol>	
09	植生袋工法 (株式會社扇屋)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 於坡面鋪設地工織布後，其上鋪設及固定植生袋。</li> <li>2. 分三部份植生，即播種、移植本土種及移植本土種與外來種。</li> <li>3. 調查坡面安定、覆蓋率、植物生長狀況。</li> </ol>	







編號	工法名稱	說明	圖片
10	土砂鋪面工法 (西野建設株式会社)	1.於混凝土保護工上緣至地表僅以土砂鋪設後植生之工法。 2.改善濱溪環境。	
11	植生袋工法(岩石建設株式会社)	1.植生袋中裝填細砂、現地土壤及肥料、供植物生長。 2.調查使用於河川護岸坡面之耐蝕性及植物生長機能。	
12	連續纖維複合補強工法(日特建設株式会社)	1.連續纖維混合砂質土構成之護岸，未使用混凝土。 2.植物全面生長形成自然護岸。 3.調查植生導入之差異性、植生與生態系統之多樣性。	
13	龜甲石塊護岸 (多自然型川建設協力会)	1.採龜甲形金屬網，以特殊 U 形網固定卵石，金屬網之抗拉強度較一般菱形網高 1.6 倍。 2.石塊之間隙可自然植生，創造自然景觀。	
14	大林式土壤改良天然石護岸 (株式会社東海建設)	1.利用杉、檜等樹皮再生利用為土壤改良劑。 2.採用天然石作護岸，零環境負荷。	
15	自然素材堆疊法 (株式会社岐阜造園)	1.石材以三種方式堆疊配合容器苗木植栽。 2.調查不規則空隙對生物之影響、濱溪植物之變化。	 

## 2.下游工區右岸

編號	工法名稱	說明	圖片
16	箱籠工法(三立產業株式会社)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.箱籠為柔性之菱形網與剛性之溶接網製品，內部可填充現場土石料或混凝土屑，外部配合使用植栽製品。</li> <li>2.調查水邊生態系及陡坡植生狀況。</li> </ol>	
17	土籠工法(株式会社市川工務店)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.類似箱籠工法，內部使用補強混凝土，有效利用混凝土屑、木屑等填充材料，可供植物生長。</li> <li>2.調查植生恢復功能。</li> </ol>	
18	鑄田籠(株式会社岡本)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.以鑄鐵製造之箱籠，內填卵石。</li> <li>2.調查生物棲息環境及植物成長速度。</li> <li>3.調查對自然共生型河川工程之影響。</li> </ol>	
19	環保塊組合法(株式会社赤羽混凝土)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.環保塊臨水側中空，可容土植栽。</li> <li>2.環保塊背部設排水孔，增加安定性。</li> <li>3.可配合邊坡角度施作至 0.5H : 1V。</li> <li>4.高水時，中空部份成為魚類之避難空間。</li> <li>5.調查現地土壤與客土植生狀況比較。</li> </ol>	
20	木排樁工法(共和混凝土工業株式会社)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.使用木樁排列成階梯形狀，並於階梯填土植栽，改善河岸生態環境，木樁腐蝕後成為有機質。</li> <li>2.調查植生狀況及木樁腐蝕情況。</li> </ol>	

編號	工法名稱	說明	圖片
21	大型階梯工法 (昭和混凝土工業株式会社)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.以木料構築大型階梯式護岸，考慮河川水位之升降，提供魚類避難空間，表面具景觀及導水效果。</li> <li>2.調查大型生態保育空間之重要性、魚類與水生物之多樣性、水域與陸域植生之連貫性。</li> </ol>	
22	多段式護岸 (丸榮混凝土工業株式会社)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.以預鑄混凝土塊依現地狀況構築之多段階梯式護岸。</li> <li>2.調查植生種類。</li> </ol>	

### 3.下游工區左岸

編碼	工法名稱	說明	圖片
23	壓縮土塊護岸 (岐阜大學產官學融合中心)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.將纖維與泥土壓成土塊替代混凝土，配合植生形成綠化之護岸。</li> <li>2.調查壓縮土塊護岸之適用性。</li> </ol>	
24	天然資材植生護岸 (谷工產業株式会社)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.使用生物分解性之天然資材配合植生之護岸，以孟宗竹塑造水生物棲地。</li> <li>2.調查工法之適用性。</li> </ol>	 
25	親水型護岸 (株式会社宇佐美組)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.調查親水型護岸經年之變化。</li> <li>2.調查適合種植之花草。</li> <li>3.研究降低維護管理需求且可維持良好景觀之方法。</li> </ol>	

編碼	工法名稱	說明	圖片
27	麥草土壤工法 (Rye Soil) (綠化保全株式會社)	1.將基礎無機質資料(如混凝土)改良成可綠化植生之護岸。 2.植生之施作非採噴植,而係依植物之特性配植,以達多樣性目標。	
28	錨座式堆疊工法 (Lap Block) (環境工學株式會社)	1.調查土壤流出狀況。 2.調查植生恢復情況。 3.調查使用天然石材與混凝土附著生物與藻類之差異性。	
29	大型植生塊 (楫斐川工業株式會社)	1.通常以 1 : 1 之坡度疊置。 2.調查工法安定性、植生狀況及背後土壤流失狀況。	
30	環境及基腳保護工法 (日建工學株式會社)	1.調查防止背後土壤流失,並可供植生之效果。 2.調查促進基腳淤積並可移植植物以恢復自然型態之效果。	

## 二、相關研究成果簡介

### (一)棲地環境復育之研究

#### 1.自然生物棲地調查：

研究方法：利用實驗河川之蜿蜒段形成淺瀨、深潭、急流、潛流等水域環境，塑造自然生物棲地，調查魚類數量變化。

實驗期間：11/24/1998~1/6/2000。

流量控制：0.05~0.1cms。

調查分區：

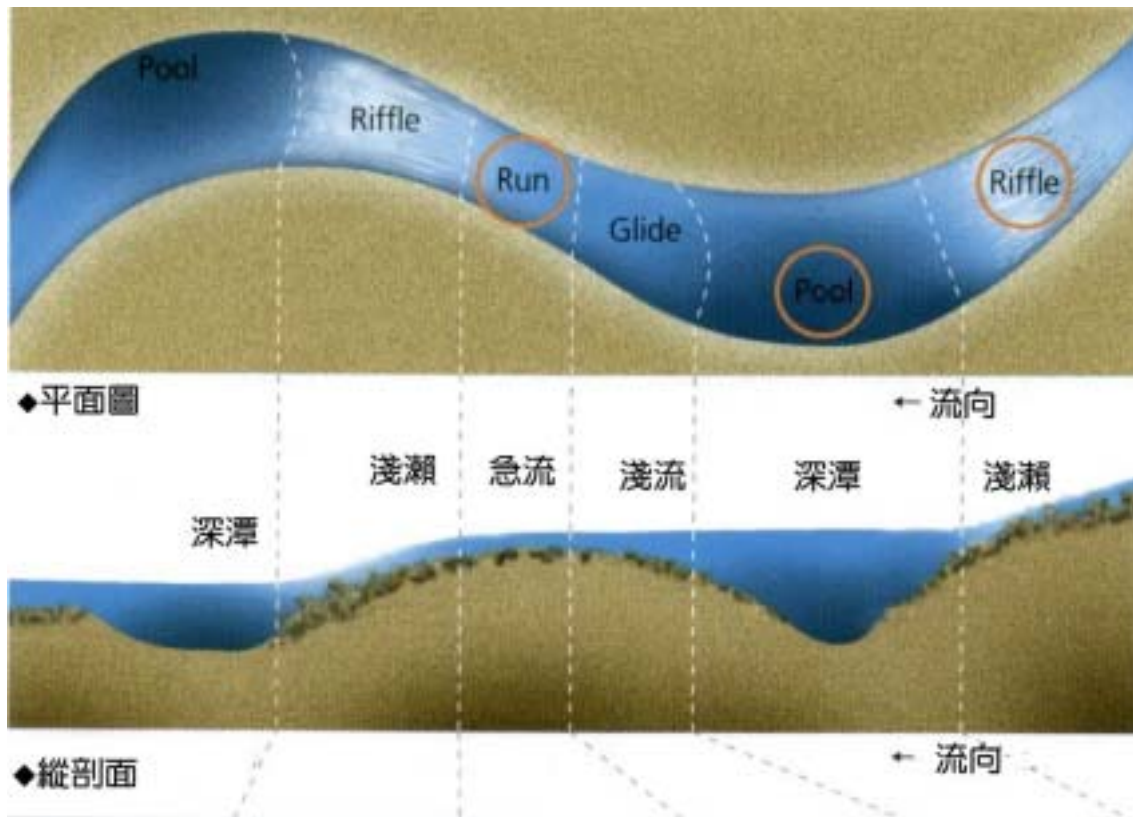
流水區：水流未受濱溪植物影響之區域，棲地包括淺瀨、深潭等。

植生區：濱溪植生垂直投影所涵蓋之水域面積。

調查次數：共6次，分別為1999年3月、5月、7月、8月、10月及12月。

調查方法：調查河段每段長約15m，以電魚法每次1分鐘，重覆3次，獲得之魚現場量測體長與重量，而後放回原河段。

研究水域之物理特性：



分區	淺瀨	急流	淺流	深潭
水深	淺	淺	稍深	深
水面	水花	漣漪	平靜	平靜
流速	甚快	快	慢	甚慢
河床	河床質散佈河床上	河床質嵌入河床，坡度平緩	砂與礫石	砂與泥

研究結果：

- (1)河溪中淺瀨與深潭之交互出現為河溪生態復育不可或缺之棲地環境。
- (2)河溪直線化會造成淺瀨與深潭消失，進而減少魚類棲地及魚類豐富度。
- (3)魚類豐富度(每單位面積獲得魚體濕重)以深潭最高，淺瀨次之，深潭魚類豐富度為急流及淺流之 10~20 倍。
- (4)植生區在水域所佔之比例愈高，魚類豐富度愈高(植生會因季節改變其形狀及密度，結果僅供參考)。
- (5)濱溪植生影響河溪魚類豐富度，但其影響程度不及淺瀨與深潭之棲地環境，故河溪生態復育除需考慮濱溪植物之種植外，河床之型態變化對生態棲地之提供更為重要。



## 2.人工棲地營造之研究

實驗目的：日本於1960至1980年代，河溪整治採用標準斷面，造成單一型態之生物棲地，並因河岸使用混凝土構造物而使濱溪植物消失。為了解利用人工構造物營造人工生物棲地之生態復育之成效，以改善河溪生態環境。

棲地營造方式：

- (1)形成局部沖刷坑，提供深潭棲地。
- (2)造成淤積灘地，促使自然河岸之形成。
- (3)常流量時控制流況，形成急流與緩流之流況。

使用工法：

工 法	說 明	照 片
翼形工 (Vane Work)	構築於河床上之三角木框架，內填卵石，迎水流端呈約 20° 角，當洪水來臨時，翼形工造成渦流而形成局部沖刷坑。	
樹幹工 (Log Work)	於洪水期間，木材造成” U” 形渦流，控制水流輸砂以維持局部沖刷坑，並控制深潭細顆粒沉澱之淤積。	
導流工 (Deflector)	由河岸向河心延伸，常流量時將沿河岸之流量導向河心，形成河心流速增加，並促使河岸附近形成緩流。	
木樁群 (Wooden Posts)	於河岸附近設置木樁群以降低流速，促使懸浮滓沉積而形成自然河岸。	
丘形工 (Mount Work)	沿河岸設置土丘以降低洪水時河岸附近之流速，促使懸浮滓沉積而形成自然河岸。	
淺灘 (Riffle Work)	以洪水時不會被移動之卵塊石，舖設於河床，形成約 1/10 坡度之淺灘，下游則形成深潭。	

研究結果：

- (1)人工棲地營造後，實施人工棲地營造河段魚類之種類與個體數量均較人工棲地營造前為豐富，但仍不及蜿蜒河段中自然形成之淺瀨與深潭。
- (2)在既有河道中以人工構造物營造生物棲地可能導致防洪問題。
- (3)人工構造物之安定問題尚待進一步研究。

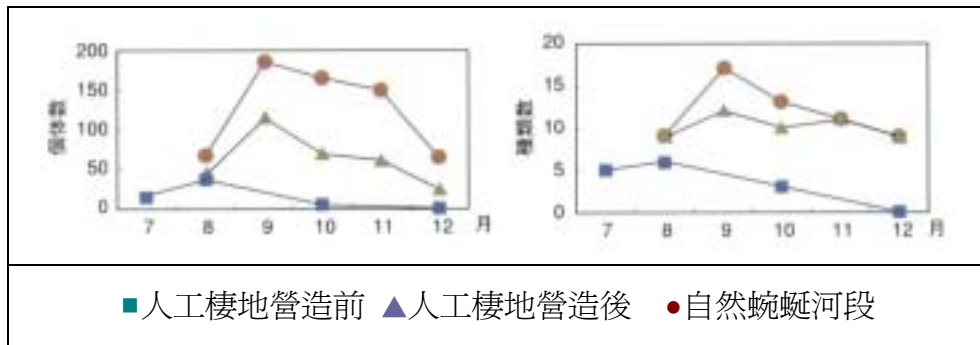


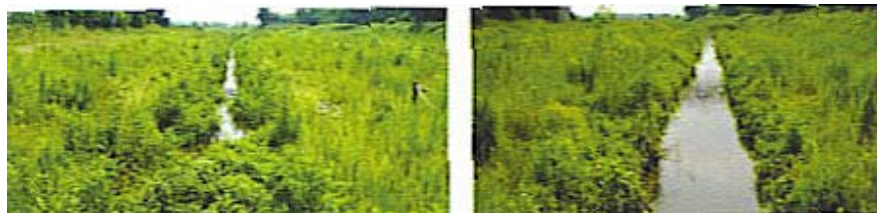
圖3-3：自然河川與人工棲地對生態復育成效比較

### 3.流量變化與棲地復育之關係

實驗目的：利用控制實驗河川之流量，以瞭解流量變化對河川生態環境之影響。

實驗結果：

- (1)洪水可維持並控制濱溪植物生長。
  - A.固定流量之實驗河川，濱溪植物生長茂盛，造成縮小河川斷面積並抬高水位。
  - B.流量變化(發生洪水)之實驗河川，可控制濱溪植物之生長，避免河川水位上升。

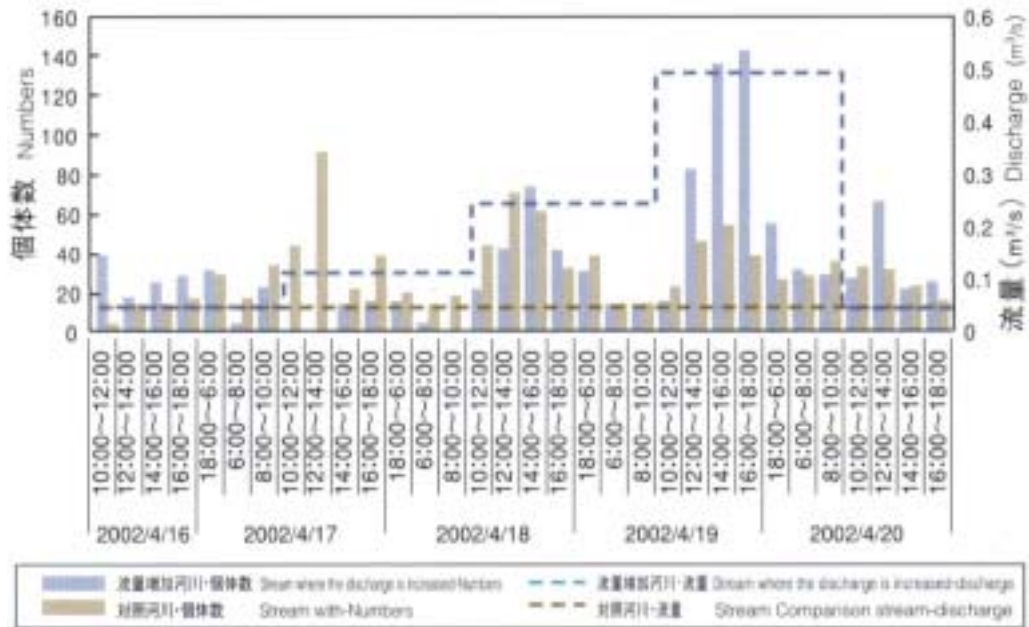


固定流量河川

人為洪水河川

- (2)洪水可沖掉沉積於河床石頭間之細粒土壤，改善河床狀況，並防止石頭遭受泥砂掩埋。
- (3)當藻類層較薄時，石頭上之藻類生長迅速，至變厚後，裏層因缺乏陽光照射，光合作用減緩而致生長變慢；故洪水沖掉石頭表層附著物後，可增加藻類生長並改善其品質供魚類食用。
- (4)當河床受洪水擾動後，河床石頭間產生空隙，提供溶氧量及水棲昆虫之棲息空間。
- (5)洪水將砂洲移動至下游，改變河床之急流與深潭之分佈，同時亦形成微棲地。

- (6)洪水過後裸露之砂礫石灘地，形成植物種子散播及停留之處所。
- (7)洪水沖掉沖積扇之植生、移動砂洲，使河溪灘地裸露再生，使生活於河溪灘地之生物得以存活。
- (8)水生物之生命週期與季節性洪水有密切關係，實驗結果顯示，高流量時魚類上溯產卵之數量比常流量時多。



研究結果：

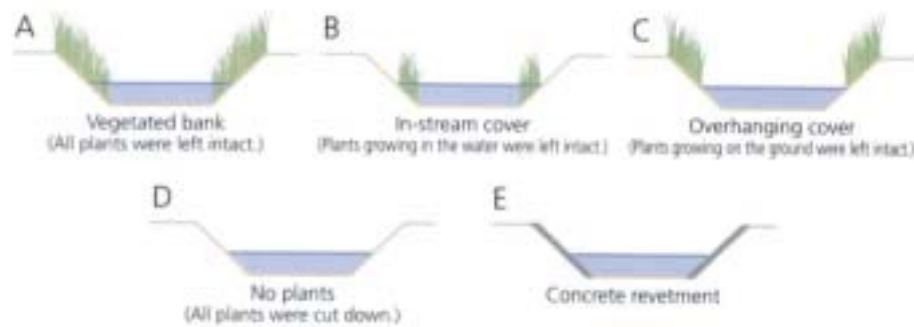
- (1)洪水季節之流量變化與河床型態、物質運移、濱溪植物之消長有密切關係，生活於河溪環境之生物適應於該環境，並相互依靠維生。
- (2)洪水季節之流量變化可改善微棲地、藻類生長、水生昆蟲棲息空間，並促進魚類上溯產卵，完成其生命週期。

#### 4.河溪邊界對棲地及水生物之影響

研究目的：驗證瞭解混凝土及植生河岸對水生物及棲地環境之影響。

實驗方法：

- (1)於實驗河川A中建置五種不同斷面，每種斷面長15m。



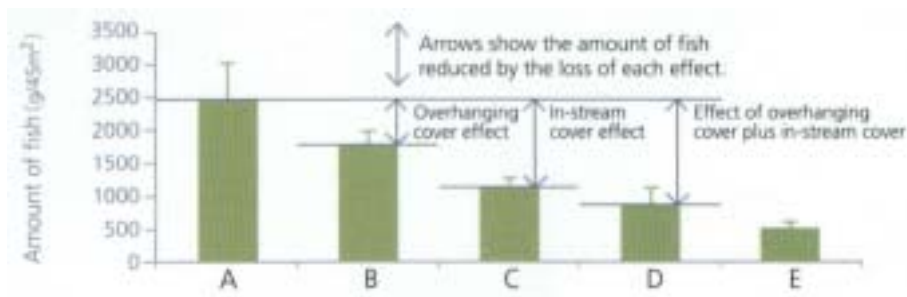
- (2)採電魚方式捕捉魚類與甲殼類以決定數量。
- (3)量測河川水理特性，包括水深、流速、底質組成及植生遮蔽之水域面積。

實驗成果：

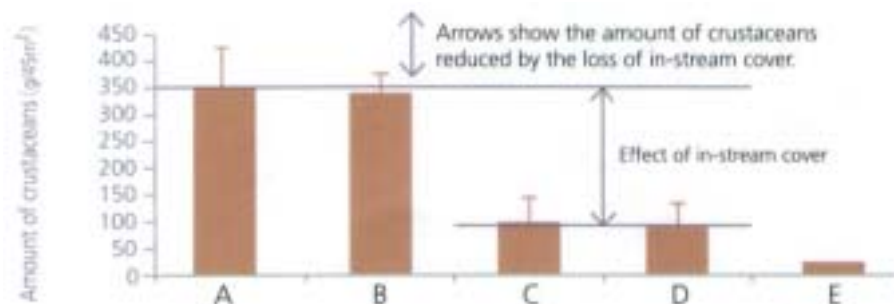
(1)河川物理特性量測成果

Class	Overhanging cover	In-stream cover	Current velocity near the edge of water
A : Vegetated bank	○	○	Slow
B : In-stream cover	×	○	Slow
C : Overhanging cover	○	×	Intermediate
D : No plants	×	×	Intermediate
E : Concrete revetment	×	×	Fast

(2)不同河岸覆蓋之魚類數量



(3)不同河岸覆蓋之甲殼類數量



研究結論：

- (1)河溪邊界之覆蓋形式與水生物之豐富度有極密切之關係。
- (2)水生植物可減低流速、消除能量，除保護河岸基腳外，並提供水生物產卵、孵育、成長及避難空間。
- (3)河岸濱溪植物提供水域遮蔽效果，與水生植物一併影響水生物之數量及分佈，為最佳之生物棲地，但僅有濱溪植物而無水生植物，則生物棲地不如水生植物。
- (4)裸露河岸與混凝土河岸無法提供水生物棲息環境。

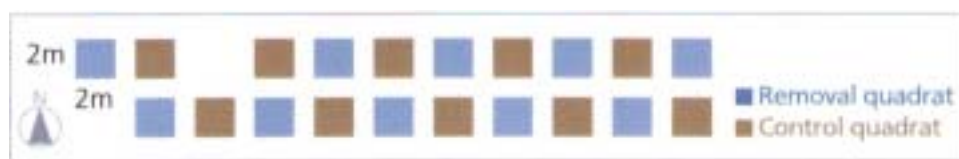
(二)維護本土濱溪植物

- 1.實驗目的：礫石河岸之濱溪本土種植物形成獨特之生態系統，近年來因人為引進外來種而致本土種逐漸消失。乃研究探討選擇性移除外來種植物對本土種再現及生長之效果。

2.實驗期間：2000年3月～10月，播種：3/2000，調查：10/2000

3.實驗方法：

(1)將實驗河段之河岸邊坡劃分成20個2m×2m之方格。

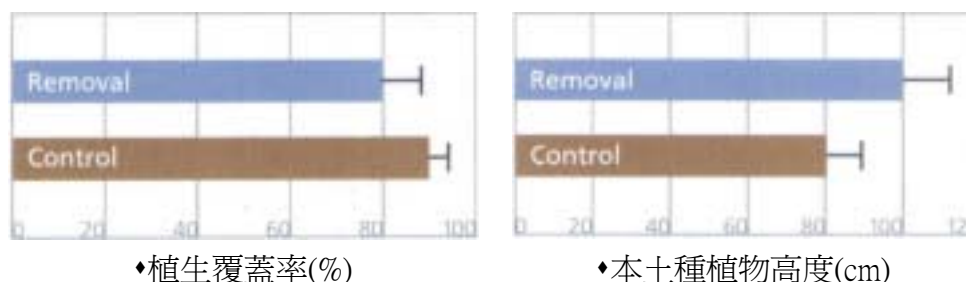


(2)各方格以溪邊之本土種植物種子播種於各方格內，其中10個方格每個月拔除格內之外來種植物(Removal)，而其餘10格則任其植物生長(Control)。

4.調查結果

(1)於實驗方格內共發現21種外來種植物。

(2)在拔除外來種植物之10個方格內，植生覆蓋率較低，但本土種植物高度較高。



(3)以 *Artemisia Capillaris*、*Potentilla Chinesis*、*Galium Verum*及 *Dianthus Superbus* 四種本土植物計數，在拔除外來種植物之方格內，其數量遠超過未拔除外來種植物之方格。

物種	外來種處理方式	方格數	平均值	最小值	最大值
Artemisia capillaris	拔除	10	90.6	26	210
	自由生長	10	40.3	4	108
Potentilla chinensis	拔除	10	0.8	0	3
	自由生長	10	0.2	0	3
Galium verum	拔除	10	14.3	0	68
	自由生長	10	3.6	0	24
Dianthus superbus	拔除	10	0.4	0	2
	自由生長	10	0	0	0

5.研究結果：

(1)外來種植物之侵入會導致本土種之多樣性及豐富度降低，進而破壞原有之生態環境。

(2)選擇性移除外來種植物為維持原有植生環境之有效方法。



## 貳、長良川河口堰魚道



長良川河口堰位於三重縣桑名市，在木曾川與長良川分流後，而長良川與揖斐川合流前，堰長約 640m，設有二段式控制閘門十座、船閘式魚道二座、二座階梯式魚道及一座淺灘式魚道，並於左岸階梯式魚道旁設觀察室，供觀察魚類上溯之行爲。



圖 3-4：長良川河口堰位置圖

### 一、船閘式魚道

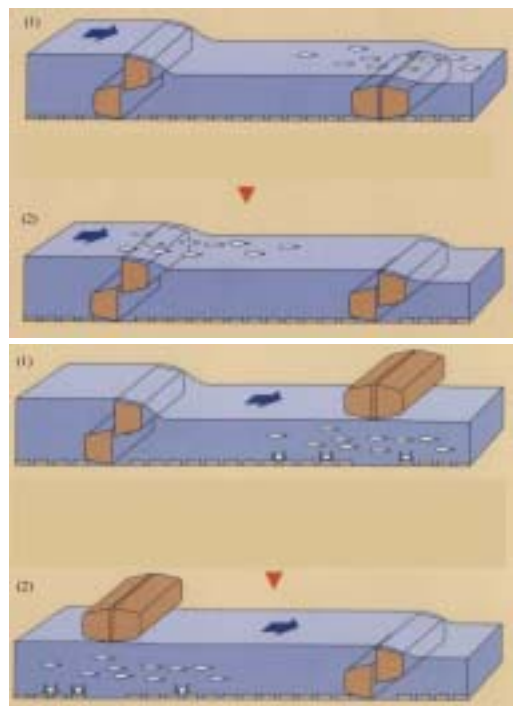
船閘式魚道係利用河中築壩(或堰)時，船隻通行其上下游所利用船閘之原理，使河溪中魚類得以洄游，其構造為魚道上下游各設置兩扇閘門，可各別開啓與關閉，利用各扇閘門開啓與關閉之組合，形成各種不同水位差與流況，供不同魚類洄游。

#### (一)浮游魚類洄游閘門操作方式

1. 關閉下游端閘門，降低閘門上下游水位落差，使浮游性魚類得以上溯。
2. 抬高下游側下游端閘門，使其上游水位抬升，減少與最上游閘門處水位之落差，使魚類得以再上溯至上游河溪中。

#### (二)底生魚類洄游閘門操作方式

1. 開啓下游側兩扇閘門，使魚類得以由閘門開口上溯。
2. 關閉下游側兩扇閘門，並開啓上游側兩扇閘門，使魚類得以再上溯至上游河溪中。



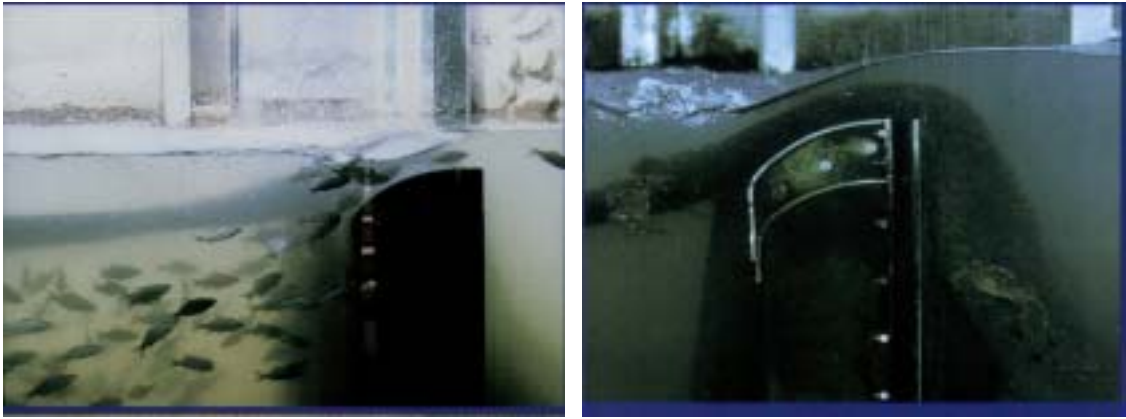


圖 3-5：魚類洄游及蟹類攀爬情形

## 二、集中水流式階梯魚道

類似傳統性之階梯式魚道，惟其中央提供無隔板之水道，形成水道出口處之湍流，以吸引洄游魚類之聚集。階梯魚道隔板間放置卵石，供魚類休息之環境，魚道隔板上放置連續之網索，供蝦蟹類攀爬上溯。



圖 3-6：集中水流式階梯魚道及其水路出口之湍流



圖3-7：魚道中之蟹類攀爬及魚類

### 三、淺灘式魚道

於河口堰右岸設置淺灘式魚道一座，長 320m、寬 15m，魚道鋪設卵石灘，防止鳥類傷害魚類之保護墩，並使魚道內之流水如自然河川般蜿蜒，魚道基腳植生並提供魚類躲避之空間。



圖 3-8：淺灘式魚道及保護墩

魚道上游端設置橡皮壩以控制水位，任一橡皮壩倒伏時，提供魚道較多之水量及較高之水深，供魚類洄游上溯。



圖 3-9：淺灘式魚道上游端橡皮壩



圖 3-10：淺灘式魚道內之魚類



## 參、矢作川生態工法

矢作川發源於長野縣下伊那郡平谷村境內之大川入山(標高 1,908m)，流經長野、岐阜及愛知三縣，於西尾市流入三河灣，全長 117km，流域面積 1,906km<sup>2</sup>，約八成為花崗岩地質，其風化的砂石讓矢作川成為典型的砂質河川，流域多處河岸以柳枝工護岸、砌石丁壩等考量生態之方式施作。

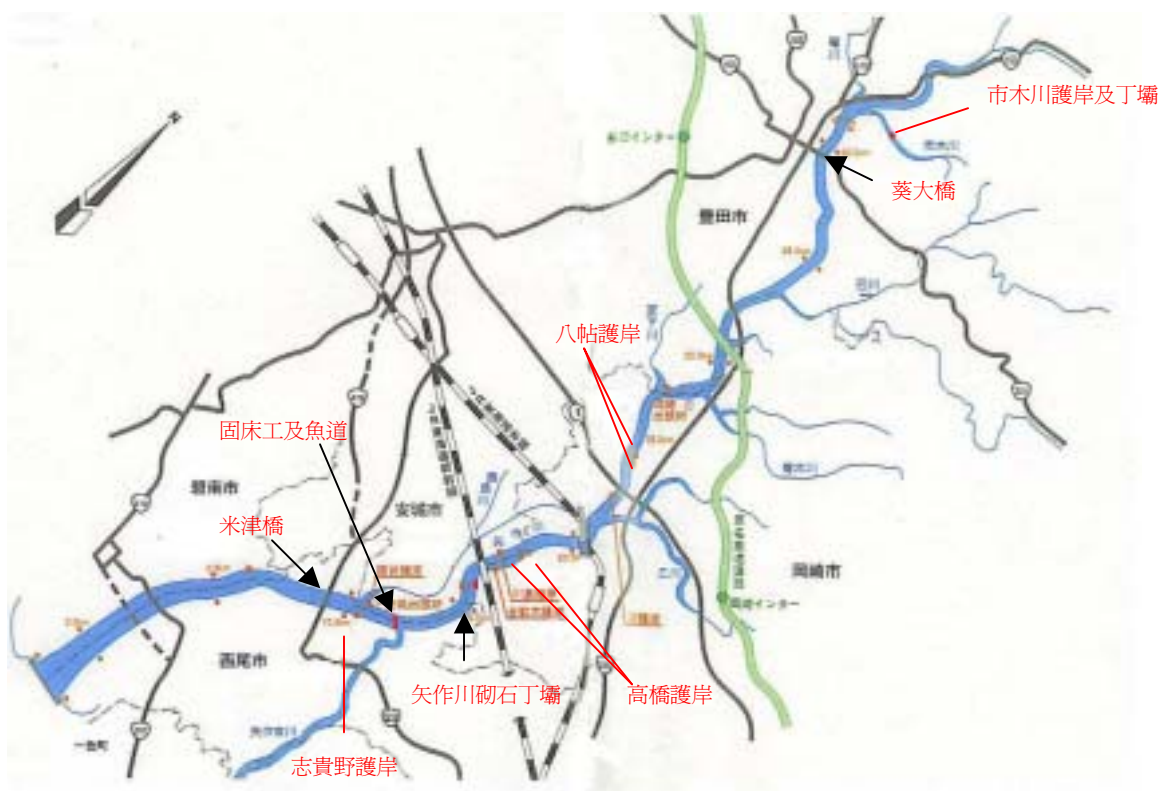


圖 3-11：矢作川位置圖

### 一、丁壩工

為達到挑流、護岸及養灘之目的，沿矢作川河岸施作多處砌石或框架丁壩工。

#### (一)市木川砌石丁壩

市木川為矢作川之支流，屬山區野溪，溪床塊石散佈，為避免河岸淘刷乃於兩岸佈設丁壩工。丁壩工係以砌石構築，伸入溪流方向約與岸邊垂直，現場勘查結果，丁壩發揮導正流心及保全護岸之功能。此種丁壩工之石塊除主石採用較大石徑且固定排列外，其餘石塊則類似拋石設置，遇洪水時，則自然緊密排列。

於橋梁下游右岸丁壩工之位置似不恰當，導致橋墩與丁壩間之河床刷深，恐有造成基礎裸露之虞，經了解係因橋樑由其他單位在丁壩工完成後另案施作所致。



上游右岸丁壩



橋樑下游右岸丁壩



橋樑下游左岸丁壩



下游右岸丁壩

圖 3-12：市木川丁壩工

另河岸係採石籠並覆土植生，經過本(93)年度之洪水，覆土部份雖有局部破壞，但蛇籠完整無缺。



圖 3-13：市木川石籠護岸

(二) 矢作川砌石丁壩群

位於矢作川主流(約 16.5km 處)、東海新幹線下游左岸，共計約有十座之砌石丁壩，為福留脩文先生所建造，





塊石均整齊排列，依現場本(91)年颱風淹水遺留之痕跡研判，淹水高度超過 4m，此砌石丁壩群應已達到於此次颱風洪水時保護護岸之功效。



砌石丁壩



颱風淹水遺留之痕跡



景色優美生態豐富

圖 3-14：矢作川丁壩群之景色

現場勘查發現第一座丁壩之上游面河岸形成沖刷而內彎，依現況研判，其上游面之淘刷可能導致丁壩受洪水沖毀之虞。經考察團現場討論研判，第一座丁壩上游側沖刷之原因如下：

- 1.於第二座丁壩對岸(右岸)，因設置箱籠，而致其下游淤積使河道變窄，其上游亦因形成砂洲之影響，而致河床淤積。

2.因右岸淤積，導致水流偏向左岸，水舌正向衝擊第一座丁壩工上游面，左岸第一座丁壩上游已有砂洲淤積更加劇沖刷。



第一座丁壩



右岸箱籠

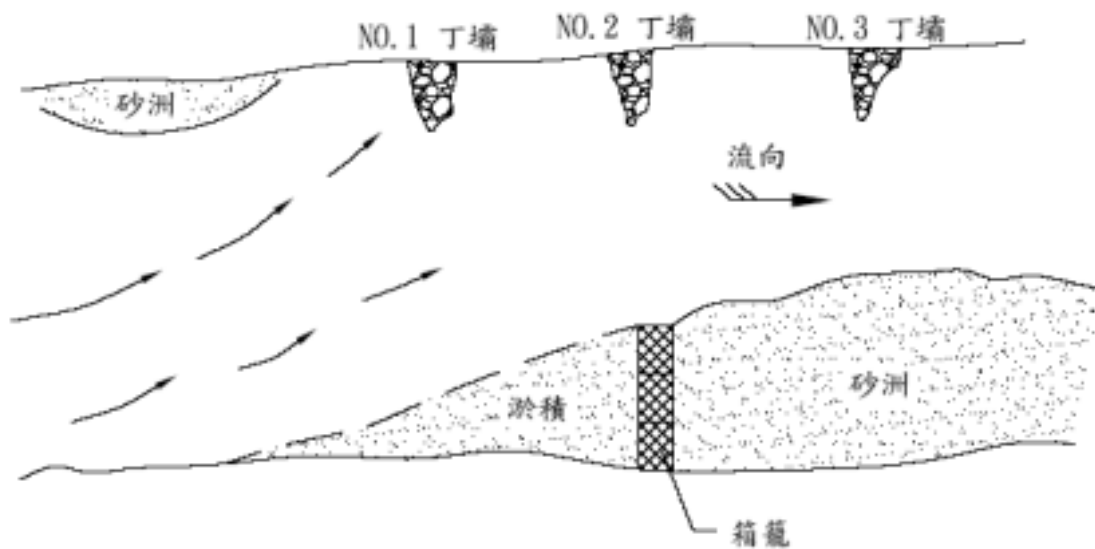


圖 3-15：矢作川砌石丁壩沖刷示意圖

3.解決方法：移除右岸箱籠或於左岸砂洲附近再建造丁壩一座以導正流心，而該新建丁壩必須位於左岸箱籠上游淤積範圍之外。

### (三)框架式丁壩

於安城市附近矢作川右岸構築一系列之框架式丁壩，係設置於灘地之丁壩，其目的為減緩流速以造成灘地淤積，經植物生長後保護水流對堤防之沖刷。框架可以木材為材料，框架亦可設置於低水河槽內，以保護凹岸河岸遭受沖刷。此種丁壩因結構物之空隙甚大，對水流之阻礙較小，但淤積速度亦較慢。



圖 3-16：框架式丁壩竣工時全景



圖 3-17：框架式丁壩現況

## 二、柳枝工護岸

矢作川於愛知縣西尾市與岡崎市境內，自米律橋至葵大橋兩岸已施作多處柳枝工護岸，至今成效良好。

### (一)柳枝工法簡介

柳枝工是日本許多河川使用之傳統護岸工法，因混凝土工法成爲主流後逐漸消失，由於近年來維護自然環境意識高漲，此一巧妙使用自然材料之傳統工法，應用在矢作川後，亦逐漸被重視。

#### 1.使用材料：

- (1)木樁：利用闊葉樹枝，裁成直徑3~4cm、長90cm。
- (2)柳樁：直徑2cm、長60cm之柳枝。
- (3)塊石：使用10~50kg之石塊。
- (4)木柵：採用與木樁同種類之樹枝編柵，直徑2.5cm、長3m以上。



木樁



柳樁



塊石





木柵

圖3-18：柳枝工使用之材料

2.柳枝工之構造：

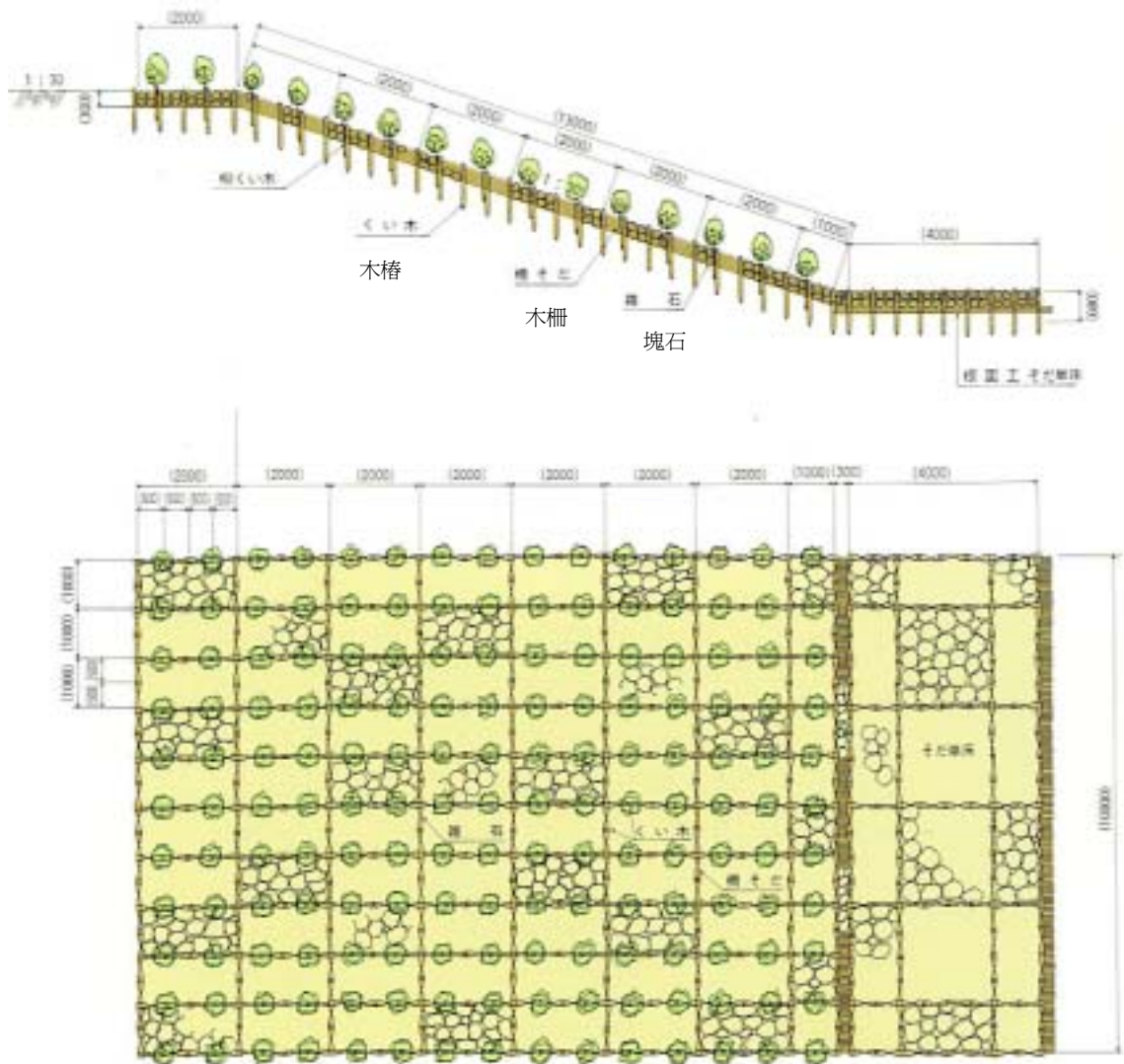


圖3-19：柳枝工構造平面圖及立面圖

3.施工程序：



1.整地



2.打樁(間距 50cm)



3.編柵 ↓



5.完成組立 ↓



4.植樁(柳樁)  
(間距 1m，貫入 30cm)



6.鋪石



7.整形 ↓



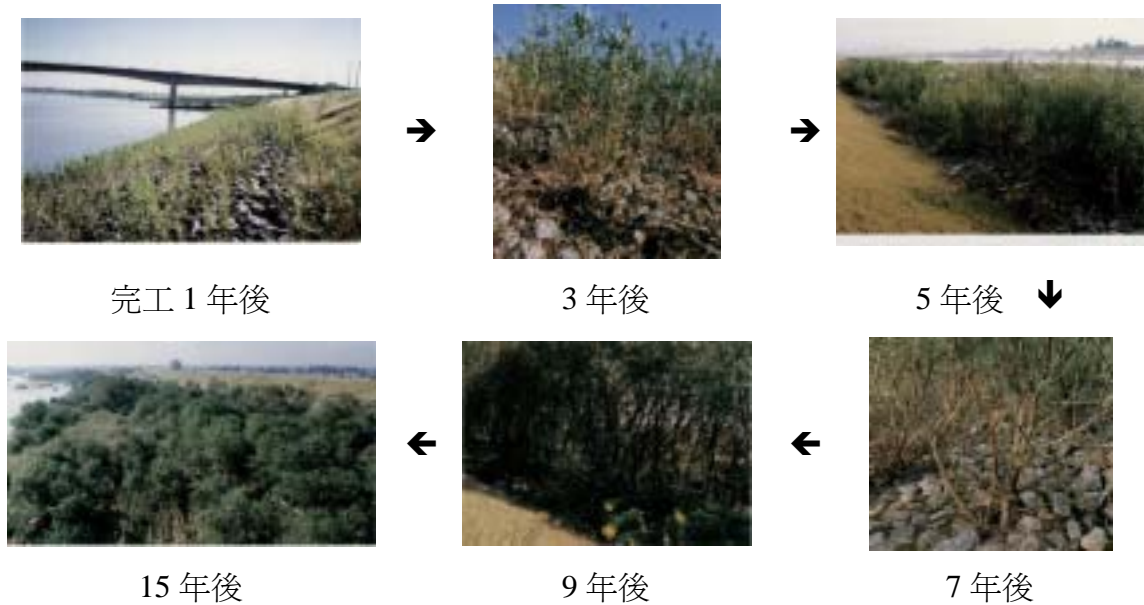
8.竣工

圖3-20：柳枝工施工程序



#### 4.施工後柳枝成長情況：

於冬季枯水期施工，柳枝於來年4~5月發芽，至8月中旬視成長狀態，直徑可增加約0.5cm、高度增加約20~50cm，3年後直徑增加約2cm，高度可達2m左右。為使柳枝成長快速，除非影響水流，不須定期去除坡面植生。



考察時景況

圖3-21：柳枝工完成後景況

#### (二)木工沉床配合柳枝工護岸

本護岸工法係以木工沉床為基礎，低水護岸採用柳枝工施作，以保護河岸基腳。常水位下之木工沉床可使細顆粒泥砂淤積，適合水生植物之生長，低水護岸之濱溪植生可穩定石塊，並於高水時有利泥砂沉積而覆蓋石塊，另植生與未被泥砂覆蓋石塊之空隙則可改善水生物棲息環境。



1.志貴野護岸：位於西尾市志貴野町矢作川左岸，施作長度 100m。



木工床施工狀況



鋪石施工狀況



竣工時全景



水面下木工沉床



施工 6 個月後

圖 3-22：志貴野護岸施工及完工後全景

2.八帖護岸：位於岡崎市矢作川左岸，施作長度 96.3m。



木工沉床框組立狀況



木工沉床及柳枝工施工狀況



竣工時全景



施工 1 年後狀況

圖3-23：八帖護岸施工及完工後全景

### 三、低水護岸緩坡化植生

高橋護岸位於岡崎市高橋町矢作川左岸，施作長度 727m。護岸係填土輾壓後播草種臨水面基腳則以木排樁穩定，坡面上之步道以碎石鋪設。



圖 3-24 高橋緩坡護岸

### 四、矢作川固床工及魚道

本次考察之砌石固床工位於安城市木戶町、矢作川新舊河道分流處，由福留脩文先生設計建造。固床工左右側各設置魚道一座，與低水護岸銜接處以塊石排列成斜曲面魚道。固床工設置之目的係抬高上游水位引水利用。左側魚道為中村俊六教授所設計，其後管理局再於右側興建一座相同之魚道。

因平時兩側斜曲面魚道即可提供魚類洄游之路徑，本處原不需設置魚道，因地方環保團體之堅持，乃於固床工完成後增建魚道。據中村教授之描述，通常在洪水退水而潮位未漲之前，已有大量魚類於固床工下游之水域等待潮位上漲以便上溯。因於洪水退水階段，河口潮位升高期間，固床工上下游水位差甚小，洄游性魚類可趁此時上溯。



固床工全景



斜曲面魚道



右側魚道



圖3-25 矢作川固床工及魚道

## 肆、三面川鮭魚復育

### 一、鮭魚復育

三面川起源於朝日岳之雪溶水匯集後，注入日本海，全長共 41 公里，為盛產鮭魚之河川，每年迴游之鮭魚已有千年以上之歷史，每年 10 至 12 月為鮭魚自海洄游至原生長河溪中產卵之季節，為了促使鮭魚繁衍，在江戶時期便已有人工孵化增殖鮭魚技術產生。

本次參訪地點位於本島靠日本海側新潟縣村上市，經了解，係由新潟縣增殖協會以人工孵育之方式繁殖鮭魚後，將魚苗放流於河溪上游，以永續保育鮭魚。增殖協會於每年 10 至 12 月上旬約兩個月期間，以攔水柵攔阻鮭魚洄游，左右側各設置一處洄游口，於其上側設置管柵箱籠捕捉洄游之鮭魚。



圖 3-26 三面川攔捕鮭魚情形



新瀨縣增殖協會進行鮭魚人工繁殖之流程如下：



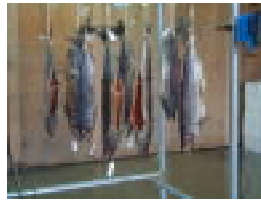
1. 捕捉

於攔水柵洄游口上游之管柵箱籠捕捉鮭魚以網捉至岸邊後，以木桿將鮭魚打昏。



2. 取卵

以利刀割開魚肚取卵

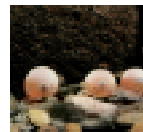


• 取卵後鮭魚陰乾販賣



3. 受精

由公性鮭魚以人工擠出精液，灑於取出之鮭魚卵中



4. 孵化

將受精後之魚卵置於孵化槽內孵化。

6. 再孵化

挑檢之受精卵放入孵化池內再度孵化。



7. 飼育

孵化之鮭魚以人工飼養。



8 放流

鮭魚苗放入河溪中。

圖 3-27 鮭魚人工繁殖流程

## 二、村上鮭魚博物館

位於新潟縣村上市三面川左岸，為日本第一座鮭魚博物館。館內除展示鮭魚捕捉方法之演進、鮭魚之生活史、鮭魚分佈區域外，並設有鮭魚觀察自然館、生態觀察室。生態觀察室設於該館地下室，係於三面川灘地開闢小型河道與三面川連通，透過觀察室玻璃直接觀賞渠道中水中生態，在秋天時可觀賞迴游回來的鮭魚，運氣好時，便可看到鮭魚產卵的畫面。



村上鮭魚博物館外觀



鮭魚觀察自然館



生態觀察室觀察迴游之鮭魚



生態觀察室

圖 3-28 村上鮭魚博物館

## 伍、農具川生態工法

農具川發源於仁科三湖(青木湖、中綱湖、木崎湖)，長度 17.2km，流域面積 69km<sup>2</sup>，位於長野縣大町市，屬日本一級河川(相當於台灣縣管之小型河川)。上游有 3 個湖泊水可自然調節流量，常年有水，水質、水溫穩定，適合魚類生存。自古即為民眾作為農業灌溉、休閒之用。

農具川因為於 1975 年進行河川整治，將河川改成直線化，減少魚類棲地，造成生態環境惡化，乃計畫改採符合生態環境之河川整治工法，最先從大町市東北方(三日町工區)開始整治，其後陸續進行其他區域之整治。





圖 3-29 農具川位置圖



圖 3-30 農具川生態工法施作工區位置圖

## 一、工程概述：

- (一)三日町工區：於 1983 年開始施工，1987 年完工，整治長度 907.5m，低水護岸採用木樁框架內填卵石、砌石、蛇籠，在河床中營造深淵，並設置魚道、固床工，幫助魚類迴游，提供水生物良好的棲息環境。
- (二)白鹽工區：於三日町工區完成後，於隔年採用相同工法施作，並加寬部份河道，整治長度 1400m。
- (三)延伸三日町工區：於已完成之三日町工區上游延伸 380m，因有三座橋樑，護岸並未全數採用木樁框架內填卵石、砌石、蛇籠工法。
- (四)青島工區：為農具川最下游之工區，整治長度 960m。

## 二、採用工法簡介：

### (一) 固床工

農具川因上游三座湖泊，河中泥砂輸送量少，可能導致河床沖刷。為求河床之穩定，沿河溪構築連續固床工，固床工係以木材結合成框架，內填卵石，落差均在 20~30cm 之間。現場觀察結果，構造物安定，具消能之效果。



圖3-31 木框架卵石固床工

### (二) 河床生態棲地考量

為維護河床之生態棲地，利用固床工之跌水於其下游自然形成深潭，亦以下游河床卵石之鋪設，形成人工之深淵。此外，於落差較大之固床工亦以木樁設置魚道，提供魚類迴游路徑。



圖 3-32 人工深淵深潭及魚道

### (三)低水河岸保護

為配合周邊環境，河道邊坡均為土坡植草，但低水護岸則採用砌石、木樁框架內填卵石、蛇籠及空心混凝土塊等構築，茲分述如下：

#### 1.砌石低水護岸

係利用塊石垂直堆疊，現場觀察，塊石埋入河床下，現況穩定完整。經仔細察看，塊石之堆係疊將長軸端向下游傾斜，以順應水流而增加穩定性。

砌石低水護岸之植生完整後，除其上側坡面可由植生加強保護外，水生植物之生長更穩固低水護岸，同時提供水生物之棲息空間。



圖 3-33 砌石低水護岸

#### 2.木樁框架內填卵石

係利用木樁搭接成框架，背後回填卵石，並沿低水護岸形成凹凸相間之形狀，經植生後，可加強穩定河岸邊坡。低水護岸之凹處形成緩流，促進泥砂淤積，除供水生物棲息與覓食外，高水期間亦可供為生物之避難場所。此外，水生植物之生長更進一步穩定低水護岸，並形成水生物優良之棲息環境。



圖 3-34 木樁框架卵石低水護岸

#### 3.蛇籠

部份低水護岸以蛇籠構築，現場觀察結果，蛇籠排列整齊，但頂部未覆土植生或種植爬藤類植物加強保護，研判係新近完成，尚未進行植生工作。





圖 3-35 蛇籠低水護岸

#### 4. 混凝土塊

部份位於結構物上下游之河岸係以混凝土塊堆砌，應係為結構物之安全所施作，所幸其底部尚預留孔穴，可供魚類棲息及避難之需。



圖3-36 混凝土塊護岸

## 第四章、結論與建議

### 壹、結論

- 一、本次考察有賴日本中村俊六教授協助安排行程、接待、解說、提供資料，及自然共生研究中心萱場祐一主任提供該中心相關資訊，方能對日本生態工法推動情形有初步了解，並完成本報告。
- 二、日本於 1987 年即開始推動河川生態工法，經過十多年之發展，發現仍然僅能藉由實際工程之錯誤經驗，逐步改善修正相關技術，方了解到整合建立生態工法相關之基礎研究與應用技術之重要性，在建設省主導下，於 1998 年成立了專責研究機構－自然共生研究中心，使得日本能夠發展出適合本土環境特性的生態工法技術，並推廣應用至各界。
- 三、農具川整治所採用之工法，除少部份採用混凝土外，其餘皆以木材、石塊、植物等自然材料構築，整體之設計亦考慮河床穩定、生物棲地環境與避難空間，並利用水生植物之生長穩定河岸、建立良好棲地環境，整體之景觀更配合鄉野農村之景色，是一具指標性及效法性之河溪整治計畫。
- 四、柳枝工法完全採用闊葉樹枝、柳樹、塊石等自然材料組合而成，並利用河川之細顆粒淤積現象穩定基礎，是一值得參考應用之生態護岸工法，惟採用時仍應考慮河川特性，應用在正確之位置。
- 五、從考察中可瞭解，日本除設置工程外，常藉利用現地設置生態觀察室、展示室並放映教育宣導影片等方式進行教育宣導工作。
- 六、日本推動生態工法雖比台灣早了十幾年，目前也還在實驗階段，並利用實驗結果進行工法技術與生態知識之修正。國內目前也已開始發展整體水域環境評估技術，及採用國外科學技術進行研究，雖然國內生態工法起步較晚，但在政策的推動及工程人員心態之改變下，國內生態工法的進步有目共睹。



## 貳、建議

- 一、河川生態工法涉及生態、環境、水利及土木等各種不同專業領域，各國都在加強整合相關之基礎實驗及應用研究，台灣雖然也已開始發展整體水域環境評估技術，但基礎研究仍嫌不足，如本土化的生態資料、本土化的施工方法、施工材料的調查、研究、評估等。日本自然共生研究中心整合河川相關生態工法研究之方式值得效法。
- 二、河川生態工法並不是只要採用自然材料構築，還必須在設計上確實考量「因地制宜」原則、順應河川特性及維護生態環境，而能在正確之位置使用正確之做法，並在確保施工品質時，亦能考慮生態環境保護。
- 三、生態工法需要產、官、學、研各界以及民眾共同的努力才能扭轉觀念，後續應積極進行教育宣導工作，讓正確之生態工法理念深植人心。

## 附錄一 攜回相關資料

1. ARRC NEWS No.1 2000.9
2. ARRC NEWS No.2 2001.4
3. ARRC NEWS No.3 2001.11
4. ARRC Activity Report 2001
5. ARRC Activity Report 2002
6. ARRC NEWS No.6 2003.6
7. ARRC NEWS 2004.3
8. 長良川河口堰
9. 矢作川空中寫真集
10. 柳枝工