

# 烏溪水岸整建及景觀改善計畫

The Riverine Reclamation and  
Landscape Planning of Wu-River

主辦單位：經濟部水利署第三河川局

受託單位：萐圓工程顧問有限公司

中華民國九十三年六月

# 烏溪水岸整建及景觀改善計畫

計畫主持人：李郁賢

協同主持人：呂碧雲

計畫顧問：福留脩文 教授

楊佳寧 博士

賴明洲 教授

江篤信 教授

鄭明仁 教授

工作人員：郭惠珠、陳建中、李芷靚、潘柏儒、蔡佳峻、戴采芬、  
張恕忠、張銘倫

委託機關：經濟部水利署第三河川局

執行單位：長圓工程顧問有限公司

中 華 民 國 九 十 三 年 六 月

# 目 錄

謝 誌

摘要

結論與建議

## 第一章 緒論

第一節	計畫緣起與目標.....	1-1
第二節	計畫範圍與工作內容.....	1-3
第三節	計畫架構與方法.....	1-10

## 第二章 基地分析

第一節	區位分析.....	3-1
第二節	自然環境.....	2-4
第三節	土地使用及交通分析.....	2-9
第四節	河川分析.....	2-16
第五節	生態分析.....	2-22
第六節	社區分析.....	2-26
第七節	相關法規彙整.....	2-28
第八節	相關計畫分析.....	2-33

## 第三章 規劃構想

第一節	基本計畫.....	3-1
第二節	交通計畫.....	3-9
第三節	河川水質改善計畫.....	3-11
第四節	河川高灘地復育計畫.....	3-14
第五節	營造計畫.....	3-39
第六節	生態旅遊計畫.....	3-42
第七節	解說計畫.....	3-47
第八節	河川管理計畫.....	3-52

## 第四章 河道棲地復育計畫

第一節	河道棲地復育概說.....	4-1
第二節	河道基地現況.....	4-14
第三節	工法布置原則.....	4-27
第四節	棲地復育願景.....	4-35

## 目 錄

- 附錄一 相關理論介紹
- 附錄二 河川區域種植規定
- 附錄三 中央管理河川河濱休閒場地管理維護要點
- 附錄四 水質檢測報告
- 附錄五 期初審查會意見綜理表
- 附錄六 期中審查會意見理表
- 附錄七 期末審查會意見綜理表
- 附錄八 其他相關書面意見

## 圖 目 錄

圖 1-1	計畫範圍圖 .....	1-04
圖 1-2	計畫架構圖.....	1-10
圖 1-3	L.A.C 規劃系統圖.....	1-13
圖 1-4	規劃流程圖.....	1-14
圖 2-1	計畫區位圖.....	2-01
圖 2-2	烏溪流域概況圖.....	2-02
圖 2-3	區位概況圖.....	2-03
圖 2-4	烏溪流域年等雨量圖.....	2-04
圖 2-5	烏溪流域土壤圖.....	2-05
圖 2-6	烏溪流域污染狀況圖.....	2-06
圖 2-7	土地使用現況圖.....	2-14
圖 2-8	週邊交通分析圖.....	2-15
圖 2-9	河道縱斷面圖.....	2-16
圖 2-10	烏溪大斷面 15.....	2-17
圖 2-11	烏溪大斷面 16.....	2-17
圖 2-12	烏溪大斷面 17.....	2-17
圖 2-13	烏溪大斷面 18.....	2-18
圖 2-14	烏溪大斷面 19.....	2-18
圖 2-15	烏溪大斷面 20.....	2-18
圖 2-16	烏溪大斷面 21.....	2-19
圖 2-17	烏溪大斷面 22.....	2-19
圖 2-18	烏溪大斷面 23.....	2-19
圖 2-19	大肚圳斷面圖.....	2-20
圖 2-20	甲區附近河道型態現況圖.....	2-21
圖 2-21	烏溪河域生態金字塔示意圖.....	2-25
圖 2-22	彰化市河濱生態教育園區規劃平面配置圖.....	2-34
圖 2-23	大肚鄉自行車道規劃圖.....	2-35
圖 2-24	台中生活圈四號線大肚段選線路線圖.....	2-36
圖 3-1	基本計畫圖.....	3-05
圖 3-2	甲區一期基本計畫佈置.....	3-06
圖 3-3	乙區基本計畫佈置圖.....	3-07
圖 3-4	獨立島基本計畫佈置圖.....	3-08
圖 3-5	交通計畫圖.....	3-10
圖 3-6	人工溼地設置位置圖.....	3-11
圖 3-7	甲區高攤地復育配置圖.....	3-16

## 圖 目 錄

圖 3-8	甲區堤岸改善配置圖.....	3-17
圖 3-9	生態水池做法一.....	3-19
圖 3-10	生態水池做法二.....	3-19
圖 3-11	入口意象區平面配置圖.....	3-20
圖 3-12	入口意象區實質做法.....	3-20
圖 3-13	休憩點配置圖一.....	3-21
圖 3-14	休憩點配置圖二.....	3-21
圖 3-15	休憩點配置圖三.....	3-22
圖 3-16	休憩點配置圖四.....	3-22
圖 3-17	休憩點配置圖五.....	3-23
圖 3-18	竹製座椅實質做法.....	3-23
圖 3-19	乙區高灘地復育配置圖.....	3-25
圖 3-20	堤岸改善剖面圖.....	3-27
圖 3-21	乙區入口節點平面配置圖.....	3-28
圖 3-22	乙區解說牌樣式.....	3-28
圖 3-23	指示牌樣式.....	3-29
圖 3-24	觀景平台平面及剖面圖.....	3-29
圖 3-25	獨立島復育配置圖.....	3-36
圖 3-26	鋼橋入口閘門.....	3-37
圖 3-27	鋼橋入口平面.....	3-37
圖 4-1	沖積河道分類與潭瀨型態之關係.....	4-07
圖 4-2	沙洲形態.....	4-08
圖 4-3	蜿蜒度(S)的定義.....	4-09
圖 4-4	蜿蜒形狀和潭的位置.....	4-09
圖 4-5	影響河道平衡之因素.....	4-09
圖 4-6	河道內結構物引發的河川回應.....	4-10
圖 4-7	河川形態規劃設計流程.....	4-12
圖 4-8	區域內由目測即可發現含砂量太高.....	4-12
圖 4-9	取水口上游段.....	4-16
圖 4-7	取水口下游段.....	4-16
圖 4-11	甲區高灘地與前方獨立島間之水域.....	4-16
圖 4-12	烏溪大度橋站流量延時曲線.....	4-18
圖 4-13	河床粒徑分佈圖.....	4-19
圖 4-14	烏溪大斷面 18.....	4-20

## 圖 目 錄

圖 4-15	河床砂泥覆蓋原應具有高度生產力的瀨空間.....	4-22
圖 4-16	甲區附近河道形態受工程干擾現況.....	4-24
圖 4-17	高速公路橋下游段可作為瀨的位置.....	4-24
圖 4-18	大度圳回水形成和主流相異的河道環境，有助於棲地多變化的發展.	4-19
圖 4-19	大度圳回水以 S 形切割高灘地，形成平緩和涯狀河岸.....	4-19
圖 4-20	河道形態復育計畫圖.....	4-27
圖 4-21	14~17 斷面沙洲修復構想圖.....	4-28
圖 4-22	17~18 斷面沙洲邊緣修復構想圖.....	4-28
圖 4-23	斷面 19~22 河域縱向廊道恢復計畫圖.....	4-29
圖 4-24	不透水丁壩設置準則.....	4-31
圖 4-25	拱形跌水工設置準則.....	4-31
圖 4-26	柳枝工設置示意.....	4-32
圖 4-27	樁式透水丁壩設置示意.....	4-32
圖 4-28	高速公路橋河域縱向廊道恢復計畫圖.....	4-33
圖 4-29	河川生態工法佈置圖.....	4-40

## 表 目 錄

表 2-1	烏溪流域輸砂量推估.....	2-05
表 2-2	水質檢測結果表.....	2-07
表 2-3	水體分類表.....	2-07
表 2-4	保護人體健康相關環境基準.....	2-08
表 2-5	大肚圳水文資料表.....	2-20
表 4-1	沖積河道自上游至下游的分類.....	4-06
表 4-2	烏溪下游段河床質粒徑分析成果表.....	4-17
表 4-3	甲乙二區代表斷面之河床無次元掃流力.....	4-19
表 4-4	甲乙區經年河道變化.....	4-20

# 謝 誌

本計畫首度嘗試以一整體觀透過專業整合，進行河川廊道復育。因此此份規劃報告的呈現，實屬多人的心力貢獻，於此本公司實不敢居功。依據參與本案時序依次要感謝：

## 一、台灣發展研究院生態暨資源保育研究所研究群

主要感謝由賴明洲教授率領的研究團隊（薛怡珍、黃士嘉、楊瓊華）對於植物調查、河川生態廊道復育與人工濕地水質理論的提供與協助。

## 二、西日本科學技術研究所福留脩文所長

福留先生雖然僅有停留三天指導本案，卻示範與展現了河川棲地的觀察與重建技術，讓本案能切入河川廊道復育中最困難的部分，也開啟另一扇科技整合的大門。

## 三、美國柏克萊大學景觀及環境規劃系楊佳寧博士

楊博士的加入，充分闡述了福留先生的意見，並依其觀點提出相當多寶貴的整體意見。報告修正最後期間，更義不容辭的撰寫報告的第四章部分，讓報告整體水準提升不少，楊博士對台灣本土河川環境的關懷，實在值得本土的規劃設計者效法。

## 四、逢甲大學教授群

感謝江篤信教授在初期對於水文理念的教導，以及建築系鄭明仁教授在社區參與與城鄉發展關係的指正。

## 五、審查委員群

陳鴻烈教授、連惠邦教授、曾晴賢教授、主婦聯盟的張豐年醫師、鍾丁茂教授、江翠娥女士及各單位委員對本案的關心與指正，讓本案在嘗試錯誤中學習，如何突破傳統，往生態工程實踐的道路前進一小步。

## 六、第三河川局

陳局長隆政與規劃課陳課長雍政的支持使本案得以順利進行。另外本案最重要的靈魂人物王正工程司永珍，從勇於突破傳統支持本案，並主動推薦與聯繫福留脩文教授與楊佳寧博士、多次陪同踏勘、甚至義務的參與討論、彙整及編審稿件，以及規劃過程中不斷對規劃團隊的打氣與督促，讓本計畫得以如期完成。另一方面我們認為：公務員積極的投入是應受到鼓勵，請大家支持勇於突破傳統、勇於任事的公務人員，那台灣的環境建設才有所新的突破契機。

最後感謝規劃過程中被我們諮詢的社區團體與居民們，隨本計畫的實施過程，相信本工作群依然會持續理想，總有一天烏溪將會恢復他美麗的容顏。

## 摘要

### 一、規劃地點

本案選擇烏溪 13 號斷面至 29 號斷面整體河域為規劃地點，選擇該河段的理由如下：

1. 地方政府開闢高灘地的需求與壓力。
2. 該河段原本生態資源豐富。
3. 未開發前有管理上之困難。
4. 開發示範效益大且施行阻力小。

### 二、計畫目的

本計畫主要的目的在嘗試依循恢復生態學（Restoration Ecology）與景觀生態學（Landscape Ecology）的理論與技術，重塑良好的河川生態廊道。此種計畫為台灣地區首次嘗試以一整體觀看待河流，並以生態復育為目的而非以遊憩為目的的水岸整建計畫。

### 三、規劃地點現況概要

本河段因多種工程擾動，加上含泥量過高，使水域空間生物棲地受到極大的破壞。高灘地部分則因農業使用與河道下切的雙重影響，使高灘地乾燥化問題嚴重。即使有上述課題，但發現本區中未受干擾的少數地區卻充滿了旺盛的生命力，訴說生物自我復原機制的潛力。

### 四、主要規劃設計工作與成果

#### （一）主要工作

1. 河川復育相關理論與技術的蒐集與整理。
2. 烏溪 13 號斷面至 29 號斷面整體河域之生態復育規劃。

3. 烏溪 17 號斷面至 19 號斷面高灘地之細部設計及預算編制。
4. 烏溪 27 號斷面至 29 號斷面高灘地之細部設計及預算編制。
5. 烏溪 17 號斷面至 22 號斷面河域改善之細部設計及預算編制。
6. 烏溪 17 號斷面至 19 號斷面獨立沙洲之細部設計及預算編制。

## (二) 工作成果

1. 烏溪水岸整建及景觀改善計畫規劃報告。
2. 烏溪水岸整建及景觀改善計畫甲區第一期勞務採購計畫書。
3. 烏溪水岸整建及景觀改善計畫甲區第二期勞務採購計畫書。
4. 烏溪水岸整建及景觀改善計畫乙區勞務採購計畫書。
5. 十分鐘願景動畫。
6. 烏溪河川廊道復育願景折頁。

## 五、規劃設計內容概要

### (一) 河域生物棲地的復原與重建

利用各種近自然工程重新建造水生生物所需的潭、瀨、礫石灘與泥灘地等棲息環境。採用的工法包括跌水工、各式機能的丁壩、柳枝工、樁式丁壩、植生造灘等自然工法，這些工法的實施，都根據現地觀察與分析，意圖重現以往河川棲地狀態，而非為展示工法而設置。

### (二) 水質淨化方法

在匯入烏溪的污水匯流地，設置人工濕地，利用植物與濕地功能，消減烏溪污染負擔。

### (三) 潛在植被復育

健康的河川廊道是被緩衝林帶所包圍，在法規限制與人為的破壞下，原本的自然緩衝林帶消失殆盡，因此重新以土壤改良及引入潛在植被的復育工法，讓植物自然演替，形成次生的自然緩衝林。

## 六、分期投資計畫

1. 甲區一期預計於今年投入 2000 萬，利用雇工購料方式，由當地居民自力興建。工程內容主要是高灘地潛在植被復育、生態池修整、土壤防護設施、簡易步道系統、簡易休憩設施及堤岸自行車道改善。
2. 甲區二期預計於今年投入 3000 萬，利用雇工購料方式，由當地居民自力興建，但是丁壩工與跌水工仍須經專家指導方能完成。工程內容主要是河川棲地重建，包括四座造潭型丁壩、四座促淤型丁壩、一座落差工、柳枝工、樁式丁壩、及獨立島鷺鷺林復育工程。
3. 乙區預算金額 5000 萬，發包方式視甲區施工成效，再檢討以何種方式興建。工程內容主要是生態池興建、堤岸整建、步道整建、植栽工程等景觀設施。

## 七、預期效益

1. 河川生態廊道的復原。
2. 社區參與機制的建立。
3. 河川生態工程的示範。
4. 生物多樣性的提升。
5. 增加地區遊憩資源。
6. 提供環境教育場所。

# 結論與建議

## 一、結論

- (一) 本區雖經人類活動干擾破壞原有自然環境，但是經調查發現區內生物生命力仍很旺盛。因此本團隊根基於恢復生態學(Restoration Ecology)觀念，採用生態工程系統分析的方法，選擇適當的生態復育工法，企圖啟動生態自我設計的機制，達成生物棲地重建的目標。
- (二) 目前河域規劃課題主要是交通與灌溉工程破壞原有河川型態，加上含泥量過高與水質污染問題，使河川水域棲地遭到嚴重破壞。
- (三) 高灘地部分因為河床下切與農業使用造成灘地高燥化，使自然演替方向朝向沙漠化方向發展，不利於健康河川廊道的發展。
- (四) 本計畫認為克服以上課題，加上人為干擾的管制，就能讓環境自然的復原回來，因此建議未來烏溪的景觀整建計畫都朝此方向規劃，讓所有河域都展現其自然的生態美感，這就是最好的景觀設計、最高明的生態復育策略。
- (五) 本次計畫採用的工法在河域棲地復育上計有：近自然丁壩工、跌水工、連拱跌水工、柳枝工、樁式丁壩、泥灘地重建等工法，主要在甲區二期時施作。
- (六) 高灘地上主要的計畫主題是潛在植被復育，利用土壤改良(拌入有機肥、鋪設稻草等)及暫時性水源(暫時性生態池)的設置，引進潛在植被的實生苗，讓植物自然競爭與演替，讓其恢復自然演替的機制。
- (七) 獨立島具有豐富的鶯鶯等鳥類資源，規劃成復育區，藉由增加覓食空間與食物來源，來吸引更多鳥類來築巢繁殖。
- (八) 各區均分散設置市民農園，藉由農園的經營管理，達成園區的管理維護。但是除管理維護園區外，附加的條件是種植項目與方式必須經由管理單位認可。

(九) 本案採用之營造方式為雇工購料方式，希望讓社區居民實際參與復育工程的操作，一則激發愛護環境的潛在意識；一則在營建過程中學習日後管理維護之機制，讓參與自立興建的工作者，成為第一批保護烏溪的志工。

(十) 本計畫所有工程分為三期：甲區一期、甲區二期、乙區。甲區一期主要工作項目為簡易步道整理、簡易觀賞休憩設施、土壤改善、暫時性生態灌溉池、及堤岸改善工程。甲區二期主要工作項目為各是水域生態工法施作、獨立島鷺鷥林棲地之改善、人工濕地淨化工程等項目。

## 二、建議

(一) 本案屬於生態工程，生態工程之驗收應以生態功能是否發揮為依據，並非以工程實做數量為唯一標準。因需測度生態功能，因此將來後續監測環境就顯的更為重要。建議未來重點監測以下數點：

1. 河川含砂量的監測。
2. 河川水質的檢驗。
3. 河域潭瀨空間的維持與變遷。
4. 潛在植被復育狀況與植向演替方向。
5. 指標生物（鷺鷥、苦楝）數量與棲地的變遷狀態。

(二) 利用雇工購料形成的社區凝聚力，成立烏溪共管組織。此組織成員包括第三河川局、市鄉公所、社區發展協會、地區社團。另外邀請關注烏溪的學者專家協助管理的專業知識。讓社區自我的力量發酵出來，提供守護烏溪的基本力量。

(三) 在未推廣生態旅遊前，儘早實施社區的環境教育與解說訓練，讓社區對於大眾觀光的誘惑具備抵抗性，從而落實生態主義、社區主義。

# 第一章 緒論

## 第一節 計畫緣起與目標

### 一、計畫緣起

烏溪發源於中央山脈合歡山西麓，東以中央山脈為界，北臨大甲溪流域，南鄰濁水溪流域，西臨台灣海峽。整體水系包括烏溪本流（含南港溪）及支流筏子溪、大里溪水系、貓羅溪、北港溪、眉溪，流域面積 2025.6 平方公里，為台灣第三大河川。

下游地帶鄰近台中及彰化都會區，鑑於生態景觀維護漸受重視，為積極加強烏溪流域的生態復育、保育，積極防治污染源，以維永續的流域安全與經濟效益，特於烏溪下游河段斷面 14~29 處，選定二處高灘地及水域，作為河川生態復育的示範區域，除了營造濱水生物棲地及植生復育等場所外，並期能兼具環境教育、生態維護、景觀發展及生態旅遊等多重目標的河川生態廊道整合計畫。

本工程經報奉鈞署 93.2.4 經水河字第 09350047920 號函轉經濟部 93.1.30 經授字第 09320202100 號函同意辦理。

### 二、規劃願景

1. 延續國家發展政策，在生態、生產、生活三面向皆能得到均衡的情況下，進行河川高灘地的規劃。
2. 生態目標：防範人為干擾，降解水質污染，恢復烏溪河川自然型態，創造多樣的河川生物棲地，進而復育烏溪原有生物，達到永續之生態平衡。
3. 生產目標：在不影響防洪治水的條件下，利用高灘地的肥沃的土地，發揮農業生產的機能，發展休閒農業，結合地方人文、產業資源，帶動區域的經濟發展。
4. 生活目標：利用河川地區優美的景觀資源，創造可及的環境，提供都市生活接近自然、休閒運動的空間。
5. 建立高灘地利用及管理之新典範。

### 三、預期目標與成效

#### 〈一〉建構完整之生態系統暨優雅的河川景觀

依據烏溪下游特性及河川自然生態保育觀念，塑造整體之生態環境與河岸景觀。

#### 〈二〉發展生態工法教學園區

選定適宜地點，以提供生態工法之觀摩、教學、研究之用。

#### 〈三〉建立以生態教育為主題之休閒系統

結合地方遊憩親水空間需求，減少環境衝擊，改善現有河川空間環境。

#### 〈四〉使成為烏溪下游沿岸鄉鎮之代表性河川

考量環境共生之生態性、景觀性、文化性、地域性，共同創造獨具風格之烏溪河域。

## 第二節 計畫範圍與工作內容

### 一、計畫範圍

本計畫之計畫範圍包括甲、乙二區，分布於烏溪下游斷面 14~29 之間，其中甲區配合規劃時程及工程性質分成二期。計畫區位如圖 1-1 所示。

#### 〈一〉甲區計畫範圍

計畫區甲區位於烏溪斷面 14~23 右岸，包括大肚堤防、二處高灘地、大肚圳、烏溪河道及沙洲，鄰近鄉鎮為台中縣大肚鄉，計畫範圍如圖 1-2 所示。

##### 1. 第一期

甲區一期範圍為烏溪斷面 16~20 右岸高灘地的規劃設計。高灘地西側為大肚圳尾水水道，東側以大肚堤防與台中縣大肚鄉相鄰，南端為大肚圳抽水站，全區面積約 22 公頃。

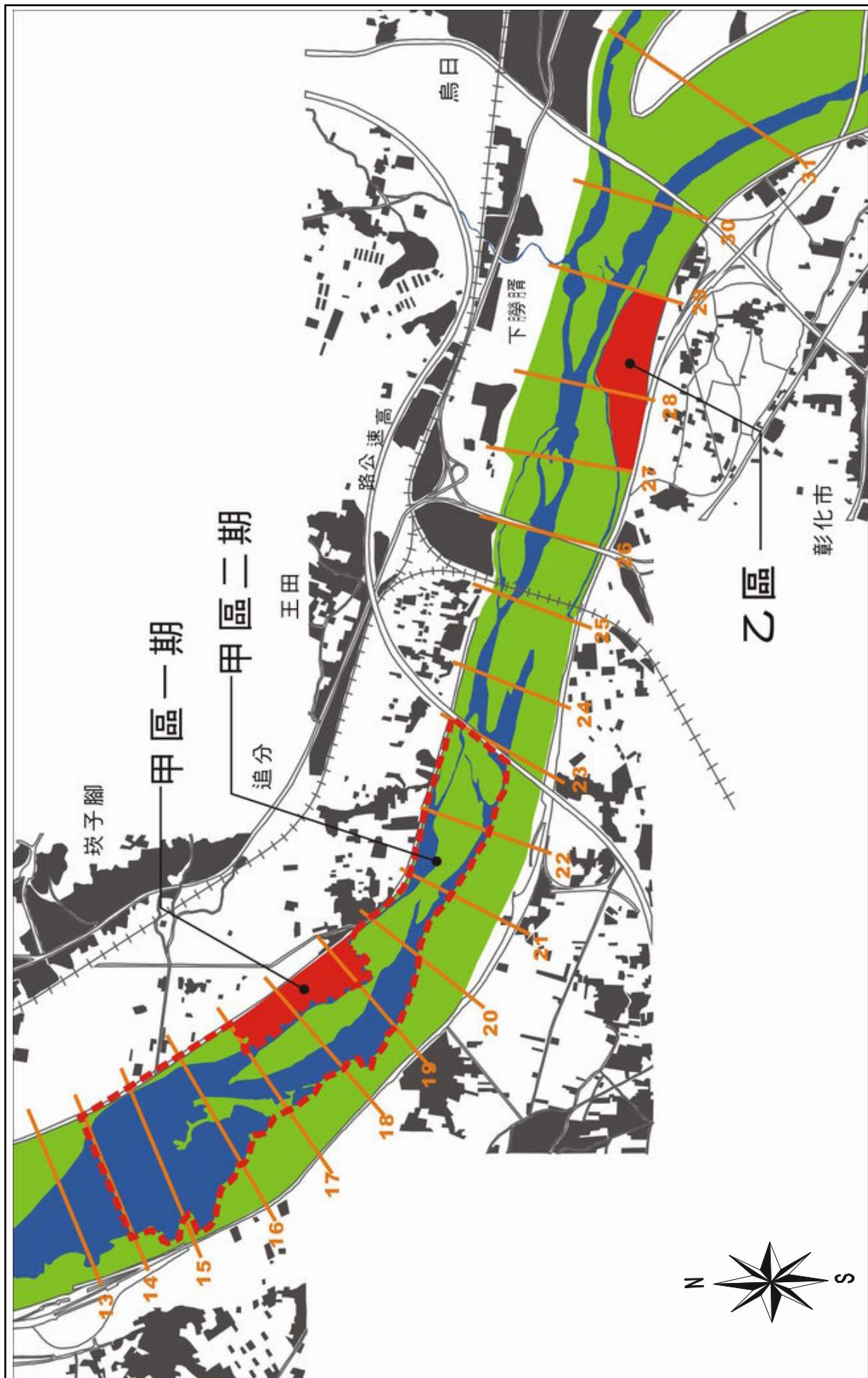
##### 2. 第二期

甲區二期的範圍為烏溪大斷面 14~23 右岸，除甲區一期之高灘地以外的範圍，從高速公路橋下河域到斷面 14 右側泥灘地，包括高灘地、砂洲〈面積約 30 公頃〉、烏溪水域及大肚圳。

#### 〈二〉乙區計畫範圍

烏溪大斷面左岸 26~29 號間渡船頭堤防前約 35 公頃之高灘地，計畫範圍如圖 1-2 所示。

圖 1-1 計畫範圍圖





甲區高灘地與大肚圳



大肚圳抽水站



甲區高灘地的農業使用



甲區高灘地堤防與堤上便道



由甲區高灘地遠眺獨立島



由甲區高灘地北側遠眺獨立島



乙區高灘地冬日景象



乙區高灘地夏日景象



乙區高灘地現有水池



乙區高灘地之草生地

## 二、工作內容

本計畫為跨生態、景觀、水利領域之河川生態廊道整合計畫，工作內容包括：

### 〈一〉計畫目標的確立

確立本計畫以生態為主，景觀遊憩、社區生產為輔的計畫目標。

### 〈二〉計畫範圍的確立

本計畫之範圍原為烏溪大斷面 16~20 右岸大肚堤防前高灘地，以及烏溪大斷面 26~29 左岸渡船頭堤防前高灘地。但考慮河川廊道復育之整體性及計畫之迫切性，除二處高灘地外，將烏溪大斷面 14~23 水域、砂洲及右岸高灘地一併納入規劃範圍，期能在本計畫中完成整體河川廊道復育的典範。

### 〈三〉資料蒐集與調查分析

1. 高灘地利用之上位計畫、相關計畫、相關法令及其他河川環境相關管理計畫等資料蒐集分析。

2. 現況資料調查、蒐集與分析：

(1)高灘地地形及河川自然型態基本資料調查蒐集分析。

(2)區域現有計畫及實質發展計畫。

(3)計畫河段鄰近區域自然、人文環境資料調查蒐集分析。

(4)高灘地及河川生態資料調查蒐集分析。

(5)高灘地現況土地利用型態、土地登錄狀況等資料調查蒐集分析。

(6)高灘地與周邊環境之關聯及利用現況。

3. 規劃河段 1/2400 地形測量。

4. 河川型態分析，河道及高灘地穩定度分析、高灘地淹水分析。

5. 兼顧安全、生態、地方需求之高灘地空間利用評估。

〈四〉相關單位訪談，民眾意願及需求訪談。

〈五〉課題與對策

〈六〉規劃構想

1. 基本計畫。
2. 土地利用及交通計畫。
3. 河川廊道復育計畫。
4. 河川水質改善計畫。
5. 河川高灘地利用計畫。
6. 營造計畫。
7. 河川管理計畫。

〈七〉執行計畫

1. 示範區細部計畫。
2. 施工計畫。
3. 河川廊道復育計畫。
4. 社區動員計畫。
5. 教育解說計畫。
6. 經費估算及財務計畫。

〈八〉細部設計與工程估算

〈九〉協辦發包作業

## 第三節 計畫架構與方法

### 一、計畫架構

本計畫之結構係從河川在環境資源的供給面與使用者的需求面，在計畫目標下，尋求最佳的計畫方案，以滿足在生態、農業、遊憩及防災的需求。計畫架構如圖 1-2 所示。

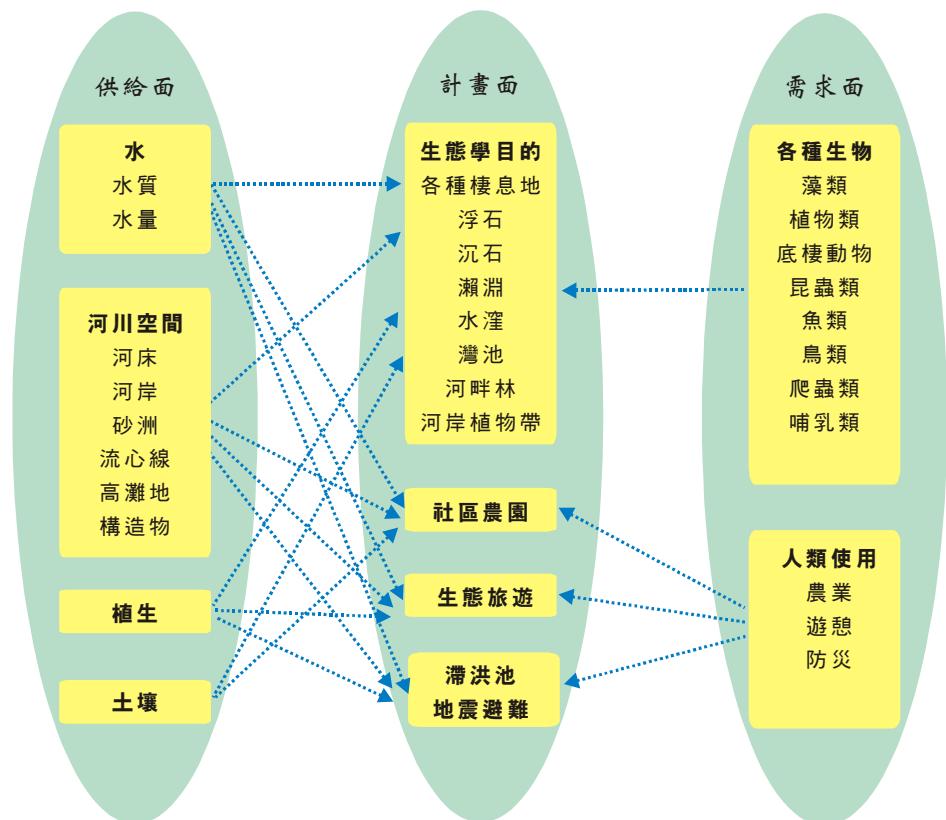


圖 1-2 計畫架構圖

#### 〈一〉生態

以河川的物理條件，包括水、河川空間、植生及土壤等，營造水生、陸域、兩棲生物的棲地空間，包括固定河川中的淵、瀨以及泥沙淤積的位置，使被破壞的河川型態得以復原，以提供水中生物適當的棲地。另外，考量鳥類、昆蟲、小型哺乳類生物的需求，在水際及陸域的植物、空間上營造其所需的棲地空間。

#### 〈二〉農業

依現有的土壤及空間條件，考量社區的需求，改良農耕環境，並利用社區農園建立管理維護的機制。

### 〈三〉遊憩

依基地的生態條件，配合空間使用的方式，規劃可接受的遊憩方式，提供教學、生態旅遊等使用。

### 〈四〉防災

配合基地的空間使用模式，使河川高灘地成為滯洪及震災避難的空間。

## 二、規劃方法與流程

### 〈一〉規劃方法

規劃設計的前置作業著重在於基本資料蒐集與分析階段，資料收集方法則因研究目的，資料種類與分析角度等之不同而有所調整，本規劃運用之方法如下列所述：

#### 1. 文獻資料整理法

基本上以次級資料為主，換言之係指蒐集整理分析現有資料或文獻檔案，如已發表之國內外相關書籍、論文、期刊、研究調查報告、以及政府的各類相關計劃、報告語法規等；除此之外都市計劃圖、航照或地形圖判讀等相關圖說資料亦是研究分析之基礎。

#### 2. 觀察法(環境現況勘查法)

此法主要針對基地發展現況、環境與資源特性等進行現地調查與紀錄，作為實質資源利用與環境品質分析之基礎，其勘查紀錄項目包括活動模式、視覺景觀、地點變遷、空間形成、意象分析、潛在資源特性....等向度。

#### 3. 訪談法

主要係針對各市鄉鎮地方政府之相關單位，以開放式對話討論之方式進行訪談，以了解地方實際需求與發展意象。

#### 6. 疊圖法

將各階段分析結果以疊圖方式找出共同的潛力與衝突限制，作為規劃設計實質發展之參考準則。

## 7. 描述紀錄法

描述紀錄法是用於的景觀分析，其基本模式是：視覺感受 = 觀賞者背景 + 環境的狀況 + 景觀特徵 + 觀賞者與景觀的關係。

除了上述七個基本方法之外，下述三個方法論為本規劃之主要理論應用：

### 1. 休憩機會序列 R.O.S. (Recreation Opportunity Sprectrum)：

將活動、環境予以組合，使得遊憩機會構成一序列或一連續性。提供了一個較完整的分類層次與定義之架構，根據此一架構理論，可運用於所有不拘土地所有權或管轄權之土地經理事宜上。其理念使遊憩導入於土地及資源經營管理計劃中，透過活動與環境之經營，得以構成適切的遊憩經驗。

### 2. 可接受之改變限度 L.A.C. (The Limit of Acceptable Change) 之規劃系統：

本規劃理論架構之基本前提為只要有遊憩使用自然會產生環境改變，或社會改變是社會不可避免之事宜，是故將容許量的探討由「多少使用量才算過量」之問題代之以「什麼樣之改變可予以接受」，此種改變有二種意義，其一將注意力集中於處理人們所欲求的狀態，而非經營管理遊憩本身之事宜，其二是將容許量這個議題定位於規範性而非技術性之規範範疇內。

L.A.C. (The Limit of Acceptable Change) 規範架構其步驟詳見圖 1-3。

### 3. 生態設計理論與方法：

強調維護環境各元素包括空氣、水、土地、植物、動物與人類之健全均衡關係的重要性，在此前提上衣面修正既存環境來配合使用者活動形式，另一方面則引進編組活動來適合既存之環境。



資料來源：Carrying in Recreational:An Alternative Approach  
作者：George H.Stankey 陳水源、李明宗合譯

圖 1-3 L.A.C 規劃系統圖

基本資料蒐集與分析階段

可行性評估及構想研擬階段

規劃設計階段

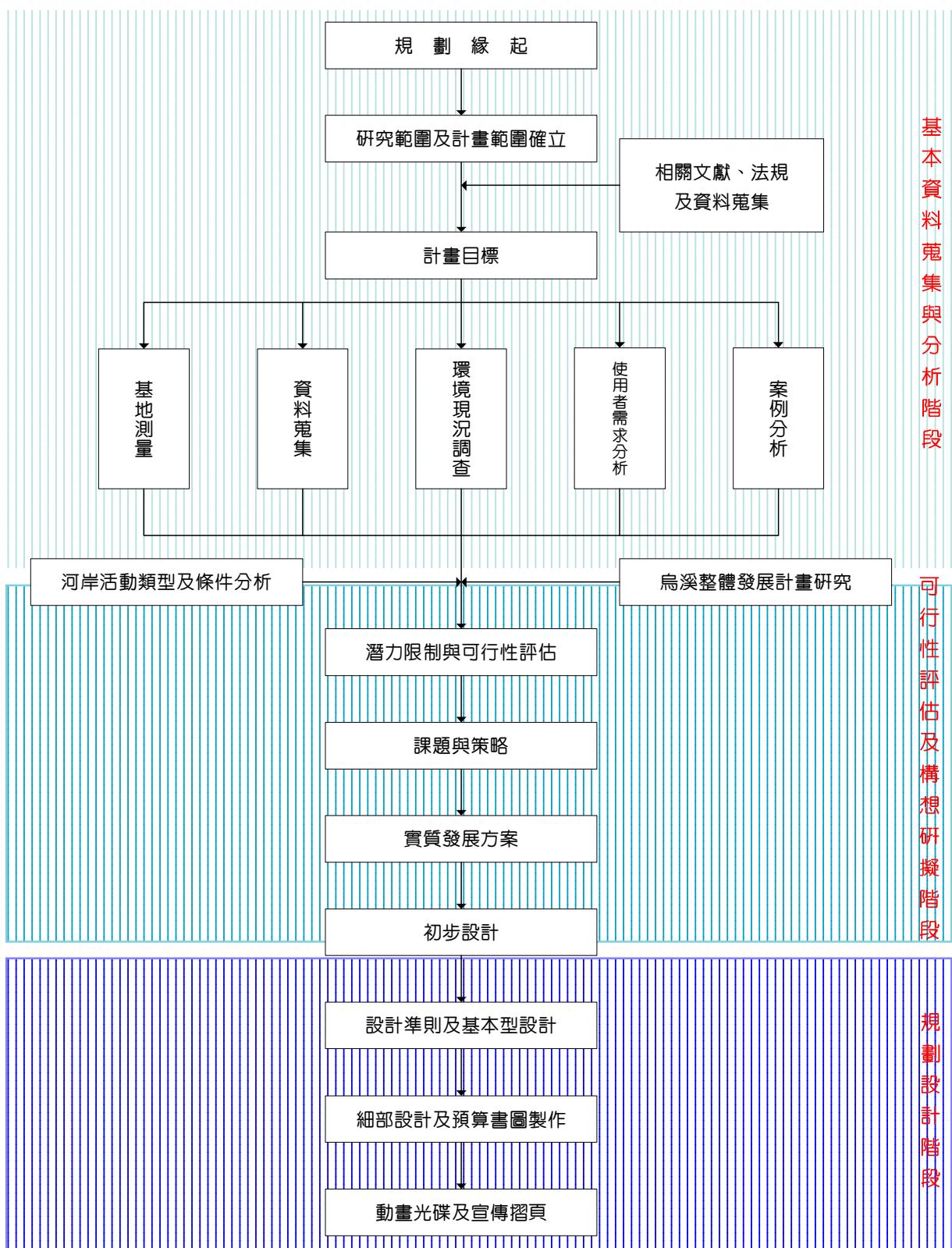


圖 1-4 規劃流程圖

## 第二章 基地分析

### 第一節 區位分析

烏溪位於台灣中西部，流域面積涵蓋南投縣、台中縣、台中市及彰化縣。本計畫區位於烏溪下游，甲區右岸為台中縣大肚鄉，左岸為彰化縣和美鎮；乙區位於彰化市，相關位置如圖 2-1 所示。

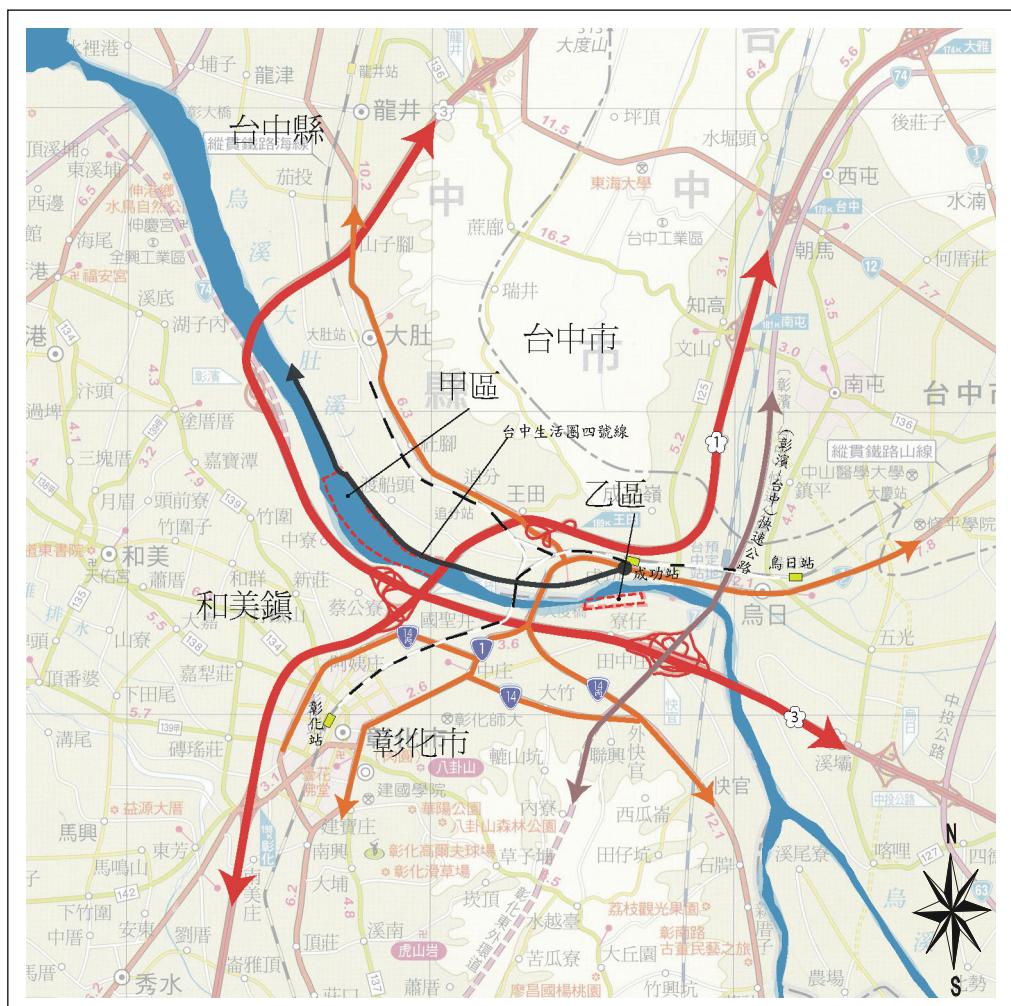


圖 2-1 計劃區位圖

## 一、流域概況

烏溪整體水系包括烏溪本流（含南港溪）及支流筏子溪、大里溪水系、貓羅溪、北港溪、眉溪，流域面積 2025.6 平方公里，為台灣第三大河川。

烏溪自烏溪橋以下，河道因失去山谷約束，且地勢轉緩，河道呈瓣狀分岐型態。再流至彰化縣芬園鄉，左岸有貓羅溪匯入，於台中縣烏日鄉，右岸有大里溪及筏子溪匯入，河系分布於台中都會區之間，故河川型態受土地開發型態之影響。烏溪自此以下再流經大度山與八卦山間進入台中濱海平原，河川坡度劇減至緩於 1/1,000，以下河段俗稱大肚溪，於大肚與龍井麗水村附近流入台灣海峽。

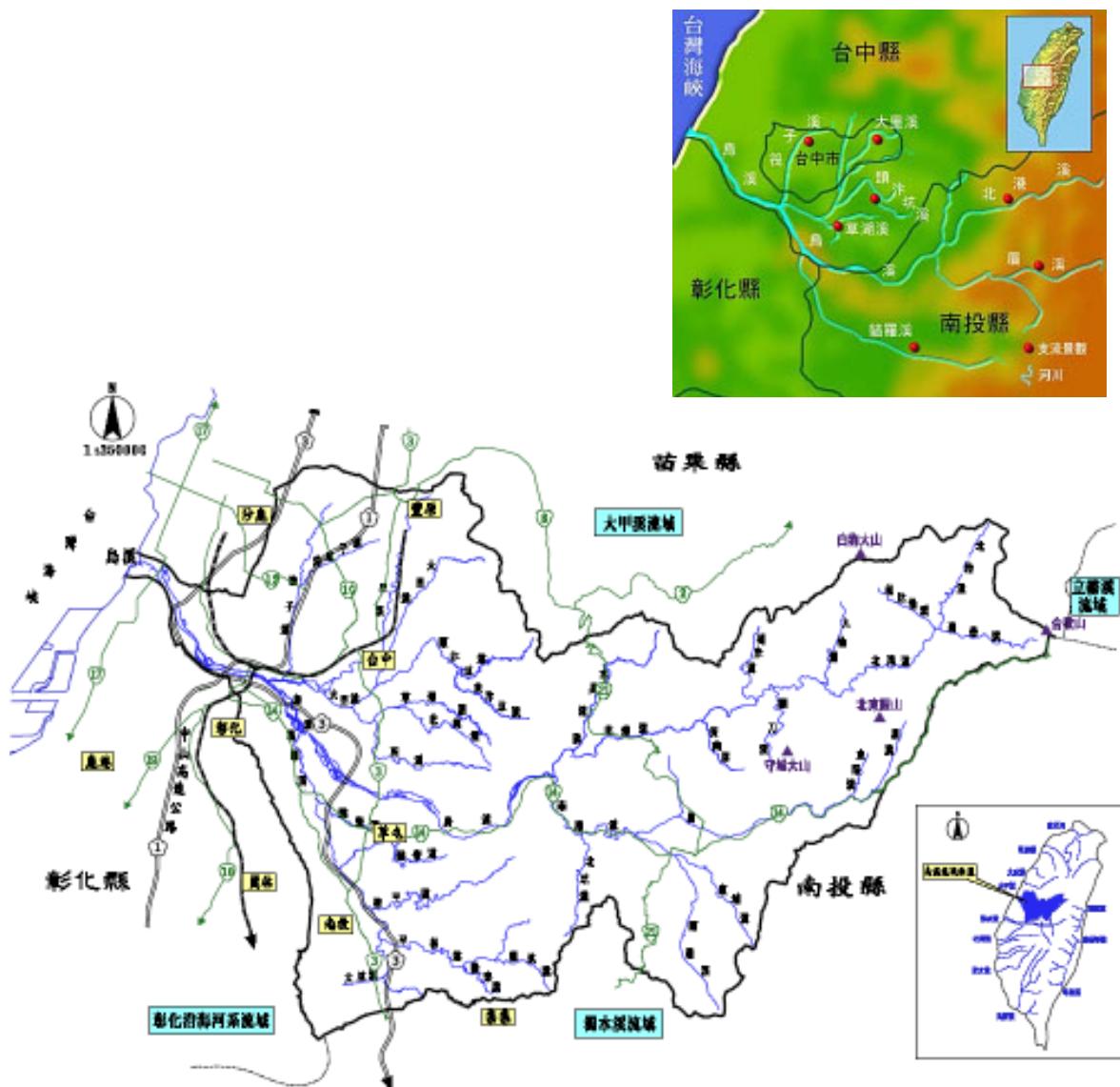


圖 2-2 烏溪流域概況圖

## 二、區位概況

本計畫河段鄰近之鄉鎮有台中縣之烏日鄉、大肚鄉、龍井鄉，彰化市則有彰化市、和美鎮及伸港鄉，共計六個市鄉鎮。現有河段鄰近地區大多為農業區。

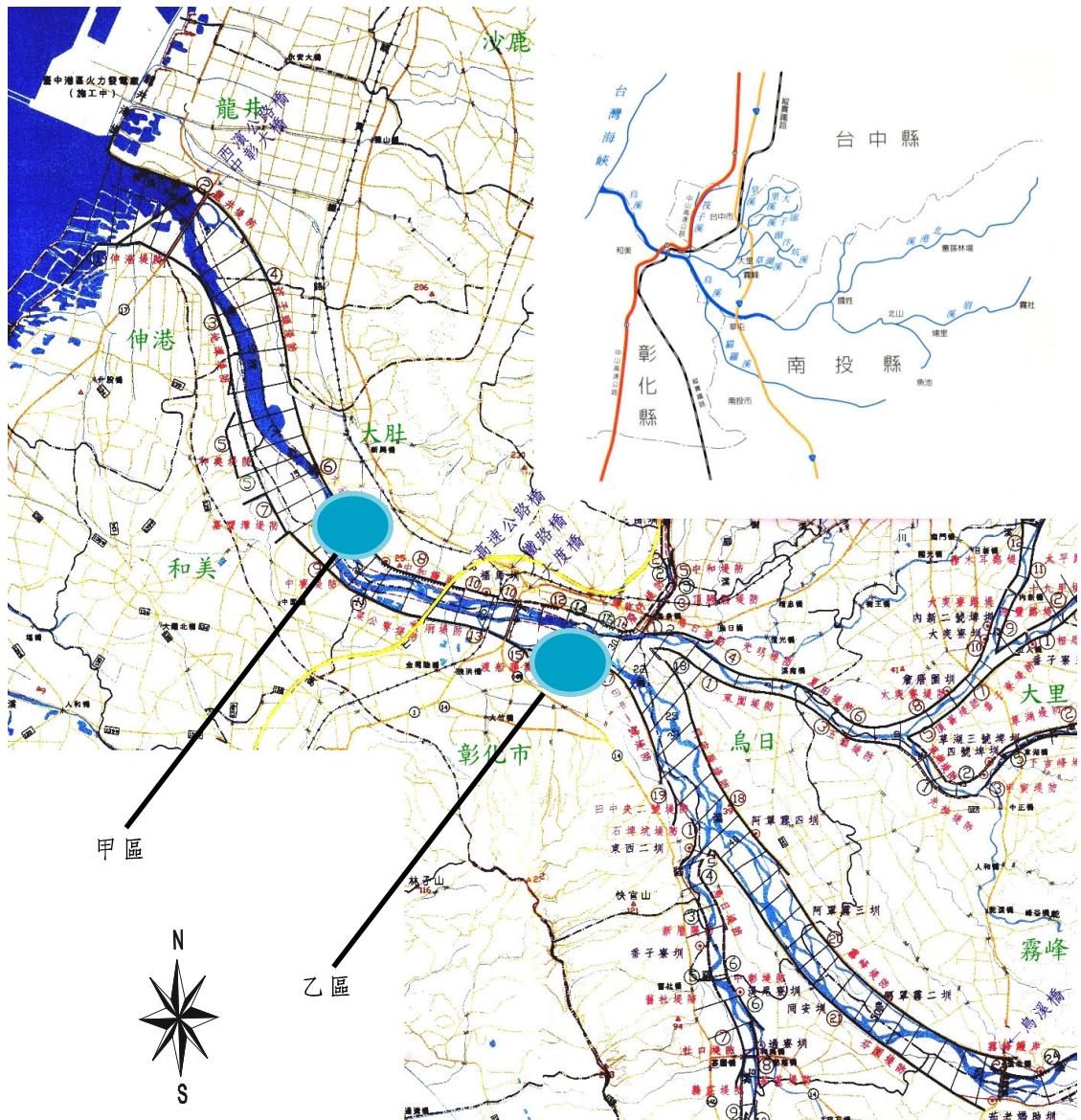


圖 2-3 區位概況圖

## 第二節 自然環境

### 一、氣候

烏溪流域平均氣溫約為 22.8 度，最高溫為 28.1 度，最低溫為 19 度，至於濕度方面，年平均濕度約為 79%，就溫度及濕度而言，氣候可謂相當溫和。

### 二、雨量

烏溪流域面積 2,025.6 平方公里，降雨分布受季風及地形影響甚大，每年五到十月為本區域的雨季，十一月至翌年四月為旱季。年平均降雨量為 2,087mm，年降雨量由西邊沿海地區約 1,500 公釐向東遞增，至山區最高接近 3,000 公釐，其年等雨量線圖見圖 2-4。

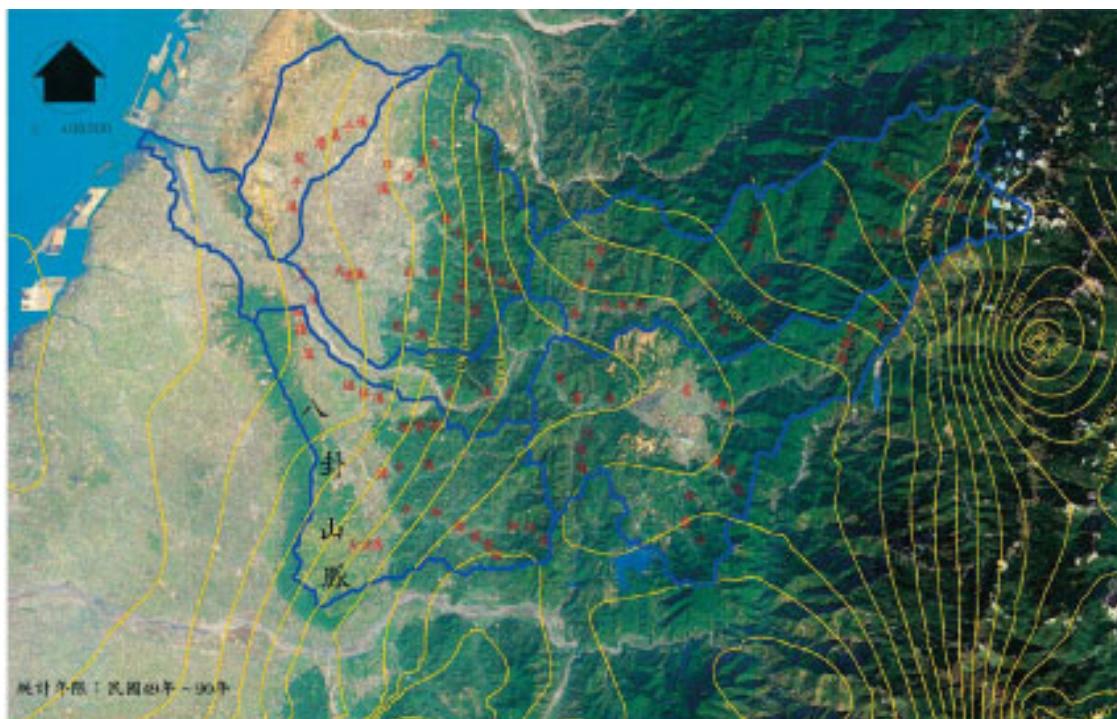


圖 2-4 烏溪流域年等雨量線圖

### 三、流量

以烏溪最下游大度橋水文站為例，歷年統計平均流量約為 116cms，平均年逕流量約為 36.6 億立方公尺，豐水期為 5 至 10 月，流量約佔全年的 70%，以 6 月份最多。

## 七、水質

烏溪因範圍廣大，故污染源種類繁多，主要排放源包含家庭生活污水、畜牧廢水、事業廢水、垃圾滲出水及旅遊污染等。其中家庭生活污水、事業廢水及多分布於烏溪中、下游，旅遊污染則集中於中、上游風景區，畜牧廢水及垃圾滲出水則散佈於流域內。根據環保署民國 90 年完成之資料顯示，烏溪橋以上屬丙類水體，烏溪橋至中彰大橋則屬於丁類水體，越往下游水質污染有逐年增加之趨勢，污染源則以家庭廢水比例最高佔 51%，工業污水佔 28%，畜牧廢水則佔 21%。

整體而言，本溪上游南港溪及支游北港溪及眉溪水質均尚未受到污染，自烏溪橋下游至貓羅溪合流處，雖滲入若干污染質，但因本溪流量自淨與稀釋作用，水質未受嚴重污染。自貓羅溪匯合處以下河段，因其支流大里溪水系，貓羅溪及筏子溪大部分均受沿岸工廠及都市社區排放廢污水影響，污染情形較為嚴重，大度橋以下雖有豐富之剩餘流量亦因污染嚴重以致無法充分利用，甚為可惜。至於灌溉圳道部分，水質尚無鹽害及鈉害，尚適合灌溉。為確保水資源之有效利用，今後應加強辦理水污染防治工作。

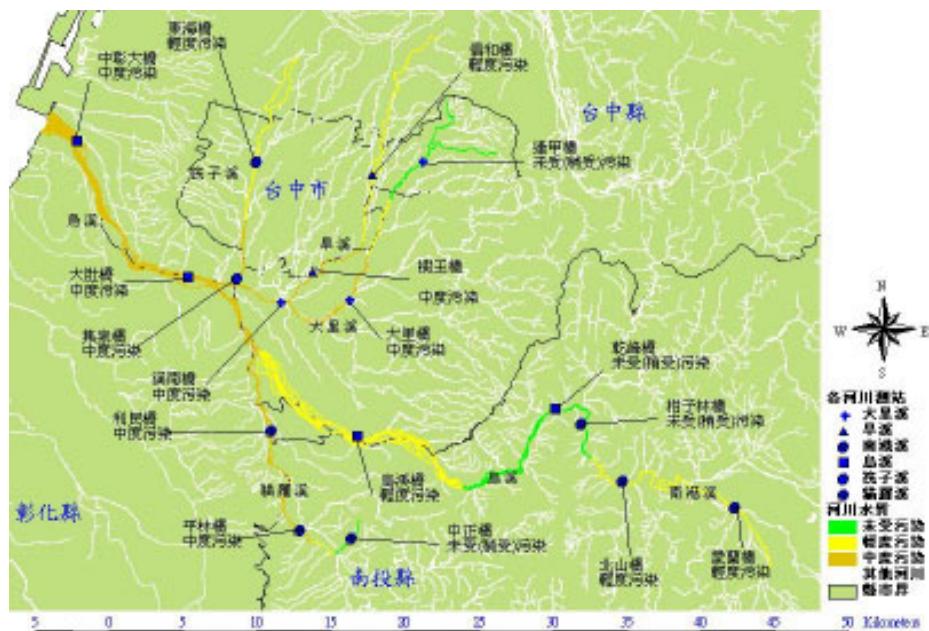


圖 2-6 烏溪流域污染狀況圖

本計畫於甲區之大肚抽水站及砂石採集場，及乙區共三個測點進行水質檢測，採樣時間為93年1月30日，測點現場採集狀況及檢測報告詳如附錄二。

表 2-2 水質檢測結果表

採樣地點		大肚圳抽水站	採集場	乙區
採樣時間		10:29	11:42	12:38
單位\定位		N24°07'11.9"	N24°07'37.1"	N24°06'05.0"
		E120°33'01.2"	E120°32'29.4"	E120°35'28.1"
水溫	℃	18.7	20.3	21.0
pH	--	7.3	7.7	7.6
鹽度	psu	0	0	0
溶氧	mg/L	5.4	6.5	5.8
懸浮固體	mg/L	104	107	51.3
化學需氧量	mg/L	30.0	35.9	15.4
生化需氧量	mg/L	10.5	14.0	4.2
大腸桿菌群	CFU/100ml	5.5*10^4	5.9*10^4	3.1*10^4
磷酸鹽	mg/L	0.778	0.512	0.723
總磷	mg/L	0.543	0.699	0.339
總凱氏氮	mg/L	8.65	6.45	8.10
氨氮	mg/L	3.13	3.24	2.95
硝酸鹽氮	mg/L	1.83	1.82	1.76
亞硝酸鹽氮	mg/L	0.19	0.19	0.12
總氮	mg/L	10.7	8.46	9.98
鎘	mg/L	0.007	0.006	0.010
鉻	mg/L	ND	ND	ND
鉛	mg/L	0.07	0.05	0.07
砷	mg/L	0.0011	0.0011	0.0007
汞	mg/L	0.0037	ND	0.0012

資料來源：本計畫檢測整理。

表 2-3 陸域地面水體（河川、湖泊）水體分類表

分級 指數 (P H )	基準值						
	氫離子濃度 (毫克/公升)	溶 氧 量 (DO) (毫克/公升)	生化需氧量 (BOD) (毫克/公升)	懸 浮 固 體 (SS) (毫克/公升)	大 腸 桿 菌 群 (CFU/100 M L )	氨 氮 (NH <sub>3</sub> -N) (毫克/公升)	總 磷 (TP) (毫克 / 公 升 )
甲	6.5-8.5	6.5 以上	1 以下	25 以下	50 個以下	0.1 以下	0.02 以下
乙	6.0-9.0	5.5 以上	2 以下	25 以下	5,000 個 以下	0.3 以下	0.05 以下
丙	6.0-9.0	4.5 以上	4 以下	40 以下	10,000 個 以下	0.3 以下	—
丁	6.0-9.0	3 以上	—	100 以下	—	—	—
戊	6.0-9.0	2 以上	—	無漂浮物且 無油污	—	—	—

資料來源：行政院環境保護署〈八七〉環署水字第0039159號令

基地內三處檢測點水質依據環保署地面水體分類及水質標準〈中華民國八十七年六月二十四日行政院環境保護署（八七）環署水字第〇〇三九一五九號令修正發布，如表 4-3〉係屬於戊類水質。

分析三個測點的水質，發現基地內水質 PH 值狀況良好，屬淡水環境，惟懸浮固體、生化需氧量〈BOD〉、氨氮及總磷值偏高，呈現水質優氧化現象；而在重金屬的含量上，基地內水質均在保護人體健康的標準以上〈參考表 2-4 保護人體健康相關環境基準〉。

表 2-4 保護人體健康相關環境基準

水 質 項 目	基 準 值 (單位:毫克/公 升)
重 金 屬	鎘
	鉛
	六價鉻
	砷
	汞
	硒
	銅
	鋅
	錳
農 藥	銀
	有機磷劑（巴拉松、大利松、達馬松、亞素靈、一品松、陶斯松）及氨基甲酸鹽（滅必蠶、加保扶、納乃得）之總量
	安特靈
	靈丹
	毒殺芬
	安殺番
	飛佈達及其衍生物 (Heptachlor, Heptachlor epoxide)
	滴滴涕及其衍生物 (DDT, DDD, DDE)
	阿特靈、地特靈
	五氯酚及其鹽類
	除草劑（丁基拉草、巴拉刈、2、4—地）

#### 備註：

1. 保護人體健康相關環境基準係以對人體具有累積性危害之物質，具體標示其基準值。
2. 基準值以最大容許量表示。
3. 全部公共水域一律適用。
4. 其他有害水質之農藥，其容許量由中央主管機關增訂公告之。



## 第三節 土地使用及交通分析

### 一、土地使用

本計畫利用最新出版之1/5,000相片基本圖〈第四、五版，拍攝時間為民國88年至90年間〉進行計畫區內之土地使用調查。本計畫區內土地均為公有地，土壤為砂頁岩沖積土〈由溪水搬運上游或兩側崩積土所產生之土石，主要組成物質以未固結之礫石、沙及泥為主〉，因河道沖刷下切，兩側高灘地呈現高燥化現象。土地使用調查成果如圖2-7所示。

#### 〈一〉甲區

甲區位於烏溪斷面14~23之間，計畫範圍在於河道水域及右岸高灘地。在段面14~19之間，屬於河口感潮域，土地基質為泥灘地，沙洲上大部分保持草生地的自然地形地貌，斷面19~21間沙洲部分為旱田；斷面17~18高灘地上有一處砂石場，已於民國93年初拆除，現場留下砂石挖掘後之大片凹地，其餘高灘地以旱田種植為主，部分為原生草地、水池。

甲區範圍內除烏溪本流外，另外有大肚圳取水口、水道及抽水站；並有王田圳排水、進水口、水道；以及其他二處區域排水。區內水道水質污染嚴重，宜經過淨化再排入烏溪本流，減少烏溪本流之污染。

#### 〈二〉乙區

乙區位於烏溪斷面26~29之間左岸高灘地，右側以福馬圳為界，區內使用水稻田、旱田為主，其餘為自然草生地。區內並有一處挖砂石後留下之水池，週邊景觀優美。

#### 〈三〉河川公地種植

依據河川管理辦法規定，居民可向河川管理機關申請河川公地使用許可，開墾種植。目前水利署第三河川局業已依法終止甲、乙二區之公地種植許可，以利本計畫後續之工程施作。

目前於高灘地的種植，以蘆筍、西瓜、香瓜、蔬菜等為主。

#### 〈四〉現有防洪構造物

##### 1. 甲區

甲區烏溪右岸現有防洪構造物有大肚堤防〈長2500m，水泥構造〉及中和護岸〈長1821m，水泥構造〉。

##### 2. 乙區

乙區烏溪左岸現有防洪構造物有渡船頭堤防〈長1897m，土堤構造〉。



甲區高灘地鳥瞰



獨立島鳥瞰



乙區高灘地鳥瞰



高灘地的土壤為砂頁岩沖積土



甲區高灘地土壤高燥化



感潮域上游為礫石灘



感潮域下游為泥灘地



沙洲上挖砂石留下之水池



大肚圳水路



高灘地上原生自然草地



高灘地上農業使用



農民鋪蓋稻草及灑水以改善土壤



計劃區內的砂石場，現已停止使用



高灘地通往沙洲現有的鐵橋



大肚圳抽水站



乙區高灘地原生草地



乙區高灘地農業使用



乙區挖砂石留下之水池



乙區區內多高壓電塔

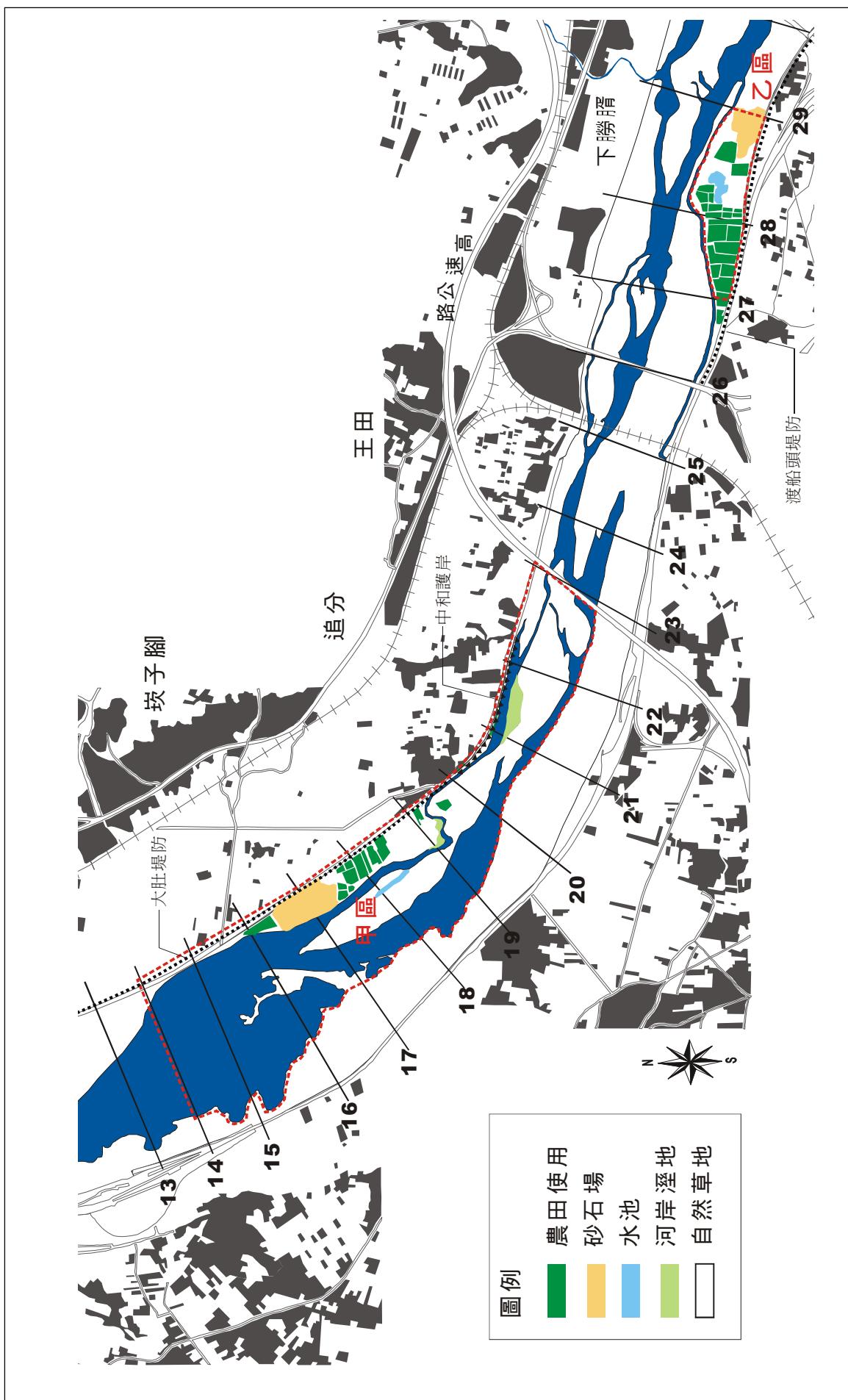


乙區簍磚工法堤防



乙區高灘地廢耕後為外來種大花咸豐草所據

圖 2-7 土地使用現況圖



## 二、交通分析

計畫區週邊交通路網相當密集，從上游至下游計有中彰快速道路〈高架〉、台1號省道〈平面，跨越烏溪為大度橋〉、縱貫鐵路、中山高速公路〈高架〉、第二高速公路〈高架〉，因位居許多重要交通要道匯集地，交通量大，形成的干擾也較多。計畫區週邊交通現況詳見圖 2-8。

計畫區甲區位於台中縣大肚鄉，可經由台1號省道或台1乙省道接區域道路至堤防邊防汛道路抵達；計畫區乙區可經由台14線接區域道路至堤防邊防汛道路抵達。惟至計畫區之區域道路多屬產業道路，計畫完成後應有適當的指標系統，以提高可及性。

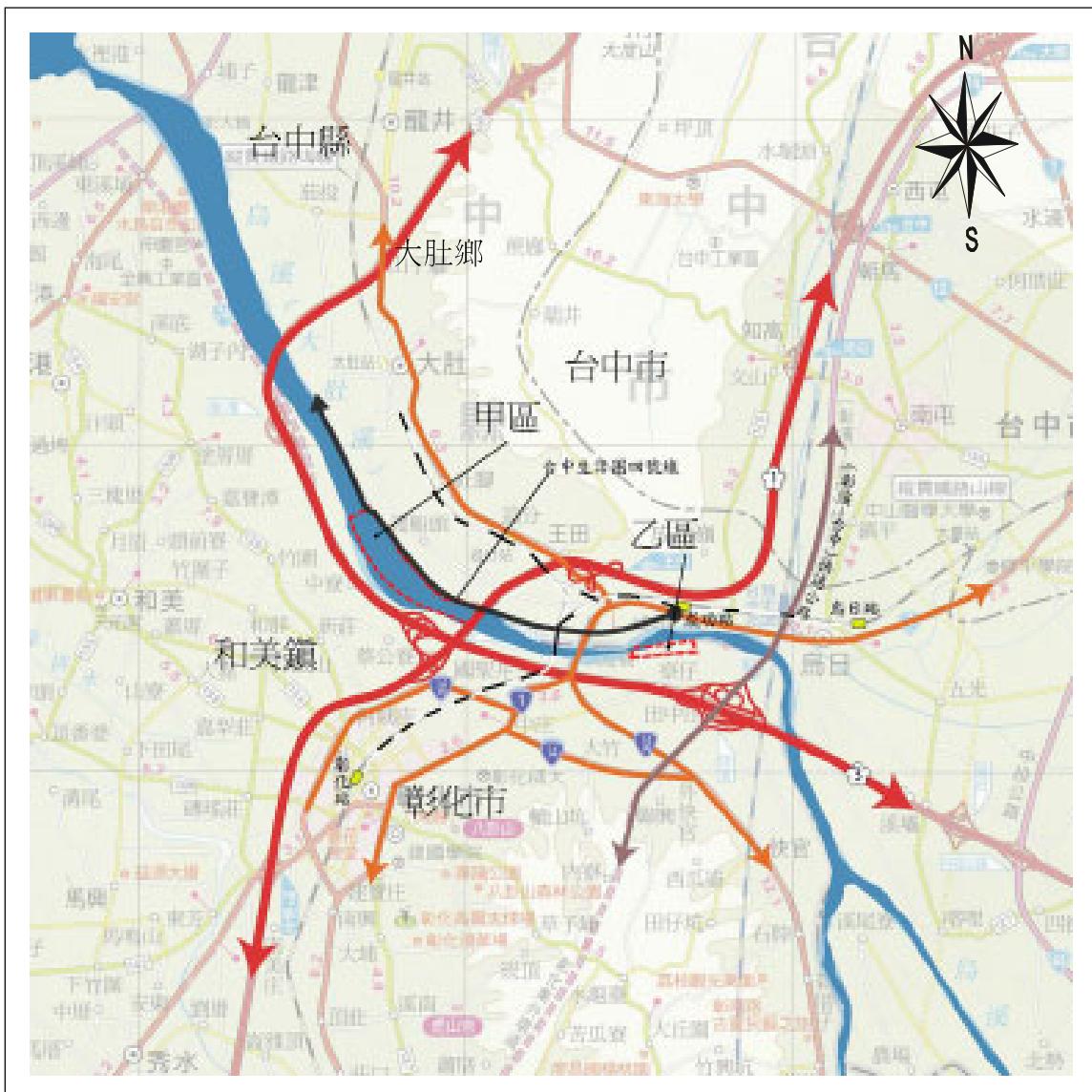


圖 2-8 週邊交通分析圖

## 第四節 河川分析

### 一、河川形態

本案甲乙二區在河川分類上甲區屬中間地河道，平均坡降約為 $1/1000$ ，乙區為扇狀地河道，平均坡降約為 $1/500$ 。甲區在10.5公里(18大斷面)附近坡降驟減，砂州形態亦由多列砂州轉為單列交互砂州。該處並為烏溪感潮域之上緣，主河床物質雖為礫石( $D_m=67mm$ )，泥砂含量達25%左右。乙區河道屬多列砂州，主河床物質為礫石( $D_m=80mm$ )。

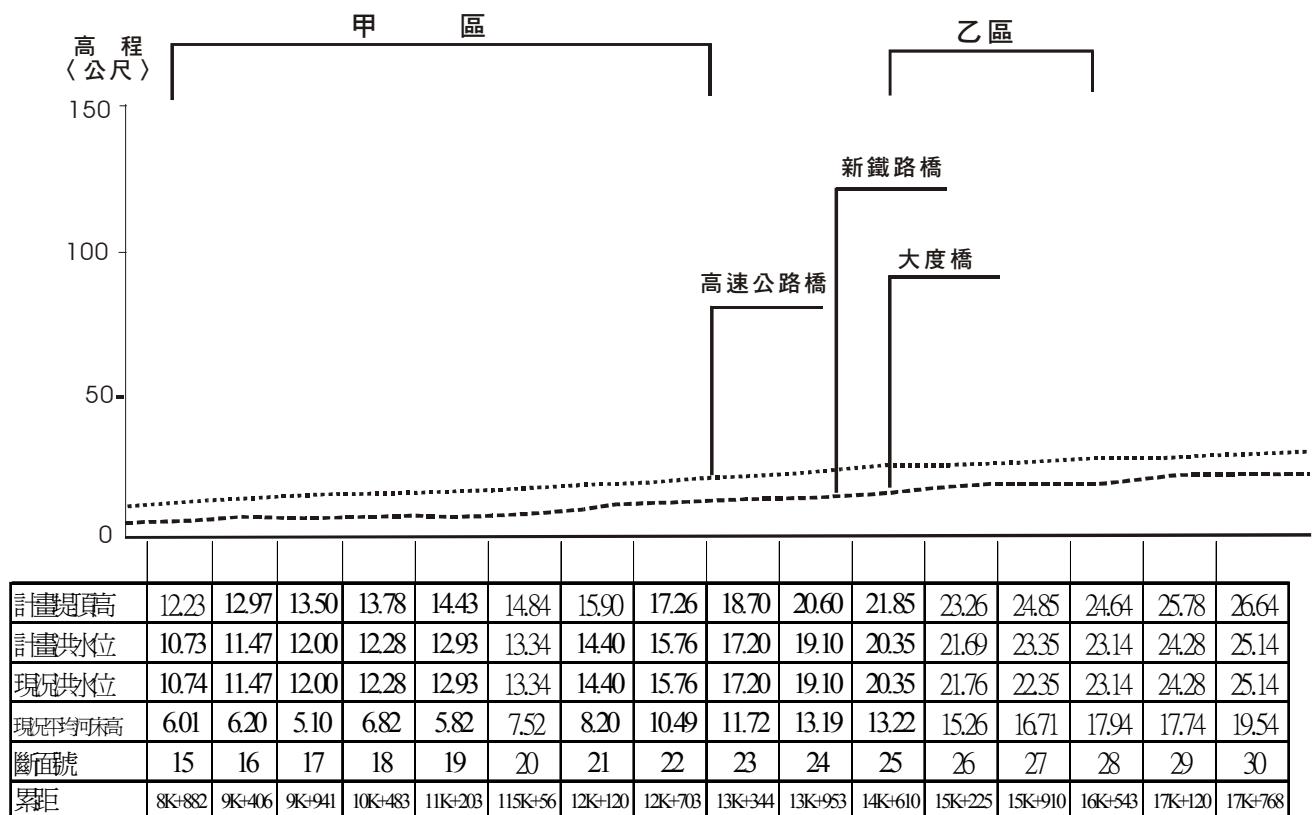


圖 2-9 河道縱斷面圖

## 二、高灘地淹水分析

甲區高灘地僅邊緣二，三十公尺為中小型洪水可及，其餘大片灘地為百年洪水方可及。

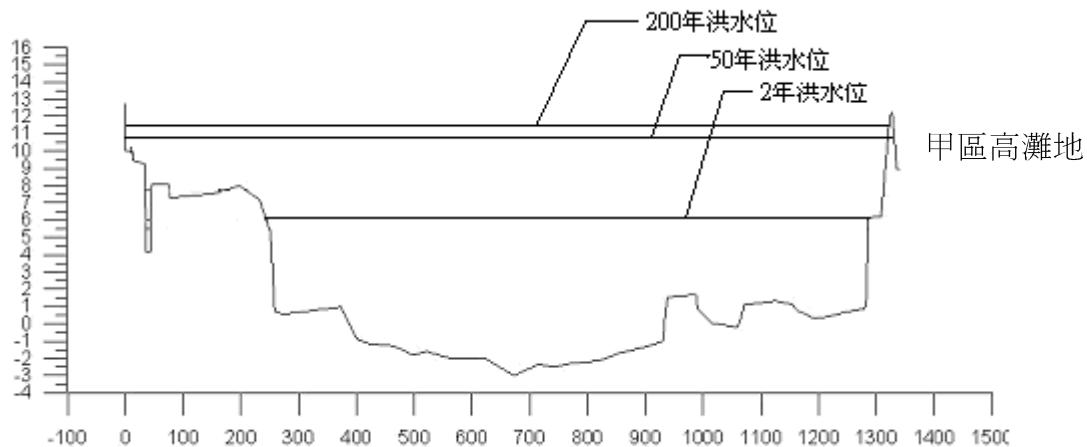


圖 2-10 烏溪大斷面 15

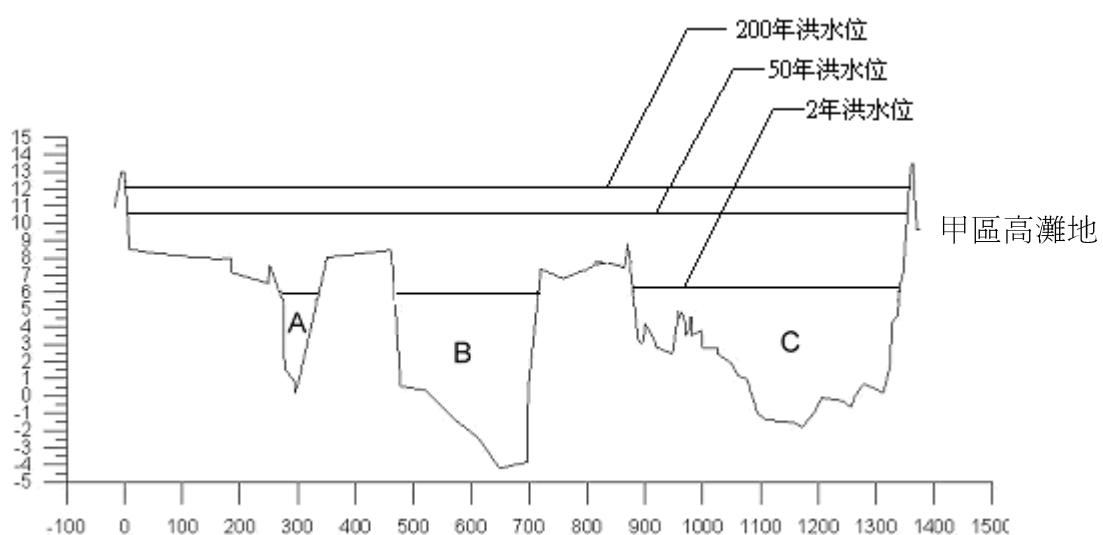


圖 2-11 烏溪大斷面 16

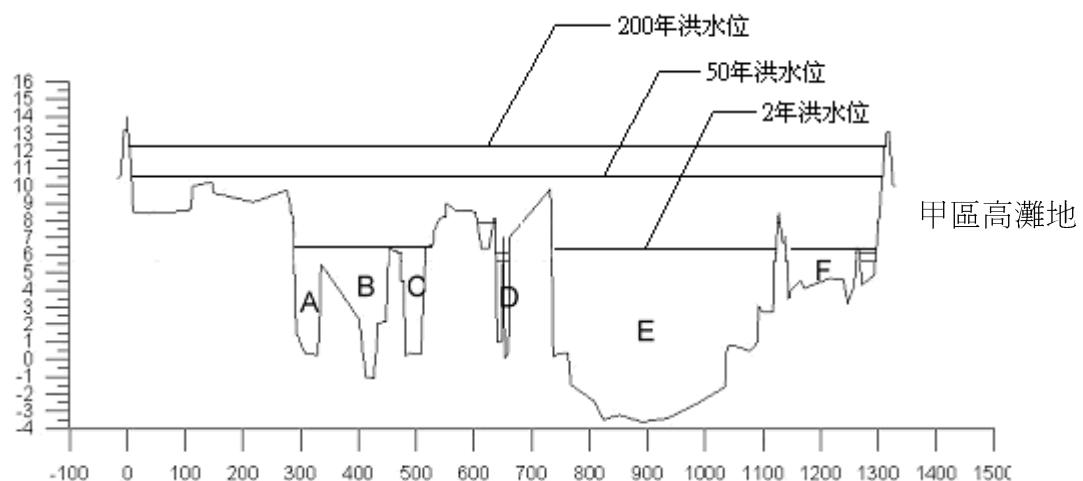


圖 2-12 烏溪大斷面 17

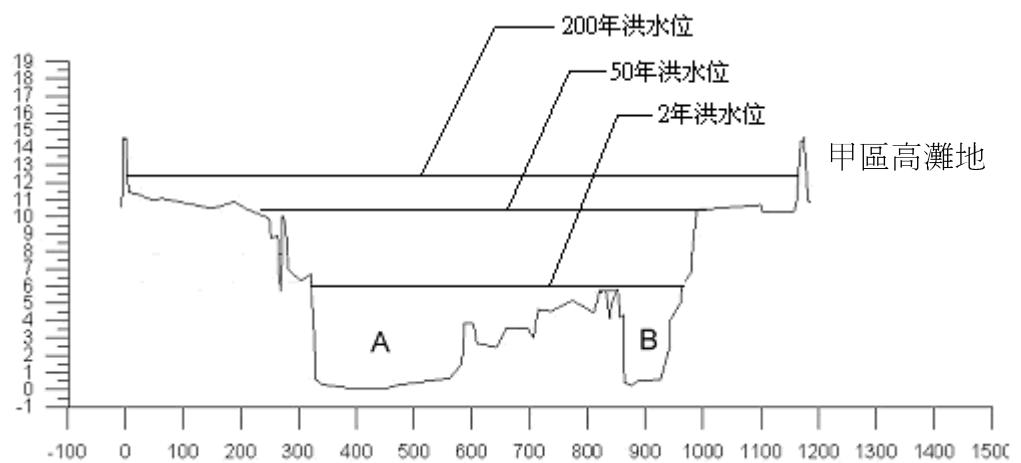


圖 2-13 烏溪大斷面 18

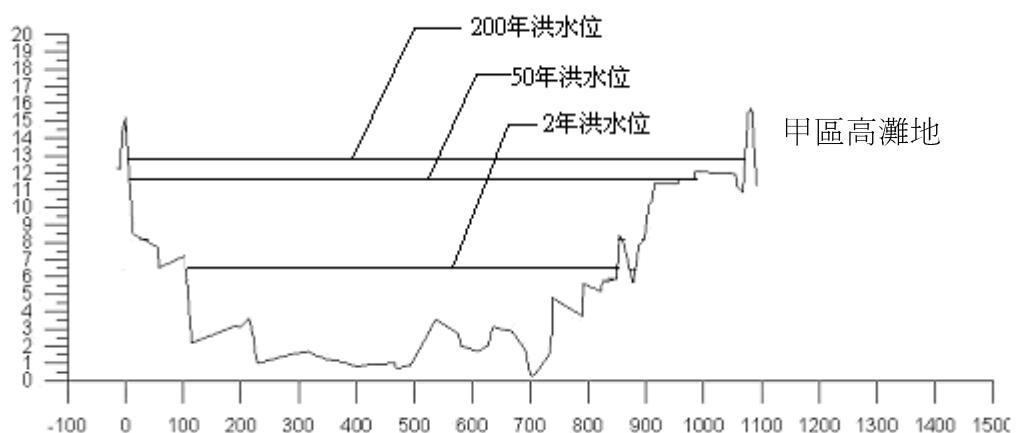


圖 2-14 烏溪大斷面 19

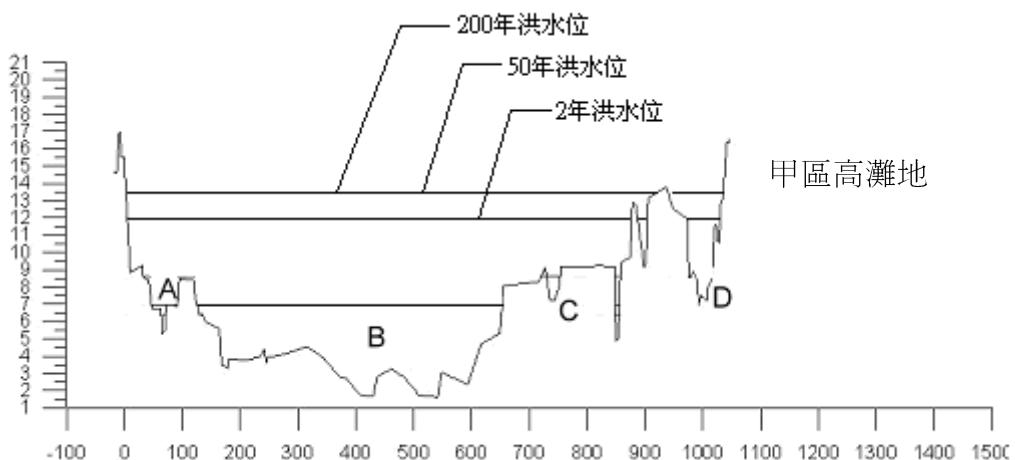


圖 2-15 烏溪大斷面 20

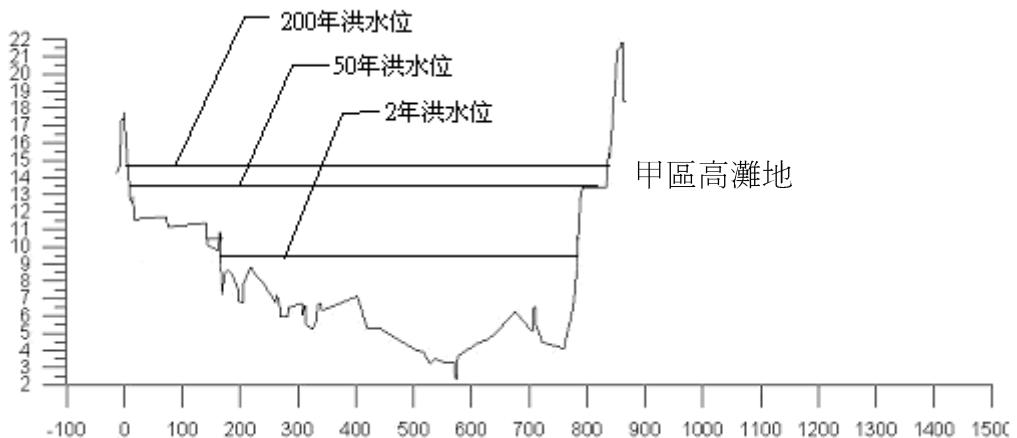


圖 2-16 烏溪大斷面 21

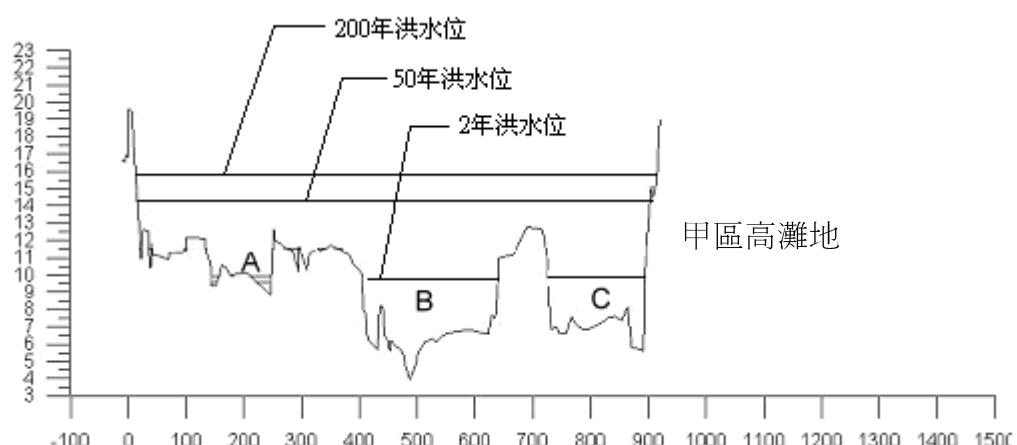


圖 2-17 烏溪大斷面 22

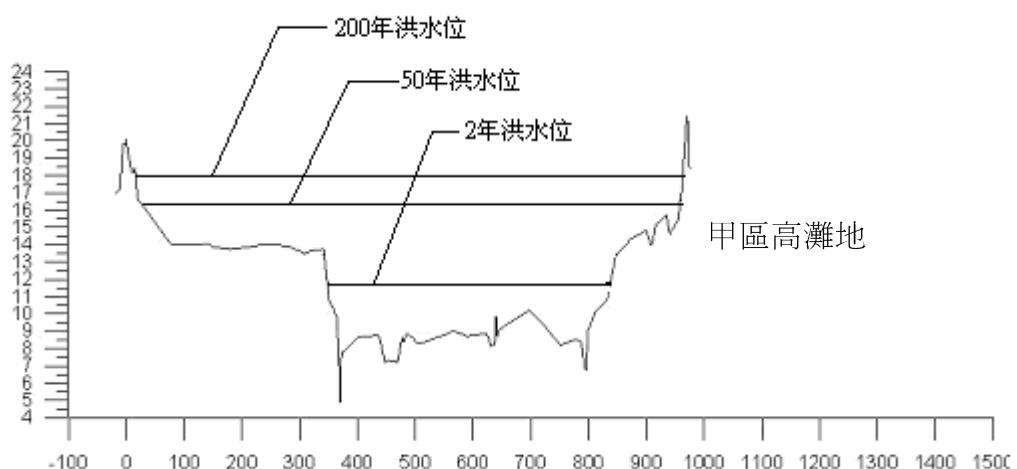


圖 2-18 烏溪大斷面 23

### 三、大肚圳水文資料

#### 〈一〉河道斷面

大肚圳河道深度約 1.5M，呈 V 形河道，水面寬約 12M〈斷面 18 處〉

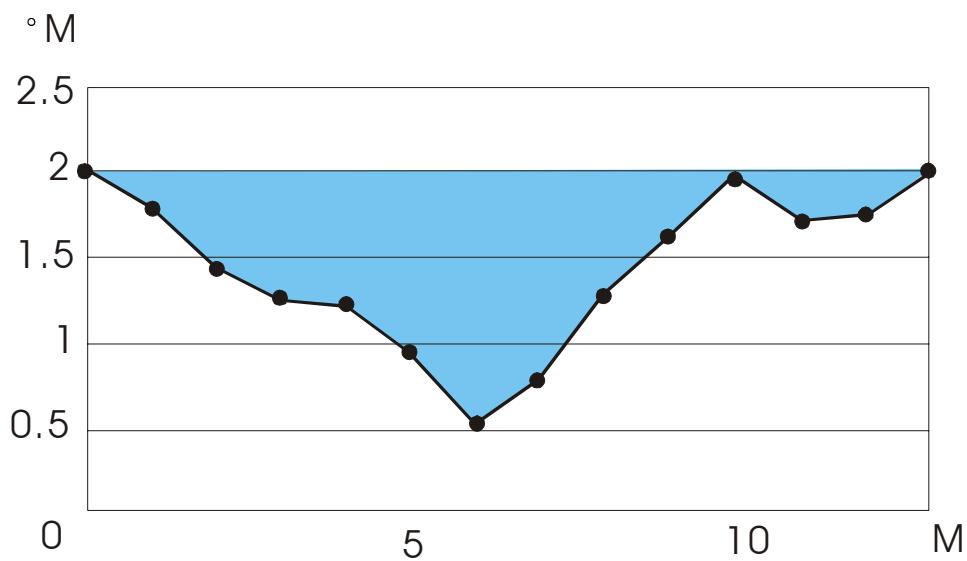


圖 2-19 大肚圳斷面圖 資料來源：本計畫 2004.4.27 測量

#### 〈二〉流速流量

本計畫於 93 年 4 月 27 日在烏溪大斷面 19~20 間，大肚圳抽水站旁測得之流速流量資料如下表，其水面寬 12M，面積  $7.6M^2$ ，流速 0.23M/S，流量 1.72CMS。

表 2-5 大肚圳水文資料表

施測日期：93/04/27							
測點	起點距 M	水面寬 M	水深 M	流速		面積 $M^2$	流量 CMS
				點 M/S	平均 M/S		
0.6	1.00	2.00	0.21	0.08	0.08	0.42	0.03
0.2	3.00	2.00	0.73	0.29			
0.8				0.23	0.26	1.46	0.38
0.2	5.00	2.00	1.06	0.34			
0.8				0.28	0.31	2.12	0.66
0.2	7.00	2.00	1.2	0.18			0.36
0.8				0.12	0.15	2.4	
0.6	9.00	2.00	0.35	0.18	0.18	0.7	0.13
0.6	11.00	2.00	0.25	0.31	0.31	0.5	0.16

資料來源：本計畫 93.4.27 測量整理。

### 〈三〉含砂量

2004.4.27 於斷面 26 〈砂石場下游〉測得砂石含量在 128PPM，  
斷面 19~20 間 〈大肚抽水站〉含砂量 106PPM，含砂量相當高。

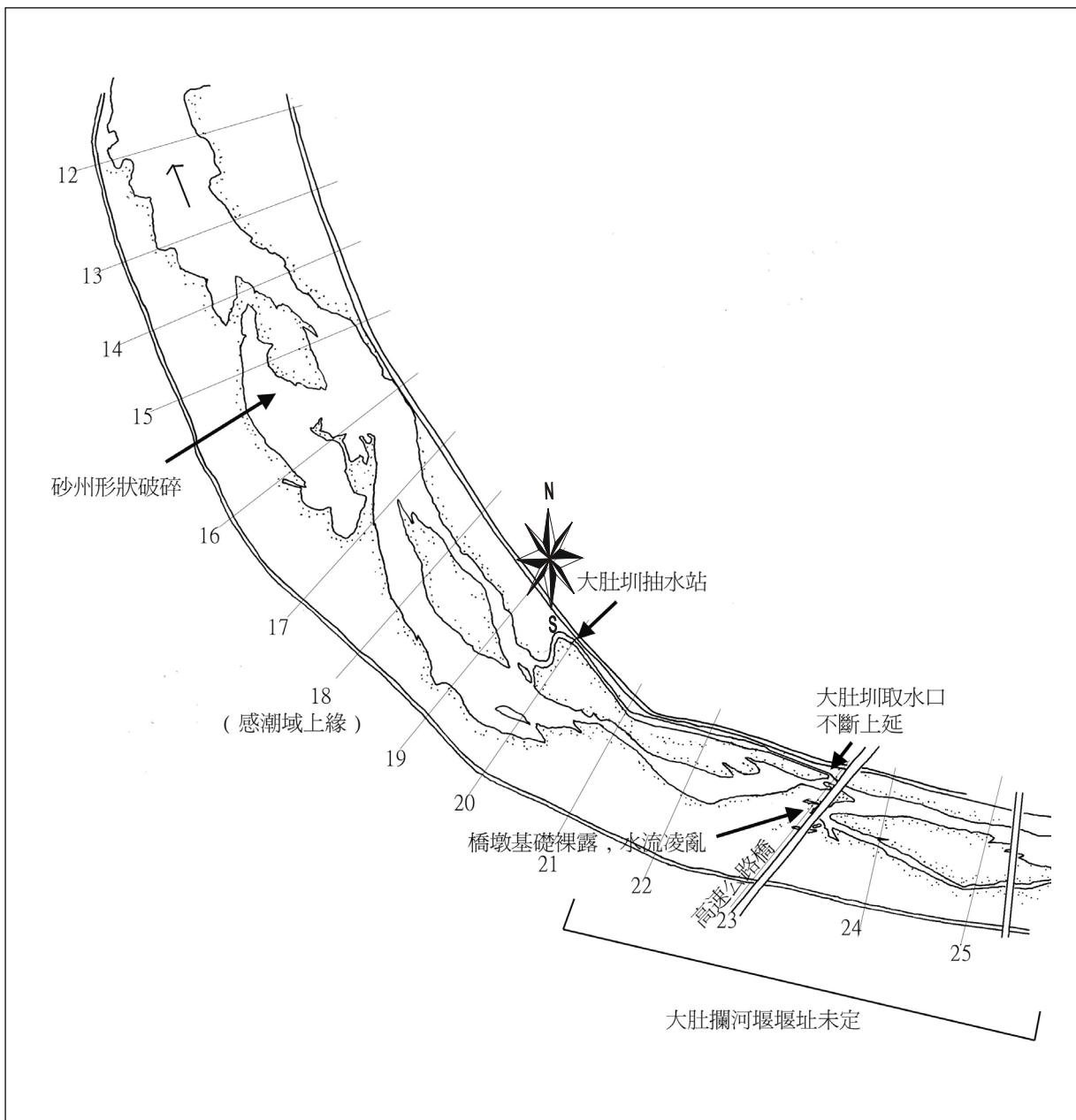


圖 2-20 甲區附近河道形態現況圖

## 第五節 生態分析

烏溪流域面積遼闊，全境海拔落差達三千四百公尺，山坡地及高山面積約佔 $3/4$ ，其地理環境極富多樣性包含高山、盆地、丘陵、台地、平原、海口濕地，因此原生動植物資源豐富。如流域東半部埔里、國姓沿線之景觀生態資源向為中部地區生態旅遊重點，惠蓀林場更肩負林業資源保育及生態環境保育功能；流域西端烏溪河口坡度平緩，擁有寬達四公里左右的潮間帶和高生產力的河口生態環境，因此動植物資源甚為豐富，遷移性水鳥眾多，為全省最大的水鳥棲地之一，已劃為大肚溪口野生動物保護區。

烏溪沿岸地區雖然生物資源豐富，但現況（民國 90 年）土地利用調查資料顯示已登錄地中直接生產用地佔全流域面積 54%，超過平原（佔 22%）及山坡地宜農牧地（佔 21%），若再加計未登錄地違規使用情形，可見烏溪土地超限利用壓力。由於山坡地、林地大量開發，種植高經濟作物，如果園、茶園、高山蔬菜、檳榔等，造成山坡地、林地大量被破壞、河川下游水域污染，動植物棲息地驟減，會危及野生動植物生存。

本案之生態調查主要包括物種調查、生態位、食物鏈、潛在植被... 等生態項目，以期推估建立原有生態原型。目前透過東海大學賴明洲教授之協助，初步完成資料蒐集、潛在植被推估的工作，加上鳥類、魚類、兩棲類、爬蟲類與昆蟲之調查，則能建立生態原型，依此原型成為生態設計與工法之準則。

### 一、物種說明

烏溪流域內生物資源之調查，已有農委會特有生物研究保育中心曾於民國 81 年至 86 年間辦理南投、彰化及台中縣市之生物資源調查，該中心並於民國 90 年辦理烏溪內鳥類及魚類資料調查。本計畫彙整摘錄前述資料說明烏溪下游流域生態環境如下：

#### 1. 陸域動物生態

##### (1) 哺乳動物

在彰化縣、南投縣、台中縣市均發現之哺乳類動物有

台灣鼴鼠、東亞家蝠、台灣彌猴、台灣野兔、赤腹松鼠、鬼鼠、小黃腹鼠、溝鼠、白鼻心、台灣山羌。

#### (2)鳥類

共14目37科121種鳥類，遍存各地的有：麻雀、白頭翁、鷦鷯類，畫眉只生存在內灣及清水岩二區，四種猛禽及棕面鷹、五色鳥只存於八卦山脈次生林或造林地內，屬於保育類鳥類共12種，珍貴希有保育鳥類有鳳頭蒼鷹、松雀鷹，蜂鷹、黑鳶、大冠鳩、燕鵙、小燕鷗、翠翼鳩、畫眉九種，應保育之鳥類有赤腹鷹、喜鵲、紅尾伯勞三種。

#### (3)蝴蝶類

共7科101種，分別為鳳蝶科15種、粉蝶科14種、班蝶科10種、蛺蝶科24種、蛇目蝶科12種、小灰蝶科22種、弄蝶科4種，單一蝶種來看以粉蝶科的紋白蝶最多，其次為小灰蝶科之沖繩小灰蝶。

#### (4)爬蟲類

共2目9科19種爬蟲動物，包括蜥蜴類7種，即守宮科2種、飛蜥科1種、蜥蜴科1種、石龍子科3種，其中斯文豪氏攀蜥、蓬萊草蜥等2種為台灣特有種；蛇類共10種，分別為蝙蝠蛇科2種、腹蛇科1種、黃頸蛇科7種；龜鱉類共2種，即鱉科1種、澤龜科1種。蜥蜴類分布最廣為麗紋石龍子，蛇類以臭青公為最多，龜鱉類以斑龜分布最廣。

#### (5)兩棲類

共1目4科11種，其中褐樹蛙、虎皮蛙、貢德氏赤蛙、黑蒙西氏小雨蛙為珍貴稀有保育類野生動物。平面分布以澤蛙分布最廣，垂直分布則以盤古蟾蜍、黑眶蟾蜍、白領樹蛙、虎皮蛙、澤蛙、金線蛙、黑蒙西氏小雨蛙等9種為最多。

## 2. 水域動物生態

烏溪水系經調查十九個樣點共發現14科35種魚，包括白鰻、台灣石賓、台灣馬口魚、粗首獵、鯽、日本鯽、陳氏鰍鮀、台灣細鯽、台灣石鮋、粗首蠶、台灣縷口鰍、台灣間爬

岩鯁、埔里中華爬岩鯁、中華花鯁、泥鯁、大鱗泥鯁、鮀、短臀鮀、鯔、棕塘鱧、明潭吻蝦虎、短吻紅斑吻蝦虎、極樂吻蝦虎、斑鱧、大肚魚、琵琶鼠及吳郭魚等等。十九個樣點

出現頻度以明潭吻蝦虎在其中十五個樣點有紀錄最多，其次為粗台灣石賓及粗首獵出現其中十一個樣點。28 站次的調查中明潭吻蝦虎有 22 筆記錄，可說是分布最廣的魚種。數量亦以明潭吻蝦虎最多（174 隻），生物量則以吳郭魚 1664.5 公克最重。顯示烏溪主流水質已被嚴重污染事實，因此烏溪流域之管理應加強污染源之改善。

### 3. 植物

#### (1) 優勢喬木

苦棟（甲區、乙區）、構樹（甲區、乙區）、相思樹（甲區、乙區）、沙朴（甲區、乙區）、山黃麻（乙區）、銀合歡（乙區）。

#### (2) 禾本科

大黍（甲區、乙區）、李氏禾（甲區、乙區）、象草（甲區、乙區）、狗尾草（甲區、乙區）、孟仁草（甲區、乙區）、牛筋草（乙區）、棒頭草（乙區）。

#### (3) 豆科

田菁〈甲區、乙區〉。

#### (4) 菊科

茵陳蒿（甲區、乙區）、銀膠菊（甲區、乙區）、大花咸豐草（甲區、乙區）、紫花藿香薊（乙區）。

#### (5) 莎草科

毛軸莎草（乙區）。

#### (6) 茄科

龍葵（乙區）。

#### (7) 莛科

青葙子（甲區）。

(8) 薔薇科

虎婆刺（乙區）。

(9) 鴨拓草科

鴨拓草（乙區）。

(10) 河岸水生植物

紅蓼（甲區）、蓮子草（甲區）、節節草（甲區）、巴拉草（乙區）。

## 二、生態原型推估

依據現有的資料可以推估出以下之生態金字塔，未來生態設計的重點在於基盤與生產者之設計與改善。至於生態棲地（Biotope）的設計，則以一、二級消費者為主，依其生態行為之需求設計。在這樣的設計下，將能達成生物多樣性與生物量的雙重增加，加速演替效果，縮短回復自然時程。

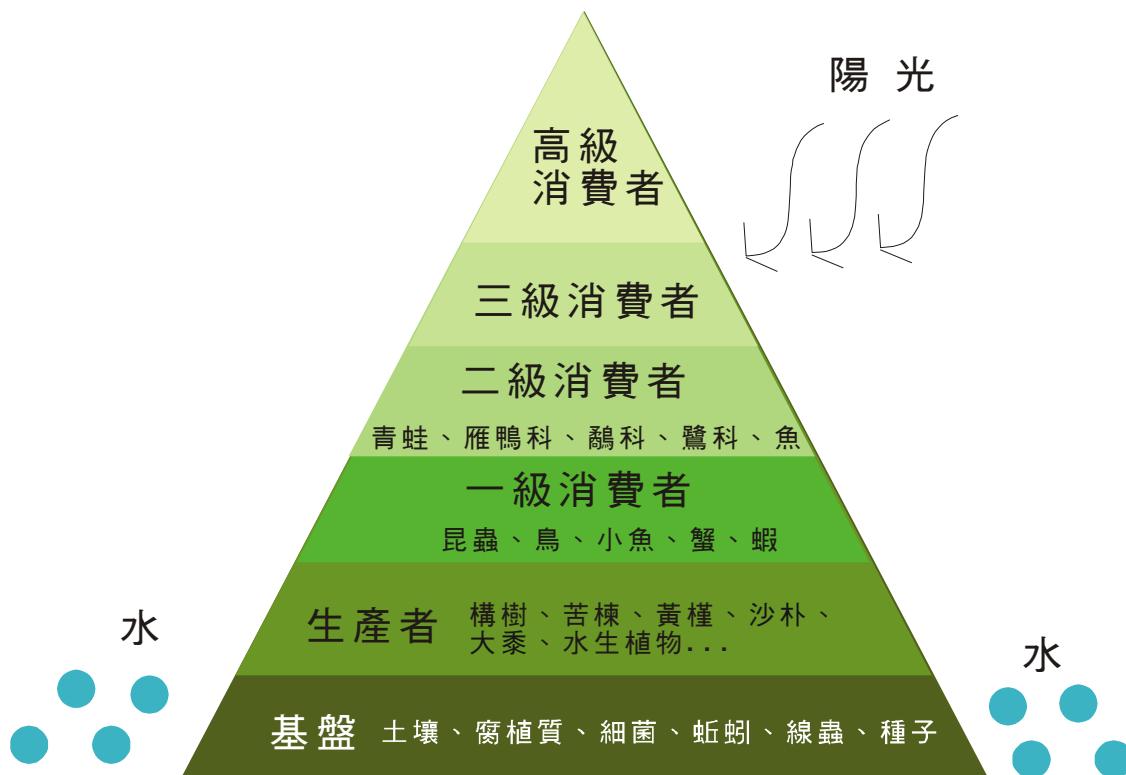


圖 2-21 烏溪河域生態金字塔示意圖

## 第六節 社區分析

### 一、人口組成

#### 〈一〉甲區

甲區位於台中縣大肚鄉營埔村，大肚鄉至民國89年人口數為54,685人，依民國85年之台閩地區工商及服務業普查調查結果，鄉內初級產業〈含農、林、漁、牧〉人口佔17.51%、二級產業〈含礦業、製造業、營造業及公共事業〉人口佔63.25%、三級產業〈含商業、金融、交通及服務業〉人口佔19.24%。其中，營埔村靠近烏溪處則多從事農業、畜牧。

#### 〈二〉乙區

乙區位於彰化市，距離市中心約2公里。彰化市至民國89年人口數為229,915人，依民國85年之台閩地區工商及服務業普查調查結果，市內初級產業〈含農、林、漁、牧〉人口佔6.86%、二級產業〈含礦業、製造業、營造業及公共事業〉人口佔50.17%、三級產業〈含商業、金融、交通及服務業〉人口佔42.97%。靠近烏溪處則多從事農業及畜牧業。

### 二、社區訪談

本計劃於規劃期間，對於計劃區內農民多次訪談，訪談結果歸納如下：

#### 〈一〉社區需求方面

於計劃區內公地耕作之農民居住於堤防內社區，多為世代於此耕作。近年來，高灘地漸漸高燥化，農作收成並不理想，因此，繼續耕作的動機上，是對土地的情感、作為日場休閒運動等大於經濟上的效益。

對於高灘地將來的使用並沒有太多的意見，重視的是在計劃執行的過程中，對農民的尊重。若是能保留部分農耕使用，社區願意負擔基地日常的管理維護。

## 〈二〉基地的歷史記憶

1. 甲區大肚圳水道原為直線，多年來圳水不斷沖刷，形成目前的大灣道。
2. 大肚圳內魚類近年來為吳郭魚、琵琶鼠等外來耐污性高魚種所取代。大肚圳在 10 年前是清澈的流水。
3. 甲、乙區舊稱渡船頭的地區，昔日為烏溪水流緩而穩的地區，可以渡船橫越。



甲區高灘地上農民訪談



甲區二期高灘地農民吳先生



乙區高灘地農民阿針伯訪談

## 第七節 相關法規彙整

### 一、水利法（92.2.06修正）

#### 相關條文

第 78 條 河川區域內，禁止下列行為：

- 一 填塞河川水路。
- 二 毀損或變更河防建造物、設備或供防汛、搶險用之土石料及其他物料。
- 三 啟閉、移動或毀壞水閘門或其附屬設施。
- 四 建造工廠或房屋。
- 五 棄置廢土或其他足以妨礙水流之物。
- 六 在指定通路外行駛車輛。
- 七 其他妨礙河川防護之行為。

第 78-1 條 河川區域內之下列行為應經許可：

- 一 施設、改建、修復或拆除建造物。
- 二 排注廢污水或引取用水。
- 三 採取或堆置土石。
- 四 種植植物。
- 五 挖掘、埋填或變更河川區域內原有形態之使用行為。
- 六 圍築魚塭、插、吊蚵或飼養牲畜。
- 七 其他經主管機關公告與河川管理有關之使用行為。

第 79 條

水道沿岸之種植物或建造物，主管機關認為有礙水流者，得報經上級主管機關核准，限令當事人修改、遷移或拆毀之。但應酌予補償。

前項水道沿岸係指未建堤防之水道，在尋常洪水位到達地區外緣毗連之土地。

### 第 80 條

堤址至河岸區域內栽種之蘆葦、茭草、楊柳或其他草木，有防止風浪之功效者，無論公有、私有，非在防汎期後，不得任意採伐。但經主管機關核准者，不在此限。

### 第 81 條

水道沙洲灘地，不得圍墾。但經主管機關報准上級主管機關認為無礙水流及洪水之停滯者，不在此限。

### 第 82 條

水道治理計畫線或堤防預定線內之土地，經主管機關報請上級主管機關核定公告後，得依法徵收之；未徵收者，為防止水患，並得限制其使用但不得逕為分割登記。

### 第 83 條

尋常洪水位行水區域之土地，不得私有；其已為私有者，得由主管機關依法徵收之，未徵收者，為防止水患，並得限制其使用但不得逕為分割登記。

前項所稱洪水位行水區域，由主管機關報請上級主管機關核定公告之。

## 二、水利法施行細則（79.3.16 修正）

### 第 142 條

本法第七十八條所稱行水區，係指左列情形：

- 一 已築有堤防者，為二堤之間之土地。
- 二 未築有堤防者，為尋常洪水位達到地區之土地。

### 第 143 條

本法第八十條所稱堤址至河岸區域內，係指由堤防臨水面之堤址線起至河岸臨水之邊線為止。

### 第 144 條

本法第八十一條所稱水道沙洲灘地，係指凡與水流宣洩或洪水停滯有礙，經禁止或限制使用之地區。包括湖沼、河口之海埔地與三角洲及指定之洩洪區。

## 第 145 條

本法第八十二條所稱水道治理計畫線，係指水道治理計畫之行水區域境界線。所稱堤防預定線，係指自堤外之堤址線起包括堤基、堤內水防道路、歲修養護保留使用地及應施安全管制地之境界線。

## 第 146 條

本法第八十三條所稱尋常洪水位，係指五年內洪峰高度出現次數最多之洪水位。

### 三、河川管理辦法（92.12.03 頒佈）

第 3 條 本辦法所稱河川管理，指下列事項：

- 一、河川治理計畫之規劃、設計、施工。
- 二、河川區域之劃定與變更。
- 三、土石可採區之劃定。
- 四、河川環境管理計畫之訂定。
- 五、河防建造物之管理。
- 六、河川之巡防與違法危害河防事件之取締及處分。
- 七、河川使用申請案件之受理、審核、許可、廢止、撤銷及使用費之徵收
- 八、治理計畫用地之取得。
- 九、防汛、搶險。
- 十、其他有關河川管理行政事務。

## 第 5 條

水利署得將中央管河川有關第三條第五款至第八款及第十款之河川管理事項，委託直轄市、縣（市）政府辦理。各級管理機關並得將上開事項委託鄉（鎮、市、區）公所或其他公法人辦理。各級管理機關得將河川上游之河川管理事項，委託其他目的事業主管機關辦理。

## 第 6 條

本辦法用詞定義如下：

一、河川區域：指依下列各目之一劃定公告之土地區域：

(一) 未公告河川治理計畫或未依河川治理計畫完成河防建造物者，為本法第八十三條規定尋常洪水位行水區域之土地。但依河川治理計畫所訂堤防預定線（即治理計畫用地範圍線）較寬者，以其預定線劃定。

(二) 依河川治理計畫完成一定河段範圍之河防建造物者，為依其河防建造物設施範圍劃定之土地，及因養護河防工程設施之需要所保留預備使用之土地。

二、堤防用地：指預定堤防用地或已建築堤防及其附屬建造物、水防道路用地。

三、水防道路：指便利防汛、搶險運輸所需之道路及側溝，並為堤防之一部分。

四、河口區：指河川出海口至平均低潮位處之區域。

五、堤內：指堤防之臨陸面，即堤後。

六、堤外：指堤防之臨水面，即堤前。

七、河川公地：指河川區域或水道治理計畫用地範圍線內已登錄及未登錄之公有土地。

八、浮覆地：指河川區域土地因河川變遷或因施設河防建造物，經公告劃出河川區域以外之土地。

九、河防建造物：指以維護河防安全為目的而興建之建造物，包括堤防、防洪牆、護岸、丁壩、防砂壩、潛壩、固床工、附屬堤防設施之水門及其他河川防護建造物。

十、使用費：指管理機關因許可使用河川公地，向使用人徵收之規費。

十一、河川圖籍：指河川管理機關依本法劃定之河川區域及水道治理計畫用地範圍圖說。

第 37 條 於堤外堤腳、防洪牆、護岸或堤防附屬建造物臨水面二十公尺以內不得許可種植植物，但草本、蔓藤植物之植栽高度低於五十公分且未設置支持之棚架者，不在此限。

河川區域種植規定，由主管機關另定之。

第 40 條 經許可使用河川公地者，其土地相毗連或鄰近農民自願結合共同從事農業經營者，得依相關法規合作經營。

#### 四、河川區域種植規定（89.09.05 頒佈，92.01.10 修正）

全文明確規定河川區域許可種植之種類、範圍、與種植配置方式，較以往 50cm 以下低莖作物的粗略規定有大幅的變更，考慮了現實狀況與高灘地生態綠化的實際要求，有明確而寬鬆的規定（全文詳附錄三），對於高灘地生態綠化工作有極大的幫助。

#### 五、辦理河川區域內設施構造物應行注意事項（88.10.07）

第三條規定公園、遊樂或運動場所，僅准就地整平使用，並不得設置固定建造物及種植高莖作物。

#### 六、中央管理河川河濱休閒場地維護管理要點（92.07.18）

今年七月份頒佈的新規定，明列河濱休閒場地維護管理權責歸屬，以及其中設施物維護及活動場地申請使用規定，對於今後利用高灘地所形成的河濱公園之管理維護，有清楚的依據（全文詳附錄四）。

## 第八節 相關計畫分析

### 一、彰化市河濱親水生態公園〈主辦單位：彰化市公所〉

位於彰化市北側，介於省道與台一線大肚溪橋與中彰快速道路間鄰近烏溪之區域。本案之主要土地利用型態以教育解說及生態復育與保護為主要規劃原則，以生態區之動物與植物的教育解說解說及渡船頭人文歷史、河道變遷史等解說及部分休憩功能，並提供烏溪特有鳥種、候鳥、留鳥等多樣性棲地與安全的繁殖環境。

#### (一)配置原則

1. 考量自然環境生態，及具有機能、美觀之原則下進行規劃設計。
2. 配合當地活動及地區產業，結合生態、人文及自然景觀，規劃適合民眾休閒娛樂的場所。
3. 設施規劃以安全休閒為前提，提供優越景緻，對環境之衝擊降至最低。各項設施之規劃設計以生態工法及低維護之設計原則。

#### (二)配置計畫

1. 生態觀賞活動：溼地生態教育區與灌溉渠道生態工法示範區。
2. 親水活動：生態湖親水區與烏溪人文、生態解說區。
3. 運動休閒區：運動休閒區、多功能草坪區。
4. 共同服務設施：資訊設施、服務設施。

#### (三)溼地生態教育區

1. 聯結烏溪流域之生態復育，透過水域與陸域的移動路徑，形成生態網絡。
2. 水道引入口處設立一處水質淨化緩衝區，並於定點設置水質監測區，確保野生動物棲息地之環境品質。

### 3. 生態池區：分為深水池、淺水草澤、草生地及沙礫灘地，提 分析與說明：

該案之配置計畫係為提供人為活動空間及休憩設施為規劃主題，對於生態環境部分係以溼地生態教育區及野生物棲地復育區之規劃。

對於其生態教育園區之規劃配置，生態溼地設置之觀念為本計畫所認同，惟其園區內設置大量非自然之階梯座椅區、碼頭懷舊區及運動休閒區等，是否又因人為所需，而再度破壞自然，實為詳細思量之課題。

生態復育之課題，應由生物體系之環境出發，而非以提供人為活動為主軸發展，人為的硬性的空間置入，一再的危及自然生態，如何創造及恢復一種自然原型或類自然的生態環境，著為現存生活環境之重要課題。



圖 2-22 彰化市河濱生態教育園區規劃平面配置圖

## 二、大肚鄉鐵路西側沿線整體景觀風貌改造規劃

〈主辦單位：台中縣大肚鄉公所〉

規劃範圍為台中縣大肚鄉大肚溪沿線 - 大肚至追分車站間鐵路沿線，其基地地位置與本計畫基地甲區範圍鄰近，故以其現有生態調查及構想做一概略性之敘述及分析。

此案主要為規劃為帶狀觀光遊憩區，提供假日休閒娛樂之場所，以人文活動節點之串連，形塑觀光遊憩空間。分區發展計畫分為大肚區、追分區及田野區，實質發展計畫則以自行車道系統計畫其動線設計主動線與次動線將周邊景點串聯。

分析與說明：

其中由礦溪書院經由田野區至渡船頭之自行車車道路線，且另規劃賞鳥路線，因此，在本計畫中甲區於堤岸設置自行車道，已延續其所規劃之自行車車道及賞鳥路線。

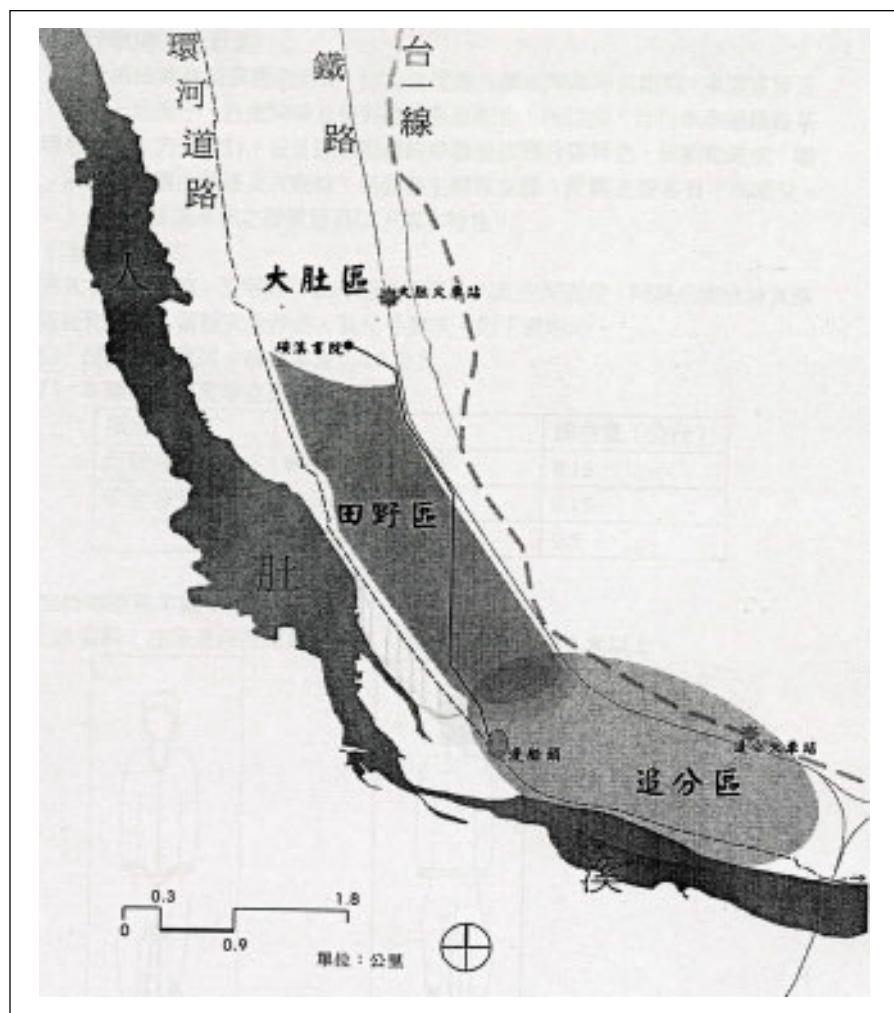


圖 2-23 大肚鄉自行車道規劃圖

### 三、台中生活圈四號線大肚段選線規劃及可行性評估計畫

〈主辦單位：內政部營建署〉

此案之計畫範圍為高鐵烏日站區附近四號線已規劃終點沿烏溪西行至銜接西濱公路止，全線行經烏日、大肚、龍井三個都市計畫區。分析與說明：

四號線道路在基地甲區部分係沿堤防線高架進行，將影響堤防邊動植物的生長，因此，在甲區基地配置應在靠堤防部分設置緩衝帶。

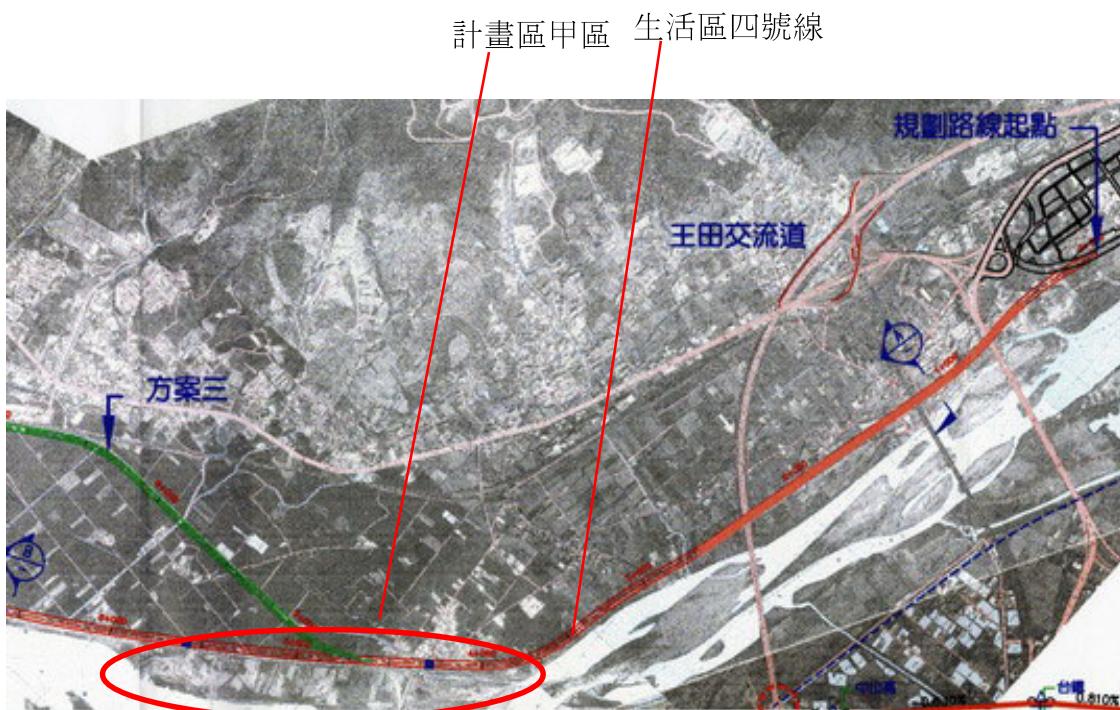


圖 2-24 台中生活圈四號線大肚段選線路線圖

### 四、大肚攔河堰興建計畫

〈經濟部水利署中區水資源局〉

攔河堰之預定址，橫面切於烏溪，若其興建，則將對於烏溪上游及下游水量水中生物體系產生影響。目前規劃的位置在於斷面 21 與斷面 22 之間，採堰高 3.55m 橡皮壩、2.0m 橡皮壩、2.0m 固定堰等三種方案，生態基流量為 8.39cms。本案目前尚在規劃當中，相關決策尚未底定。

在本計畫執行過程中，日籍顧問福留修文教授建議攔河堰的興建，宜沿著等高線設置石組攔河堰，以免阻絕河川縱向廊道。

## 五、中部科學園區台中基地污水放流管工程

〈主辦單位：中部科學園區籌備處〉

中部科學園區污水放流管出水口，為避免污染大肚圳之灌溉用水，目前規劃在烏溪大肚圳抽水站下游約1公里處，預計每日排放污水量上限為145,000cmd。由於放流水標準在二級水以上，因此，建議移動放流口位置。

## 第三章 規劃構想

### 第一節 基本計畫

本計畫的主要目的在於恢復烏溪河川的自然生態廊道，包括水域縱向廊道以及水域、高灘地、堤防等橫向的廊道。在計劃的內容上包括下列幾項，分佈位置如圖 3-1：

#### 一、計畫內容

##### 〈一〉甲區〈包括一期及二期〉

###### 1. 恢復河川的自然型態

自烏溪斷面 14~23 的水域，包括烏溪主流以及大肚圳。以自然材質的丁壩工法，固定烏溪潭及瀨的位置，恢復溪流的自然蜿蜒狀態，創造魚類的棲息環境。

###### 2. 濕地淨化水質

烏溪斷面 14~23 預計有四處區域排水匯入烏溪，擬於四處排水口各設置一處人工濕地淨化水質，從上游至下游分別為：

###### (1)高速公路橋下食品廠旁區域排水〈斷面 22~23 間〉

利用高灘地作人工濕地，淨化區域排水排出之家庭廢水及工業廢水。

###### (2)區域排水〈斷面 22~23 間〉

利用高灘地作人工濕地。

###### (3)王田圳灌溉排水〈斷面 20~21 間〉

利用高灘地及平行烏溪之水圳作人工濕地及進行礫間淨化。

###### 3. 高灘地植生復育

烏溪斷面 17~20 高灘地，擬以水池蓄水、改良土壤，配合

原生優勢植被的復育，提供陸生、兩棲生物食物來源及棲地，進而達到整體的生態復育。

#### 4. 水鳥保護區

烏溪斷面 17~20 沙洲形成的獨立島，人為干擾較少，現有鳥類種類數量相當多，擬擴大沙洲上水域，塑造水鳥棲地，規劃作為水鳥保護區。

#### 5. 社區農園

於高灘地上規劃三處社區農園，提供社區團體耕作場地，並建立社區管理維護機制。

#### 6. 交通動線規劃

包括堤頂自行車道、入口意象以及高灘地遊客散步道規劃。

#### 7. 導覽解說系統

提供給愛好自然者的自導性解說系統。

### 〈二〉乙區

#### 1. 生態池

利用現有水池，擴大水域並減緩邊坡，兼具生態及景觀遊憩的機能。

#### 2. 溼地淨化水質

於福馬圳取水至高灘地處，設置一人工溼地，兼具污染降解及景觀功能。自福馬圳取水水質經溼地淨化，流入生態池以利親水活動，再排入福馬圳，改善福馬圳之灌溉水質。

#### 3. 高灘地遊憩機能

乙區高灘地西側地形較高處，復育原生草原，作為彰化市民運動休閒使用。

#### 4. 社區農園

於高灘地東側、地形較低、水源易達處，規劃三處社區農園，提供社區團體耕作場地，並建立社區管理維護機制。

## 5. 交通動線規劃

包括堤頂自行車道、入口意象以及高灘地遊客散步道規劃。

## 6. 導覽解說系統

提供給愛好自然者的自導性解說系統。

## 二、預期效益

### (一) 甲區

#### 1. 健康的河川廊道復原

利用各種生態工程作法（水中棲地重建、人工濕地水質改善法、潛在植被復育法），多角度的進行河川廊道復原工程，預計將啟動自然的機制，逐漸恢復健康的河川廊道。

#### 2. 大肚圳取水問題的改善。

生態工程產生的自然型深潭，可確保大肚圳取水口不致因淤積問題而須每年疏浚。

#### 3. 社區總體營造的實踐。

雇工購料與社區農園的興建與管理模式，將社區總體營造的具體目標在本區實踐。

#### 4. 生態工程的示範

生態工程強調的是利用自然工法啟動如何啟動生物自我設計機制，本區即採用此一設計觀進行的設計，其觀念迥別於一般生態工法之展示。本區示範與觀察的價值在評估生物自我設計機制，提供日後更成熟的生態工程設計基礎。

### (二) 乙區

#### 1. 提供市民休閒的場所

彰化市缺乏大型戶外休閒場所，乙區高灘地提供了一處以生態旅遊為基礎的休閒場所。

#### 2. 生態池的教學意義

將原本採砂石的坑洞，變更為生態池，提供附近中小學

鄉土教育與自然教育的戶外場所。

### 3. 高灘地潛在植被復育

因人類耕作干擾而乾燥化的土地，因潛在植被與土壤保護工法的引入，逐漸恢復自然的林相，而朝向次生自然的方向演替。

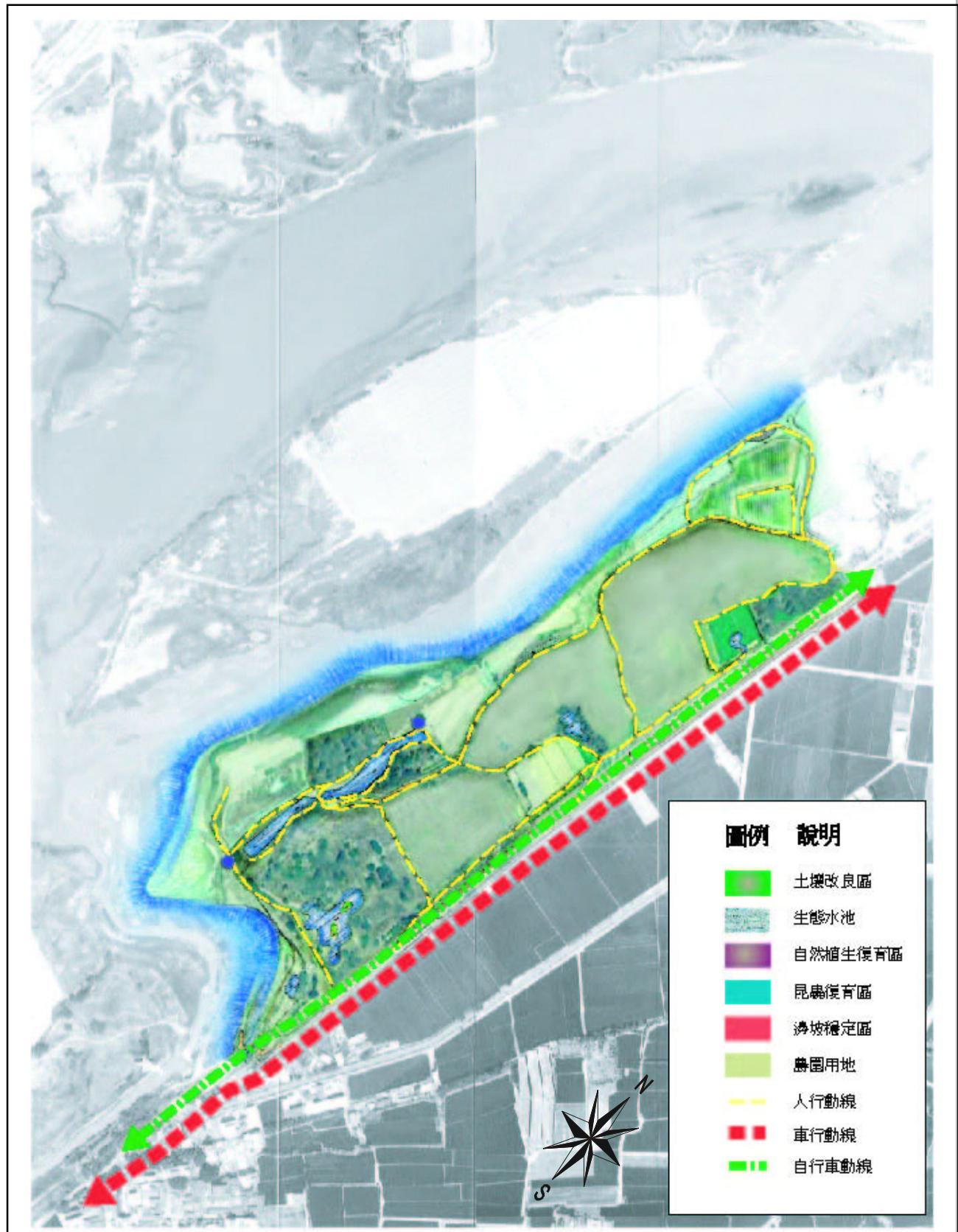
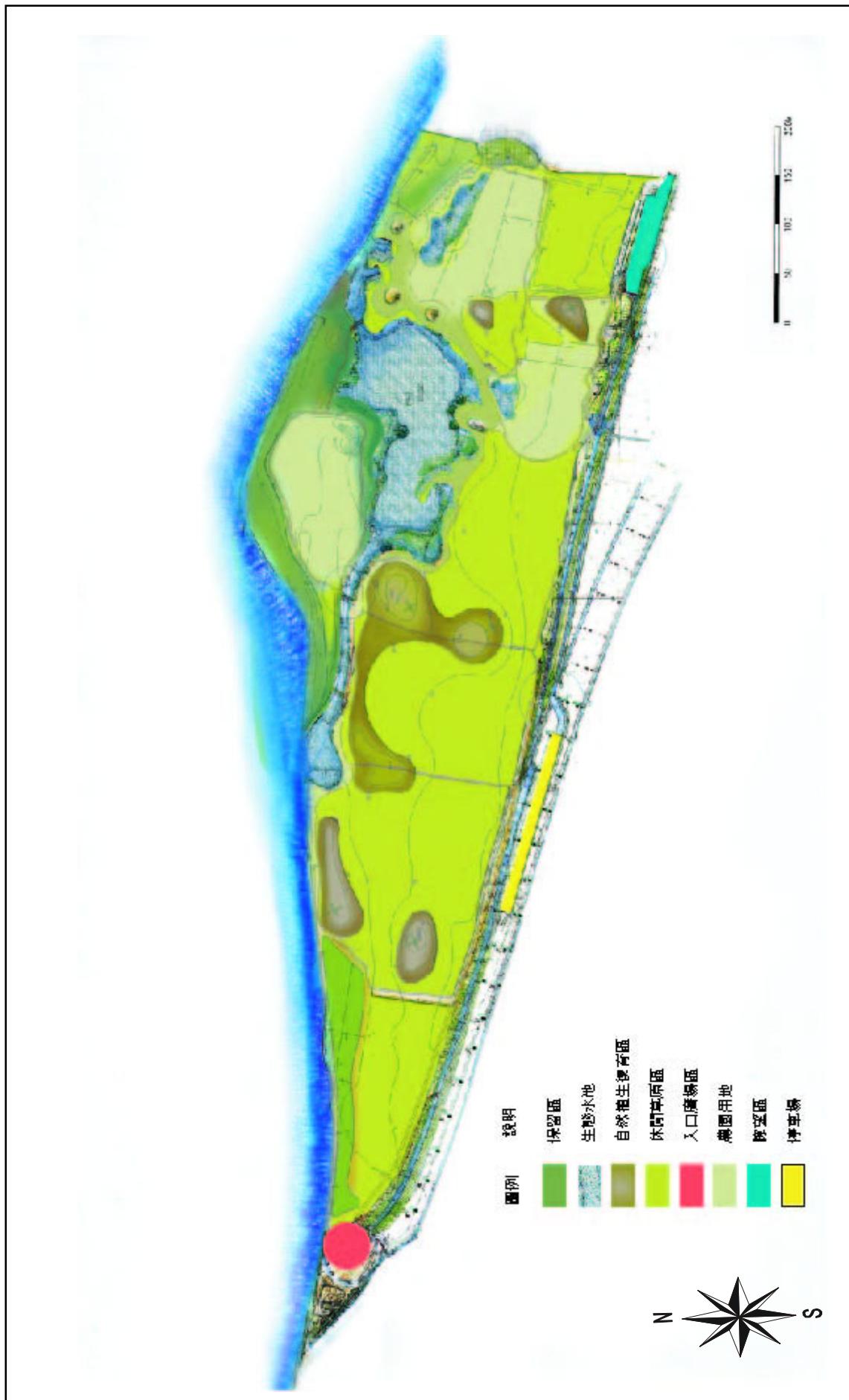


圖 3-2 甲區一期基本計畫佈置圖

圖 4-3 乙區基本計畫佈置圖



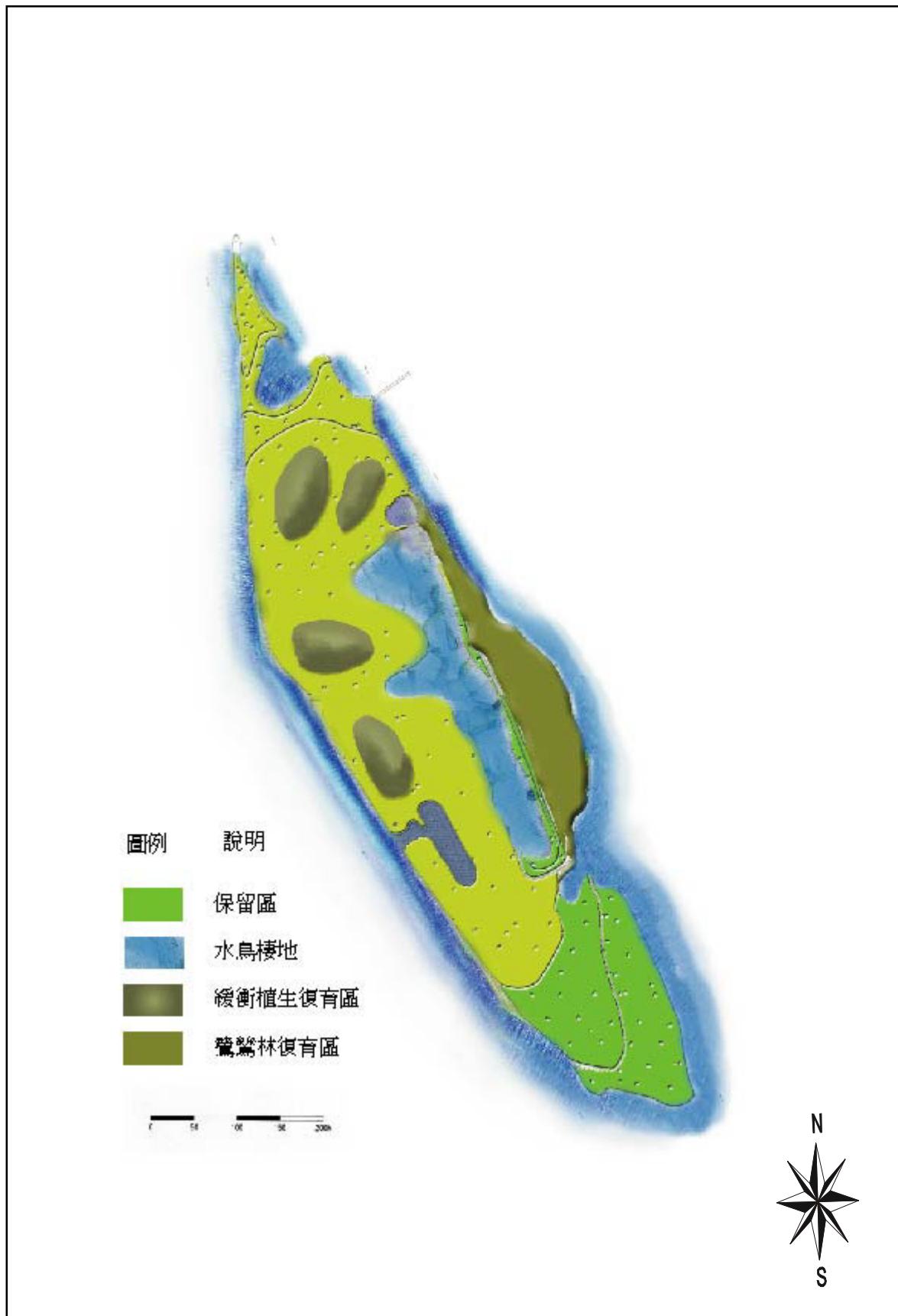


圖 3-4 獨立島計畫圖

## 第二節 交通計畫

計畫區之交通計畫，分成聯外道路、自行車道、人行步道等三個層級，並設有停車場、入口區及賞景休憩點等，分佈位置如圖 3-5 所示。

### 一、聯外道路

甲乙二區高灘地皆以堤防邊防汛道路，連接省道台 1 線及台 14 丙線與外界聯絡。基地鄰近中山高速公路王田交流道及中二高彰化系統交流道、快官交流道，以台 1 線及台 1 丙線、台 14 丙線相連接。

### 二、自行車道

甲區自行車道規劃，係自高速公路橋下沿堤下及堤上設置，一路串聯至原砂石場之停車場。乙區自行車道規劃，係以中二高高架道路下方為主。

### 三、人行步道

於甲、乙二區高灘地及沙洲設置環狀之人行步道，提供賞景者及農民使用。步道係以當地天然石頭鋪設而成。

### 四、停車場

於甲、乙二區各設置二處停車場。

### 五、入口區

於甲區設置四處入口區，乙區設置二處，形成當地特殊景觀，並提供旅遊者休憩的空間。

### 六、賞景休憩點

於甲區設置五處賞景休憩點、以區設置三處，作為賞鳥、賞景、休憩之停駐點。

### 第三節 河川水質改善計畫

在河川化學中，水質狀態為生物生存最重要因素之一。本區水質依環保署標準分類為丁等水質，表示河川污染狀況嚴重。本段河川之污染為上游總體匯積結果，因此除利用整體河域污染防治管理方法外，無法根本的解決河川污染問題。但是在本區段河川中，可利用人工濕地的設置，改善附近污水排入河川中之水質狀況。

本河域在斷面 20~23 之間計有三處廢污水排放處，三處污水主要為社區家庭廢水、農田迴歸水、及部分食品加工廠洗滌廢水。其中水質狀態經檢測後發現重金屬含量都在標準內，主要還是氮、氨、磷等污染之去除。因此建議於匯流口處設置三處人工濕地（位置詳如圖 3-6），改善排入河川之水質，減低河川污染負荷。

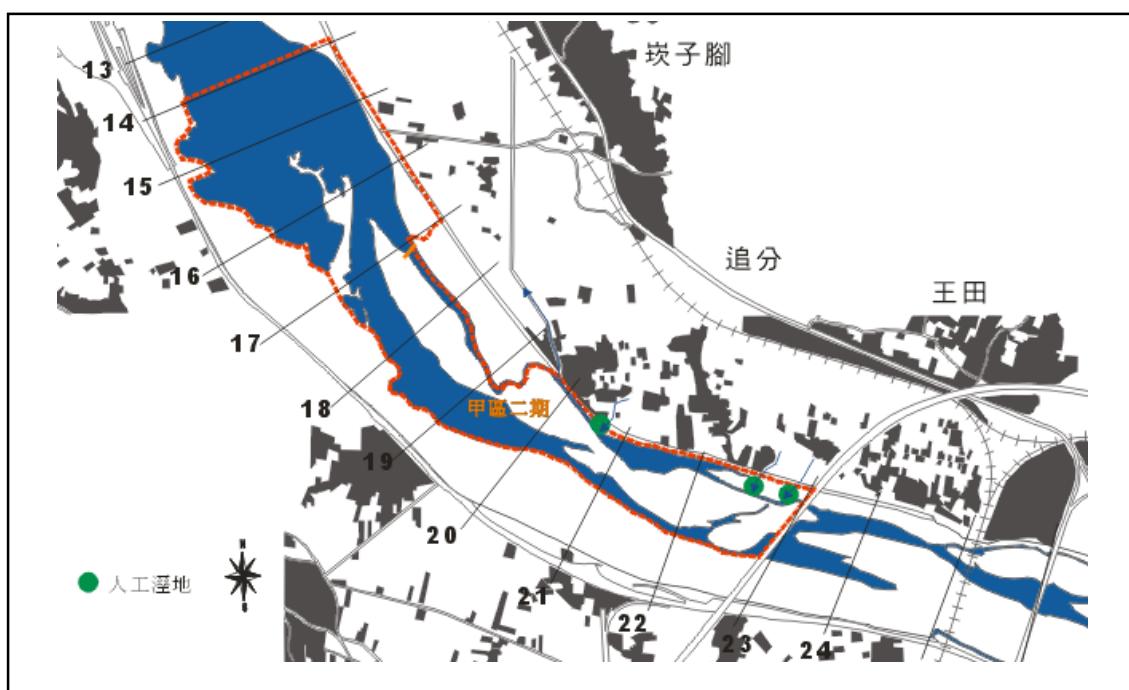


圖 3-6 人工濕地設置位置圖

#### 一、人工濕地設置類型

人工濕地系統有兩種設計形式：表面流動式溼地(Free water surface wetland, FWS)與表面下流動式溼地(Sub surface flow wetland, SSF)。在這兩類系統中，均有突發植物。表面下流動式溼地的處理效果通常比較好，並且不會有產生蚊子的問題。表面流動式溼地則能增加曝氣增加溶氧效果。因此本案建議於污水匯

入處先設置表面下流動式溼地，再設置表面流動式溼地，利用兩種系統之搭配，形成最佳的除污效果。

## 二、濕地水量計算及設計準則

### (一) 濕地水量計算

$$P - A + Q_i + G_i - Q_o - G_o - ET = dV/dt$$

式中 P:降雨量；A:從降雨中窪蓄(abstraction)；Q<sub>i</sub>:地表水流流入；

G<sub>i</sub>:地下水流入；Q<sub>o</sub>: 地表水流出；G<sub>o</sub>:地下水流出；ET:蒸發散量；

V:濕地儲水量；t:時間

以上方程式說明濕地整體水量基本關係，完整的濕地系統設計必須考慮上述這些變數長期變動情形，以確保在乾旱時期依然能維持其最小的水深，而在潮濕年度中，停留時間仍是足夠，但當有污水流入溼地時，則所有項目皆須納入考量。

### (二) 人工濕地處理量計算

FWS式溼地之深度通常低於0.5m(WPCF, 1990)，當深度增至0.7~1.0m時漂浮性植物將取突現的植物。當水深0.5m，水力負荷率為500m<sup>3</sup>/ha/d時，溼地的標準停留時間為10天，而實際的停留時間由於植物佔據部分容積，將會低於這個數字。許多資料均一致表示出最短停留時間應為5天，特別是希望氮的除去率高的時候。

FWS式溼地通常可比喻為污水處理廠的PF(Plug flow)反應槽，其估算公式為：

$$C = C_0 * e^{-kT}$$

其中C與C<sub>0</sub>分別為出流水與進流水的BOD<sub>5</sub>(氮，磷)濃度  
T為停留時間(day)

k為COD在FWS系統中的分解速率常數(隨溫度而變化)

依據Jing, et al(2002)所發表的文獻中BOD<sub>5</sub>的k介於0.38~0.55d<sup>-1</sup>之間。

$$T = \ln(C_0/C) / -k$$

$$\text{而 } T = AD/Q \xi$$

D 為覆水深度；A 為覆水面積；Q 為進流水量； $\xi$  為介質的孔隙率

在本案中，三處人工溼地面積各約為  $400m^2$

污水中  $BOD_5$  為  $60mg/L$ ，若達到排放水之  $BOD_5$  降到  $30mg/L$ ，則

$$C=60mg/L \quad C_0=30mg/L \quad A=400m^2 \quad D=0.3m \quad \xi=0.8$$

$$T = \ln(C_0/C) / -k = \ln(30/60) / -0.38 = 1.824$$

$$FWS\text{ 系統面積則為 } Q=400*(0.3*0.8)/1.824=52.66m^3 /D$$

若是採用 SFS 系統則需提高  $\xi$  值計算之。本區由於廢水量於規劃期限內無法估算，因此採用工法示範方式施作，先於空地處施作，依現有之溼地面積每處可處理之污水量為  $52.66m^3 /D$ ；若欲增加污水處理量，則必須再增加溼地面積。

### 三、除污植物選用

依據附錄一表附-13、附-14 介紹之除污植物配置種植。需注意的是將除污效果能力強的植物種植於污水匯入前端，經濟與具景觀效果之植物至於人工濕地排放端，如此會有較佳的景觀效果。

另外採用空心菜、莧薺、筍白筍等經濟作物，可誘導附近居民採收食用，同時具有降解污染與經濟效益，因此值的推廣此一經濟作物運用於人工濕地中。

## 第四節 河川高灘地復育計畫

高灘地在河川廊道之重要性與功能在附錄一中有詳細的敘述，本節主要在闡述本案高灘地復育工法之詳細計畫。本案之高灘地除原計畫之甲區、乙區外，尚包括甲區旁之沙洲（以下簡稱獨立島），這三區依其現況、廊道功能與社區居民需求皆不相同。本計畫依其特殊性訂定不同之目標，但主要準則還是恢復河川廊道的自然生態功能。

### 一、甲區高灘地

#### （一）規劃目標

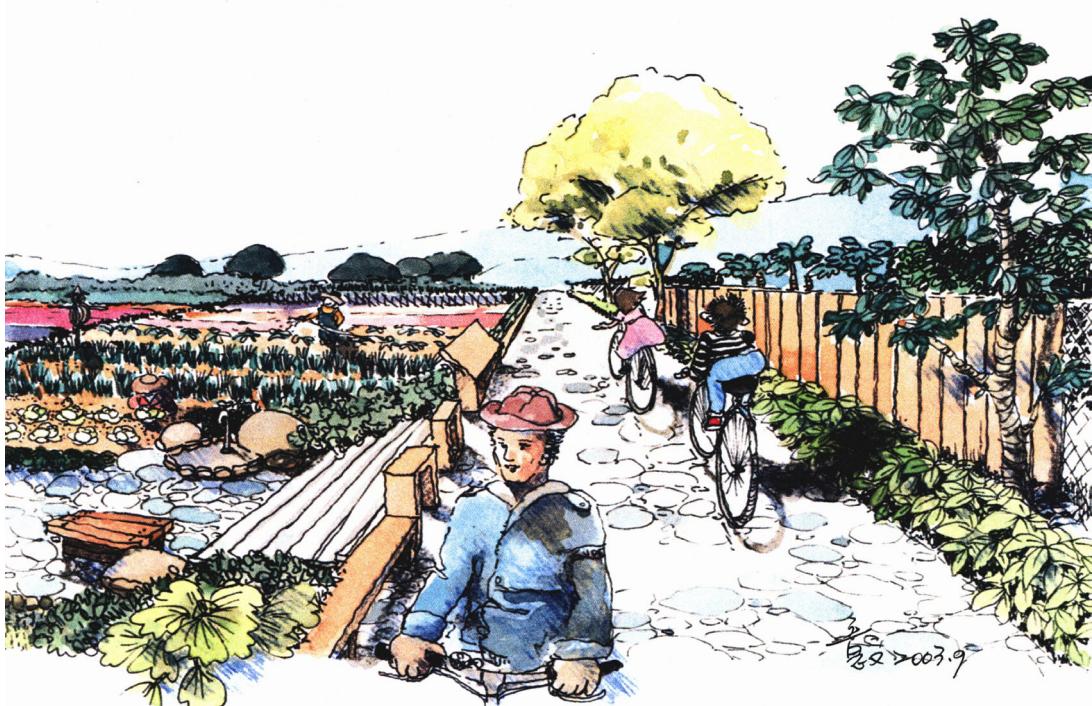
1. 恢復河岸帶植生功能，塑造良好的陸生與水生生態系統推移帶。
2. 低度的遊憩行為，讓遊客享受自然河川之原始美感。
3. 利用原有耕作農人轉為園區守護者。

#### （二）分區計畫

1. 保留區：主要指二年洪水位區域。該區域為推移行為最強烈區域，因此不施作任何設施，任其自然發展。此區也為生物相最豐富的區域，因此步道與觀察點多配置於此區上方邊坡邊緣。
2. 昆蟲復育區：為原有植生狀況較為優良處，因原有植被較佳之故，吸引多種蝶類、直翅目與鞘翅目昆蟲棲息，所以吸引較多陸生鳥類覓食，成為基地內容易觀賞陸鳥的機會。本計畫強化此一目標，加強區內原生灌木之栽植，並堆置枯木，以營造更良好的昆蟲棲地。
3. 邊坡穩定區：改善原有裸露之駁坎，利用苦楝、黃槿等鄉土植物，搭配本土灌木植物形成良好的穩定結構。
4. 自然植生復育區：鄰近生態水池邊緣，具有潛在復育的能力，因此利用第二章第三節介紹之林地恢復方法，小規模的回復自然植生狀態。由於水利法之植物種植規定限制，因此僅種植小型實生苗，誘發其餘植物自然之生長，以符合水利法規定同時也滿足潛在植被復育工法之施作。

5. 生態水池：由於河川下切與農業耕作之結果，使高灘地有乾燥化之現象。為提供高灘地植生復育之灌溉水源，初期利用現有水井設置暫時性水池，該水池主要目的在浸潤灘地，改變周遭微氣候。因此雖然暫時利用動力抽水設施引入水源，但是當日後附近植被復育成功後，該水池則任其自然陸化，朝向自然林相演替。而在短期內因具生態景觀功能，暫時種植水生植物，以提高景觀效果及吸引水鳥聚集。
6. 土壤改良區：主要為現況土壤極度貧瘠與乾燥區域。若要採用一般植生復育工法恐怕需要較多之經費，因此本案先行採用土壤改善之農藝方法，藉由有機肥與稻草披覆改善土壤物理結構，讓一般植物種子較易著床與發芽，而以自然力逐漸達成與植生復育區相同之效果。二者差別只是時間差異，本區需較長之演替時間。
7. 農園用地：由將來之維護單位施作，利用有機耕作方法種植耐旱作物。該作物之收成足以支持園區巡邏員之設置成本，又或者該農園施作者即為園區巡邏員，以減低日常園區管理維護之成本。

甲區高灘地復育分區配置如圖 3-7 所示。



### 〈三〉工程內容及項目（本區細部設計請參閱甲區一期細部施工圖集）

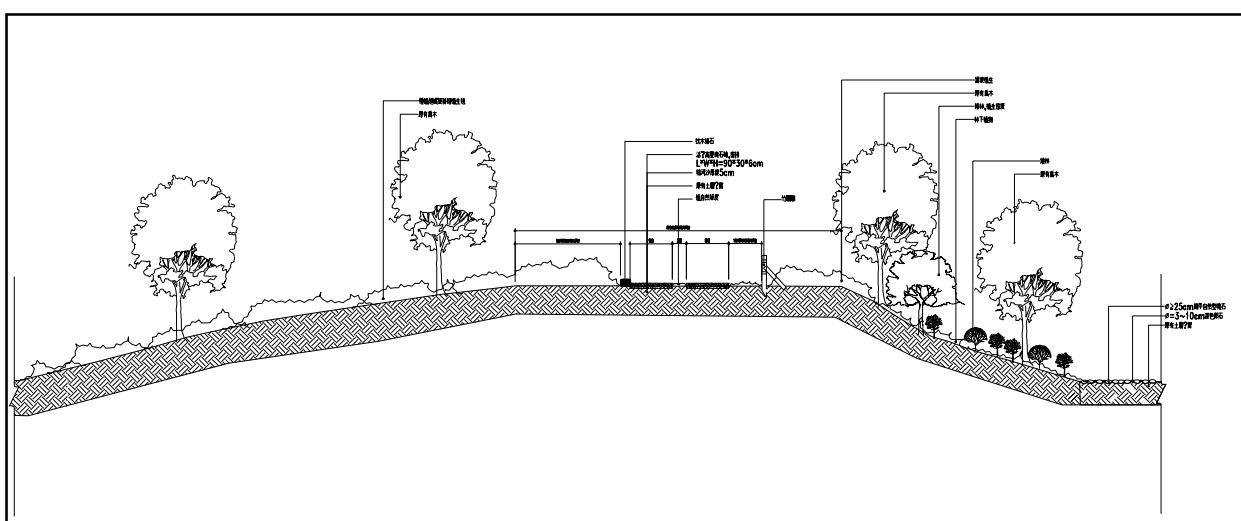
#### 1. 垃圾廢棄物及農舍拆除

針對區內現有垃圾廢棄物及農舍進行拆除、清運，以堤防上及抽水站附近之廢棄物最多。

#### 2. 堤岸改善〈詳如圖 3-8〉

(1)植栽：清除林下大黍〈因為大黍無法過冬，冬季乾枯易引起火災〉，更換林下植被。堤內側種植越橘葉蔓榕植生毯，堤外側以複層植哉種植苦棟、濱刀豆、山芙蓉實生苗。

(2)自行車道：活鋪高壓崗石磚，縫填粗河沙植自然草皮，堤內側設枕木緣石，堤外側設竹圍籬。



(3)第三區：現有駁坎敲除，鋪設卵石，穩定邊坡，植水柳、月桃、姑婆芋、沙朴、濱刀豆、三葉木藍實生苗。

(4)第四區：現有駁坎敲除，鋪設卵石，穩定邊坡，植黃槿、小實女貞、十子木、三腳鱉、瑪瑙珠、駁骨丹、九節木、沙朴實生苗。

#### 4. 自然植生復育

自然植生復育係局部更換林下植物，植苦棟、構樹、濱樟、白樹仔、青剛櫟、野桐、山芙蓉、銳葉木犀、蚊母樹。

#### 5. 土壤改良

土壤改良係停止現有農耕，鋪稻草減少水分蒸發及表土流失，促進土壤中種子庫的發芽。

#### 6. 昆蟲復育

在入口處及休憩區種植誘鳥誘蝶植物，以增加昆蟲、鳥類的種類數量，使參訪者可以易於觀察、教學。種植的植物有鵝掌藤、文珠蘭、冇骨消、展毛野牡丹、龍船花、穗花山奈、蘿芙木、三葉牡荆、水柳、蚊母樹、血桐、小梗木薑子、小實女貞、大青、月桃、瑪瑙珠、九節木、駁骨丹、長穗木、青剛櫟、野桐、山芙蓉。

#### 7. 生態水池

挖掘人工水池營造生態池，並得做為社區農園灌溉水源。水池底鋪設黏土層，池邊彎曲並成為緩坡，水深在50cm~150cm，池畔疊卵石，栽植挺水、浮水植物，如圖3-9及3-10所示。

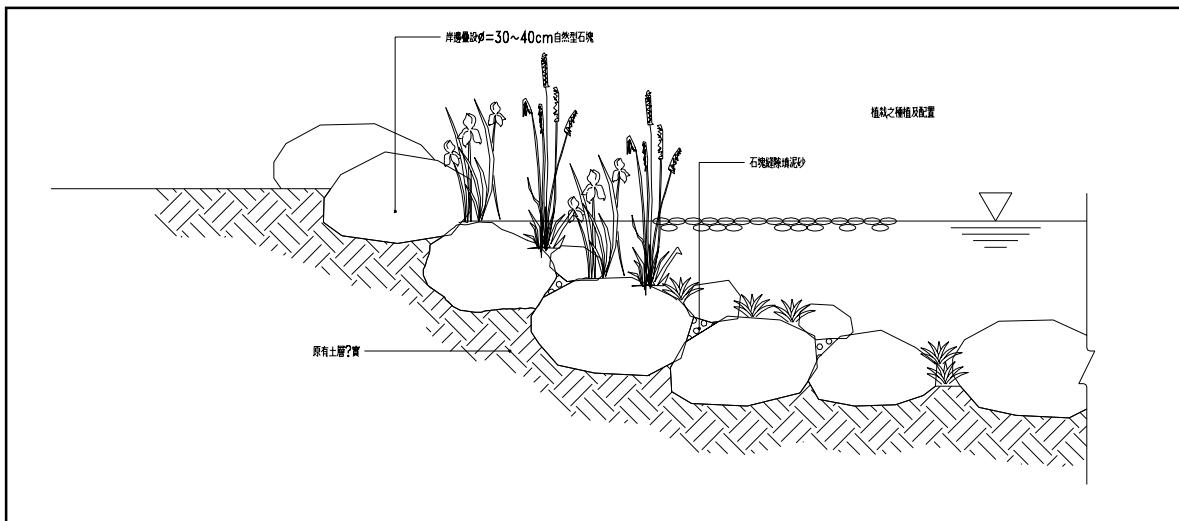


圖 3-9 生態水池做法一

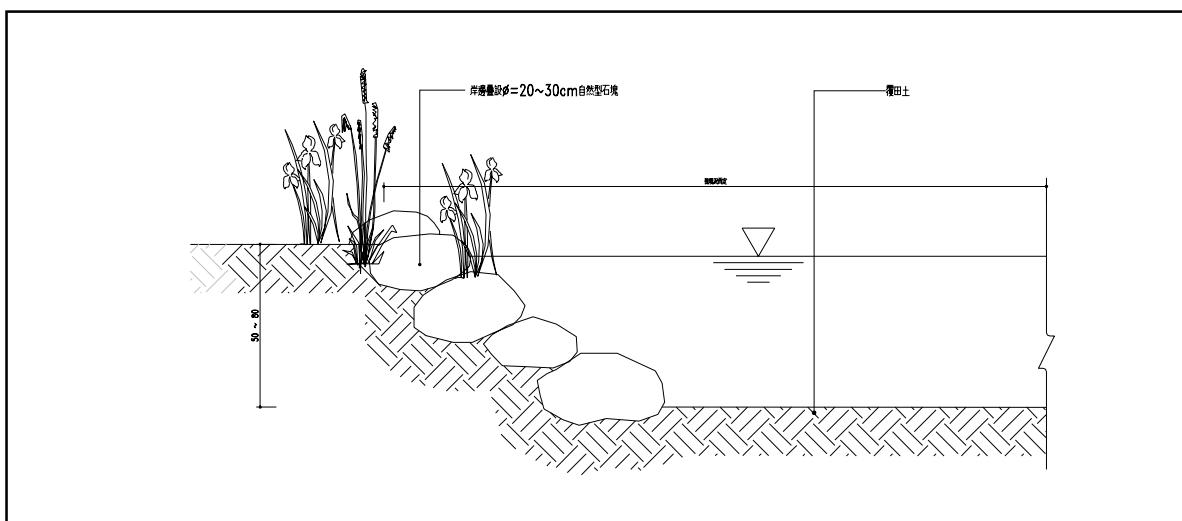


圖 3-10 生態水池做法二

## 8. 入口意象〈詳如圖 3-8〉

區內設置五處入口意象，包括堤頂自行車道鋪面變化、座椅及入口意象二座，如圖 3-11、3-12 所示。

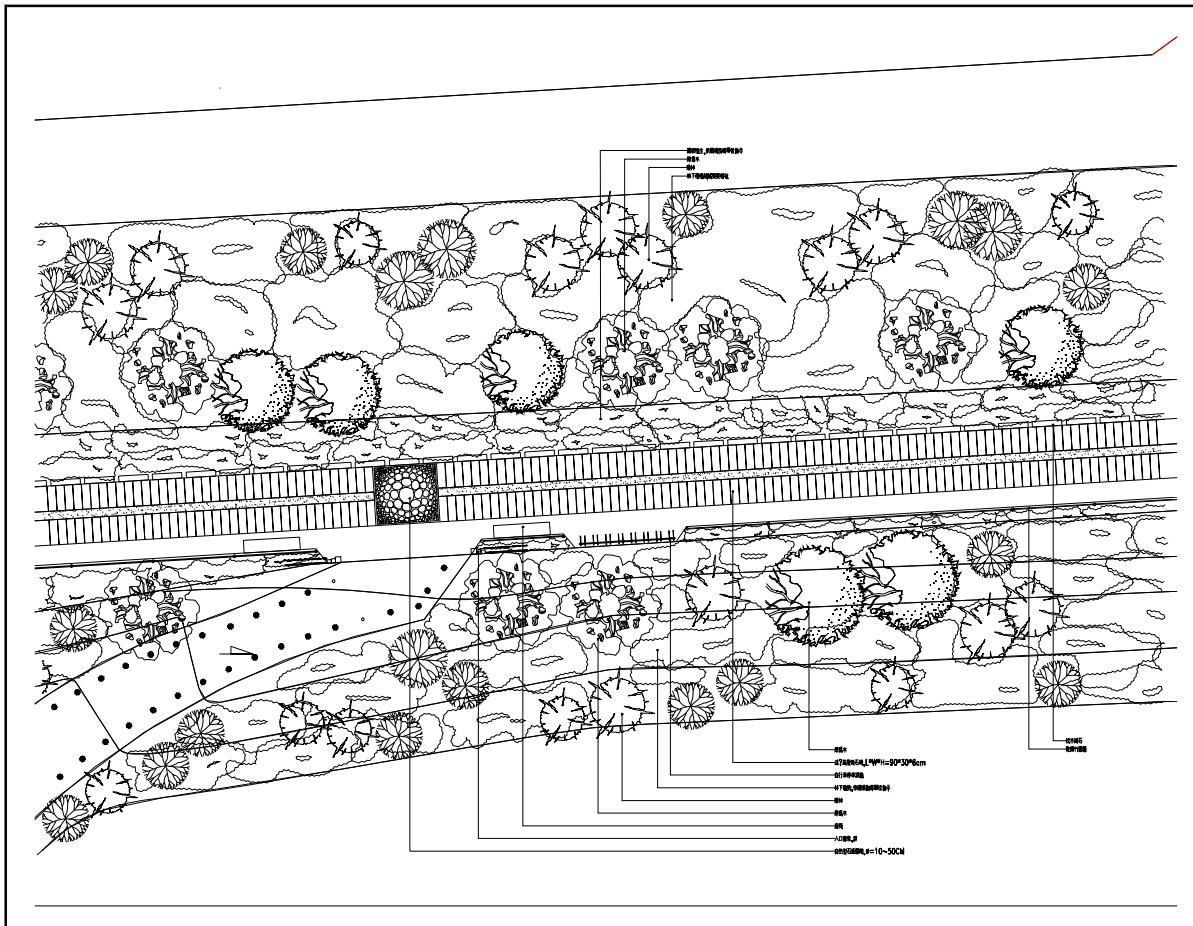


圖 3-11 入口意象區平面配置圖

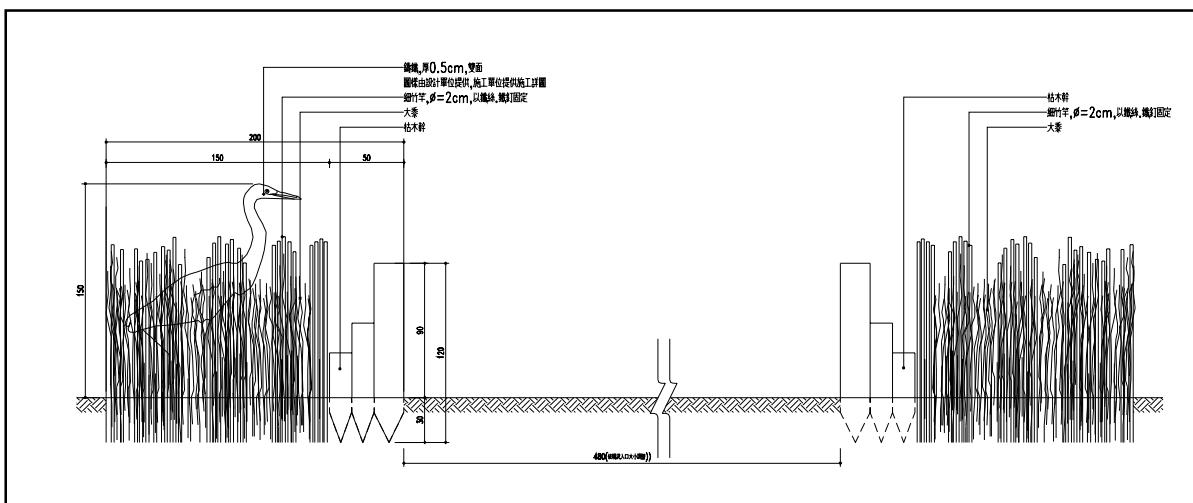


圖 3-12 入口意象實質做法

## 9. 休憩設施

區內設置五處休憩點，利用現有植栽，設置竹製平台、碎石、竹製座椅，以形成自然質樸的休憩點。各休憩點平面配置如圖 3-13~3-18 所示。

## 10. 人行步道

區內為方便體驗自然及生態教學，設置自然塊石步道及碎石步道。

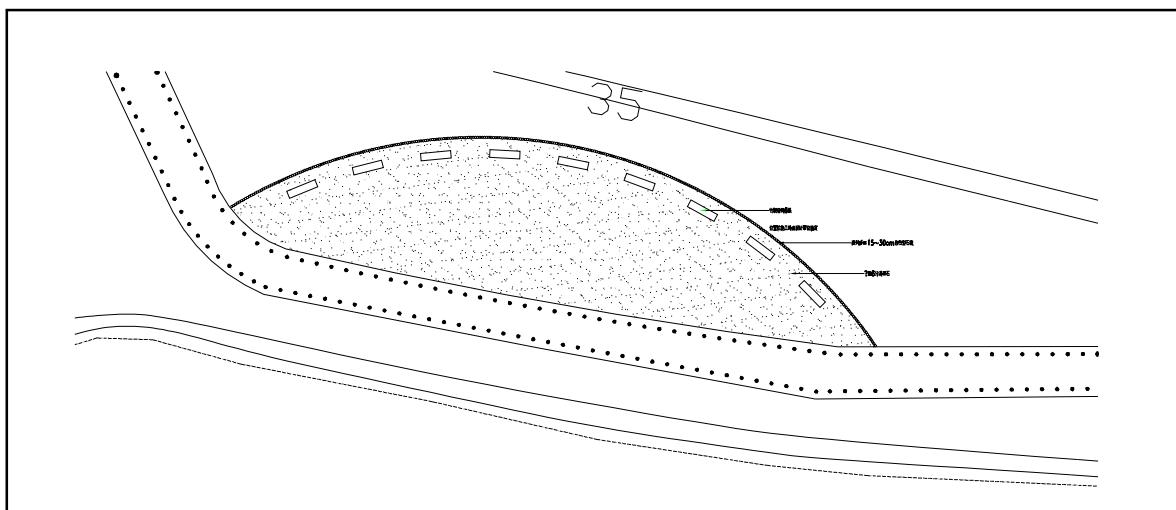


圖 3-13 休憩點配置圖一

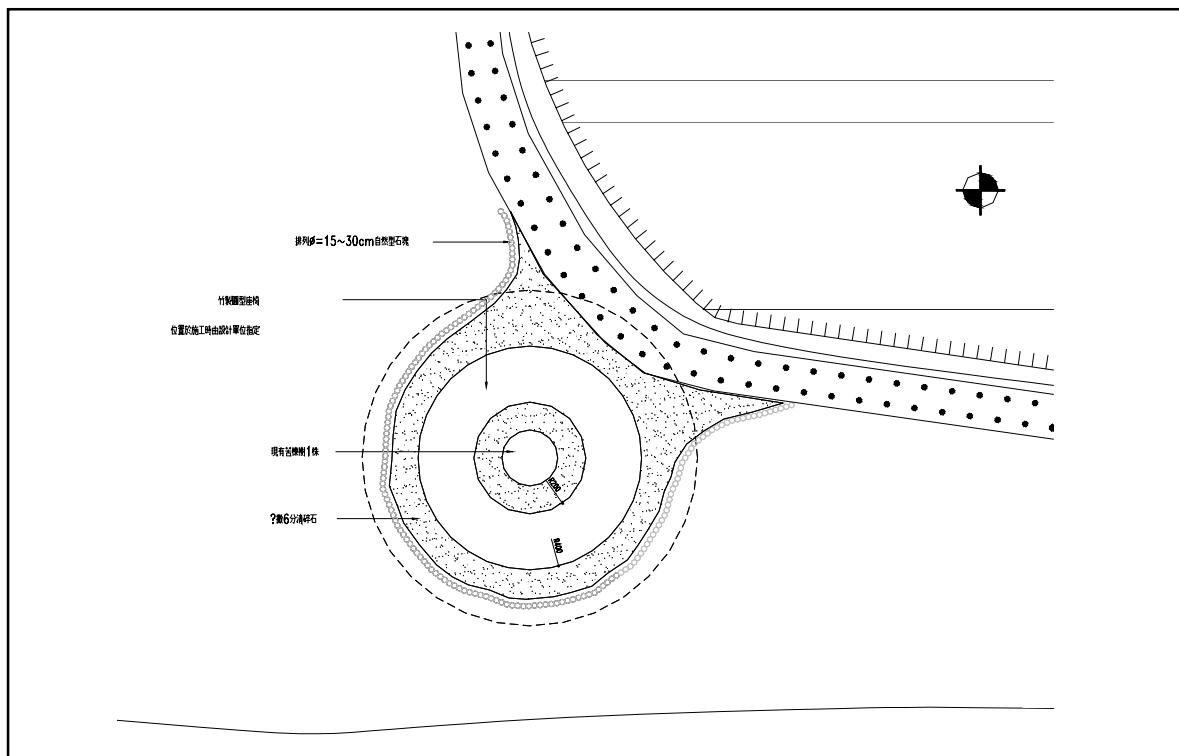


圖 3-14 休憩點配置圖二

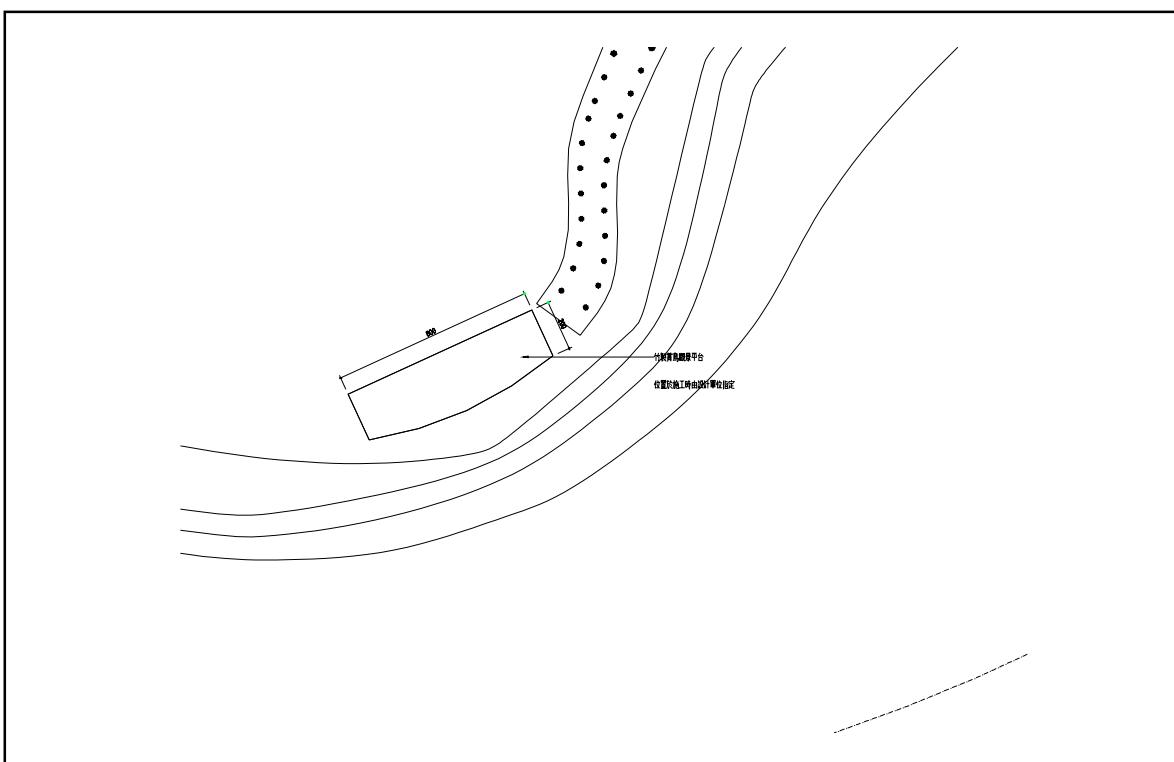


圖 3-15 休憩點配置圖三

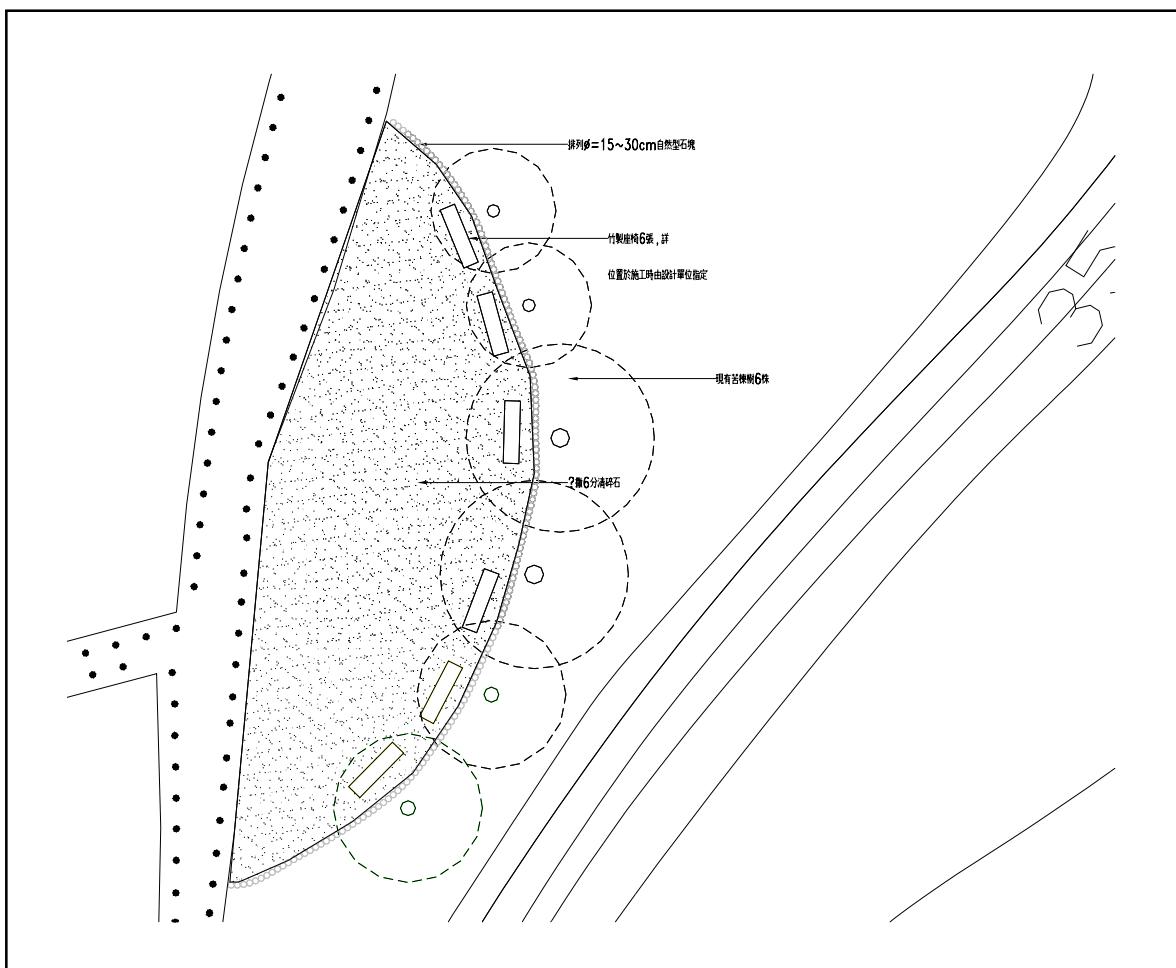


圖 3-16 休憩點配置圖四

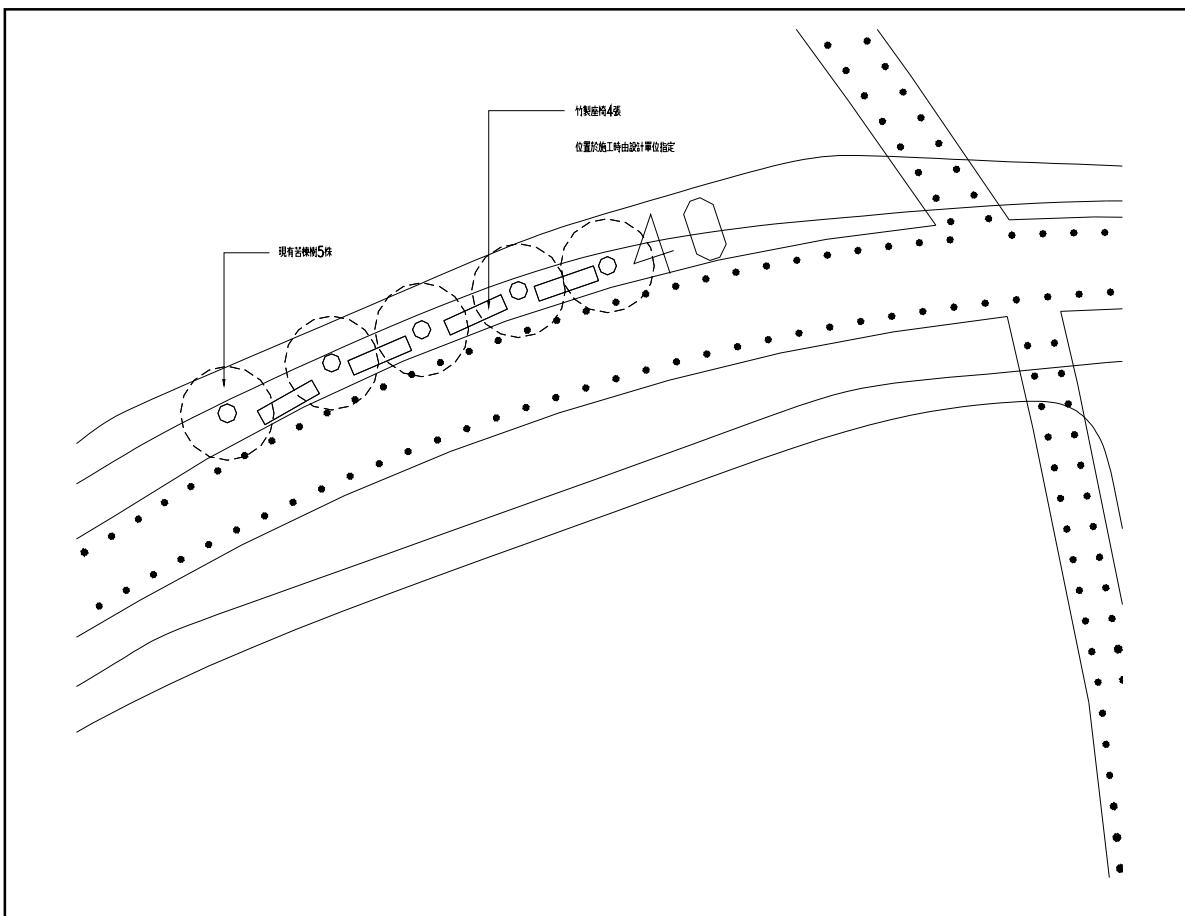


圖 3-17 休憩點配置圖五

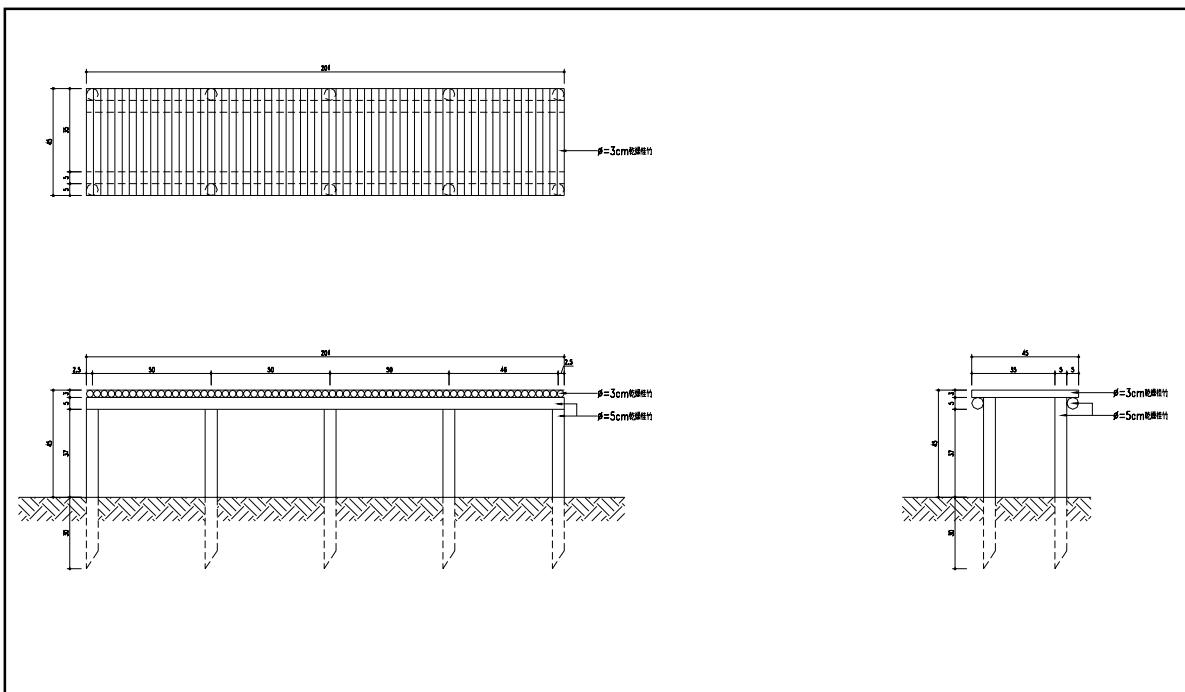


圖 3-18 竹製座椅實質做法

## 二、乙區高灘地

### (一) 規劃目標

1. 改善原有水池功能，塑造良好的水生生態人造系統，提供生態教育場所。
2. 低度的遊憩行為，讓遊客享受河川地開闊之原始美感。
3. 利用原有耕作農人轉為園區守護者。

### (二) 分區計畫

1. 保留區：主要指臨接福馬圳區域。該區域為推移行為較為明顯區域，因此不施作任何設施，任其自然發展。
2. 生態水池區：利用原被盜採砂石形成的水塘，引入福馬圳之活水、修整坡度、種植水生植物，營造良好的生態池景觀。成為附近學校生態教育最佳的觀察場所，同時搭配環湖步道修整，也兼具運動、休閒、景觀美化之效果。
3. 自然植生復育區：利用修整生態水池之土方形成之小土丘植樹，形成植生廊道，有益生物移動與棲息。
4. 休閒草原區：種植高莖草類形成草原式廣場，除可提供遊客活動外，同時也是直翅目昆蟲棲息地。
5. 入口廣場區：利用聳立之枯木柱與碎石級配形成的小廣場，界定入口空間與區域自然美感。
6. 農園用地：由將來之維護單位施作，利用有機耕作方法種植耐旱作物。該作物之收成足以支持園區巡邏員之設置成本，又或者該農園施作者即為園區巡邏員，以減低日常園區管理維護之成本。
7. 瞭望區：修整原堤岸上之砂石場辦公室地坪，設置木製平台，成為良好的瞭望台。
8. 停車場：建議與國工局協商，利用二高橋下空間設置停車場，解決大型活動舉辦時之停車需求。

乙區高灘地復育配置詳如圖 3-19 所示。

### 〈三〉相關計畫比較

乙區高灘地規劃與彰化市公所於92年規劃之河濱生態親水園區比較說明如下：

#### 1. 自然的運動休閒方式

在本計畫中以自然草地的方式，提供大面積的運動休閒空間，可作為壘球、飛盤、慢跑等運動空間，但不直接設置傳統式的球場。草原植生以自然草種為主，避免高養護的草皮。

#### 2. 設置動態的溼地及水池

本計畫中將溼地及水池規劃在一起，成為一個系統，水池的水有進水出水，為動態的水池。水池的機能以生態為主，池邊為很好的鳥類棲地，因此不提供划船等活動使用。僅在部分池邊設置簡易的近水設施。

#### 3. 人為設施相對較少

本計畫僅提供少許人為設施，以自然的草地、生態提供休閒遊憩及親近大自然的空間，在人為設施上較原規劃少很多。



〈三〉工程內容及項目（本區細部設計請參閱乙區細部施工圖集）

### 1. 堤岸改善〈詳如圖 3-20〉

現有土堤栽植部分灌木及喬木實生苗，增加生態性及景觀性。栽植植栽包括：

- (1) 灌木：姑婆芋、長葉腎蕨、土半夏、美人蕉、南海林毛蕨、麥門冬、桔梗蘭。

(2) 喬木實生苗：蚊母樹、倒卵葉楠、紅楠、刺杜密、白樹仔、賽赤楠、山柚、山烏珠、福葉櫟、柃木、黃槿、南海厚殼桂。

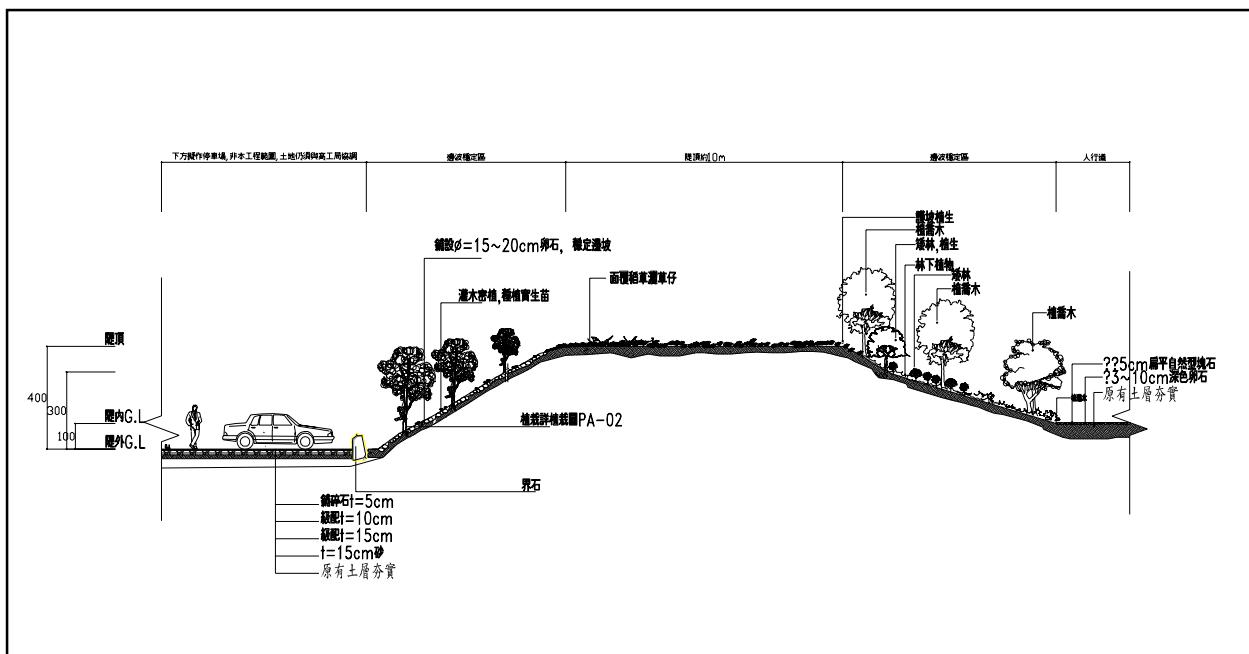


圖 3-20 堤岸改善剖面圖

### 3. 生態水池

以現有水池，擴大水域，並使邊坡變緩、穩定。水池底鋪設黏土層，池邊彎曲並成為緩坡，水深在50cm~150cm，池畔疊卵石，栽植挺水、浮水植物。

### 3. 入口節點

區內設置六處入口節點，於入口處作鋪面變化〈鋪石〉如圖 3-21 所示，另一處停車場旁入口節點增設解說牌及指示牌如圖 3-22、3-23 所示。

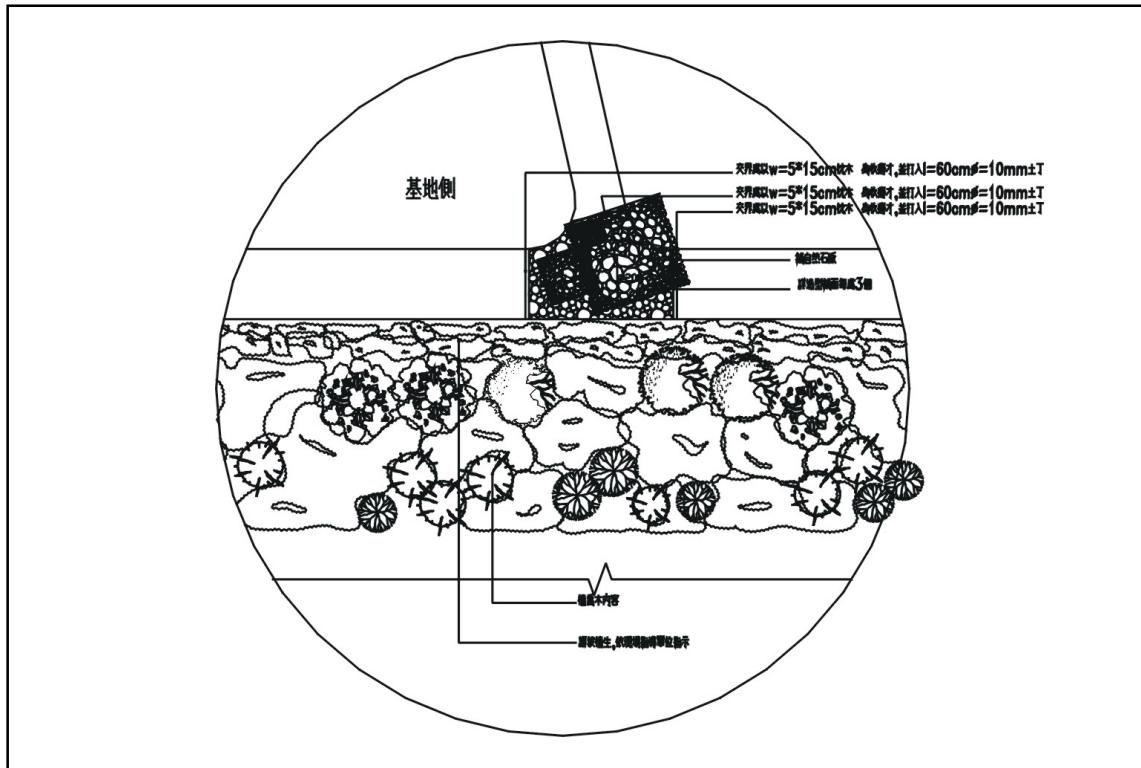


圖 3-21 乙區入口節點平面配置圖

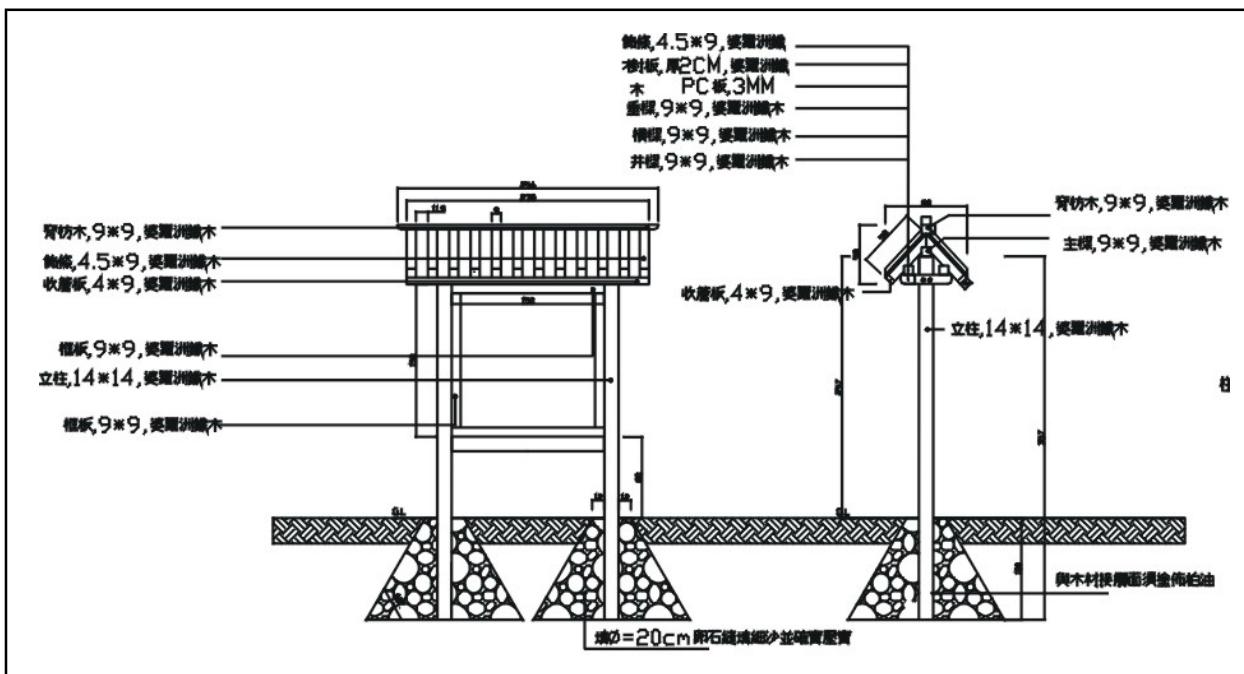


圖 3-22 乙區解說牌樣式

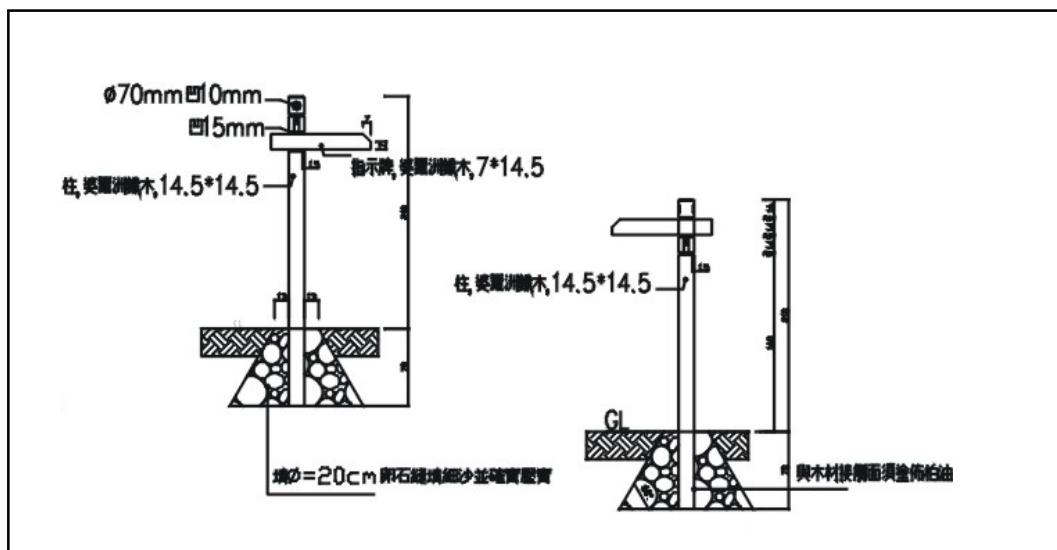


圖 3-23 指示牌樣式

#### 4. 觀景平台

於基地東側停車處，設置觀景平台，詳如圖 3-24 所示。

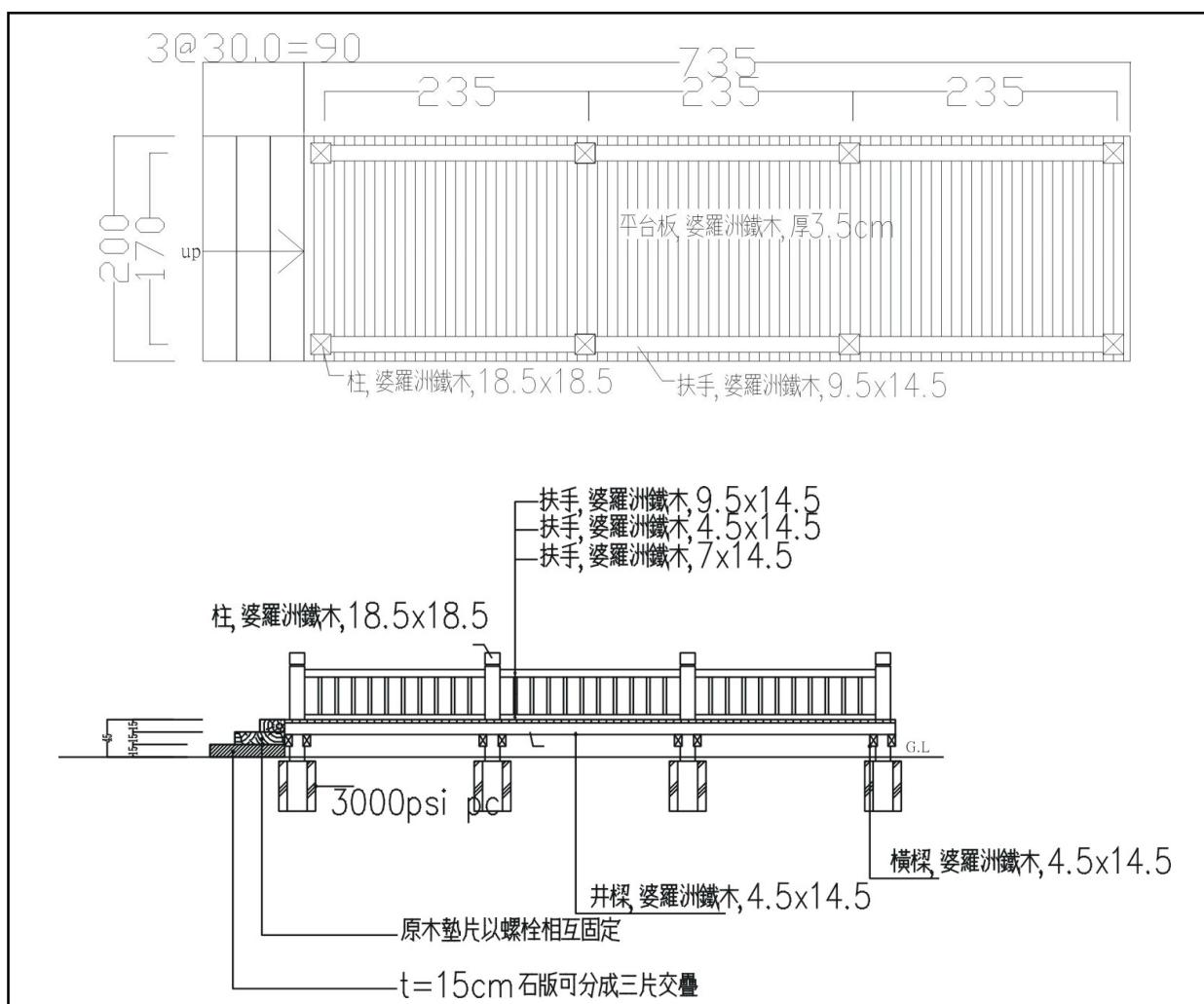


圖 3-24 觀景平台平面及剖面圖

## 5. 步道及停車場

基地內利用堤頂空間設置二處停車場，全區鋪設人行步道，依步道功能，分清碎石步道、枕木斜紋步道、天然石塊步道。

## 6. 植栽

本區種植直裁包括水岸邊植物、灌木、水生植物及喬木實生苗，植物選種如下表。

水岸邊植物
風車草
長梗滿天星
水芹菜
水芋
木賊
穗花山奈

水生植物
莞
蒲
香蒲
長包香蒲
雲林莞草
宜蘭莞草
單葉鹹草
台灣水龍
白花水龍
大井氏燈心草
針蘭
孽薺
半邊蓮
陌子葉
濱水葉
輪傘莎草
異花莎草
苦草
水竹葉
耳葉鴨跖草
石龍尾
越橘葉蔓榕植生毯

喬木植物
蚊母樹
倒卵葉楠
紅楠
刺杜密
三葉牡荆
白樹仔
賽赤楠
山柚
山烏珠
大葉櫟
柃木
黃槿
水柳
胡桐
鐵雨傘
海南厚殼桂

灌木植物
姑婆芋
腎蕨
長葉腎蕨
傳氏鳳尾蕨
土半夏
美人蕉<紅.橘.黃色>
鳳尾蕨
南海鱗毛蕨
台灣萱草
油點草
冇骨消
麥門冬
鹽針草
桔梗蘭

### 三、獨立島

#### (一) 規劃目標

1. 驚鸞林復育園區。
2. 水鳥生態研究區。

#### (二) 分區計畫〈如圖 3-25〉

1. 原鋼板橋面整修：利用鐵木修復原中斷之鋼橋，並於入口設置欄杆，平時不開放參觀。欲參觀或研究者，需登記管制後進入。每次開放以不超過 15 人為原則。
2. 驚鸞林復育區（註：本復育區技術主要參考筏子溪堤防改採生態工法變更設計生態調查分析期末報告 -- 亞興工程顧問公司）

##### (1) 背景說明

驚鸞林通常指繁殖季時數種鶲科鳥類群集築巢繁殖的樹林，在台灣主要是小白鶲、黃頭鶲和夜鶲三種鶲科鳥類會共同利用樹林築巢，繁殖時間一般在每年二月至八月。

驚鸞林常因為都市化（建物增加、施工、開闢道路等）、工業化（工業區設置、環境污染等）、農漁業形態改變（耕地魚塭面積變化、作物改變、農藥的使用等）、自然因素（颱風、水位變化、乾旱、樹林的演替等）和人為干擾（捕獵、蓄意驅趕、觀光等）等因素而消失或遷移（顏 1992a，朱等 1998，許 1994，Kushlan & Hafner 2000）。Hachisuka 和 Udagawa 在 1951 年估計全台灣驚鸞林的數量約有 60 個，而陳和顏在 1977 年的調查發現全台只剩下 26 個驚鸞林，這些驚鸞林在 1989 年再度進行的調查顯示只有 8 個仍在使用中，剩下的 18 個均已廢棄，但是另外發現了 30 個新形成的驚鸞林（顏 1992a），許在 1993 年進行調查時驚鸞林數量又減少到 19 處，這些調查結果均顯示台灣驚鸞林的變動很大，而朱等(1998)在中國大陸地區的調查亦顯示同樣的變化趨勢。而本流域獨立沙洲的中卻發現存在驚鸞林，其主要是無人類干擾及食物來源充足。

## (2) 驚鸞林的生態價值

規劃適當的驚鸞林提供小白鷺、夜鷺和黃頭鷺三種驚鳥繁殖是很重要且迫切的工作。除了上述的三種驚科鳥類外，包括黑冠麻鷺、白頭翁、大卷尾、綠繡眼和紅鳩等鳥類也都會利用相同的樹林繁殖和覓食，因此也可吸引更多鳥類在此停棲。

驚鸞林的壯觀景象是很好的生態環境教材，驚鸞的棲地選擇、數量變化和繁殖情形也是很重要的生物指標，可以幫助我們監測生物量、環境的演替、繁殖和覓食棲地的品質、環境污染物和寄生蟲等。

## (3) 棲地需求和初步規劃條件

驚鸞林形成的最重要條件包括良好穩定的樹林和巢材可提供鳥類築巢、在適當的距離內有充足安全的覓食濕地或農地和適當的隔離和保護來阻隔捕食者和人為干擾三項（顏 1992a，Kushlan & Hafner 2000）。有關各項影響驚鸞林的重要環境因子包括：

### a. 樹種

雖然許（1994）的研究認為驚鸞築巢的樹種似乎沒有選擇性，主要視營巢樹林的樹種而定，顏（1995）的研究也認為驚鸞對營巢樹種沒有特別的選擇或偏好，但是相同的研究和其他報告也都指出樹木的大小、高度、枝桿粗細、樹冠的遮蔽程度等因子都會影響驚鸞築巢的選擇，而這些因素都跟樹木種類有關，因此樹種還是影響驚鸞築巢選擇的重要因子。本流域既存的驚鸞林樹種為構樹和苦楝等較不受到鳥糞毒害影響的樹種，本計畫將以近似的複層混植方式進行植栽。

### b. 樹高與胸徑

顏（1995）的調查發現驚鸞林中離地面 9 公尺的巢數最多，越往上可能因容易受到風雨、曝曬和猛禽捕食的影響，所以巢數減少，13 公尺以上就沒有築巢的情形，而越接近地面則可能因親鳥進出不易，且易受貓狗和人

類的干擾，因此巢數也越少，3公尺以下的區域也沒有築巢的情形。國外相關研究 (Hoyo et al., 2000) 亦指出小白鷺和黃頭鷺築巢高度在20公尺以下，夜鷺則有在50公尺高的樹上築巢的記錄。基本上6-12公尺高的樹木是鷺科鳥類最偏好的高度 (Perennou et al., 1996)。樹木的胸徑則可反應出枝樞的強度，陳等 (1999) 指出胸徑越大的樹築巢密度越高，顏 (1995) 的調查也發現胸徑在10公分以下的樹很少被用來築巢。

綜合上述，創造鷺鷲林時需注意種植樹木的高度和胸徑，在選擇上盡量以一兩年內陸鳥即可用來築巢者為優先考量，然樹木移植時尚需注意存活率的問題，基本上胸徑越大則存活率越低。

#### c. 樹距

陳等 (1999) 指出人工種植的木麻黃防風林常因為密度太高而不利於鷺鷲繁殖，因此適當的樹距有助於吸引鷺鷲前來繁殖。由以往研究顯示，4-5公尺的樹距較可吸引鷺鷲前來利用。

#### d. 樹林形狀和面積

Perennou 等 (1996) 認為樹林的形狀並不影響鷺鷲築巢的選擇。鷺鷲林中的築巢密度通常很高，在法國 Camargue 地區人工營造 0.25 公頃 (80 公尺長，30 公尺寬) 的繁殖島就成功吸引了 500 對的鷺鷲前來築巢繁殖，而且只利用了島的一部份面積。

#### e. 巢材

鷺鷲主要利用枯樹枝和竹枝築巢 (顏 1995, Kushlan & Hafner 2000)，築巢的枝條數越多巢越鞏固，顏 (1995) 指出小白鷺築巢使用的枝條數平均為 312.9 條，法國 Camargue 地區的小白鷺則平均使用 180 根樹枝築巢，而 Siegfried (1971) 在南非的研究估計一個有 5000 巢黃頭鷺的鷺鷲林要消耗 150 萬根的樹枝作為築巢之用，這些樹枝的重量共約 2000 公斤。Perennou 等 (1996) 指出較年輕的樹林中通常缺乏足夠的枯樹枝，必須以人工方式提

供。

#### f. 食物和覓食地

Hoyo等(2000)指出夜鷺的食物較多樣化，包括魚類、蛙類、蝌蚪、爬蟲類、昆蟲、甲殼類、軟體動物、小型哺乳動物和其他鳥類的雛鳥和蛋；黃頭鷺的食物則以昆蟲為主，另外也會吃甲殼類、蛙類、蝌蚪、魚類、蜥蜴、小型哺乳類和鳥類；小白鷺主要的食物包括水生昆蟲、甲殼類和小魚，也會吃兩棲類、軟體動物、蚯蚓、爬蟲類和鳥類。顏(1991)研究分析台灣中部繁殖的小白鷺、夜鷺和黃頭鷺的食繭，發現黃頭鷺食性包括多種脊椎和無脊椎動物，但以陸域動物為主食，無脊椎動物中昆蟲佔極高比例，脊椎動物中則以爬蟲類與兩棲類較多；小白鷺則主要以水生生物為食，包括魚類、蛙類和一些爬蟲類和水生昆蟲，小白鷺捕食的魚類長度多在3-8公分之間，最小的約2.5公分，最大的約12.5公分；夜鷺主要以魚類、蛙類為食，捕食的魚類長度多在85-145公分之間。

顏(1991)又指出鷺科鳥類食性的差異也反應在他們的覓食地選擇上，黃頭鷺多在農地稻田、草地、垃圾場和牧場中捕食陸域動物，小白鷺則常在河口、海濱、河岸、魚塭、溝渠中覓食，偶而也會在稻田出現；夜鷺則通常在內陸的河流或溝渠邊和魚塭捕食水生動物。

朱等(1996)的調查發現鷺鷺繁殖偏好距水源500公尺內的樹林，水源代表著食物的來源，Kushlan & Hafner(2000)指出繁殖期小型鷺科鳥類很少飛到鷺鷺林的5公里以外，香港地區的池鷺只在巢附近1.5公里的範圍內覓食。計畫區內之沙洲位置旁食物來源充足，因此吸引許多鷺鷺築巢。

#### g. 人為干擾

人為干擾常是繁殖鷺鷺最大的威脅，鷺鷺林的壯觀景象常會吸引人們前來欣賞，而大量集中繁殖的行為和

特殊的棲地需求也使鷺鷥非常容易受到傷害。鷺鷥林周圍必須有適當面積的緩衝區或圍籬，水體環繞著鷺鷥林通常可以提供很好的保護，Kushlan & Hafner (2000) 指出水體環繞、良好的林下植被和築巢的高度可以提供鷺鷥巢很好的保護。Kushlan & Hafner (2000) 整理相關研究指出人類慢步接近鷺鷥林到 30 公尺時，鷺鷥會開始驚飛，建議緩衝區寬度應該超過 80 公尺。

本沙洲阻絕了所有的人車、貓狗的接近，也提供了此區繁殖鷺鷥絕佳的保護。未來本區初期將只提供研究人員與保育團體限額進入，待成功營造鷺鷥林後再考慮放寬一般遊客在解說人員帶領下進入參觀。

#### h. 誘鳥措施

一般人工營造的棲地配合各種特殊方式吸引鳥類前來才能達到很好的成果，而適用於鷺鷥林的誘鳥措施包括在鷺鷥林內圈養鷺科鳥類或利用假鳥的設置來吸引其同類前來、以人工協助設置繁殖巢或繁殖平台、播放鷺科鳥類繁殖期的鳴聲等。但是本區域原本即有鷺科鳥類築巢，因此當擴大棲息面積後容易吸引更多鷺鷥來此處築巢，但是需要注意的是施工期間，必須降低干擾，避免原有鳥類棄巢而去。

3. 緩衝植生復育區：利用擴大修整原有水池之土方形成之小土丘植樹，形成植生緩衝區，避免人類活動侵襲。
4. 保留區：維持原來紅辣蓼植被區，提供澤蟹良好的棲息地，形成與鷺鷥林生物的優良食物鏈關係。

(三) 工程內容 (本區細部設計請參閱甲區二期細部施工圖集)

1. 鋼橋復建：以硬雜木剖半的解構設計手法，修復原本之斷橋，呈現簡易而自然的形式，另於橋前端設置簡易管制門如圖 3-26，平面如圖 3-27。

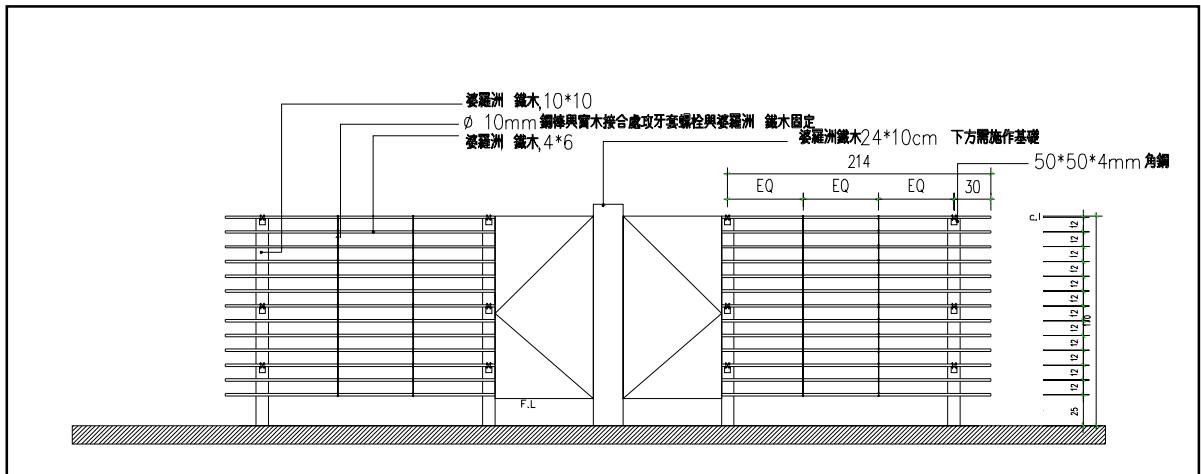


圖 3-26 鋼橋入口閘門

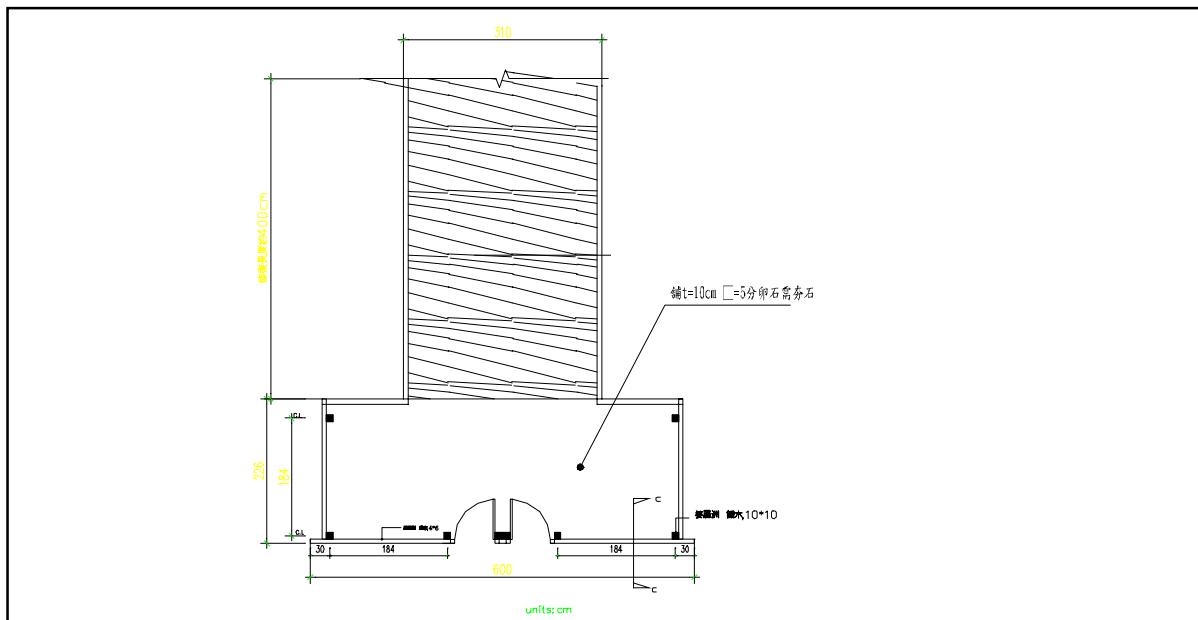


圖 3-27 鋼橋入口平面

2. 鷺鷺林復育區：此區主要工程包括兩部分，第一部份為原鷺鷺林區保護與隔離，採用方式為擴大周遭水域，挖通旁邊深潭與大肚圳的連結，使本區成為獨立的區域，而不致受到野生貓狗的干擾。第二部分則為水池的擴大，將原來陡峭的池緣，修整成平緩的泥灘邊緣，水深不超過 20 公分，擴大鷺鷺覓食區域。

### 3. 沙洲修補工程：

- (1) 水池挖方部分首先填入沙洲下游端缺角部分，使之成為完整的沙洲型態，讓大肚圳不易產生紊流。
- (2) 泥灘地的修補：利用蘆葦與紅辣蓼等現有植物，種植於沙洲邊緣，促進泥灘地的形成，讓水中生物有躲避鹽害的空間，同時也因鳥類食物增加，而吸引更多鳥類群居於獨立沙洲。

### (四) 預期效益

#### 1. 原有鷺鷺林的保護與棲地重建。

利用現有資源，建立鷺鷺林棲地，提高鷺鷺生物量，形成本區指標生物。

#### 2. 鳥類觀察研究站。

提供對於鷺科鳥類的行為生態的調查樣區，建立科研基地。

#### 3. 河川生物棲地重建。

感潮帶泥灘地對於水中生物躲避鹽害是必要的場所，利用植物促淤功能增進泥沙淤積，同時達成清淤與棲地重建雙重功能。

## 第五節 營造計畫

本案由於屬於生態復育工程，本項工程與一般營造廠施工方法迥異，因此建議採用雇用在地人參與地方建設之營造方法（以下簡稱僱工購料）。

### 一、採用僱工購料的益處

- (一) 結合社區總體營造之國家政策
- (二) 容許生態工程中彈性的存在
- (三) 易形成日後管理維護的在地組織
- (四) 提高就業機會

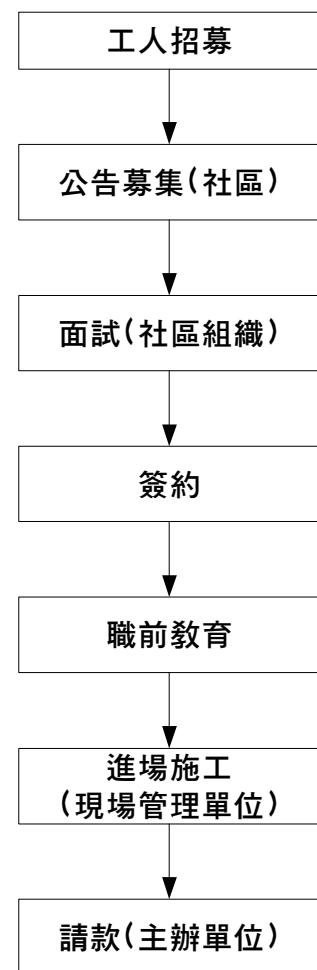
### 二、採用僱工購料的程序

- (一) 確定計畫之需求、經費、工作範圍及工作性質。
- (二) 將在地人可施作之項目及範圍確定，包括所需之人力、工作天數、所需之物料及經費。
- (三) 配合鄉公所(村、里、鄉長配合)雇用在地人，以點工叫料之方式執行。
- (四) 組織參與之在地人，分班並設班長。
- (五) 訓練在地人及班長施做技術，給予班長基本領導技能訓練並充分授權。
- (六) 所需物料及機械由河川局依政府採購法統一採購提供。

### 三、採用僱工購料的驗收程序

#### (一) 物料與機具的發包與驗收

按照一般財務採購流程辦理發包與驗收事宜，惟因數量會因施作狀況有所增減，因此原則是以單價發包模式辦理增減。



## (二) 工人的聘用與給薪

工人聘任流程如表 4-00，該項工作最好由地方政府及社區協辦，方能聘用到真正的當地人。另外本項招聘非社會救濟，必須先與居民約法三章，規定好工作紀律，違反者得以隨時解聘。至於工作期間必須辦理勞健保，以確保施工人員權益。

## (三) 施工指導單位之設置

由於本種營造方式中無一明確的乙方，因此會造成工程品質管制的困難，而困擾驗收人員。因此建議聘用施工指導單位，採專案管理模式聘用。其主要負責工作如下：

1. 確保依照設計單位設計精神與圖樣施作
2. 訓練在地人施工技術
3. 傳遞原設計生態精神
4. 做好工地現場管理工作
5. 辦理結算驗收事宜

因為設置施工指導單位，驗收單位得以驗收，其標準則針對施工品質是否與設計圖說相符，以及設計功能之驗收。

## (四) 注意事項

依據本規劃團隊之實質操作經驗，以本方案進行之營造方式有以下注意事項，須事前做好防範與溝通：

### 1. 預算編列方式改變

由於僱工購料方式不同於一般營造方式，因此預算書必須列明的是工、機具、與材料之數量。此種方法與一般利用單價分析表計算的方式迥異，而且各種工法習慣使用的機具不同，所以會發生項目漏列、數量估算不準等問題。因此建議必須以單價發包精神解決數量增減問題，而以編列工程零用金方式解決項目漏列問題。但上述二種方法都必須控制在一定比例以下。

### 2. 工人的不確定性

由於工人屬於社區，因此工作效率與管制約束力都不

及一般營造廠，所以工時的耗損必須加以考慮，經驗中將比標準單價分析表之工數多出一至二成。

### 3. 社區的溝通

由於社區多無經驗，所以必須多加溝通，以避免其他社區居民在施作過程中產生不當的猜測，造成施工人員士氣的打擊。

## 第六節 生態旅遊計畫

### 一、何謂生態旅遊

生態旅遊一詞源自綠色旅遊或自然旅遊，最初是指以自然資源導向為基礎的旅遊。隨著永續發展觀念的形成，生態旅遊概念遂逐步取代了綠色旅遊或自然旅遊，主要意指以自然資源及環境保護為主，並考量當地社區居民文化的旅遊方式。此一概念則具體展現在下述三個範疇：永續發展為目標、市場與消費行為、強調行為規範。歸納而言，生態旅遊具有以下特徵：

1. 建立於未受干擾的自然區域上
2. 對自然區域的利用、保護及管理提供實質的貢獻。
3. 經濟利益回饋社區
4. 對當地文化最小的衝擊與最大的尊重
5. 最大的參與滿意度。

最重要的是遊客不再以獲得實質利益的刺激體驗為目的，而轉向為積極參與環境認知及獲取知識為主的旅遊態度。

### 二、國內實施生態旅遊的困境

近些年來生態旅遊成了熱門消費名詞，凡是新景點的推出都打著生態旅遊的名義，事實上與生態旅遊的觀念卻完全不同。依據國內學者薛怡珍（宋瑞、薛怡珍，2004）之研究指出，生態旅遊受到以下幾種質疑：

- (一) 對生態旅遊定義本身的爭論
- (二) 對生態旅遊可行性的質疑：對理論基礎的質疑、對旅遊者動機的質疑、對旅遊行業動機的質疑、對生態保護的質疑、對社區合作的質疑、對永續消費類型的質疑、對社區利益確保的質疑。
- (三) 對生態旅遊現實表現的指責：根據許多研究指出生態旅遊常產生生態恐怖主義、新的殖民主義、分裂社區等現象，最終還是朝向大眾旅遊發展。

根據台灣實踐的經驗看來，上述指責與質疑是全面性的發生，因此對於烏溪實施生態旅遊策略，必須於事先提出一完整架構與策略，釐清與預測將來面臨的問題與解決方法，否則是不宜在環境復育區域提倡生態旅遊。

### 三、烏溪實施生態旅遊之 SWOT 分析

#### (一) 優勢

##### 1. 具有良好的生態資源基礎

雖然本計畫區段是已遭人類干擾的河川區段，但是仍保存相當珍貴的生態資源。在實施本計畫後，相信對生態資源的恢復與增長，將有更顯著的效果。

##### 2. 擁有相當的市場潛力

生態旅遊市場持續擴大，一般遊客開始具備環境認知意識。

##### 3. 政府資源的投入

政府宣示挑戰 2008 水岸整建及改善計畫，希望再造河川新風貌。

##### 4. 社區居民的積極參與

不論是營埔村或彰化市當地的社區居民，對此地都有相當的感情與認同。

##### 5. 生態復育工程推動的示範地

利用生態廊道復育觀念進行的規劃設計與民眾自立興建的實踐，可以成為一種示範效果，吸引更多的人參觀學習。

#### (二) 弱勢

##### 1. 被干擾區域需時間復原

自然環境的復原與演替需要時間，因此實施生態旅遊的時間不能太趕，必須讓環境生養一陣子。

##### 2. 社區組織無良好之生態教育訓練

空有熱忱的社區容易變質，因此需要對社區實施生態教育觀念倡導與課程講解。

### 3. 尚未形成生態旅遊共識

在學術研究上生態旅遊就已受到多方首度的責難與質疑，在實質操作中，每個角色對生態旅遊的想像與意指都會不同。

#### (三) 威脅

##### 1. 河川整體流域環境持續的干擾與破壞

本計畫只是烏溪下遊河段之一，對於河川系統而言，整體的管理系統的良窳將嚴重威脅本地實施生態旅遊的基礎條件。

##### 2. 地方政府開發的需求與壓力

地方政府由於開發觀點不同，容易發展出大眾旅遊的模式。

##### 3. 民眾的接受程度

民眾對於生態旅遊的真諦不清，是否能真正接受生態旅遊觀點，仍威脅市場的機制與走向。

##### 4. 獲益機制的建立

開放式的旅遊環境，如何獲利？如何維持？

#### (四) 機會

##### 1. 新觀念、新作法

本計畫嘗試以河川整體廊道復育的觀點出發，為一種新觀念的首度實踐，計畫實施後將引起觀摩熱，從而啟動生態旅遊的市場機制，在完善策劃下，能將此一動力轉化為持續的成功基礎。

##### 2. 成功案例的激勵

雖然國內生態旅遊尚屬啟蒙階段，但已有少數案例已獲得初步的成功，能加強社區的信心，多舉辦觀摩活動，能有效的激勵社區生態旅遊推動者。

## 四、烏溪實施生態旅遊的策略與步驟

## (一) 參與主體

以地方社區發展協會為主要參與與執行者，地方政府（彰化縣、台中縣、彰化市、大肚鄉）為輔導單位，經濟部水利署第三河川局為督導單位，另外加上生態環保團體（野鳥協會、環保聯盟）共同組成參與實施主體，由一開始就形成伙伴關係，共同推動生態旅遊的實施。並由地域主體的不同，可以同步舉行觀摩與競賽，刺激參與主體的積極性。

## (二) 參與動機

本案推動之生態旅遊動機並非以經濟目標為主，推動生態旅遊的基本動機是希望讓更多的人瞭解到烏溪被人類破壞的歷程，並讓大家發現人類要復育一條河川是多麼不易的事，但是政府已經動起來，社區也開始關心，藉這樣旅遊方式的推動，擴大參與層面，並激發國人對環境的愛護之心，從中體會自然生態的美感。

## (三) 發展領域

本案推動生態旅遊的時機應在完成基本建設後（甲區一、二期）實施，初期結合大肚鄉公所城鄉新風貌計畫，並以營埔村社區發展協會為執行主體，帶領遊客參觀甲區的各項設施，並利用影片與手冊介紹整體發展歷程，初期鎖定在生態復育工程與思潮的發展領域，先以研究、工程與自然愛好者為潛在的旅遊者。

## (四) 目標原則

為了確保生態保護的原則，發展生態旅遊應遵守以下原則：

1. 不干擾環境尊重自然演替原則 -- 除初期引入的生物機制後，日後以觀察演替方向為主，不要任意因應旅遊發展施做工程項目。
2. 社區共管計畫 -- 利用社區總體營造中共同管理機制，引發居民自我管理，包括巡守隊、社區農園等計畫之建立。
3. 低調的旅遊方式 -- 在無法管制承載量的情況下，盡量不要大肆宣傳，盡量接待特殊團體型之遊客如學校、機關、社團

等。利用團體的解說與影響降低人類旅遊活動的干擾。

## (五) 實施方式

### 1. 建立參與主體

在無法引進 非營利組織的短期現實中，先將各團體形成共同工作圈，以此機構暫時推動生態旅遊。但是要盡快解決此一機構的法制地位，否則會被人質疑其公平性，反而造成不利的影響。

### 2. 擬定機制

共管機制包括理念的宣導、共識的達成、管理模式與組織章程的建立。重點是建立一套公平的管理機制。

### 3. 分項分期實施

本案第一階段實施生態工程的施做，第二階段則為培力階段，包括自然資源的培力與社會資源的培力。第三階段為試運階段，嘗試檢視修正所有的計畫。第四階段為成熟期，除自然與管理上的成熟外，更包括社會的成熟期。

### 4. 遊程規劃

以自行車進入本區是最恰當的方式。本計畫區堤頂入口處，均設有自行車停放架，由入口進入後，可依自導式步道系統隨意而走，依每人興趣不同，自我設定路線與遊程。

### 5. 解說安排

個人遊客可經社區發展協會或網站處得到解說服務，團體遊客可接洽共管中心（社區發展協會），尋求較為專業的人員解說。

## (六) 效果評估

評估關鍵點在於避免朝向大眾旅遊的指標數，以確保設計之大多意見。

## 第七節 解說計畫

為使遊客從事遊憩活動時，能獲得較高品質之遊憩經驗，因此完善之導覽設施的建立是相當重要的。本計畫依據計畫區內各項資源類型，將解說分為解說規範與解說媒體兩大類。

### 一、解說規範

#### (一) 解說站

解說站設社區發展協會中，並架設介紹網站。讓遊客未進入本區即能掌握本區重要資訊及特色。主要解說內容除地區性旅遊服務與資源一般解說外，更提供本區域之發展背景與歷程，強調本區自規劃到營建施工及管理維護的特殊性。其相關設施為設置諮詢窗口、地區相關出版品展售與網站更新。

後續建議工作除移交本計畫所有相關內容給社區發展協會外（宣傳折頁、規劃報告書、宣導影片、設計圖說），應協助日後社區導覽網站之架設。

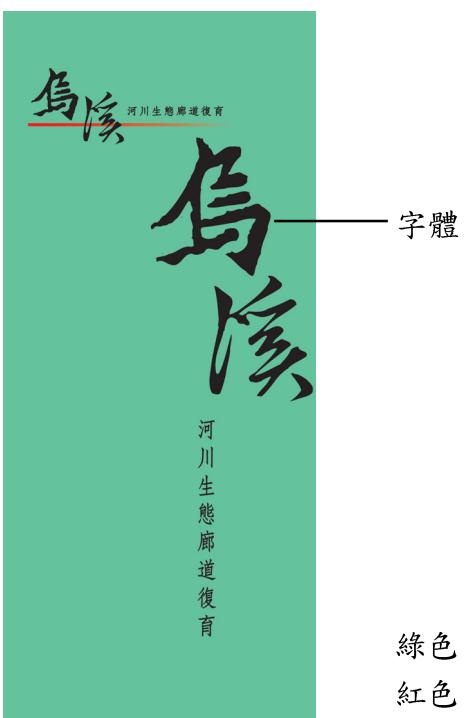
#### (二) 解說小站

解說小站主要提供鄰近據點與資源之主題解說，其功能定位為提供各據點產業服務、旅遊服務與自行車服務。其相關設施為地點相關出版品展售、當地產業展售區、自行車租賃店。

本站建議整合至地區發展計畫中，如大肚鄉城鄉新風貌計畫，即已規劃並興建全鄉自行車與旅遊系統，本案甲區正為該系統中之一環，因此此項設施配合鄉公所建設即可，不需重複設置。

#### (三) 視覺辨識系統 (CIS)

視覺辨識系統對於整體印象之強化有極大的關鍵作用，其應用上可應用於折頁宣傳品、解說牌、活動旗幟、網站、服裝等方面，讓烏溪在整體宣傳上有一統一樣式。此樣式主要是規



綠色：C60%, M0%, Y50%, K0%

紅色：C01%, M98%, Y97%, K0%

## 二、解說媒體

### (一) 硬體設施

將本區之圖騰意象及視覺辨識系統，運用在解說設施中，設施的造型上以簡單大方的圖案來展現。解說設施內容因地制宜，主要是簡明扼要，不宜太過人工化，盡量低調的符合當地環境，硬體設施以減量設計為原則，除地點解說牌外，其他資訊解說盡量以折頁方式進行。

### (二) 資訊解說

運用現代化的科技傳播，如電腦資訊及廣告媒體，藉網路網頁讓遊客透過上網就可以快速得知本區擁有的豐富資源；同時可以藉由網路傳播近期舉辦的活動內容、日期。網站的架設與維護可輔導社區發展協會進行，經費主要還是來自捐款與公部門補助。

### (三) 解說折頁及解說手冊

本案提供初期之解說折頁內容提供遊客的相關資訊，包含路線圖、資源據點位置及路線等。未來建議配合生態旅遊項目，增加生態資源解說深度導覽折頁。

#### (四) 多媒體解說

本案已完成初步的多媒體製作，其中介紹本案發展緣由及規劃設計理念，未來在不斷的環境演替過程中，應配合製作生態環境的解說媒體，透過解說站內的播放，讓遊客得以更深層的了解烏溪生態資源的動態變遷。

### 三、解說人員

#### (一) 自發性觀光事業體

解說人員在從事解說服務之解說時段可分為「平日解說」及「假日解說」。藉由召集願意參與之社區居民，接受解說人員的訓練，經過認證程序取得從事解說人員的資格，將烏溪解說服務轉變為居民的觀光服務事業。

#### (二) 解說內容

解說內容以自然環境（動植物等）、人文環境（傳說故事等）為主，聘請解說人員或親自解說，透過解說人員生動的說明，與社區生活上的實際體驗，讓遊客獲得豐富的知性旅遊。另外也可配合相關的活動推廣環境解說，建議於春天舉辦「苦楝花季」與利用黃槿等鄉土植物製作粿等傳統食物等活動，讓植物與人類的關係，深植於生活中，加深與強化人與環境資源的關聯性。

#### (三) 解說人員的培訓及就業

解說人員的培訓，可由透過解說訓練研習營，以縣內的青年為教育訓練的主要對象，針對區內文化及自然環境為解說題材，培訓出傑出的解說人員。解說人員統一經過實際培訓之後，獲頒解說人員資格證書；而解說人員的就業問題則配合套餐遊程內，成為遊程的必要配備，而應給付給解說人員的費用，也含在遊程費用之內。

### 四、解說牌示設施

指標設施系統屬於全區性，目的是便利遊客辨認方位。因此在主要入口區、主要道路及交通轉運處，提供全區性旅遊資訊，並設計具有在地特色之路標，以圖案設計方式加入各路標牌面上，用以創造其獨特性。其所代表的圖案能凸顯在地色彩與精神。

解說牌示分為三類：標誌牌類（公路指示標誌牌、全區地標性標誌牌、引導指標、停車場告示牌、定點指標、公共空間標示）、據點與資源解說牌類（全區導覽圖、解說牌、步道、自行車道指示牌）、警告標誌牌類（禁止、警告、提醒等告示牌）。其設計應以符合本地區特色為原則，配合各資源據點之意象加以變化。

### （一）標誌牌類

主要為動線上之指引，以簡單圖示、色彩、文字數字為主，明顯而清楚。

1. 公路指示標誌牌：設置於台1線上標示本據點之名稱及里程標。
2. 全區地標性標誌牌：設置於本計畫區範圍界線之道路上，標示「烏溪生態廊道復育園區」字樣。
3. 引導指標：放置於各出入口明顯的位置，內容有引導資訊圖以及參觀路線和相關服務設施或置於各道路交接處，內容為引導開車遊客辨別方向。
4. 停車場告示牌：標示道路旁或據點內之停車場之停車方向及服務設施。
5. 定點指標：置於各據點、步道入口處、標示據點或步道名稱及注意事項。

### （二）據點與資源解說牌類

用於解說據點資源或特殊景觀，含圖、文、照片，周邊應有必要之休息或站立空間。

1. 全區導覽圖：設於解說中心、主要交通運輸點，提供全區空間概念圖為主。

## 第八節 河川管理計畫

### 一、管理機制

#### (一) 管理主體：烏溪生態保護工作坊

以鄉鎮公所、村里辦公室、社區發展協會、及環保人文聯盟等地方組織為主幹，共同組成工作坊。訂定工作目標與內容，定期進行園區生態監測與管理維護之工作。

#### (二) 義工招募

義工為最主要之維護工作成員，平時應與周圍學校建立起良好的伙伴關係，方能招募固定的義工。

#### (三) 監督機構

以第三河川局管理課為主。

#### (四) 輔導機構

以在地學術團體為主（如：台中縣自然生態協會、彰化縣環保聯盟、各大學生態相關科系），提供解說教育與相關課程。

### 二、維護重點

管理維護之目的主要在抵銷人類或環境變異造成的不當干擾為主，以外來之動植物清除為平日主要管理維護重點。本設計以自營環境為主要設計目標，因此應減少維護次數，盡量以自然力達成平衡。

維護所需之譏具與技術人員則為初期移交之施工機具與社區施工人員。

### 三、經費來源

建設經費及初期維護經費由政府編列預算。日後則以活動解說收入、文宣品販賣、農園收入支應。並投入辦理本地環境教育工作，以期達成對環境保護的深刻體認，吸引更多團體樂捐。另外沿線合法砂石場、混凝土廠、與工廠的樂捐也是日後管理維護經費的來源。最後的目標是財源自主、義工照護河川的良好管理方式。

# 第四章 河道棲地復育計畫

【註】本章係由福留脩文顧問指導、楊佳寧顧問撰稿

第三河川局正工程司王永珍彙整暨編審

河川廊道(river corridor)蘊育著各式各樣的生物而形成多樣化的河川生態系。由於人類經濟快速發展導致水生生物無論在棲息、繁衍暨覓食等行為習性均隨之產生重大變化。為維繫河川生態之綿延不絕，良好的棲地環境實為必要條件，然其影響因素相當複雜，如水質、河川形態、生態體系之食物鏈、人類活動…等，因此適宜之棲地不可多得，須藉由人為方式回歸其原本之需求環境，以延續河川生物種源之生命力。(王, 2004)

## 第一節 河道棲地復育概說

台灣地區河川整治過程中由於工程構造物之過度導入，阻絕生物活動之連續性。舉例而言，攔河堰或攔砂壩等之興建會改變原有的多樣性水流型態，包括急流、淺瀨、深淵、深潭等，對河川生態環境衝擊甚大進而威脅到河川生物之生存；再者，純以安全考量之整治方式多未考慮生態因素，導致整治後呈現整齊化一的單調性，缺少良好棲地應有的特性如覆蓋和河床底質的多樣性，因而對原棲河川生物之活動空間造成影響；此外公共建設之入侵河川造成生物棲地快速滅絕，例如高鐵沿筏子溪平行而下不但穿越筏子溪四次，且另增闢四座聯外橋樑，致短短十二里間計有二十二座跨河構造物，施工中生物棲地已被嚴重擾動。另由於河道渠道化的過程中會清除岸邊植物並移除河床的底石，造成許多河川生物如水生昆蟲、附著性藻類、魚類等賴以棲息與繁衍、覓食、避難之場所減少而威脅到水生生物的生存。(王, 2004)

### 一、棲地環境之選擇

人類竭盡所能地利用河川資源之際亦應考慮水中生物的存續問題，以避免過度破壞河川原有的生態環境。此種以生態系為通盤考量的思維，促使吾人著手深入瞭解河川生物之生態特性，並同時修正不合時宜之工程設計，此乃落實生物多樣性保育之必要措施(林, 1992)。一般而

言，形成最有利水中生物繁殖生長的棲息地應具備以下條件：

1. 中枯水季節既有水深流速緩之深槽且又有水淺流急的淺灘，此有助於魚類的攝食、繁殖及隱蔽。
2. 洪水季節存在有隱蔽區，以躲避高速湍流的襲擊。
3. 兩岸有一定數量的樹木、灌木和雜草，魚類在此可藉以得到隱蔽和食餌。

河域復育及維護等問題乃基於生態需求以維持水生族群(aquatic community)之完善為目標；河岸區域問題則非單獨基於生態需求，岸邊設計首先面臨公眾安全，並考量可提供改善景觀美質(aesthetic)之機會。

河岸處理應考慮對河道水生生態系統之正面貢獻。舉例而言，當河川水位上升且流速增加，魚及其它水生生命體需要一避難所以防止高水流之沖刷效應。自然且未經修改的河道及洪水平原在河道及新的河岸淹沒區皆可提供避難所。

西日本科學技術研究所河川生態工程專家福留脩文(1991)建議應觀察河川中有無這樣的地方？

1. 有沒有可以被浸蝕或任由砂石堆積的地方？
2. 有沒有是偶爾淹水也不要緊的地方？
3. 有沒有可以承擔較低安全性風險的地方？
4. 有沒有可以在不損害防洪安全性的同時又能種植河畔林及樹叢的地方？
5. 在安全界線內，有沒有能容許河川儘可能自由發展的地方？

美國伊利諾大學香檳分校 Prof. Herricks(2002)則建議應考量以下各要項：

1. 依河段別分析方法(reach-based analysis)進行河床／河道設計，以提供河川多變的水生族群(aquatic community)，並結合系統分析以提高成功率。
2. 採用系統分析(system analysis)方法以有效地結合 reach 和

system問題進行生態工程規劃設計與施工營造。舉例說明：

### (1)潛壩

系統分析方法是要考慮高水位、平均水位、低水位以及其任何流量狀況產生的問題。低流量時潛壩有一在水流處之水力初始效應，壩會阻礙魚類通行，且可蓄水使局部的水質下降(溶氧用盡)或者對河道安定及水中生物品質有所傷害。

### (2)河岸區

健康魚類族群之維持需要滿足在河道之接續環境及鄰近的河岸地區棲地每種生物種所有生存水位需求。系統分析方法意義乃包括如何發展沙洲及通往兩岸洪水平原區的通道，提供給魚及水生族群生物棲地。

### (3)上下游之保護

系統分析方法包括(a)生物源區之維護與保護，使免受化學廢棄物、取水或颱風而破壞。(b)避免魚類上下移動的阻礙

3. 針對全河段確認特定棲地需求，且用一些知識進行設計並維護河道路現有的構造物，以增大棲地及生態品質。棲地設計應遵循美學、維護、穩定和其它工程之結合，從生態遠景考量河岸處理且讓水生族群有良好的生態需求。
4. 現今之規劃團隊應考量生態系統之需求(ecosystem-base)，以選擇最適合之工程設計為最終目標。

以上需求可能存在於河川中偏遠且人煙罕至區、洪水平原區、天然滯洪區、河谷區、岸邊為岩壁等區域。而這些河段常為生態復育之重要區域，倘又符合水理及地形因子之最佳化，即可逐步規劃實施復育工作。

生態工程是整合人類社會與自然環境，使兩者均能獲益，是永續生態環境之設計。設計上應以能滿足生物與非再生資源的保育；

兼具美學和功能性的計畫；衝擊少等之功效。在一個已被改變之自然環境背景下，或者一地區之改變即將發生，生態工程／自然化能改變工程設計以增加生態價值，因此在自然化設計中應考慮族群(community)間之互相牽連及生態體系之永續性。同時並考量河域復育及維護，以及河岸之穩定性，美學及生態之價值。面對自然水域環境時應避免或緩和環境因子對水生生物族群造成負面衝擊。

綜觀福留脩文及Herricks等人之建議，已跳脫傳統河川治理之理念，而以生態治河為導向，依內容要旨可歸納成以下幾點：(王, 2004)

- (一)河川中是否有必要於每一河段皆有相同標準之安全處理應詳加考量。
- (二)河川治理應考慮河川中生物族群之棲息暨活動空間以及種族賡續等問題。
- (三)棲地設計應從生態遠景考量河岸處理之方式且讓水生族群有良好的生態環境。

## 二、河道棲地復育之前提條件：水質；水文機制；砂石機制

健全的流域管理是談河道棲地復育時無法規避的先決條件。流域的水質(化學環境)可謂是台灣河川在復育上最普遍，最重要的課題。環境先進國家通常是在流域的點污染源獲得某種程度的控制之後才著手進行河道棲地復育。在基本的點污染源無法有效管制的情況下，談河道復育是緣木求魚的。然而純以河道的物理環境而言，和水質同樣具支配性地位的兩個先決條件即水文和砂石機制。洪水和砂石乃形塑河道棲地的原動力。過去純粹以防洪為目的的河川整治皆以扼阻及改變河川原有之洪水和砂石機制為目的。在水文機制方面，除了開發造成地表逕流量上升，導致河道內乾季流量減少，洪峰量遽增及水患增加之外，更合理化水庫的興建。同樣的，由於流域水土保持不良所導致的土石流等災害也成為築壩攔砂的理由。壩體不僅攔阻生物移動，也攔阻水及砂石的流動，造成河流喪失塑造棲地的活力，河川生態因而被徹底消滅。流域採砂及用水量的增加，亦造成平時河道內流量及砂石量的普遍不足。

近年來，拆除老舊的壩體以回復河川生命力在歐美蔚為風尚。若水庫壽命未到，則積極以洩洪管制模擬中小型洪水，壩體增設排砂口等方式儘可能以結構改善或管理手段接近原有的水文砂石動態。更進步的流域管理，則以增加流域滲透儲流面積，以植生溝取代傳統的排水管線，回收中水及處理廠放流水等方式，重新建構已開發流域的水文系統。流域砂石亦已被視為不易再生之天然資源。建立砂石使用管制，混凝土回收減量等制度，以逐步減低建設對砂石的依賴度已成為重要的流域管理課題。

### 三、從河川形態學出發

河道棲地復育(in-stream habitat restoration)的重點為創造河道內水生生物覓食，棲息，繁殖所需之淺流、淺瀨、岸邊緩流、深流、深潭等結構。這些結構在高能量河道中無法以人工方式直接建造。在歐美日縱有以人工方式直接挖潭，佈置木石等材料以為復育手段者，失敗例多矣。所謂河川能量(stream energy)，可視為河道回應人為改變能力之指標，一般定義為：

$$\Omega = (w \times Q \times S)/b$$

(單位 = 每平方公尺瓦 w = 水比重；Q = 建槽流量；S = 河道坡降，b = 河床寬度)。

關於以設置結構(如丁壩，石塊等)復育河道棲地，英國學者Brookes曾評論如下：在高能量河川( $\Omega > 35 \text{ W/m}^2$ )，為復育所設置的河道內結構有被沖刷的風險；若河道內砂石充足，河道會自行調整，潭瀨結構會趨於不穩定；若砂石匱乏，則河床易下切，生態系回復不易。在低能量河川( $\Omega < 35 \text{ W/m}^2$ )，河道內結構雖無被洪水破壞之危險，但若砂石充足則河道結構易被掩埋而失去功能；若砂石不足則無法靠自然力回復，而須以浚渫或人工供砂等非結構手段長期管理，方能有效。Brookes的結論是，河道內設置結構以達復育目標有其限制，而以在 $\Omega = 35 \text{ W/m}^2$ 左右之河道最易成功。

此評論雖道中以結構手段進行復育的困難，但卻忽略了一項基本事實，即河道棲地復育成功與否，幾乎全然取決於對河川營力之了解。順應自然營力所設置的結構即易達成預期效果，違背自然營力而導致結構破壞或無效，亦為理所當然。台灣河川幾乎皆為高能

量系統(以本案甲區為例， $\Omega$  約為250 W/m<sup>2</sup>)，故了解洪水形態，砂石生產方式，並視洪水砂石為營造棲地之主力而非阻力，才有可能採取結構方法進行河道復育。適切掌握河川自然營力的關鍵，在於了解河川形態學。

河川形態學(stream geomorphology)乃研究流域內之水和砂石如何形塑河道，創造河川棲地基盤的一門基礎學門。在由水和砂石所構成的棲地基盤上，植物得以生根演替，動物得以覓食繁衍。由此發展出來的生態系，經洪水擾動機制而更新循環。由於各河川之水文，地質，砂石生產量，及流域內人文活動的不同，形成各河川獨特的生態體系。河道棲地復育須以河川形態學為出發點，才不至本末倒置。河川形態學中之基本河道造型法則可整理如下。

## 四、河道的造型法則

### (一) 河道分類

沖積河道自上游至下游的形態，依地形，河床材料粒徑，坡降等，可分類成M，1，2，3各區(表4-1)。此外，就潭瀨形態而言，可分成Aa型，Bb型及Bc型。圖4-1說明其與河道區之對應關係。

表4-1 沖積河道自上游至下游的分類(譯自：山本1994, p.6)

	M區	1區	2區		3區
			2-1	2-2	
地形劃分	← 山岳地 → ← 扇狀地 → ← 谷底平原 → ← 自然堤防帶 → ← 三角洲 →				
河床材料之代表粒徑	不定	2cm 以上	3cm-1cm	1cm-0.3mm	0.3mm 以下
河岸構成物質	河床河岸多露岩	表層可能有薄層砂或粉砂質，和河床材料組成物質相同	下層和河床材料同，為細砂，粉砂，粘土之混合物	粉砂，粘土	
坡降	不定	1/60 - 1/400	1/400 - 1/5000	1/5000 - 水平	
蜿蜒程度	不定	少彎曲	蜿蜒雖發達，河寬水深比大之處有8字蜿蜒或島發生	蜿蜒有大有小	
河岸侵蝕程度	極強	極強	中，河床材料粗時河道易變動	弱，河道位置通常不變	
低水河道平均深度	不定	0.5-3m	2-8m	3-8m	

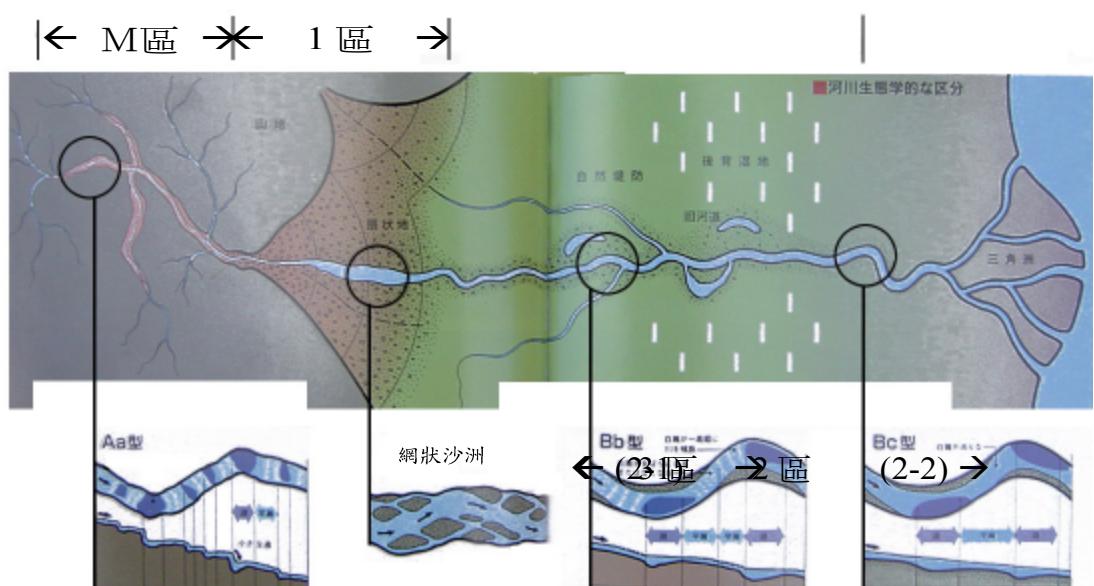


圖4-1 沖積河道分類與潭瀨型態之關係 (改自：リバーフロント整備センター—1996, pp. 14-15) ↗

## (二) 蜿蜒及砂州形態

蜿蜒及砂州形態是決定中下游河道潭瀨形態及位置的重要因素。砂州形態主由河道寬及平均水深比( $B/H_m$ )決定。當 $B/H_m < 10$ 時，不易產生砂州。 $10 < B/H_m < 70$ 時，河道易呈交互砂州，當 $B/H_m > 70$ 時，則產生複列砂州甚至魚鱗狀多列砂州。河道形狀接近直線時，這些砂州容易移動，造成潭瀨位置的變動。砂州長度，砂州形態及河寬的關係可參考圖 4-2。交互砂州之砂州長為河道寬的 5-15 倍。複列砂州長度為河道寬的 2-6 倍。

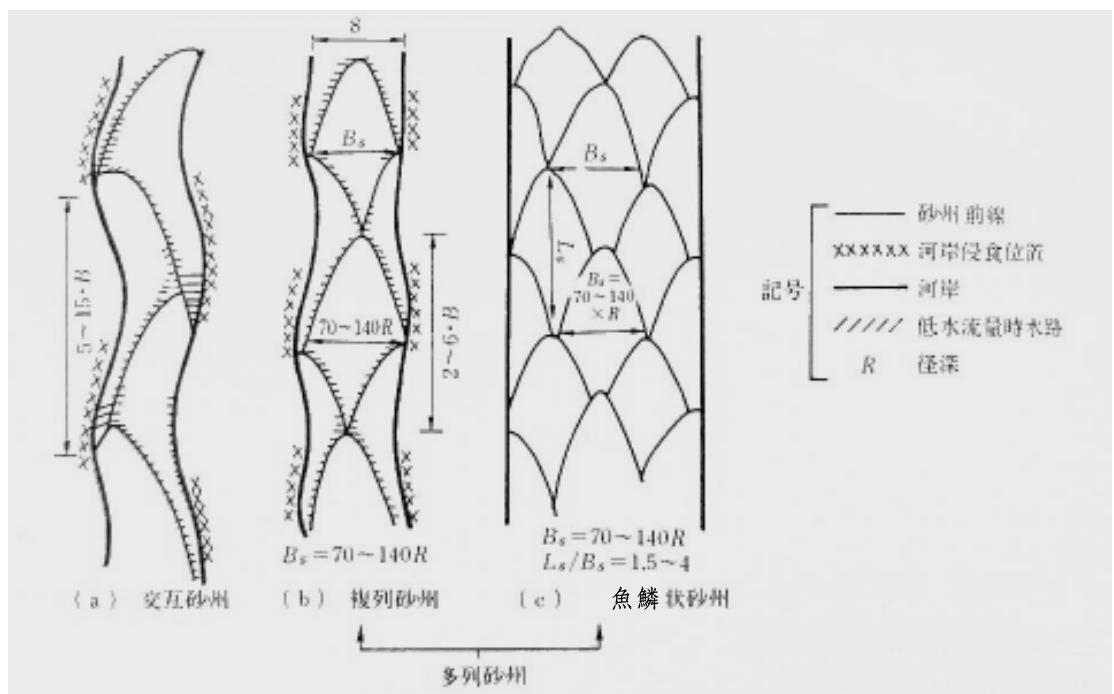


圖 4-2 砂州形態(山本 1994, p. 130)

當河道彎曲角超過 20 度以上時，砂州漸呈固定，但若河岸沒有被剛性結構限制，則蜿蜒度 (sinuosity) 可能隨時間增加，發展至一定程度時，可能為水流自然截斷而形成牛軛湖。蜿蜒度可簡單定義為某一區間內二點間河道曲線長和直線距離之比 (圖 4-3)。在蜿蜒度小，蜿蜒形態單純時，一蜿蜒波長內產生二個潭，且波長約為河道寬的 6-15 倍。當蜿蜒度大於 1.4 時，一波長內可能出現三個以上的潭。一般而言，彎道上游內岸曲率最小處之切線 (離心力線) 和對岸的交點，為潭最深的位置。河道轉彎角度越大潭的位置越不易移動，深度也容易維持 (圖 4-4)。

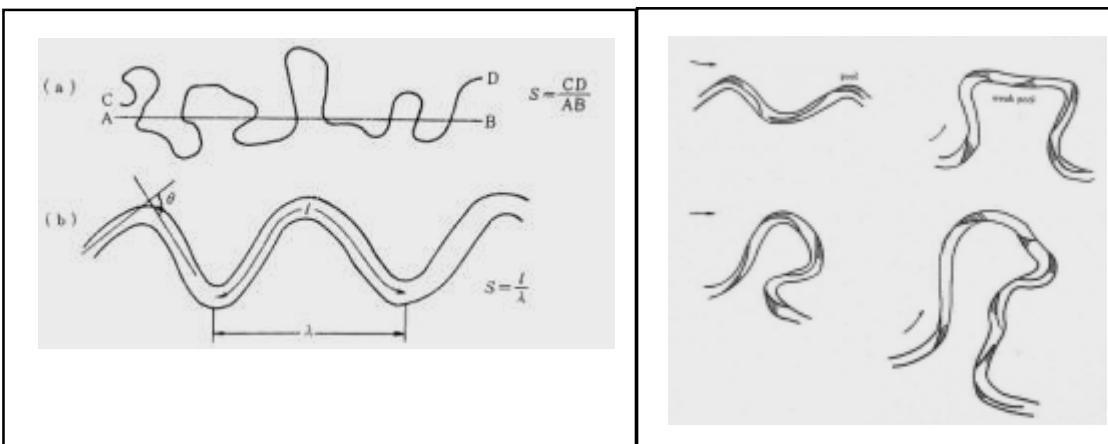


圖 4-3 蠕蜒度(S)的定義 (同前, p. 132) 圖 4-4 蠕蜒形狀和潭的位置 (同前,p. 134)

### (三)河道的動態平衡

Lane(1955)曾提出一個式子，說明沖積河川對於自然或人為力量造成的河道改變有一定的回應方式以恢復平衡：

$$Q_s \cdot D \cdot \mu Q_w \cdot S$$

( $Q_s$  = 砂石量,  $D$  = 砂石粒徑,  $Q_w$  = 流量,  $S$  = 河床坡降)

比如說，當流量增大，河道傾向於以三種方式回應：增加砂石粒徑，增加砂石量或減少坡降。其結果即造成河床或河岸的侵蝕（圖 4-5）。

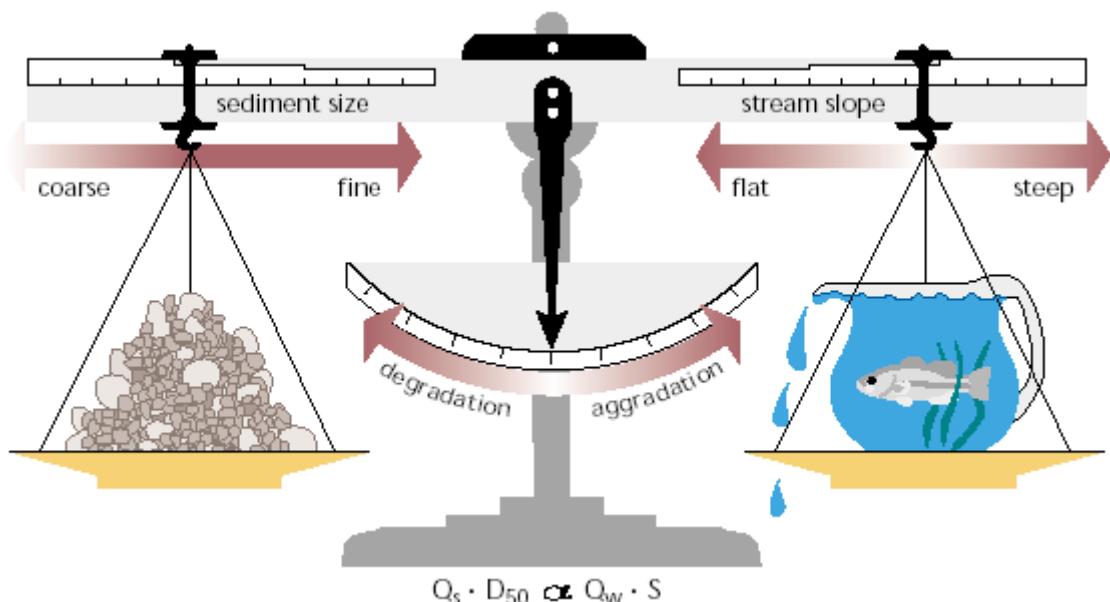


圖 4-5 影響河道平衡之因素 (FISRWG 1998, p. 1-14)

#### (四) 河道內結構物所引發的河川回應

遵循基本的河川形態學原理，同樣的河道形態可用各種不同的方法和材料來創造。在河道中結構物的行為可以簡要分成以下三項（圖 4-6）：

剛性結構效應：挑流（自結構物彈開），淘刷（結構周圍），堆積（淘刷下游側）。

柔性結構效應：堆積（在結構體及後方）。

跌水效應：改變方向（和結構體垂直方向落下），淘刷（在跌水之下游），堆積（在淘刷處下游）。

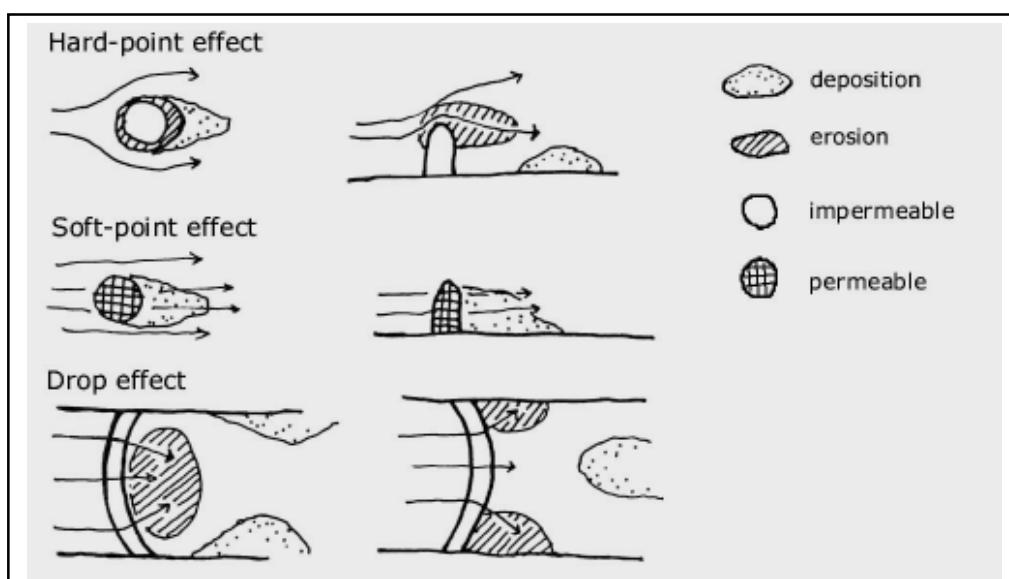


圖 4-6 河道內結構物引發的河川回應 (Yang 2004, p. 245)

#### (五) 無次元掃流力

河道中侵蝕和堆積的發生和河床的無次元掃流力有直接的關係。無次元掃流力通常可表示為：

$$\tau^* = (H \cdot I_e) / (s \cdot d)$$

其中  $H$  = 水深， $I_e$  = 能量坡降， $s$  = 粒子在水中之比重（約 1.65）， $d$  = 粒徑。

當  $\tau^* > 0.06$  時河床材料開始被掃動，當  $\tau^* > 0.6$  時粒子開始浮游，當  $\tau^*$  達 3.6 時粒子可浮至水面。

## 四、河道規劃設計原則

### (一) 河道骨架與彈性空間

河道骨架與彈性空間的概念可謂是防洪和生態考量的妥協點。防洪主要防的是50年，100年尺度的大洪水，因為這樣的洪水容易造成人類居住空間的嚴重破壞。就生態系的維持而言，大洪水所帶來的破壞亦通常多於建設（促成生態系演替及更新的通常為中小型洪水）。在過去單一目標的防洪工程裡，河道常被全盤改造，導致平時及中小洪水時的棲地空間消失殆盡。在講求復育的河川整治中，防洪和生態所共同追求的目標是減低大洪水的衝擊，並容許中小洪水自由地改變河道。

河道骨架是河道中不易變動的點。這些點常是由剛性結構所形成的河床的最高點（瀨頂）或最低點（潭底），或河岸界線（如露岩或堤防結構）所構成。河道骨架控制河道變動範圍在某限度之內，骨架以外的部分則屬彈性空間，容許河川自由變動，以維持生態系的活力。比方說人類居住空間是以堤防為最後防線，故以堤防為骨架，堤外的高灘地為彈性空間。當河道內有需保護的結構物（堰，橋墩，取水口等）時，局部河床變動及流況常需受限制，這些點也構成河道骨架的一部分。就河道內棲地需求而言，河道骨架形成穩定的潭瀨結構，有助於生態系的穩健發展。在河川經自然災害或人為干擾而使得河道骨架面目模糊時，以人工方式重建河道骨架以確保一級潭瀨空間的存續，並幫助河川自然形成其它次級空間，是河道棲地復育的重要原則。

河道骨架的建構務須符合河川形態學。一級潭瀨位置的選定和砂州，蜿蜒，及既有結構物的關係極為密切。若人工造成的潭瀨無法由河川自行維持，則骨架反成枷鎖，擾亂原本可能自然生成的潭瀨形態。一般而言，規畫設計應以最小限度的工程介入誘發最大的河川自然造型力。

### (二) 依洪水規模分層規畫

河道的平面，橫斷面及縱斷面的規畫設計幾乎完全得仰賴規畫者對於河川形態及動態的了解。規畫時需掌握三種等級的流量：50年或100年洪水流量，建槽流量，平水流量。

大洪水時水流依循堤線，故堤線的蜿蜒形態（若砂州不移動）

可大致決定大潭的位置。建槽流量(2-3年頻率洪水)是形成低水河道及使大部分河床砂石移動的流量，須以河床的動態平衡為目標來檢討河道的斷面積。此外，檢討砂州形態及動態可預測中潭的生成位置，以配置低水河道流路及斷面形狀。平水流量為平時水中生物的棲息空間，以此流量為基準方能決定平時潭的深度，瀨的位置及流況等較細部的規畫。規畫設計流程可表達如圖4-7。

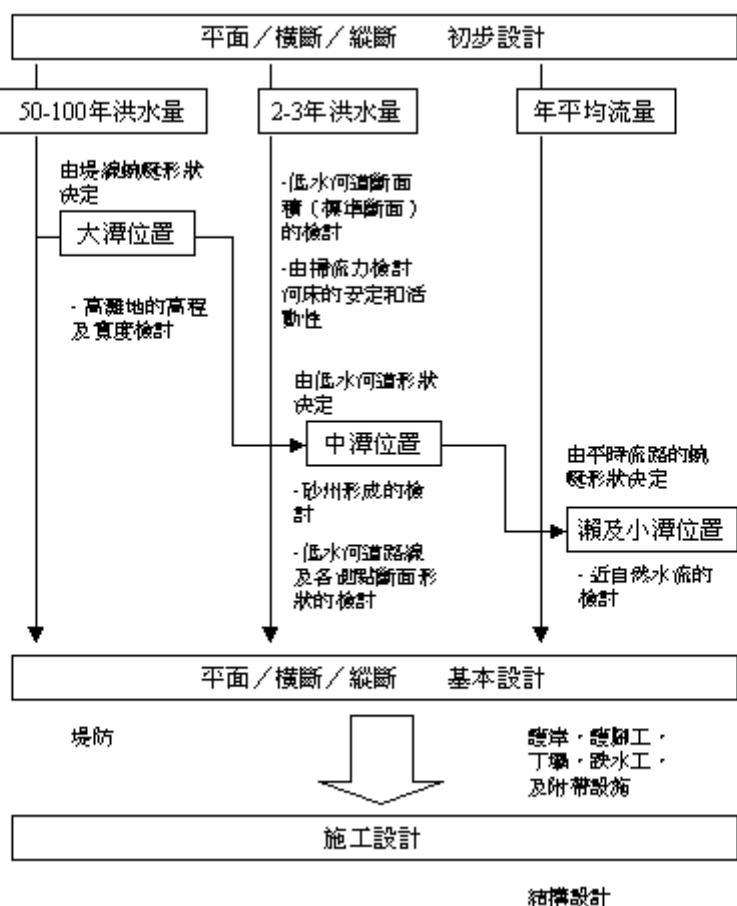


圖4-7 河道形態規畫設計流程

由現在和過去的航照圖判斷河川形態，河道活動性及潛在潭瀨位置是最簡便可靠的方法。可惜台灣的航照圖在過去由於被視為軍事機密，要取得歷史航照圖十分不易。然而由現地考察及過去的河床斷面測量資料等，多少可彌補這個缺憾。

### (三)潭瀨及多孔隙水際空間的創造

河道棲地復育的首要目標是復育生態金字塔底層的生產者(苔藻類)的生存空間。一般含榮養鹽不高的溪流河川，適合苔藻類生長的環境為高溶氧，陽光可及的瀨的底質環境。若能保存或創出這些空間，則砂石間會孕育水生昆蟲，並吸引以苔藻類或水生昆蟲為餌的魚蝦類。溪流的瀨也是多種魚類產卵的空間。在榮養鹽較高的2-2，3區河道，藻類，水草及浮游生物構成生態金字塔底層，其生長所需的岸邊緩流亦是常是復育的對象。潭是大型及底棲魚類的棲息空間，也是有機碎屑，細粒砂泥?集之處。當河床呈季節性乾涸時，潭成為寶貴的避難場所，幫助水中生物渡過旱季。水際空間是陸水交會之處。淺灘狀的水際或滯水域是幼魚及兩生類幼蟲成長的地方，也是多種水生昆蟲自水域移至陸域的轉換空間及鳥類及小型哺乳類覓食飲水的地方。確保此水陸境界的柔軟及連續是重要的復育原則。然而，並非所有的水際都應是連續漸變的。河岸受淘刷形成的崖狀水際是多種鳥類的築巢場所，也是河道補充砂石的地方。雖然過去河道工程視河岸淘刷為大敵，儘可能以植生或剛性結構穩定之，然而以生態觀點而言，若淘刷不至於立即危害堤防或其它重要結構的安全，容許甚至創造崖狀河岸也是復育重要的一環。

## 第二節 河道基地現況

甲區堤後平疇綠野之景緻及堤前高灘地現有苦楝林與附近水域自然彎道及現有土堤之組合形成一極佳之整體區域景觀，倘僅基於景觀及親水之設計考量，可有如下的想像空間：

- ▲ 水域施作低型不透過或透過性水制工以捕捉泥砂，俾在水際形成自然河岸並成為親水據點。
- ▲ 高灘地灌木草本植栽亦應以垂直於河道之帶狀配置以捕捉泥砂。
- ▲ 高灘地部分掘削形成半濕池或迴水區（backwater），其生產之砂土覆於部分堤防外側以植樹成林。
- ▲ 維持及擴充現堤防附近形成的步道，但不宜以硬式結構施工。
- ▲ 農作區給這些農人時應同時賦予管理照顧生態園區的義務，在歐美最進步的生態復育是和生活結合的。這些鄰近居民給予若干訓練教育(如選擇性採伐，局部除草，定期水質採樣等)可成為最好的生態園丁。
- ▲ 讓大度攔河堰對親水生態作出貢獻，堰體設計應結合生態遊憩功能，例如讓堰結合步道橋同時創造淵瀨。

惟經現勘擬規劃範圍區河道現況可發現主要問題是：1. 泥砂含量(suspended load)太高(見圖4-8)，這可能是上游集水區的問題，亦可能是不肖砂石廠洗砂水直接倒入河川造成污染，此乃水質不佳的主要原因，也是河道內生物復育的最大障礙； 2. 河床持續下切，這顯然是逕流量增大的後果，亦可能是採砂行為所導致，低水河道可能有固定化的傾向，高灘地和河道的互動因而減少。



圖4-8 區域內由目測即可發現含砂量太高

若考慮如何將生態環境已遭人為干擾之自然河川棲地回復，則尚需藉助人為力進行棲地改善，其重點工作應包括(林, 2003)

- ▲整體考量河川及其洪氾平原之生態環境。
- ▲恢復河床遷移(river restoration and migration)之機制與流量之動態平衡
- ▲河川系統中典型之基底物質的多樣性
- ▲與河川系統連結之溼地棲地多樣化

綜合上述，吾人必須再參照河川之水流情況、河床粒徑及其移動情形等評估，再選取適宜之生態工法以營造及改善棲地環境。

本案甲區介於烏溪斷面14~23靠近右岸高灘地之水域，其區域涵蓋大肚圳取水口，大致區分為三小區段，第一區段為取水口以上區段(見圖4-9)，第二區段為取水口以下區段(見圖4-10)，第三區段為甲區高灘地與前方獨立島間之水域(見圖4-11)

全區段依其特性分析如下：



圖 4-9 取水口上游段



圖 4-10 取水口下游段



圖 4-11 甲區高灘地與前方獨立島間之水域

## 一、河川水理及地形特性

烏溪出海口至13號斷面間計算之坡度(S)值為1/3007接近實際坡降，故較接近蜿蜒流況；13~31號斷面間計算出S為1/1570<實際坡降之1/669，屬瓣狀河川。再參照第四章第三節中所述，Lane在1957年研究美國河川發現河川型態與流量(Q)及縱坡(S)之間有密切之關係式 $SQ^{1/4} = K$ ，1~13斷面間之實際坡度為1/2768，13~31斷面間之實際坡度為1/669，Q為3800cms代入上式，其K值在1~13斷面間為0.00284>0.0017為蜿蜒與瓣狀間，13~31斷面間為0.0117>0.01為瓣狀河道。

烏溪下游0~13斷面為感潮段，由於受潮汐迴水影響，河床質屬於較細之砂質河床。前水利局水利規劃試驗所於84年針對烏斷13以上進行河床質採樣分析結果，發現烏斷13~31間河床質粒徑愈往上游泥砂含量愈小，平均粒徑愈大，有粗粒化現象(如表4-2 )

表 4-2 烏溪下游段河床質粒徑分析成果表

斷面	代表粒徑(mm)				平均粒徑(Dmm)	最大粒徑D(mm)	泥沙含量(%)
	D <sub>10</sub>	D <sub>35</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>			
13	0.35	11.0	33.0	73.0	46.87	175.0	33.5
17-1	0.46	28.0	58.0	113.0	66.98	200.0	24.5
19	0.51	35.6	54.0	95.0	65.46	204.0	15.2
21	0.78	39.0	59.0	107.0	71.35	225.0	15.5
23	0.82	42.5	70.0	127.0	86.65	302.0	14.0
25	0.84	36.0	61.0	124.0	83.56	307.0	14.6
26-1	0.53	28.0	67.0	133.0	84.94	360.0	14.2
29	0.44	25.0	52.5	120.8	71.87	240.0	25.0
30	1.06	34.0	61.0	128.0	89.29	340.0	15.2

資料來源：前水利局規劃總隊 84 年採樣

流量延時曲線(Flow-duration curve)係表示某時段內流量大於等於某流量值所占時間與全部時間之比值。一般以流量值為縱軸，時間百分比為橫軸繪其延時曲線，由圖4-12曲線可看出大肚水位站流量大小所占時間的分布情形。

滿足河川生物生存最低需求、維持河川生態系統穩定與平衡所需之水量，稱為河川生態基流量(Instream flow)。本河段之生態基流量可以依歷史流量法取時間百分率95%之對應流量為18.9cms。

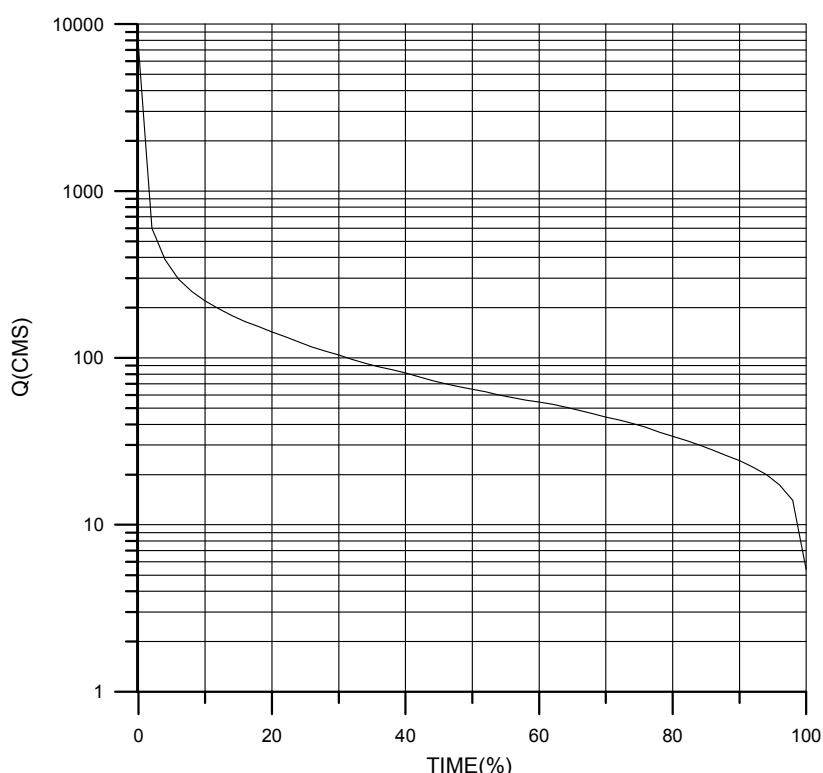


圖4-12 烏溪大度橋站流量延時曲線

## 二、洪水機制，砂石機制，水質

烏溪中下游水質屬於最惡劣的丁等，河床中隨處可見垃圾堆置，周圍工廠排放廢水造成部分河段散發惡臭。另一方面，烏溪主河道並未興建水庫或大型堰壩，故洪水及砂石流動未受攔阻，主河道亦尚未被混凝土護岸固定，以台灣主要河川來說可謂十分罕見，具有高度的復育潛力。然而集水區開發及河床採砂的歷史仍然對洪水及砂石機制帶來相當嚴重的衝擊。因此本案若期復育成效，加強

取締點污染源以改善水質是第一關鍵。

### 三、河道形態

本案甲區平均坡降約為1/1000，在10.5公里(18大斷面)附近坡降驟減，砂州形態亦由複列砂州轉為單列交互砂州。該處主河床物質雖為礫石(19斷面平均粒徑 $D_m=65mm$ )，泥砂含量卻達十分高。乙區平均坡降約為1/500。河道形態屬複列砂州，主河床物質為礫石(29斷面處 $D_m=71mm$ )。

甲乙二區在坡降上皆屬第2區河道，然而可能由於基地長年遭採砂之故，河床材料及中在大礫及泥砂兩集團，而中間尺度的卵石顯得十分缺乏(圖4-13)。以甲區18斷面為例，河床平均粒徑的無次元掃流力於50年洪水時 $\tau^*=0.044$ ；若以29斷面的數值計算，50年洪水時 $\tau^*=\tau^*=0.048$ ，二者皆小於臨界值之0.06，顯示甲乙二區的河床幾乎無法移動。這樣的情況在河川形態學中稱為河床披甲化(armoring)。唯以上計算使用的是1995年資料，近年採砂停止後之河床材料粒徑分佈狀況則不詳。

表 4-3 甲乙二區代表斷面之河床無次元掃流力

斷面	平均粒徑(mm)	能量坡降	Q50 洪水位(m)	平均水深(m)	無次元掃流力
19	65	0.00063	11.04	7.5	0.044
29	71	0.00086	23.46	6.5	0.048

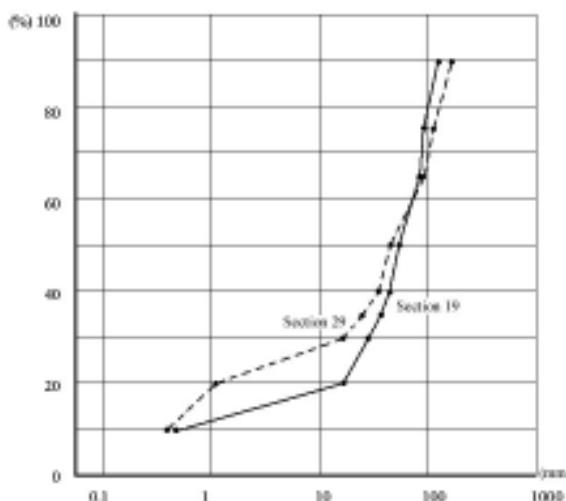


圖 4-13 河床粒徑分佈圖(繪自 1995 年資料)

### 三、河道近年變動

由歷年河道沖淤比較表可知甲乙二區皆長年呈現沖刷傾向。甲區河床在民國 60-84 年間下切 3.1 公尺，平均每年下降 0.13 公尺。同期間乙區亦平均每年下降 0.10 公尺。

表 4-4 甲乙區經年河道變化

斷面		沖淤深高(m)			
		民 84-76 年	民 76-60 年	民 60-58 年	民 58-2 年
17	甲 區	-0.98	-2.366	-0.082	-0.031
		-0.91	-0.72	-0.083	-0.776
		-0.68	-3.51	-0.186	-0.776
		-0.97	-2.593	-0.156	0.039
27	乙 區	-2.59	-0.805	-0.236	0.056
		-1.31	-0.486	0.109	-0.05
		-0.69	-1.621	0.25	-0.029

由圖 4-14 之橫斷(9)圖可知甲區高灘地僅邊緣二，三十公尺為中小型洪水可及，其餘大片灘地為百年洪水方可及。一般以為高灘地淹不到水對於高灘地土地利用有正面效果，然而就生態復育而言，這意謂著主河道和高灘地的分離，陸域和水域失去了聯繫。

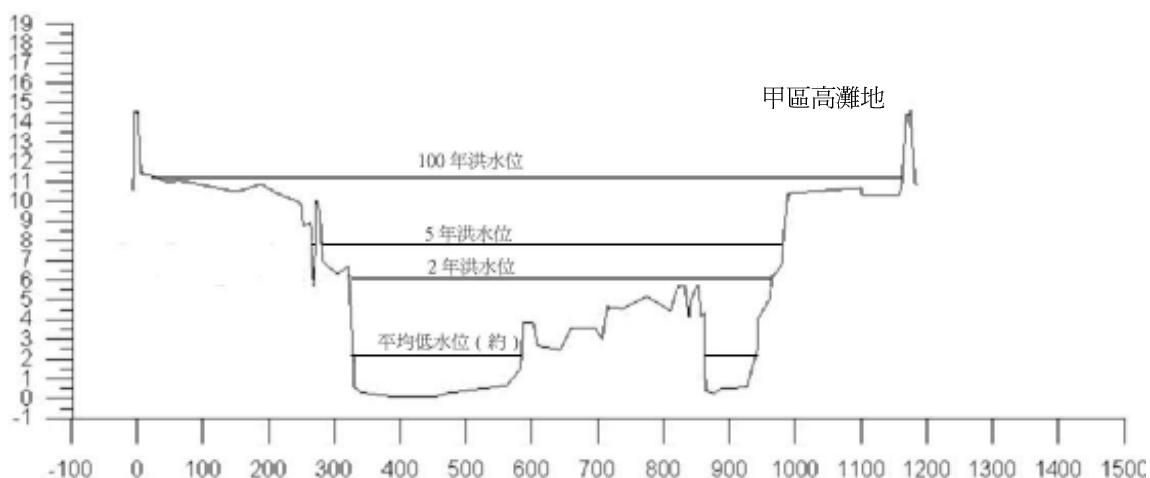


圖 4-14 烏溪大斷面 18

就河道物理環境而言，本案甲區的課題及其對策可整理如下。

## 課題一：河道下切

此河道下切現象普遍見於因流域受開發干擾之扇狀地及中間地河道。一方面都市或農業開發造成流域逕流量增加，洪水能量上升。另一方面由於流域採砂或建壩，造成河道內供砂減少。在此情況下河川自然向下淘刷以補充砂石。河道下切因使得斷面積增加，在傳統防洪管理上雖不成問題，但易導致河道中結構基礎裸露，並在生態平衡上造成諸多衝擊。其中影響較為顯著者有二：其一為使得高灘地淹水機率下降，造成灘地高燥化，原生長在高灘地上的植被因地下水位降低而無法存活，造成旱／荒地之先驅草種大量繁衍，即令是農作也因土壤貧脊，灌溉需求大而無以為繼。

其二為造成河床披甲化，即河床表面中粒徑砂石被沖刷而僅剩大徑石塊，尤使原可作為魚類產卵床的中礫及細礫缺乏，造成河道內生產力下降。此二現象皆可於甲區現地探勘時得到驗證。（乙區未勘查河道，但灘地狀況類似。）唯民國88年九二一地震後上游山地產砂量應有變化，區內數砂石場也已於近年歇業，現況河道是否持續保持沖刷傾向，須獲得民國84年之後的河床沖淤資料才能明白。

對策：

1. 儘速建立流域砂石及逕流量管理機制。
2. 若確認近年河道仍維持下切傾向，可大規模重塑灘地形狀，讓灘地淹水面積及頻率增大，砂石有分層淤積的空間。開挖起之礫石可投至河床，做為瀨的基質，表土泥砂可回收以復育灘地高部植生。
3. 河床中相當於瀨頭部位設置分散式砌石固床工，防止河道繼續下切，並創造局部水流變化，強化瀨的生態生產力。

## 課題二：水中含泥量大

本河段泥砂含量大，平時水色黃濁，為水質污染之重要因素。含泥量大通常為流域水土保持不良所致。烏溪上游山林近年大量開發為大型渡假區或果園，坡地表土流失至河道內應是含泥量高之關

鍵。此外，高灘地鄰近工地施工管理不當或工廠放置廢土亦可能造成局部河段混濁。高濁度不但遮蔽陽光，導致河床苔類藻類生產者群的消失，造成水中溶氧降低，堵塞礫石間隙及魚鰓，是本區水生動植物相貧弱之主因（圖 4-15）。

#### 對策：

1. 加強管理上游流域及高灘地點污染源為減少泥砂量之關鍵。以下各點效果僅止於局部改善。
2. 在灘地上中小型洪水可達之高程創造泥砂淤積的空間（如植水稻）。
3. 河岸有淤積潛力處設置低水水制（水制頂略高於平均水位），水制上可植栽灌木以促進水制區間淤積成新的低水河岸。
4. 低水時在感潮域內創造平緩泥灘地，復育抽水性植被（如蘆葦）以固著泥砂。



圖4-15 河床砂泥覆蓋原應具有高度生產力的瀨空間

### 課題三：河道內工程擾亂潭瀨形態

目前本河段由於採砂歷史及多項工程影響，河道形態遭受擾動，原應在本段生成之蜿蜒及潭瀨形態變得面目模糊。目前14至17斷面左岸有大片面積原為灘地，因採砂而形成緩流水域。高速公路橋下原本應形成瀨，因設置混凝土塊保護橋墩而使得流路凌亂。大肚圳取水口設置於灘地內，因取不到水而在灘地上挖圳，圳口逐漸上移，並在高速公路橋下游河床上築土堤。此外甲乙兩區之間尚計畫建設大肚攔河堰(位置尚未決定)，若採一般常用之橡皮活動堰或固定堰，對於河床形態亦將造成相當大的衝擊（圖4-16, 4-17）。

對策：

1. 確認河段原本應有之蜿蜒及潭瀨形態，訂立河道形態復育方針，河道內各工程之選址，計畫，設計，施工應以河道形態為首要考量。
2. 14至17斷面左岸水域可設置低水水制或植生混合水制，以促進淤砂，形成主流蜿蜒。
3. 高速公路橋下空間可利用現有混凝土塊建分散式落差工以回復瀨空間。
4. 大肚圳取水口在有可能生成潭的河岸以水制工確保水深。
5. 攔河堰若設置在甲乙兩區之間，應採等高線式堰堤(延長堰體使其形態接近河床等高線)，以維護河床形態，確保砂石流動。

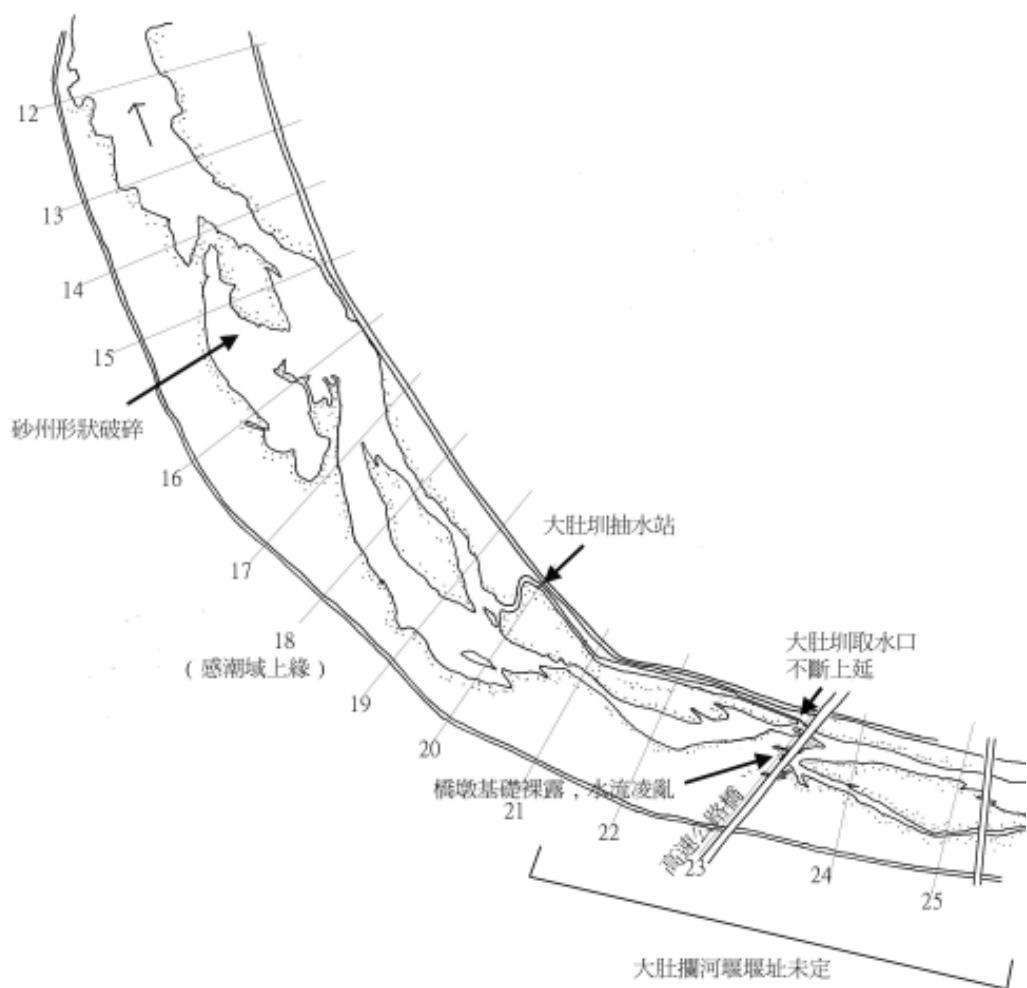


圖4-16 甲區附近河道形態受工程干擾現況



圖4-17 高速公路橋下游段河床被河道內工程擾亂。此處若經水質改善及河床重整，可成為瀨。

此外就河道形態而言，甲區附近河道作為棲地河道復育的實驗場所尚有以下特色：

### (一) 大肚圳回水

20斷面處右岸大肚抽水站之回水形成高灘地上和主流迥異的強勁水流，可成為復育上的特色。此水流以S形切割高灘地，形成崖狀河岸及部分卵石灘。低水位時，“獨立島”上游端和高灘地相連，使高灘地水流延續至斷面18附近。若能使此水流在中小洪水時僅在下游端和主流相接，可形成主流中生物的避難場所，並維持和主流不同的河道環境，增加甲區河道的多樣性。由於此水流規模較小，且位於高灘地內，在水質改善後，具有相當高的親水潛力。亦可利用大肚圳回水測試及展示不同生態工法所引發之河道回應，使其具有教育功能。（圖4-18, 4-19）

### (二) 感潮域境界

甲區18, 19斷面附近恰好是烏溪感潮域之上緣，是鹹淡水生態系交會之處。故上游端可致力於淡水棲地如瀨和卵石灘的復育，下游端可強調泥灘地的復育。



圖4-18 大肚圳回水形成和主流相異的河道環境，有助於棲地多樣化的發展



圖4-19 大肚圳回水以S形切割高灘地，形成平緩和崖狀河岸

## 第三節 工法佈置原則

### 一、河道形態配置

由甲區附近航空照判讀及現地考察，研判在河道受工程干擾前潭瀨位置後，計畫本河段甲區附近河道形態之復育目標應如圖4-20所示。由於大部分灘地已不受洪水擾動，堤線蜿蜒已不是潭瀨配置的依據，河道骨架應由現河道流心線蜿蜒判斷可能之潭瀨位置。此外，大肚圳回水計畫成灘地上和主河道分離之細流，以增加棲地多樣性並形成水生生物之避難場所。

為協助河川達成此一潭瀨配置狀態，復育河道內生態棲地基盤，並防止河道下切及減少水中含泥量，本河段依河川形態及潮位關係可分為三區，各分區建議採取以下措施。

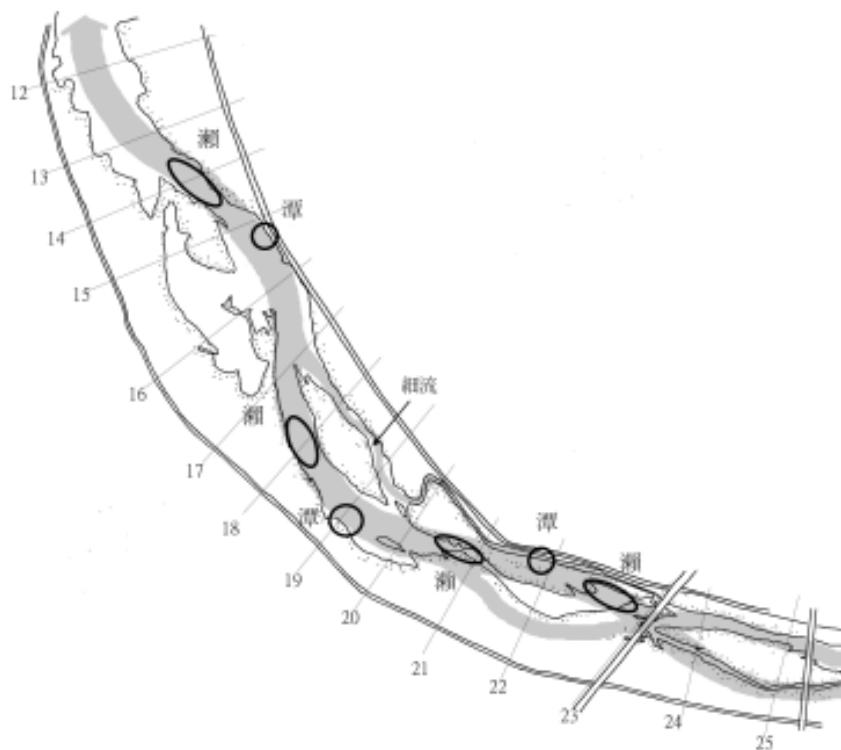


圖4-20 河道形態復育計畫圖

### (一)感潮域(斷面 18 以下)

1. 14-17 斷面之左岸砂州以上游高灘地開挖之材料回填配合植生水制促進灘地淤積，修復砂州，以形成較清晰之主流線。原水域面積縮小，於砂州下游側地勢較低處設一缺口和主流相連，形成背後濕池，為水生生物棲地，避難場及鳥類的覓食場所。

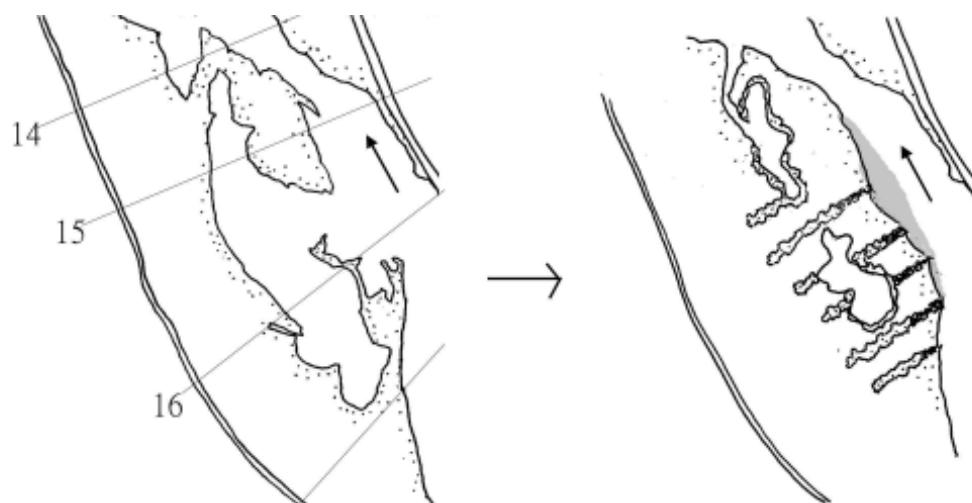


圖 4-21 14-17 斷面沙洲修復構想圖

2. 砂州邊緣已呈或預測將形成泥砂淤積處植蘆葦科以固著泥砂，形成潮間帶特有之泥灘地，吸引魚蟹及鳥類的利用。根據山本 (1994) 使用秋草等人圓柱之流水抵抗式的計算，若假設蘆葦為直徑 1cm 之圓柱，可知在坡降為 1/1000 時，若蘆葦間距為 10cm，則蘆葦間之流速可減弱至細砂堆積的範圍。

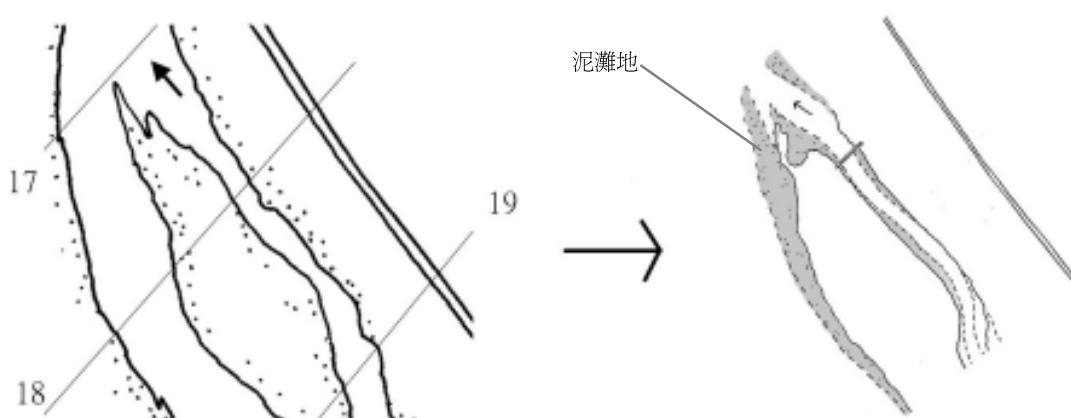


圖 4-22 17-18 斷面沙洲邊緣修復構想圖

## (二) 感潮域上緣至大肚圳取水口(斷面 18-22)

本段水域因屬大肚圳取水範圍，因原水圳取水工程施作，造成本段水域改變極大。本計畫利用生態工法加強大肚圳取水功能，並利用大肚圳回水創造高灘地上和主流分離之水流，以增加河道環境之多樣性。整體施作構想圖如圖 4-23，各點工法施作如下說明：

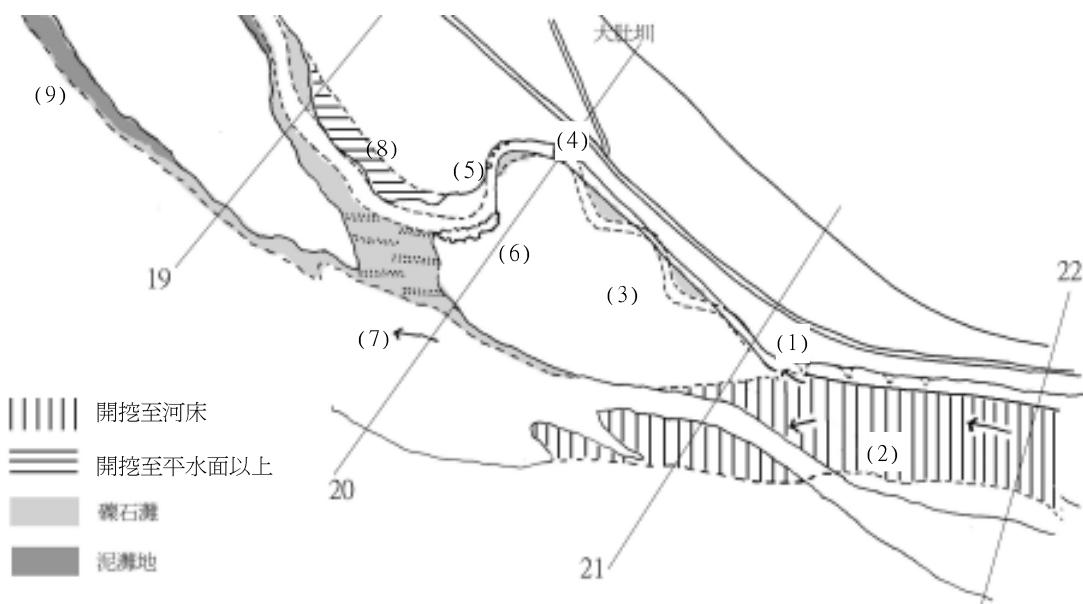


圖 4-23 斷面 19-22 河域縱向廊道恢復計畫圖( 實線為現況，虛線為計畫河道形態 )

1. 於舊有大肚圳取水口位置設置四座不透水性丁壩(形式準則如圖 4-24)，在計畫河道形態可能生成中型潭的位置以剛性點結構加以強化，利用洪水下挖之力量形成一連續深潭，避免取水口淤積以確保大肚圳取水量。此丁壩群既以維持深潭為目的，其高程應在 2 年頻率洪水位附近，丁壩頭部及側面斜率宜取陡，丁壩間隔不宜超過其長度的 4 倍。此外，第一座丁壩應最短，隨後之二，三，四座長度漸增，以使洪水能量能平均分配，在取水口處仍能維持一定之水深。
2. 開挖 21 斷面上游之右岸灘地，使主流形成良好的蜿蜒形態。開挖出來之河床材料應分級回收，如泥砂可作為步道，卵石可投回河道作為瀨的材料或在左岸現水流處填成新的灘地，大徑礫石可作為丁壩的結構材。

3. 改變高灘地上原呈直線型的大肚圳河道，增加蜿蜒度，以產生水流的變化。蜿蜒角度應為傾向穩定之 20-40 度，波長約 100m (實際尺寸需依圳流量資料而定)。河岸內彎側應整理為平緩灘地以幫助砂石分層堆積，減少取水中之含泥量。
4. 修改大肚圳回水現有直線形之跌水工為拱形跌水工 (形式準則如圖 4-25)，然而實際規模需有主流橫斷面及流速流量資料後方能決定)，以改善右岸淘刷情況，並使跌水工下游形成一階狀深潭，增加河道的變化，並形成使用者接近水域時的注目焦點。
5. 大肚圳回水 20 斷面下游右岸受強勁水流直擊，形成崖狀河岸，並有可能不斷侵蝕高灘地(該河岸後方規畫有步道)。本計畫在淘刷處設置矮式不透水性丁壩四座。這些丁壩的高程不超過平水位上方 0.5m，目的在於洪水時在河岸基腳前形成掃流砂淤積以防止岸壁因基腳淘刷而崩坍，然而洪水仍可及岸壁上部，故能防止植生繁茂，維持崖狀河岸的生態功能。當水質改善到一定程度時，矮式丁壩將是使用者容易親水的元素。這些丁壩長度不宜超過圳道寬度的四分之一，因位於彎道，丁壩間隔應為長度的 2 至 2.5 倍。同樣地，第一座丁壩規模應最小，以減少頭部淘刷之集中。(形式準則如圖 4-24)
6. 在大肚圳回水的下一受蝕岸處設置柳枝工保護邊坡沖刷 (形式準則如圖 4-26)，同時形成魚類棲息及棕沙燕築巢之掩蔽屏障。此工法和上述丁壩可形成一對比，以便於水質改善後生態調查比較各工法的效果。
7. 現獨立島和高灘地之間已呈現淤積處，設置樁式透水性丁壩以促進大肚圳回水和主流的分離，形成穩定性較高的礫石灘 (形式準則如圖 4-27)。透過性丁壩的作用為增加河床粗度，使得中小洪水時移動之掃流砂(細礫，卵石)甚至浮游砂(砂，泥質)能移動至此而淤積。樁可使用耐水的松木材，直徑約 15-20cm，樁間間隔約為直徑的五倍。二，三列樁為一組，各組間隔約 40m，以垂直洪水主流方向設置。設樁時可先以木工沉床為基礎，再回填礫石至平水位上方，以穩固樁基。
8. 開挖 19 斷面附近臨近河道之高灘地，以增加高灘地淹水頻率，

促進河道和灘地的橫向連結及灘地植被復育。新的台階地應位於平水位上方0.5-1m，以促使水中泥砂在中小型洪水時有淤積的空間。開挖起之礫石可就近於彎道內岸形成礫石灘地，以利於河畔一年生草本植物的育成。

9. 於感潮域之砂州邊緣種植蘆葦、紅辣蓼等植物促進泥灘地之形成，營造魚類、蟹類免受洪水及鹽分侵襲的環境。

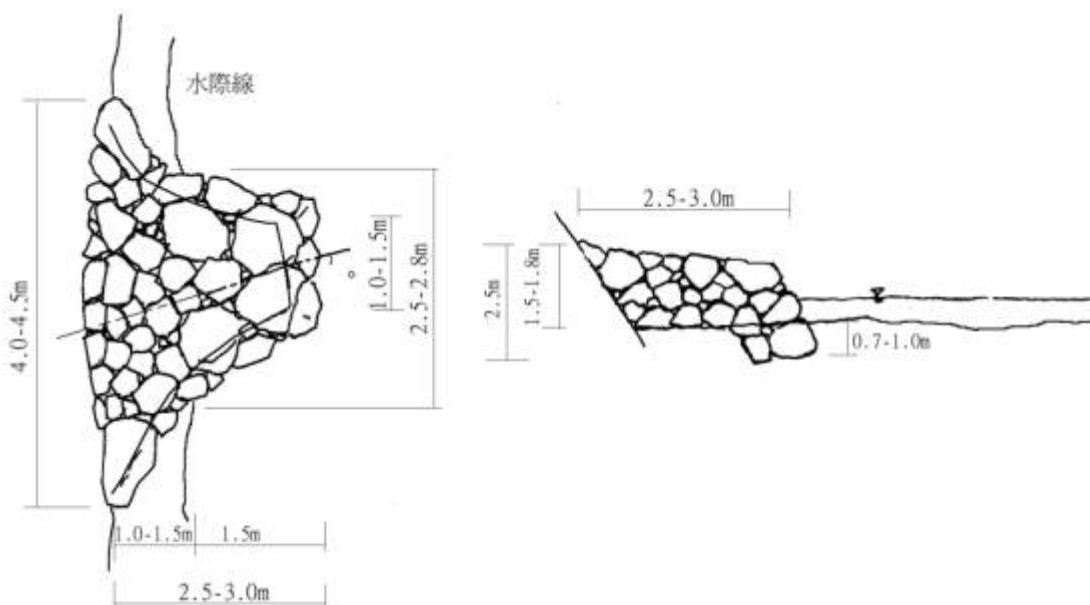


圖4-24 不透水性丁壩設置準則

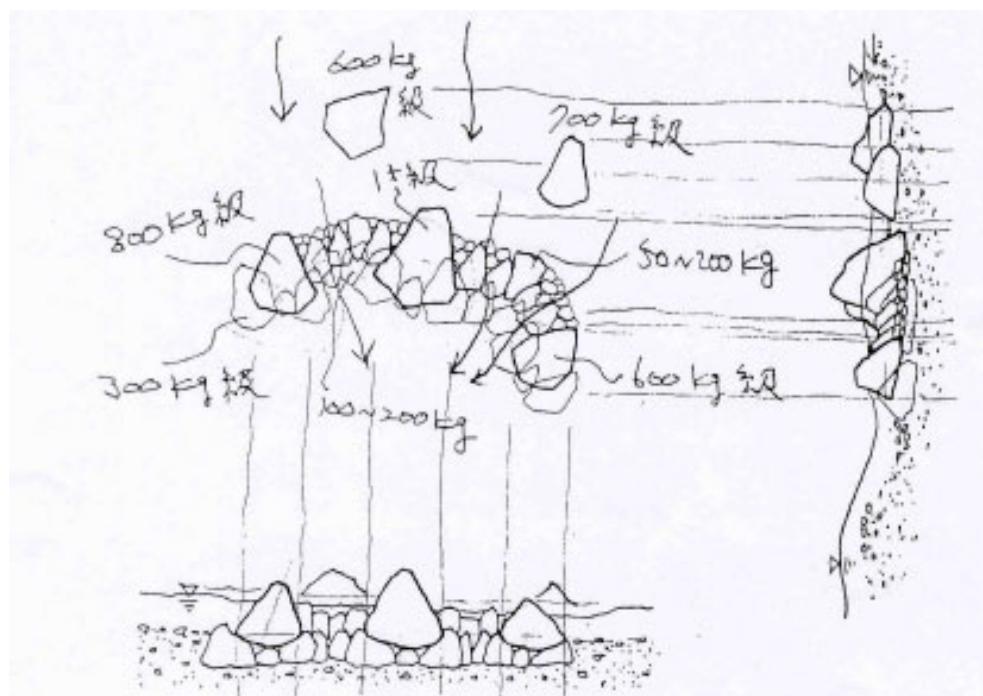


圖4-25 拱形跌水工設置準則

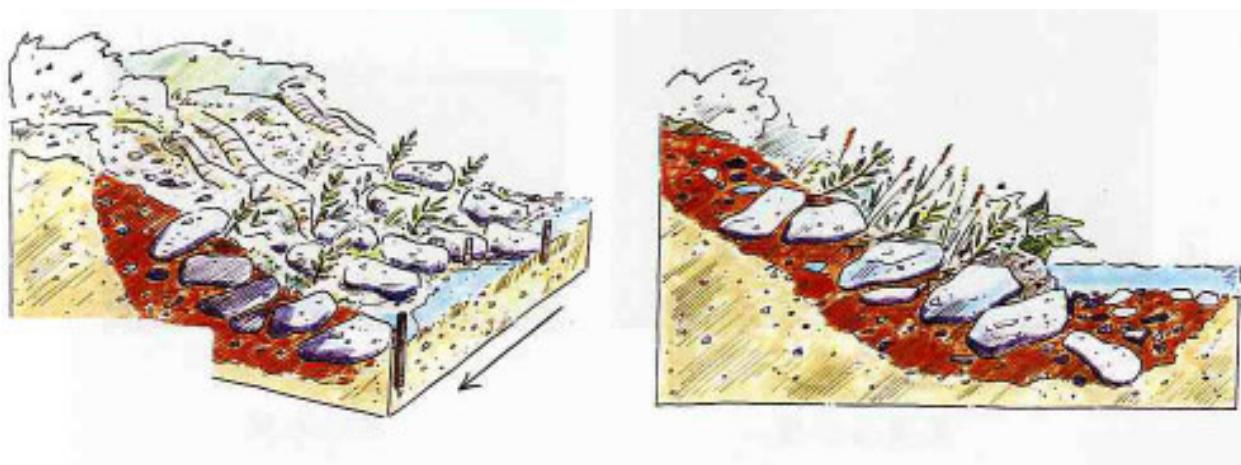


圖 4-26 柳枝工設置示意



圖 4-27 椿式透水丁壩設置示意(本圖河川主要河床材料為砂，和本案情況並不相同，但椿工配置和淤積形態則類似。)

### (三)大肚圳取水口上游(斷面 22~24)

本段指上述區域的上游到高速公路(中山高)橋的區域。河道形態似呈複列砂州，平時流心線可能依時間變動，但由於河道內工程的干擾，潭瀨形態不明顯。為了阻止河床連年下切，危及高速公路橋橋墩，並重建本段應展現的瀨環境，建議以“分散型跌水工”在橋下游河床上建造一系列的砌石連拱，以作為河道骨架。橋下用於保護橋墩的混凝土塊雖然局部達成其目的，卻造成流路混亂，形成不規則狀的砂州。在此需先做適度的浚深，以形成明確的主流線。在整地成約1:30的坡降後，自坡頂開始建一連串的小型砌石拱。橋墩的混凝土塊可挪用為主要砌石材料，其間隙再以河床現地的礫石穩固。(一旦瀨骨架形成，上游河床自然會逐漸堆積，橋墩可因此獲得保護。)各拱的配置方向應使水流朝河道中央略偏右岸，以集中能量維持下游丁壩處的潭。拱的結構和圖4-28類似，唯高度較一般跌水工低(頂部石塊僅略露出平時水面)。各拱下游形成小潭，平水時河床表面易佈細礫，為魚類游泳休息覓食之處。瀨的環境是由藻類開始的河川生態中最有生產力的場所，因此回復及維持瀨的動態平衡是提高河川生態學的連續性最基本的條件。

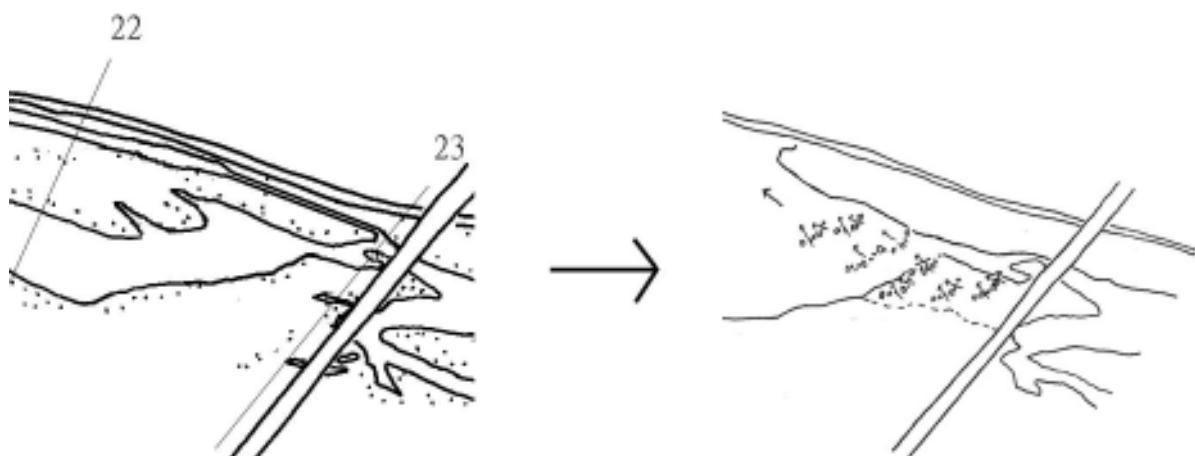


圖4-28 高速公路橋河域縱向廊道恢復計畫圖

#### (四)高速公路(中山高)橋到乙區之間(斷面 24~29)

由航照圖來判斷，砂洲型態沒有被人為的改變，此地應有形成自然的瀨、潭的可能性。因此維持現有的自然狀態是這個河段的主要目標。

## 第四節 棲地復育願景

棲地復育之追求目標乃將已遭破壞之棲地恢復原狀，然事實上並無可能，但吾人可營造近於自然之生存環境空間供水生生物利用，探討最適宜復育河段及研擬使用生態工法，以維護及復育當地的自然生態環境，並達剛柔並濟之功效。

河川工程之施作會破壞河川生態，居住於河岸邊民眾的不安全感卻經常與維護生態環境之訴求相抗衡。惟河川環境是公有財且為寶貴資源，屬全民所有，一旦遭受破壞後就難以再回復，故維護河川自然生態環境刻不容緩，保育工作亦需持之以恒。不僅政府應重視河川生態設計外，並期能擴大至全民參與，以共同維護河川環境。工程規劃設計上必須注重河川之自然景觀及河川生態環境等有關之需求，務使河域整體充分調和，且應以物種之觀點考量河川之生態復育與未來演替情況等，故河川生態復育不宜要求有立竿見影之功效，應以經營一長遠之河川生態環境心態面對，切忌僅以人本利益觀點處理，最終目標乃恢復河川天然的生命力。(王, 2004)

「生態工法(ecological working method)」，基本上是遵循自然法則，使自然與人類共存共榮，原先是指將河川中無可避免之工程施工方式儘量與水中或岸邊生物棲息之方式相符，俾能生生不息。但復育之精神為針對現有棲地型態經人工施作後使其各種組成、條件、功能、景觀等「完全恢復或維持原狀」，事實上不可能達成，基本上僅可做到模擬原有生物棲地生活形態兼具美化河川環境，且需「因地制宜」，蓋每條河川之基本條件如河性、地形條件、植生種類、水文特性、河床質、水質及河川本身之社會經濟與景觀需求等皆不盡相同。

在國外，通常被傳統工程方法修改為水泥渠道的河川才是復育改善的對象，但目前在台灣即令是把矛頭指向這些真正需改善的河道，要達到有意義的復育也還有一段長路要走！目前台灣如果真要談復育，許多設計、施工規範都應修訂，包括最基本者如對河道內植生、沙洲的規定。這些規範的修訂就算參考他國的研究成果，也需要以本地水文條件做模擬、計算等基本工作。國外現有生態工法的多元導入及台灣本土自然工法的開發、測試等，都會花些時間。而台灣這方面的研究水準無論

產、官、學均尚待提昇。

日本自1990年從德、瑞等國引進自然工法後歷經了非常大量的試誤學習（每年數千個自然造川的計畫）。在此之前，日本各地的河川水質都已相當程度獲得控制。儘管如此，由於缺乏專業間的溝通，早期的許多自然造川，在現在看來對自然生態都是破壞多於建設。美國利用自然工法進行河道復育的歷史也不長（頂多20年），至今許多事例也還顯示工程人員對河川的自然機制或棲地生態認識不足。另一方面，早在60、70年代美國各地指定了許多「荒野風景河川」以因應大量興起的自然休閒風潮。雖然部分事例指出遊憩活動造成的局部棲地破壞或與當地居民日常活動衝突，但一般說來，這些指正因能限制開發，使得許多河川的生態景觀得以保存，意義重大。

針對河道物理條件進行的復育工作有它的限制，本件「烏溪水岸整建及景觀改善計畫」所期望建構之生態園區棲地復育工作首先該解決的應是水質問題，在尚未解決廢水及污水情況下，復育工作仍有其瓶頸。水岸整頓，做潭瀨等等僅是在營造棲地，但和水質問題相比，實在顯得枝微末節。第二節中所提的三個課題，其中河道下切及受工程干擾，只要採砂及工程管制得當，其實都可靜待河川自己復原，真正的關鍵必須積極進行水質處理與淨化。日籍專家福留脩文也一再強調他所倡導的河道復育原則是在以上水質問題克服後方有效果。政府要做一件像樣的生態案，實在得先從污染管理面下手，否則是不會有實際效果的，且欲達實質成效仍需要生態調查來證明，否則它還是一個宣示意義大於實質意義的工程。這個案子的確機會難得，也是政府邁向河川生態復育工作的一大步。因為河川無論在水理、形態、生態等尚有許多人類不完全了解之潛在問題，故我們不能期待俟所有待解決問題均面面俱到後方進行此一使命，亦不可能要求一個並沒有很多經驗的規劃案得以完美無缺，但必須有面對問題勇於解決之決心。

當今「河川生態保育」之工作有學者專家暨民間團體不遺餘力地大聲疾呼，各級政府亦逐漸付諸行動。惟「生態」之大旗切忌無限上綱，蓋防洪之工作乃百年大計，吾人無法預言何河段不會發生洪災，故水利單位必須未雨綢繆，建造完善的防洪工程以維護人民生命財產的安全。政府亦應在河川治理時將相關必要的生態保育措施納入以維護河川棲地結構的多樣性，並結合不同專家集思廣益兼顧各項功能之配合，方是順

應潮流之舉。

在台灣期間所見發現河川盡被嚴重污染所困，美日等國已具備的先決條件在台灣還似乎很遙遠。現在在台灣要能找到好地點(便於做示範教育點)、好題材(可配合河川物理條件進行生態工法)、無污染的復育河段又想要有立竿見影之功效實在不容易，不過這些問題再嚴重也得一一面對。如果這樣就成為退卻理由，那麼台灣的河川生態復育將倍感遙遠。

福留脩文向以水制工法及砌石工法見長，本(93)年4月23~25日間應袁圓顧問公司之邀請來台指導「烏溪水岸整建及景觀改善計畫」，其間除針對該案剖析基本河川原理外，並對烏溪延伸至大度橋上游一帶提出權威的見解並提案如下，足以作為未來水利工程人員對烏溪河川治理上之參考。

# 對烏溪生態園區計畫之提案

加州柏克萊大學景觀暨環境規劃系 楊佳寧博士翻譯

首先我願對貴國在經濟發展及環境保護上所做的付出表達由衷的敬意。我等在日本所實施的近自然河川工法受到貴國產官學界多位專家學者，乃至於一般民眾的接納及熱烈探討，也在此表達十分的感激。

今年的四月二十三日至二十五日，我受貴國萇圓工程顧問公司之聘，來到台中的烏溪探勘大度橋周邊的河川環境問題。我的了解是目前此處在河川自然生態環境及人為土地使用上面臨著諸多的問題，規畫設計單位正循求解決這些問題的方案，以創造更高品質的生態環境。

其中大肚圳的水利，生態改善方案，我所研究的近自然河川工法已經由萇圓工程顧問公司所檢討採納。在此我想針對在現地勘察時我所關心，注意到的問題，由較寬廣的河段觀點提出烏溪環境的改善方案。我想將“生態園區甲區”至“生態園區乙區”的河道視為連貫之整體，就河川生態之特徵及課題分為三區來說明。

首先整體而言，應將現況受到人為干擾的河床環境儘可能回復到河川原有的河床形態。具體地說，即使主流心線的蜿蜒正常化，讓潭，瀨及砂州接近自然原本的形態。如此可使河床及河岸較現況更加安定，不僅改善生態環境，也增加防洪的安全度。以下即說明各區的特徵。

第一區為“甲區”至下游含烏溪主河道的流心線及砂州環境。這裡似為受潮汐影響區域的上限，河床及水邊灘地含泥量高，在水文地形上構成豐富的鹹水及淡水生態系。本區應將現況被人為干擾破壞的環境儘可能回復到自然狀況。

第二區為第一區上游端至高速公路橋的部分。本區的堤防計畫線呈S形的大彎道，然而由上游而來的泥砂量極大，造成流心線容易不時變動。此地維持大肚圳取水口的暢通及保護高速公路橋橋墩基礎成為最大的課題。我的提案乃採用維持自然河道動態平衡的工法來提高水利機能，同時讓現在被破壞的潭瀨形態復活。瀨為孕育藻類的主要場所，是河川生態系中生產力最高的地方，瀨的復活及維持乃提高河川生態學上之連續性的最基本條件。

第三區為自高速公路橋到“乙區”的區間。從航空照來看，本區所受的人為改變較輕微。流心線及砂州儘管時有變化，也是河川營力自然造成的結果，在此潭瀨有可能不經復育即能自然形成。如何維持這樣的自然狀態應是本區的課題。

以上就烏溪動態之河川生態復元為主題簡略提供了我個人的想法。這個主題是在日本也極為罕見的先進題材，在工法上也有開發新技術的可能性。最重要的是，如果烏溪能以這樣的手法做復育我相信至少可以找回若干烏溪原本接近自然的美麗景緻，當然該地傳統的農業文化景觀也將得以維持。

福留脩文 敬啓