

國際河川生態工程推展現況

李三畏[※]

摘要

近 50 多年來，地球上人口增加幾近 4 倍多，達約 63 億人，產業更是快速的發展，以致資源開發利用、能源的消耗量劇增，所排放之廢棄物（氣、水、固體物等），已使自然界無法負擔，超越其自組的能力；人類與自然界之間已失去平衡狀態，自然環境正逐漸惡化；氣候異常、溫室效應、地球暖化、兩極冰原融解，海平面緩慢上昇，臭氧層破洞日益擴大，野生物數量迅速減少等等，人類居住環境正在快速惡化，生存面臨威脅。自 19 世紀末期，Heackl 於 1866 年發展生態學，促使人類注意到人的生命與周圍環境相關之重要性。20 世紀中葉開始，以德國、瑞士為首的世界先進國家，開始以示範性的方式推展河川生態工程，迄今已有 30 多年的經驗。各國所採用的工程範圍涵蓋造林、淨化水質、野生物保護、維護環境及生態系保護等，工程方法之選擇採用因地制宜的方式，既有已開發之構造物，採用生態系復建或改善為原則；新建構造物則以生態環境維護為優先考慮。我國推展生態工程歷史較淺，係自 1997 年之後；歐、美、日等國家推展生態工程的經驗以及成果，頗具參考價值，亦可供我國今後生態工程研訂發展目標的參考，本文並附帶相片，以圖文並列方式呈現，俾增加讀者之印象實體感。

※ 行政院農業委員會技監（退休）、中華民國工程環境學會常務監事、中華民國溪流環境協會名譽理事長、中華水土保持學會名譽理事、中國文化大學兼任副教授

Brief Introduction to International Stream Ecological Engineering

Lee, San-Wei

Summary

The high population pressure and great consumption of national resource in past decades have caused to the deterioration of the global environment, such as global warming, green house effect, extinction of wildlife species as well as the ozone problem on the world. The environment and ecological conservation become an important issue in world wide. Stream ecology conservation is considered as one of the most important approach to protect, and/or restore the nature ecosystem and environment to maintaining sustainable human life. Some European countries, such as Switzerland, Germany and Austria, America, and Japan have had promotion of stream ecological engineering since the middle of 20 century, after the “Ecology” was innovated by Dr. Heackl in 1866. This paper describes briefly the ecological engineering of the above mentioned countries at the present stage, that include the principles and design, engineering measure and implementation approaches. The pictures taken in the field are also attached for references.

Keywords : ecological engineering, ecosystem, hot spot, landscape habitation, wildlife, stream ecology, spar dyke

※ Part-time Associate Professor, Chinese Culture University.
Honorary Chairman, Chinese Society of Stream Environment Protection.
Honorary Member, Board of Director, Chinese Soil and Water Conservation Society.

一、前言

近五十年來，地球上的人口劇增約三倍，達 63 億人口；各種產業迅速發展，使人類的生活日益方便舒適；經濟的收益提高很多。相反的，自然資源的消耗量也增加很多，地球的環境受到破壞的情況也日益顯著；地球氣候暖化，溫室效應，兩極冰帽的融解；臭氧層的破壞等等現象，已是舉世所矚目的事。

在二十世紀中葉，部分歐美國家開始逐步推展河川的生態工程；大家認為河川穿越陸地連結到海洋，是串連水域、陸域及海洋的重要生態廊道，河川的生態系扮演地球生態系的重要角色，因此應先重視河川的生態維護。日本及我國也分別在 1992 年及 1996 年代開始推動生態工法（程），我國自 921 震災之後，在行政院公共工程委員會強勢的輔導下，經濟部水利署及所轄單位，交通部及所轄單位，農委會及所轄單位，國防部及所轄單位均積極的推動生態工法（程）。各國在推動生態工法過程當中，都會遭遇到社會、經濟、文化、自然以及技術等等的問題。筆者在去（2005）年暑期赴奧地利、瑞士等國參觀其阿爾卑斯山的防災及生態工程；同時也在去（2005）年十一月三十日應日本 2005 年河川環境展覽會實行委員會之邀請，前往日本參加「追求美麗的河川環境」研討會，並發表「基調演講」（Keynote Speech），介紹「台灣河川水際域（Ecotone）自然生態環境的保育與復建」；研討會中亦有其他三位與談人及 200 多位參與者共同討論生態工程之推動狀況。本文係筆者將考察心得及研討會之重要內容介紹報導，或可供國內參考。

二、台灣河川生態系保育實況—河川生態工法（程）

（一）台灣的防洪、治山、治水工程，目前仍依國有林區、山坡地及平地河川等三段式治理。十多年來，在許多國家會議中屢次建議的流域統一管理之方式，仍未獲得實施，殊為可惜，以致於在推展生態工程方面，仍然分三個部分分別推動，難達整體性之一致目標。茲依目前的行政轄區，將河川概分為上游（林務局）、中游（水土保持局）、中下游平地及主要河川（水利署）及海岸地區（營建署）等，推動情況加以介紹。

1、中上游河川

中上游河川治理工法，依其當地地形、居民之意願及安全性，約可概略的區分為近自然型、親水式及景觀式等樣式。河川野溪治理，如在較深山、交通較不方便的地區，採用近自然型者較多，如圖一、圖二；另有親水型者，為配合鄰近地區居民之休閒及農村新風貌的建設，如圖三、圖四；傳統安全型者，以聚合村落附近及重要建設保護者，如圖五、圖六。這些工程無論是自然型、親水休閒型或傳統型者，均採用以石材為主要構造物材料，因此，常將鄰近河床/岸及堤內土地之石材挖除移用，破壞了原有河川之自然生態系，如圖七、圖八。

另一種為棲地復健型，塑造小深潭，小的湍流，如圖九、圖十；設置生

態池(圖十一)，及小深潭和小沙洲(圖十二)；提供水生物、魚類等休憩、覓食避難所。為維護保育類魚類櫻花鉤吻鮭的洄游廊道，已將七家灣溪支流高山溪以前建造的三座防砂壩打除，恢復原河道狀況，如圖十三及圖十四。

註：圖一～圖十四系作者攝。



圖一 基隆七堵護岸



圖二 三峽大豹溪潛壩

近自然型



圖三 台北市虎林坑



圖四 花蓮白鮑溪

親水式與休閒式



圖五 南投郡坑二廊整流工程



圖六 雲林古坑土石流溝

安全為重之設計



圖七



圖八

為取用石材挖光河床巨石剷平河床



圖九 小深潭-台北市虎林坑



圖十 淺灘湍流-三峽大豹溪

人工棲地的塑造



圖十一 宜蘭羅東



圖十二

生態池



圖十三 高山溪四號防砂壩拆除



圖十四 高山溪三號防砂壩拆除

打通洄游魚類通道

2、下游河川的生態工法

下游河川河幅漸寬，河床坡度漸緩，水流較上游為緩流，迂迴河段較多，其生態工程之主要目標為儘量維護河川現有之生態系(近自然型)，塑造復建水生物棲地，綠化現有之堤防護岸（綠化型）及現有河階台地景觀之塑造（景觀型），提供鄰近居民之活動空間，或建立污水淨化之場所等方法。近自然型的工程大部分以改善低水護岸為主軸，配合堤外土地之綠化為主；景觀型者大部份利用河階地，改善其景觀並加強其綠美化為主；綠化型者以加強全部堤防護岸之綠化為主。如圖十五～圖二十三，供為參考。



圖十五



圖十六

近自然型



圖十七



圖十八

綠化型



圖十九



圖二十



圖二十一

棲地復建型



圖二十二 橋東景觀公園前坡



圖二十三 水尾灣段鋪卵石步道

景觀休閒型

註：圖十五～圖二十三係由陳秋楊教授提供－謝謝！

（二）基本資料調查

主要河川沿岸生態環境基本資料調查，在經濟部水利署多年來積極推動基本調查，目前已完成卑南溪、花蓮溪、蘭陽溪、頭前溪、曾文溪、烏溪等六條主要河川之調查並建立資料庫，其他重要河川仍持續調查中。

（三）研究

各部會與相關學術單位多年的努力已初步完成下列主要研究，可供為生態工法規劃設計之參考：

- 1、中上游河川集水區生態工法手冊（水利署，2003）
- 2、野溪生態調查及棲地改善模式（水土保持局，2003）
- 3、生態工法規劃作業參考手冊（水土保持局，2003）
- 4、河川生態工法實務手冊（水利署，2002~2004）
- 5、河川廊道與棲地復建研究（水利署，2005）

其他如濱水植物等較細節之研究，水利署仍繼續辦理中。

（四）河川生態系保育復育現況問題探討

1、保育願景及方法介面不盡明確

國內推動生態工法之基本理念，係依照行政院釋義「生態為基礎，安全為考量...生物多樣性之永續發展」等，對執行工程師來講似乎太深奧，不易瞭解，也就不易推展。在工程方式來講也沒有明確分類，任由工程師及執行單位摸索前進，以致在工作進行上受到遲滯。

2、民間對生態工程之信心有待加強宣導

生態工程（法）之實施，在安全、用地及維護方面常需民間的配合；但民間方面，對於生態維護缺乏瞭解，工程安全問題的高度依賴心理，以及用地之提供（或徵收）之配合度相當低；生態工程之維護方面更是興趣缺缺。

3、工程介面未釐清執行上面臨困難的選擇

河川治理工程，經由數十年來的推行，各重要城鎮的河川均已設立其防洪工程；這些現有工程之處理原則，新建工程之處理原則，非工程方法之處理原則等等均未有明確之規範，如：瑞士蘇黎士河之防洪工程，經由當地市民代表及機關、學者專家之討論決定；在鄰近都會區建築物林立之區域，採用現有安全堤防，並加以綠化（圖五十二），護岸基礎拋石（圖五十）建立避難所及棲地，在堤防開設立小孔道（圖五十六）使兩爬類生物得以通行等方式。離城鎮遠建物少的地區，則採棲地復建的方法（圖五十八）（圖六十）以保護河川生態。也就是說各種不同的狀況，採用不同的方法。在這方面國內應該說清楚以利推行，避免現在僅以土、石、木的方法處理，把工地的土石採光，或用別處土石，破壞他處河川生態系在先的工作方式。

4、法令規章之配合度需要加強

公共工程之規劃施工維護等均需依照法令行事。生態工法（程）之推行與實施與歷來使用的混凝土工法不同；其所使用之較軟式的工法，可能需要更多工程用地；另若考慮配合工程施設之工地的生態與休憩發展生態與社區關係等，則需要相關法令之支持，國內在這方面的考慮較少，需要加強。日本為推動近自然河川工法，於 1995 年修改河川法，2003 年設立景觀法來配合，同時在環保計畫推行過程中也修改其內容，以配合河川近自然工法的推動，值得我們參考。

（五）河川特性與生態工程之充分瞭解

- 1、台灣島地形陡峻，河川源短流急，地震頻繁，豪雨颱風多，集水區泥沙生產量高。泥沙在河道之運移快速，河槽之變異性很高，河川生態系變化亦隨著河相快速的變化，充分掌握瞭解此狀況，才能建設合乎自然界潮流的工法。
- 2、台灣人口眾多，產業相當發達，土地資源開發利用普遍，城鎮社區的發展快速；隨著開發而來的土壤沖蝕、河道淤塞（圖二十四）、土石流以及城鎮所造成之河川水質污染（圖二十五）問題相當嚴重。水中生物之棲息生存環境已遭受到嚴重破壞，都市城鎮及工業區之污水管制，值得重視。



圖二十四 花蓮—光復鐵橋（作者攝）
河道淤砂情形



圖二十五 二行溪下游（作者攝）
河川水質污染相當嚴重

三、日本河川生態工程推行

日本在 1980 年代以後，國民意識對生活品質的要求逐漸提昇；在城鎮建設方面，國民對於豐富的自然、優美的景觀、歷史文化方面的關心度愈來愈大；對河川周邊環境，水與綠的重要開放空間，都寄以極大的期待。這種社會結構及社會心態的轉型及需求，在歐美先進國家也是相同遭遇；也許是當一個經濟社會發展到某一程度後的社會反映。

歐洲國家，以德國、瑞士為肇始國，開始從事創造人類生活空間與豐富的自然面相互調和種種嘗試，除了水邊空間之外，其他地區如：公園、山坡地等也陸續展開。日本也是世界經濟的先進國家，也需順著國際潮流前進，同時也可配合日本人民的期望。

日本在自然條件，如：氣象、地形、社會及歷史文化等條件均與歐洲先進國，瑞士、法國等不同，無法直接引進德瑞等國之方法；僅能將其基本的理念引入各種工程之規劃設計中推廣。今後，各種河川工程之規劃設計，除考慮生物棲地環境問題外，應依照「多自然河川創建實施要領」確實推行，復建具有良好生物棲息環境及優美的自然景觀的河川。同時，也要求各縣市政府將「技術要領」確實傳達各鄉鎮等基層單位，並特別關注其推動情況。同時為能快速推行多（近）自然河川工程，分別從「法令規章」、「相關活動」以及「自然保育相關活動之配合」等三個方面同時分別並進以達其目的。僅將其重要的活動及時序簡介如下：

（一）法令規章層面

- 1、自 1990 年建設省發布推行「創建多自然型河川」之後
- 2、1991 年開始著手河邊自然資訊之調查，瞭解河川岸邊自然生態之現況，並建立資料庫
- 3、1995 年河川審議會論證「今後河川環境處理方針」確立推行方向
- 4、1997 年修正「河川法」，以配合多自然河川創造與周邊環境改善工作之推展

- 5、1998 年第九次治水計畫，以恢復河川生命力為基礎政策
- 6、1999 年河川審議會論證應配合新的水循環及國土管理之綜合施政方針
- 7、2001 年納入環境影響評估法
- 8、2002 年通過自然再生推進法
- 9、2004 年通過景觀法

如此，在十五年內，為推動河川生態維護，一連串的政策法令之修改宣示、新法令（景觀法）之宣告等措施，均積極在持續進行。

（二）相關活動層面

- 1、1990 年開始在鄉村地區之河川推行「創建多自然型河川」的示範性工作。
- 2、1991 年開始從事各河川水岸地區之基本資訊之調查，並推展創造魚類容易洄游上溯的河川示範性工作。
- 3、1995 年開始整頓鄉村的河川，讓魚類回故鄉。學術方面，推動河川生態之學術性研究。
- 4、1998 年，河川法於 1997 年修改公布之後，河川治理之基本方針，自 1998 年開始便以建造具有自然活力的河川為基礎。
- 5、2001 年完成河川環境資訊圖，或河川水岸邊綜合資訊調查索引，提供工程規劃設計之參考依據。
- 6、2002 年自然再生推進法公布之後，成立自然共生研究中心，從事自然復建事業研究。

（三）環保活動之相互配合

「創建多自然型河川」的基本目標係維護或復建河川的自然生態系，使河川恢復其活力，在長遠的願景來看與環境保育是一致的，兩者若能合作，可達到事半功倍以上之效益，如單打獨行或相互抵制，則其效益可能不高或則是負面效益。故為提昇實施之功效，日本政府在推展「創建多自然型河川」之同時，也請環保單位配合多項環保計畫。1990 年以前以河川環境管理基本計畫為河川環境管理之依據；1990 年即開始以

- 1、集水區環境綜合整理示範計畫之推動。1990 年日本政府公布「創建多自然型河川」之政策宣示之後，日本環保部門立刻跟進，將以往「河川環境管理基本計畫」改為以集水區為單元的綜合整理之示範計畫，環境保育範圍也因此將陸域部份一併納入管理。

2、水環境改善緊急行動計畫等之推動。1991~1997 年間，環保單位推動河川水質改善、水庫水質保育，指定特別河川作為水質淨化之綜合性區，以及水與綠色網建立事業等，推動河川及水庫水質淨化計畫，以及河岸綠美化計畫。

3、第二期水環境改善緊急行動事業之推動，為使河川活化、自然化，河川淨化仍是重要工作之一；日本政府於第一期計畫結束後，1999 年開始推行二期計畫，以配合創造河川環境及使河川活化之目標。

（資料來源：塚原浩一，2005 年，多自然河川創建，河川環境展覽會演講資料。）

（四）創建多自然型河川之現況

日本近自然河川工程，基本的類型上可分為自然河道型、棲地營造型、景觀型、綜合型，或環境改造型等（李三畏，2000）。

1、自然型河川



圖二十六 廣島—宮原島(一)(作者攝) 圖二十七 廣島—宮原島(二)(作者攝)
仿自然溪溝防砂壩

2、棲地塑造型



圖二十八 長野縣—小武川（作者攝） 圖二十九 長良川（林信輝教授提供）
整流工程之溪床，用人工拋石塑造棲地 長良川之魚類避難地



圖三十 長良川（林信輝教授提供）
長良川水際邊植生



圖三十一 山果川（林信輝教授提供）
山果川河道植草



圖三十二 宮瀨川（林信輝教授提供）
宮瀨川上之生態池



圖三十三 那恩拿溪(林信輝教授提供)
那恩拿溪生態池

3、親水型



圖三十四 防砂壩上游設親水區
(作者攝)



圖三十五 整流工程親水化（作者攝）

4、洄游性魚類通路之創造



圖三十六 越美崇魚道（作者攝）
防砂壩設置魚道（一）



圖三十七 阪田魚道（作者攝）
防砂壩設置魚道（二）

5、河畔林之加強維護



圖三十八 長野縣伏牛坡跌水(作者攝)
(1895 年迄今)



圖三十九 九州地區（作者攝）

兩岸河畔林維護

6、生態維護休閒共同開發



圖四十 九州地區之共同開發（一）
（作者攝）



圖四十一 九州地區之共同開發（二）
（作者攝）

（五）規劃設計之參考原則

1、基本方針

（1）河川復建基本方針

A、尊重自然演進，少加人為干擾

B、居民財產損失採用：

- 危害者避災，遷移至安全地區
- 必要之工程設施，以符合當地生態系者為優先，大幅改變生態系者，如大型混凝土構造物等，應儘量避免。
- 居民協商防災方法：
 - （A）生態工法
 - （B）租地造林地收回造林
 - （C）區域性生態環境改善措施

（2）工程規劃原則

A、河岸為臨山之岩壁—不動

B、有河畔林保護的護岸—不動（崩了再說）

C、無侵蝕河岸（凸岸）—不動

D、凹岸侵蝕，無保護對象者—不動

E、堤後之濕地，洪水時，無河床侵蝕、河岸侵蝕之虞者—不動

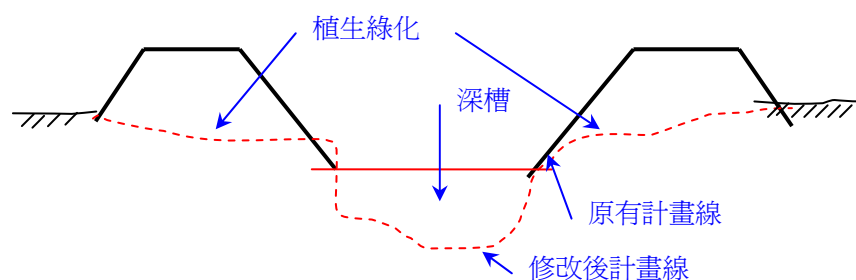
F、廣闊的高灘地，且無人利用者，其低水護岸可容許侵蝕者—不動

G、V型深谷，水流沖蝕力強，如兩岸尚可容許沖蝕者—不動

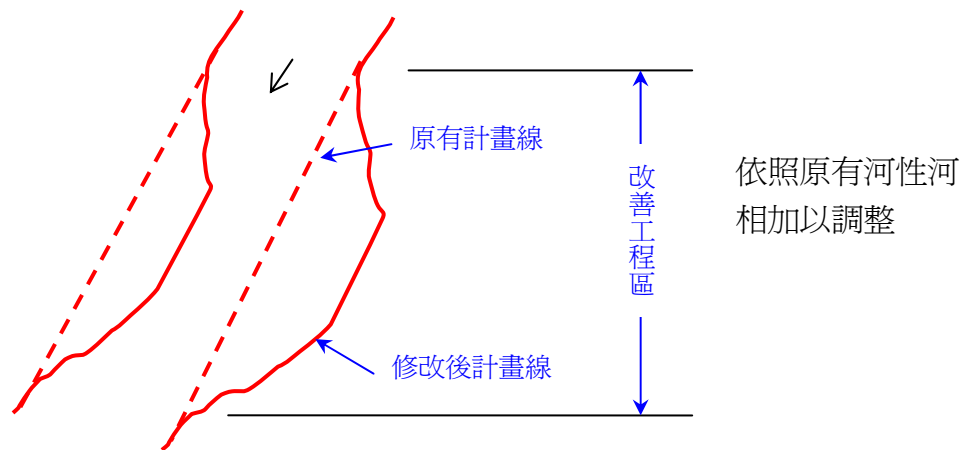
H、重要棲地（Bio top—hot top）—不要動

2、水際域（Ecotone）的改善技術（塚原，2005）

軟化線型依自然狀況加以改善。



圖四十二 低水護岸斷面改善



圖四十三 低水護岸改善區平面－嚴木川之改善例（1994 年）

3、河相空間之創造

以丁壩群創造河道內的灣道、深潭、沙洲及深淵，並以河岸林（保存）或新植、護岸之綠化來創造多自然型之河川。

4、河川上中下游整體治理

整體性治理，主要依各河川特性，維持河岸林的延續性，保護濕地（如蘆葦草地）、沙洲、深淵、灣潭及淺灘的完整性或加以復建，使河川恢復原有之整體河相。

5、以流域整體為對象恢復河川原有系統及功能

集水區為河川泥沙供應源、污染源及營養源。集水區內人為活動的變化會直接影響到前述營養源等的『量』的變化，進而會影響河相、水質及水中生物的變化。因此，若以創建多自然河川的基本理念，為維護自然性河川及其活力，集水區的不良活動如污水排入河川；及原有不良之措施、如濕地的圍墾、河道之截彎取直等不良措施應予改善，恢復原有濕地，恢復原有河川之蛇行等，以及管制集水區內污水之排入河川中等等，使河川能恢復其原有之活力。但這種計畫之實施需要較長時間，及較廣範圍的處理面。

（六）推廣問題之探討

- 1、從來偏重治水及土地利用之觀念，一時無法改變。
- 2、可利用標準斷面劃一斷面的設計方法較為簡易。
- 3、運用無前例可循的技術治河，較不容易。
- 4、為取用巨石，將周邊巨石移用，景觀無法調和。

- 5、未充分瞭解河流特性及水流流力，誤認沙洲與蛇形之重要性，並任意依目視情況建造低水位護岸，一遇洪水即被流失。
- 6、鑲嵌式施工，難達全面性效果。因空間與時間限制，只能考慮簡單的平直的工程，如防災工程。預算的編製方式（每年），難以達成整體性治理，僅能完成災區之復建工程，無法達到全面性目的。

（七）今後之發展

1、組成檢討委員會檢討以往之成果及問題

日本自 1990 年宣示推展「創造多自然型河川」以來已歷經 16 年，其間經產、官、學各方面之努力，已稍具成果，並已發現諸多問題，藉由檢討委員會檢討以往之成效，發現問題，並能提出新的方法。

2、建立指導制度

對於大規模二次災害防止工程，於受災後，儘早遣派專家對河川管理人員提供事業計畫研擬編製之指導。

3、健全技術方面之資料庫

建立多自然型河川創建之技術參考資料庫，搜集自然型河川之河相，如棲地瀨淵、濕地、洪氾區等資料之實例。

註：資料來源—2005 年河川環境展，專題報告。塚原浩一，國土交通省河川局，河川環境課。

四、歐洲河川之自然再生

瑞士與德國為歐洲生態工程的肇始者，最早開始實施生態工法，並利用丁壩等水利工程恢復/復建河川之各種特徵，如瀨、淵、湍流、沙洲、深潭等，其主要的原則是尊重自然，保護居民安全。現在生態工法的處理原則是適地適作，因此，在工法上、材料上都有不同的做法，僅以瑞士 Limada 河（Kanton 省）及 Thur 河治理為案例，說明其成果：

（一）基本理念

- 1、河川生態系之維護與復舊為生態環境保育之重要工作，必須要做，將成為今後全球各種工程發展之重要指標及趨勢。
- 2、生態工程以謀求居民安全及生態維護與復舊並重為原則，並需考慮當地居民之意願，居民之參與才能有良好之成果。
- 3、生態工程之推行，宜適地適作，並考慮鄰近地區居民之意願，選擇不同的方式及工法，分年分期實施，才能推動。

（二）瑞士廣東（Kanton）省 Limada 河生態工程推行實例

Limada 河源自蘇黎世湖，流經蘇黎世市區，經由部分農業區流入萊茵河。

- 1、Limada 河流經蘇黎世市區河段之改建，先由政府（省、市）保育團體、遊艇團體、民意代表及當地居民代表所組成之研究小組討論後，決定採用生態公園之方式改建提供居民休閒之地，兼顧生態復建之功能。堤防護岸將原有之混凝土護坡，改為砌大塊石護坡，植生，並設置小型兩爬類動物可通行之廊道。兩岸平台地種植草木，設立一小型動物園。
- 2、Limada 河，蘇黎世市區下游 20 公里處，經過與 1、相同之研究小組決定復建為自然河道區，並劃為保護區，禁止各種人為之干擾。此一河道，係利用經截彎取直後的舊河道，利用小丁壩，製造小深潭、淺灘，以及舊河道引入溪水製造人工濕地。目前狀況水鳥、魚類、猛禽類均有出現之紀錄；魚類及水鳥類到處可見到，棲地復育之功效良好。
- 3、Thur 河段自然河道之改善，河川生態系之復建，Thur 河段在二十多年前整治，為爭取河川兩岸土地之利用（牧草園），採用直線型河道，護岸以 RC 護岸為主以利排洪。近年來為復建河川生態系，在局部河段以擴大河槽斷面，配合小型丁壩及河岸植生（河畔林）之建立，恢復河川之型態，有沙洲、湍流、分流蜿蜒河段，丁壩附近有淺灘及小急流深潭區。目前已有蜻蜓、鳥類及魚類回到本河段棲息，棲地及濕地復育之情況尚稱良好。（照片）
- 4、河岸兩側不重要地區（牧草地）容許淹水之觀念。在山區河道兩岸常因山洪暴漲，而引起兩岸淹水情形，因擴建工程用地取得困難，且護岸工程擴建後會引發山坡之崩塌等地區，若無直接性之災害，不加處理，可容許短期（一、二天）之淹水，以維現有生態系。

（三）恢復河川原有河相（Thur 塞爾河）

Thur 河之整治，早期為求獲得河槽兩岸之土地供為畜牧用地，將蜿蜒的河道取直，建造成平直的河道（長約 3~5km）。1990 年代末期為復建 Thur 河的河相，利用短的丁壩群塑造沙洲、淺灘、瀨、灣、潭等；在 2005 年 9 月間，現場勘查結果相當成功。同時營造右岸的河畔林，亦相當成功，許多長期消失的鳥類又回來了！

（四）多瑙河維也納下游洪水平原復建原則（中村）

- 1、恢復（建）河川與河畔林之連續性
- 2、增加淹水頻率，由原來之每年 8 日，增加為每年 200 日之濕地，以恢復濕地之功能。
- 3、推廣兼具防洪功能的洪水平原或濕地。

（五）河川水質管理之加強（中村）

丹麥斯基安河之生態維護工程，以水質管理著手，以改善水質來解決生態破壞問題。在自然復建計畫中，設定某一定目標的水質改善。在斯基安河所設定的目標以削減硝酸鹽及磷酸鹽兩項

1、硝酸鹽削減 6%

2、磷酸鹽削減 12%

（六）歐洲河川自然化復建之策略（中村）

1、洪氾對策與環境維護對策一體考慮

2、歐盟積極推動、關注及影響「以環境立國之目標」，對環境保育事業提供補助；設定 2015 年為「良好狀態」的目標年。推動以區域政策為主軸的國家間之環保合作計畫。

3、歐盟提供農業生產過剩半額之補助。

（七）重要經驗法則

1、生態工程之推行，必須結合當地居民共同努力推行才能達到目標。當地居民之參與，必須創造利機或商機，使居民能自動樂意參與並維護。如奧地利 Tirol 省畢利水庫集水區之土地經營方式，可供參考。

2、生態工程推行之基本原則，宜採用安全與生態維護並重為原則，並需獲得當地居民的共識及支持。工程之推動，宜採分類、分段及分期實施較果較佳，較易落實。新建工程則應以生態工程為基本考量。

3、森林帶為維護生態系及防減災的重要措施，目前阿爾卑斯山麓所採用之最基本的生態保護及防減災的方法，效果亦佳值得參考。

4、以下所列照片係屬奧地利、瑞士、德國及義大利之工程照片，也可供參考。



圖四十四 奧地利（作者攝）
護岸基腳拋石小丁壩造成沙堆



圖四十五 奧地利（作者攝）
整流工程拋石綠化



圖四十六 奧地利薩爾土堡山區（作者攝）

道路拋石植生護坡



圖四十七 奧地利薩爾土堡山區（作者攝）

自然型拋石護岸



圖四十八 奧地利薩爾土堡山區（作者攝）

自然型拋石植生護岸



圖四十九 奧地利薩爾土堡山區（作者攝）

自然型拋石護岸



圖五十 奧地利（作者攝）
拋石護岸



圖五十一 奧地利（作者攝）
河畔林及瀨之塑造



圖五十二 奧地利山溝治理工程（作者攝）
拋石護岸河岸林



圖五十三 奧地利薩爾斯堡（作者攝）
岩河護岸拋石綠化



圖五十四 蘇黎世 Limada 河(瑞士)(作者攝)
開發區護岸拋石



圖五十五 蘇黎世 Limada 河（作者攝）
近市區堤防製造兩生類生物通道



圖五十六 Limada 河（作者攝）
護岸設立小型兩生類通道



圖五十七 Limada 河（作者攝）
舊灣河道復建為棲地



圖五十八 Limada 河（作者攝）
丁壩拋石溢流型



圖五十九 Limada 河（作者攝）
右側為截彎取直之新河道



圖六十 天鵝悠遊河道（作者攝）



圖六十一 回來鳥類物種（作者攝）

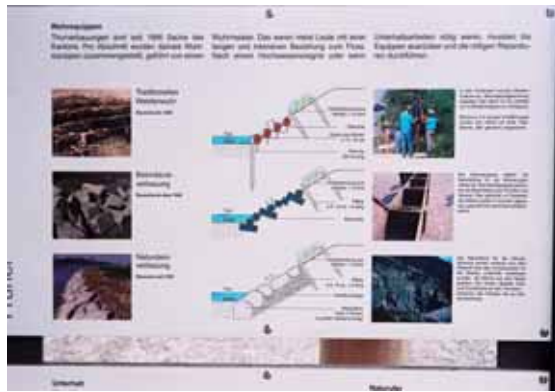
Limada 河
復建棲地成效良好，許多鳥類已經又回來



圖六十二 瑞士 Thur 河筆直的河道（作者攝）



圖六十三 利用小丁壩改善河相（作者攝）



圖六十四 參考設計斷面圖（作者攝）



圖六十五 小丁壩造成之小水潭及湍流
（作者攝）



圖六十六 連續小丁壩群，用來改變平直
河道（作者攝）

河相改善彎道潭（一）



湍、瀨、彎潭（二）（作者攝）



沙洲、湍流、瀨已形成（三）（作者攝）



德國堤防之綠化（作者攝）



義大利之木製洩槽（已損毀）（作者攝）



義大利之土石流導流堤（作者攝）



義大利土石流沉積池（作者攝）



美國堤防之綠美化（作者攝）

五、美國

美國之河川生態系之保護，分為二大類，一為未開發或建設地之生態系維護，另一種為對已開發生態系，遭受破壞之復建（育）工作。復育工作再分成三個等級，第一類係指特有種生物生存繁衍的河川，如七家灣溪與櫻花鉤吻鮭；第二等級是眾多物種繁衍之河川；第三級指以景觀與美觀為主的觀點來促進生態系之恢復及維護。第一類型者可以 Niborara 河為例，為維護 Whooping Cranes 而推行研究復育，第二類型者以佛羅里達州之 Kissimmee 河為成功之例；第三類型則以設計一安定與美觀的河川，此一類型之作法難以達到生態的標準，有超過一半以上的

河川復育是屬於本類型的，即所謂的 e 川生態復育(沈學汶，1998)。依據 Bernhard et al 2005 年資料，美國河川自然復建數量達 37,000 件(中村，2005)，並已建立資料庫(NRRSS)。

六、澳洲

澳洲的生態工程係為解決有毒藍藻之污染問題。1990 年代前半，澳洲河川因過度引用(取水)水量，河川流量減少，衍生有毒的藍藻，影響河川生態系。其河川生態系復建工作，係積極推動「流量復元」之工作，現已成為環境流量(Environmental Flow)之先進國家(中村，2005)。

七、結語

河川生態工程為維護生態環境安全的重要工作，現已為世界各國所重視，且亦是今後各種工程發展的目標與願景。綜觀世界先進國家所推行之生態工程，範圍相當廣泛，淨化空氣、改善景觀之造林植草，淨化水質的濕地，保護野生動物棲地、食物源、廊道及物種等都屬此範疇；並不是國內所推行的打樁編柵、植草綠化而已；而在工法選擇的原則上，採用因地制宜的彈性原則，該安全就安全，該生態就生態，較合乎實情容易推行，如瑞士蘇黎世 Limada 河之生態復建，即採用此原則；在市區內之河段考慮安全性，但需復建兩爬類之廊道，在鄉村區則以生態為重，並設立保護區。河川生態工程，其與鄰近地區居民關係相當密切，民眾的參與提供意見會直接影響工程之可行性、安全性及維護性。台灣的自然環境較其他國家的環境變異性高，自然生態系的敏感性也高，生態系的維護其困難度會相對的提高；再者台灣人口密度高，資源開發利用壓力大，要保護自然生態要比其他的國家費力，但總希望在政府及民間共同努力來保護我們的生態環境，為我們的子孫留下生存的空間，也為自己積積陰德。

誌謝

本報告中承國立中興大學林信輝教授，東南技術學院陳秋楊教授提供部份照片，謹此申誌感謝之意。

參考資料

- 1、李三畏(2000) 水利工程與自然保育，八十九年度水利工程人員生態保育研習班手冊，行政院農委會特有生物研究保育中心，P10。
- 2、沈學汶(1998) 河川保育目標、指標與程序，水資源保育生態工程推廣研討會論文集，中華民國工程環境學會，P10~11。
- 3、李三畏(2005) 日本河川環境展研討會演講資料，P1~15。
- 4、中村圭吾(2005) 日本河川環境展研討會演講資料。
- 5、塚原浩一(2005) 日本河川環境展研討會演講資料。