

國道 6 號愛蘭交流道生態池棲地調查評估

葉姿莉⁽¹⁾ 林信輝⁽²⁾

摘 要

本研究以國道 6 號愛蘭交流道水池棲地為例，結合水域環境改善、植生群落建構及環境友善設施等，使其豐富生物多樣性棲地空間，落實生態工程理念。經調查彙整基地內魚類共 4 目 10 科 18 種、爬蟲類 2 目 8 科 20 種、兩棲類 1 目 5 科 16 種及鳥類 9 目 27 科 60 種，並利用魚類調查資料以生物整合指數(IBM)做為水域環境品質指標，計算結果介於 38~52 之間，屬性為尚可至良好等級。顯示生態池具水質淨化及生態保育雙重功能，具回饋補償功能。

(**關鍵詞**：生態池、生態工程、生物整合指標)

Ecological Habitat Benefit Analysis on the Eco-Pond of Ailan Interchange in No.6 Freeway

Tzu-Li Yeh⁽¹⁾ *Shin-Hwei Lin*⁽²⁾

Graduate Student⁽¹⁾ and Professor⁽²⁾, Department of Soil and Water Conservation, National Chung-Hsing University, Taiwan.

ABSTRACT

In this study, the pool habitat at the Ailan Interchange of No.6 Freeway was included for analysis. The combining effects of water environment, local vegetation groups, friendly facilities, and the compensation plans were discussed in this study. The results had shown the positive impacts on the local biological diversity with the freeway facilities, demonstrating the successful implementation of ecological engineering in designs. The survey compiled fishes of 4 orders, 10 families and 18 species, the reptiles of 2 orders, 8 families and 20 species, the amphibians of one order, 5 families and 16

(1)國立中興大學水土保持學系碩專班研究生(通訊作者 e-mail：flowers@freeway.gov.tw)

(2)國立中興大學水土保持學系教授

species, and birds of 9 orders, 27 families and 60 species. The Index of Biotic Integrity (IBI) was applied with the fish species survey data to determine the environmental water quality. The IBI had results between 38 to 52, indicating a fair to good grades for the water environment. The assessment results had shown that the ecological pond provided the functions of water purification and ecological conservation, and was an intact ecological habitats.

(**Keywords** : Ecological Pond, Ecotechnology, Index of Biotic Integrity)

前言

國內近年來積極推動生態保育理念，生態池在各地如雨後春筍般不斷冒出，在公園、景觀庭園、學校機關及寺廟等並不陌生。由於水域環境是動植物最豐富的地方，結合各類水生、喬、灌木植物，以生態、休憩、觀光或教育等目的單一或複合性功能設置，是非常受歡迎的公共設施之一。設置生態池就是生態保育的作為，應視水池友善設施、植栽、魚類是否適生，以及生態系統等要項而定。以生態工程（Ecotechnology）意義係指「基於對生態系統的深切認知，為落實生物多樣性保育及永續發展，採取以生態為基礎、安全為導向，減少對生態系統造成傷害的永續系統工程」。設置生態池應以全生命週期永續經營理念，若無考量基地條件適宜性、植物適生性等，則可能造成日後經營及維管上的困難，尤其是水生植物影響最甚，除影響設施功能外，衍生國家人力成本的浪費，更重要的是造成生態系統傷害。

本研究以國道 6 號愛蘭交流道棲地性水池為例，該設施不僅融入周邊茭白筍所形成的溼地生態系，其水路來自供茭白筍田灌排，亦成為休耕時期野生生物暫時庇護所；另設生態廊道、生態島、生態逃生梯道、鳥踏及天然疊水曝氣功能等友善設施，分別以

生物豐富度(Species Richness, R)、總豐富度指數(Margalef's index)、歧異度指數(Shannon Index of Diversity, Dsh)、均勻度指數

(Evenness index)，以及魚類生物整合指標(Index of Biotic Integrity, IBI)等項目，進行水質及生物多樣性效益評析，以印證國道設施兼具棲地保育雙重功能，落實生態工程理念。



圖 1 國道 6 號愛蘭生態池

Figure 1 Freeway-6 Ailan ecological pond

材料與方法

一、研究樣區

1. 地理位置

本研究範圍國道 6 號愛蘭交流道，位屬群山環繞的南投縣埔里鎮(埔里盆地西緣)，介於眉溪下游與南港溪間，海拔高度約 400

公尺，出口匝道接省道台 14 線，係通往日月潭及埔里市區重要道路，周邊環境以茭白筍田濕地為主，見圖 2。



圖 2 國道 6 號愛蘭交流道
Figure 2 Freeway-6 Ailan interchange

2. 棲地生態保育空間配置

愛蘭交流道開發總面積約 90,400m²，開發前茭白筍農地佔該區域達百分之 90 以上，將原經交流道區域內之灌排渠道擴大並分段成 A、B 兩池，施作生態池，濕地補償面積約 8,800m²，佔開發面積百分之 9.7、綠帶回饋面積約 54,600m²，佔開發面積百分之 60.4，見圖 3。

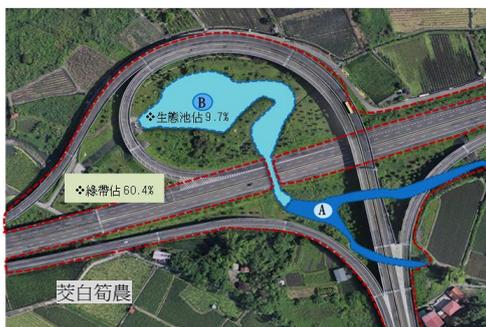
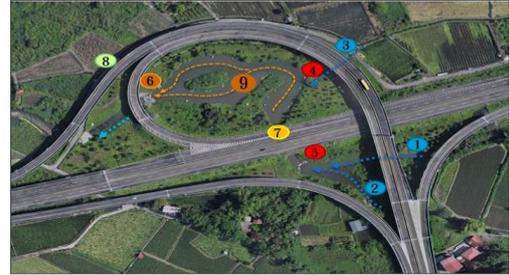


圖 3 國 6 愛蘭交流道平面圖
Figure 3 Freeway-6 Ailan ramp layout

生態池水源係由 3 條茭白筍田灌溉溝渠

匯入。2 處入水口、1 處出水口，並設有生態廊道(1 處)、生物逃生梯道(8 處)、生態島(1 處)及跌水等友善設施，見圖 4。



1	2	3	4	5
灌溉溝渠	灌溉溝渠	灌溉溝渠	入水口	入水口(跌水)
6	7	8	9	--
入水口(跌水)	生態廊道	生物逃生梯道	生態島	

圖 4 友善設施配置圖
Figure 4 Friendly installation deployment layout

(1). 水陸交會處

池岸採自然池緣(草坡)，底層以天然黏土鋪築 30~60cm 厚(黏土層之黏土含量 >40%)，黏土層上再被覆 30cm 厚沃土，平均水深 60~90cm，見圖 5。

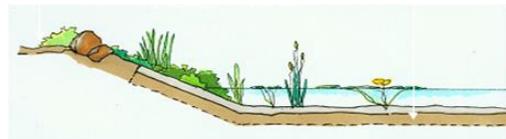


圖 5 生態池池岸剖面圖
Figure 5. Ecological pond side a section layout

(2). 生態廊道

工程開發易改變當地地形、地貌，亦可能使得生物棲地破碎化，以環境補償角度，於高速公路主線以施作箱涵提供地方居民穿越概念，設置 1 處生態廊道，其廊道東、西側生態池分別為 A 池及 B 池，係提供鳥

類、昆蟲、爬蟲類、小型哺乳類等隱蔽、步行、穿越及休憩處所等功能；更可減低生物因穿越高速公路時道路致死發生率，現場照片見圖 6。



圖 6 生態廊道
Figure 6 Ecological corridor

(3). 生態逃生梯道

於排水溝內側增加從溝底到路面的斜坡式逃生坡道，每間隔 20~30 公尺設置 1 處，坡道為粗糙面，提供溝渠內或掉入水溝的野生動物等，能爬出或脫逃功能。



圖 7 生態逃生梯道
Figure 7 Ecological emergency ladder

(4). 生態島

於 B 池生態池中央設置 1 處生態島，面積約 600m²，佔 B 池 9%，具鳥類、昆蟲、爬蟲類、小型哺乳類等隱蔽、棲息和繁衍空間等功能。



圖 8 生態島
Figure 8 Ecological island

(5). 渠道棲地改善

以尊重自然環境改善渠道棲地理念規設，其水源灌排原寬 3~5m，於入水口處河道擴寬至 10~12m、池中心約 30m，以減緩溝渠水流流速及動能，使水中懸浮物沉澱。另於入、出水口，以卵石疊砌方式作為跌水曝氣設施，增加含水中含氧量，見圖 9。



圖 9 跌水設施

Figure 9 Cobbles drop installation

二、調查方法

1. 調查方法

(1)魚類：開發前階段調查係於眉溪河段測站以手拋網方式，每小時拋網 10 次單種方式調查。分別以捕捉 1 尾以下、2-5 尾、5 尾以上區分調查結果；另以訪查作為資料的補充；完工後維管階段調查係於交流道生態池測站，以定置蝦籠及手拋網 2 種方式調查，定置蝦籠分別放置生態池 A、B 池每池 2 個共 4 個，手拋網調查係以 3 分 14 呎手拋網在生態池拋網 10 次，每次間隔 10 分鐘或是 10 公尺距離，以免產生取樣誤差。

(2)爬蟲類：開發前階段係以步行方式調查，調查時以 10×35 倍雙筒望遠鏡及 25×50 高倍率單筒望遠鏡實地目視及聲音辨識；完工後維管階段係以沿線和陷阱調查兩種方式，於生態池全區範圍，記錄沿途目擊或聽見的爬蟲類。在可能潛藏爬蟲類的微環境，如積水處、石塊、落葉堆、倒木、石縫、排水孔等，輔以翻尋或燈光照射方式找尋棲息個體。濱溪爬蟲類則在水域內設置內有泥鰍與保麗龍的蝦籠共 5 個，進行水蛇類誘捕。陷阱於天黑前佈設完畢，隔日檢查籠中捕獲物，每次設置 3 天。調查分成白天及夜間等兩時段，白天為早上 8 點之後開始調查，夜間則為太陽下山後一小時開始調查。

(3)兩棲類(蛙類)：開發前階段同爬蟲類調查方式，並以目睹及鳴叫聲為主估算；完工後維護階段採沿線調查方式。於棲息的石塊、落葉堆、樹叢及排水孔等，翻尋或燈光照射找尋棲息個體，經目擊或聆聽等加以記錄。

(4)鳥類：開發前階段同爬蟲類調查方式，另使用車輛慢速移動方式混合進行；完工後維管階段選擇清晨時或是黃昏鳥類活動高峰階段進場調查，由於調查範圍不大，以沿著生態池周邊步行，記錄目擊或聽見的鳥種。調查依鳥類活動高峰區分成白天及夜間兩時段，白天為 05:00~08:00 與 14:30~17:30(可配合季節稍作調整)，夜間則為天黑後一小時開始調查，時間約 19:00~21:00。調查除攜帶 Nikon8*30 望遠鏡輔助確認紀錄。

2. 調查期間

開發前調查：於 1996 年 7 月及 10 月；完工後調查：2010 至 2013 年 6-11 月。每月調查 1 次，每次 2 天 1 夜，共累計 4 個年度資料。

三、分析方法

1. 水質分析方法

生態池水源來自眉溪經鄰近茭白筍灌排，其水質除茭白筍田施加肥料及農藥等影響，另上游居民的家庭廢水，都是主要水質影響因子。以魚類生態調查結果利用生物整合指數(Index of Biotic Integrity, IBI)，達到反應水質狀況，求得生態池效益。其 Karr(1981) 魚類生物整合指標 (IBI) 修正 20 餘年，在國內外進行評估均能獲致滿意成果，由於魚類體型多數易於辨識，操作上簡便，適用許多水質(water quality)且呈現成果及敏感度優於其他生態調查的方法。IBI 主要包括 12 項分數，利用收集的資料，以其魚類種類豐度與組成(species richness and composition)、魚類營養階層組成(trophic composition)及魚類數量與狀況(fish abundance and condition

individuals)等三類進行細項評估，各細項共 3 等級，分別給予最佳 5 分、中等 3 分及最差 1 分。最後採 Laing and Menzel(1997)，將評值分成 6 個等級，包含 excellent(58-60),good(48-52),fair(40-44),poor(28-34),very poor(12-22),no fish 等最後將各細項加總，IBI 總分數以 12 分最低，屬不良生物完整性；60 分最高，總分數愈高則代表溪流環境品質愈佳。

2. 生態物種分析方法：

利用生物種豐富度(Species Richness, R)、種歧異度(Species Divhness Index)及均勻度(Evenness Index)分析各物種族群在生態池穩定程度效益。

(1)自然度(Indigenous Species, I)

$$I=(S-F)/S$$

S=調查樣區該物種總共出現種類。

F=調查樣區該物種外來種類數。

(2)種豐富度(Species Richness, R)：

$$R=S/N$$

S=調查樣區該物種總共出現種類。

N=調查樣區該物種總共出現個體數。

(3)豐富度指數(Margalef's index, D)：

$$D=(S-1)/\ln n$$

D=豐富度指數。

S=調查樣區總共出現種類。

N=調查樣區總共出現個體數。

(4)Shannon 種歧異度指數(Shannon Index of Diversity, Dsh)：

$$Dsh=-\sum(n_i/N)\times\log(n_i/N)$$

n_i =第 i 種物種個體數。

N=調查樣區所有種類個體數和。

(5)均勻度(Evenness index, E)：

$$E=H/\log S$$

S=Shannon 種歧異度指數。

結果與討論

1. 水質分析結果

水質分析原採 RPI 指數僅 4 個級距差異較大，又因歷年所蒐集資料不夠完整，採 Laing and Mensel (1997)以魚類生態調查結果利用生物整合指數 (IBI) 評估，其評值為 6 個級距。其分析結果見表 1。

2. 生態物種分析結果

經分析水域棲地對鳥類生態效益最為顯著(D 值 6.32、Dsh 值 1.3568)，分別成長 142.1%及 37.5%，物種達 60 種；其次為魚類，D 值 2.15、Dsh 值 0.9747，成長 54.0%及 36.2%；蛙類生態物種佔全台 31 種 50%以上)；保育物種調查魚類 1 種、爬蟲類 2 種及鳥類 3 種，見表 2。

(1)魚類：台灣副細鯽(Pararasbora moltrechti) 鯉形目鯉科(保育等級 II)，又稱台灣白魚。1908 年 Regan 將採自於本省日月潭的標本，以描述外部特徵為命名。白魚是本省鯉科副細鯽屬唯一的一種，分布於烏溪上游之南、北港流域及日月潭，但無正式調查紀錄，經過幾十年來環境變遷至文獻的資料不多。行政院農業委員會特有生物保育中心調查人員於 1995 年曾於埔里附近小溪採獲 7 隻，陸續追蹤調查，直到 1998 年間偶然於該水域附近的茭白筍田以蝦籠採獲約 300 隻。產多集中在南投埔里一帶的小溪、茭白筍田及池塘中，屬於罕見魚類，目前南、北

港溪及日月潭水域似已絕跡，並於2009年4月1日公告將台灣白魚列為瀕臨絕種保育類野生動物。在 2010-2013 年間於愛蘭生態池所調查結果，雖只於 2010 年 6 月在 B 池曾捕獲 1 隻台灣白魚，其餘尚未發現，但因歷

年調查皆 6-11 月，茭白筍田的休耕期每年 10 月至翌年 3 月，此期間茭白筍的灌溉水皆會順灌排流放，研判生態池棲地提供農耕或休廢耕時期生物暫時庇護所。

表 1 魚種類豐多度與組成評分結果表(1996,2010~2013)

Table 1 The fish species richness and composition (1996,2010~2013)

評估項目(item)	1996 年		2010 年		2011 年		2012 年		2013 年		
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	
一、種類豐多度與組成											
1 原生魚種數	3	--	3	3	3	5	3	3	3	3	
2 底棲地魚種數	1	--	2	3	4	5	4	4	4	5	
3 棲息水層中魚種數	5	--	5	5	5	5	5	5	5	5	
4 長生命週期魚種數	5	--	3	5	5	5	4	5	4	3	
5 低耐性魚種數	3	--	3	3	4	5	4	5	3	3	
6 高容忍性魚類個體的百分比	5	--	5	5	5	5	5	5	5	5	
二、魚類營養階層											
7 雜食性魚種個體的百分比	5	--	5	5	5	5	5	5	5	5	
8 食蟲性小魚個體的百分比	5	--	4	1	5	5	4	4	4	2	
9 食魚性魚種個體的百分比 (最高階肉食性魚種)	1	--	2	1	1	1	1	1	2	2	
三、樣本中魚類個體的數量與狀態											
10 魚類取樣個體數	3	--	3	1	5	5	5	5	4	5	
11 外來種或雜交種個體的百分	5	--	5	5	5	5	5	5	5	5	
12 生病或畸形個體的百分比	1	--	1	1	1	1	1	1	1	1	
IBI 評值總分(X)	42	--	39	38	48	52	46	48	44	44	
IBI 等級	fair	--	fair < X > poor	fair < X > poor	good	good	good < X > fair	good	fair	fair	

註：”(1)”代表豐水期(每年 5-10 月)；”(2)”代表枯水期(每年 11 月-4 月)；”X”代表 IBI 評值總分。

(2)爬蟲類：A.柴棺龜 (*Mauremys mutica*) 龜鱉目澤龜科 (保育等級 II)，半水棲性淡水龜棲，息於全台低海拔之池塘、水田等水域環境，也曾有在山坡之農墾地發現的記錄。研判可能研究範圍鄰近區域以茭白筍田水域為主，應亦是該物種適生區域。

B.眼鏡蛇 (*Takydromus formosanus*)：

有鱗目黃頰蛇科 (保育等級 II)，蛇類調查種類共 12 種，水棲蛇類 3 種(包括草花蛇 (*Xenochrophis piscator*)、花浪蛇(*Amphiesma stolata*)或白腹游蛇(*Sinonatrix percarinata*)，佔

蛇類物種百分之 25，多半以水域生物為食，水域中的魚、蝌蚪、蛙類都是其取食的對象，此環境是有足夠的物種供其水棲類食用，也由此可知本棲地生態穩定性高。

(3)鳥類：A.紅尾伯勞 (*Lanius cristatus*)：雀形目伯勞科（保育等級Ⅲ），每年從 9 月至翌年 5 月均可見。常單獨在林緣、疏林、灌木林或有獨立枝之開闊草原、農地活動，喜佇立在突出枝頭或電線上伺機捕食，停棲時尾羽會有畫圈的習慣。生態池棲地所規劃喬、灌木及地被環境符合該物種習性。

B.彩鵲 (*Rostratula benghalensis*)：鴿形目彩鵲科（保育等級Ⅱ），彩鵲生態習性多於晨

昏及夜間活動；受驚擾時，常蹲伏於草叢中不動。以昆蟲、軟體動物及甲殼類為主要食物。開發前未有該物種紀錄，生態池棲地於池中心設有生態島以灌叢植生為主，低擾度、隱密性高，符合此物種及相同習性物種棲息，例白腹秧雞(*Amaurornis phoenicurus*)等。

C.紅隼(*Falco tinnunculus*)：隼形目隼科（保育等級Ⅱ），主要棲息於低海拔開闊地，從草地、海邊、森林到農村區均有記錄。由調查顯示各物種豐富，亦供給上層食物鏈的生物最佳覓食處。

表 2 生態物種調查分析統計表(1996;2010~2013)

Table2. The investigation and analysis of ecological species (1996;2010~2013)

類別		開發前	開發後	效益	類別		開發前	開發後	效益
自然度 (I)	魚類	57.10%	50.80%	-11.0%	歧異度指數 (Dsh)	魚類	0.7157	0.9747	36.2%
	爬蟲類	※	100.00%	--		爬蟲類	※	0.8050	--
	兩棲類	100.00%	100.00%	0.00		兩棲類	◎	1.0084	--
	鳥類	100.00%	95.05%	-5.0%		鳥類	0.9867	1.3568	37.5%
種豐富度 (R)	魚類	0.0921	0.0347	-62.3%	均勻度指數 (E)	魚類	0.3678	0.3697	0.5%
	爬蟲類	※	0.2356	--		爬蟲類	※	0.3072	--
	兩棲類	◎	0.0420	--		兩棲類	◎	0.3797	--
	鳥類	0.1300	0.0744	-42.8%		鳥類	0.3847	0.3661	-4.8%
總豐富度指數 (D)	魚類	1.39	2.15	54.0%	保育物種	魚類	0	1	+1
	爬蟲類	※	3.11	--		爬蟲類	※	2	--
	兩棲類	◎	2.27	--		兩棲類	0	0	0
	鳥類	2.61	6.32	142.1%		鳥類	1	3	+2

註：1.「※」代表開發前未調查；「◎」代表開發前調查未記載種類數量。

2.「開發前」為 1996 年調查資料；「開發後」為 2010~2013 年調查資料均值。

結論與建議

1. 結論

利用魚類調查資料以生物整合指數

(IBI)做為水域環境品質指標，其計算結果除 2010 年 IBI 評值總分 38 及 39 分有略微下降外，2011~2013 年的豐水期 44~51 分及枯水期 44~51 分，皆比開發前 40 及 48 分提升。

研判水質的提升與渠道棲地改善設施有關，其生態池水源來自鄰近茭白筍灌排，原河道寬 3~5m，因開發而將入水口河道擴

寬至 10~12m、池中心約 30m，可減緩溝渠中流速及動能，使水中懸浮物沉澱；並採尊重自然環境方式，於出入水口處，以卵石分層疊砌，使水流曝氣增加水中含氧量等。故經評析其生態池棲地改善了因上游農作及民生廢水影響的水質，生態池的設置有了回饋效益，見圖 9。

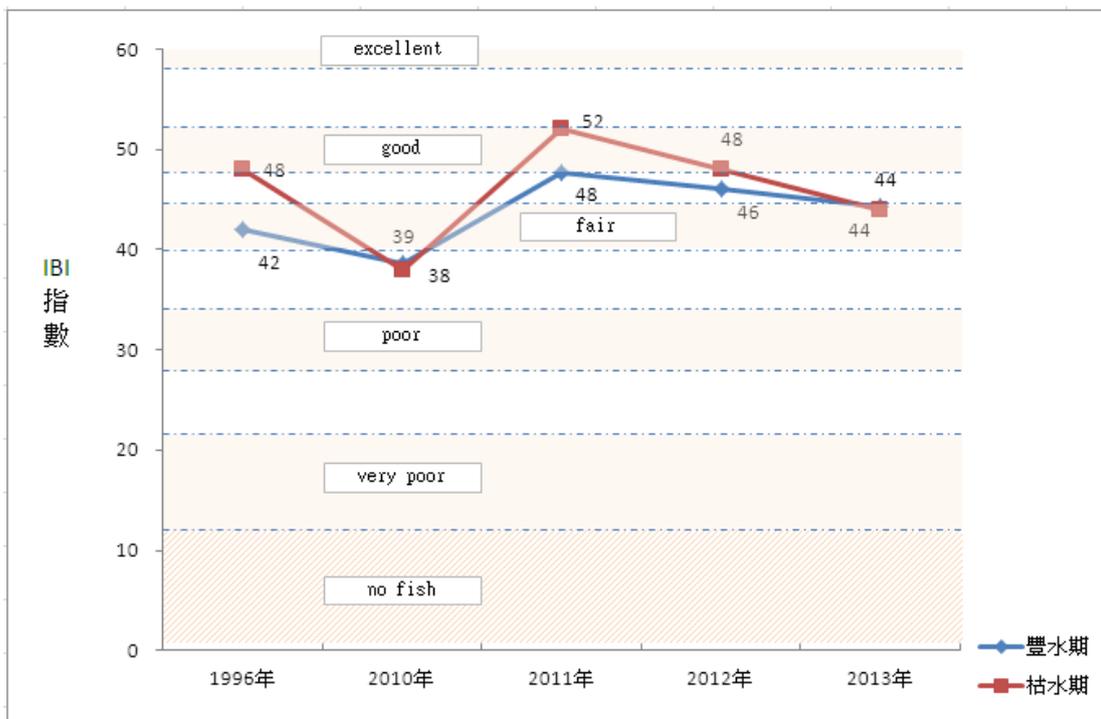


圖 9、愛蘭交流道生態池 IBI 指數分布圖(1996,2010~2013)

Figure 9. Contour plot of IBI rating in Ailan interchange ecological pond (1996; 2010~2013)

透過調查蒐集開發前及維管階段（1996 年; 2010~2013 年）生態物種數，經評析各物種亦有明顯成長。除爬蟲類無開發前調查記錄無法比對外，魚類原 7 種各年度成長 6~8

種、兩棲類（蛙類）原 6 種各年度成長 7~9 種、及鳥類原 13 種各年度成長 22~36 種，其中以鳥類成長最顯見，見表 3。

表 3 開發前後各物種記錄統計表(1996; 2010~2013 年)

Table3. An organism descriptive statistics on before and after development (1996; 2010~2013)

時期 種類	開發前	開發後	時期 種類	開發前	開發後
魚類	2 目	3-4 目	兩棲類 (蛙類)	1 目	1 目
	3 科	3-8 科		3 科	3-5 科
	7 種	13-15 種		6 種	13-15 種
爬蟲類	--目	2 目	鳥類	3 目	7-9 目
	--科	7-8 科		7 科	19-26 科
	--種	13-15 種		13 種	35-49 種

本研究地點愛蘭交流道，考量自然環境易因工程開發而影響原有地形、地貌，可能使得生物棲地破碎化，故以「迴避」、「減輕」與「回饋」三大原則規設，將設施融入周邊茭白筍所形成的溼地生態系，開放式水路使生態池成為農耕或休廢耕時期的生態水域棲地；除此更構建生態廊道、生態逃生梯、鳥踏及水質淨化友善設施。開發地得到補償效益外，基地綠帶對當地除留鳥外更包含夏冬候鳥停留棲息，其中不乏出現保育類物種，是對當地補償回饋效益的印證，並具物種保育的雙重功能，生態保育概念在此落實。

2. 建議

設置生態池應視調查結果審慎評估，以作為現地設置條件，除基本設計外，選擇適地適生的原生樹種、設置調節池(沉砂池)、攔污設施、維護空間等，都是穩定水域棲地生態系統的設施。工程建設與基地環境結合，採生態工程降低人為干擾破壞，保持環境自然風貌，創造人類與自然環境雙贏價值。

1. 交通部臺灣區國道新建工程局(1999)，「國道 6 號南投段生態池操作及維護管理作業手冊」。
2. 交通部臺灣區國道新建工程局(1999)，「中橫快速公路霧峰埔里路段環境影響說明書(定稿本)」。
3. 交通部臺灣區高速公路局(2010-2013)「國道 6 號生態池監測報告」。
4. 行政院農業委員會水土保持局/中華水土保持學會(2005)，「水土保持手冊-生態工法篇」。
5. 邵廣昭、沈世傑、丘臺生、曾晴賢，(1992)，「台灣魚類之分布及其資料庫」，台灣生物資源調查及資訊管理研討會，中央研究院，第 173-206 頁。
6. 林信輝(主編)(1997)，「坡地生態水池規劃參考手冊」，行政院農業委員會水土保持局。
7. 林信輝、李明儒、孫明德、黃俊仁，(2003)，「生物整合指數(IBM)之應用探討」，水土保持學報，第三十五卷第一期，第 83-88 頁。

參考文獻

8. 林信輝、蔡志偉、李明儒，(2007)，「生物整合指數建立與應用-以頭汴坑溪集水區為例」，水土保持學報，第三十九卷第一期，第 5-11 頁。
9. 陳俊綺，(2009)，「交流道綠帶生態工程之應用研究-以國道愛蘭交流道生態池為例」，國立中興大學土木工程學系碩士論文，台中。
10. 官志青，(2008)，「生態水池周邊生物環境調查與規劃應用之研究」，國立中興大學水土保持學系碩士論文，台中。
11. 王興宙，(2009)，「坡地生態水池管理模式應用評估之研究」，國立中興大學水土保持學系碩士論文，台中。
12. Kerr, J.R.,(1981),Assessment of biotic integrity using fish communities. Fisheries 6(6):21-27.
13. Kerr, J.R.,and D.R. Dudley,(1981), Ecological perspective on water quality goals. Environmental Management 5(1):55-68.
14. Liang, S.H. and B.W. Mensel,(1997), A new method to establish scoring criteria of the Index of Biotic Integrity. Zoological Studies 36(3):240-250.
15. 行政院農業委員會特有研究保育中心。
http://tesri.tesri.gov.tw/show_index.php
16. 行政院農業委員會水土保持局全球資訊網。<http://www.swcb.gov.tw/>

103 年 06 月 17 日收稿

103 年 06 月 24 日修改

103 年 06 月 25 日接受

水土保持學報 47 (2): 1337–1348 (2015)

Journal of Soil and Water Conservation, 47 (2): 1337–1348 (2015)