



逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：WUA 物理棲地模式

作者：陳智瑋

系級：水利工程與資源保育學系碩二

學號：M9801433

開課老師：王傳益 老師

課程名稱：生態水理學

開課系所：水利工程與資源保育學系

開課學年：九十九學年度 第一學期



摘要

近年由於環保意識覺醒，發覺過去之治理考量只以人為出發點，忽略了對河川生態所帶來的衝擊與影響，致使河川生態系統遭受嚴重破壞，造成河川生物分布的不均勻或甚至滅絕之情況。因此，在既有的河川治理原則且不影響人民生命財產安全的情況下，河川生態復育已成為重要的課題。

全球許多組織及研究機構現行皆認可在自然條件下，應對河川流量進行評估，探討應有多少的水量保留在河川中，以建立河川生態流量需求之觀念，來維持生態系統之完整性。

本文利用生態物理棲地模式 PHABSIM 估算頭前溪上游支流上坪溪之燥樹排攔河堰上游標的三種魚種之權重可使用棲地面積(WUA)及棲地適合度分佈情形。其運用 Q2、Q5 及 Q10 之重現期距洪峰流量與斷面水理結果，配合研究區內標的魚種之棲地適合度曲線找出斷面各分區之流速與水深所對應之棲地適合度指數，得出研究河段中各標的魚種於各重現期距洪峰流量下之 WUA 及適合度分佈情形。

關鍵字：生態物理棲地模式、棲地面積、棲地適合度指數

目錄

一、 前言.....	4
二、 文獻回顧.....	5
2-1 生態基流量評估	5
2-1-1 歷史流量法(Historic flow methods).....	6
2-1-2 水理法	7
2-1-3 棲地法	8
2-1-4 經驗法(Empirical methods).....	9
2-2 物理棲地模式(PHABSIM).....	10
三、 研究範圍.....	11
3-1 研究區域	11
3-2 研究魚種	11
四、 結果與討論.....	15
五、 結論.....	26



圖目錄

圖 1 研究範圍航照圖	11
圖 2 台灣石賓	12
圖 3 粗首蠟	13
圖 4 脂鯢	14
圖 5 台灣石賓 Q ₂ 棲地適合度 2D 圖	15
圖 6 台灣石賓 Q ₂ 棲地適合度 3D 圖	15
圖 7 台灣石賓 Q ₅ 棲地適合度 2D 圖	16
圖 8 台灣石賓 Q ₅ 棲地適合度 3D 圖	16
圖 9 台灣石賓 Q ₁₀ 棲地適合度 2D 圖	17
圖 10 台灣石賓 Q ₁₀ 棲地適合度 3D 圖	17
圖 11 粗首蠟 Q ₂ 棲地適合度 2D 圖	18
圖 12 粗首蠟 Q ₂ 棲地適合度 3D 圖	18
圖 13 粗首蠟 Q ₅ 棲地適合度 2D 圖	19
圖 14 粗首蠟 Q ₅ 棲地適合度 3D 圖	19
圖 15 粗首蠟 Q ₁₀ 棲地適合度 2D 圖	20
圖 16 粗首蠟 Q ₁₀ 棲地適合度 3D 圖	20
圖 17 脂鯢 Q ₂ 棲地適合度 2D 圖	21
圖 18 脂鯢 Q ₂ 棲地適合度 3D 圖	21
圖 19 脂鯢 Q ₅ 棲地適合度 2D 圖	22
圖 20 脂鯢 Q ₅ 棲地適合度 3D 圖	22
圖 21 脂鯢 Q ₁₀ 棲地適合度 2D 圖	23
圖 22 脂鯢 Q ₁₀ 棲地適合度 3D 圖	23
圖 23 各魚種的流速適合度曲線	24
圖 24 各魚種的水深適合度曲線	24
圖 25 Q ₂ 及 Q ₁₀ 之水面線及流速分佈	25
圖 26 Q ₂ 、Q ₅ 及 Q ₁₀ 之水面線及流速分佈	25

一、 前言

近年由於環保意識覺醒，發覺過去之治理考量只以人為出發點，忽略了對河川生態所帶來的衝擊與影響，致使河川生態系統遭受嚴重破壞，造成河川生物分布的不均勻或甚至滅絕之情況。因此，在既有的河川治理原則且不影響人民生命財產安全的情況下，河川生態復育已成為重要的課題。

全球許多組織及研究機構現行皆認可在自然條件下，應對河川流量進行評估，探討應有多少的水量保留在河川中，以建立河川生態流量需求之觀念，來維持生態系統之完整性。

本文利用生態物理棲地模式 PHABSIM 估算頭前溪上游支流上坪溪之燥樹排攔河堰上游標的三種魚種之權重可使用棲地面積(WUA)及棲地適合度分佈情形。其運用 Q2、Q5 及 Q10 之重現期距洪峰流量與斷面水理結果，配合研究區內標的魚種之棲地適合度曲線找出斷面各分區之流速與水深所對應之棲地適合度指數，得出研究河段中各標的魚種於各重現期距洪峰流量下之 WUA 及適合度分佈情形。

二、 文獻回顧

2-1 生態基流量評估

生態基準量意指為維護或改善魚類等河川生物之生存環境條件，使其可生長與繁殖所需提供之最低流量狀況。因此在河川的生態設計過程中，需考慮河川生態基流量以作為維持水生生物生存環境之條件，並以維護河川生物多樣性與生態完整性為其規劃理念如此才能完整考量到整體河川生態所做的規劃。

依據行政院環保署在民國 86 年所訂定的「蓄水洪水防洪排水水力發電工程開發環境影響評估作業準則」當中的第 12 條法規規定，開發單位應評估堰壩或其他攔水設施興建後，對河川下游水體涵容能力、水域生態之影響，並依開發行為實施前之水體自然狀態規劃訂定環境基流量及各項標地的用水量，以維持河川生態及水體正常用途。

由於目前無一定的評估方法來判斷河川之生態基準流量，主要原因乃在於河川生態基準流量的設計，需考慮集水區環境、河道形態、生物需求、河川水體利用、地方性保育標準等因素、棲地型態、微棲地探討等因素，同時亦受水資源運用、經濟發展之影響。故世界各國雖發展出各種的河川基準流量評估理論與方法，但仍要配合當地之區域生態特性，才能作為河川生態基準流量評估之憑據。

一般而言，計算河川生態基流量時，較常見的方法有四，分別為

歷史流量法、水理法、棲地法、經驗法等，本章節亦將對此四種方法提出前人之相關研究文獻。

2-1-1 歷史流量法(Historic flow methods)

歷史流量法主要依據歷史流量來研判當地之生態基流量，本研究主要針對日流量延時曲線法與 Tennant 法做一詳細之介紹。

(1) 日流量延時曲線法

日流量延時曲線(Flow duration curve)乃建立流量站日流量與發生機率之關係，作為河川日流量之特性，由日流量延時曲線取某個超越機率值，來評估其生態基流量，就台灣地區而言，常以Q95 作為河川生態基流量。

Forlong(1994)針對日流量延時曲線法，建議採用時間百分率96%所對應之日流量Q96，為研究樣區之河川生態基流量。

周文杰(2001)以水文流量資料推估中港溪之生態基流量，其建議使用 Tennant 法中最低限度流量(10%MAF)，與維持水質不惡化(Q75)，來求其生態基流量。

(2) Tennant 法

Tennant(1976)以年平均流量(Mean annual flow，簡稱 MAF)為基礎，探討 MAF 不同百分比的流量時，水域生態環境之表現狀態，用以訂定不同保育標準之河川生態基流量，其研判 MAF 的 10%流量提

供大部分水生生物渡過一段短期維生棲地的最低限度流量，此時研究河段之平均流況為水深 0.3m、流速 0.25m/s，而 MAF 的 30% 流量則可以提供一個契合生態環境之棲地條件，如果達到 MAF 的 60% 流量，表示已經提供一個優良的棲地條件。

近年來有多項研究建議，Tennant 法採用年平均流量所計算出之河川生態基流量，應考慮時間季節與水文條件的變化，亦即考慮豐枯水期不同的狀況(Jowett, 1997)。

2-1-2 水理法

水理評估法之基本觀念為，生態功能與某項水理參數其所對應之關係，例如某種正比關係亦或線性關係。目前較常使用之水理評估法以濕周法(Wetted Perimeter)為主。

Tennant(1976)建議，以濕周-流量曲線中之轉折點所對應的流量為生態基流量，一但小於此流量，濕周會迅速地下降，因此濕周-流量曲線之轉折點往往是水深開始快速減少之關鍵處，其所對應之流量視為維持穩定生態之基準流量。

王信凱(2000)指出，如要充分反應低水流況，在繪製濕周-流量曲線時，應該要選取曲線中第一個濕周劇烈變化處所對應的流量，其主要目的在排除不必要斷面形狀影響，而轉折點之推求應以目測法為優先考慮，如果很難判斷時再選擇斜率法或曲率法。

2-1-3 棲地法

美國漁業及野生動物署(U.S. Fish and Wildlife Service，簡稱USFWS)，為了保護魚類棲地和其群聚結構發展了一套溪內水流增量法(Instream Flow Incremental Methodology，簡稱IFIM)，其中”Incremental”更明白指出微量改變增加流量之意思，而最大的特色即是將魚類所需最小流量觀念，轉換成流量與棲地間之關係。

Bovee(1982)，認為IFIM 是一連續性之觀念、方法並結合渠道型態、流量特性和指標生物，經由不同之模擬流量去預測棲地面積之增加或減少之程式。

于錫亮(1997)，對於流量與棲地間之關係曾作深入的探討，指出IFIM 包括生態學與水利工程學之技術，在生態學方面主要是發展出魚類棲地適合度曲線(Habitat Suitability Curves，簡稱HSC)，而在水利工程學方面則使用物理棲地模擬(Physical HABitat SIMulation system，簡稱PHABSIM)，模擬不同流量下棲地變化情況，然而其最大的貢獻莫過於提出定量而非定性的描述。

吳富春等(1998)，以濁水溪中游為研究樣區，針對PHABSIM 模式中建立水深與流量關係之方法[對數-對數迴歸法(L-L)、渠道輸送法(C-C)、步推迴水法(S-B)]作敏感度分析，發現當渠道水深與流量呈線性關係時，可使用L-L 法較準確，而當渠道曼寧n 值較為固定時，

C-C 法和S-B 法較適用。

2-1-4 經驗法(Empirical methods)

回顧河川生態基流量之設計方法，經驗法為目前簡單而常被採用之方法，如新英格蘭法、日本水力發電事業集水區面積法與彈性調整水權法。

(1) 新英格蘭法

此法主要考慮一年中最枯月份之環境條件，是生態環境所能允許之最低保育條件。其是利用25年之水文記錄來評估最低月份之平均流量為全年之水生生物基本流量(Aquatic Base Flow，簡稱ABF)，若研究樣區無完整之水文記錄，則可利用集水區面積之大小來訂定生態基流量，其認為集水區面積每100平方公里就應該有0.55cms 之生態基流量。

(2) 日本水力發電事業集水區面積法

日本水力發電事業必須確保河川維持流量，認為河川中集水面積每100平方公里約需0.1至0.3 cms 之維持流量，目前台電公司委託中興工程顧問參照此方法，推估大甲溪馬鞍壩與大安溪士林壩壩址之河川生態基流量。

(3) 彈性調整水權法

紐西蘭採取縮短水權檢討時限之做法，其將長期水權登記並檢討

縮短為每二至五年必須重新登記與檢討。此做法可以隨時調整河川生態基流量，以便察覺河川生態有任何之變化時，能夠有彈性地調整流量，以適時保全重要的生態(曾晴賢，1997)。

2-2 物理棲地模式(PHABSIM)

物理棲地模式PHABSIM主要由兩個部份構成，即：水理模式(Hydraulic model)與棲地模式(Habitat model)。以下針對水理與棲地模式簡略介紹：

(1) 水理模式

水理模式之主要功能在於計算各種不同流量之水位及橫斷面各區分之流速分布。水理模式所需參數為各斷面之曼寧n值，係根據輸入之流量與水位資料檢定而得。

(2) 棲地模式

根據水理模式計算所得各種流量之斷面流速與水深分布，在透過棲地模式中水生生物之棲地適合度曲線(Habitat suitability curve)找出橫斷面各分區之流速及水深所對應之棲地適合度指數(Habitat suitability index)，便可求得研究河段之權重可使用棲地面積(Weighted Usable Area，簡稱 WUA)如下：

$$WUA = \sum_i F[f(V_i), f(D_i), f(C_i)] * A_i$$

式中 A_i 為研究河段第 i 分區之底床面積， $f(V_i)$ 、 $f(D_i)$ 及 $f(C_i)$ 分別為第 i 分區之流速、水深及底質適合度指數。

三、 研究範圍

3-1 研究區域

本研究區河川位於新竹縣、市境內之頭前溪流域支流上坪溪流域，研究範圍以燥樹排攔河堰為起點至其上游 350m 處。其研究區如圖 1 所示。

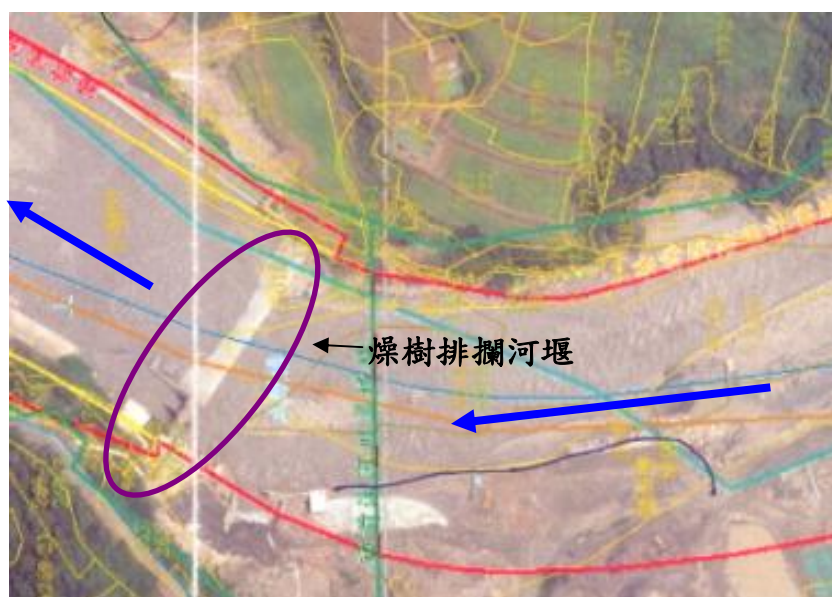


圖 1 研究範圍航照圖

3-2 研究魚種

本研究區內之標的魚種包含臺灣石賓、粗首鱻及脂鯢，其標的魚種之研究案例各項條件說明如下：

臺灣石賓屬於台灣的特有種，普遍分布於西部各河川中游較清澈之淺流、深流、深潭中，喜歡棲息於水流湍急、較高溶氧的溪流及較清澈的深潭底層中。成魚 白天較常躲藏於石縫之中，夜間才出來覓食，幼魚則終日在沿岸、石頭間或岩壁上穿梭覓食。雄、雌魚的吻部

均有追星。體延長而略側扁，腹部略圓。頭中大而尖。吻圓鈍而前端稍突出。口略寬，位於吻位下位，成圓弧形。唇稍厚，上唇包住上頷，下唇則與下頷前端分離，左右的唇褶略有間隙。咽頭齒 3 列，齒式 5.3.2-2.3.5。有鬚 2 對，頷鬚略長於吻鬚。體被圓鱗；側線完整而沿體側中央直走；側線鱗數 39-42。各鰭均無硬棘，背鰭軟條 3（不分枝軟條）+ 8（分枝軟條）；臀鰭 3（不分枝軟條）+ 5（分枝軟條）。體呈黃綠色，腹部略白，體側具 7 條黑色橫帶，尤以幼魚最為明顯，成魚體色逐漸變暗，橫帶亦漸不顯，如死亡後，體色變化甚大，斑紋亦不清楚；背鰭及臀鰭鰭膜淡黃色而具數條黑褐色橫斑；胸鰭、腹鰭及尾鰭淡黃色。



圖 2 台灣石賓

粗首鱻屬於台灣的特有種，原產於除花東兩地外之河川及溪流中，近來因被放流而普遍分布於花東各大河中。喜好棲息於水流較緩的潭區或淺灘。幼魚為雜食性，以藻類、水生昆蟲及有機碎屑為食；成魚為偏肉食性，以水生昆蟲、小魚及小蝦等為食。體延長而側扁，腹部圓，無肉稜。頭較大。吻略突。眼中大，上位。口斜裂，上頷骨末端可達眼中部下方，雌魚口裂稍大於雄魚。無鬚。體被中大型的圓鱗；側線完全而向下彎曲，側線鱗數 48-55；背鰭前鱗 24-27。各鰭均無硬棘，背鰭軟條 3（不分枝軟條）+ 7（分枝軟條）；臀鰭 3（不分枝軟條）+ 9（分枝軟條）；腹鰭 1（不分枝軟條）+ 7（分枝軟條）；成熟雄魚的臀鰭末端游離呈條狀。體背側灰綠色，體側及腹側銀白。雄魚體側的有 10 條具藍綠色光澤之橫帶，幼魚及雌魚不顯著。繁殖期時，雄魚有追星出現。



圖 3 粗首鱻

脂鯰屬於台灣特有種，分佈於台灣北部及中部河川的中上游水域裡。主要棲息在溪流中上游較清澈的水域，嗜溶氧量較佳的棲所。白天躲在河川的底部，夜間較為活潑，而出外覓食。肉食性魚類，喜好以小魚、小蝦及水生昆蟲為食物來源。體頗低而延長，前部圓筒形，後部較側扁，尾柄較低。頭略小，吻部圓鈍。眼較小，上側位。口大，下位，口裂呈淺弧形，上頷較下頷前突。頭部具 4 對鬚，頰鬚 2 對，較短；上頷鬚最長，但末端未達胸鰭基部。鰓裂頗大。第一背鰭及胸鰭棘尖銳，後緣有鋸齒。背鰭起點距脂鰭起點較近於吻端。脂鰭發達，基部頗為延長，約可達體高的 2 倍。尾鰭呈淺叉形，其上下葉皆呈淺圓弧形。體側呈均一的灰黑色，腹側色澤稍淡。各鰭皆為灰黑色，無任何斑點。



圖 4 脂鯰

四、 結果與討論

WUA 及棲地適合度分佈模擬 Q_2 、 Q_5 及 Q_{10} 成果，如下圖所示：

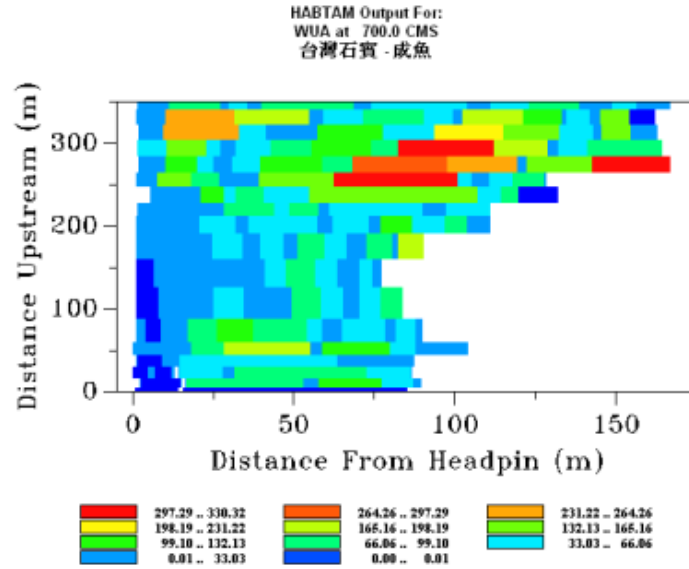


圖 5 台灣石賓 Q_2 棲地適合度 2D 圖

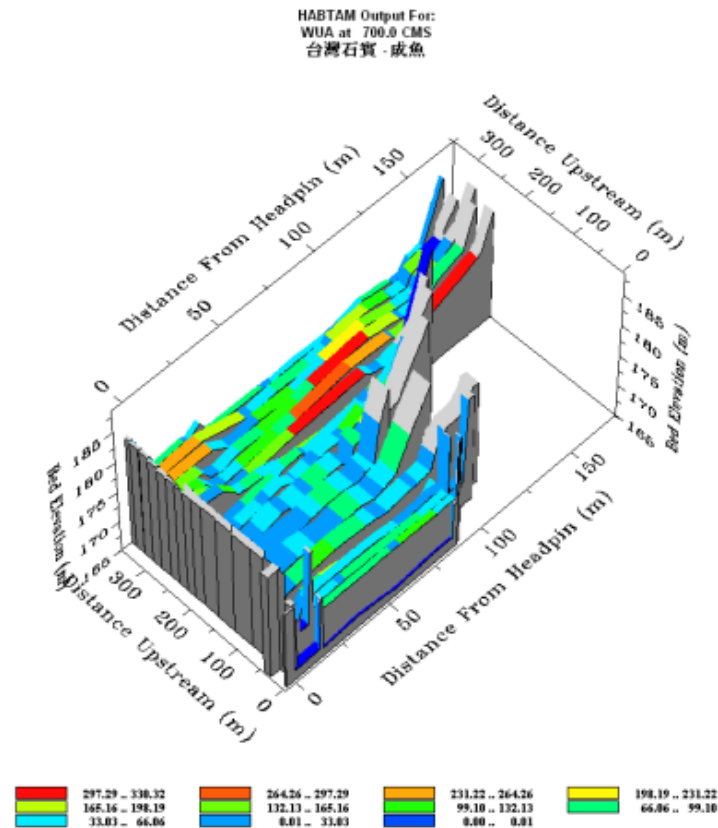


圖 6 台灣石賓 Q_2 棲地適合度 3D 圖

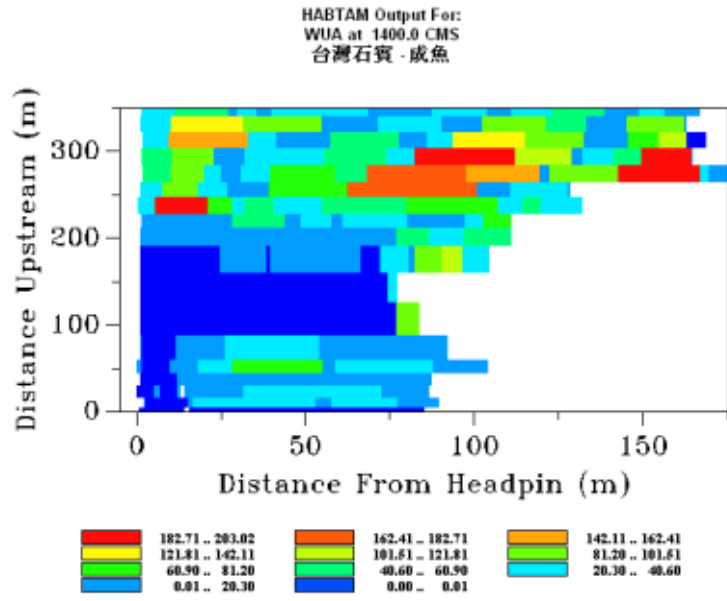


圖 7 台灣石賓 Q₅ 棲地適合度 2D 圖

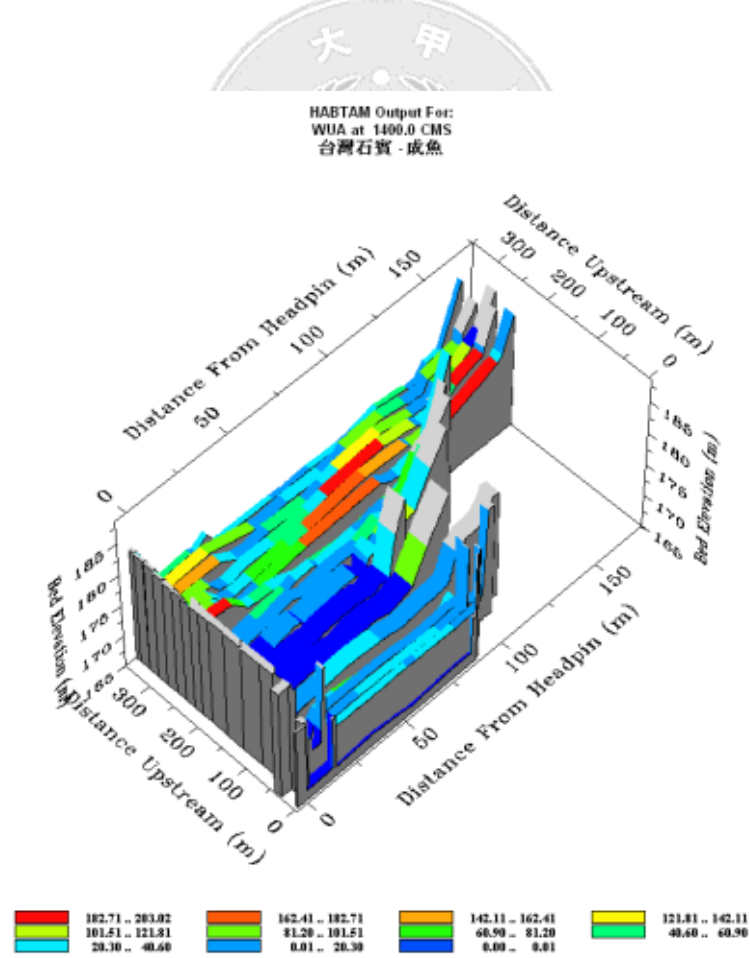


圖 8 台灣石賓 Q₅ 棲地適合度 3D 圖

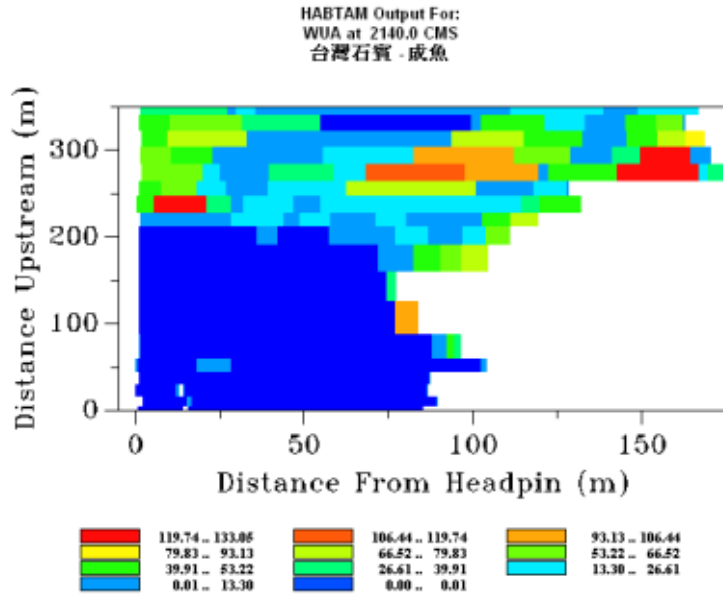


圖 9 台灣石賓 Q₁₀ 棲地適合度 2D 圖

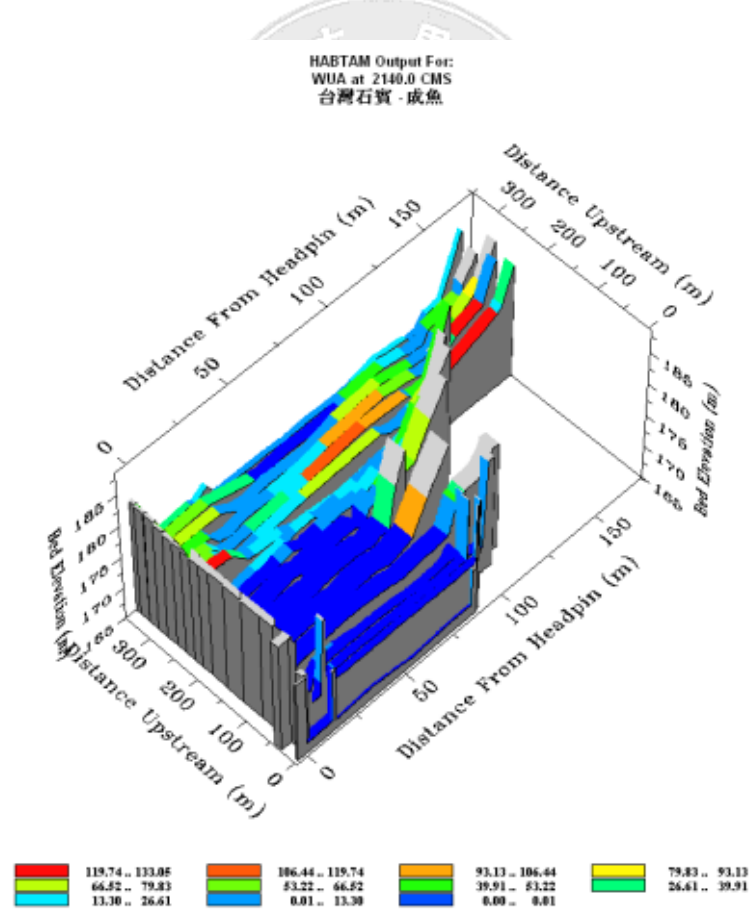


圖 10 台灣石賓 Q₁₀ 棲地適合度 3D 圖

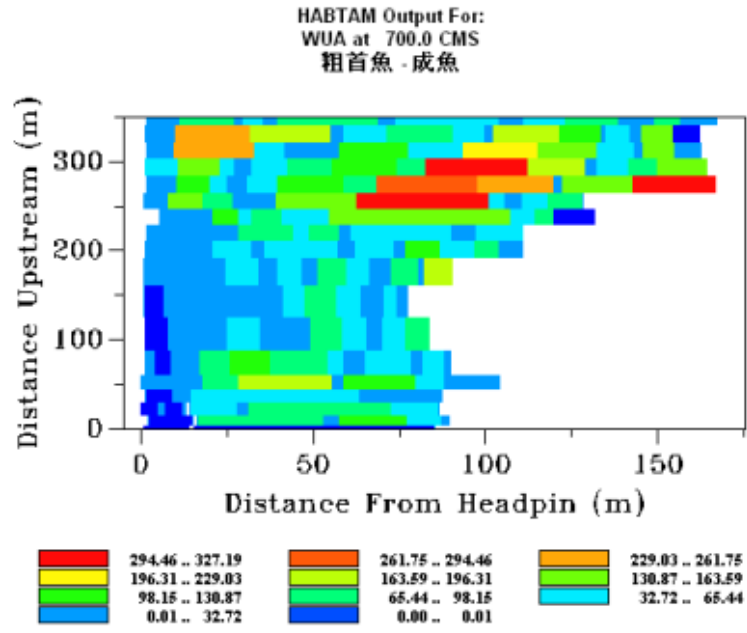


圖 11 粗首蠟 Q_2 棲地適合度 2D 圖

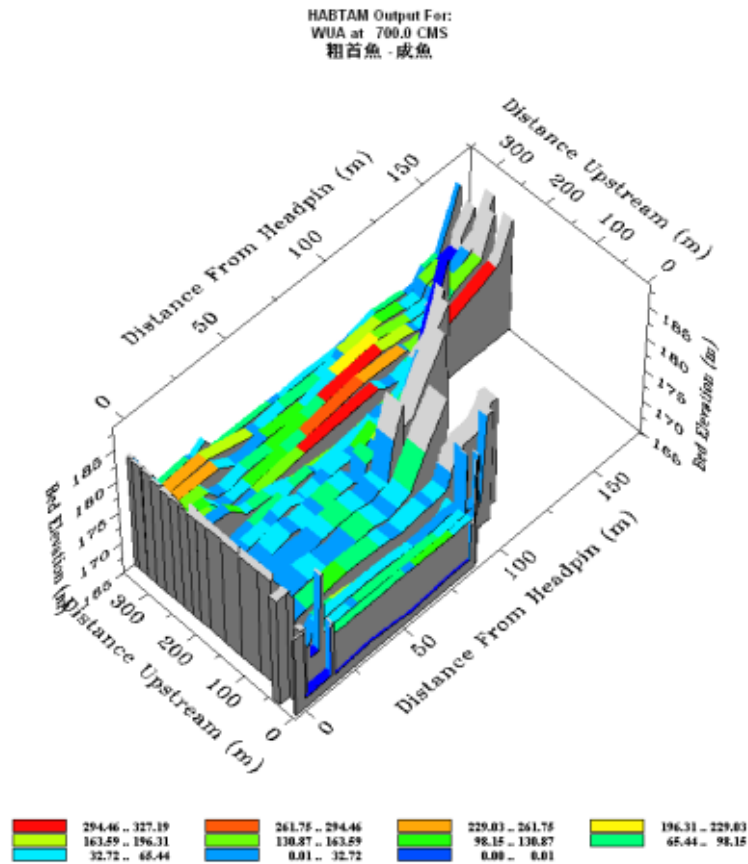


圖 12 粗首蠟 Q_2 棲地適合度 3D 圖

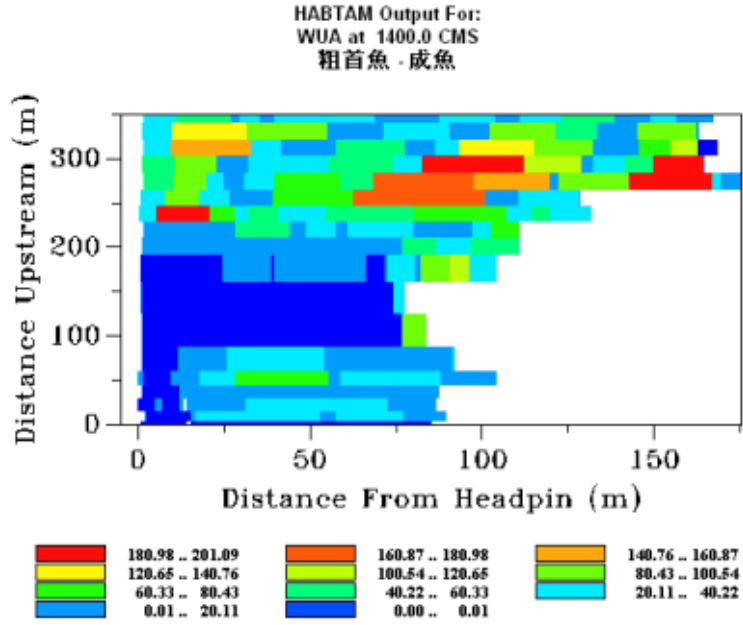


圖 13 粗首蠟 Q₅ 棲地適合度 2D 圖

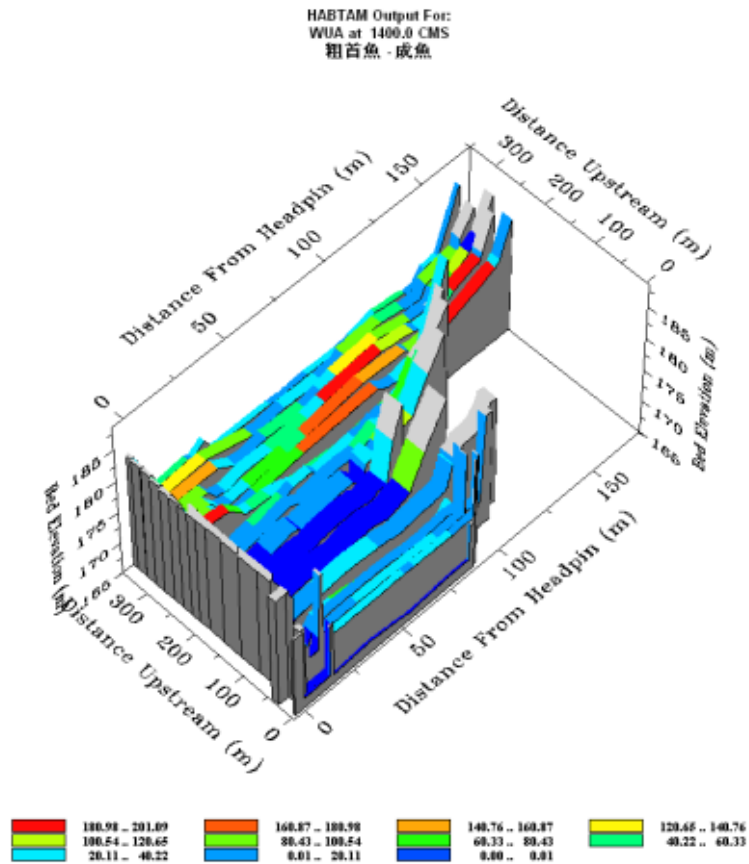


圖 14 粗首蠟 Q₅ 棲地適合度 3D 圖

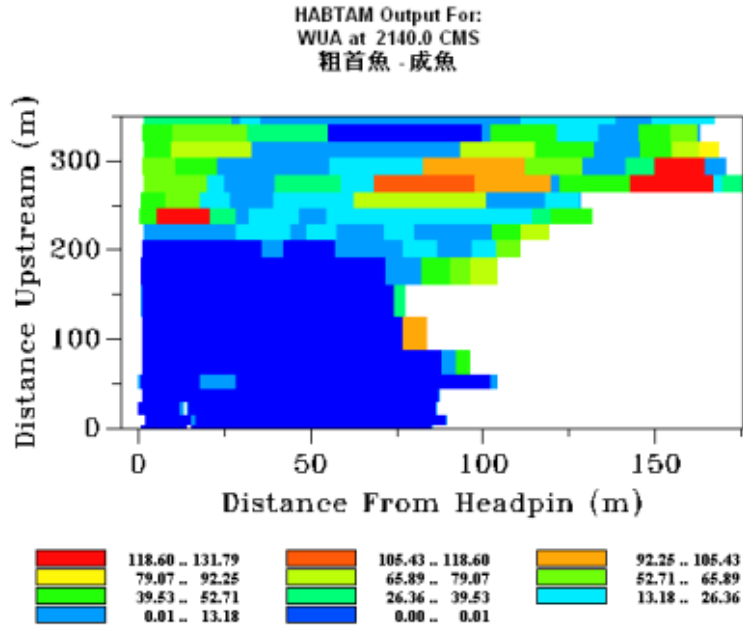


圖 15 粗首蠟 Q₁₀ 棲地適合度 2D 圖

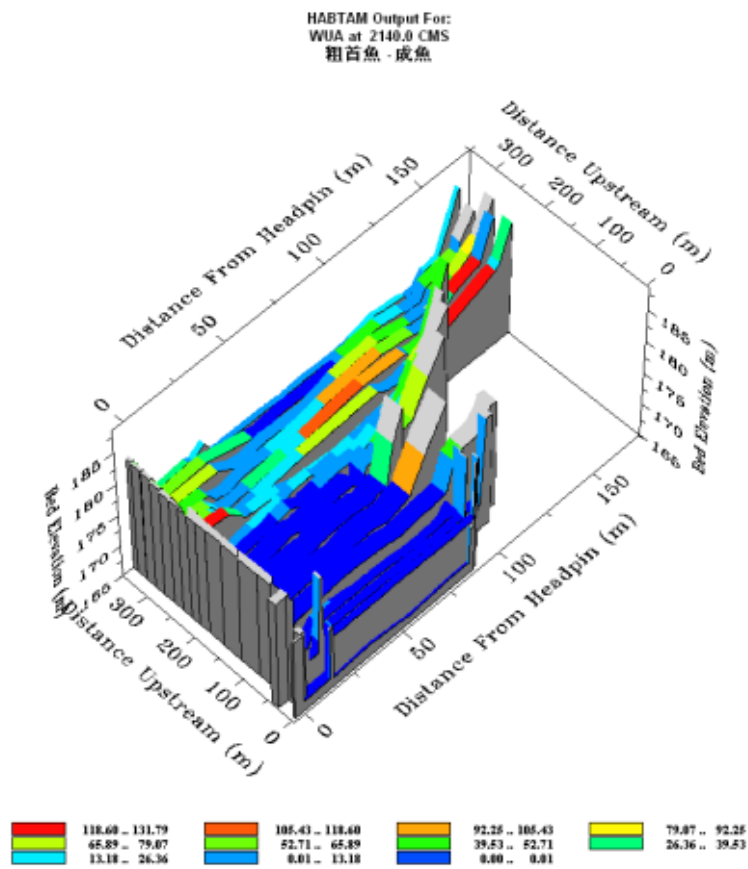


圖 16 粗首蠟 Q₁₀ 棲地適合度 3D 圖

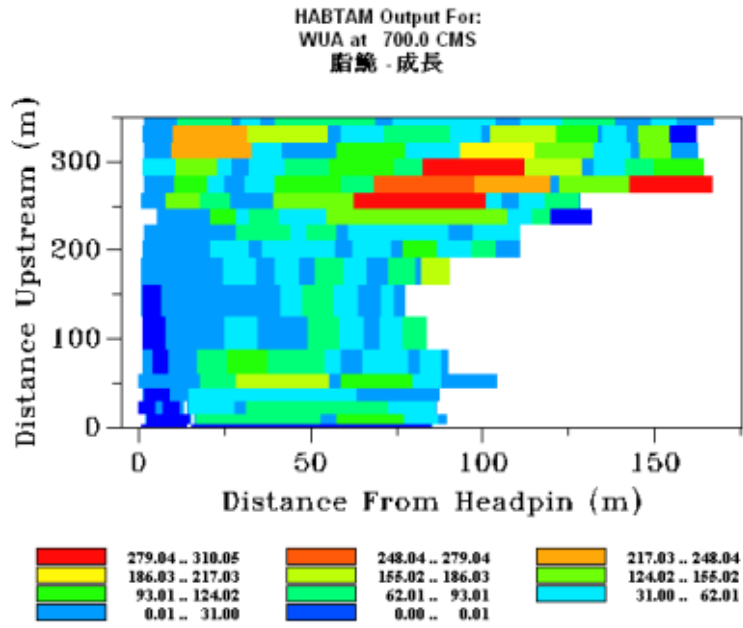


圖 17 脂鯢 Q₂ 棲地適合度 2D 圖

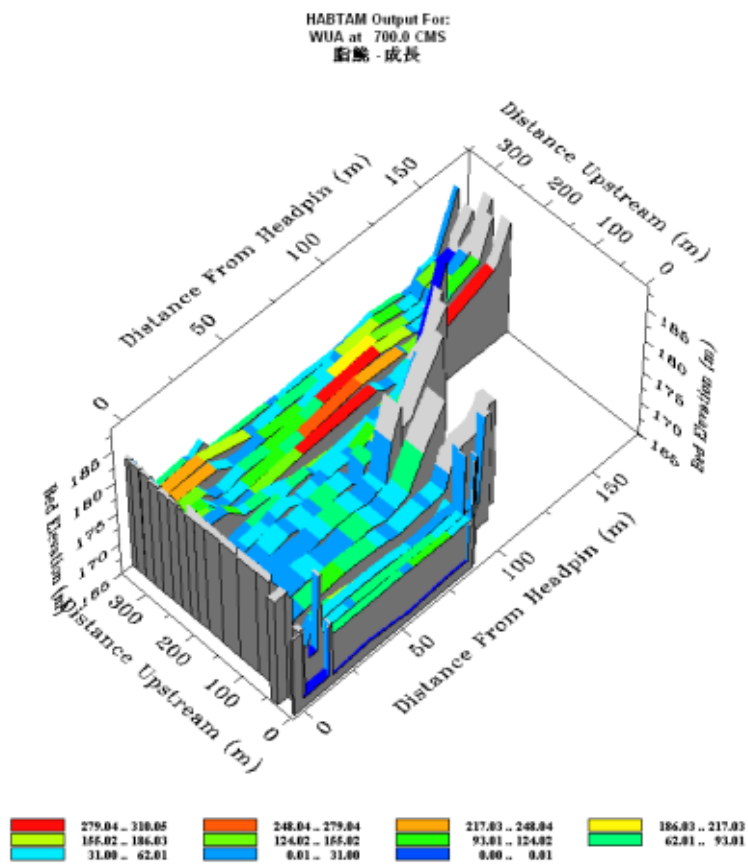


圖 18 脂鯢 Q₂ 棲地適合度 3D 圖

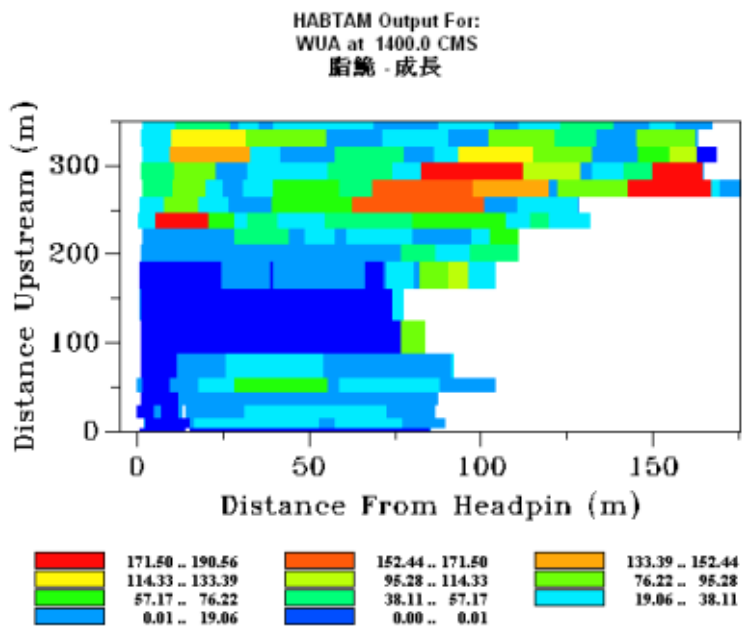


圖 19 脂鯢 Q₅ 棲地適合度 2D 圖

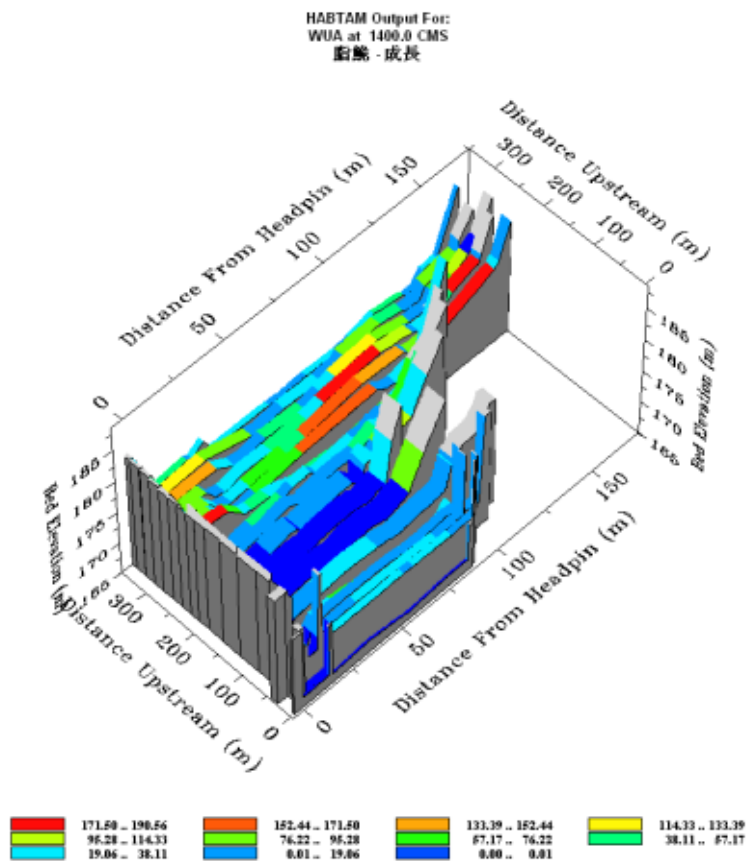


圖 20 脂鯢 Q₅ 棲地適合度 3D 圖

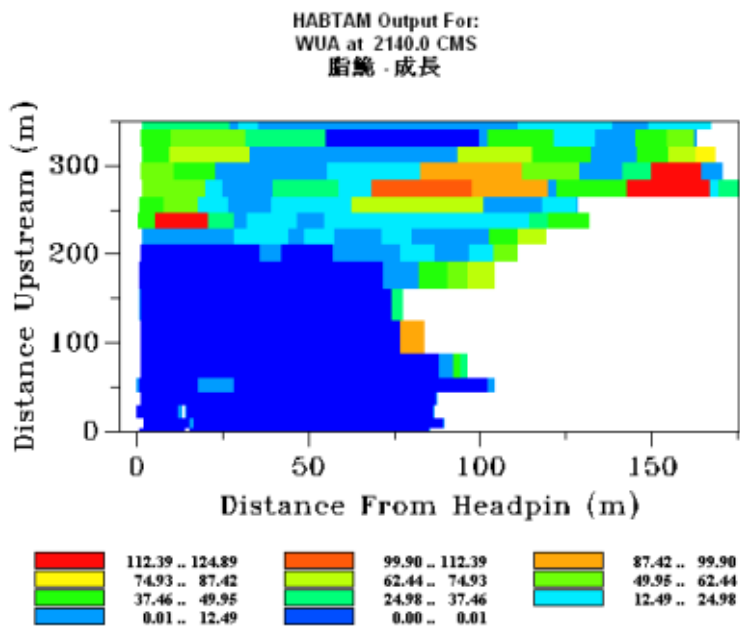


圖 21 脂鯢 Q₁₀ 棲地適合度 2D 圖

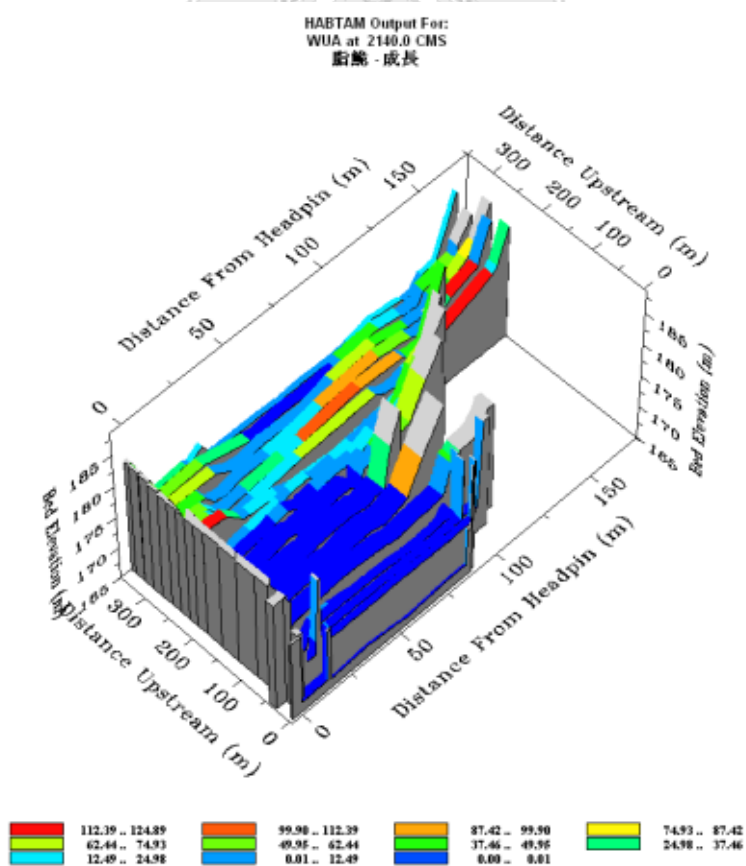


圖 22 脂鯢 Q₁₀ 棲地適合度 3D 圖

從成果圖中可發現三種魚種之 WUA 及適合度分佈情形相當接近，幾乎接近一模一樣，原以為是模擬過程中出了差錯，經過觀察後發現三種魚種所給的流速及水深的適合度資料相差不多，如下圖，圖中可發現流速及水深當超越適合範圍的下一筆資料變化過大，如流速變為 4 及水深變為 10，使得各魚種的適合度曲線趨近所一致。

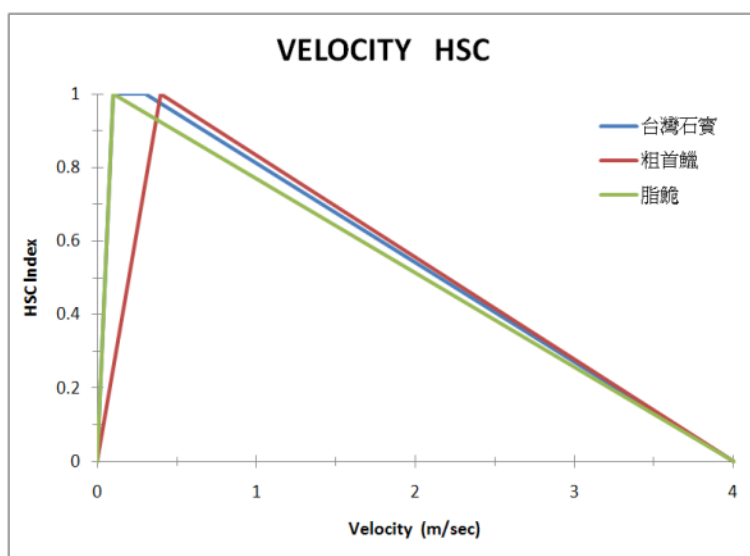


圖 23 各魚種的流速適合度曲線

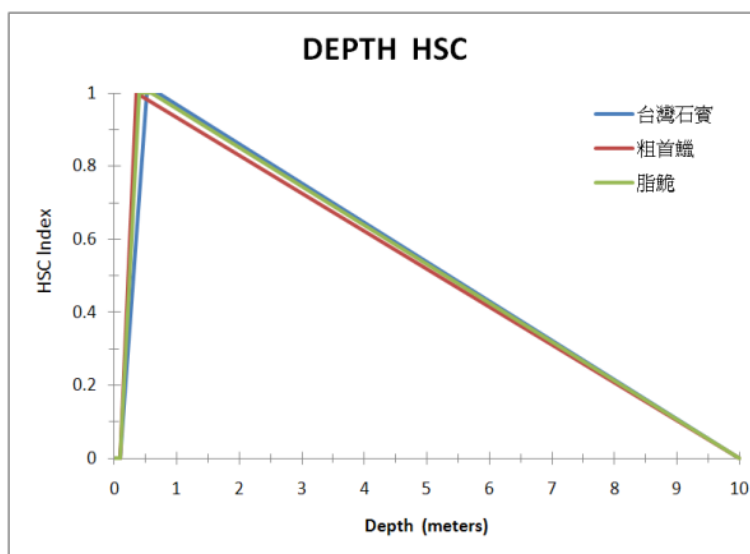
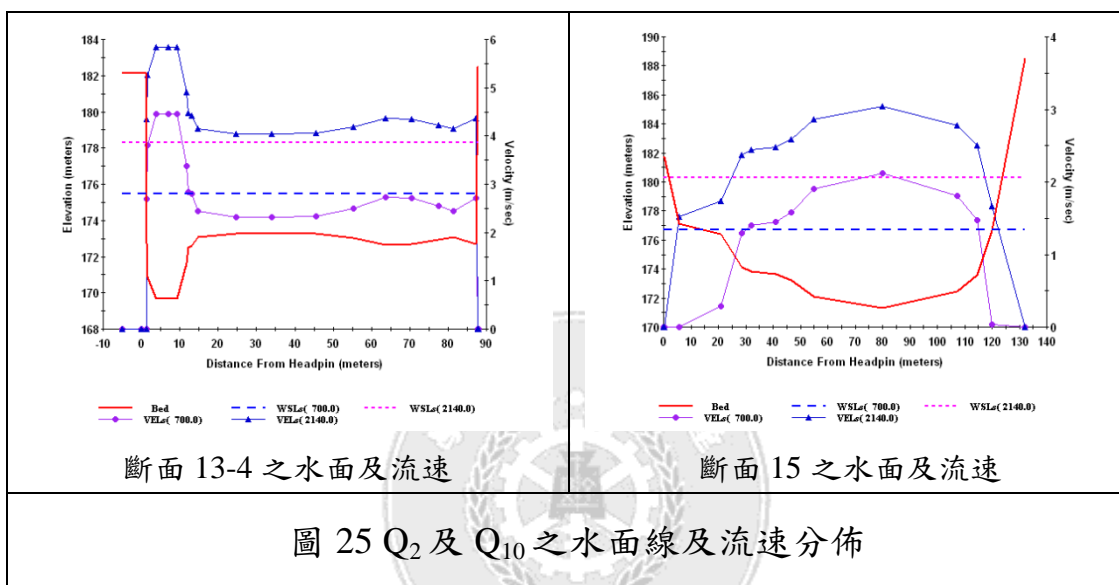
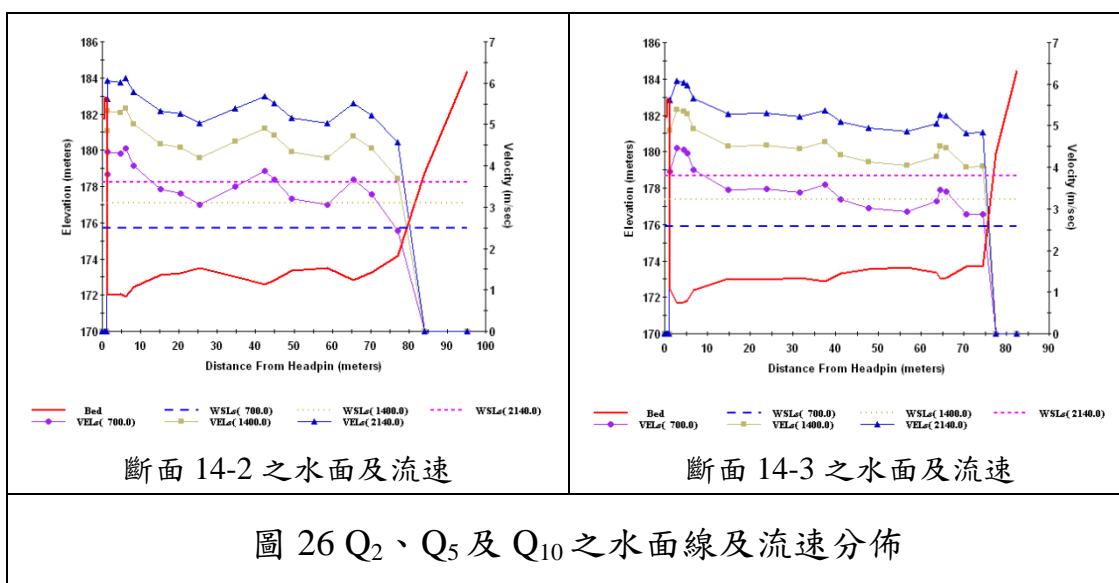


圖 24 各魚種的水深適合度曲線

從成果圖中明顯發現 Q_{10} 的洪峰流量下，下游適合度指標都趨近於零，是因為下游斷面通水面積較小，使得流速相對的較高，當發生 Q_{10} 洪峰流量情況下，流速就會超越三種魚種所能承受最大流速，因此適合度皆趨近於零。



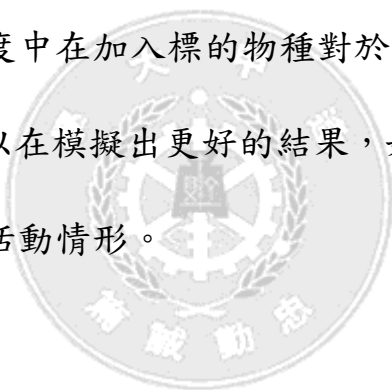
從成果圖中明顯發現 Q_5 的洪峰流量下，斷面編號 14-2 及斷面編號 14-3 的兩個斷面適合度皆為零，因為全斷面的流速皆大於 4，如圖六所示，因此三種魚種皆不適合於此區域生存。



五、 結論

本研究案例從以上兩種生物指標，可發現各情況下決定三種魚種是否適合的主要因子為流速，區域通水斷面積較小且研究區域為上游因此坡度較陡，在高流量情況下流速超過適合度曲線上限，當流速超過 4 時適合度為零，然而水深因子的適合度曲線上限較寬鬆，當 Q_{10} 之洪峰流量下水深皆未超過適合度曲線上限，因此流速的影響會遠大於水深影響。

如果在棲地適合度中加入標的物種對於水溫、覓食習性等標的物種生活特性，則可以在模擬出更好的結果，如此一來，能夠更符合實際自然生態魚類的活動情形。



參考文獻

1. 王傳益，(2010)，「生態水理學講義」，逢甲大學水利工程與資源保育學系，上課講義。

