

鹿角坑溪取水堰魚道設置研究

計劃主持人：沈世傑 台灣大學動物系教授

協同主持人：曾晴賢 台大動物研究所研究生

周鎮潔 建築師

委託單位：內政部營建署陽明山國家公園管理處

執行單位：中華民國自然生態保育協會

目次

摘要	1
壹、前言	2
貳、研究過程與方法	4
參、結果	5
肆、結論與建議	13
謝誌	16
參考文獻	17
圖	24

摘要：

鹿角坑溪取水堰魚道設置研究緣起於七十四年間，台灣大學森林研究所從事「鹿角坑溪水源開發工程生態景觀評估研究」時，提出有關取水堰阻隔溪流上、下游間之魚類洄游，會對本區魚類生態有影響。因此建議進行魚道補設之規劃研究，是以有本項計劃。

本會於七十七年八月起，以一年之時間，詳細調查本區之魚類種類、數量、分佈狀況及生態，針對魚類生態和環境特性，設計階段隔壁式魚道乙式，供國家公園管理處招商發包施工。其規模分別為幅寬100cm，全長35.5m，坡度1/8，呼水路20cm，隔壁數10個（第一個為可活動傾斜式擋板），隔壁為活動式，交互端有10x30cm直角缺坎，隔壁落差為30cm，隔壁間隔為270cm。由於本項工程之性質特殊，施工較困難，加上施工地點偏僻和氣候不佳等問題，直至七十九年九月始委由日光營造公司動工建造。本項工程現已竣工，並實際操作通水。完工後之魚道並經實際放流魚類試驗，以明瞭魚類對於本項工程之適應情形，並實際觀察魚類利用狀況，其結果大致良好。

壹、前言

鹿角坑溪位於陽明山國家公園之西北方，是國家公園範圍內少數清澈乾淨的溪流。其源流集水區的森林植被保護極為完整，終年雨量尚稱平均，而且是本國家公園範圍裡最豐沛降雨量的區域之一。本溪之水質非常純淨而且沒有受到本區火山硫磺水的影響，極適合做為一般自來水之水源。有鑑於陽明山地區之水資源頗有限，台北市自來水事業處在早年即著手辦理水源開發工程，其中鹿角坑溪的水源最受青睞，因而在七十四年間積極施工，進行各項開發工程。

本省以往在進行各種工程開發時，往往因為甚少生態資源方面的建議能夠在工程規劃之前，及時提供給工程單位參考辦理，以便工程設計能將影響環境之改善對策予以一併考慮。雖然近年來，工程單位也都能積極地配合進行各項生態保育工作，但是如因缺乏事先之溝通，往往只能做到亡羊補牢的工作而已。鹿角坑溪水源開發案之進行，早在陽明山國家管理處成立之前，可惜因為缺乏早期對於本流域之生態調查資料供工程單位設計之參考。因此遲至七十四年工程進行中，工程單位方接受國家公園管理處之建議，委託台灣大學森林研究所辦理「鹿角坑溪水源開發工程生態景觀評估研究」（陳等，1985），針對本項水源開發工程會對生態及景觀之影響情形，進行調查以及提具改善之對策。在該項研究報告中，針對河川生態之影響結果中指出，興建取水堰之後，將對該地區之溪流生態造成二項最主要的影響；

（一）取水堰將阻隔溪流上、下游間之魚類洄游，對於棲息於該區之

魚類將有阻隔的影響。(二)取水堰工程進行時，對於其下游之生物，將因工程施工時所造成之汙染，會導致種岐異度的降低。

由於該溪流係陽明山國家公園區域內極重要的淡水溪流，而且本集水區也被劃定為鹿角坑溪生態保護區，溪流中原棲息著本省原生的台灣鏟頰魚和褐吻鰕虎魚，以及其他的蝦蟹類。為了達到保育本區溪流生態的完整性，使不利的影響及環境破壞的程度降至最低。台北市自來水事業處乃配合陽明山國家公園管理處，共同針對上述之影響因子，做適當的補救措施，並做長期的追蹤調查。希望澈底了解工程施工後，生態平衡回復的情形，以及補救措施的可行性，以期達到保育的目標。

因此，除了本計劃係針對在取水堰上補設魚道的規劃研究之外，更同時也進行「鹿角坑溪魚類放流及生態研究(沈等，1989)的調查計劃，對於本溪流之生態平衡現況，進行更詳細的調查。二項研究計劃係同時對前述環境影響評估的意見，分別進行複測及改善工程。本項之魚道規劃研究案係自七十七年八月起，以一年的時間進行野外調查以及規劃設計工作。規劃案及魚道設計圖於七十八年六月間完成，提交陽明山國家公園管理處辦理招標施工等手續。然而因為施工地點較偏僻，施工項目較困難等因素，發包及施工等過程較耗時，直至今(八十)年二月始竣工。

貳、研究方法及魚道設計標準

(1) 除了參考以往（陳等，1985）所做的研究報告之外，更再前往鹿坑溪實地調查魚類生態等資料，配合本省其他地區相關之魚類生態研究資料，研究各種魚類生態習性需求，據以訂定魚道設計之規範標準。

(2) 收集本區相關取水堰工程設計圖（自來水事業處提供），周邊環境現況調查及各項氣候水文之資料（楊等，1988），以做為設計之參考。

(3) 針對本項魚道應用對象之魚種類、跳躍能力、游泳能力等習性，配合取水堰之結構大小，決定各項魚道設置之場所、型式、規模、限界流速及水深，參考國內外魚道工程設計準則及設計圖，著手設計繪圖及製作模型。

(4) 設計圖及模型完成後，延請業主及有關專家學者審評，並就各項改善意見修正設計圖，並完成設計定案。

(5) 施工期間隨時督導及配合各項修正措施。

(6) 完工後，實際放流魚類於魚道中，觀察魚類利用之情形，並探討改善各項缺失。

(7) 就取水作業和本區魚類生態等二項考慮因素，研擬魚道經營及管理之事項，以供管理單位參考。

參、結果

(一) 本區魚類現況

七十四年間所做之溪流生物調查時（陳等，1984），曾詳細調查本溪流中之魚類，當時只有發現二種主要魚類，分別是最主要優勢種之台灣鏟頰魚，以及少數的褐吻鰕虎。本研究調查裡則再發現到另外二種可能是釣魚人自其他地區移入的粗首鱮和台灣石鱮。後二種魚類的分佈和數量目前仍少於台灣鏟頰魚，但是也都已有一定的數量，而逐漸成爲優勢種魚類了。其相關的分佈及生態資料亦見於「鹿角坑溪魚類放流及生態研究」報告中（沈等，1989），其中重要資料僅摘錄如下：

在本區所棲息的四種淡水魚類之中，有明顯洄游習性的種類是台灣鏟頰魚。本種是本省山區溪流中最主要的魚種，喜好棲息在清澈而且急湍的溪流中，最大可長至三十餘公分，七百餘公克，是極有經濟價值及最受溪釣者喜愛的魚種。在本區溪流尚未嚴格保護之前，此地溪流中常見者大都只有十五公分以下的一、二年齡的小型魚類，（78年期中簡報資料）。目前則有相當數量是二十公分以上的中型魚類，而且魚類的數量更多。不僅顯示魚類族群穩定的成長之外，更顯見本區在保護之下，魚類的資源增加甚多。

台灣鏟頰魚的繁殖季節頗長，自早春以至初秋均可發現產卵高峰。由於本種魚類較喜好在水溫較低（低於 $15\sim 17^{\circ}\text{C}$ ）的上游地區產卵繁殖，因此成熟種魚在產卵期均會上溯至河川之中上游地區產卵。卵係產於深潭後方有較寬闊細砂石的地方，幼苗在三~四天後孵化，再順流游至各地覓食成長。

除了台灣鏟頰魚之外，粗首鱨也有溯河之習性。在每年夏天雨季裡，許多中、小型的魚類也會自下游往上游溯河，以尋找較寬廣的棲息空間，因此常可見到魚類在急流處跳躍溯河的情形。

前述二種魚類游泳能力均極強，平常均可在流速達 $1.2\sim 2.0\text{m}/\text{sec}$ 之湍急河川中穿梭自如。台灣鏟頰魚（體長15公分）可跳躍達50公分以上，粗首鱨（體長10公分）則可跳過40公分以上。

目前的調查結果顯示，臺灣鏟頰魚之分佈最廣，在鹿角坑溪和馬槽溪合流點以上之大部份水域均可發現。褐吻鰕虎分佈情形大致相似，但以取水堰以下較多。另兩種粗首鱨和台灣石鱨則分佈在取水堰附近，以及略下游約二公里左右之河段為止。

每一種之形態特徵描述如下：

1 · 台灣鏟頰魚 *Varicorhinus barbatulus* PELLEGRIN
鯉科 Cyprinidae

俗稱：苦花、苦佷、齊頭佷

特徵：背鰭 $3 + 8$ ；臀鰭 $3 + 5$ ；腹鰭 $1 + 9$ ；側線鱗 $46 - 47$ ；咽頭齒 3行 $5 \cdot 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 \cdot 5$ 。身體延長而略圓，頭寬圓而稍尖；吻較短，圓鈍而突出。口寬而橫裂於吻之下方，略成弧形；上頷前方之吻褶頗發達，下頷呈鏟狀，具角質邊緣；有二對極小的吻鬚和頷鬚，不易察覺。體被中型圓鱗；側線完整，略下彎而沿體側中央直走。體背黃綠色，腹部淡白，背側鱗片基部具黑點；背鰭鰭膜末端為黑色，眼睛上半部呈淺紅色。

生態：本種的分布僅限於各河川上游，水溫低於 20°C 之河段，中下游則較少，或僅在冬季才能夠發現。東部河川之中下游因流急而水溫仍低，因此分布可達較低海拔（ 100m ）之溪流。主要以水底岩石之附著性藻類及水生昆蟲為食。可以長至 50cm 以上，體重超過 750g 以上，但平常僅約 $15\sim 25\text{cm}$ 左右。頗受釣魚朋友之喜愛。

分布：本種的分布甚廣，除恆春半島上之短小河川外，全省各地山區溪流的上游均有。

2. 台灣石鱮 *Acrossocheilus paradoxus* GUENTHER 鯉科 Cyprinidae

俗稱：石斑

特徵：背鰭 $3+8$ ；臀鰭 $3+5$ ；側線鱗 $40-42$ ；咽頭齒3行， $5\cdot 3\cdot 2-2\cdot 3\cdot 5$ 。

身體延長，側扁而略圓。頭稍大而尖。吻圓鈍，稍突出。吻褶止於上唇基部。口略寬，位於吻部下位，腹面視之略呈弧形。唇稍厚，上唇包住上頷，下唇則與下頷前端分離，左右之褶或靠近，或略有間隙。有鬚二對，頷鬚略長於吻鬚。體被圓鱗，側線完整而沿體側中央直走。體側黃綠色，腹部略白，體側具有7條黑色橫帶，尤以幼魚最為明顯，成魚體色愈黑，橫帶愈不明顯。背鰭鰭條間的鰭膜呈黑褐色，末緣紅色，胸鰭、腹鰭淡黃色，鱗片基部具小黑點。

生態：本種生活於各溪流中游，在水流急湍或較清澈之溪潭中，白天喜鑽入石縫中，夜晚則四出覓食，幼魚卻整天穿梭河岸石頭間。雜食性，主要以攝食石頭上的藻類，以及水生昆蟲。雌魚、雄魚的吻部均有追星，雄魚個體較小。通常可長至15~20 cm。魚卵有毒，如誤食會引起腹瀉、頭暈、嘔吐，應特別注意避免食用。

分布：本省西部各河川均極普遍分布，是本省特有種淡水魚類。

3. 粗首鱸 *Zacco pachycephalus* GUENTHER 鯉科 Cyprinidae

俗稱：溪哥仔、苦槽仔、闊嘴郎（雄）

特徵：背鰭3+7；臀鰭3+9；腹鰭1+7~8；側線鱗48~55。身體延長而側扁；腹圓，無肉稜；頭較大，吻突出；口大，開於吻端，斜裂達眼睛直下方；下頷前端向上翹起，上頷正中央則略凹入，上下凹凸相嵌，無鬚。體被圓鱗，側線完全而略向下彎曲。體背側略灰綠色，體側及腹部銀白色，雄魚兩側具有10條淺藍色狹長而不均勻之橫紋，雌魚則不明顯。各鰭條為淺黃色，背鰭鰭膜為黑色，胸鰭和腹鰭為橙黃色；臀鰭黃白色，如在繁殖季節則雄魚有追星出現，鰭條末端游離呈條狀。

生態：本種幼魚之時為雜食性，成長後轉為肉食性，喜食昆蟲、小魚及蝦，可以長至15~20 cm。本種分布極廣，自海拔一

千公尺以下之溪流至河口，各型水庫湖泊及流水之溝渠，均有其蹤跡。

分布：全省除花東兩地以外之河川、湖泊中均極普遍，是本省特有種魚類。

4 · 褐吻鰕虎 *Rhinogobius brunneus* TEMMINCK & SCHLEGEL

鰕虎科 Gobiidae

俗稱：狗甘仔

特徵：背鰭 VI，I + 8 ~ 9；臀鰭 8 ~ 9；縱列鱗 35 ~ 39。身體延長，頭部略平扁，後部略側扁；頭中大，兩眼位於頭頂，略突出；吻圓鈍而寬，唇厚；口開於吻端，大而橫裂，背鰭兩枚，第一背鰭略小，雄魚之第二、三棘略延長；腹鰭癒合成吸盤狀，後部不與腹部相連；尾鰭末端圓形。

身體顏色常因棲息的環境而有明顯的不同，有所謂橫斑型、黑色型、大黑色型、深藍色型、橘色型、中卵型及鑲嵌色型等等。這些不同型的族群，大部份可以在同一條溪流的不同棲所裡發現。這些不同型主要的區分包括不同的體型、顏色和生活史。目前有更進一步將之區分為不同種類的分法。

生態：有部份的褐吻鰕虎是終生在河川中生活，另有許多具有洄游之習性。雄魚會在河川中之石頭下築巢，卵則產黏附在石頭下方。魚苗孵化後順水流降至海中成長，經數月之後再溯入河川中生活。雜食性，極貪吃，通常不超過 10 cm 左右。本區之褐吻

鰕虎係屬於前者之生態習性。

分布：全省各地溪流中下游均極普遍。

(二) 魚道的設計

參考本區魚類之生態習性和溯河能力，以及考慮取水堰的規模，決定了補設魚道的一些規劃原則，其中之設計順序分別依序為（1）場所的選擇，（2）幅員（魚道的寬度），（3）魚道的形式，（4）隔壁的規模。其分析比較的項目和決定如表一所示：

表一：鹿角坑取水堰魚道規劃原則

設計順序	比較分析	決定
1、場所的選擇	a. 岸側或中央部：魚類都有沿岸側游泳上溯之習性，以岸側入口最容易吸引魚類。 b. 左岸或右岸：左岸之水流量較大，同時又有排砂道排出之餘水，可確保魚道入口處之充足水量。	1. 魚道設於左側（近引水口）

<p>2、幅員 (魚道寬)</p>	<p>a. 魚道幅員和水流量成反比；魚道愈寬時魚類愈容易利用，但是水流量會相對降低，魚類溯河跳躍有困難。</p> <p>b. 本溪流之枯水期水流量約為0.7 m/sec，豐水期則有3m/sec，平常堰頂溢流深僅5cm，因此魚道幅員須降低。</p> <p>c. 魚道幅員不得低於堰寬之3%以4%~6%為恰當。</p>	<p>2. 魚道幅員約為堰寬之5%，計100cm，並在外側增設一呼水路寬20cm。</p>
<p>3、魚道的型式</p>	<p>a. 平面式、導壁式或階段式：第一種形式適合於低落差，第二種形式適合游泳能力強的魚類；階段式則適合善跳躍及游泳者。本區主要的魚種台灣領魚和粗首均善跳躍及游泳力強。</p>	<p>3. 選擇階段式。</p>
<p>4、隔壁的規模</p>	<p>a. 台灣鏟領魚(15cm)游泳能力約1.2~1.5m/sec，跳躍高度約50~70cm。粗首鱸(10cm)適合之水流約0.8~1.5m/sec，跳躍能力約40~60cm。因此二隔壁之落差為魚類跳躍能力的基準。</p> <p>b. 限界流速=魚類游泳能力，最大流</p>	<p>4. 隔壁間高差為30cm，隔壁數10，切欠30(寬)x20</p>

<p>速在隔壁頂處，其流速 (m/sec) $=\sqrt{9.8 \times \text{限界水深}}$。限界流速以 1.2m/sec 為恰當。故限界水深約為 15cm。</p> <p>c. 本堰堤落差 3.3m，故隔壁數為 $(3.3 \div 0.3) - 1 = 10$</p> <p>d. 隔壁間隔配合魚道斜度，斜度如高 於 $1/6$ 則水流過強，以 $1/10$ 為恰當 。</p>	<p>(高) 隔壁間 270cm。</p>
---	---

照前項規劃原則所設計之魚道，其平面圖、剖面圖，結構縱剖面圖、橫剖面圖、擋板及鋼筋預埋圖等設計詳如附圖。

(三) 魚道功能試驗

(4) 魚道效益試驗的部份，在魚道竣工後，分別二次利用 $10 \sim 20$ 公分左右的台灣鏟頰魚和粗首鱸各百餘尾，進行魚類的利用試驗。魚類放流入魚道的第 $6 \sim 7$ 隔壁之內，再觀察其游動之情形。對於大部份魚類而言，上溯或下降利用魚道的每一個隔壁均頗快速，魚道的落差和水流速度均合於魚類之溯河能力。唯有最下方的隔壁（編號 10 ）下端，因魚道幅員加寬後水深較淺，對於魚類之上溯較困難。經實地改善測試後，認為將 10 號隔壁之擋板減低 10 公分，並將消能池三個階段（魚道的最後三階）的隔壁各加高 20 公分，只在右側保留 60 公分寬不加高的通水路。這個改善措施旨在提高消能池水深，以及集中水流的位置，可吸引更多的魚類進入魚道入口，並保障進入魚道內的魚，更能使魚類在上溯時有足夠的起跳水深。

(5) 由於取水堰的整體堤面係藉水平溢流的方式設計，魚道附加工程係在不破壞原有結構之原則下所構築，因此一般堤面的溢流水仍頗可觀。這些溢流水亦會匯流到魚道下端出水口附近，而容易混淆魚類溯河的方向，以及會長期沖蝕魚道的結構。因此爲了保固魚道的結構，以及導引魚類能順利找到魚道的入口處，可在魚道右側之側壁邊，投放較大型穩固的石塊，以分散堰頂溢流水的水流，並導引魚類上溯時，順利進入魚道之中。

肆 · 結論與建議

一、魚道的設計

魚道的設計乃係一項專門技術，不僅需要懂得魚類生態學的基本知識之外，尚需結合水利、土木工程、機械甚至是電機專門學識。有關這方面的技術在國內的引進較少，甚少有相關資料及經驗可供參考。雖然在一些工程設計手冊中（如水利局，1978，灌溉排水工程設計），略有提及魚道的設計概念及簡單例子之外，甚少有可供參考之資料。近年來在各方保育人士大力倡導保護溪流魚類的工作下，興建魚道的觀念逐漸受到重視。台灣各地在這幾年來，陸續由水利局，林務局等單位，在一些攔河堰、攔砂壩等工程上。加設了魚道的結構，但是有部份魚道的功效未能發揮，究其主要原因仍在於設計失當者居多。例如場所的選擇不當，魚道建在遠離主水流心的地方，無法經常確保放流一定水量，常成爲個乾枯的階梯而已，魚類根本無法利用。再者，許多魚道係建造於洪水頻繁，底質不穩固的攔砂壩之上，洪泛期所挾帶的巨石常常破壞了魚道的結構。這些不當的設計均係缺乏參考經驗所致。

1990年，日本岐阜縣舉辦了一次國際魚道研討會，這項會議在一個境內有數千座魚道（中村，1987）的日本召開，更顯示這項設計技術的重要性和待開創性。筆者自1985年受內政部營建署墾丁國家公園管理處之託，著手進行攔砂壩補設魚道的規劃研究，進而收集各先進國家有關的設計資料，以供本省相關設計的參考。並且多次出國考察魚道工程，吸收各項經驗。本次能夠實際進行一連串的規劃—設計—施工—效益評估等工作，所獲取之經驗頗多，相信對於日後類似的設計工作有相當大的助益。

由本研究的結果裡發現，日後在類似的水利工程興建時，應注意以下的問題：

（一）、建造任何水利工程設施，必須在施工設計之前，即應考慮保育河川資源所需的附屬設備（如魚道的興築）興建的需求性。例如本次魚道的補設工程係牽就於現有的結構，許多設計要件未能完全發揮。同時補設的工程費用遠超過一般正常工程的施工費用，更不合乎經濟原則。如本項鹿角坑溪取水堰工程在設計時，如將魚道的設計和排砂道一併設計，將更能有利於兼顧取水和保育的雙向功能。

（二）、本省有關洄游性淡水魚類之基本生態資料相當缺乏，同時對於各河段魚類相及其分佈狀況的調查資料仍嫌不足，對於河川工程地點周邊的生物基本常識不足，常是無法支援工程設計的一大困擾。因此，如何加強本土性溪流生物的生態研究，將關係到日後協助工程界進行保育工作的成敗。如果有更多魚類洄游生態的資料可供工程設計單位參考，相信這些魚道等附屬工程將會被自自然然的被考慮在設計案之中。

(三)、雖然魚道工程的技術在國外已發展了百餘年，但是項工程會因為河川環境的不同，使用對象魚種的不同，而無法全盤的採用國外的設計方式，必須再斟酌國內的各項環境及生物條件，才可以設計出符合本省溪流魚類應用的魚道。因此，應該積極的將本省以往所有的魚道設計案例加以彙所集整理，就各項設計的理論基礎、施工方式、應用效益等方面進行檢討，這些實務經驗將可以真正的提供給國內相關單位的參考。

二、魚道的經營與管理

鹿角坑溪取水堰魚道的設置均已完成，為了使魚道的功能發揮到最大的程度，應該在管理的工作互相配合。本魚道的主要使用對象魚種（台灣鏟頰魚、粗首鱈和台灣石鱈）的溯河季節，大都是在產卵期。由於魚類為了能夠達到最佳繁衍效率，其產卵期的韻律早已和自然氣候條件，形成一個相同節奏的脈動。諸如台灣鏟頰魚等洄游性魚類的產卵期，必定和當地的豐水期互相吻合。這些洄游性魚類必定在豐水期才上溯至產卵場或棲息地，以便順利的度過產卵及魚苗孵化、成長等最危險的生活期。因此本地魚類主要的洄游季節大都集中在每年的二至三月、五至六月、以及十至十一月等三個季節。其中最重要的產卵季節分別是二、三以及十、十一月等二個季節。這二個季節都是本區水流較豐沛的時候，除了正常的抽水之外，尚有相當多的溢流水。為了能使魚道中保持在最大水流量，儘量商請自來水事業處駐站值班人員，在取水堰主堤上有溢流水時，即將魚道的活動擋板放下，以使大部份溢流水集中經由魚道流出。

除了豐水期之外，魚類的洄游活動甚少，並不會大量利用魚道的設施。爲了兼顧取水的實際需求，可暫時關閉魚道之水流。唯需注意過長時間的乾燥會使隔壁木板容易產生龜裂而損壞，因此可適度的放流少量之水，以保持魚道結構的完整。

由於魚道設施係位於水源用地，平常人爲干擾較少，不必另外設計管制措施，只需於每年颱風季節之後（約在十月間），檢修隔壁及活動擋板等機械設施之完好性即可，並順道清除每一階段內之沈積物。

鹿角坑溪近年來由於保護得當，今年已在全部河段中都可發現數量極多的魚、蝦、貝、水生昆蟲等動物，是本省其他地區溪流中不易見到的豐富生物相。由於本區環境條件特殊，並不適合大規模開放給一般民眾利用，因此建議繼續加以管理和保護。但是本區之豐富資源極具有教育宣導之價值，如有完善的設施和導引，可以將魚道的設施，配合溪流生物生態之介紹，可做爲各級學校同學見習的野外溪流生態教室，同時亦可考慮讓一般社會大眾親自在保護區裡，看到生態保育的措施和成效，真正落實保育及宣導教育並重的目標。

謝 誌

本項研究得到內政部營建署陽明山國家公園管理處劉慶男處長，保育研究課和工務課同仁們大力協助，以及台北市自來水事業處工程總隊設計科提供詳細資料，周鎮潔建築師事務所同仁等協助繪圖，台大動物系魚類研究室李植堅、王慎之等先生之協助野外工作，始能完成所有工作，讓鹿角坑之溪魚得以自由上下本溪取水堰堤之障礙，實應特予誌謝！

參考文獻

- 1、台灣省山地農牧局編，1982
台灣省防砂壩工程調查報告，170頁+9圖。
- 2、沈世傑、曾晴賢、李植堅，1989
鹿角坑溪魚類放流及生態研究，
陽明山國家公園管理處印。
- 3、陳茂生，1978
魚道。
農復會特刊新28號；灌溉排水工程設計（上）：166~167。
- 4、陳昭明、曾晴賢、劉吉川、1985
鹿角坑溪水源開發計劃生態景觀環境影響評估。
台大森林研究所印，97頁。
- 5、曾晴賢，1981
急湍中的魚類生態。
科學月刊，12（6）：17-21。
- 6、曾晴賢，1986
欖仁溪攔砂壩之魚道規劃設計研究。
墾丁國家公園管理處保育研報33號，52頁。

- 7 · 曾晴賢、1986
台灣の淡水魚類
台灣省教育廳自然科教叢書 1 2 號，1 9 8 頁。
- 8 · 曾晴賢、李淑珠譯，1987
魚道の設計指南及案例，中國水產，4 1 9：2 1 - 2 8。
- 9 · 楊萬全等，1988
陽明山國家公園水資源調查研究。I：各流域水之特徵之調查研究。
陽明山國家公園管理處印，7 6 頁。
- 1 0 · 闕狀狄、鄭枝修、張瑞欣，1987
櫻花釣吻鮭魚道勘查規劃。
農委會 7 6 年生態研究第 0 0 7 號報告，5 3 頁。
- 1 1 · 花坂和男，1 9 8 5
生態系保全區目的とした護岸。
淡水魚，1 1：5 2 ~ 5 4。
- 1 2 · 加藤精一，1 9 6 8
魚道および魚梯。
日本水產資源保護協會印行，6 1 頁。

- 13・加藤精一，1973
魚道設計圖集。
電源開發株式會社用地部，107頁。
- 14・川那部浩哉，1969
川と湖の魚たち。
中央公論社印行，196頁。
- 15・小山長雄，1965
魚道をめぐる諸問題，I、文献篇。
木曾三川河口資源調査團，77頁。
- 16・小山長雄，1967
魚道をめぐる諸問題，II、解説篇。
木曾三川河口資源調査團，96頁。
- 17・小山長雄，1978
アユの生態。
中央公論社，176頁。
- 18・小山長雄，1979
魚のぼらぬ魚道
淡水魚，5：1～8。

- 19・小山長雄，1981
溪流魚の魚道。
淡水魚，7：1～6。
- 20・小山長雄，1982
魚道の診断と設計。
日本河，24：39～55。
- 21・小泉清明，1971
川と湖の生態。
共立出版社印行，168頁。
- 22・水野壽彦編，1978
動物生態の観察と研究。
東海大學出版會印行，359頁。
- 23・水野信彦，1980
中流域での河川改修の問題點と對策。
淡水魚，6：1～7。
- 24・水野信彦，1985
中流域での河川改修の改善策（續）。
淡水魚，11：39～45。

25・水野信彦編，1987

内水面漁場環境，利用實態調査報告書。

日本全國內水面漁業協同組合連會印，265頁。

26・佐伯靖彦，1976

魚道，

つくる漁業の技術，：182～189。

27・白石芳一，1969

魚道，

つくる漁業：197～211。

28・高橋剛一郎，1985

河道の改修が魚類の生息環境に與える影響。

淡水魚，11：46～51。

29・東京都水産試験場，1983

多摩川における魚道効果調査—I、「調布取水所防潮堰魚道」。

東水試研報，163：1～28。

30・東京都水産試験場，1984

多摩川における魚道効果調査—II、「ニケ領河原堰魚道」。

東水試研報，175：1～37。

- 3 1 ・ 河川環境管理財團編，1983
解説，河川環境。
山海堂，298頁。
- 3 2 ・ 編集部，1985
農具川における河川改修のモデルコース
淡水魚，11：59～60。
- 3 3 ・ Bell, M.C., 1986
Fisheries handbook of engineering requirements &
biological criteria. Fish Pass. Dev. Eval. Pro., 290 pp.
- 3 4 ・ Lanken, D., 1986
Helping eels over the dam.
Canadian Geographic Mag., :68-73
- 3 5 ・ Loepfe, R., etc. 1982
Hochwasserschutz an Fließgewässern.
Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, 77 pp
- 3 6 ・ Payne, N. F. and F. Copes, 1988
Fishways,
In Wildlife and fisheries habitat improvement handbook.
Published by U. S. Department of Agriculture, 1:70-78

3 7 · Plattes, W.S., etc. 1983

Methods for evaluating stream, riparian, and biotic conditions. Gen. Tech. Rep., 70 pp.

3 8 · Reid, D.A., 1981

Design of a replacement eel ladder at the R. H. Saunders generating station, Cornwall, Ontario. Presented at the 22nd Ann. Meeting of the Canadian Soc. Envir. Biologists, 7pp.

3 9 · Seaman, E. A., and L. W. Davidson, 1974

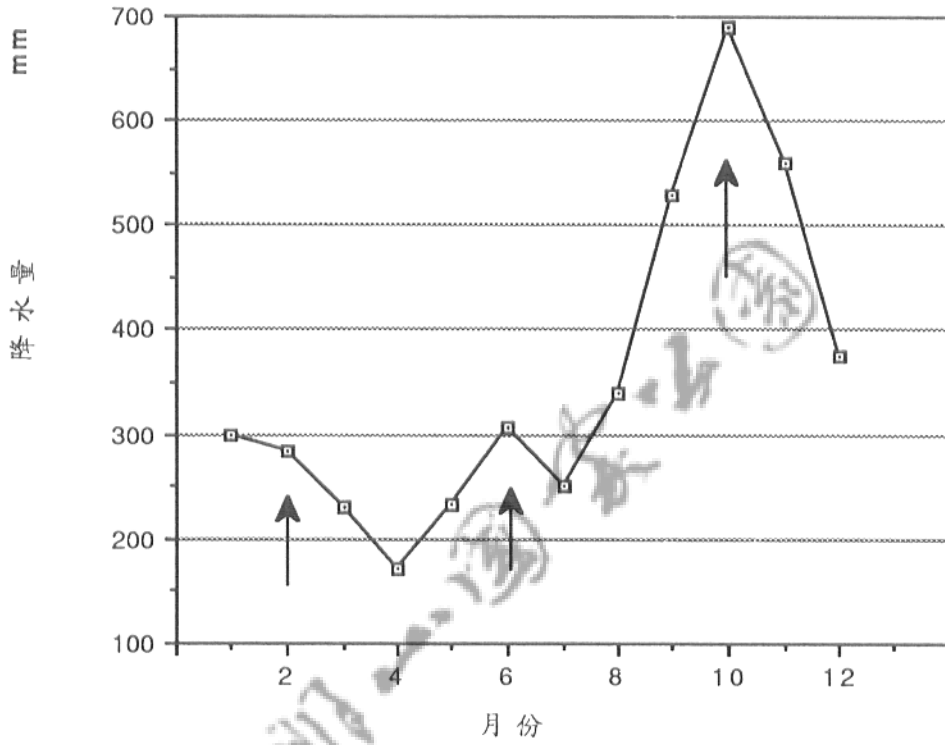
Ecological and environmental considerations. From: Design of small dams. Publish by U. S. Dept. Interior, Bur. Reclamation. :21-36.

4 0 · Templetion, R. G., 1984

Freshwater fisheries management.
Fishing News books Ltd., 190 pp.

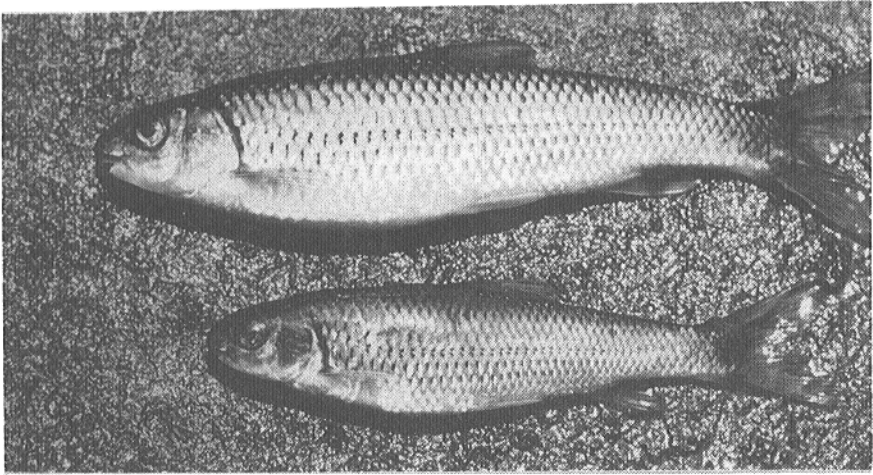
4 1 · Tzeng, C.S. 1986

Distribution of the freshwafer fishes of Taiwan.
Jour. Taiwan Muus., 39(2):127-146.

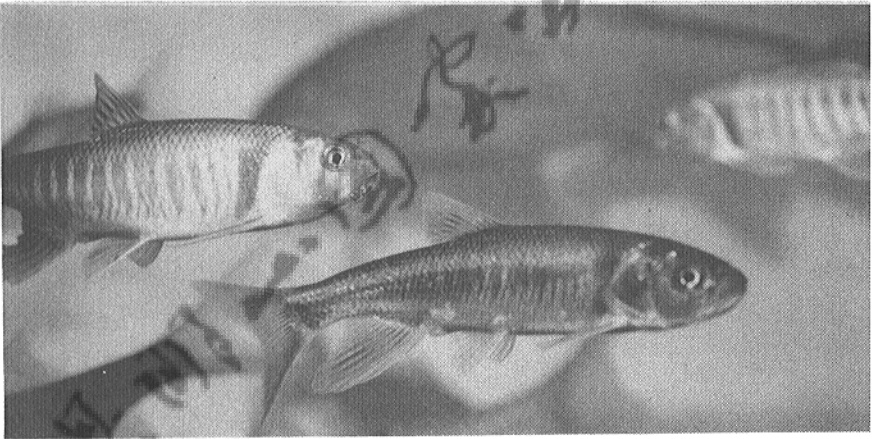


圖：鹿角坑取水堰的月平均降水量（mm）變化圖。

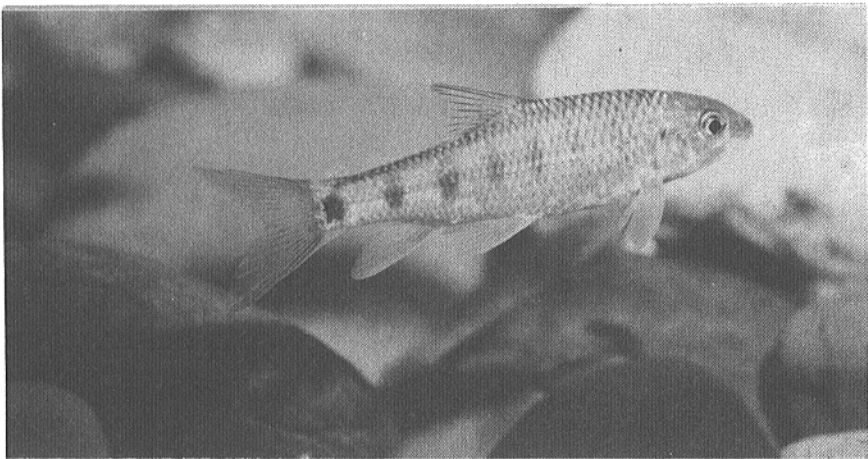
箭頭所示之處為魚類主要之產卵期，可看出其周期變化和本區的水文息息相關。



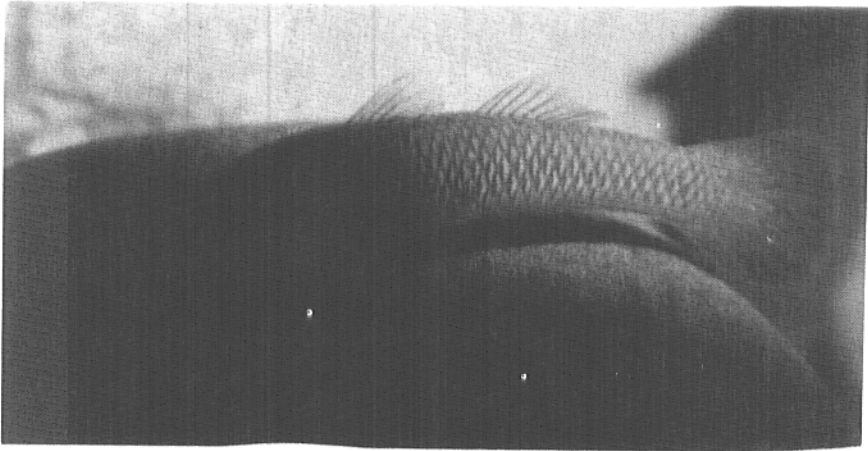
1. 台灣鏟頷魚之二年(下)及三年(上)魚體型。



2. 粗首鱮的雌魚(中)和雄魚(左)。



3. 台灣石鱮。



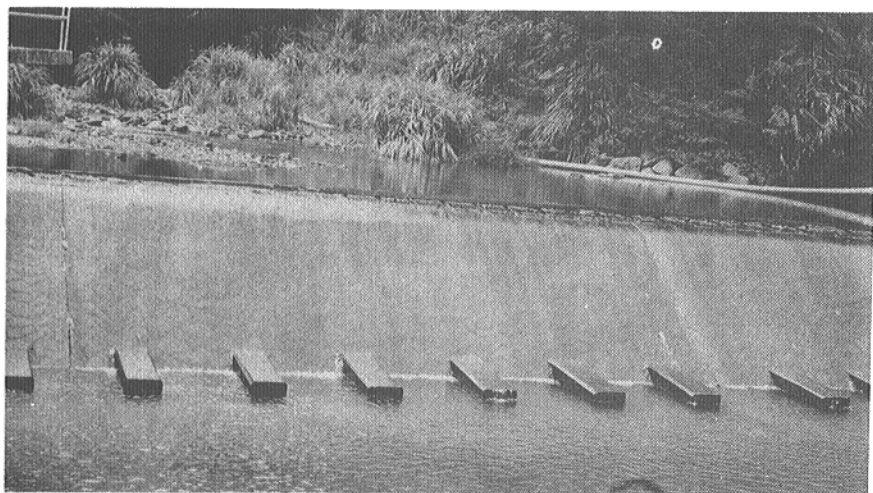
4. 褐吻鰕虎。



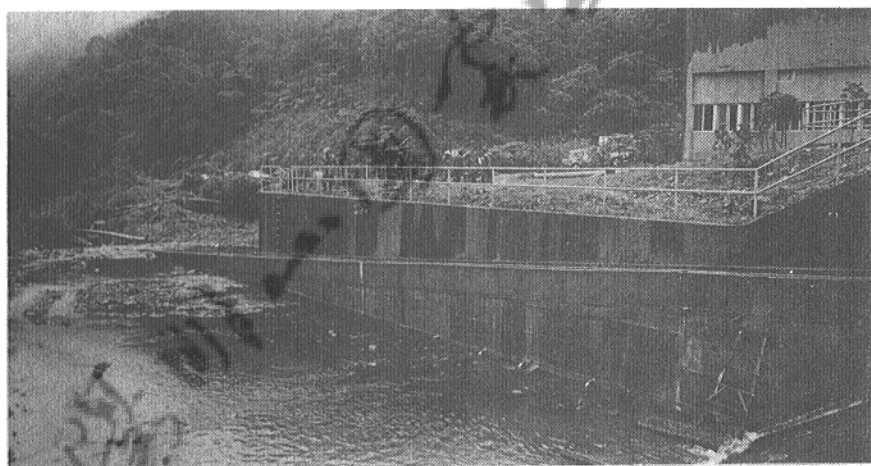
5. 鹿角坑溪取水堰和第一加壓站。



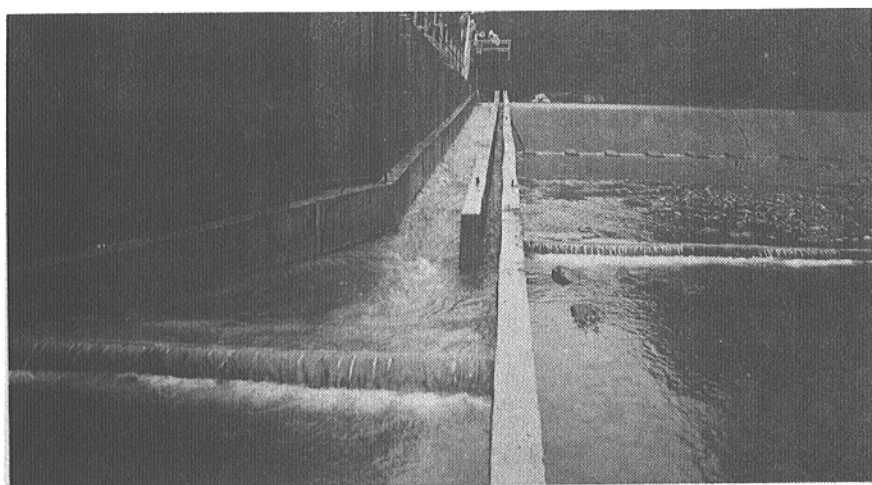
6. 鹿角坑溪。



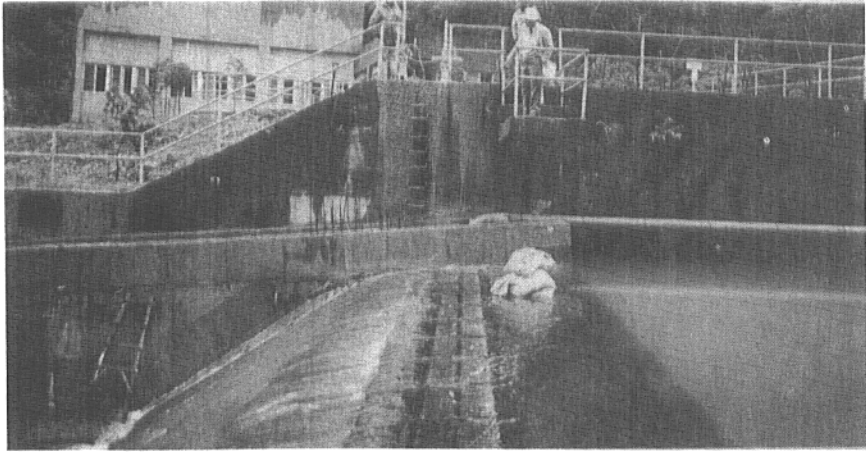
7. 鹿角坑溪未設魚道前之取水堰取水堰主堤。



8. 取水堰之魚道結構 (I)。



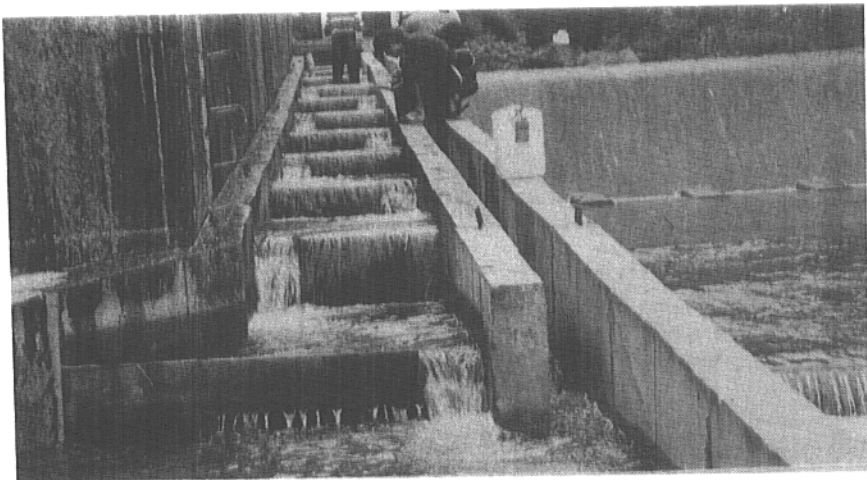
9. 取水堰之魚道結構 (II)。



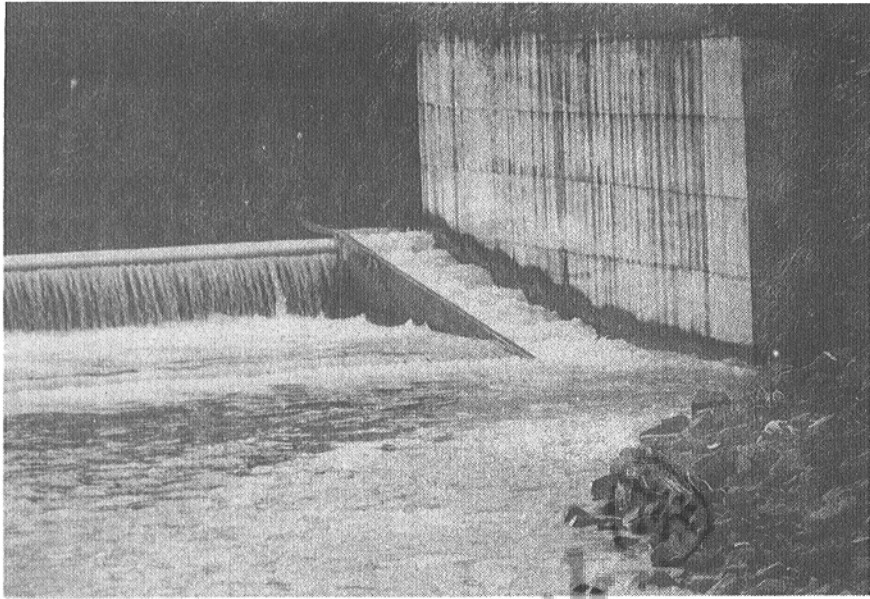
10. 魚道的入水口和取水堰之堰頂



11. 魚道的結構 (III)。



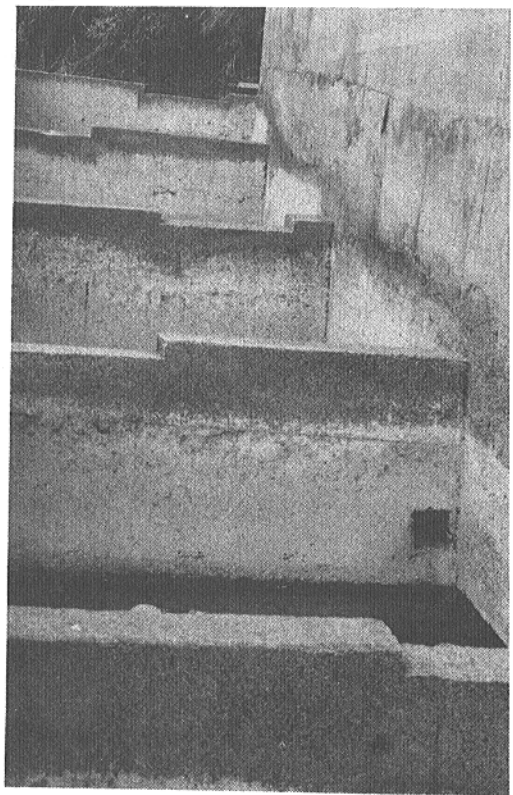
12. 魚道之功能測試。



13. 水利局建於坪林攔水壩上面之魚梯(右側)。



15. 新店溪桂山魚梯的入水口水位調整板結構。



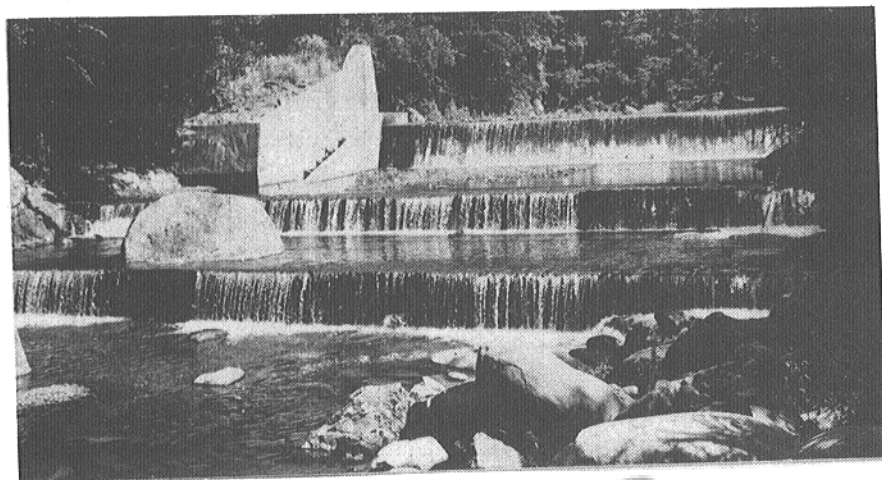
14. 坪林魚梯的隔壁結構。



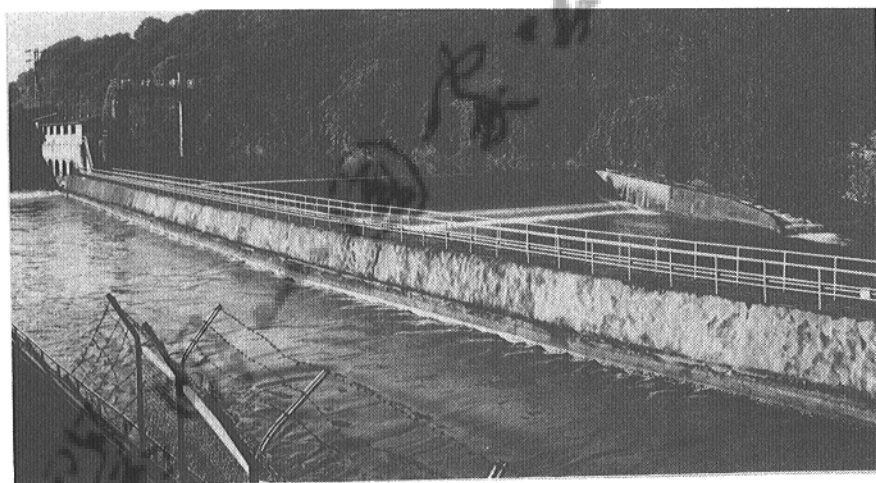
16. 新店桂山魚道的隔壁結構，
本魚道是台灣最早興建的魚道



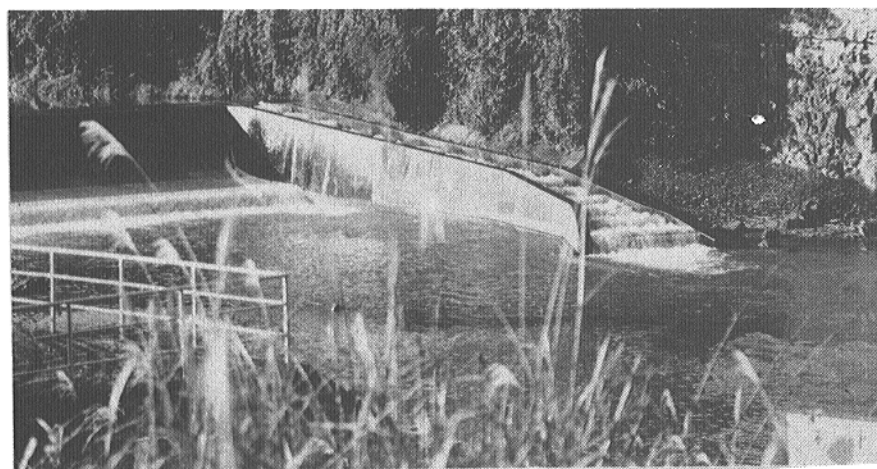
17. 東京多摩川防潮堰的魚道，原設於中央的魚道
效果不佳，後來在其右側設一新的魚道效果較好。



18. 台北烏來福山村南勢溪上的一處攔砂壩，魚道在遠離主流的位置，平常沒有水流，而且僅建了一年即遭山洪破壞。



19. 日本山形縣的魚道設在遠離公路的一邊。



20. 日本山形縣的魚道魚道中的水流較一般溢流水之流量還要大。

統一編號

02214805190

陽明山國家公園