

櫻花鈎吻鮭魚道勘查規劃

Survey and Planning of Fish Way
for Land-Locked Salmon (*Oncorhynchus masou*)

關壯狄

鄭枝修 張瑞欣

中華民國七十六年七月

計劃編號 (76農建12.2-林42(8))

誌 謝

櫻花鈎吻鮭之魚道勘查規劃計畫承蒙農業委員會之鼎力支持及提供研究經費，始得蒐集有關國外之魚道資料研究，同時得派人實地瞭解櫻花鈎吻鮭之棲息環境與習性，本社謹此深表謝忱。再者本項計畫進行中，屢蒙農業委員會漁業處袁處長柏偉、李副處長健全、農業委員會自然文化景觀審議小組張委員崑雄、台灣大學林教授曜松等先生關注與指導在此特表謝意外，本項工作勘查期間，臺灣省水產試驗所鹿港分所余分所長廷基陪同實地會勘及提供寶貴意見，臺灣省漁業局李技士治中提供資料、本社工程部游工程師禎欣、陳工程師昌生參與研究設計，以及櫻花鈎吻鮭復育中心，諸位工作人員之熱心協助，使報告順利完成，在此一併致謝。

摘 要

經過實地踏勘發現七家灣溪流域的防砂壩等，其環境頗為複雜，對於只限於大甲溪上游在水溫 16°C 以下水域棲息，又在產卵時期並無明顯的遷徙跡象，只在溪流較深砂礫地可隨意產卵的台灣櫻花鉤吻鮭而言，選擇在七家灣溪現有防砂壩間設置「魚梯」是否合理適當？頗值得進一步深入七家灣溪上游及鄰近之溪流踏勘研究之必要，又關於櫻花鉤吻鮭的生態，尤其對於不同流速及流量之活動情形，尚欠詳細資料，故為爭取時效經本社先行設計「小型混凝土階梯式魚梯」乙種提供編列預算，請由水產試驗單位先行試驗，並將所得經過供為將來設計魚梯之依據，同時建議在下（77）年度繼續進行，俾對應否建造魚梯有所決定。

目 錄

誌 謝	I
摘 要	II
第 一 章 前 言	1
第 二 章 櫻花鈎吻鮭之生態，分布及習性	1
第 三 章 魚道、魚梯之定義與目的	6
第 四 章 魚道之發展經過	6
第 五 章 魚道設置之必要條件	7
一、要有效將溯河魚類誘導至魚道	7
二、要有良好的通水條件	7
第 六 章 魚道設計之基礎資料及調查事項	7
一、關於有溯上習性魚類之基本資料	7
(一)溯上時期	7
(二)溯上魚類之游泳能力	7
二、調查事項	9
(一)生物調查	9
(二)土木調查	9
第 七 章 魚道之設計條件	10
一、鮭、鱒魚類之魚道	10
二、香魚之魚道	10
三、鰻魚之魚道	12
第 八 章 魚道之寬度及高度要求	13
一、魚道之寬度	13
二、魚道側牆的高度	13

第九章	取水施設平面圖	14
第十章	有關水理學之各項問題	15
第十一章	魚道之種類及構造	17
	一、魚道之種類	17
	二、魚道之構造	17
第十二章	設置櫻花鈎吻鮭魚道之建議事項	28
	參考文獻	30
	附錄	31
	一、日本北海道鮭、鱒魚類魚道，魚梯設計概略圖	33
	二、七家灣溪流流域實地勘查經過圖	43
	三、圖片目錄	45
	四、實驗魚梯工程規劃圖及工程估價表	51

櫻花鈎吻鮭魚道勘查規劃

第一章 前 言

政府爲保護台灣稀有動物，不致於滅絕，遂於75年6月20日由行政院農業委員會文化景觀審議小組召集有關單位及學者專家，研議保護措施及復育工作，同時決議辦理，「櫻花鈎吻鮭保育計畫」乙種，以二年期限委由台灣漁業技術顧問社，先就櫻花鈎吻鮭之溯河洄游，勘查魚道及魚梯之設施地點，以利該種溯河洄游，而達成資源維護之目的，着手進行工作。因本項魚道、魚梯資料，在本省係屬罕有少見，乃一方面積極向日本及加拿大等國家蒐集資料分析研究，另一方面由本社組織調查隊，深入大甲溪七家灣溪流域實地踏勘，以爲將來設計魚道，魚梯之參考。茲將一年來本社工作人員魚道勘查及資料分析結果，提出書面報告於後：

第二章 櫻花鈎吻鮭之生態分布及習性

一、到現在爲止我們所知道的範圍以內，台灣產的鱒魚只侷限棲息於大甲溪上游地區。然而山地管轄區以外的地方，除了少數警察之外是不方便自由旅行的。因此只根據早先的調查研究資料，來推斷其範圍雖是很難，但推想還是有值得調查之餘地。尚且，關於本省諸溪流中，爲什麼鱒魚只分布於大甲溪的原因，「請參考大島正滿（1936）的

※本文第二章櫻花鈎吻鮭之生態分布及習性，其「魚」之名稱，有用「鱒」者係參考林曜松教授之日語譯文，其實林教授所指之「鱒」係與本文所稱櫻花鈎吻鮭同一種類，爲免讀者誤解，特此補充說明。

報告」。分別將在大甲溪上游，太保久（松茂）派出所附近溪流的會合處上游，高山鱒魚的棲息狀況略述如下：

合歡溪：在此分布的魚群密度並不大，可是由環山部落至望洋部落一帶，沿路上之河流中可見到山胞用筊捕魚，漁獲不少，在下游河流會合點附近以下，夏季時水溫太高，看不見鱒魚的分布。到福壽山，松嶺派出所附近才有鱒魚出現。

南湖溪：這條溪流與下游溪流會合點附近的水溫也高，夏天看不到鱒魚，而上游地區與山胞之部落相差很遠，有關鱒魚的事並不清楚。

司界蘭溪：水量豐富，魚類也多，大型魚也多，當地山胞最常在此捕魚。

七家灣溪：這條溪流水量最為豐富，水溫也比其他溪流低。魚類分布最多，是環山部落山胞之捕魚區。志良節派出所人員用投網方式捕捉，一人一夜漁獲十五斤並不算稀奇。

有勝溪：在大甲溪上游的諸多溪流中，這條溪水量最為缺乏，河床傾斜也最緩。過去魚類好像甚為豐富。由於漁獲甚為容易，濫捕的結果，現在數量已極為稀少。

依據民國二十五年七月與十月及民國二十七年四月的調查，這些魚好像是要在水溫 16°C 以下的水域中棲息。夏季太保久（松茂）派出所附近各溪流會合處之水溫超過 17°C ，因此從會合點以下的下游區是看不見鱒魚的棲息。然而自十月底起至次年四月中旬時之水溫比夏季時要低二度左右。因此在各地水溫都低的冬季，鱒魚的分布想像中是有可能擴大其棲息區域的。事實上，在太保久（松茂）以下數里的下游區，梨山附近便曾有稚魚出現的報告。觀測水溫如下表：

鱒魚在十月至十一月間進行產卵。生殖腺方面，似乎大型魚是有早成熟，小型魚晚成熟的現象。據調查，發現二年魚（相當於卵孵化後三年），已完全產卵完畢。但是一年魚（相當於卵孵化後二年）則

尚未開始產卵。就調查結果顯示一年魚一尾的抱卵數在 200 個左右，這些個體的體長在 160 mm 左右。而二年魚的體長可達到 200 mm 以上，其抱卵數也可能有顯著地增加。成熟卵的直徑約 3 mm 左右，呈鮮黃，略帶一點紅色。

觀測地點	觀 測 時 間	水 溫 (°C)	摘 要
G 點	A.M. 11:30	17.2	7 月觀測
	A.M. 10:00	14.0	10 月觀測
H 點	A.M. 6:00	16.0	7 月觀測
I 點	A.M. 10:00	15.3	7 月觀測
J 點	P.M. 0:30	15.1	7 月觀測
K 點	週 日	12.2 / 12.8	10 月觀測
L 點	P.M. 3:00	14.3	10 月觀測
L 點	A.M. 10:00	16.1	

依大島正滿的記載，在大甲溪上游的有勝溪，鱒魚有固定產卵場，九月中旬至十月下旬間，鱒魚會自下游的深水溯河而上產卵。但是這種現象，我們並未發現過。在有勝溪溪底砂礫地帶有許多地區很適合魚產卵。由於產卵期間，七家灣各溪會合點附近之水量減少，河床差不多露出水面，鱒魚溯河相當困難。而且所見之處，並未見到大甲溪的鱒魚有移動洄游的事實，在產卵期間牠們是到處隨意產卵。民國二十五年十月調查報告，在有勝溪連一尾鱒魚也採不到，在七家灣溪和司界蘭溪等深淵直下方之砂礫床（砂礫直徑 1 mm 左右），曾觀察到一對雌雄及雌一尾配雄二尾，乃至於三尾的魚相互配對，而有產卵的現象，同時也曾採到二十多尾種魚。有關稚魚的資料並不完全。依據當地派出所警察官的說法，三月左右三公分大小的鱒魚在河川下游的環山部落附近出現。

在大甲溪出現的鱒魚，其天然餌料主要是以昆蟲的幼蟲爲主，有關這點，在上野益三先生的報告中有所記載。而且，上野的報告也記載有大甲溪產的鱒魚其寄生蟲與日本北海道產的鱒魚有許多共同之處。

三 七家灣溪位於大甲溪上游，發源於大雪山、桃山溪之溪流合流而成，在志良節又與雪山溪合流，沿岸周圍多爲高山聳立，樹林繁茂成蔭，高山大部由剝落的黏板岩及砂岩所形成，河床泥質甚少，其傾斜度及溪水流速均爲緩慢，溪水清澈見底，大甲溪上流各水系包括七家灣溪之水溫，在夏季均可保持 16.7°C 以下，每至冬季水溫普通下降，水量周年充沛，因此櫻花鉤吻鮭之棲息水域隨之擴大分布，陸棲及水棲昆蟲類構成了溪水流域的主要動物群，由於各方面的因素，自然促成了，櫻花鉤吻鮭的繁殖不息。

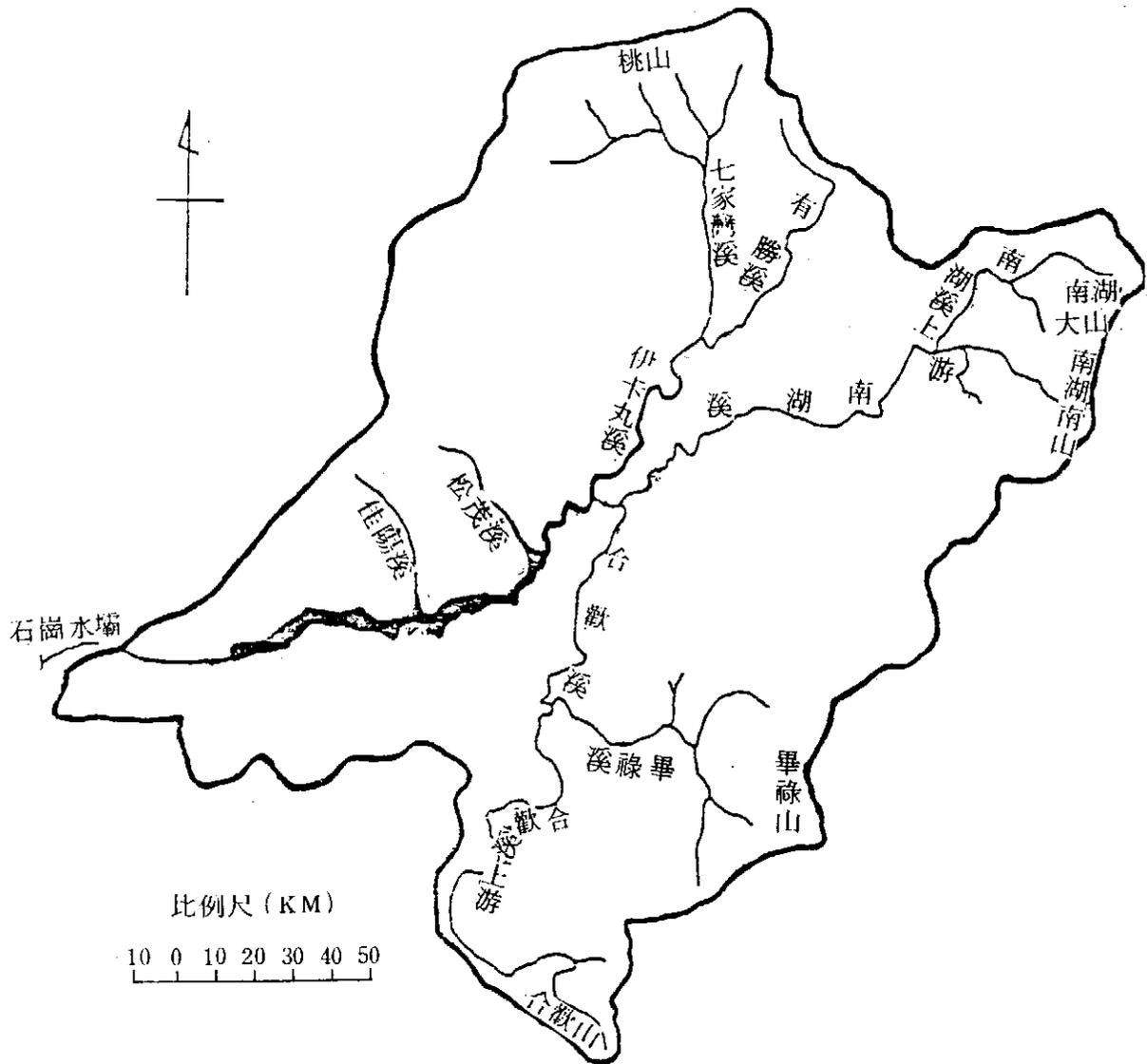
三 櫻花鉤吻鮭爲一喪失降海性而保持幼魚型的陸封魚類，一生當中均有具備暗褐色斑紋 (Parr Mark) 在生殖時期不甚顯明，體色不一，產卵期約在十月上旬至十一月下旬之間，在此期間並無顯著的生殖移動，而在溪流中深淵砂礫底可見隨時產卵。

據民國47年10月間台灣省水產學會特刊報告於桃山溪 (海拔1,900公尺) 調查所得櫻花鉤吻鮭均以攝食昆蟲類之水棲幼蟲爲主，其中毛翅目 *Leptoceridae* 幼蟲達23%，積翅目 *Peridae* 之幼蟲佔17%，蜉游目 *Bactidae* 佔13%；陸棲昆蟲均爲膜翅目，其中以蟻之一種竟達17%之多。

生殖期——雄性櫻花鉤吻鮭；吻部比較伸長，其比例爲眼徑之1.5倍至1.9倍，其他不詳。

自體長78 mm至230.5 mm櫻花鉤吻鮭63尾個體中，解剖觀察結果，雄性24尾，雌性39尾，比例爲雄性38.1%，雌性61.9%。成熟情形：體長143 mm (二年魚) 之抱卵數爲178粒，其卵徑約4.4 mm，體長230.5 mm (二年魚) 之卵徑約5.3 mm抱卵數約750粒左右

，卵爲分離沉性卵而深黃色（ Formarin 固定色 ）各卵粒均爲完全成熟。



櫻花鉤吻鮭分佈圖

(本圖摘自德基水庫水土保持第二期整體規劃報告)

第三章 魚道、魚梯之定義與目的

魚道：即因河川上有瀑布或設置堰堤，魚類無法逆水溯上流時，在河川上做一條水路，使其順利通過之設施，叫做魚道。

魚梯：屬於魚道之一種，又稱水路式魚道，即在河川上施設各種檔流板、阻柱，或隔牆以減少流水水勢，使魚類容易溯水上游之設施，叫做魚梯。

目的：魚道設施是提供鮭、鱒、香魚、鰻魚等有溯河性質之魚類，使其順利溯水上游為目的。

第四章 魚道之發展經過

依據日本白石博士說，日本的魚道發展經過，可分為四個階段，即自然魚道時代，農業治水堰堤時代，發電用堰堤時代及河口堰堤時代。但自從農業治水堰堤時代起，因早建農業用水堰堤已老化經多次修繕以及河床變形改善等關係，魚道尚存有許多問題等待解決，所以日本自從 1920 年代開始研究魚道以來，尚未有一個魚道之設計基準確立。雖近幾年已開始從香魚、鰻魚之生理、生態等習性問題開始蒐集資料研究，將來是否可以確立魚道之設計標準，乃是大家所期待。

第五章 魚道設置之必要條件

一、要有效將溯河魚類誘導至魚道

因一般溯河性魚類，從海裏溯河時，均沿着較小流速、流量之河川兩岸溯上，但溯上時極易被較大流速流量所誘導改向，故為使魚類不被誘導改向，在魚道入口附近增加流速，流量，則可防止誘導作用，可是進入魚道之魚類因流速，流量之增加，反爾影響其溯河速度，故為求兩全其美之方法，在魚道入口之前後設置放水路「補水」予以調整，乃是在河川兩岸設置魚道時，首先應予考慮的必備條件。

二、要有良好之通水條件

將誘導至魚道入口之魚類，使其有效溯上是極重要的事項，所以通水條件必須良好，而其條件則決定於魚道規模，構造、對象魚之游泳力，溯河時期之河川水量等因素而異。

第六章 魚道設計之基礎資料及調查事項

一、關於有溯上習性魚類之基本資料

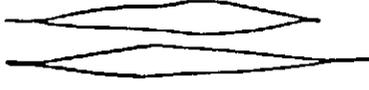
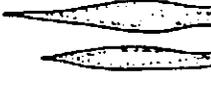
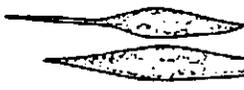
(一) 溯上時期

主要魚類之溯上時期如圖 1，所以溯上時應配合洄遊時期而妥予管理魚道。就一般情形言之，鰻魚多在夜間，鱒魚在晨早，香魚多在下午溯上。

(二) 溯上魚類之游泳能力

1. 鮭、鱒魚類：因係產卵洄游所以種魚溯上，故其游泳能力相當大，魚道之水流流速條件應以不超過 1.5 m/sec 程度為宜。

2. 香魚：因係在體長 5 ~ 10 cm 稚魚期溯上，所以流速在 1 M/sec

(溯上)	鰻	日本海側 太平洋側	
	香魚	日本海側 太平洋側	
	鱒魚	日本海側 太平洋側	
	鮭魚	日本海側 太平洋側	
(降下)	鰻	日本海側 太平洋側	
	香魚	日本海側 太平洋側	
	鱒魚	日本海側 太平洋側	
	鮭魚	日本海側 太平洋側	

(月)

〔註〕白：稚魚、點：成魚、黑：種魚。

圖 1

以上，則有半數未能溯上而會被流下，此「值」為香魚溯上游泳的最大流速界限，香魚對流速如在 125 cm/sec 時最多只能停滯10秒鐘，因此可以推定香魚最適宜流速為 $40 \sim 60 \text{ cm/sec}$ 。假設如魚道內之流速保持如上所述，則 100 M 長之魚道約在30分有半數以上之香魚稚魚

溯上，所餘半數之香魚稚魚須俟 2～3 小時後才能全部溯上，又香魚稚魚之跳躍據觀察，在流水中最高為 77 cm，一般為 62～68 cm，在靜水中平均跳高為 38 cm，所以流水中之跳躍比靜水中大。

3. 鰻 魚

鰻魚與香魚同樣在稚魚期溯上稚魚在體長 5.0～6.2 cm 時其流速最大界限在 59 cm / sec，最適當流速為 20～40 cm / sec。按鰻魚之習性只要有潮濕或少量之水流均可溯上。又鰻魚有匍底及向側面爬行之性質，故傾斜之木棉瓦板只要有些水分即可爬上，而體重在 2.9 gm 以下者對於垂直的牆壁亦可爬行。

二、調查事項

(一) 生物調查

溯上魚類的溯上時期如圖 1 情形，但因地方及河川情形而多少有差異，所以溯上時期及時間，魚類之通路、魚類之大小、數量等之調查確有必要。尤其對溯河時期之河川現況，水位、河床情形以及障碍物（如岩盤、物件等）之分佈地點應特別加以詳查。

(二) 土木調查

首先要明瞭預定設置魚道之河川流量及堰堤（壩 Dum）或建造於河流上游之水壩之實際水位調節情形及該河川今後之計畫外，關於潮汐對河口堰堤之影響，如水位、水溫、塩分濃度等變化，以及所選定設置魚道地點之地形、水深、水流情形（包含部份之強大亂流、渦流、湧昇情形等），河床變動等。不無與魚類溯上關係重大，應事先調查測量清楚。

第七章 魚道之設計條件

魚道之設計條件雖與對象魚種，設置之河川與場所等均有不同的考量，在此僅將一般之條件列述於後：

一、鮭、鱒類之魚道。

(一)流速：一般之魚道不管如何控制，其最大流速要求應在 1.5 M / sec 以下。

(二)水深：各池之大小設計其最低要求長度為 2.4 M，寬度為 1.8 M，深度為 0.9 M，但依據 CLAY (1961 年)，報告其體重在 1.8 kg 以上之鮭、鱒類所必要之設計長度為 3 M、寬 2.4 M、深 0.6 M 以上，因此魚道水深最低要求應為 0.6 ~ 1.0 m。

(三)落差，魚道各池之落差，如鮭魚時，其最大要求不超過 30 ~ 40 cm 為宜。

(四)若以檔流板來減輕水流流勢，作為鮭魚的通路，則其所必要之牆與檔流板之間隙之寬度至少應要求 30 cm 以上為宜。

(五)據 VAN CLEVE 1951 年之報告，在美國西岸之鮭魚魚道之坡度設計 (傾斜度) 為 1 比 16。

二、香魚之魚道

(一)據日暮 1915 年之報告：關於香魚之魚道其應具備條件如下：

1. 香魚在 12 時 ~ 16 時溯上活動最盛，但有不喜昏暗之習性，所以魚道儘量保持明亮為宜。

2. 魚道之出水口應設置在香魚之群集溯道場所 (如有瀑布地方)。

3. 魚道之設計採用階段式或斜面式均可，但是魚梯無法伸長之場所，則宜採用階段式，而其坡度應保持 1/5 程度為宜。

4. 集魚處：長度 90 cm，深度 30 cm，隔牆溢流為 9 ~ 15 cm。

5.通水量不宜太多，應維持在 $140 \sim 170 \ell / \text{sec}$ 。

6.流速最大為 $1.2 \sim 1.5 \text{ M} / \text{sec}$ 程度，魚道之牆底應為凹凸為宜。

(二)依據小山 (KOYAMA)，以河口堰為對象之香魚之魚道研究結果，中央設置平面式水路 (具備引水補充 YOBIMIZU) 兩邊設階梯式魚道，即稱為複式魚道，概略如圖 2，此時在設計上應考慮問題如下；

1.位置：應設在堰 (Dum) 之兩邊，其出水口不突出下游部份，出水口之寬度應為魚道之 1.5 倍。

2.寬度：寬度盡量求寬為宜。

3.應為調節水量之設備 (由入水口) 為宜。所以在入水口之補水水路之底面應比階梯式魚道為低。

4.池之長度為 3 m 左右，魚道之全長及深度則不必考慮。

5.集魚處之池在出水口附近應設置 1 個，然後每隔 $15 \sim 20 \text{ M}$ 再設置 1 個為宜。

6.池中不宜設置檔水柱為佳。

7.底面不宜平滑應有淺橫溝，或淺陵或放置小石頭。

8.兩邊側牆高度應有 70cm 以上。

9.隔牆應有鑽孔，隔牆上面之缺口雖可不要，但為適應水位高度設置並無不可。

10.通水流速若為 $40 \sim 60 \text{ cm} / \text{sec}$ ，因此魚道之流速亦應保持同樣的流速，又隔牆之越流速若是在此範圍同樣可以達到目的。另此種流

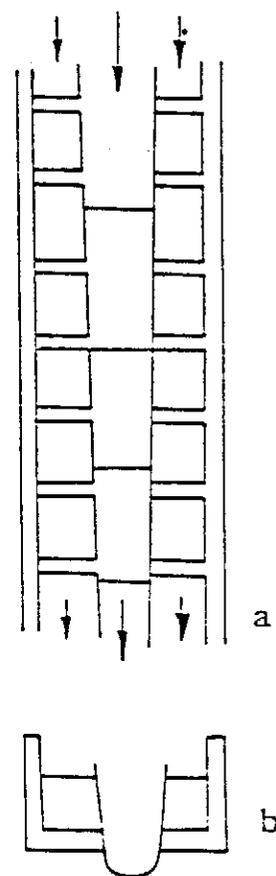


圖 2

速除稚魚外，同體型之魚類亦可通過。

11.越流落差應為30cm以下。

12.坡度（傾斜度）應在1/10以下。

13.補水水路之流速應為魚道兩岸流速之2倍以上。水路之寬度為7:3:7至5:3:5左右為適當。

14.側牆及隔牆之下游邊應塗紫色或紅紫、青色光度為12~13較佳。

15.出水口，入水口或魚道全部應有黃色光照時其波長為475 mm之程度為宜。

基於上述情形，不但可以提高魚類之誘導力，並且可以應付水位之變動，因此魚類之溯上率每3小時可達90~95%。

三 鰻魚之魚道

設有香魚魚道場所因鰻魚又可溯上故不必另設魚道給於鰻魚溯上，但是應考慮下列各項事項。

(一)魚道內面應為黑暗。

(二)應放有支持魚體之材料。

(三)通水量不必多。

(四)接近岸邊設置。

(五)流速應為緩弱（以上據日暮報告 1915, 1918）。

(六)又據石井（1929）稱，鰻魚魚道應避免使用鐵材。

(七)據松井（1967）稱，由河口堰堤之上部越流之水可濕其表面，若其高度有2~3 m左右，鰻仍能溯上。

第八章 魚道之寬度及高度要求

一、魚道之寬度

爲提高溯上魚類之誘道作用，應增加其流速流量，由於對象魚之游泳溯上能力問題，魚道內之流速流量又受到限制，故只好將魚道寬度儘量拓寬，但是對其用水問題，則須視堰堤之規模，水源之保護等問題可能遭受種種規定，而使用水量減少。

依據小山等的報告，將既設35處之魚道寬度一一除以堰堤之長度其所得爲 $\frac{1}{100} \sim \frac{4}{100}$ ，其中 $\frac{4}{100}$ 爲最多，最大者有達 $\frac{15}{100}$ ，（魚道寬度最小爲 2.5 M，最大 13 m，平均 5 m）。

經觀察魚類溯上率結果認定 $\frac{3}{100}$ 以下者爲不好，至少需要有 $\frac{4}{100} \sim \frac{5}{100}$ 之間。

設置日本神奈川縣之頭首工及床止下兩處之魚道多爲 4 m ~ 10 m（最大爲 20 m），寬度比率爲 3.5 % ~ 8 %（最大 15.7 %）。

二、魚道側牆之高度

側牆之高度，尤其堰堤（水壩），應自隔牆前端上提高 60cm 爲宜。又側牆之前端如過放寬者易被盜竊，故儘量採取狹小而尖型較佳。（加前，前出）

第九章 取水施設平面圖

施工之一例

神奈川縣酒勾川飯泉取水堰魚道。

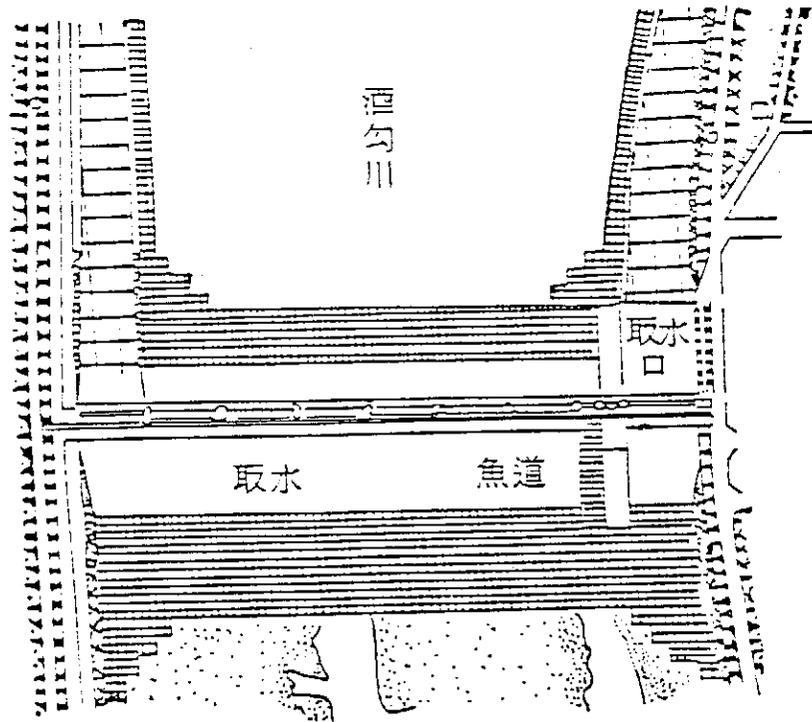


圖 3 魚道設置位置圖

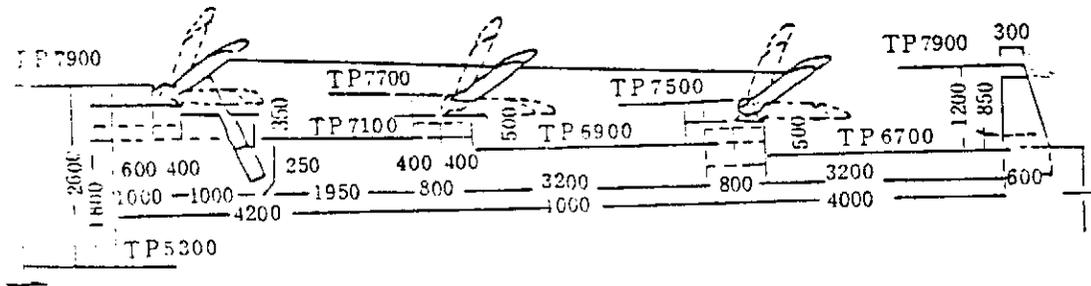


圖 4 可動部之詳細圖

此魚道係「酒勾川總合開發事業」之一，爲自酒勾川取水 $21.13 \text{ m}^3 / 5$ ，日量 182 萬 5 千 m^3 ，即在距離河口約 2.3 km 之飯泉設定取水堰，同時藉以保護該河川之香魚資源而設定之。

取水堰之全長爲 342.5 m，爲全面越流式潛堰，然爲排洪水特設置傾倒水門 2 門，旋轉式水門 6 門，另爲排放土砂在隣接魚道附近特設置旋轉式水門 1 門。

魚道之寬度爲 8 m，延長到 52 m 處，在上流端設置一個可移動堰以調節流量及水位。其流速與流量相比如 $1.6 \text{ m}^3 / \text{sec}$ 時，水深爲 15 cm，當上流爲 $72 \text{ cm} / \text{sec}$ ，水深爲 25 cm 時，其流量爲 $99 \text{ cm} / \text{sec}$ 。從排砂堰處排放的餘水即作爲補水以誘導魚群，同時在池邊鋪設石頭，使魚類適應環境。

第十章 有關水理學之各項問題

魚道之研究應爲溯上魚類之生態及水理學的問題互相配合應用，然僅由水理學能解決的問題也不少，茲列舉以下幾點說明。

(一)魚道及補水水路設置位置的關係：由魚道及補水所產生之激流，係由堰堤所放出之水流與魚道內之水流相互衝突所產生渦流。此種渦流之大小，對溯上魚類之誘導作用影響甚大。

依據田內（1929 年）的報告，兩者之角度在 30 度或 60 度時，魚道所流之流水量越多，其誘導作用效果越大，若本流之水量越大其誘導作用效果則越少，但兩者成 90 度時，其魚道之水量如增加，誘導作用效果即急遽減少，此因爲兩流衝突而產生多數渦流引起所致。

依據佐藤等在 1973 年使用「OIKAWA 魚」之稚魚，以模型實驗結果，在魚道內有渦流存在將會影響魚類之溯上率。此種現象今後在水理學方面有更進一步研究以明瞭其原理之必要。

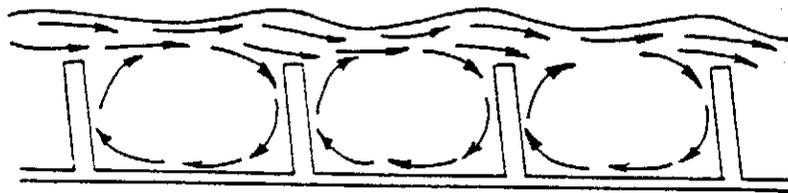
(二) 魚道內之流水狀況

從隔牆越流入池，再由池流入第二池時，即產生二種流之形狀，詳如圖 5，此種現象依照池之規模、水深、流速（水量）等而有差異，一般來說 Plunging flow 時魚類易於溯上，但 Plunging flow 及 Streaming flow 時因變化不安定，魚類溯上特別受到阻礙。

又由隔牆越流時會產生水脈如圖 6。



Plunging flow



Streaming or Shooting Flow

圖 5 池內之流水狀況

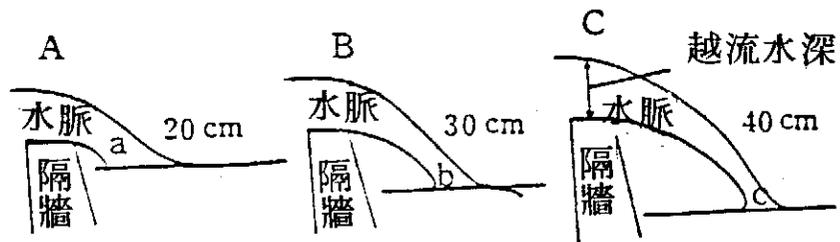


圖 6 水脈之產生

大部份的魚類通過此水脈溯上，但水脈之厚薄會影響溯上率，尤其是水脈接觸水面部份不能太細，如圖 6 所示以 A 較好，當然今後在水理學方面應多加研討。

(三)魚道及補水「YOBIMIZU」水路之入口部之沖洗問題：魚道入口處與河床連接部份容易被水流沖洗，故其落差越來越大將會妨害魚類溯上。又魚類發生跳躍現象時，也會妨害其溯上，這些問題均是水理學上重要研究項目之一。

第十一章 魚道之種類及構造

魚道係按照水壩 Dam 之位置、規模、構造、河川、排水情況，魚種及經濟情形等不同的設計，約可分為下列幾種型態。

一、魚道的種類

- (一)平面式魚道 Simple Plane System
- (二)導壁式魚道 Complex Plane System
- (三)階梯式魚道 Pool and Fall System (Step System)
- (四)逆流式魚道 Counter Current System (Denil System)
- (五)隧道式魚道 Tunnel System
- (六)鰻魚魚道 Eel ladder
- (七)電梯式魚道 Elevator System
- (八)水閘式魚道 Lock and Gate System

1.~ 4. 為明渠式。

5.~ 6. 為暗渠式。

二、魚道的構造

- (一)平面式魚道 (圖 7) (圖 8)

為原始的通水路亦可稱為水路魚道，其型態甚多，大概均在水壩

Dam 的缺口處建設水溝，連接成爲直線之型態或彎曲型如圖A或垂直直角型如圖B等等，然爲緩慢流速起見即在圖C、D中途各設置一池（Pool），又如圖E設有波浪型的起伏狀或如圖F裝設木樁投放石頭等。予以調節但爲配合低落差場所及適應魚類的溯游，在建設時

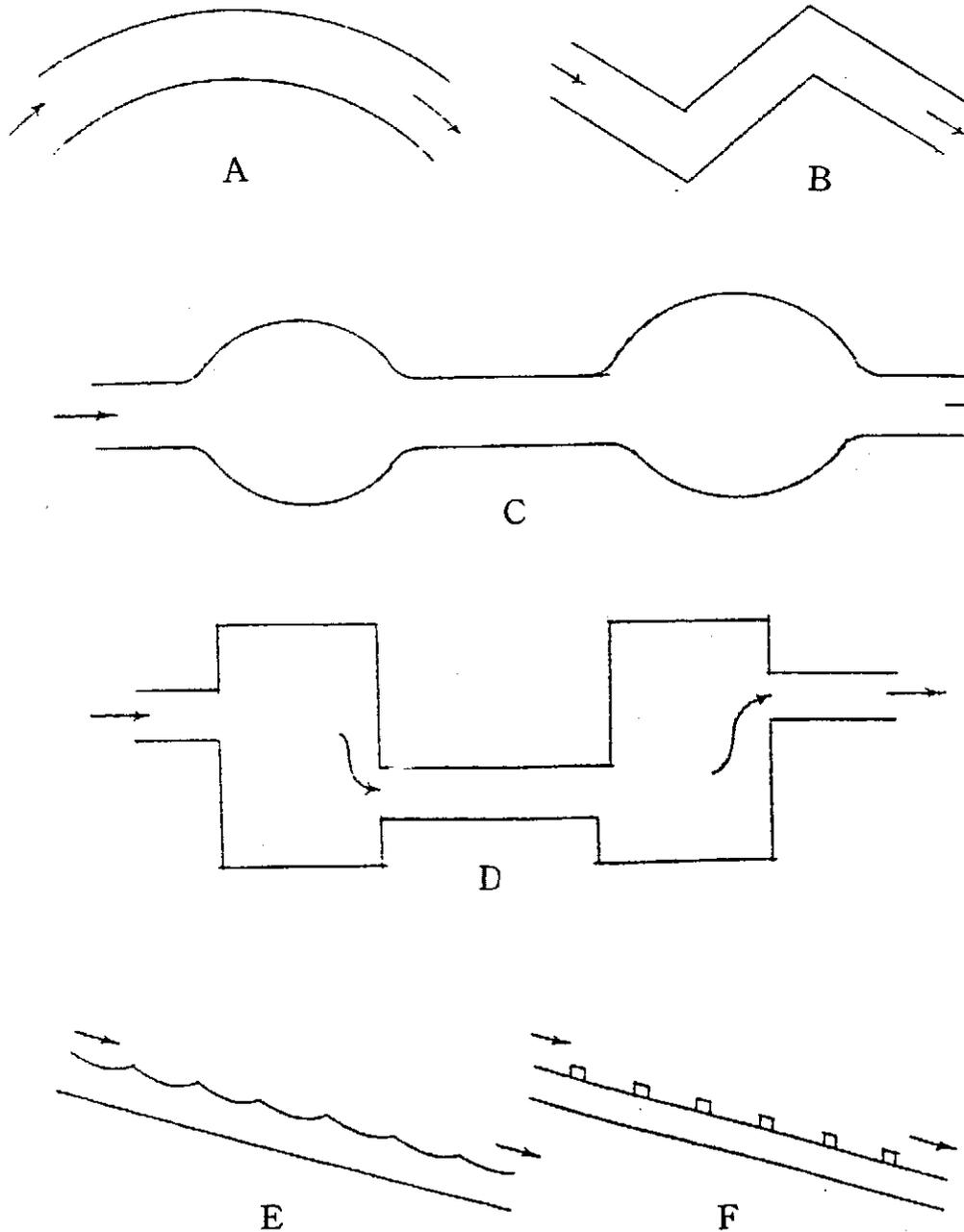


圖 7 平面式魚道的型態

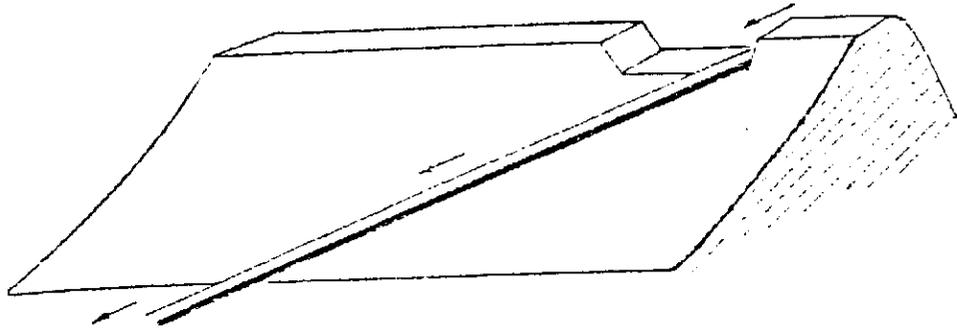


圖 8 缺口式魚道之型態 1 例

應保持一定之傾斜度通水，此種建設對於溯游力較強的鮭、鱒魚類甚為適合。美國曾於 1806 年間，在河川開始設置此類魚道，而英國則在水壩（圖 8）上側設一「缺口」，並由此「缺口」的一邊到水壩底側，以方型木條斜裝以便鮭、鱒魚類溯上，這種方式也是平面魚道的一種。

(二) 導壁式魚道（圖 9）（圖 10）

平面式魚道如流水速度過急時，易於妨害魚類之溯上，故為減緩其流速，須設置控制用導牆如圖 H, I 即所稱之導牆式魚道。導牆之型態、間隔、突出角度等樣式有多種。如圖 9 由魚道側牆至伸出的導牆形成直角者稱為直角導牆如圖 A、D、E、F 形成傾斜者稱為斜角導牆如圖 B、C，如其中構造較簡單者稱為單型導牆如圖 A、D，如其先端設有控制用構造者稱為複型導牆如圖 E、F。導牆經常是由魚道側牆互相伸出，但有時如圖 C、D、G 等形成不同型態。如 A 型：屬於最簡單的型態，又稱 ROBERT 型，曾於 1828 年在英國 Scotland, Dies 河及日本三重縣櫛田川之魚見建造，B 型為 FOUR-STER 所設計者，C 型為 LAND MARK 所設計，於導牆內角產生渦流，因而可以減緩流速同時作為溯游中之魚類之休息場所。

再進一步改良者為斜角導牆如圖 E、F，又稱為 BRACKET 型

，其牆的方向相反，首先在美國Massachusetts 設計使用，效果甚佳，不但可減緩流速而且不易產生渦流為其特點。

按一般的導牆其斷面形成長方型，但為提高其效率，將長方形導

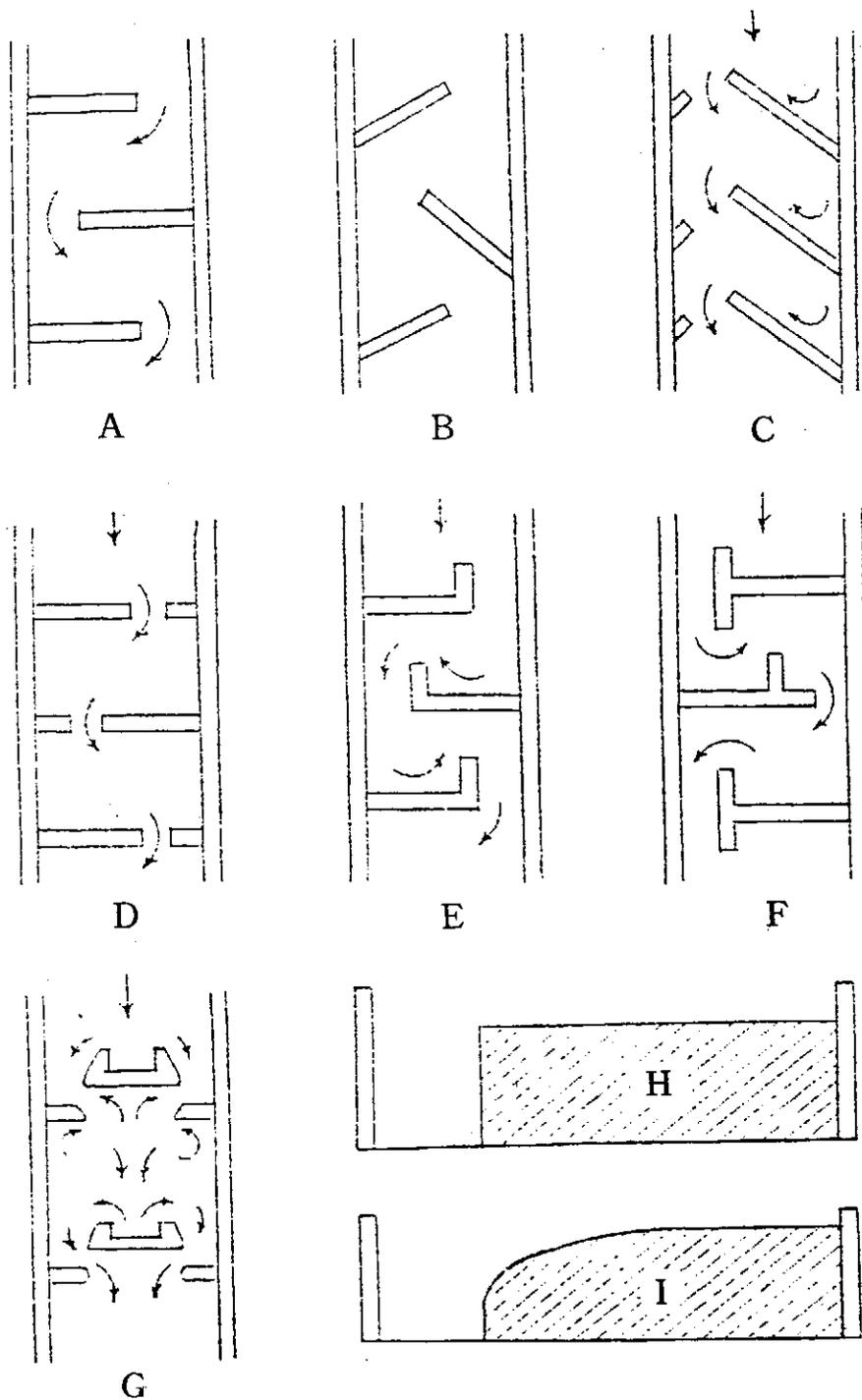


圖9 導壁式魚道 (H, I 橫斷面圖)

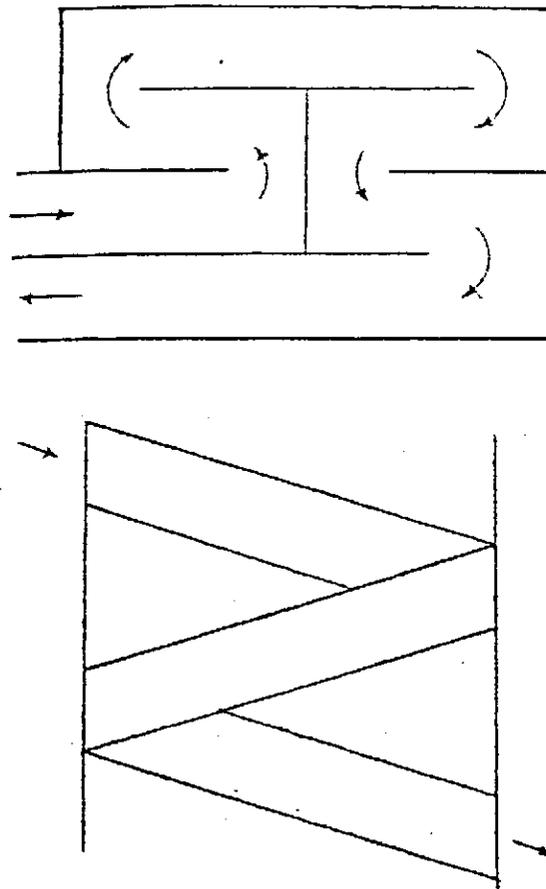


圖10 螺旋式特殊魚道
上：平面圖，下：縱斷面圖

牆上側向「缺口」傾斜。如此在狹小的通水路可減少產生渦流。以便於魚類跳躍。

導牆的型態、配置，更為複雜化如圖G，則稱為深式導牆型。ATTKINS型魚導如圖E，其構造較為特殊，則其水路成為螺旋階梯方式，很適合於高水壩魚道使用。如圖10所示。

(三) 階梯式魚道 (圖11)

平面傾斜式魚道加設檔水用隔牆，使魚道內產生集水及越流現象者，稱為階梯式魚道。此種魚道的隔牆與魚道兩側牆着密連接如圖

A~I，為最普遍的魚道，目前日本建造魚道有部份採用此種方式，是效果甚為優良的魚道。

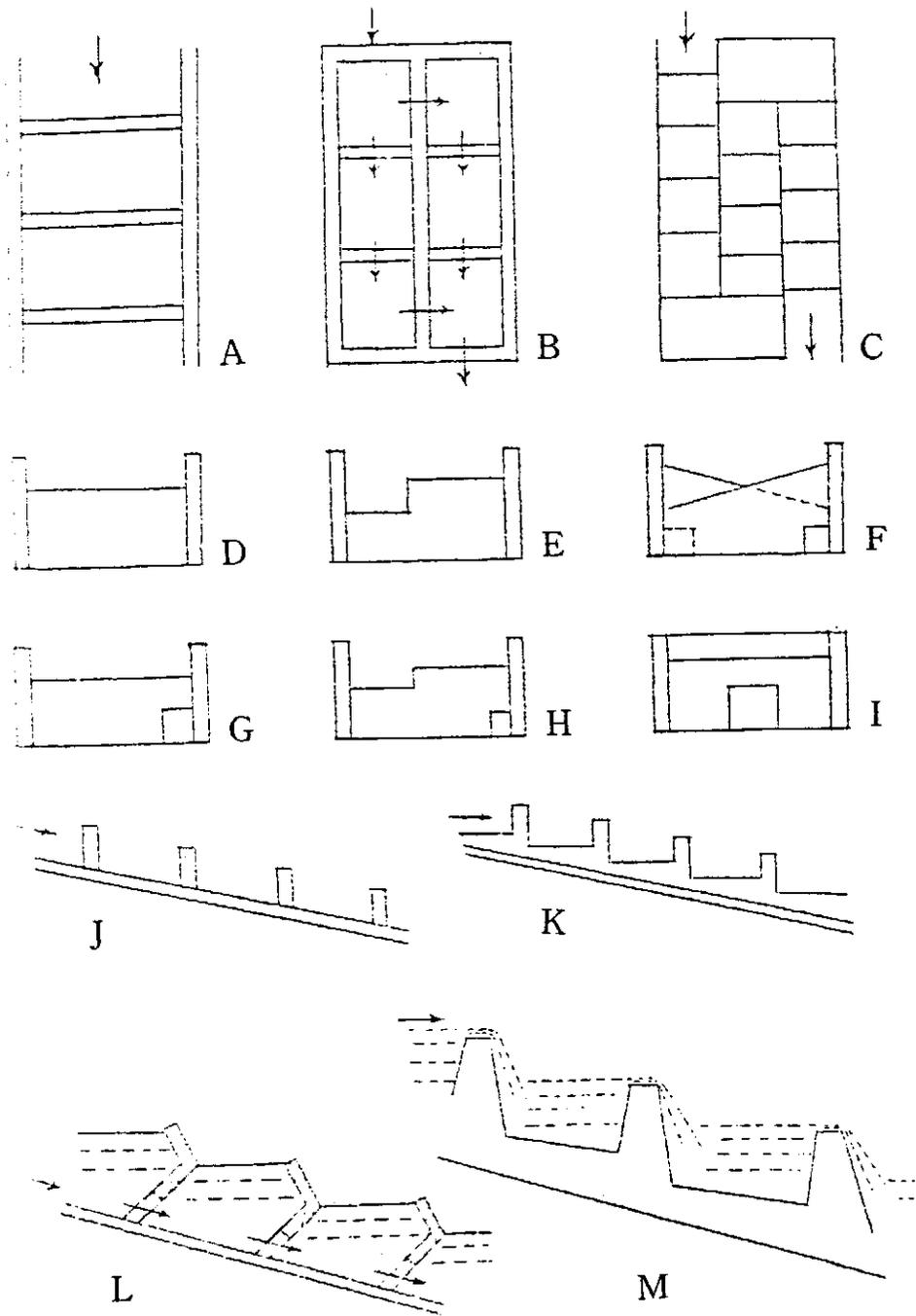


圖11. 階梯式魚道 (D~I : 橫斷面圖，J~M : 縱斷面圖)

階梯型池 (Pool) 式魚道，其池 (Pool) 的底面分爲平底如圖 J. I. M 及傾斜底如圖 K 兩種，其中最爲簡單者，只設直立的隔牆，且使每一隔牆距離均分相等如圖 A、D 或將魚道隔牆上側之一部份設一「缺口」，於是流水越流時，將造成深，淺兩部分集水，使游泳快慢的魚類均能適應，同時水位低時亦能適應，此種魚道曾在英國 Bena-lus 首先看到，如圖 E，此後 Keel 在該魚道隔牆底部鑽一個孔，如圖 G，因此對於少水量之流水而有效果。鑽孔位置在每隔牆左右相反處，又有時在隔牆上部成傾斜處如圖 F，又有將鑽孔設在中央處如圖 I, L，英國曾爲鮭、鱒魚類之溯河建設此種魚道。

隔牆的設計有的是垂直，有的在上面或下面呈爲傾斜的，又有如 (圖， I, L) 成爲彎曲者，而其橫斷面有的是長方型，有的爲增加其強度如圖 M 的型態。

階梯式魚道按其設置場所及現況分爲直型，彎曲型，或爲形成 180 度者如圖 C，各式各樣。

至 B 型態魚道，又稱爲鱒魚魚道，係屬於階梯式混合之魚道，即魚類從進口溯上後，不管由上面或由左側均可自由選定方向溯游，此爲其優點。

(四) 逆流式魚道 (圖 12)

魚道的流水流速較魚類溯游爲快時，在魚道內裝設特殊控制牆使流水形成逆流情形，藉以緩慢水流便於魚類溯游者，稱爲逆流式魚道。其最簡單的方式，即在魚道內裝設  型道牆者如圖 A，又如圖 9-G 深式導牆魚道，即類似此種型態。從魚道的側牆經過底部而設置逆流板者稱爲 Deneel 式魚道如圖 E、D，此種型態，上層之流速湍急，但下層之流速反而緩慢如圖 E、F，美國 Macdonald 所設計之逆流式魚道係將水流導引至魚道底部，然後向上層噴流者如圖 B。又稱爲 Camele 式魚道。惟此種逆流式魚道的構造較爲複雜，而化費較鉅

，除一部份外，鮮被採用。

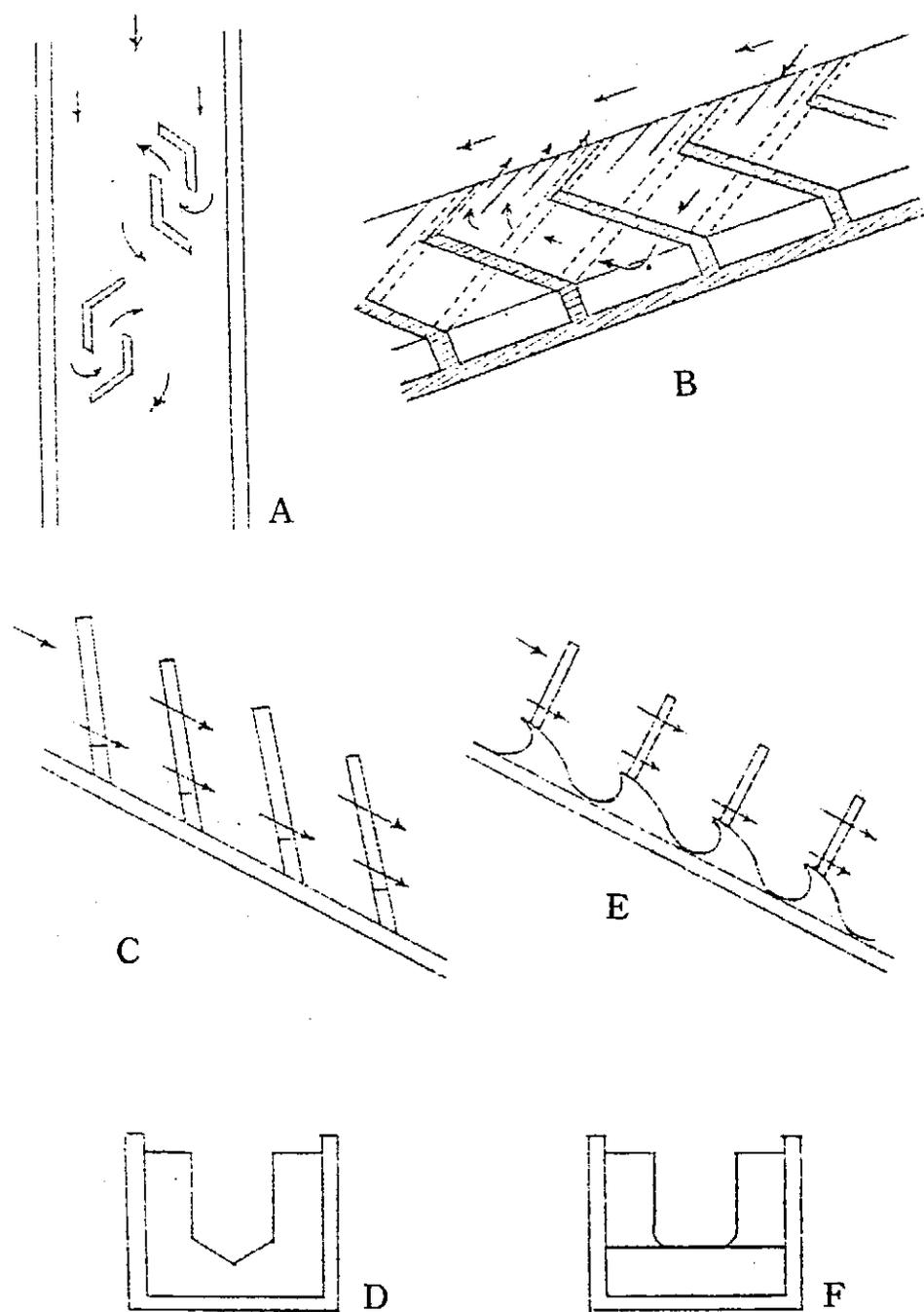


圖12 逆流式魚道(B , C、E :縱斷面圖 , D、F :橫斷面圖)

(五) 隧道式魚道 (圖13)

隧道式魚道又名暗渠魚道，於日本大分縣「沈墜」設有隧道式魚道一座其距離有64公尺，又愛知縣矢作川之明治用水壩右岸亦設有暗渠魚道一座。

並在魚道內裝設電燈如圖C、D，在比利時MEUZU河的Deu-eil 式魚道則採用圓型鐵管，管上面裝有窗口（圖A、B）管底分段按裝半圓型木塊藉以提高每分段上方之水位，並使其流水產生波浪，此種型態適用於鮭魚之溯游，對於低落差之場所甚為合適。

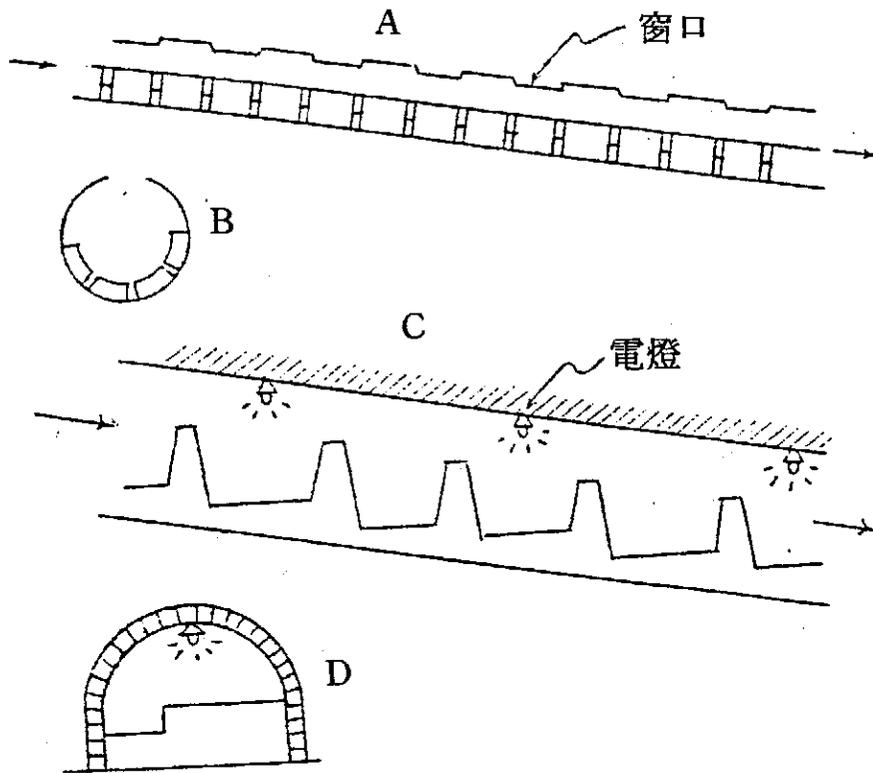


圖13 隧道式魚道（A、C：縱斷面圖，B、D：橫斷面圖）

(六) 鰻魚魚道

應用鰻魚之行動及習性，在暗渠或土管或鐵絲鋼籠中，填入石塊或打通之竹節，以誘集鰻魚溯河之方法，稱為鰻魚魚道。在荷蘭曾以圓筒狀之籠中加入木屑後垂直放置於堰堤傍，則溯河鰻魚，即由堰堤

溢流而下之水流溯上籠中再越過堰堤而向上游，此種方法，成績非常良好。日本古時代在瀨田川也曾設有此種鰻魚專用道，但現在則採用

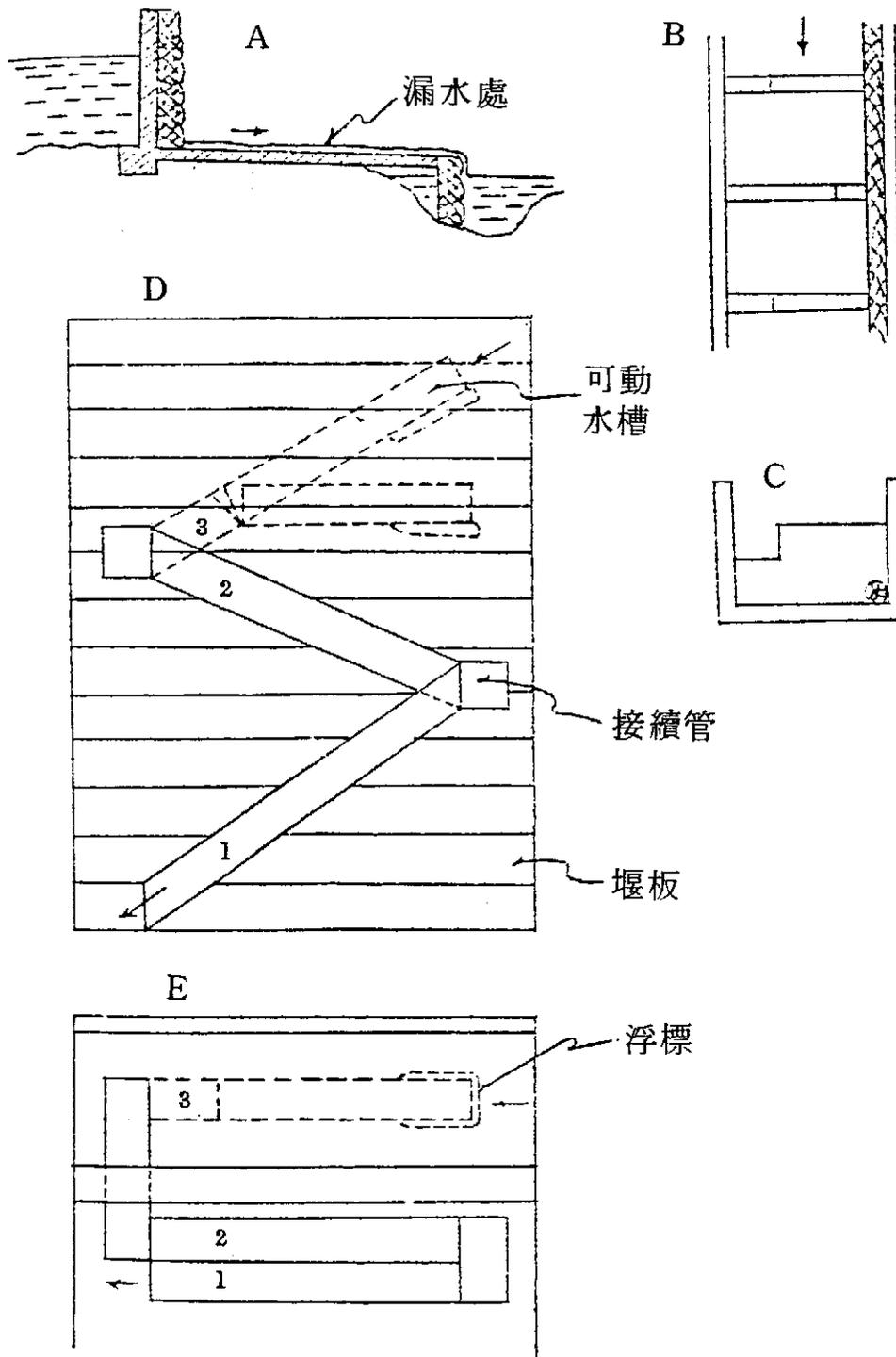


圖14 鰻魚魚道 (A : 縱斷面圖, B、E : 平面圖, C : 橫斷面圖, D : 正面圖)

與階梯式合併應用，將網籠內部裝入石頭後，安置於魚道側牆之鑽孔處，如B、C圖，其效果甚為良好。至於下河用魚道，如堰堤有溢流水時，將堰堤牆鑽孔，如無溢流水時，則在沿河岸開一條溝，即可達到目的。倘堰堤是木製品，即將堰堤板底部鑽孔即可，如係土管，則管內務必潤滑直通至下游（避免使用鐵管）在1912年Gerharde氏曾以此種方法設計鱘魚專用道，而日本迄今尚無人採用過。

(七) 電梯式魚道 (圖15)

前述1~6項的魚道均為水路式，至電梯式魚道係經捕撈後的魚類，用動力操作，將魚類移放於上流流域使其繼續溯遊，此方式甚適宜較高度之水壩。也又稱為Trap式魚道。Prince所設計之魚道，係利用水力將鐵塔內的載魚籠定時昇降運送魚類，即載魚籠降下至鐵塔下部時自動開口，俟魚類游進後再上昇，上昇時載魚籠自動閉口而移到過壩堤一定高度處即自動開口，使魚籠內的魚類移放至上游。美國華盛頓州之Be-ker河設有世界首創之電梯式魚道。在日本富山縣庄川之小牧水壩也裝有類似電梯式魚道一座。

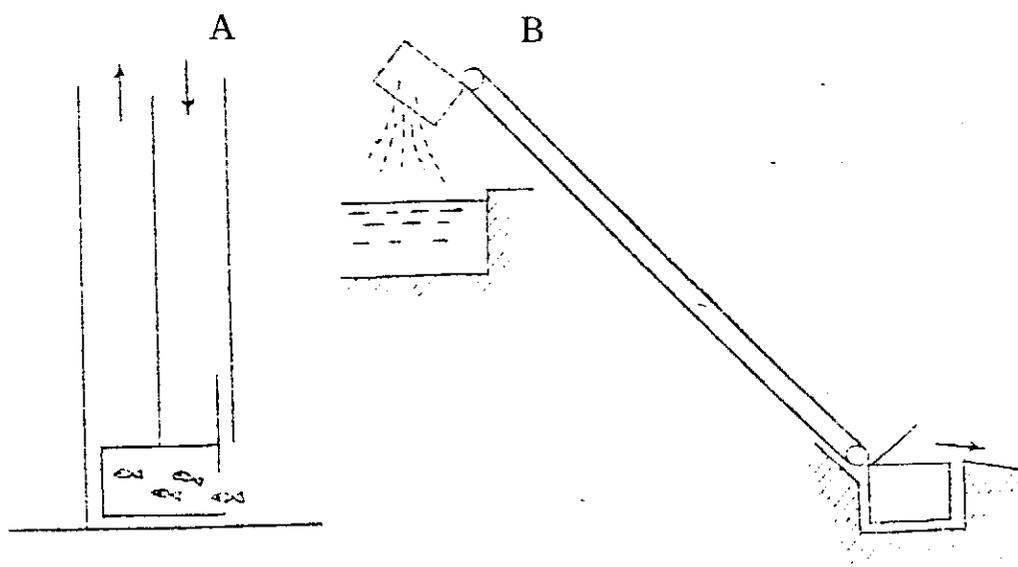


圖15 電梯式魚道

(八) 閘門式魚道 (Loke-Gate) (圖16)

即開關水門來調節蓄水池水位，促使溯河性魚類誘導至上游流域者，稱為閘門式魚道 (Loke-Gate)，其操作為先將上流的Gate關閉，然後打開下流的Gate，使魚類進入蓄水池後如圖A，再關閉下流的Gate，同時打開上流的Gate，使蓄水池的魚類如圖B，溯上至上游流域。

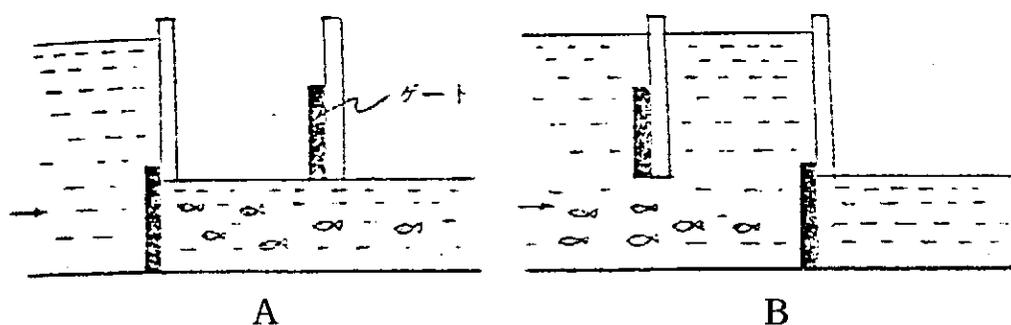


圖16 閘門式魚道

第十二章 設置櫻花鈎吻鮭魚道之建議事項

(一)依據「德基水庫集水區水土保持第二期整體規劃報告」——德基水庫集水區現有防砂壩計有，水庫北岸支流 2 座、四季郎溪 2 座、雪山溪 4 座、七家灣溪 9 座、伊卡丸溪 4 座、南湖溪 5 座、目無溪 3 座、畢錄溪 24 座、合歡溪 1 座、水庫兩岸支流 15 座，共計 69 座，經由本社組織調查隊，深入七家灣溪流域，實地踏勘 4 座防砂壩結果，A 座至 D 座防砂壩之距離約有 3.5 公里，其寬度最寬者約達 26 M，最小者約為 7 M 左右，最高高度約達 10 M，最低落差約為 1.6 M，基此按其建設地點其寬度，高度及落差等各有不同，且有時一座防砂壩，建有主壩及副壩二種，其環境頗為複雜，對於只限於大甲

溪上游在水溫 16°C 以下水域棲息，又在產卵時期並無明顯的遷徙跡象，只在溪流較深砂礫地可隨意產卵的台灣櫻花鉤吻鮭而言，選擇在七家灣溪現有防砂壩間設置「魚道」是否合理適當？頗值得進一步深入七家灣溪上游及鄰近之溪流踏勘研究之必要，本項工作建議在下（77）年度繼續進行俾對應否建造魚道有所決定。

(二)櫻花鉤吻鮭的人工繁殖技術經行政院農業委員會的資助及該會文化景觀審議小組之策劃與指導下，業經水產試驗所完成人工繁殖技術，茲建請繼續大量培苗，並在七家灣溪、雪山溪等流域實施放流，以增加鮭魚資源外，加強定期觀察棲息及溯河情況俾選擇魚梯設置地點。

(三)關於櫻花鉤吻鮭 *Oncorhynchus Masou* (Brevoort) 的生態，尤其對於不同流速及流量之活動情形（如跳躍……等）截至目前為止，尚欠詳細資料故為爭取時效擬由本社先行設計「混凝土階梯式魚梯」乙座，提供編列預算請由水產研究單位先作實驗，並將所得經過供為將來設計魚梯之依據。（附實驗魚梯工程規劃圖及工程估價表各一份）

參考文獻

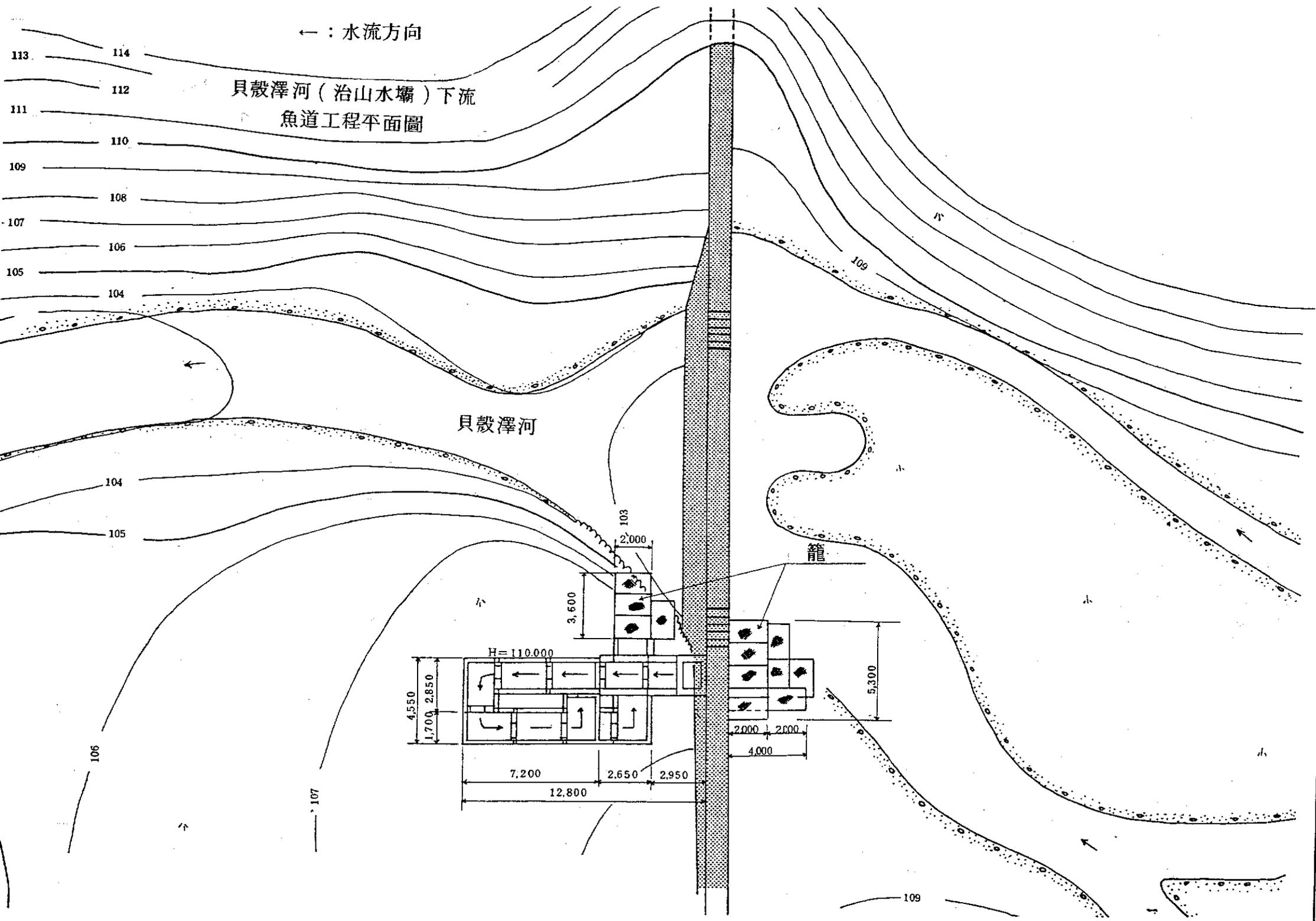
- 一、農委會林業特刊第九號「自然文化景觀保育論文集(二)鮭、鱒魚保育專輯」。
- 二、台灣省水產學會，民國47年「高山水產資源調查報告」。
- 三、台灣省政府，經濟部德基水庫集水區管理委員會委託中華水土保持學會，民國72年「德基水庫集水區水土保持第二期整體規劃報告」。
- 四、日本木曾三川河口調查團 1987 年 12 月，「魚道をめぐり諸問題」。
- 五、日本綠書房 1980 年「水產土木 Hand Book」。
- 六、日本社團法人，北海道栽培漁業振興公社「1983 年魚道設置事業魚道設計業務報告書」。

附 錄

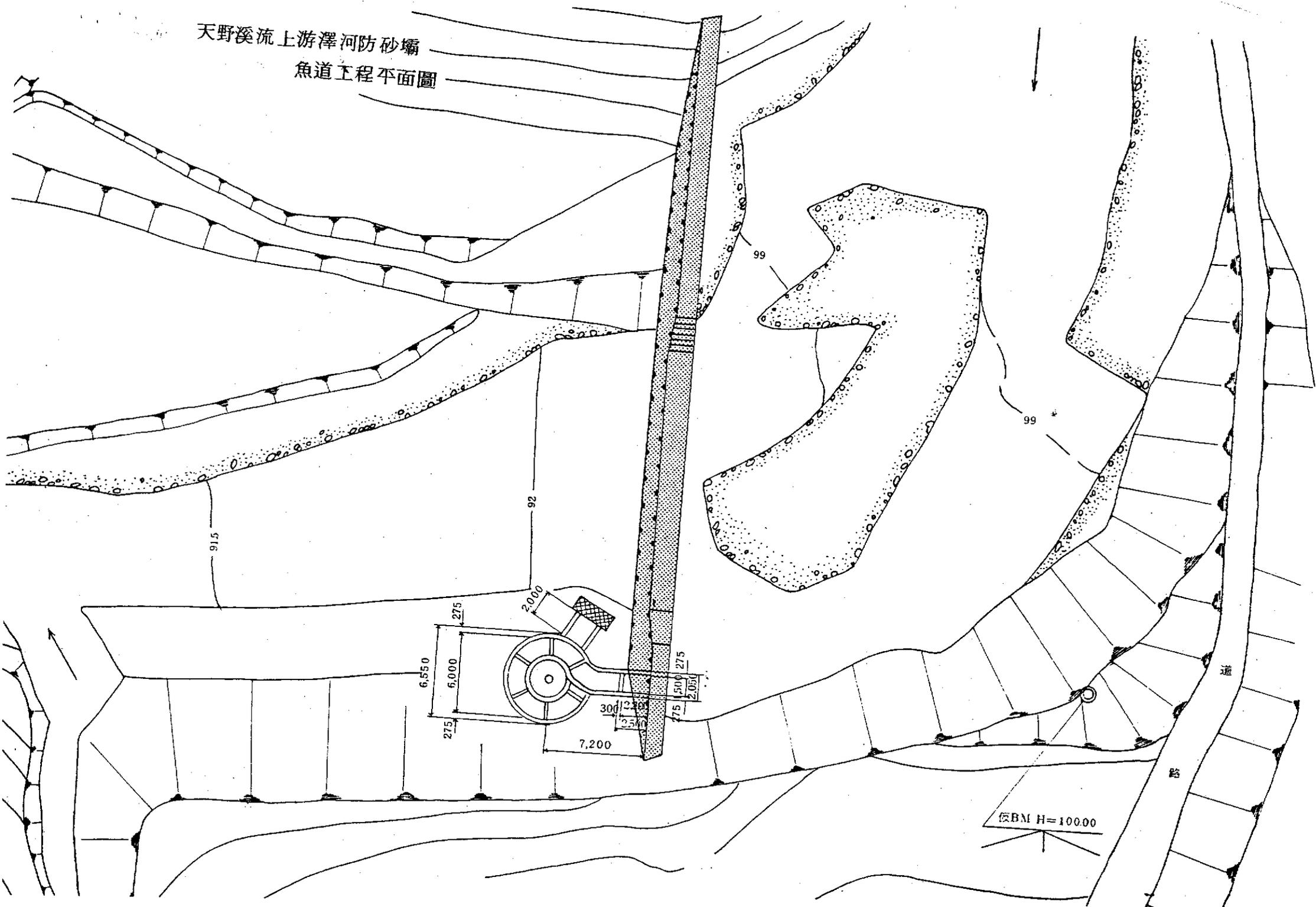
一日本北海道鮭、鱒魚類魚道 道，魚梯設計概略圖

←：水流方向

貝殼澤河（治山水壩）下流
魚道工程平面圖

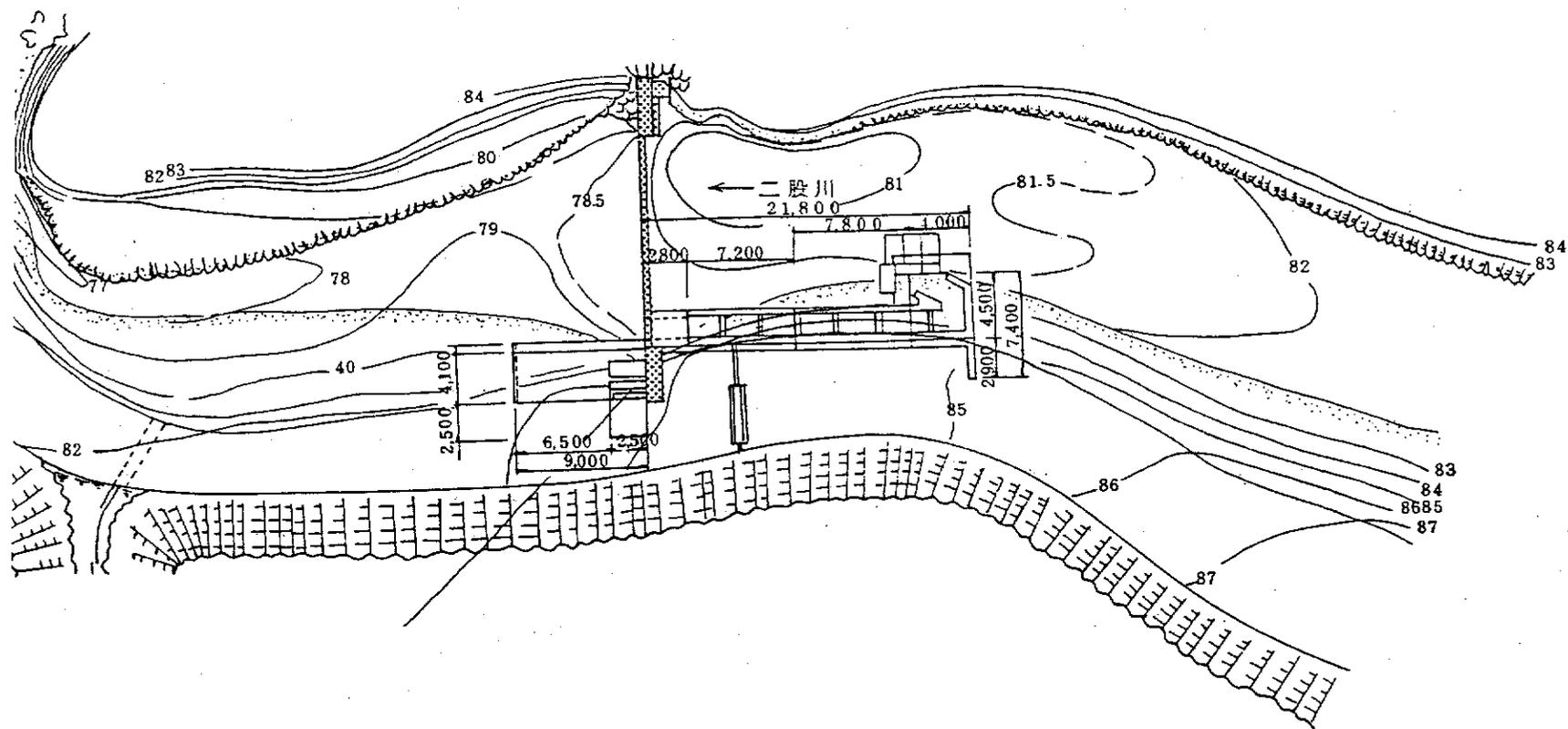


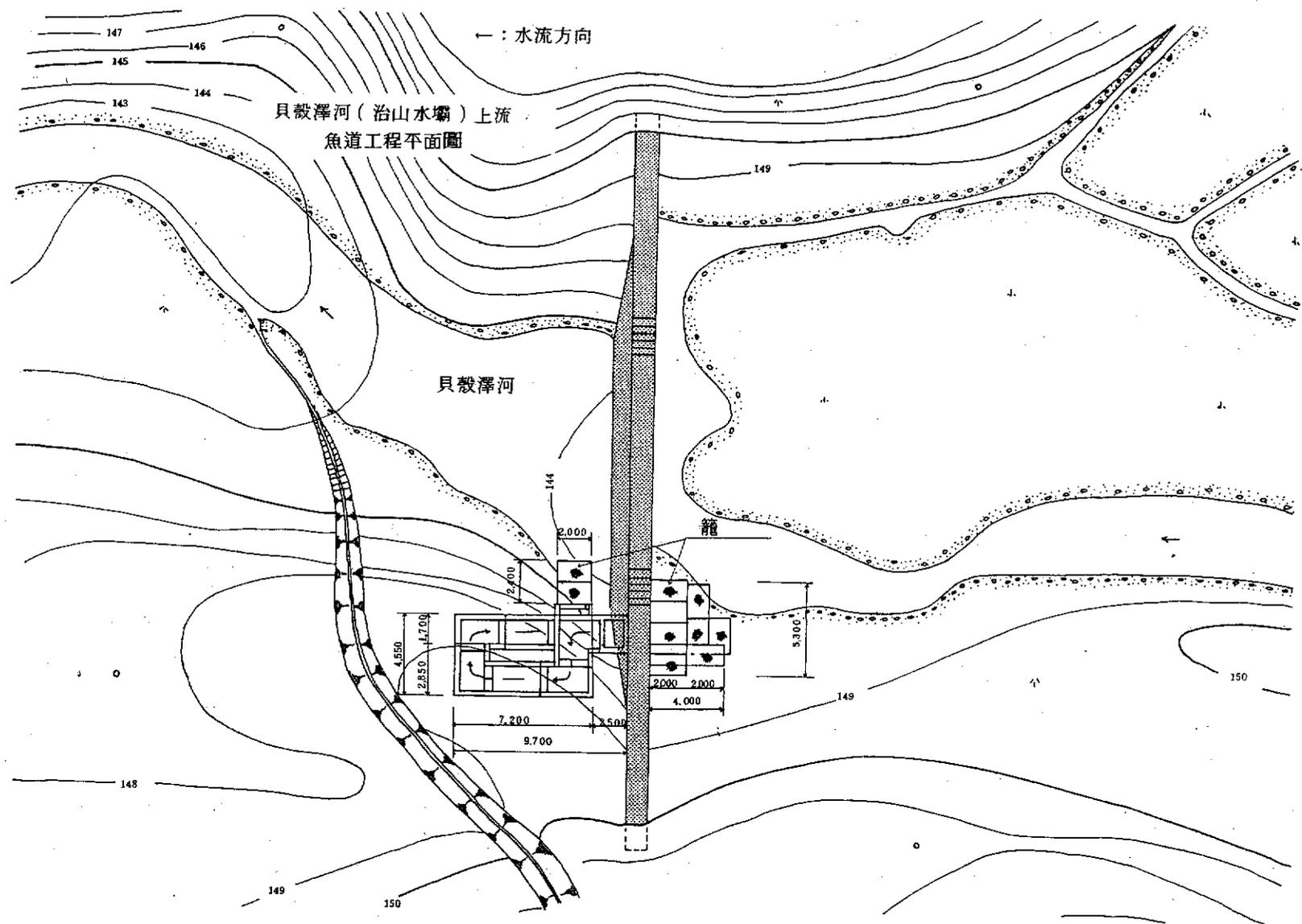
天野溪流上游澤河防砂壩
魚道工程平面圖



見市河（治山水壩）魚道工程平面圖

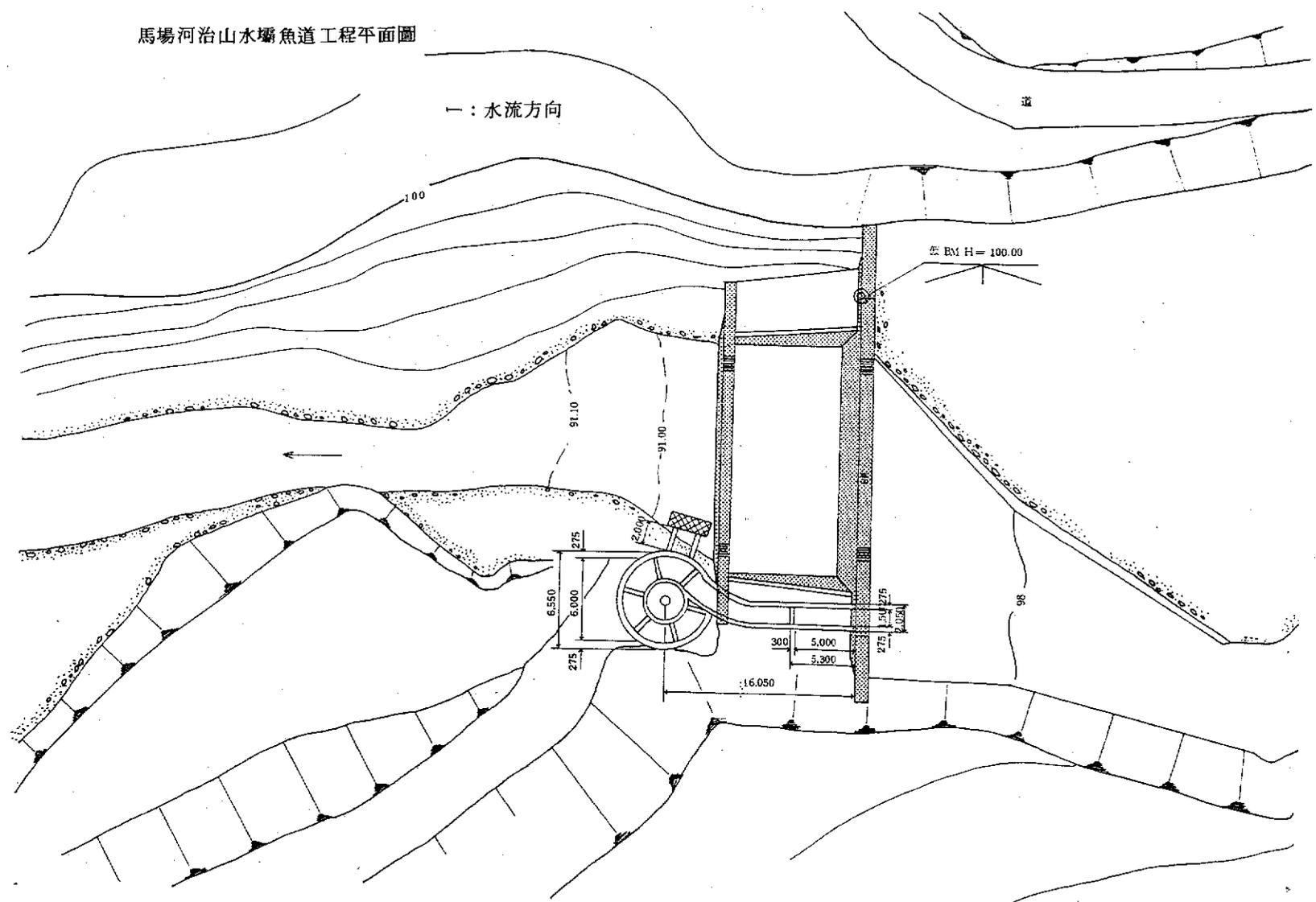
：水流方向





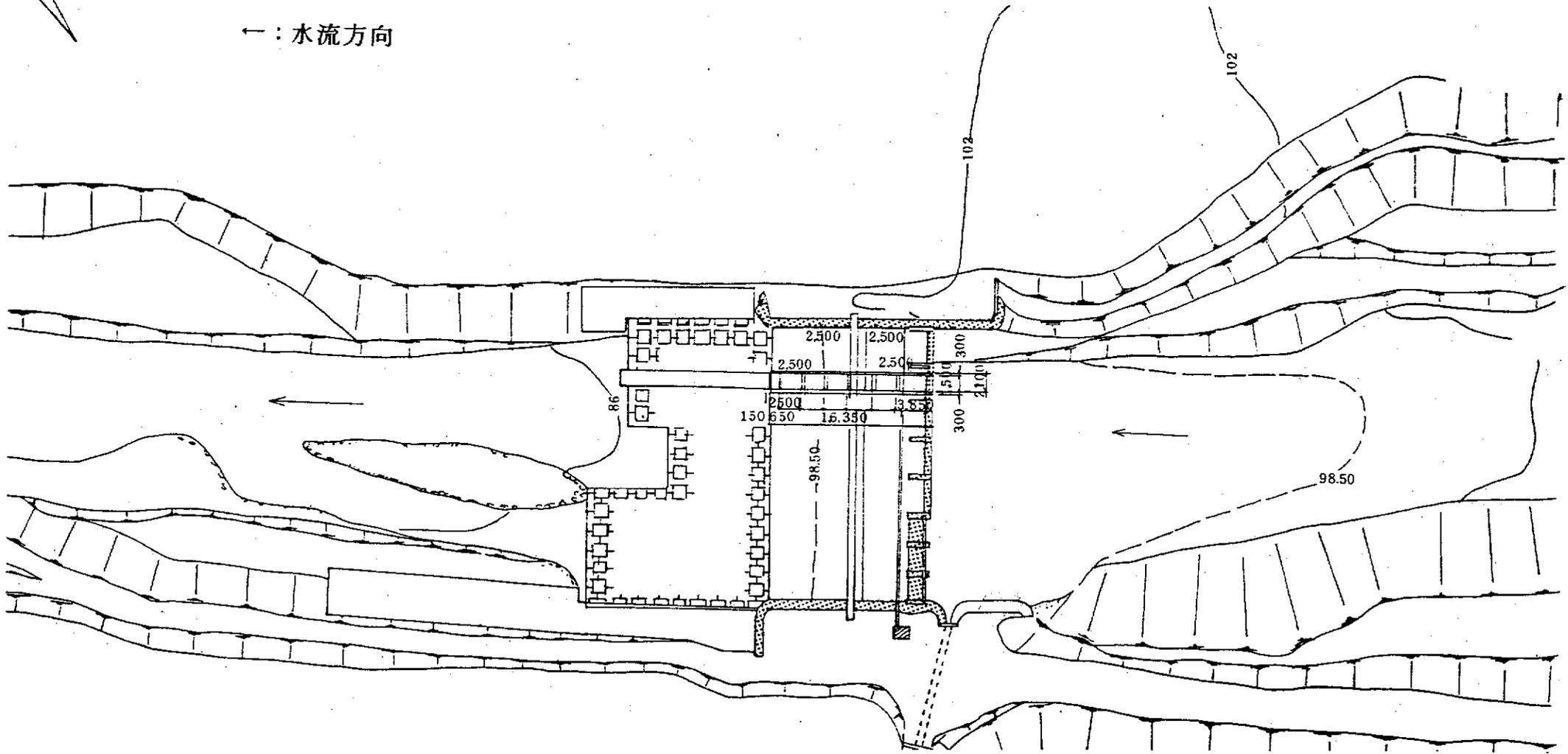
馬場河治山水壩魚道工程平面圖

—：水流方向

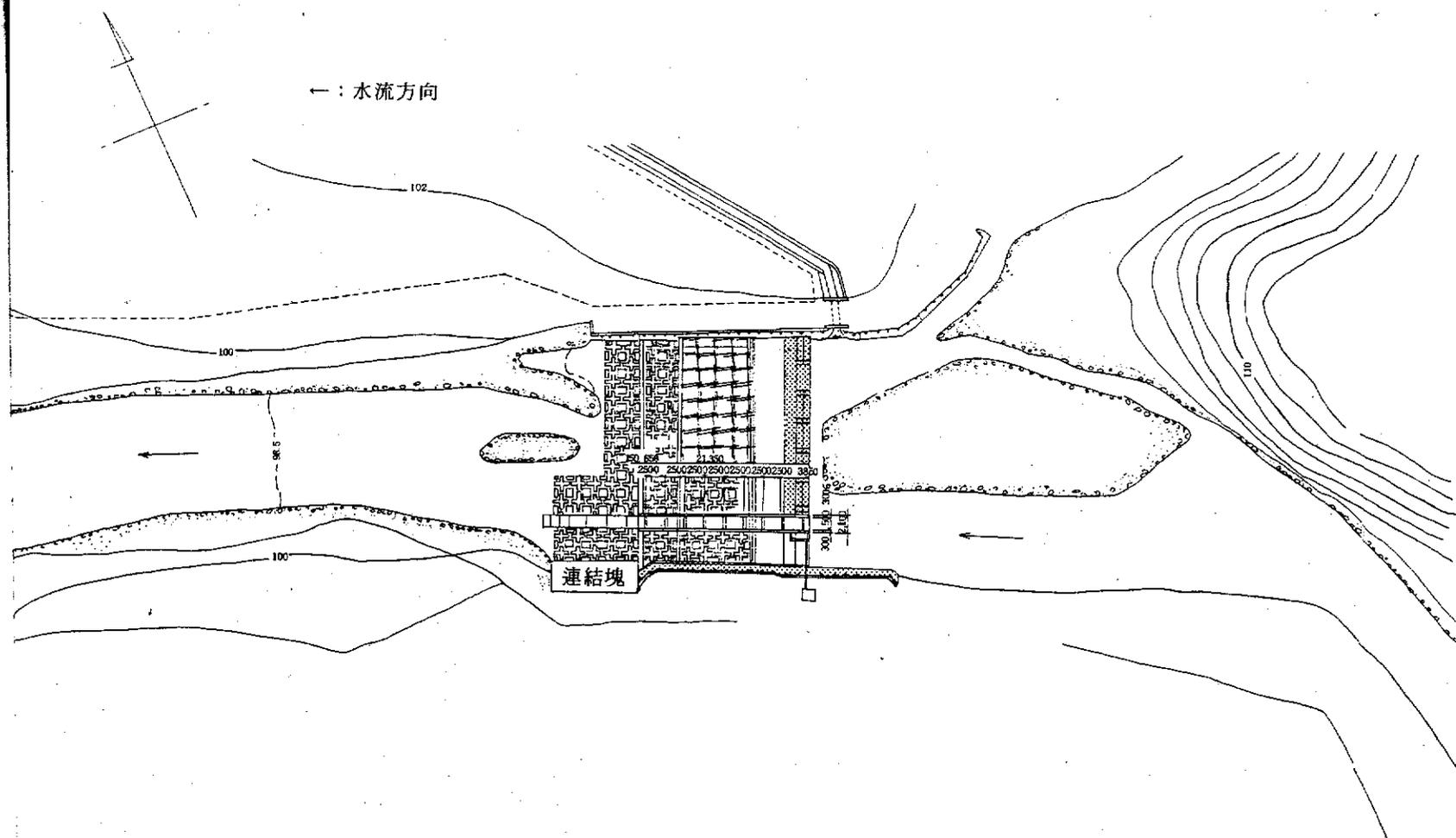


二侯河(頭首工)魚道工程平面圖

←：水流方向

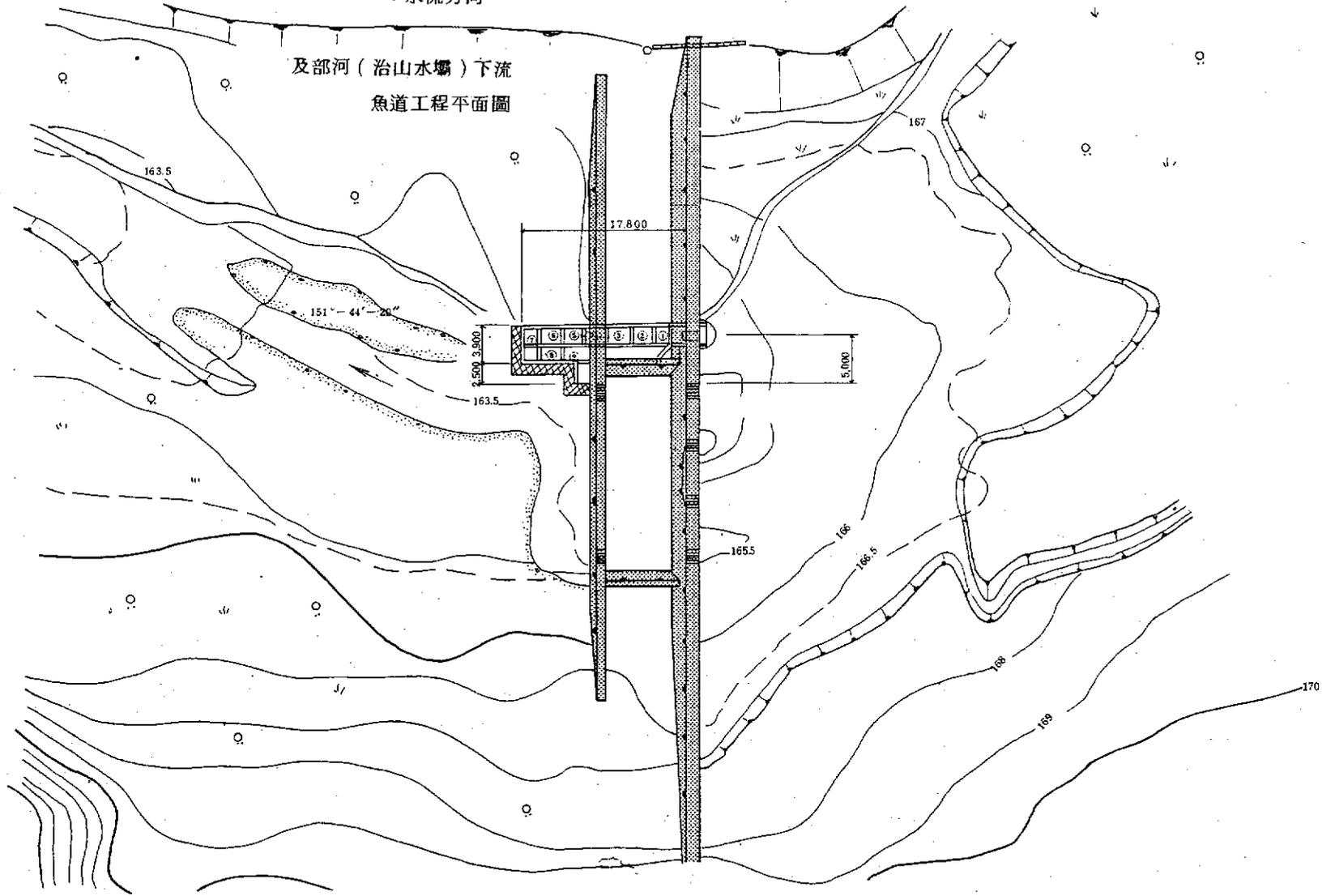


太櫓河（頭首工）魚道工程平面圖

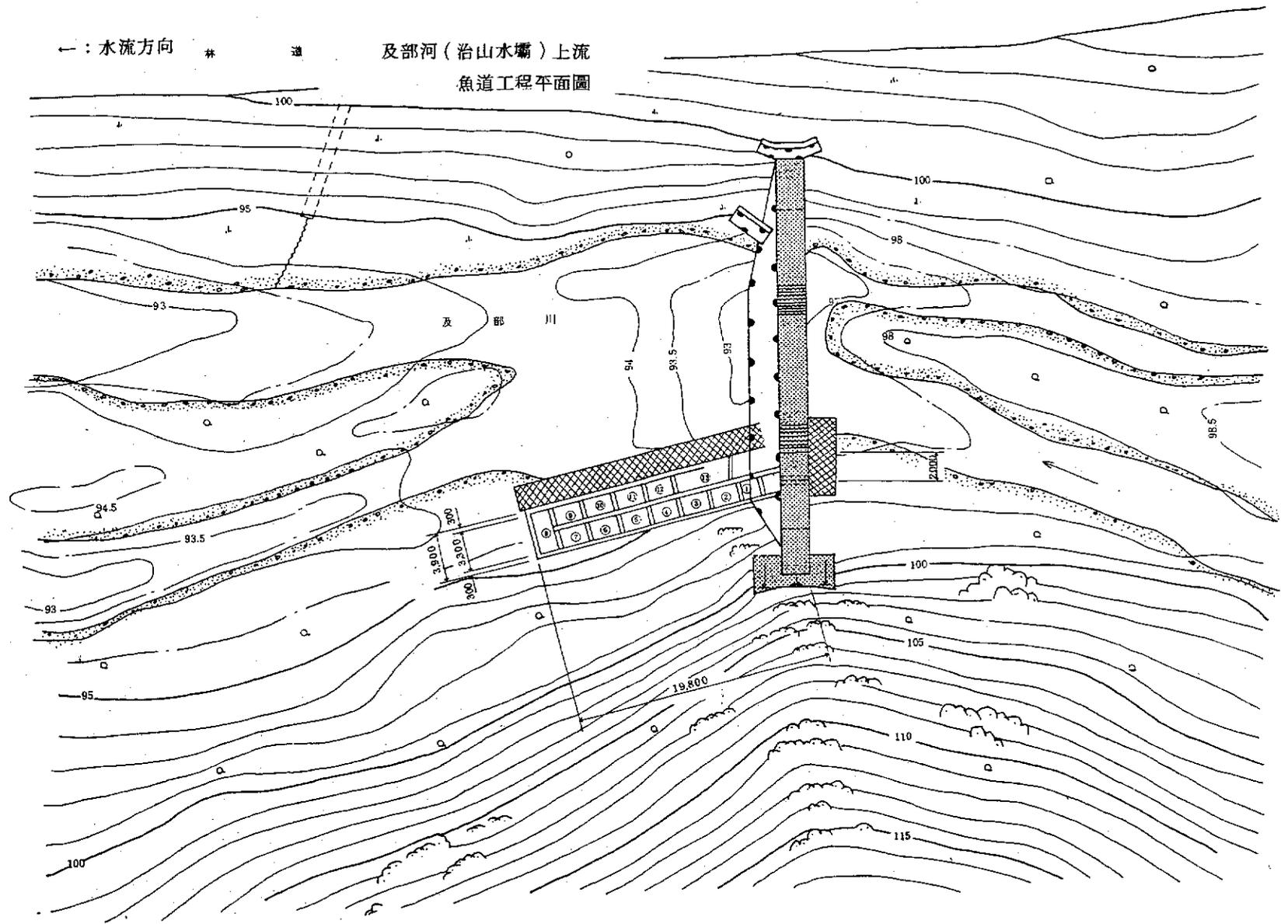


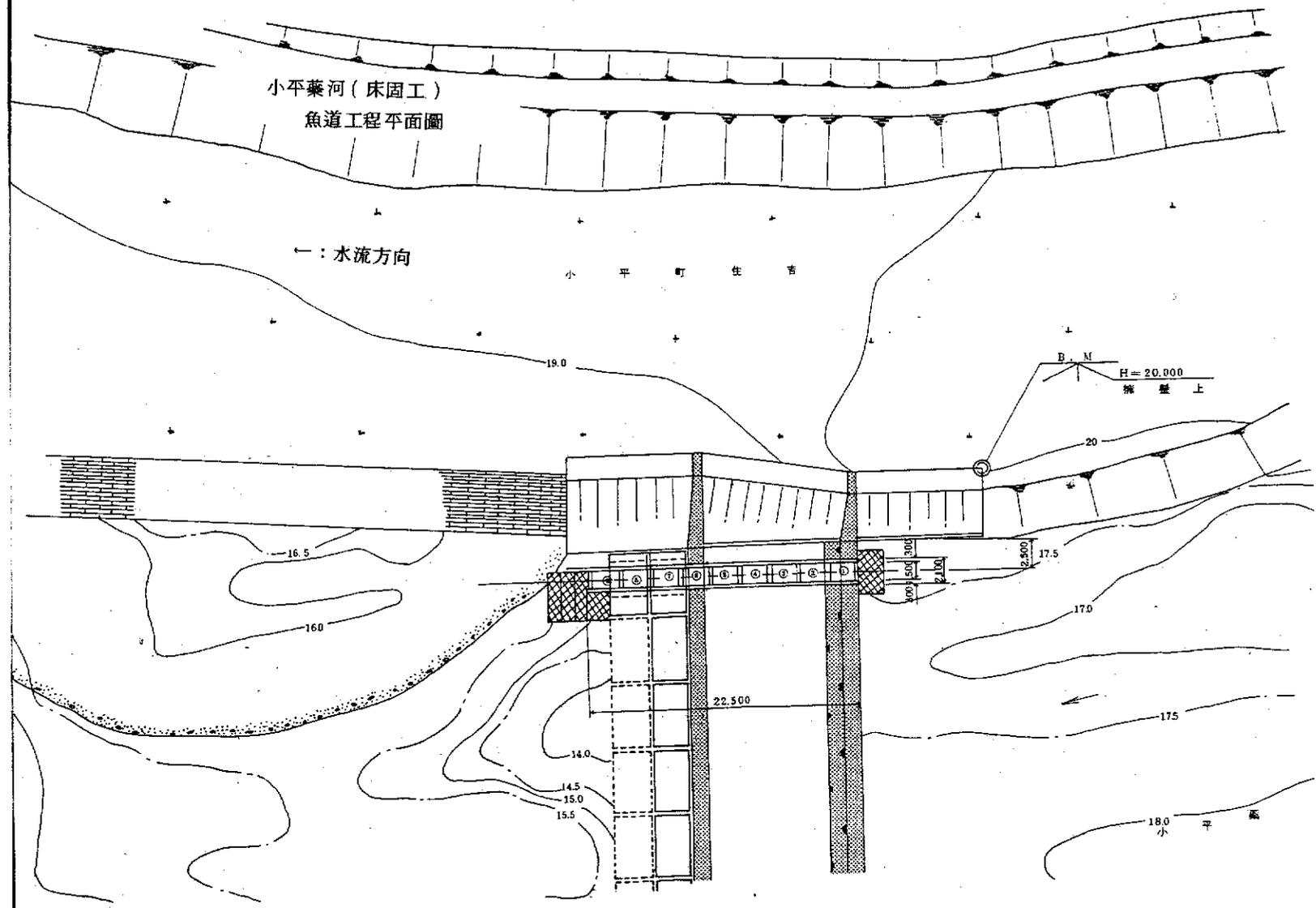
←：水流方向

及部河（治山水壩）下流
魚道工程平面圖



—：水流方向 井 道 及部河（沿山水壩）上流
魚道工程平面圖

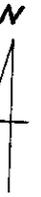




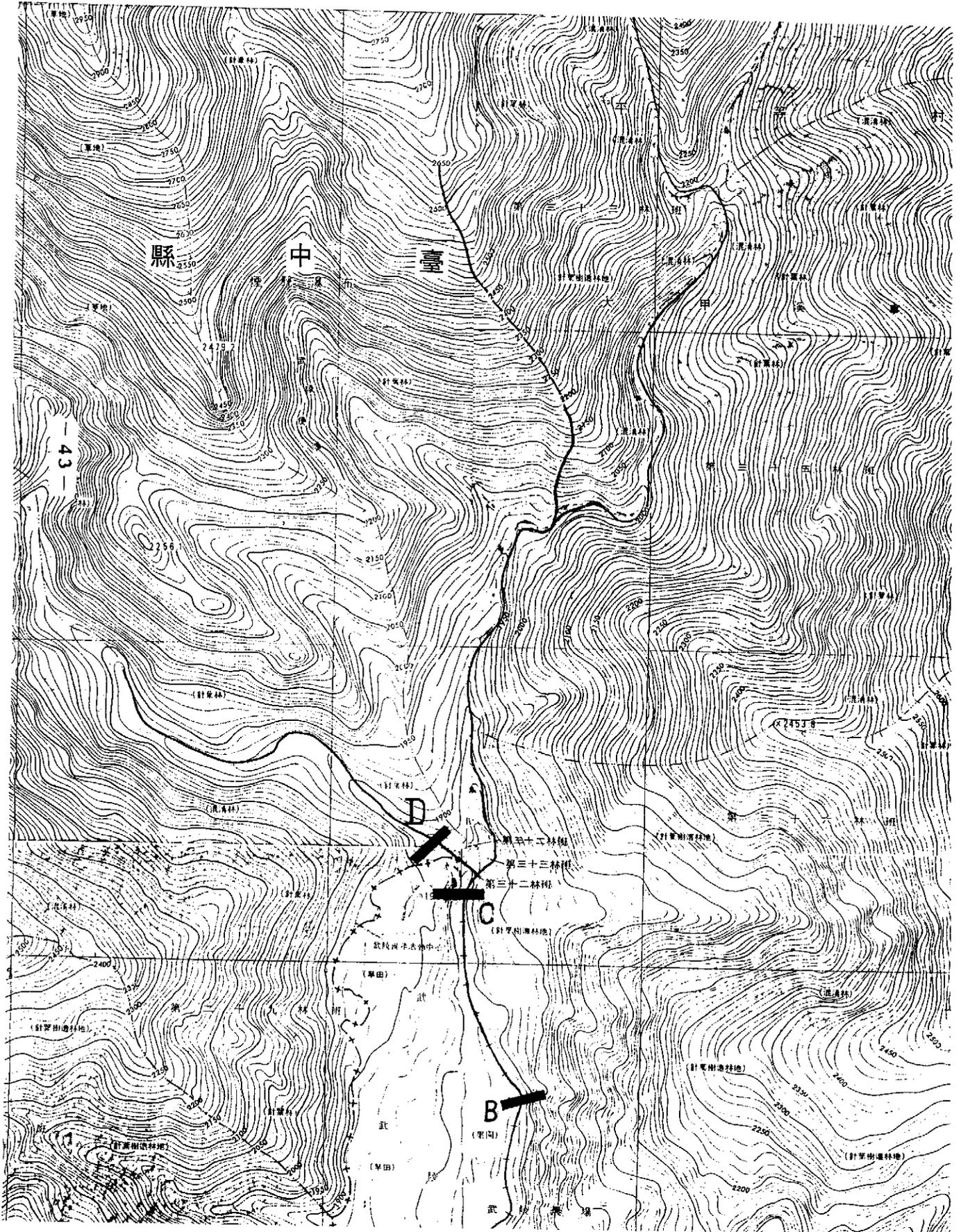
凡 例

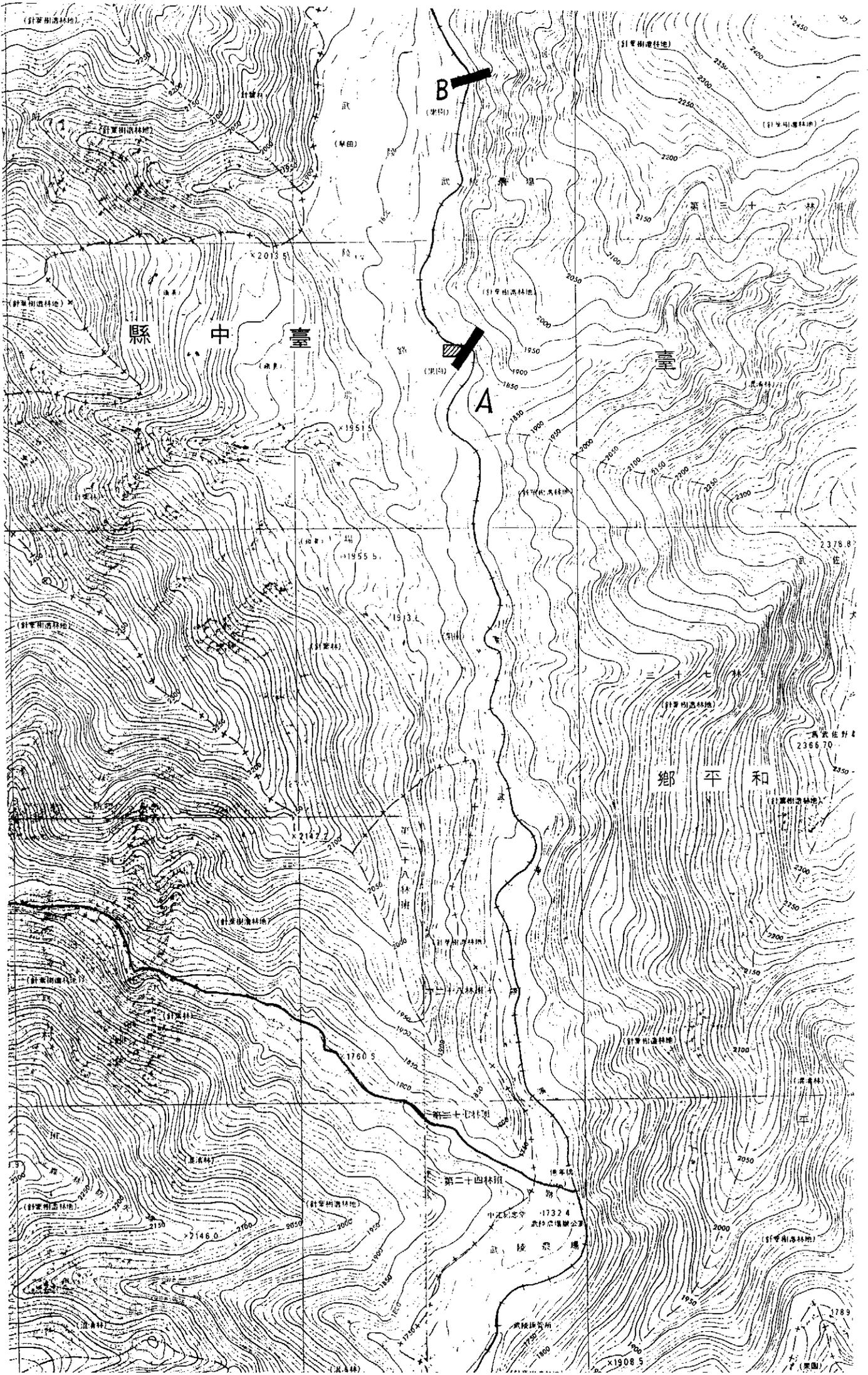
-  櫻花鈎吻鮭復育中心
-  防砂壩
- A. B. C. D.

二 七家灣溪流流域實地勘查經過圖



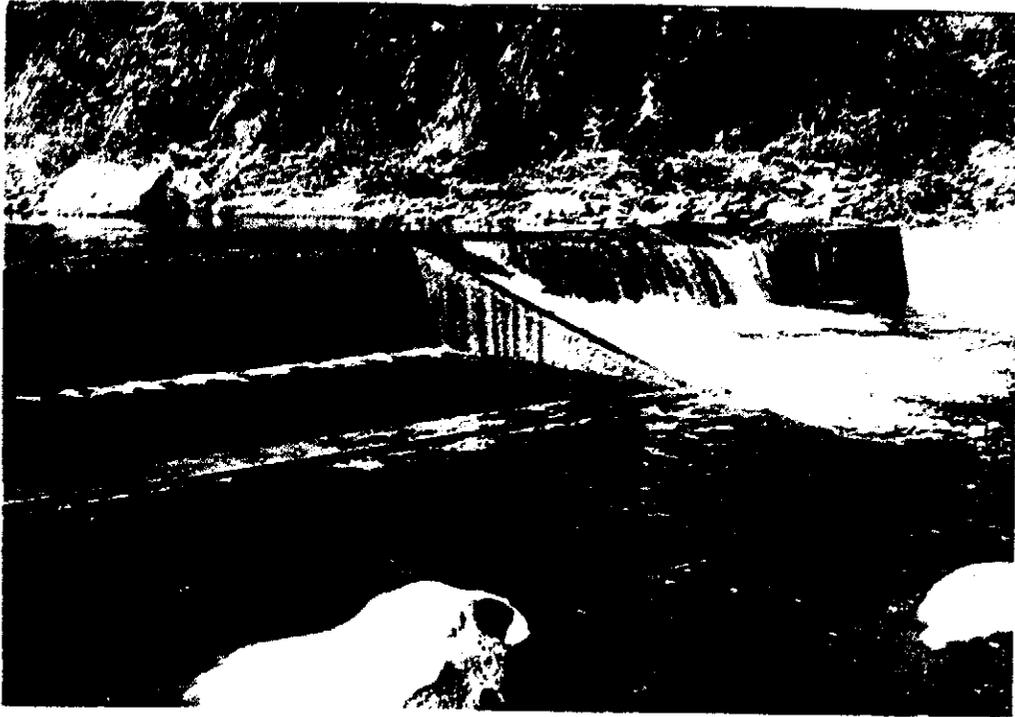
比例尺：1:10000





三、 圖片目錄

圖片 A - 1	櫻花鈎吻鮭復育中心旁的防砂壩及魚道 (其一)	46
圖片 A - 2	櫻花鈎吻鮭復育中心旁的防砂壩及魚道 (其二)	46
圖片 B - 1	武陵農場果九區旁的防砂壩 (其一)	47
圖片 B - 2	武陵農場果九區旁的防砂壩 (其二)	47
圖片 C - 1	武陵橋北側的防砂壩 (其一)	48
圖片 C - 2	武陵橋北側的防砂壩 (其二)	48
圖片 D - 1	武陵橋南側的防砂壩 (其一)	49
圖片 D - 2	武陵橋南側的防砂壩 (其二)	49
圖片 E - 1	七家灣溪流域的渦流	50
圖片 E - 2	七家灣溪上游武陵橋下緩慢的流水	50



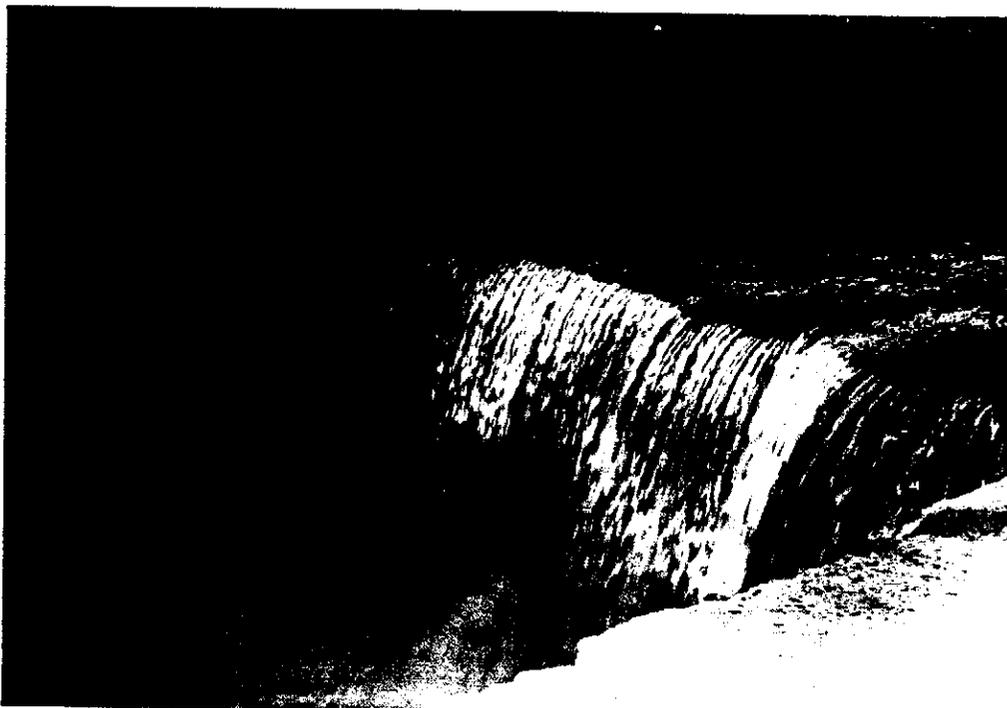
圖片 - 1 櫻花鈎吻鮭復育中心旁的防砂壩及魚道 (其一)
防砂壩寬度約26公尺，高度約1.6公尺，魚梯設
在距岸約6.5公尺處分6段。



圖片A-2 櫻花鈎吻鮭復育中心旁的防砂壩及魚道 (其二)



圖片 B-1 果九區旁的防砂壩（其一）
防砂壩分有主壩及副壩，壩寬約14公尺，主壩
高度約6.7公尺，副壩高度約4.3公尺。



圖片 B-2 果九區旁的防砂壩（其二）



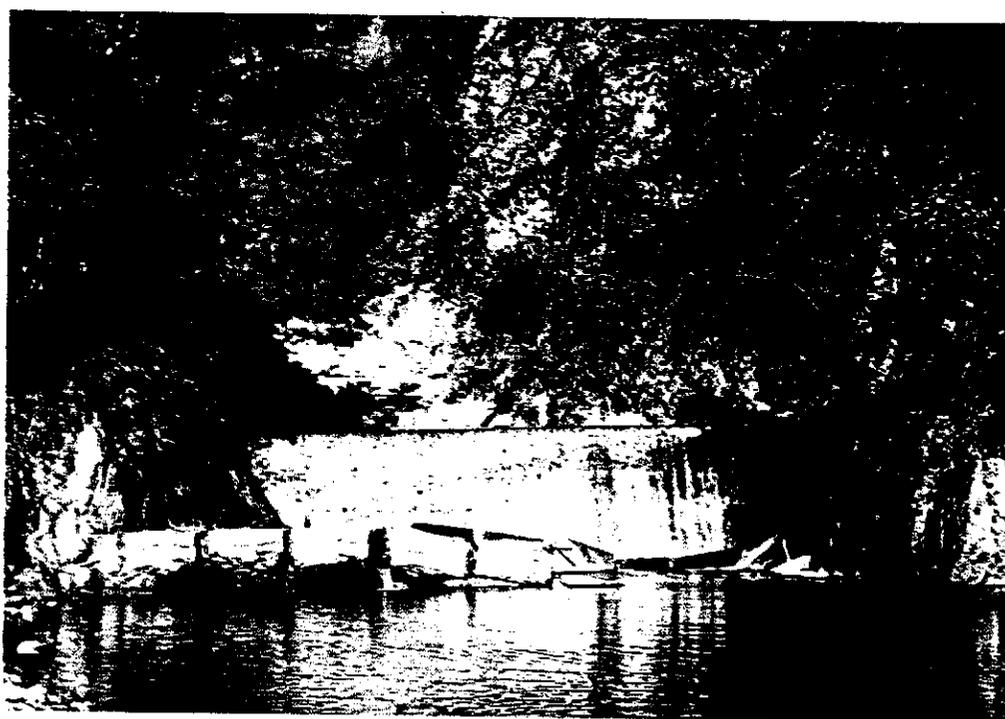
圖片 C-1 武陵橋北側的防砂壩（其一）
寬度約 18.5 公尺，高度約 10 公尺



圖片 C-2 武陵橋北側的防砂壩（其二）



圖片 D-1 武陵橋南側的防砂壩寬度約 7 公尺，高度約 3 公尺，設有主壩及副壩，副壩左、右側各設有約 1 公尺四方洞 1 處



圖片 D-2 武陵橋南側的防砂壩

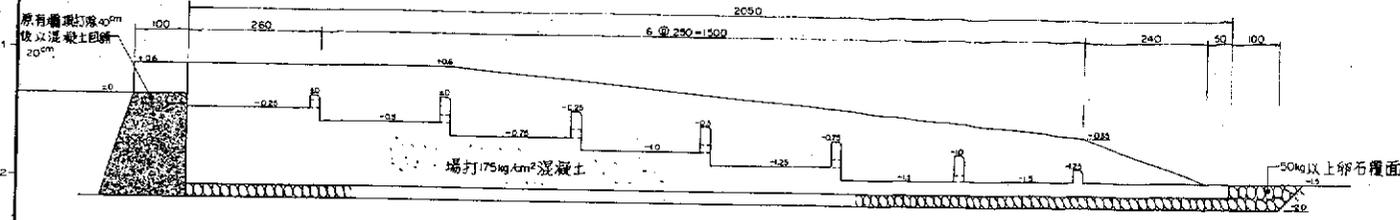


圖片E 七家灣溪流域的渦流

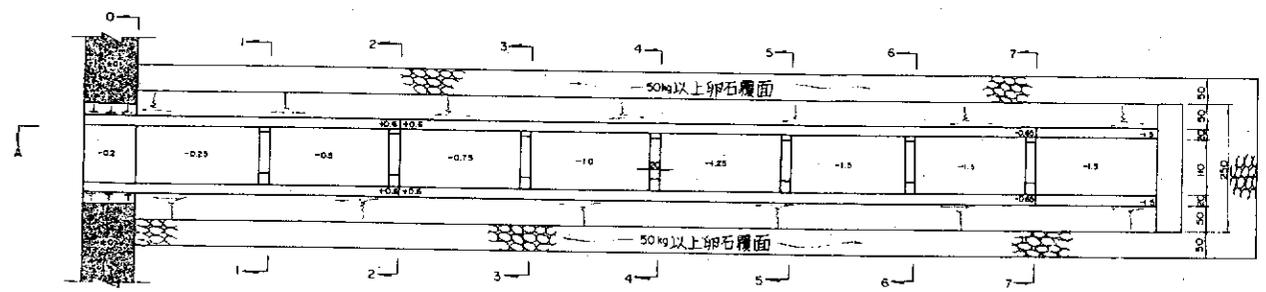


圖片F 七家灣溪上游武陵橋下緩慢的流水

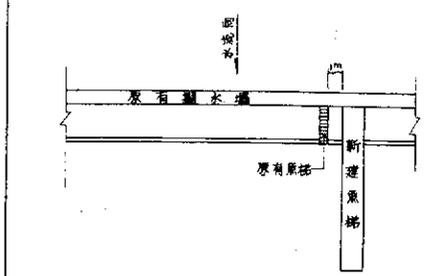
四 實驗魚梯工程規劃圖及工程估價表



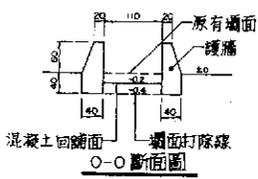
A-A 剖面圖



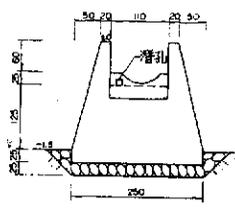
平面圖



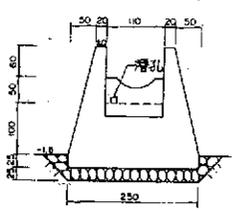
新運魚梯工程位置示意圖



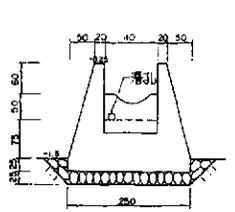
O-O 剖面圖



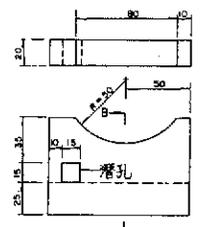
1-1 剖面圖



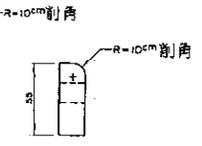
2-2 剖面圖



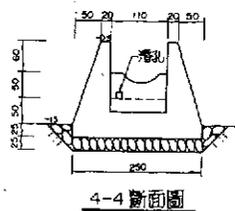
3-3 剖面圖



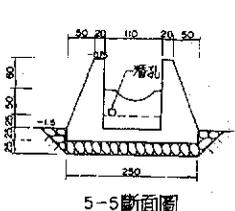
隔牆詳圖 5:1/20 U:cm



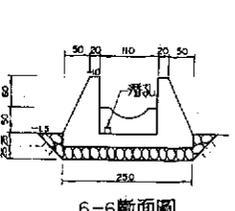
B-B 剖面圖



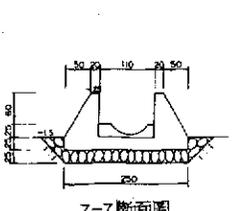
4-4 剖面圖



5-5 剖面圖



6-6 剖面圖



7-7 剖面圖

註：1. 水壩頂為高程基準點 ±0
2. 所有壁面底面均應以 1:3 水泥砂漿粉光

實驗魚梯工程規劃圖	
設計	台灣漁業技術顧問社
繪圖	廖添榮
校核	林漢
日期	
圖號	
比例尺	5:1/50, U:cm

實驗魚梯工程估價表

項 目	單 位	數 量	單 價 (元)	複 價 (元)	備 註
1. 175 kg/cm ² 混凝土	m ³	49	3,000	147,000	
2. 鋼筋及彎紮	Ton	6	15,000	90,000	
3. 模 板	m ²	97	400	38,800	
4. 基 礎 石	m ³	20	1,000	20,000	
5. 1:3 水泥粉光	m ²	128	200	25,600	
6. 機具動員費	式	1		100,000	
7. 圍堰與抽水費 (含圍堰拆除)	式	1		100,000	
8. 雜項工程	式	1		78,600	
合 計				600,000	