

臺灣省農林廳林務局保育研究

國立臺灣大學合作

森林溪流淡水魚保育 訓練班論文集

林曜松 編

主辦機關：臺灣省農林廳林務局

執行機關：國立臺灣大學動物學系

動物生態研究室

中華民國七十九年六月

序 一

臺灣近年來由於工商業發展迅速，帶來層出不窮的公害問題，河川的污染亦日益嚴重，以全省溪流之下游而言，除東部少數人煙罕至之處，幾乎已找不到幾條乾淨的溪流。依溪流為生的魚蝦亦逐漸減少，加上部份國民毒、電、網魚的風氣未改，更使本省溪流魚類瀕臨滅絕，為了保護本土稀少的溪流魚類資源，全省各處一些愛護魚類與自然資源的人士陸續成立了護魚協會或生態保育協會，發起護魚運動並檢舉不法的捕魚行為。基於生態保育的重要性及魚類資源是生態環境的主要指標，行政院農業委員會及臺灣省農林廳林務局也逐漸重視溪流魚類之保育工作，雖然目前投注之人力與經費有限，但是發軔工作的展開已為本省溪流魚類之保育帶來一片生機。

溪流魚類與森林有密切的關係，由於森林的存在可改善溪流的水質，穩定河川的水量，孳息水棲昆蟲以繁衍魚類資源。因此，涵養乾淨豐盛的水源，使賴以為生的魚蝦得以生生不息，這是未來林業多目標經營中相當主要的工作。我們都知道，魚類與森林一樣是一種可再生的資源，如合理的經營管理可以取之不盡用之不竭。鑑於對戶外遊憩活動中參與溪釣的人口迅速成長，我們有責任保護溪流魚類，改善魚類棲息環境並建立制度化的經營方式。

基於上述之原因，本局與臺灣大學動物系合作於本(七十九)年六月四日至六日在臺大思亮館國際會議廳舉辦「森林溪流淡水魚保育與利用訓練班」並於同月七、八兩日赴武陵、七家灣溪實習，由臺大動物系林曜松教授等十四位專家學者主講，敬邀各縣市政府、各林區管理處及愛護魚類之保育人士齊聚一堂，共同商討溪流魚類之保育工作。為使本工作得以順利推行，特將授課講義編印成冊，以供應用。同時對接受合作訓練之臺大動物系表示感謝外，並對參與此項訓練班活動全體同仁之辛勞表示敬佩之意，謹誌語以為序。

林務局局長

何德宏 謹識

民國七十九年六月四日

序 二

近年來由於臺灣人口增加、工業發達，許多河川飽受破壞與污染，棲息其間的淡水魚資源已受到嚴重的威脅。過去全省約有160種淡水魚，目前其中12種業已絕種，其他種類也是岌岌可危。

民國76年11月，本人由行政院農業委員會推薦，參加美國森林署舉辦之「溪流魚類棲地改善研習會」，受益匪淺。有感於我國對淡水魚資源經管理之漠視及落後，乃向前農委會葛副主委錦昭建言，政府應指定林務局來經管森林地區之淡水魚資源，因此葛前副主委於民國77年6月，邀集台灣省林務局、臺灣省林業試驗所、臺灣省漁業局、臺灣省水產試驗所、農委會林業處與漁業處等單位之首長、張崑雄教授及本人會商臺灣淡水魚之保育對策，並推派本人為森林溪流淡水魚保育與利用計劃之主持人（77農林字7030163A號）。茲為加強林務人員對溪流魚類資源之認識，以利此項資源保育工作順利推動，林務局乃委託本人舉辦本次「森林溪流淡水魚保育與利用訓練班」。本人有幸邀請多位學者專家傳授溪流生態、漁業資源、魚類生態、水生昆蟲、養殖、魚病、寄生蟲、水土保持、河川棲地改善等知識，以供林務人員之參考。

為使「森林溪流淡水魚保育與利用訓練班」中諸位講員之演講內容廣為流傳，以助臺灣淡水魚保育工作之推廣，特編印成冊，以供參考。本訓練班之籌畫與進行，承蒙呂佩義及動物生態室同仁之協助，並蒙各專家學者賜文，謹致最高謝意。

臺灣大學動物系教授

林曜松 謹識

民國七十九年六月四日

目 錄

1.淡水魚資源的保育與利用-----	林曜松-----	1
2.魚類生態-----	張崑雄-----	15
3.溪流生態系-----	呂光洋-----	23
4.鮭鱒魚類生態-----	林曜松、梁世雄-----	33
5.水棲昆蟲在溪流生態系中之角色-----	楊平世-----	53
6.漁業資源之最適利用-----	曾萬年-----	65
7.台灣淡水魚類的生與死-----	曾晴賢-----	81
8.集水區經營治理與淡水魚類之棲息和生存-----	李三畏-----	97
9.河川魚類棲地調查之基本原則與技術-----	汪靜明-----	119
10.森林溪流棲地改善概說-----	邱健介-----	139
11.美國魚類棲地改善研習及考察報告-----	林曜松-----	189
12.淡水魚養殖-----	湯弘吉-----	197
13.水域生態與魚類健康-----	鍾虎雲-----	215
14.與淡水魚有關的人體寄生蟲-----	蘇霽靄-----	231
15.南仁山水域動物性寄生蟲生態簡介---	蘇霽靄、呂森吉-----	239

淡水魚資源的保育與利用

林曜松

國立臺灣大學動物系

一、淡水魚資源的枯竭

台灣的大小河川共有105條，遍佈全省，全長約3000公里。過去，這些河川裡無數的魚蝦，不僅為人們蛋白質的來源之一，也提供了人民垂釣遊憩的機會。然而好景不常，最近四十年以來，河川中魚蝦的數量與種類及垂釣遊憩的機會正不斷減少中。

例如在台北都會區的淡水河，原來曾記錄有42種淡水魚，但在民國70年至76年水資會的六年調查中，只發現25種。高屏溪在民國49年以前曾記錄有30種魚類，但在民國61年至74年的調查中，也只發現20種。有些種類或許族群太少，以致未能捕獲，但部分種類如香魚確已絕跡，而這幾十年來在本省滅絕的種類即可能有12種之多。目前本省西部的每一條河川均遭到嚴重的污染，約有12%的河段溶氧在2ppm以下，在這種情況下，魚類如何能生存下去呢？此外，在農村附近的小河與溪流，魚類也都近乎滅絕。

這幾十年來，我國自國外引進許多魚類，其中最有名的應是吳郭魚。該魚種是民國34年時引進來的，至民國75年時年產量已高達六萬公噸，在全省的河川，到處都可見其蹤跡。例如高屏溪，在民國62年時，吳郭魚總數量佔捕獲魚類的4%，但在72年卻已增加至40%；而吳郭魚原為熱帶性的魚類，剛引進時，並不適應於北部的冬季，如今在台北縣坪林一帶的山區溪流卻都可見其蹤跡。但是，就由於數量太多，迫使許多淡水魚族群銳減，乃至絕跡。又例如多凡摩利魚也是一樣，自引進繁殖後，也同樣使得本省原生種的大肚魚因而鉅減。

近年來，政府積極從事保育的櫻花鉤吻鮭，原棲息於梨山上面大甲溪

的主流與支流，包括七家灣溪、雪山溪、南湖溪、有勝溪與司界蘭溪。民國27年日據時代，日本殖民政府曾將櫻花鉤吻鮭列為天然紀念物而嚴加保育，嚴禁砍伐櫻花鉤吻鮭所生存的溪流兩岸300公尺內的森林。然而民國34年台灣光復後，國人並不重視此魚的價值，許多河段兩岸的林木，全被砍除開發成果園與菜園；此舉不但促使溪流的水溫上昇，且殘餘的農藥與肥料流入水中而影響了魚類的生存。這其間，再加上漫無管制的濫捕以及毒魚，至民國50年代，魚羣便僅分布在七家灣溪、司界蘭溪與雪山溪而已。民國70年之後，櫻花鉤吻鮭生存區域甚至縮減到七家灣溪上游五公里的範圍內。政府遂於民國73年，依文化資產保存法宣佈其為瀕臨絕種動物，在農委會的大力支援下，族羣始漸漸恢復生機，但族羣估計也只剩一千尾左右。

造成台灣淡水魚類枯竭的原因很多，如非法的毒魚、電魚、棲地破壞、水壩與攔沙壩的興建，漫無限制的垂釣，捕撈與河川的污染等，然而最基本的原因，乃在於無論是政府或民間從不重視溪流中的淡水魚資源，政府既無任何單位經營管理溪流淡水魚，民間亦甚少關心淡水魚的存亡。例如在我國的行政體系中與魚類有關的單位包括台灣省政府的水產試驗所、漁業局與各縣市政府的水產科、行政院農委會所屬的漁業處等。在學術界與魚類有關的單位則有基隆海洋大學、中山大學海洋學院、台灣大學漁試所、台大漁業科學研究所、台大海洋學研究所、台大動物學系漁業生物組以及其他水產專科學校等。以上機構所研究或探討的對象，絕大部份為商業性漁業一包括沿岸、遠洋與深海漁業、淡水及海水養殖漁業。四十年來，經由政府，民間及學者的努力，我國商業性漁業的發展突飛猛進，但溪流中的淡水魚資源卻每況愈下。在今日，儘管本島的河川，溪流淡水魚類資源日益銳減，但國民垂釣的風氣卻與日俱增，釣友高達百萬人，因此，政府實在有責任提供優良的淡水魚棲地，以滿足國民的需求。

二、他山之石—美國與日本的淡水魚資源

在先進國家如美國與日本，為能充分保護與利用其國內的淡水魚，制定了許多法律，改善魚類棲息環境，設立魚類孵化場，因此河川湖泊中有豐富的魚兒，並有優良的環境供人垂釣。茲就目前美國(Chandler, 1985; Barton and Fosburg, 1986)與日本對淡水魚所採取的各項措施分述如下：

1、管制垂釣行為

魚類資源的管理措施，大致上有禁漁期、禁漁區、漁獲量限制、網目限制以及魚種體型限制等六種方式，每個措施的方式及效果分述如下：

- (1)禁漁期：通常對於水域內的所有魚類訂定一個最短的共同禁漁期，也可以對某一些特別的魚種，訂定禁漁期間。例如在加州的鮭魚，則規定11月15日至次年的2月14日為禁釣期。禁漁期通常定在魚類的繁殖季節，其目的是使魚類在生殖季不受干擾。在這段期間，除了因為人工繁殖的目的必須捕捉種魚之外，通常是不允許捕捉魚類的。禁漁期不但可以保護魚類繁殖，也可保護附近植物的生長，以及水鳥的棲息。
- (2)禁漁區：對於魚類繁殖地的保護最具效果的方法即是設立禁漁區。禁漁區的大小和保護的效果呈正相關。
- (3)漁獲量限制：限制每個人每天可以捕捉多少尾魚，捕捉到而再放回河裡的數量則不計算在內。漁獲量限制可以緩和捕捉壓力，但仍會使釣魚的人有滿足的感覺。例如在美科羅拉多州Big Thompson河，當地漁業局規定垂釣者一天至多只能釣二條鱒魚，且尺寸不得小於16英吋。

- (4)網目的限制:對各種手投網、刺網的網目大小，以及釣線粗細、釣勾大小和釣法均作限制，以避免捕捉過小型的魚，或對魚類造成傷害。
- (5)漁具限制:禁止使用不合適的漁具，如電擊、毒藥、炸藥或是其他危害性較強的網具或漁法。
- (6)體型限制:避免尚未成長的魚類被捕捉。通常每一種類的體型限制標準設定在可供漁獵活動的適當體型，或是魚類可以繁殖的體型大小。當然體型大小的限制，會因其生活環境不同而改變，且以雌魚的體型為設定的標準依據。雖然這些規定，給釣魚人士許多不便，但也使得魚類資源獲得確保，而使得垂釣者永遠都有大魚可釣，常能盡興而歸。

2、執行法律

為了保護溪流中的魚類，使其每年能持續繁衍，以應釣者需求，必須要有保護與管制的法律，若無法執行適當的法律，再好的研究和管理計劃都沒有多大的意義。例如國內非法的毒殺、電捕與網捕，已使本省許多河川的魚類族羣減少，甚至滅絕。在美國，為了阻止這類不法的行為，他們雇用訓練良好的博物學家來擔負保育的工作。依照1979年的統計，美國所任用的八千位保育警察，大部份都擁有野生動物學士或碩士學位。他們花費61%的工作時間在執行法律上，其餘時間則從事野生動物與魚類的管理、教育、公共事務的處理等工作。例如在漁業管理上保育警察也做魚類族羣調查，估計到底多少魚被捕，多少魚仍然在水中；他們也同時參與溪流棲地的改善工作，並指導地主有關管理魚池的方法，有時也協助稚魚的放流。

在美國法律執行員佔漁業及野生動物雇用人員的30%，並使用約28%的預算。執照費是政府管理漁類經費重要財源之一，若無保育警察執行此法律，所有魚類及野生動物部門的預算，都將遭到嚴重削減。

3、專責機構方面

1865年美國麻塞諸塞州率先設立州立魚類及野生動物管理處，至1880年，全美國各州都已通過保護魚類及野生動物的法令，也都雇有專門人員在執行這項法令。自1903年至1974年，主管美國內陸魚類的聯邦機構曾數度改組，直至1974年成立了魚類及野生動物署，主管美國內陸的商業性與娛樂性漁業。1975年時，這個機構雇用了4,030位的專業人員（1985年為六千人，預算六億），而各州也雇用了二萬五千位人員，主管全國的野生動物與魚類的保護與利用。

此外，自從1960年美國國會通過「森林的多目標持續性利用法」之後，林務署便開始負責森林野生動物與淡水魚的經營管理工作，例如1985年林務署的野生動物與魚類生物學家便有 536人（負責淡水魚類的人數高達120位）。

4、使用者付費

1950年美國國會通過Dingels-Johnson娛樂性魚類復育法，由政府課徵各種釣魚器具10%的貨物稅，以供魚類資源的復育。自1950年至1985年共課徵了四億六千萬美元的稅收。在1985年，此項貨物高達三千八百萬美元，美國政府便運用這項經費，支援400項魚類計畫。1986年，此項貨物稅遂增為一億三千萬美元。

各州政府都規定必須買釣魚証才可以釣魚，釣魚証費用隨各地區、垂釣魚種及垂釣時間長短而有差異。例如在加州，人們從事內陸水域垂釣的年費為8、75元。魚証費用的收入也都運用在魚類的研究、魚苗的放養、魚類棲地的改善、聘用管理魚類人員，以及取締非法捕魚等等，以確保溪流中有豐富的魚類。垂釣者付了少許的費用，卻因而擁有優異的垂釣環境，

因此最大的受惠者仍是垂釣者。反觀國內，釣者不付費，政府也沒有財源來改善垂釣的環境，難怪溪魚的數量及體形每下愈況。

5、研究

1871年美國聯邦政府成立了美國魚類與漁業委員會，負責調查內陸湖泊與沿海食用魚類減少的原因。1903年委員會改組成立漁業局，從事漁業資料統計收集，並發展魚類的養殖與繁殖技術。1956年國會通過了「魚類與野生動物法案」，宣言「維持與增加野生動物與魚類的娛樂性機會」為國家政策之一。授權內政部從事魚類的資源、魚類的需求與垂釣的統計，並推廣有關垂釣魚類保育的教育，以達到魚類的管理、保護與利用。在1985年聯邦政府的魚類資源計劃項下的研究經費便多達一千一百一十萬美元。此外，1958年的「大湖魚類法案」也提供了鉅額經費以供淡水魚的研究。

1985年，美國林務署提供了三千六百七十萬美元的經費作為魚類管理基金，佔林務署預算的3.3%。此外任何人破壞森林時，都得預付補償基金（K-U基金）作為資源的復育。1985年的K-U基金便多達五百八十七萬美元。

目前美國聯邦魚類與野生動物署下面有一個國家研究中心，裡面有9個研究室及28個野外工作站。全美具有魚類博士學位的人數，多達6,000位，均參與各項魚類研究工作。

6.立法減輕水壩對魚類的危害

1934年美國國會通過了「魚類與野生動物協調方案」(Fish and Wildlife Coordination Act)，它要求聯邦政府建築水壩的機構或核發水壩建築執照的單位，在核發執照或興建水壩之前，應與漁業局協調，只

要經濟上許可，水壩工程必須包括魚梯工程。這方案也附帶要求商業部協助聯邦、州政府或其他機構從事魚類的繁殖、放養、魚病與污染研究。在1946與1958年的魚類與野生動物協調方案，又附加了新的條款，要求水資源機構必須平等對待水與魚類資源，在任何改變溪流環境的計畫，應設法防止對魚類與野生動物的傷害。在水資源計畫下，包括合理的魚類與野生動物保護計畫。

美國奧勒崗州波特蘭附近的哥倫比亞河上，有二座建於1900年大水壩，因為阻隔了鮭魚的迴游，因此電力公司便於1958年興建一個長達二英哩的魚梯，橫跨兩個大水壩，可讓約三萬尾的迴游性鮭、鱒魚至上游產卵，幼魚也可經由魚梯向下方迴游至海洋成長。魚梯附有自動照相裝置，可以計數溯梯而上的成魚，及判別種類；也附有可取樣計數下海迴游小魚的裝置。

在奧勒崗州Dallas河，落差很大，當地州政府漁業與野生動物管理處便興建了兩座相連的魚梯，第一座落差約1.5公尺，第二座約1公尺，兩座之間有水潭，以供魚類(Steelhead)休息後，重新跳躍至上游。

7、改善魚類棲地

在某些情況，溪流若不加以人為協助而任其自然發展，則其發展可能會過於緩慢或造成與人類本意完全相反的結果。例如小河邊的高草地有時會演替成為覆蓋河流的森林，反而不利於盛產垂釣性魚類的小河川，若要維持小河魚類的生產力，有時便需設法遏止這種植物的演替現象。在河川魚類生產力低的環境，經過人為棲地的改變往往可使河川中魚類數量大增。例如在美國科羅拉多州的大湯姆遜(Big Thompson)溪流的改善措施中，人們便於600公尺長度的溪流中，放置了33個大石頭，4棵枯樹，7個縮減河道的改流措施(deflector)及從事邊坡穩定措施，一年之後當地魚類施羣增

加了65% (Vinogovic et al, 1987)。又如日本兵庫縣的圓山川中流域，其水域原來最深僅80cm，後挖掘成深3m的水潭，結果在1m×2m的範圍裡，魚羣的密度增加了4~15倍，現存重量則增加了60~120倍，魚類體形也自改善前的5cm增加為25~40cm (水野，1987)。

在威斯康辛州的小溪中，1980年前也曾因為使用河流改向設計，使河寬變窄、深度增加，並且增加河岸遮蔽物，結果使得魚類數量以及垂釣者的漁獲量亦增加。而儘管釣者的使用率和捕獲量都已增加，但單位區域內的野生魚重量還是增加了2~3倍，其中大型魚的數量增加最多，這種情況對釣魚的人來說，最具吸引力。

在一條鮮有遮蔽物的溪流中，以縱向6公尺間隔放置單一半邊原木 (Single half-log)，使得體長25公分或甚至更大的野生鱒魚族羣在三年之間，由處理前平均每英哩有40尾魚，增高為處理後平均每英哩有450尾，共增加了11倍。

8、魚類放流計劃

1869年，美國的麻塞諸塞州成立了第一座公有的魚孵化場，以放養魚苗到溪流裡。1940年後期，美國有鱒魚的溪流承受空前的垂釣壓力，導致公有養殖場數量的激增。在1971年，聯邦政府擁有95所孵化場，支持並資助15所孵化場，州政府轄下的孵化場亦有500所，而私人也有二千多座孵化場。1985年美國聯邦政府的孵化場之操作經費多達二千四百六十萬美元，而當年度全美所生產的三億尾魚，終得以放養到溪流中。

許多湖泊雖然是理想的魚類生長環境，卻鮮有讓魚類產卵的機會。經常性的放養措施，使得許多湖泊可以提供人們釣魚。一般而言，人們在夏末、秋初之際，將接近捕收大小的魚放於湖中，春天垂釣季節開始時，魚

兒已長成可供垂釣的體型。

前面所提到的孵化場，其經營是藉由垂釣人士購買執照的金錢而維持其運轉。例如加州規定，魚孵化計畫所花費的經費，不得超過從釣客處所收到的執照費，由此可知孵化放養工作頂多只能增加釣魚機會，並非無限制來提供魚類供人垂釣。

9、保護區的魚類利用計劃

1962年美國通過保護區(refuge)娛樂利用法，授權內政部在不影響魚類與野生動物的保育原則下，可開放保護區從事娛樂性的釣魚活動。

例如在美國加州聖地牙哥的Murray湖，在自然的狀況下，每年僅可提供7,000磅。然而自從在開始收費後的兩年內放養稚魚後，垂釣期間便開始延長，人員也增加至五萬人，而漁獲量則增至五萬磅。這種「垂釣者付費—政府經營」的運轉方式相當令垂釣者滿意。同樣地在南加州的兩個水庫和密蘇里州政府所經營的四個釣魚公園，也是相當的成功。

據統計，自1951年至1984年全美總共造了283個垂釣用的湖泊，造福了不少釣客。

10、林務署的魚類計劃

美國早在19世紀末葉便開始重視森林的保育，如1891年與1897年，分別通過的森林保留法案(Forest Reserve Act)與組織法(Organic Act)即是顯例。但這兩個方案都忽略了野生動物的資源。雖然在20世紀初葉，美國為了狩獵性動物能永續性地被利用，而設立許多狩獵動物的保護區，但對魚

類資源的重視，則直到1960年美國通過森林「多目標持續性利用法案」才首次將魚類與野生動物的保育，納入其森林經營目標之一。但這個法案仍被人批評為太曖昧。直到1974年通過了錫卡延伸法案(Sikces Extension Act)，才要求內政部與州政府的魚類與狩獵性動物機構合作發展野生動物、魚類與狩獵性動物的保育與復育計畫。

在森林法中有一個相當重要的方案，它便是1930年通過的Knutson-Uandenberg(K-U)方案，該法案規定凡是購買林木者，得預存一筆基金從事森林復育工作。1976年提出的國家森林管理方案規定K-U方案所抽取的基金，可直接用到森林砍伐區野生動物與魚類資源的復育上面。

11、與環保單位合作

1972年頒佈的污染防治法，其最終目標是要消除所有的污染物進入河川及湖泊，而中期目標，是於1980年代中期要讓所有的河川湖泊都能適合魚類的生存，並由環保署負責執行此一法律，並提供大筆經費以支持美國魚類及野生動物署來推動此一計劃。

三、魚類需求

河川魚類的基本需求，主要包括水量、水溫、食物、隱蔽、生活空間、繁殖場所及優良的水質等項。

- 1、水量與流速：魚類無法生存在低於其身體高度的淺水域，當溪水流量過少，河床裸露時，魚類會大量死亡，卵與仔魚也會因為與河床碰撞磨擦而死亡。但是當河川氾濫時，溪流中所夾雜的大量泥沙也會淹沒產卵場及孵育場，無脊椎動物的數量也將會有枯竭的現象。同一種魚對流速的

喜好，可能亦隨不同階段的成長而相異。例如櫻花鉤吻鮭，幼魚期不適合在急流中運動和覓食，故出現在水潭的數量較急流多(Kojima and Sugiawaka, 1980)，而大魚則喜歡出現在半急流半水潭的水域。因為急流處所漂流的水生昆蟲較多，易吸引成魚在此覓食。

2、溫度：魚類對環境中溫度的變化要求很嚴格。例如櫻花鉤吻鮭只適合在水溫18℃以下的水域生存。水溫過高或過低，均會影響魚類產卵與孵育的成敗。Swift and Messer(1971)在美國南阿帕拉契山的小河，曾發現當遮蔽太陽的森林移除後，水溫由19℃驟增至23℃時，便造成當地鱒魚的死亡。

3、掩蔽：溪中的掩蔽物可以讓魚類逃避敵害，當天氣過熱時也可提供陰涼的位置。掩蔽的方式很多，如懸垂樹叢、下切河岸、圓石、樹根、暗礁、樹木殘株等均是。鱒魚喜歡靠近河床且淹入水中的遮蔽，尤其是靠近河床的大型遮蔽物，愈能造成可躲藏的黑暗空間。當溪流遮蔽物減少時，溪中所有魚類的數量則會銳減(Elser, 1968; Takahashi and Higashi, 1984)。

4、森林：森林對溪流生態也有重大的影響。森林具有降低溫度、減低水流速度及土壤流失等功能。據Pereira(1973)指出，同樣兩個相似的環境，其中一個河岸的森林被砍伐後，流量即增加了17%，而土壤中的養分也會釋放至水中，引起溪水的過度營養化。而過度營養化將促使藻類及水草過度繁殖，一旦這些植物死亡或在夜間過度消耗水中的溶氧，便會造成魚類的死亡。湖泊的情況亦然，過高的營養，也會促使浮游生物羣落組成發生變化，魚類羣聚自然也會跟著改變，此時如果又沒有良好的漁業管理，可能會導至某種魚類的消失。

溪流中營養鹽濃度與河川兩岸的森林的開發有密切關係，Omernik(1977)發現水中營養鹽濃度與兩岸森林面積成反比而與農業土地面積成正比。武

陵農場、七家灣溪的磷酸鹽與硝酸鹽濃度，超出未污染之溪流的磷酸鹽濃度上限0.01ppm與硝酸鹽濃度上限0.05ppm甚多，其原因便與沿岸的農業開發有關。

四、結論

溪流的淡水魚在漁撈買賣上的商業價值固然有限，但它所能提供的垂釣娛樂價值，卻相當可觀。例如在美國，約有五千四百萬人以上，每年至戶外垂釣三次以上，為了垂釣，美國人每年耗費三百億美元，支持了七十五萬個工作機會。在臺灣喜愛釣魚的人數估計在百萬左右，其所產生的經濟活動以及娛樂價值，雖無統計資料，但推測應是相當地可觀。本省平原區的河川溪流目前雖遭嚴重污染，導致魚蝦減絕，但在大部份的河川上游地區裡卻仍然保有清澈的水流及相當數量的魚蝦。因此，只要人們能在這些溪流發展合理的魚類經營與管理，那麼本省的淡水魚對於人們的貢獻將是無可限量的。

五、引用文獻

- Barton, K., and W. Fosburgh 1986. The U. S. Forest Service. In :Amos S. Eno et al. (eds.), Audubon Wildlife Report. The National Audubon Soc. N. Y.
- Chandler, W. J. 1985. The U. S. Fish and Wildlife Service. pp.1-24, in: Amos S. Eno et al. (eds.), Audubon Wildlife Report. The National Audubon Soc. N. Y.
- Chandler, W. J. 1985. Inland Fisheries Management. pp. 93-129 in: Amos S. Eno et al. (eds.), Audubon Wildlife Report. The National Audubon Soc. N. Y.

- Elser, A. A. 1968. Fish population of a trout stream in relation to major habitat zones and channel alteration. Trans. Am. Fish. Soc. 103:389-396.
- Kojima, H., and K. Sugiwaka. 1980. Population size and net production of juvenile masu salmon in the Atsuta River, Hokkaido. Sci. Reports of the Hokkaido Fish Hatchery. 33:35-43.
- Omerik, J. M. 1977. Nonpoint source stream nutrient level relationships: A national study. U.S.A EPA. EPA-600/3-77-105. Washington D. C.
- Pereira, H. C. 1973. Land use and water resources in temperate and tropical climates. Cambridge, Cambridge Univ. Press.
- Swift, L. W. and J. B. Messer. 1971. Forest cutting raise temperature on small streams in southern Appalachians. J. Soil and Water Conservation 26:11-16.
- Takahashi, G., and S. Higashi. 1984. Effect of channel alternation on fish habitat. Jap. J. Limnol. 45(3):178-186.
- Virogovic, D., D. McKinley, and B. Stuber. 1987. Big Thompson river fish habitat restoration projects, U. S. Forest Service, Fort Collins. Colorado, U. S. A.

魚類生態

張崑雄
中研院動物所 研究員

壹、世界魚類

一、魚類的總數

水的分布從兩極到赤道，從6000公尺的高度到10,000公尺的深度，魚類終其一生必須靠水生活，而魚類生存的條件有極大的差異，因此魚類的分布同樣也可從高地的湖泊到深海，從兩極到熱帶區。它們爲了生存於環境，必須有不同的適應能力，以生存在流速高達每秒二公尺以上的山間溪流中，或生存於壓力達1.000大氣壓力的10,000公尺深的海洋裡。對溫度的適應同樣也有很大的幅度，它們可生存於接近鹽水冰點的溫度（-2、-3°C）及+50°C的高溫中。同樣的，魚類對於容忍鹽度改變的幅度也是相當驚人的。

魚類對於差異極大的環境，有各種不同的適應能力；這足以說明爲何它們佔了所有脊椎動物半數以上的種類。據估計目前全世界魚類有21,723種（脊椎動物估計共有43,173種）。而且每年陸續有許多新種發表，估算全世界魚類最終的種數可達28,000種之多。其中生活在淡水湖泊或溪流的種類，共有8411種，約佔所有魚種數的39%。

這兩萬多種魚類分屬於445科。其中有七個大科包含所有魚種數的30%，它們爲鯉科(Cyprinidae)、鰕虎科(Gobiidae)、脂鯉科(Characidae)、慈鯛科(Cichlidae)、隆頭魚科(Labridae)、甲魚科(Loricariidae)、鮭科(Serranidae)。

有趣的是，在這七大科中63%的種類爲淡水魚。在這之中以東南亞及亞馬遜河的淡水魚種最多（至少有1500種）。Gilbert(1976)估計生

活在北美洲的淡水魚有950種，南美有2200種，歐洲有250種，非洲有1800種，澳洲有230種，而在亞洲有1500種之多。台灣因地處亞熱帶與熱帶交界，沿海又有寒暖流的交替，魚種繁多，海洋性魚類總數在二千五百種以上，而淡水魚類約在150種以上。

二、棲所與魚類

魚類如同其他動物，佔有特定、明確的棲所。由於棲所不同，我們常把它們分為海洋性(marine)、淡水性(fresh-water)、迴游性(migratory)、鹽水性(brackish-water)的魚類。

在淡水魚方面，廣義的淡水魚係泛指所有自河川捕獲的魚。根據達林頓(Darlington, 1957)依魚類對於不同鹽份的適應生存能力為基準，將淡水魚分為三羣，分別是初級(Primary division)、次級(Secondary division)和周緣性(Periphery division)淡水魚。初級淡水魚係指終生只能在淡水域中生活的魚類，例如鯉科的台灣石鱸(*Acrossochelus paradoxus*)，平鰭鰕科的台灣間爬岩鰕(*Hemimyzon formosanum*)。次級性淡水魚係指大部份時間生活於淡水水域中，但短時期生活在海水域的魚類，例如慈鯛科的吳郭魚、胎生鰕科魚科的帆鰭胎生鰕魚(*Poecilia velifera*)。周緣性淡水魚對於海水的適應力極強，包括溯河性魚類(鮭科)、降海性魚類(鰻鱺科、蝦虎科和香魚科等)，以及一些偶爾溯入河川中生活的海水魚(條紋雞魚科、雙邊魚科和塘鱧科等)。

而依據棲息水域的水流狀況，淡水魚類又可分為適於生活流水中的嗜流類(rheophilic species)，如鯉科等；及嗜湖沼類(limnophilic species)，它們如適應於生活靜水中的泥鰕(loach)、土魷(misgurnus)等。嗜流性及嗜湖沼性魚類可再分為表層類(pelagic)、亞底棲類(subdemersal)及底棲類(demersal)等。

貳、魚類與其生物及非生物環境間的關係

地球表面積約有五億一千萬平方公里，其中海洋就佔了三億六千一百萬平方公里或71%。此外，有二千五十萬平方公里為內海，佔地表的0.5%，現知的最深海為11,000公尺。根據許多學者的報告，深度在3000公尺以淺的海洋，其表面積約佔全部海洋面積的51%到58%。此即為魚類分布的空間。其他如淡水湖泊和溪流，約佔地表的1%，這些區域的總和構成魚類廣大且變異性極大的生活空間。

生態學乃是探討生物與生物以及生物與環境間相互關係的一門學問，由於魚類的分佈範圍極廣，相對的其與其它生物以及非生物因子的關係它相當複雜。各種魚類為了適應所在的生活環境，故而演化出各種對環境的適應。以下將就魚類與其周遭的生物以及非生物因子間的相互關係做一闡述，以了解其間的相互關係：

一、魚類對於非生物環境的適應

影響魚類的非生物因子包括物理因子與化學因子二種，例如水的密度、壓力、鹽度、溫度、鹽類含量、底部沈積與水中懸浮粒子、水流的強弱，以及光、聲音、電流、電池的震動等。魚類為了適應這些所在的环境因子，通常在外形、生理、行為上產生了某些的適應，例如水中大量的懸浮物有礙魚的呼吸。濁水中的魚其皮膚分泌的黏液，顯然有沈澱懸浮顆粒的性質。當其所在環境驟然改變，可能使原生活於此區的魚類產生極大的適應壓力，甚而導致死亡。例如人為建造河堰或水庫，改變了水流變化，影響水溫、阻斷魚類找尋適當產卵水域及覓食等需要。另如森林、農地大量使用肥料或農藥經雨水而滲入河流。這些物質可能導致藻華或是毒害魚類。

二、魚類與生物環境間的相互關係

a. 魚的種內關係(Intraspecific Relationships Among fishes)

魚類的種內關係通常發展利於種在其發源及生活的情況下生存。種內相關的方式與適應的意義差異極大。單一魚種所組成的羣體包括：羣(shoal)、初級族羣(elementary population)、隊(school)、羣聚(colony)等。以羣為例，羣(colony)乃是具有共同發展方向的魚所組成的，具有相近的生物條件及年齡的魚，因相似的行為而組合的羣體。通常形成羣聚有各種適應上的意義，包括防止掠食者之侵襲，覓食或找尋迴游途徑及渡冬的地方等。魚的種內關係的性質變異極大；其也可能因非生物條件的改變而互相作用。魚相互間除了有正效應外，尚包括有種內掠食，例如鱸魚(*Perca fluviatilis* L.)吞食其幼魚常使它們得以生活在沒有其他魚種的環境；種內寄生，例如許多深水鮫鰐魚的雄魚寄生在雌魚上，可以確保卵的適時受精。可見魚類的種內掠食及種內寄生都有相當的適應意義。

b. 魚的種間關係

魚的種間關係包括：掠食、寄生、共生、食物的競爭關係等。為了適應這些相互關係，通常演化出特殊的構造或行為，例如許多魚類具某種形式的毒性；鮫與長印魚(*Echineis naucratis*)之間的片利共生等。

c. 魚與其他生物的種間關係

魚類與生活周遭的生物通常會間接或直接發生相關，它們可能影響到其它生物進而與魚類產生關係；或者與魚類產生掠食、共生、寄生、食物競爭等關係，這些生物包括細菌、濾過性病毒、植物、原生動物、腔腸動物、輪蟲、蠕蟲、軟體動物、甲殼類、昆

蟲、棘皮動物、兩棲類、爬蟲類、鳥類、哺乳類等。它們有的為魚類的重要食物來源，如輪蟲。有的捕捉魚類，如爬蟲類、鳥類。在共生方面如海葵與小丑魚的共生，Fiersafer與海參的共生。濾過性病毒，許多細菌，原生動物則寄生在魚體，對魚體產生病害。

參、魚類的復育與保育

一、改變魚類羣聚的因子

人類對魚類羣聚的改變有直接與間接的影響，直接的影響表現在捕撈的方式；間接的影響則來自對其棲息環境的改變。

在捕撈方面，首先所必須注意的是過漁現象(overfishing)。台灣沿海以及溪流相當多經濟性魚類族羣的減少，除了水生環境改變，進而影響其生存空間外，主要乃是由於過度捕撈的結果，就生態總觀點而言，由於過度捕撈的結果，使得能夠繁殖的個體不足以維持族羣的恆定。亦即族羣的繁殖能力不足以補償因過漁而失去的個體。其他的捕捉方式如毒魚、炸魚、電魚，更可能對魚類所棲息環境（包括生物以及非生物）作徹底的改變，甚而導致魚類及其他生物的滅亡。進而改變整個生態系的動態平衡。

棲息環境因子改變方面，可區分為物理性、化學性和生物性三方面。就物理性的改變而言，包括建造攔河堰、水庫、水閘以及森林或河岸植物的大量砍伐，或是其它開墾性的活動等。例如水庫、水閘的建立。一方面由於阻止迴游性魚類進入產卵區，甚至因大量水或淤泥的堆積而破壞其產卵區；另一方面，由於嗜沼性魚類具有比一般嗜流性魚類有更優良的環境，因而使其族羣大量增加。最後，水庫的建設嚴重影響了河流流速的改變，水中的溶氧量，以及河床的性質等，進而改變底棲生物

羣聚的特性，以及魚類羣聚的結構。另外水庫聚集了許多生源元素 (biogenic element) 而不能帶到大海，則河口區魚類的食物供給量就因而減少了。在森林，沿岸植物的大量砍伐以及其它開墾特性的活動，可能增加河川的淤泥，污染魚類的產卵場或毀去了魚類賴以維生的底棲性生物，另外懸浮粒子增加，提高了混濁度，影響光線的穿透，且對於魚體可能造成機械性的傷害，甚至有礙於魚類的呼吸，導致魚類的死亡。

化學污染水源方面是來自大量使用肥料和農藥的農地，因雨水的沖積而滲入河川，或者是大量垃圾污染源的流入河川中，其中可能含有高濃度的磷酸鹽或是其他物質，導致產生危害性的藻華，或者其毒性直接毒害生物；亦可能經由食物鏈中生物放大 (amplify) 的結果毒害魚類；其它污染源如未經完善處理的家庭、工業廢水的排放，可能含有毒性物質、重金屬，對河川、河口的生物危害極大，如西施舌、綠牡蠣事件。

生物性的影響主要是來自於未經評估的外來種動、植物的引進，如大家所熟知的吳郭魚，由於其適應性、繁殖力極強，佔據了本地原有魚類的生存空間，食物來源，進而導致原有魚類族羣大小的減少，甚至滅絕；福壽螺雖對魚類的直接影響不大，但由於農民大量使用農藥噴殺來控制其數量，導致河川受大量農藥的影響。其他如大肚魚、美國螯蝦、布袋蓮及許多養殖用、觀賞用魚類的引進，大量繁殖的結果，造成原有水生環境的改變，影響到原有生態體系的動態平衡。

由於上述原因的影響，使得數種產自台灣河川的淡水魚滅絕或已瀕臨絕種，如台灣鱒 (*Oncorhynchus masou formosanus*)、香魚 (*Plecoglossus altivelis*)、蓋斑鬥魚 (*Macropodus opercularis*)... 等，假設我們不改善或防止上述原因的發生，那麼可預見的將來，

台灣的河川，不是未見魚類悠游其中，便是多種外來的魚類橫行其間。

二、復育與保育

「.....數罟不入洿池，魚鱉不可勝食也，斧斤以時入山林，林木不可勝用也.....」，可見早在兩千多年前，中國即有了自然保育的觀念。現在探討魚類生態，主要是對魚類生活方式，以及影響魚類生活的各項因子有進一步的了解，進而維持或改善原有魚類的生活空間，以達到保育的效果。

首先，對於過漁現象，應採限魚的方式。為了達到經濟效益的目的，我必須對魚類的族羣大小、繁殖、生長與死亡率或最適收穫量等基礎生態學做詳細研究，而後訂定限魚的法規，但對於毒魚、炸魚、電魚等有害的捕魚方法，則需完全禁止。事實上捕漁發達的多數國家都有特別的捕漁法規，禁止使用有害的方法捕漁，例度印度捕漁法規的訂立甚至遠在紀元前。

對於魚類棲息環境破壞的改善包括確實做好水土保持，禁止濫墾、濫伐；污染水源的特質則需經過妥善處理避免傾入河川；水庫、攔河堰的建立需有魚道、魚梯的設計，魚道、魚梯的設計應儘量減少阻隔的障礙，發揮其功能；外來種動植物的引進，則應審慎評估對本地魚種的影響有多大。除了保育工作外，為了達到某些瀕臨絕種魚類的復育工作，除了進行人工繁殖放流外，對於其棲息、生殖環境的生態因子，則應詳加了解，以便提供人工採卵區及提供產卵區更佳的生物及非生物因子以增加自然繁殖效率；另外如清除障礙物等非生物條件的改善，確保所需數目的產卵者進入產卵區；生物性方面的改善，例如保護卵及幼胚免於掠食者的消耗及疾病的侵襲。當然確保復育工作的最重要方法為保護幼魚及未成熟魚免於被捕。

參考文獻

- 1.沈世傑，1984，台灣近海魚類圖鑑，190pp。
- 2.曾晴賢，1986，台灣的淡水魚類，183pp。
- 3.韓麗明（譯），1979，魚類生態學，徐氏基金會出版，225pp。
- 4.Nelson, J. S.,1984, Fishes of the world, A wiley-Interscience publication.
- 5.Nikolsky,G.V.,1978, The ecology of fishes. T.F.H. Publications, LNC. LTD

溪流生態系

呂光洋

師大生物系

引言：

本島山高水短，溪流水量的變化大，而這些水又跟居住在下流的居民有很大的關係。近年來，山坡地的開發、森林的砍伐、高山農場的經營，都已嚴重影響到這些溪流的生態特色。在推廣加強自然保育，水土保持等的過程中，實有必要對山區溪流生態特色加以瞭解。

一、構造上的特色：

溪流和湖泊相比，深度較淺，因此，河岸及底質的構造對生物的影響很大，一般溪流大都源自於高山地區，落差大，因此就底質而言，上游的地區大都是堅硬的底質，再不然就是大的石塊，中游部份，石頭的大小可能屬於中等，且在緩流區，已有沙粒及淤泥的堆積，至於下游的部份，要不是沙粒就是泥的堆積，因此基質的穩定性差。以溪流可供生物棲息環境的種類而言，在上游部份，因為底層的顆粒大小變化很大，故供生物棲息、躲避的環境而言，呈非均質的狀態，即種類多。相反的，在下游的地段，因環境變化小，環境的均質性較好，故棲地環境變化小。再者，因河流水位受雨量的影響較大，故和湖泊比是一個不穩定的構造環境。

二．化學上的特色：

溪流水中的化學因子，往往和集水區的土質構造、岩石成分和植被組成有著密切的關係。例如：石灰岩地形，則往往成硬水的機遇率就大；在泥岩區，則水中往往含泥的成分高；在集水區中森林的底層落葉多，則水中含有機物及有機酸的成分就會較大。由於流速的關係，溪流河水中的溶氧(D.O.)往往較高，尤其上游的部份，可以達到超飽和(Super saturation)的狀況，在本島的高山溪流就有這種情形。下游部份，D.O.則比上游小。至於酸鹼度(pH)，則上游往往是偏鹼 $\text{pH}>7$ ，而下游則視情況，有可能 $\text{pH}<7$ 。

三．溪流的生物：

棲息在溪流江河的生物種類亦相當多，由植物到動物，由無脊椎動物到脊椎動物都有，分別簡述如下：

- 1.浮游植物(Phytoplankton)：溪流的浮游植物數量少，尤其是上游的部份，即使有的話，大部份也都是固著性的藻類，如絲狀的藻類及附著在岩石上的矽藻。
- 2.浮游動物(Zooplankton)：和浮游植物相似，數量也較少，即使有的話，大都也是以蝦及螃蟹的幼蟲時期較多。在本島的溪流上游，用浮游生物網所能夠採集到的浮游生物種類和數量並不多。
- 3.扁形動物(Turbellarian)：由於扁形動物一般需要較高的水中溶氧及較低的溫度，故在溪流比在湖泊容易採集得到。到目前為止，台灣雖然只有一種淡水渦蟲(*Dugesia japonica japonica*)的記錄，但其主要的棲息地區，就是在山區溪流。

- 4.環節動物(Annelida):溪流因為動物的數量少,故屬於外寄生性的蛭在溪流中就較不易見到,例如在本島山區的溪流就很難得見到水蛭。
- 5.節肢動物(Arthropoda):以節肢動物而言,溪流中的種類和數量,可能要比湖泊多。除蝦及螃蟹外,就以水生昆蟲最多,在溪流中常見的水生昆蟲以蜉蝣、石蠶、豆娘、蜻蜓的幼蟲較多,至於其他動物則以 Gammarus 較多。
- 6.魚類(Fish):溪流中棲息著不少的淡水魚類,在台灣一百多種的淡水魚類中,棲息在溪流中的就佔大部份。因為溪流的環境非常的特殊,因此在牠們的身上往往可以見到魚類適應環境的良好例子,例如本島溪流中的鮎魚、高身鮎魚的流線形體型就是適應溪流水流的良好外形。再者,扁平形的爬岩鰍及纓口鰍及川鰍虎等,都是底棲性的,可以避免被水流沖走。本島因為溪流往往自己成為獨立的水系,故每條溪往往有它自身獨特的魚類相。
- 7.鳥類(Bird)及哺乳動物(Mammals):本島因為溪流短且橫段面小,故能夠供給這兩類動物棲息的環境也少,故少有水棲的鳥類及哺乳類。在本島溪流中最常見到的鳥類,只有小剪尾、鉛色水鴨、翠鳥、紫嘯鴨、河鳥、綠簑鶯及偶爾見到的鴛鴦等,這些鳥類不是以昆蟲為食,就是以魚類為食。至於哺乳動物,則僅有水獺、亞洲水鼩等,偶爾可以看到棕熊貓。在本島溪流的上游,在極偶然的情況下,可以看到山羊及水鹿在溪中戲水。

在溪流的動物中,節肢動物佔據一個相當的比例,而溪流生態系中,能量來源較特殊,而小型的節肢動物,在溪流的能量系統中,就扮演著相當重要的角色。近年來,生態學家在這方面花了不少的功夫在研究,他們就依牠們所扮演的角色,來分 functional group(功能羣、角色羣),包括有:Shreddlers—鑿食者、Collectors —聚食者、Scrapers

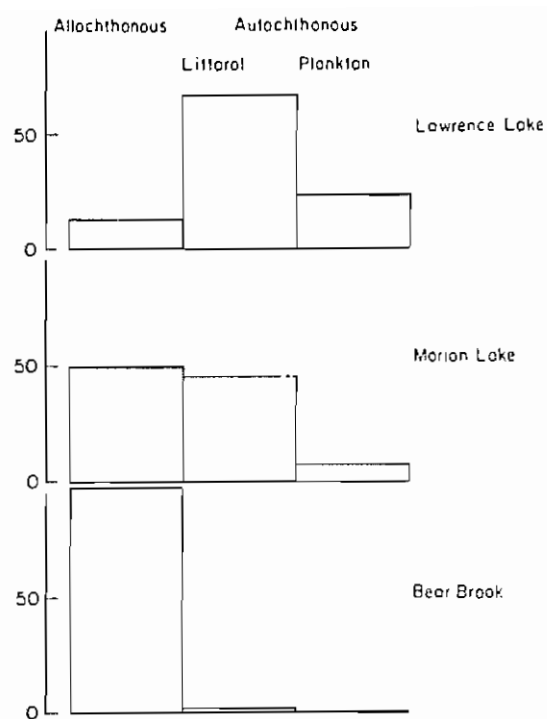
一括食者、Carnivores—肉食者，這些生物在本島的溪流中都可以找尋得到。再者，棲息在溪流中的動物，往往有明顯的遷移(migration)現象，例如本島香魚，就有上、下游遷移的情形。而毛蟹在生殖的季節，亦有向下遷移到河口區的情形。

四．溪流在生態上的特色：

溪流因為在生態因子，如溶氧、水流、底質等的特色，在上、下游就有很大的差異，但這種差異就整條河而言，呈一種連續性的變化，故有下列特性：

- 1.縱向消長(Longitudinal Succession)：即物理及化學環境的連續性變化，所以生物的分布，亦呈一種連續性變化。
- 2.島嶼生物相(Island fauna)：因為環境構造的非均質化，所以生物的分布有時呈現島嶼的狀態分布。棲地的分布呈塊狀(Patch)分布，例如在本島的山區溪流，急流區及緩流區往往互相間隔的出現。所以對某些生物的分布而言，就呈不連續小族羣的分布。在本島山區的攔沙壩的修築，使島嶼生物分布的現象更明顯。
- 3.異源能量來源(Allochthonous)：在溪流中，因為主要的生產者—浮游植物，不易生長，整個生態系主要的能量來源，來自於集水區，乃來自於溪流生態系之外。在本島山區的溪流，能量(圖一)主要是來自集水區及溪流兩岸的森林之枯枝落葉。棲息在水中的動物，都直接或間接的取食於這些有機物。

五．溪流和水庫在生態上的差異：



圖一・溪流和湖泊、水庫能量來源之比較

溪流是屬於流動的水域，水流經常都在流動且非常的湍急，這是其主要生態上的特色。水流急，故其內的溶氧(D.O.)經常很高，酸鹼度則偏鹼，溫度低。因為在溪流的源頭，其內所含的營養鹽和礦物質的濃度都較低，水的導電度也因而較低。再者其化學需氧量(C.O.D.)及生化需氧量(B.O.D.)，亦都比靜止的水域要低(表一)。

在生物上的特色是溪流內的浮游生物很少，即使有的話，也都是些固著性的矽藻、原生動物和其他藻類。牠們為了避免被流走，往往有特殊的固著方式。至於浮游動物則更少。扁形動物而言，渦蟲(Planaria)是主要的種類，不僅在種和數量上都要比靜止的水域多。和扁形動物很類似的環節動物，在高山溪流中很難得見到，但湖泊和池塘則很容易見到水蛭。魚類一般都是流線形的體型；此在溪流漂流性的魚類最明顯，且游動時，頭的方向都是溯流，例如鮭魚。湖泊水庫的魚類則沒有逆泳的行為。又溪流中，底棲性的魚類特別多，而其身體則成上下扁平形，隨時停棲在石頭上面以避免被急流沖走。有時腹鰭或胸鰭則變為吸盤狀，例如纓口鮐。高山溪流中，最主要的動物是棲息在石頭底下且身體成扁平形的水生昆蟲，如蜉蝣及石蠶的幼蟲及泥蟲。在靜止水域這些節肢動物經常看不到，代之而取的往往是搖蚊的幼蟲和蜻蛉、蜻蜓的幼蟲。螃蟹也是高山溪流中較常見的；在靜止水域則不易見到。至於軟體動物，在高山溪流中，很難見到螺或是二枚貝，即使有的話，僅有腹足綱的栓螺。在湖泊、水庫或池塘，則二枚貝及薄殼螺等都非常容易見到。淡水棲的螺或貝往往是寄生在人類體內寄生蟲的中間寄主。至於棲息在淡水水域的哺乳動物本來就不多，但一般都喜愛在溪流的水域中活動，例如水獺、海狸(Beaver)和麝香鼠(Muskrats)及浣熊等。在本島的高山溪流附近活動的，有白鼻心、棕袋貓及水獺，牠們在湖泊或水庫中都沒有出現。棲息在溪流附近的鳥類一般以魚類及水棲昆蟲為食，

表一・溪流和湖泊、水庫生態上的差異

	溪流	湖泊、水庫
Temp.	低、下穩定	高、穩定
Straification	不分層	分層
Velocity	快、湍急	慢
Over turn	沒有	有
D.O.	高	低
B.O.D.	低	高
C.O.D	低	高
pH	高	低
Species Diversity	高	低
phytoplankton	固著	漂浮
Zooplankton	少	水蟲、劍水蟲，多
Insect	蜉蝣、石蠶(種多)	蜻蜓、搖蚊(種少)
Annelids	少	多
Flate worm	多	少
Sanil	少	多
Fish	底棲、急流	漂游
Mammals	—	—
Birds	鸕、鵠(溪流)	雁鴨(湖泊鳥)
Energy(food)	枯葉	綠色植物
Habitats	多、不均勻	少、均勻

如河鳥、小剪尾、鉛色水鴨和台灣紫嘴鴨等，而水庫中，這些鳥類幾乎都絕跡，偶而可以見到野生的鴛鴦在水庫中活動，又在秋冬季節偶爾可以看到遷移的雁鴨類。溪流生態系和湖泊水庫之生態系，在生態上最主要的差別是能量來源。溪流中因水急，故缺少生產者，此生態系主要的能量來源是來自於溪流兩旁之集水區森林所掉落下來的枯枝落葉(表一)。而靜止水域中，因浮游植物可以分裂增殖，故其生產者主要是綠色的藻類；它們也是能量的主要供給者。就比例上而言，溪流生物是種多量少，而湖泊則有種少量多的情形。就環境而言，溪流從上游到下游在棲息環境的變化上呈一連串的連續性變化；有明顯的縱向梯度的變化，而在湖泊水庫等的靜止水域，棲息環境的均勻性較穩定，在生物相上很少有區域性的變化和差異。

六．本島溪流目前所遭受的壓力：

由於人口壓力大，故目前本島溪流所面臨最大的生態上衝擊是來自水庫的修築，此舉使流動的水域變為靜止的水域，完全改變溪流的特色。再者山坡地的開發，林相的改變，礦產的開採，直接或間接的造成土壤的流失，此亦影響到溪流的面貌。由高山蔬菜及果樹種植的過程中，大量的施肥，此舉亦往往造成溪流水質的優養化。在武陵農場及有勝溪這麼高的山區，已可觀察到優養化的情形。

七．結論：

流動水域的溪流生態系，最主要的特色就是水經常的在流動，故生物的適應上往往很特殊，且由於空間上的變化大，故縱向消長(Longitudinal Succession)的現象非常的明顯，但由於微棲地構造的不均勻，故生物的分布往往有島嶼生物相的特色。本島溪流的生物相，因互不相連，故往往有其自身獨特之處，但人爲的活動，卻嚴重干擾到本島的溪流生態系。

參 考 文 獻

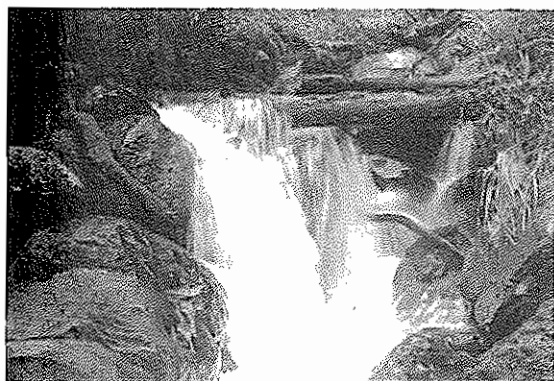
- 1.顏清連、於幼華、王鴻楷、沈世傑、黃增泉、陳昭明、蔡宏進、譚天錫、李光周、駱尚廉、郭城孟(1981)：翡翠水水庫環境影響初步評估之研究。國立臺灣大學工學院土木工程學研究所水利工程組研究報告。水利7004.352頁。
- 2.經濟部水資源統一規劃委員會(1986)：大甲溪德基水庫魚蝦類初步調查報告。水資會報告(25-資-03)。
- 3.經濟部水資源統一規劃委員會(1984)：淡水河流域生物調查及水資評估之研究。水資會報告(03-資-52)。
- 4.曾晴賢(1986)：台灣之淡水魚類，台灣省教育廳自然科學教育叢書。183頁。
- 5.Barnes, J.R. and G.W. Minshall (1983): Stream Ecology. Plenum Press. New York. 399p.
- 6.Canter, L.C. (1985): Environmental impact of water resources projects. Lewis Pub, Inc. 351p.
- 7.E.P.A. (1980): Restoration of lakes and inlandwaters,

PE82-158478, U.S. Department of Commerce, National Technical Information Service, 552 p.

8. Lock, M.A. and D.D. Williams, (1981): Perspectives in Running Water Ecology. Plenum Press. New York. 430 p.

9. Moss, B. (1980): Ecology of Fresh Waters. Blackwell Scientific Publications. 332 p.

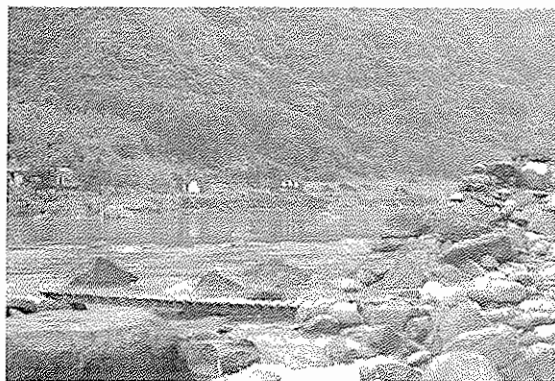
10. Obeng, L.E. (1981): Man's impact on tropical rivers (in Perspectives in Running Water Ecology, ed. by M.A. Lock and D.D. Williams). Plenum Press. New York.



圖一 水流湍急是高山溪流生態的特色（南勢溪）



圖二 南勢溪的上游，落差並不大，但水流卻仍然湍急



圖三 沒有建水庫以前的翡翠谷（這是歷史性的鏡頭）



圖四 立霧溪，因水急，在不少地段造成很多深潭



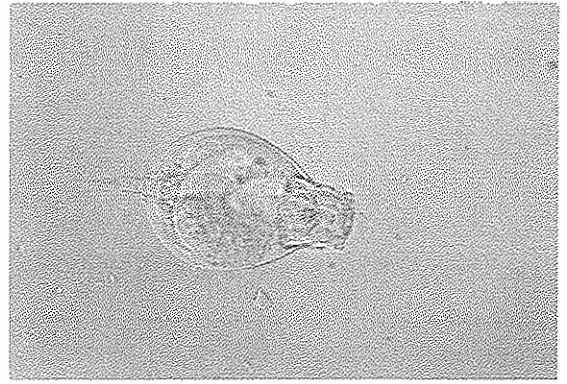
圖五 一段溪被阻絕成水庫以後，生態特色完全被改變



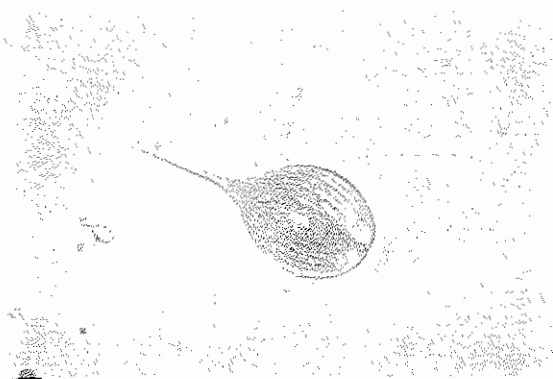
圖六 小鬼湖是高山湖泊、溪流的生態特色，在此完全看不到



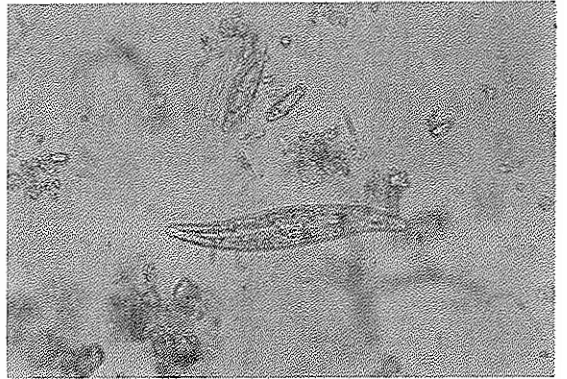
圖七 來自於溪流兩岸的落葉，是溪流生態系的主要能量來源



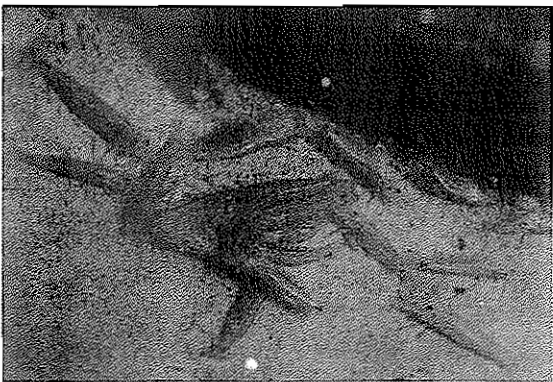
圖八 輪蟲是浮游動物



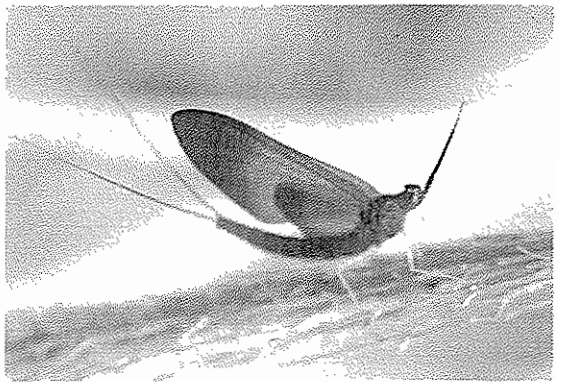
圖九 扁眼蟲是浮游植物



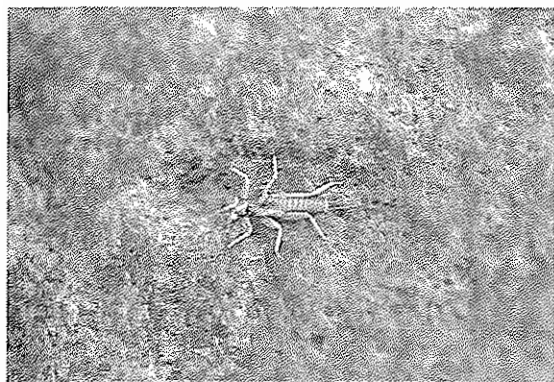
圖十 矽藻是浮游植物



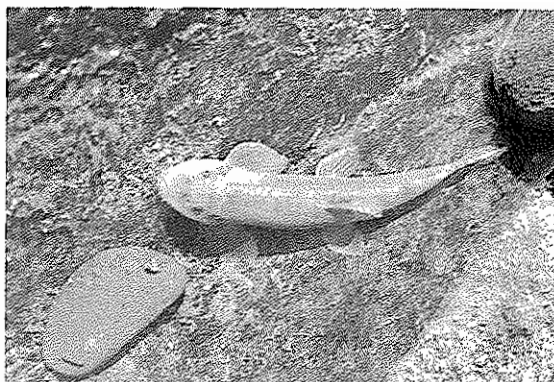
圖十一 在溪流裡，棲息著各類型的蝦子



圖十二 蜉蝣是典型的溪流昆蟲（成蟲）



圖十三 石蠶蛾幼蟲，也是典型的溪流昆蟲



圖十四 縷口鰍上下扁平的體型，很能適應溪流環境



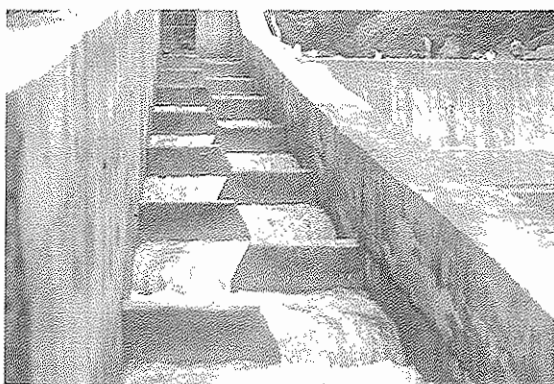
圖十五 縷口鰍的腹面有吸盤，適應底棲生活



圖十六 在本島的高山溪流，已有優養化的情形



圖十七 攔砂壩阻斷了溪流魚類的歸鄉路



圖十八 這是設在滿月圓的魚梯

鮭鱒魚類生態

林曜松 梁世雄

臺灣大學動物系

鮭、鱒魚為高品質之冷水性魚類，廣為各國所重視，在溫帶國家，如日本、美國、加拿大等研究甚多，我國台灣省大甲溪上游、武陵農場轄區內亦擁有此類魚種—櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou*)，唯目前已面臨絕種邊緣，故我國政府乃於民國73年6月20日依文化資產法，將其列為國寶，嚴加保護，民國74年1月，行政院農業委員會更開始積極進行櫻花鉤吻鮭復育工作。

茲為加速我國人對此類魚種之瞭解，筆者等乃參考文獻，整理有關鮭、鱒魚類之生態資料，以供經營管理櫻花鉤吻鮭之參考。

環境因素

一、流量與流速

溪水流量的多少通常對魚類也有影響，流量過少時，水位降低、河床裸露，成魚常因此而大量死亡(Owen,1975)。Elwood & Waters(1969)曾發現在Vally Creek中，當水量少時，鱒魚(*Salvelinus fontinalis*)的卵及仔魚會與河床嚴重碰撞洗擦而死亡，另河水氾濫時，溪流中夾雜之大量泥沙也會減低河川的天然負荷量，淹沒魚類天然的產卵場及孵育場，無脊椎動物的數量也有枯竭現象。

櫻花鉤吻鮭對棲息地之喜好，隨其成長而改變。幼魚期不適合在急流中運動和覓食(Takahashi & Higashi,1980)，故在水潭中數量較急流中為多(Kojima & Sugiwaka,1980)，Ruggles(1968)的鮭魚飼養實驗

也顯示幼魚喜聚集於類似水潭的環境。而二歲大的鮭魚則較喜出現在半急流半水潭的水域，成魚則多生活在急流中，此可能與該地的水生昆蟲較水潭區域為多之故(Tsuda, 1962)。

在流速較快的區域，鮭魚族羣數量會增加，除了其趨流反應(Rheotactic response)外，主要可能為空間和食物的關係。流速快的河川，其中漂流生物量便多(Chapman, 1966)，而漂流的生物為肉食性魚的主要食物來源(Mills, 1972)，所以在急流區域，魚類在較小空間便可獲得足夠食物，使領域呈縮小現象，因此同等空間內可容納更多同類，族羣乃得以擴充。另高流速水流對大西洋鮭魚(*Salmo gairdneri*)和棕鱒之幼魚有視覺遮蔽作用(Visual Isolation)，也會使其縮小領域而增加族羣數目(Chapman, 1966)。

此外，河川的曲度也是影響鮭鱒魚類數量與分布的重要因素，若河川的曲度大，則流域與河道相對地增加，能作為魚類棲地的地點變多，自然族羣量便上升。總結以上各點，溪流之流量與流速在提供鮭鱒魚類的生活空間及食物上扮演重要的角色。

二、溫度

鱒魚屬冷水性魚類，對環境中溫度變化要求相當嚴格。一年及二年生的虹鱒(*Salmo gairdneri*)，其最適合的生長溫度約在13℃左右(Garside & Tart 1958)，而其生長、產卵及卵之孵育溫度約在9~13℃之間(Goudie, 1981)，過高或過低均會產生不良的後果，而櫻花鉤吻鮭其主要棲息地之溫度則在16℃以下。

造成溪流溫度改變的原因，可大致分為幾種：

1. 氣溫的異常變化：溪流溫度主要隨氣溫而起落(Sheridan, 1961)，在夏季或冬季若氣溫有大幅度的起落，均可能使魚類因水溫不適而受傷害。
2. 溪流附近的開發：河川附近都市化後，由於地下水之使用及排出廢物

等措施，均會對附近溪流水溫產生影響，據 Pluhowski(1970)發現紐約長島市經由上述作用而使附近河流溫度，在夏季平均增高 $5\sim 8^{\circ}\text{C}$ ，冬季平均下降 $1.5\sim 3^{\circ}\text{C}$ 。

3.砍伐森林：據 Swift & Messer(1971)在美國之研究發現由於遮蔽太陽的森林移除後，溪流水溫由原來的 19°C 增高至 23°C ，如此將會對溫度極敏感的魚類（如鱒魚）產生致死作用。在本省梨山附近發現鱒魚時所測得之水溫最高 17.2°C ，而目前在上游5Km武陵賓館附近之有勝溪及七家灣溪已超過 18°C 之水溫，推測梨山附近水溫將更高。

4.人工水庫的建造：水庫的建造使原本流動的溪水易趨向靜止，導致溫度變動，Crisp(1977)發現，在Cow Green建造水庫後，水溫的年變化幅度減少了 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 。特別是日變化明顯降低，而春季水溫回升時間也較以往延遲了20~50天，秋季水溫降低時間則提早了20天。

溫度的變動並非全無益處，Swift(1960)發現在春天將溫度逐漸升高（不超過 12°C ）時，可以提高鱒魚的生長率。但在大多的數情況，改變水溫均有害，如在New Brunswick和Nova Scotia所作實驗發現，由於水流緩慢和水溫增高造成鱒魚（如Salmo和Salvelinus）的死亡，Royal(1953)，即將產卵的Sockeye Salmon也會因為水溫突升而大量死亡，1949年在Snake creek與1951年Anan Creek之Pink鱒亦均有相同的狀況發生。在Anak Creek則因水流緩慢，大量鱒魚聚集時，水溫驟增，溶氧降低所致。研究Snake Creek的鱒魚死亡原因，結論亦與Anak Creek相似。Goudie(1981)則指出溫度升高，溶氧降低，此時生物分解廢物的速度增加，更減少了水中的溶氧量，常導致魚類的死亡。

高水溫對幼年魚會有危害，當成長過於快速時，會產生畸形分化的器官(Out of step organ differentiation)(Hayes, 1949)或使仔魚洄游的時機作錯誤抉擇，因而未能得到最佳的生長環境(Martin, 1958)，Donaldson(1954)則認為高水溫對魚卵有致死作用。

另外，異常低溫對魚類亦有不良作用，Hanavan和Skud(1954)，在Sashin Creek發現，低水溫會造成Sockeye鱭的魚卵在孵育過程中死亡。Gibson(1978)則發現，低水溫時，鮭鱈魚類為保持其體溫，在產卵期仍有暴食現象，然而此時水中漂浮的昆蟲減少，因此鱈魚為尋覓足夠食物，而擴大領域相互攻擊。由於此種空間分配的重新調整使族群數量減少。

水溫對鮭鱈魚類可直接造成傷害，偶一不慎便不易挽回，故須特別注意，以免此基本生活條件發生改變。

三、溶 氧

一般認為對多數魚類而言，溶氧達5ppm已能支持生活所需，但生物學家以其實驗結果顯示，這只是最小界限，對冷水性鮭鱈魚類則至少需達6ppm以上方可，若溶氧在2.65mg/l以下，鱈類便會產生窒息現象，但時間久後可自行調整而適應，如低於1.3mg/l以下便會因窒息而死亡(Gutsell, 1929)，低氧現象也影響魚類消化作用和加速凝血之功能(Bonck & Ball, 1965)，Hunn(1969)發現當虹鱈在水中溶氧自4.9mg/l降至2.8mg/l時，其組織中的鈉、鉀、鎂、氯及無機磷濃度會異常提高。故有許多人認為，溶氧不足是造成其死亡及族群能否繁茂的主要限制因子(Calhoun, 1966)。

在自然環境中，溪水之溶氧量均接近飽和點，主要使其產生變動的因素綜合有以下幾項：

- 1.溫度：水中氧氣量與溫度成反比，溫度升高便使溶氧降低，而高溫更可加速水中有機物分解，增快耗氧作用(Townsend ,

1980)。

- 2.生物的呼吸作用：植物、動物的呼吸作用，和有機物之分解常消耗溪中氧氣，因白天植物進行光合作用，故不十分顯著；但在夜晚時，水中氧氣之消耗便十分顯著 (Odum, 1983, Townsend 1980)。
- 3.大氣壓：大氣壓和水中含氧氣成正比。
- 4.無機反應：受污染溪流中，若含有鐵質，它的氧化便需耗氧 (Hynes, 1970)。
- 5.濁流之引入：低氧的濁流進入河川後，具稀釋原河川中氧氣之作用，地底湧泉和滲流也有此現象 (Reid, 1961; Hynes, 1970)。
- 6.流況亂度：愈是紊亂及快速的水流與空氣接觸面積大而具較大氧氣容量，但亦常形成過飽和現象 (Clapham Jr, 1983)。
- 7.光合作用：在流況穩定的河流中，植物的光合作用為其溶氧的主要來源之一，其變化往往可反映出現存氧氣的總量 (Hynes, 1970)。

水中溶氧變化超過四小時後，便可在鮭鱒魚類組織上反映出來 (Garey & Rahn, 1970)。飼養在溶氧8mg/l以下的鱒魚罹病率亦較生存在高氧量之同類為高 (Hewitt, 1938)。

溶氧過高對魚類亦發生危害，加州、洛杉磯Weslake公園內的魚類曾因水中溶氧達百分之三百的超飽和，使鰓中充滿氧泡而大量死亡 (Anou, 1938)，Woodbury (1941) 在威斯康辛 Waubesa 湖也發現相同狀況，致死原因則為在鰓微血管和皮下組織均出現氣泡，妨礙血液循環而使呼吸困難。Lassleben (1951) 和 Alikumri et al (1954) 對鯉魚之實驗則發現溶氧過飽和除使其發生水腫現象外，各魚鰭特別是尾鰭均有損傷，仔稚魚在此環境下，下唇、魚鰭及胃部均會有氣泡發生，胃部之擴大將會使魚併發窒息而死。

四、光線與掩蔽

光對魚類生存相當重要，魚類對光的波長與強度感應隨種類而異，因此則光對魚的行為及生理作用均會產生影響(Nikolsky, 1963)，據 McCrimmon和Kwain(1966)發現鱒魚(*Salmo gairdneri*)仔魚對光線之反應並不強烈，但幼魚則有逃避之現象，逃避的行為和方式與光的強度和提供掩蔽物體的形狀有關，Nikolsky(1963)亦發現魚類對光之反應隨個體發生程度不同。Ali(1959)自組織生理觀點認為，太平洋鮭魚(*Oncorhynchus*)之網膜細胞反應隨年齡增大而加強，Hoar(1958)指出，*Oncorhynchus* spp.在幼年期時，逆光性並不明顯，但在年齡增加後反應便趨向強烈。由此推論，在溪流中，掩蔽物之提供對成魚而言是必需的。遮蔽物所具的功能有逃避敵害，利於植物之生長及在天氣過熱時提供陰涼的位置等(Hunt, 1971, Owen 1975)。掩蔽方式有多種，如懸垂樹叢、下切河岸、樹木殘株等均是(Elser 1968)，遮蔽物之存在對魚類之族群數量有調整作用，由Elser(1968)及Takahashir & Higashi(1984)二者之實驗發現，若去除溪流中遮蔽物後，溪中所有魚類之數量上均呈銳減現象。而據Butler et al.(1968)發現鱒魚所需的遮蔽亦隨種類而異，虹鱒(*Salmo gairdneri*)、河鱒(*Salvelinus fontinalis*)及棕鱒(*Salmo trutta*)三者均喜好大型遮蔽，且以虹鱒使用率最高，棕鱒最少。

五、空間

鮭鱒魚類時有爭奪領域現象(Gibson, 1966)，而其原因至今仍未十分確定，但大致上與魚類密度、環境中之食物多寡及族群的變動有關。而產卵區及孵育區之存在和短期間食物數量的變動也會對領域性造成

影響(Chapman, 1966)。

據Nilsson(1955)發現鱒魚和嘉魚(Char)共同生活時，會各自選擇不同的生活環境。鱒魚在岸邊較淺區，而嘉魚生存於深水域，當食物量增加，二者的領域現象便呈暫時崩潰。Ghapman(1966)發現魚類在水潭中為企圖攝取同一食物來源，會有暫時的族羣現象，但在急流地區由於視覺隔絕作用，便產生領域現象，為了獲取食物而會有互相攻擊的現象。McCrimmon(1954)則認為在急流中因亂流對掠食者有遮蔽之作用，所以在有限的急流空間中便會產生領域現象。

魚類在生殖季會暫時去除領域現象，由於生殖往往造成生殖區內擁有過多的卵數，除了在各種基本生活條件如氧氣、底質、溫度、食物等會不足外，也會造成魚類間雜交的現象(Larkin, 1956)。而鮭科魚類在生殖區所產之卵，雖在孵化過程中有許多卵會流失、死亡或被掠食，但殘存的卵數對護育地之負荷而言仍是相當沈重(Rounsefell, 1957, Gangmark & Broad, 1956)。Brown(1957)認為環境中大魚對同類小魚有抑制成長的作用，此乃由於體型和空間的壓力致使幼魚之RCH分泌量增加而抑制成長。

季節與領域行為之產生亦有密切關係，一年內春、夏、及早秋可能因為食物及逃避敵害而產生領域行為，在冬季時則因掠食、遷移或避免受物理傷害（風、雪等）而產生，冬季時冷血動物會減少運動，所以逃避敵害的因素便不若其他季節重要(Hartman, 1963)。

六、pH值

水中pH值高低與溪流中之 CO_2 ， HCO_3^- ， CO_3^{2-} 的含量有關，三者主要受生物作用及溪中底質之天然化學效應影響而產生變動，如溪中植物在白天進行光合作用，會消耗水中 CO_2 使pH值上升，而夜間之呼吸作用

則釋放 CO_2 至水中使pH值下降(Boyd, 1979)。

溪水流經富含 CaCO_3 、 K_2CO_3 和 Na_2CO_3 之地質時，由於這些化合物極易溶於水而分解，產生大量之 CO_3^{2-} 與水作用，使 OH^- 離子濃度上升，造成pH值上升，在光合作用強烈時，pH值常有超過之10之現象。另若流經含 FeS_2 的區域，則 FeS_2 與水作用後，會產生大量硫酸使pH值下降。在Georgia曾發現具此類底質的水潭，其pH值僅有2.1(Boyd, 1979)。

魚類因pH值變動而致死的原因仍未完全確定，一種說法認定與其細胞質中鈉及氫離子之濃度有關。據Leivestad & Muniz(1975)在Tovdal河發現，當 $\text{pH}=4$ 時，魚類將喪失他們調節細胞質中鈉和氫離子濃度的能力，而環境中氫離子也會影響組織對鈉離子的吸收作用，間接便妨礙神經傳導和酵素活動等基礎生理之正常運行。另一說法，則為pH值變化與耗氧量有關，Prosser 和 Brown(1961)認為水中pH值降低時，血液中pH值也會下降，造成血液載氧量減少(Bohr effect)，導致魚類死亡。Packer and Ounsun(1970)發現鱒魚(*Salvelinus fontinalis*)在 $\text{pH}=3$ 較 $\text{pH}=8$ 時之耗氧率降低，且在 pH 為3時多數鱒魚均浮至表面，表示有缺氧現象；但Carrick在1981對*salmo trutta* L.所作為 $\text{pH}=7$ 和 $\text{pH}=4$ 時之耗氧率，卻發現在此二個不同值時，其耗氧率沒有差別，究因Species不同而異，或其他因素，仍有商榷之處。

pH值之變動對魚體組織也會造成傷害，Daye和Garside(1976)，指出當pH值低於5.2或高於9.0時，對鰓之表皮細胞有損害作用，並會產生大量黏液妨礙呼吸。

pH值若過高，水中氨氣會以具毒性的非離子狀態存在，Warren(1962)指出，當 $\text{pH}=7$ ，只有1%的氨以非離子狀態存在， $\text{pH}=8$ 時則升高至10%，另在鹼性水中的氨鹽其毒性亦較酸性水中為強(Chipman, 1934)。

pH值對卵的孵化之影響也有其爭議之處，Kwain(1975)指出，虹鱒(

Salmo gairdneri) 在 10°C 的半致死 pH 值 (Median lethal pH value) 為 4.75，但 Trojnar (1977) 在同溫同種 pH=4.65 下卻有 76% 的孵化率，又 Menendez (1976) 重覆溪鱒 (*Salvelinus fontinalis*) 的孵化實驗時，發現在 pH=5 時，孵化率分別為 26.6% 及 35.5%，所以 pH 對孵化作用之影響一直很難下定論。但 Trojnar 1977 則發現酸性水中的卵孵化所需時間較鹼性水為短。

七、掠食者

掠食者有時對鱒魚族羣有極嚴重的威脅，Eschmeyer (1957) 年統計，因八目鰻的攻擊，Michigan 湖中鱒魚數量由每年 600 萬磅的產量，在不到 10 年內直落至少於 100 磅。

鳥類也是鮭鱒魚類的主要掠食者，依 Elson (1962) 的報告，在 St. andrew 發現適當控制秋沙鴨 (*Mergus merganser*) 及魚狗 (*Megaceryle alcyon*) 的數量，可提高鮭魚年產量 4~5 倍，而在 Pollett 河，其結果也相似。

人類之影響

一、攔沙壩與護堤

本島的水庫壩體建築多集中於 1950~1976 年 (Taiwan Provin. W. Cons. Bureau 1981)，其主要目的為農業改良、防洪、發電或提供水資源的最佳利用。但因台灣各河流之含砂量大 (林周，1963)，為延長水庫使用年限，在河道上游常構築攔砂壩，以防止泥沙下移及攔阻砂石。

本省面積雖小，但攔沙壩至 71 年底為止，本省之水壩有 41 座，而攔沙壩則高達 1385 座，本省河川可說到處遭受切割。就以七家灣與雪山溪而言，短短 10Km 內便有攔沙壩 11 座，平均每一公里便有一座，其對魚類之生存有極大之威脅。

攔砂壩建立後，壩後便因攔阻而形成水潭，可能造成：

- 1.將產卵區和護育地淹沒。
- 2.湖泊型態的環境，減緩幼年魚的游泳速度，造成洄游上障礙。
- 3.產生某些不想要的魚類。

攔砂壩的高度會造成魚類在溪流中來回運動的障礙(Apmann, 1965; Raymond, 1979)，並延緩其洄游的時間(Raymond, 1968, 1969)，此種阻礙作用隨每年流量而異，當全年流量小，其影響有下列三點：

- 1.使稚魚暴露在掠食者（鳥類及其他魚類）陰影之下的時間增長，而增加稚魚死亡率。
- 2.稚魚暴露於高溫之下的時間增長，並較易感染Columnaris類的疾病(Wallace & Raymond, 1976)。
- 3.仔魚受限於水潭中，無法行使洄游或配合產卵最佳時機生殖(Raymond, 1979)。

在全年流量較大時，水流經壩上潑溢而下，由於接觸面積增大，促使水中氣體產生過飽和現象，易導致氣泡病(Air bubble disease)。壩體與河流侵蝕作用亦有關連，河流中砂石、沈積物受攔截後產生較澄清水流，因而加強對河岸之侵蝕作用(Clear-water erosion)，致使河面變寬，水位降低，破壞魚類棲息環境(Beckinsale 1972)。

二、河川改道

自古以來，由於各類水利工程、防洪及灌溉等需要，人類經常整治河川，但事前若未考慮其對整個生態系之影響，往往會造成意想不到的後果。Takahashi G. & S. Higashi(1984)在Shakotan河發現，為了排水及防洪使上游河川改道，會造成原來棲息在溪中之櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou*)數量銳減，且遺留者也多為幼年魚，究其原因乃

因整治溪道，破壞了河川流況之多樣性，使得原可提供給魚類不同生活需要的河川環境趨向單純，漂浮生物及水生昆蟲也因溪流中漩渦或水潭之消失而數量銳減，造成鮭魚食物因此而減少。Elser(1968)在Little prickly pear河發現，為了修築鐵道，改變河道，也使得當地魚羣的數量及重量在短短數年內呈現銳減現象。

三、砍除森林將增加河水流量

植物之光合作用是水中氧氣的主要來源之一，Hall和Lantz(1969)發現砍伐森林後河流中氧氣減少30%，又因溫度提高，溶氧溶解度降低和有機物分解速率增快的加成作用，使得水中氧氣消耗量增加而傷害生物(Ringer & Hall, 1975)。Broun & krygier(1971)則提出砍伐森林後之沖蝕作用，會增加溪中的懸浮物及沈積物而提高混度，延緩緩流水之上下循環作用(Cooper, 1965; Mcneil & Ahnell, 1964)，而產生上、下層水溫在短短20公分間差距溫度達11℃現象(Brown, 1972)。

森林對水質成分也有作用，植物有貯存大量養分的功能，當其被破壞則當地營養鹽之循環之途徑便中斷，許多養分將經由土壤釋出至水中，引起溪水過度營養化(Hutchinson, 1973)，(Jacobsen & Adams, 1958)及公共水源品質降低(Conacher, 1979)。

據Bormann et al(1968)在New Hampshire發現砍伐森林後，若林木留於原地，用殺草劑消除其他所有幼苗，發現處理後的土壤釋出之可溶無機養分較以往多出15倍，而水中養分濃度上升約50倍。

又攔砂壩對河流會產生切割之作用，造成魚類棲息地之隔離，若生物總量相當稀少時，便很容易造成絕滅，台灣目前僅存的櫻花鉤吻鮭最大的隱憂便在於此。

除攔砂壩外，河川中之護堤對魚類生存亦有影響，護堤是一個長堤

狀建築，伸出河道部份距離，以便水流暫時改向或延緩其流速，一般在國外多以木頭與石塊做材料，以保持生態系之完整。據研究發現，護堤之優點有二，(1)河川之傾斜度過於陡峭時，具暫緩流速之功能。(2)興建護堤後，下方形成較深的水潭，可提供仔魚生活環境(kojima & Sugiwaka, 1980)與魚類遭到驚嚇後的避難所(Stewart, 1972)。

但護堤亦有缺點，(1)天然河流中，具有各式的漩渦及亂流等不同型態的水域，可提供鱒魚選擇最佳的生活環境，興建護堤後，河川水流之多樣性消失，對魚類生存形成威脅(Takahashi G. & S. Higashi, 1984)，(2)河川興建護堤後，水深較深，流速較緩的水潭數目增加，成魚數量有減少現象(Elsen, 1968)。

四、土地開發

土地開發主要包括都市化及砍伐森林二方面，都市化的結果，交通工具之運動及四處挖掘所形成的空地和洞穴使沖蝕作用加強(Goudie, 1981)，大量的家庭、工業廢水排入溪中，將引起污染及改變水文特質。同時都市化亦會改變地下水分布狀況，溪流遮蔽情形，而導致溪流溫度提高(Pluhowski, 1970)，構築大量柏油路面與混凝土均使水無法經此表面滲入土壤而增加流量，排水道的密度和不當安置亦會對河流之流量有影響(Graf, 1977)。森林之存留對溪流生態有重大之影響，除森林有遮蔽作用可降低溫度外，它亦可遮攔雨水，降低陸地水流速率及集聚泥土，減少土壤流失等功能。據Pereira(1973)發現，當兩個環境相似的區域，其中一個經砍伐後流水流量增加了17%，在亞馬遜河也有類似發現。而Hay(1973)在新墨西哥的Upper Rigrande峽谷發現區域內的西洋杉可耗掉雨量的45%。

五、農業污染

梨山武陵農場、七家灣溪栽植溫帶果樹已然十幾年，近十年來又從事蔬菜栽培，栽培期間農藥使用量極鉅，依德基處報告(1983)，當地曾使用之農藥共計21種，常用的農藥可分為幾類：

- 1.有機氯劑：如四氯丹、陶斯松、克氯丹、五氯粉鈉等，此類可經呼吸道、皮膚而進入生物體，蓄積在肝、腎及中樞神經內，經慢性中毒轉為急性中毒症候，其中五氯酚鈉對水生生物危害甚大，進入生物體內約75%未能排出，已被視為水源污染劑。
- 2.甲基酸鹽類：如甲基鋅乃浦、甲基多保淨、甲基鉀酸鈣等，甲基鹽中之鋅、鉀均為環境污染源之一，在水中含量太高，進入生物體內後會使酵素作用受阻，引發慢性中毒死亡。
- 3.其他：尚有含硫、銦等化合物的農藥亦在此使用。

梨山地區主要使用農藥中多含有氯，Merkens(1985)認為氯之毒性並不在加入量之多少，而在於其殘留量濃度的問題。Enslow (1932)指出，許多化合物與氯結合後，最後產物與自然化合物不同，生物不能經代謝而排除，且大多數具有毒性。美國工業化學協會也報導，經氯化的水中能合成大量安定的化合物，其結構雖不一定含有氯，但對水生生物有致命的毒性，而一般氯至水中可能形成有毒化合物至少有 HOCl ， OCl^- ， NH_2Cl_2 ， NHCl_2 ， NCl_3 等。

Brungs(1973)指出冷水性的鮭鱒魚類溫水性魚類較對氯之毒性更為敏感，水中若含有 0.3mg/l 的氯，二小時內，虹鱒成魚便會死亡。含氯 0.25mg/l 時，4-5小時便能殺害稚魚。Taylor & James(1928)發現氯濃度平均達 $0.01-0.06\text{mg/l}$ 時，48小時內可使幼魚死亡，至 0.3mg/l 時便立刻死亡(Conventry et al., 1935)，Pike(1971)與Dandy(1967)指出氯毒性影響是久遠且無法還原，如褐鱒若生活於低濃度含氯之中一段時間後，置入清水中仍會死亡，主因乃鰓已受嚴重損傷而無法保持體內離子平衡。依Dandy(1967, 1972)與Pike(1971)等之發現

，魚類暴露於氯與其系列化合物之溶液中，魚鰓的表皮細胞會有嚴重的損傷，致使魚類窒息死亡。

Green & stumpf(1946)則將氯化物毒性作用歸因於其可阻止葡萄糖代謝，Knox et al(1948)則指出氯可與—SH基作用，而阻止葡萄糖代謝，並與蛋白質鏈中的硫化基與氨基(Moore, 1951)作用。Rosemberger(1971)認為體型較大的鱒魚比其小魚在高氯溶液中死亡的速度要來得快，此因大魚每單位面積之鰓表面積較小之故，另Arthur & Eaton(1971)發現在氯含量僅有0.0165mg/l的水域中，亦會使鯉科魚類的產卵數銳減至原有的20%，故蘇俄科學家提出在淡水中氯含量的安全標準應為0 mg/l。

結 論

總結以上有關鮭、鱒魚類良好生存條件應包括：低水溫（16℃以下），高溶氧（6ppm以上），水量充沛，覆蓋充分，無脊椎動物數量豐富，無污染與底質適於產卵、孵化及護育。而影響其生存的人為因素計有：火災、森林的砍伐、不良的農耕、過度放牧、污染、開礦、水災、人為或自然的乾旱、築壩、游淤泥及溶氧降低與河川改道等。由各方面之研究，可發現鮭、鱒魚類的生存條件頗為嚴格，更飽受人類的威脅。而我國過去從不研究櫻花鉤吻鮭之生態習性，更忽略其生存權，因而使其涉臨絕種。

在日據時代，日人於民國27年曾將櫻花鉤吻鮭列為天然紀念物，規定在此魚生存範圍300公尺內，禁止砍伐林木及變更地形，當時魚類分布，舉凡有勝溪、雪山溪，七家灣溪迄梨山附近，均有其蹤跡，而目前卻僅於武陵農場附近七家灣溪（或許也包括雪山溪），但在此二溪流中，共有攔砂壩11座，依實地勘察，壩頂均積滿砂石，壩高都在5公尺以

上，櫻花鉤吻鮭絕無可能越過，所以這些攔砂壩已將其生存區域切割成十餘個分離區域，不但減少彼此間交配機會，對維持櫻花鉤吻鮭基因之多樣性有妨礙，也容易使各地區分立的族羣遭到絕滅的危機。自民國74年始台灣省水產試驗所已在武陵農場進行復育工作，但對種魚來源與放流，尚必須詳細研究，以避免近親交配，而影響魚的基因品質。

武陵農場現除生產水果、蔬菜外，亦為一極負盛名的觀光區，在過去為了進行農耕開發，溪流沿岸植被遭受破壞，而影響溪流之遮蔽度，水量調節及防止侵蝕等自然功能，至於溪流附近種植蔬、果所使用之大量肥料、農藥，對櫻花鉤吻鮭之影響，更是亟待研究。

近一年來，林務局國民賓館及輔導會之旅舍均在擴建，可見當地之旅遊業當在擴大中，面對絡繹不絕的遊客，實有必要予以重視人為污染，另有關當地旅館、居民及遊客所遺留之廢棄物與污水直接排入水中，也有加強管理與處理的需要。

參考文獻

- Ail,M.A.,1959 The Ocular structure, retinomotor and photobehavioral responses of juvenile pacific salmon. Can. J. Zool., 37:965-996.
- Alikunhi, K. H., V. Ramachandran and H. Chandhuri, 1954. Mortality of carp fry under supersaturation of dissolved oxygen in water. Proc. Nat. Inst. Sci. Ind., 17:261-264.
- Anou. 1938. Water bureau aids, poor fish. Jour. Amer. Wat. Wks.Ass. 30:1420.
- Apmann, Robert P., 1965. Sedimentation and stream improvement. N.Y.

Fish and Game .Jour. 12(2):117-126.

Arthur, J. W. and J. G. Eaton, 1971. Chloramine toxicity to the amphipod *Gommarus pseudolimnaeus* and the fathed minnow (*Pimep hales promelas*). Jour. Fish. Res. Bd. Can. 28(12):1841-1845.

Aubertin, G. M. and J. H. Petric, 1974. Water quality after clearcutting a small watershed in west Virginia. Journal of Environmental qualeity 3, 243-9.

Beckinsale, R. P., 1972 The effect upon river channels of sud en changes in sediment load. Acta Geographica Debrecina 10:181-6.

Bentley, W. W. & H. L. Raymond, 1976 Delayed migration of yearling chinook salmon since completion of lower monumental and little goose dam of the snake river. Trans. Amer. Fish. Soc. 105:422-424.

Bonck, G. R. and R. C. Ball, 1965. Inflnence of a diurnal oxygen pulse on diu fish serum proteins. Trans. Amer. Fish. Soc. 94:363-370.

Bormann, F. H., G. E. Likens, D. W. Fisher & R. S. Pierce, 1968. Nutrient loss accelerated by clear cutting of a forest ecosystem. Science, 159:882-4.

Boyd, C. E., 1979. Water quality in warmwater fish pond.

Brown, G. W., 1972. An improved temperature prediction model for small streams. Oregon state Univ., Water Resources Res. Inst., WRRRI-16,20P.

Brown, M. E., 1957. Experimental studies on growth. Ch. IX. In margaret E. Brown Brown, The physiology of fishes, Vol. I.

Academic Press ,N. Y.

- Brungs, W. A., 1973. Effects of residual chlorine on aquatic life. Jour. Wat. Pollut. Contr. Fed. 45(10):2180-2193.
- Butler, R. L. and V. M. Hawthorne, The reactions of Dominant Trout to changes in overhead artificial cover. Trans. Am. Fish. Soc. 97:37-41.
- Calhoun, Alex., 1966. Inland. Fisheries Management. California Resources gency, Dept. Fish and Game, Sacramento.
- Carrick, T. R., 1981. Oxygen consumption in the fry of brown trout (*Salmo trutta* .) related to pH of the water. J. Fish Biol. 18:73-80.
- Chapman, D. W., 1966. Food and space as regulators of salmonid populations in streams. Am. Nat. 100:345-357.
- Chipman, W. A., 1934. The role of pH in determining the toxicity of ammonium compounds. Thesis, Univ. Missouri, 1934.
- Clapham, W. B. Jr., 1983. Natural ecosystems. Macmillan Publishing Co., Inc. New York.
- Conacher, A. J., 1979. Water quality and forests in southwestern Australia. review and evaluation. Australian Geographer. 14:150-9.
- Conventry, F. L., V. E. Shelford and L. F. Miller, 1935. The conditioning of a chloramine treated water supply for biological purposes. Ecology. 16(1):60-66.
- Cooper, A. C., 1965. The effect of transported stream sediments on the survival of sockeye and pink salmon eggs and alevin.

- Int. Pacific Salmon Comm. Bull. 18. 71P.
- Crisp, D. T., 1977 Some physical and Chemical effects of the Cow Green (Upper Teesdale) impoundment. Freshwater Bio. 7:109-20.
- Dandy, J. W. T., 1967. The effects of chemical characteristics of the environment on the activity of aquatic organism. Thesis, Univ.* Toronto
- Dandy, J. W. T., 1972. Activity response to cholrine in the brook trout *Salvelinus fontinalis* (Mitchill) .Can. J. Zool. 50(4):405-41
- Donaldson, J. R., 1954. Studies on the Survival of the early stage of chinook salmon after varying exposures to upper lethal temperature. Part II of the 1954 Annual Rept. submitted to U. S. Corps of engineers by wash. state Dept. of Fisheries.
- Elser, A. A., 1968 Fish population of a trout stream in relation to major habitat zones and channel alteration. Trans. Amer. Fish. Soc. vol. 103:389-396.
- Elson, P. F., 1962. Predator-prey relationships between fish-eating birds and Atlantic salmon. Fish. Res Bd. Canada no. 133.
- Enslow, L. H., 1932. Chlorination of sewage for oxygen demand reduction. Sew. Wks. Jour. 4(2):252-262.
- Eschmeyer, P. V., 1957. The near extinction of lake trout in lake Michigan. Trans. Amer. Fish. Soc. 85:102-119.
- Gangmark, H. A. & R. D. Broad, 1956. Further observations on stream survival of king salmon spawn. Calif. Fish and Game.

- 42(1):37-49.
- Garey, W. E. and H. Rahn, 1970. Gas tension in tissues of trout and carp exposed to diurnal changes in oxygen tension of the water. Jour. Exp. Biol. 52:575-582.
- Garside, E. T. and J. S. Tait, 1958. Preferred temperature of rainbow trout and its unusual relationship to acclimation temperature. Can. J. Zool. 36:563-567.
- Gibson, R. J., 1966. Some factors influencing the distribution of brook trout and young Atlantic salmon. J. Fish. Res. Board Can. 23:1977-1980.
- Gibson, R. J., 1978. The behavior of Juvenile (Atlantic) salmon (*Salmo salar*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*) with regard to temperature and to water velocity. Trans. Amer. Fish. Soc. 107(5):703-710.
- Goudie, A., 1981. The human impact. The MIT press. Cambridge. Massachusetts, P.316.
- Graf, W.K., 1977. Network Characteristics in suburbanizing streams. Water resources Research. 13:459-63.
- Green, D. E. and P. K. Stumpf, 1946. The mode of action of chlorine. Jour. Amer. Wat. Wks. Ass. 38:1301-1305.
- Gutsell, J.S., 1929. Influence of certain water conditions especially dissolved gases on trout. Ecology. 6:104-116.
- Hall, J. D. and R. L. Lantz, 1969. The effects of logging on the habitat of coho salmon and Cutthroat trout in coastal streams. p.355-375.
- In t. G. Northcote (ed.) Symposium on salmon & trout in streams H.

R. MacMillan Lectures in Fisheries, Univ, of Britis Columbia,
Vancouver.

Hartman, G. F., 1963. Observations on behavior of juvenile
brown trout in a stream aquarium during winter and spring. J.
Fish. Res. Bd.} Can. 20:769-787.

水棲昆蟲在溪流生態系中之角色

楊平世 國立台灣大學植物病蟲害學系

一、緒言：

對於生活陸地、空中的昆蟲，多數人可能都十分熟悉；可是對於棲息在水中的昆蟲，很多人往往覺得陌生；這究竟是水中的魚、蝦分散了大家對牠們注意力呢？還是這些水蟲個體小，隱藏良好，而使大家忽略了？的確耐人深思！

什麼是水棲昆蟲呢？根據Usinger (1956)、Lehmkuhl (1979) 等人之定義：「凡生活史中之某一時期，或全部生活史均在水中完成者，均稱之為水棲昆蟲。」儘管全世界已知的水蟲種類，僅為已知昆蟲種類之3—4% (Pennak, 1978; Lehmkuhl, 1979)，但這些水蟲所涵蓋的科、目卻相當多。據Usinger (1956)，Lehmkuhl (1979)，Merritt及Cummins (1984)，津田(1962)及川合(1985)之分類得知，幼期俱為水生者有蜉蝣目、蜻蛉目、襉翅目及毛翅目。其他幼期為水生者，尚有部份半翅目、鱗翅目、鞘翅目、膜翅目、廣翅目、脈翅目及雙翅目之種類。而在半翅目、鞘翅目及膜翅目中，有些種類其成蟲亦為水生。然而這些水蟲在水中究竟扮演什麼角色？牠們究竟吃些什麼呢？

根據Cummins及Klug(1979)和Cummins及Merritt(1984)之報告，溪流中的水蟲食性可分為採食者(Collector)、捕食者(Predator)、刮食者(Scraper)、碎食者(Shredder)及吸食者(Piercer)，由此可知在水域食物網中，這些水蟲可能扮演著捕食水中的小動物、水生植物，浮游生

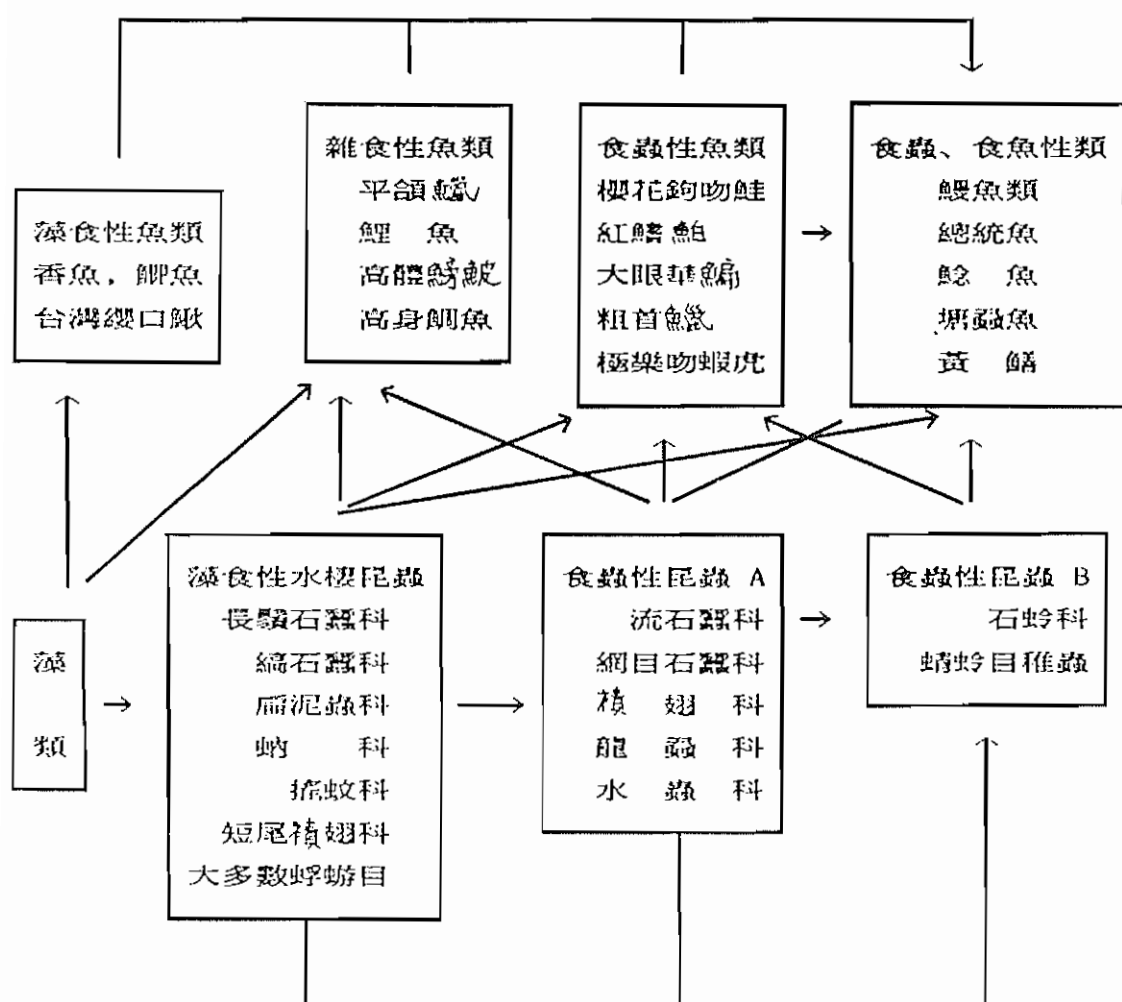
物的角色，甚至直接分解落葉、枯枝。然而，不管是那一類食性的水棲昆蟲，牠們都可能成為水中魚、蝦、蟹類的食物；因此，水蟲的族羣大小，都會影響其他水生生物的族羣。

二、水棲昆蟲與魚類之關係：

就以淡水魚類來說，據Borgstrom之估計，全世界之淡水魚的漁獲量在1700~2000萬公噸之間，其中有不少淡水魚係以水棲昆蟲為生。據Sterba之統計，在全世界67科淡水魚類中，有42科概以水棲昆蟲為生，其中之29科則主賴水棲昆蟲為食(Healey, 1984)，可見水棲昆蟲對淡水魚類之重要性。

在淡水魚中，鮭鱒魚類是重要的經濟魚種；據桑山(1929)，西尾(1934)，川合(1955, 1959)、御勢(1980)，金沢及中村(1982)、杉若(1985)及Tanaka(1985)之報告，日本產之櫻鱒(*Oncorhynchus masou*)、嘉魚(*Salvelinus plurius*)及琵琶鱒(*O. rhodurus*)等，均以水棲昆蟲之毛翅目、蜉蝣目、蜉蝣目及雙翅目等為主食。而目前被列為瀕臨絕種動物之國寶級魚類—櫻花鉤吻鮭(*O. formosanus*) (農委會，1989)，據上野(1937)、楊等(1986a, 1986b)之報告，亦以水棲昆蟲為主食。而Nielsen(1976)亦明確指出，在丹麥曾由於河水污染，引起毛翅目幼蟲等之數量銳減，間而影響虹鱒的產量；可見水棲昆蟲對某些經濟性淡水魚實頗重要。

有關水棲昆蟲與魚類、藻類間之關係，如圖一。由此圖可知，藻食性水棲昆蟲以藻類為食，但其又為食蟲性昆蟲，雜食性魚類，食蟲性魚類及食蟲、食魚性魚類之食物。而食蟲性昆蟲係以藻食性昆蟲為食，本



圖一。水棲昆蟲、魚類及藻類間之關係。

身則又成為雜食性魚類，食蟲性魚類，食蟲、食魚性魚類之食物，甚至彼之間亦有相互攝食之現象。所以，在水域之食物網中，藻類、水棲昆蟲及魚類間之關係，十分密切。

三、水棲昆蟲可供作水質等級之指標生物

由於水棲昆蟲之能適應特定之水域，乃長期演化之結果，加之不同種類之水棲昆蟲對於不同之水質環境，均有其特定之適應性。所以，在河流遭受污染時，生活於其中之水棲昆蟲相亦會隨之改變；因此在本世紀初，德國 Kolkwitz 及 Marsson (1908, 1909) 首先提出污水生物系 (Saprobic System)；其後 Liebmann (1951) 將水質之有機污染程度，分成貧腐水性 (Oligosaprobic)， β -中腐水性 (β -meso-saprobic)， α -中腐水性 (α -mesosaprobic) 及強腐水性 (Polysaprobic) 等四級，並記載各不同等級水質中之水生物。

後來 Beck (1955) 及 津田 (1956) 以 Surber net sampler (50cm × 50cm) 所採獲之肉眼所能見及的水生動物，區分為耐污濁種 (Tolerant species-B) 及不耐污濁種 (Intolerant species-A)；再以 $2A+B$ 值評定水質，此即 Beck-Tsuda 法。依此公式，則 $2A+B > 30$ 者為貧腐水性， $2A+B$ 在 15-29 之間者則為 β -中腐水性； $2A+B$ 在 6-14 之間者，則屬於 α -中腐水性；至於 $2A+B < 5$ 者，則為強腐水性。不過 Sladeczek (1958) 及 津田和森下 (1974) 等又將生化需氧量 (Biochemical Oxygen Demand-BOD) 作為判定水質之指標。類似之方法尚有美國俄亥俄州之溪流水質監測 (Stream Quality Monitoring) (1985)，即將水棲大型無脊椎動物粗分成三羣，再依評分方式求其累積指數值 (Cumulative Index

Value)，將水質分成四級。

另外，Mungum(1986)則藉測定水中化學成分、水生物、河流坡度及底質等因子進行分析，以求得生物狀況指標(Biotic Condition Index)，再據此積分評定水質之等級。

其實能供作水質檢定之指標生物非僅水棲昆蟲而已，像其他大型無脊椎動物，例如蝦、蟹、螺類、水蛭、魷蛭，甚至藻類等，亦可供作評定水質污染等級之指標生物。由於藉化學分析法評定水質必需利用儀器、設備，較為昂貴，且檢驗人員必得經過一段時間之訓練才會使用；加之，取樣點如距工廠太遠，或取樣時間如不是工廠排放廢水之時間，則所取樣結果之誤差往往相當大；但利用生物指標則無這些弊病，所使用之工具為簡易之水網，只要稍加訓練判別水生物之特徵，幾乎人人都可參與，可達共同監測水質之效果；因此在日本、美國，現在都有一套以水生物判斷水質之簡易調查方法，既可用之於中，小學科學教育，亦可供一般市民就近監測住家附近水域之水質變化。不過，不同溪流由於水棲昆蟲種類可能不同，因此指標生物亦各異其趣。

四、水棲昆蟲的調查方法：

任何溪流，不論大小都可進行底棲生物—包括水棲昆蟲、蝦、螺類及環形動物等之調查；調查時之水深，以30公分為宜；至於流速，則在30—40公分／秒。河床之底質則選擇礫石、鵝卵石較多之處；不過，如進行全流域之多站調查，則應注意各種不同底質，流速，主、支流，但以方便採樣，安全第一為優先。

採集方法以Surber net sampler為最佳(如圖二)，但亦可以20cm

×20cm或15cm×15cm之水網為之；如無水網，亦可在一定時間內翻尋附著在石頭上之水蟲，惟此結果較粗略。一般而言，調查時間以每月一次為最適當；但如人力有限，則可每季進行一次。如一年只調查一次，則以較多成熟之水棲昆蟲如春、夏之際進行採集較為適合。

由於流水中可能有暗流，石頭上往往有苔蘚、藻類附生，不小心可能會滑倒，因此進行水生物採集時應避免湍急之深水，同時3—5人一起進行較安全。除了採集水棲昆蟲之外，其他人亦應同時進行採集水樣分析，測定pH值，水中溶氧量，流速，水深及河床底質組成，石頭大小等，以供進一步河域生態分析之參考。

至於進行採集時所應準備之工具，除了水網之外，尚有酒精、標本瓶、鑷子、淡色水盤、記錄簿、筆等；服裝方面乃穿著一般採集之服裝，但宜穿長筒膠鞋或水褲。

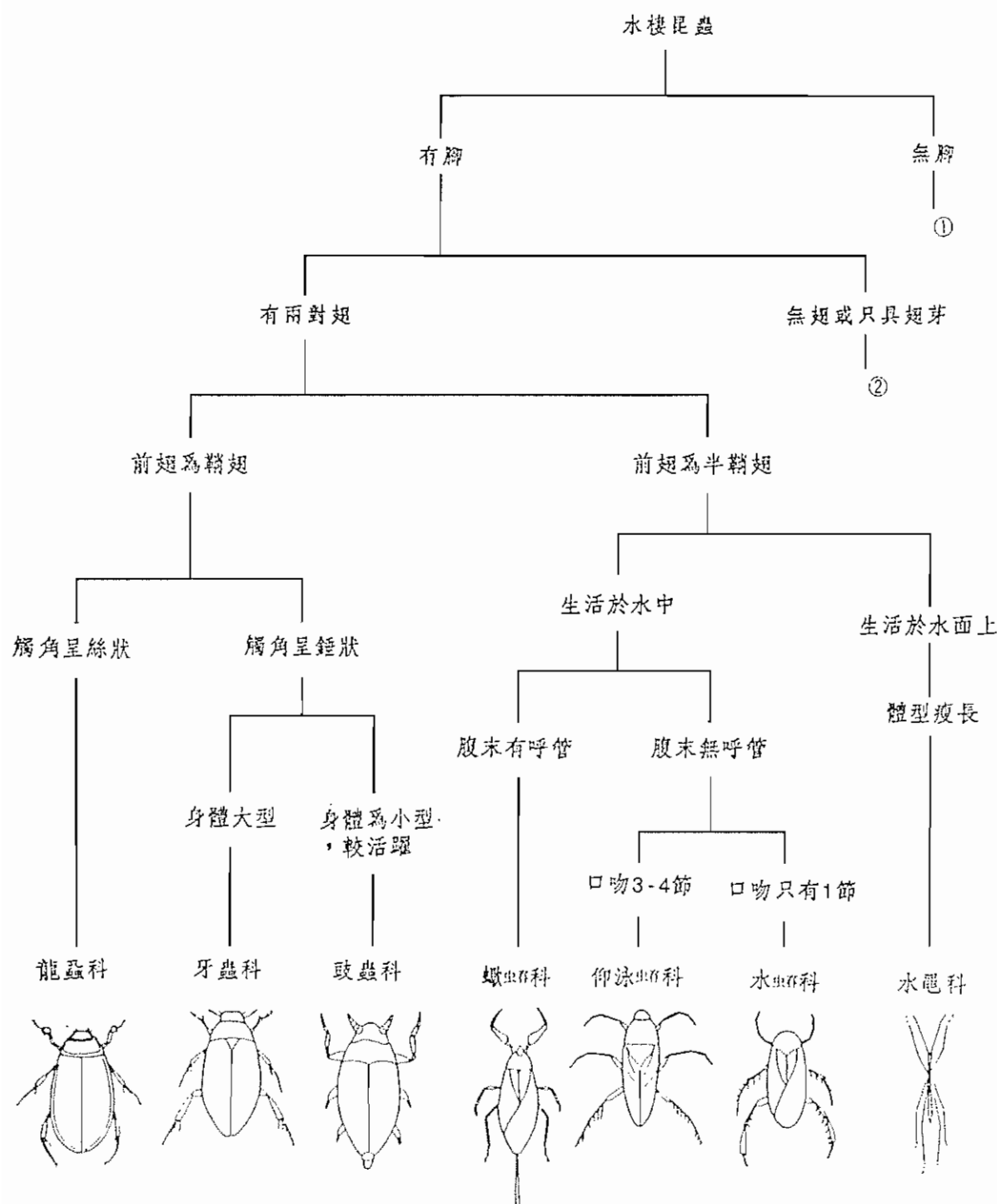
五、簡易水棲昆蟲檢索圖：

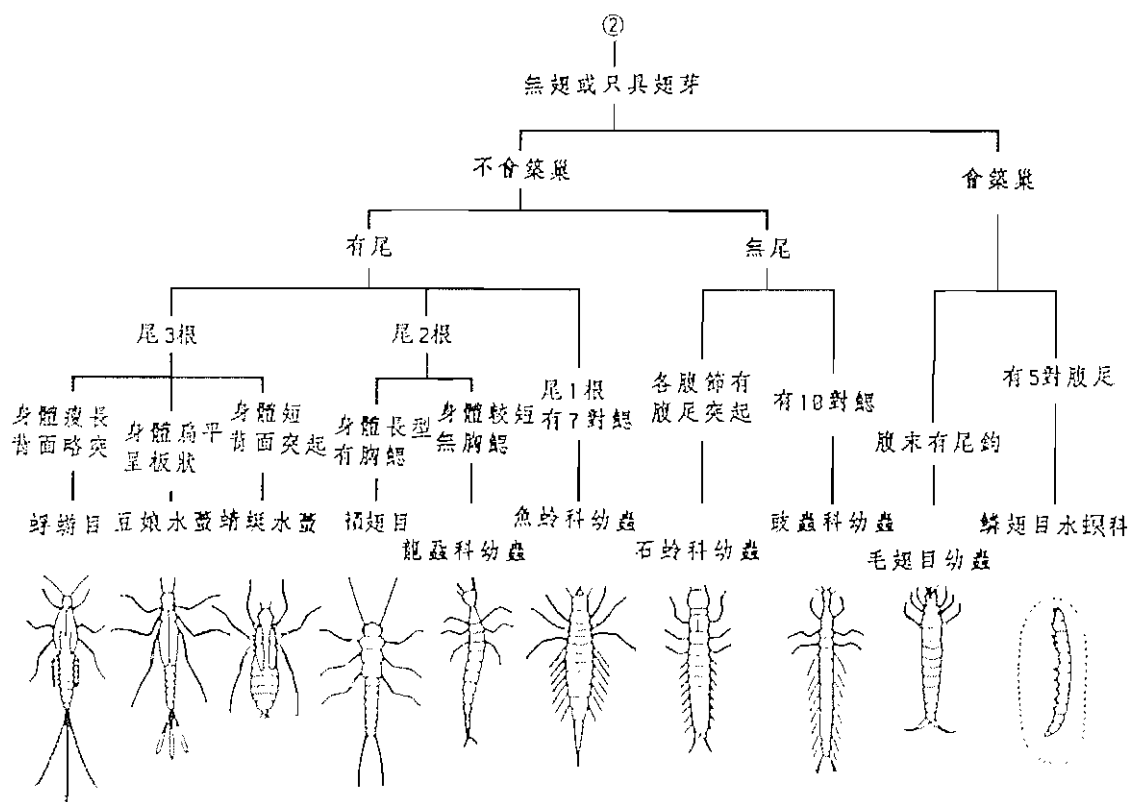
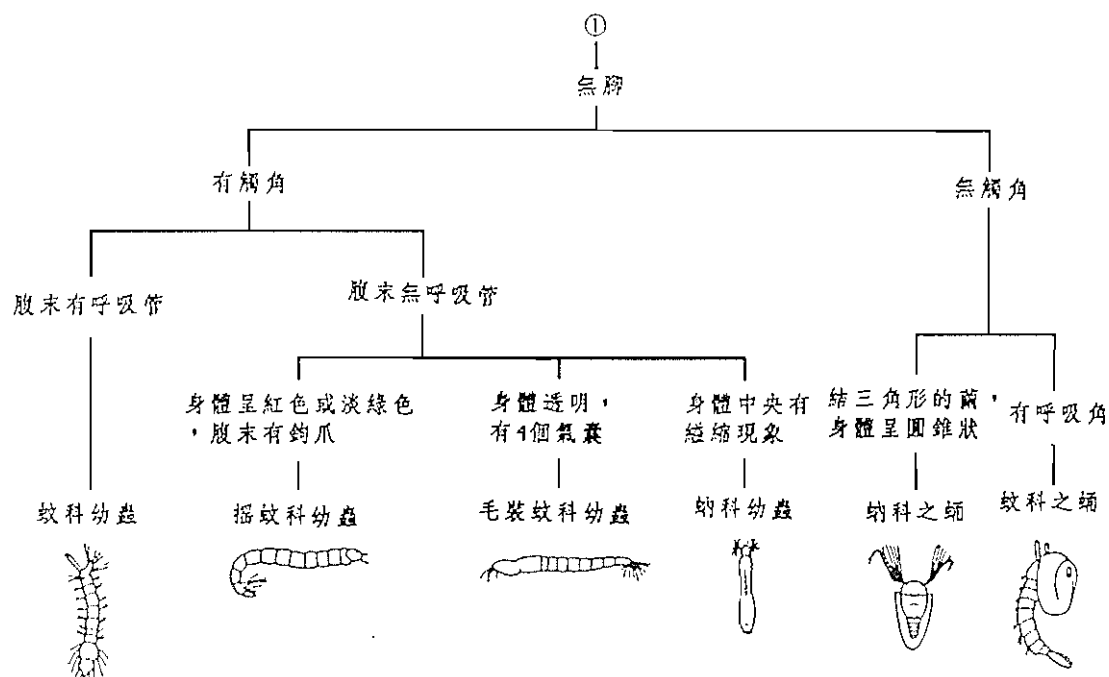
攜回之標本在實驗室內即進行分類、鑑定，詳細之種類，可參閱津田(1962)、川合(1985)及Herritt和Cummins(1984)之檢索表。而簡易之分類、鑑定，則可參酌日本環境廳水質保全局編(1988)之手冊或圖三之檢索圖。

溪流中較重要之水棲昆蟲如下：

1. 蜉蝣目稚蟲(通稱蜉蝣)。
2. 襀翅目稚蟲(通稱石蠅)。
3. 蜻蛉目稚蟲(包括蜻蛉及豆娘之水蠶)。
4. 毛翅目幼蟲(通稱石蠶蛾)。

圖三·水棲昆蟲簡易識別檢索圖





- 5.廣翅目幼蟲：石蛉、魚蛉。
- 6.半翅目：水黽、負子蟲、紅娘華、水螳螂、水蜚、仰泳蟲。
- 7.鱗翅目幼蟲：水蠅。
- 8.鞘翅目：龍蟲、豉蟲、牙蟲、扁泥蟲、長腳泥蟲、螢火蟲。
- 9.雙翅目幼蟲及蛹：蚊、大蚊、蚋、網蚊、搖蚊。

六、引用文獻：

- 川合禎次 1955 大杉谷セツ釜附近得て得 アスゴの食性、大杉谷、大台ヶ原山の自然、p.1-4。
- 川合禎次 1959 山形縣大池周邊溪流のイワナの食性 陸水雜20(4)：167-173。
- 川合禎次 1985 日本産水生昆蟲檢索圖説、日本東海大學出版全出版 499pp
- 上野益三 1937 台灣大甲溪の鱒食性と寄生蟲。台灣博物學報27：153-159。
- 日本環境廳水質保全局編 1988 水生物による水質調の査法—川の生きものから水質を調でする(第四版)31pp。
- 西尾新六 1934 夏期に於けるイワナ(*Salvelinus malma Walbaum*) 食性研究陸水雜3(3)：62-70。
- 杉若圭一 1985 スモルトイ化時期におけるヤマズ 幼魚の食性を攝餌

- 生態北海道立水産孵化場研報40：69—75。
- 金 成三、中村慎吾 1982 ゴキの食性(1)、比婆科學122：1—6。
- 津田松苗 1956 Saprobien system の表。淡水生物4：1—9。
- 津田松苗、森下郁子 1974 生物に於ける水質調査法 日本山海堂出版。
- 桑山覺 1929 特 應用昆蟲學上に見たる毛翅目昆蟲 日本學術協會報告、5：191—202。
- 御勢久右衛門、1980、イワナの食餌となる水生昆蟲 淡水魚6(1)：38—40。
- 曾晴賢 1986 台灣的淡水魚類台灣省教育廳出版 194pp。
- 楊平世、林曜松 1986a 櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus formosanus*)的食性 農委會林業特刊9：14—20。
- 楊平世、林曜松、黃國靖、梁世雄、謝森和、曾晴賢 1986b 武陵農場河域之水棲昆蟲相及生態調查農委會75年生態研究第001號、32p p+46figs。
- 楊平世、黃國靖、謝森和 1990 北勢溪之水棲昆蟲相及其相關資源及生態研究(I)：水棲昆蟲相及其相關生態，中華昆蟲(審稿已接受)農委會 1989 野生動物保育法規彙編、農委會出版 78pp。
- Beck, W.N.1955.Suggested method for reporting biotic data. Sewage Industr. Wastes 27. No.10：1193.
- Cummins, K.W and M.J. Klug. 1979. Feeding ecology of stream invertebrates. Ann.Rev. Ecol Syst.10:147-172.
- Cummins, K.W; R.W. Merritt.1984. Ecology and distribution of

aquatic insects. pp. 59-65. In : R.W. Merritt and K.W. Cummins (ed.) An introduction to the aquatic insects of North America (2nd ed.) Kendall and Hunt Publ. Co. Iowa, USA. 722pp.

Healey, M. 1984. Fish predation on aquatic insects. pp. 225-288.

In : V. H. Resh and D.M. Rosenberg (ed.) The ecology of aquatic insects. Praeger Publishers, New York. 625pp.

Kolkwitz, R. and M. Marsson. 1908. Ökologie der pflanzlichen Saprobien

Ber. deutsch. Bot. Ges. 26 : 505-519.

Kolkwitz, R. and M. Marsson. 1909. Ökologie der tierischen Saprobien Beiträge zur Lehre von der biologischen Gewässerbeurteilung Int. Rev. Hydrobiol. Vol. 2.

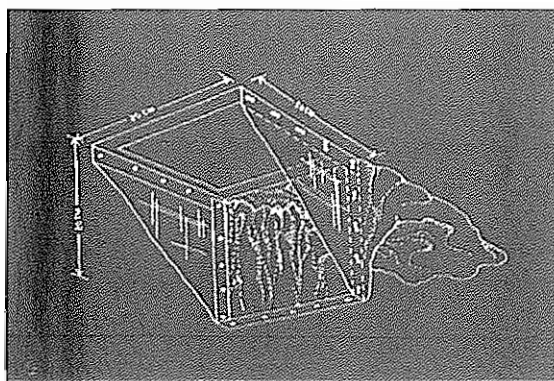
Lehmkuhl, D.M. 1979. How to know the aquatic insects. Wm. C. Brown Co. Publ., Iowa, USA. 152pp.

Liebmann, M. 1951. Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. I. Aufl. Verlag Oldenbourg, München, 539pp.

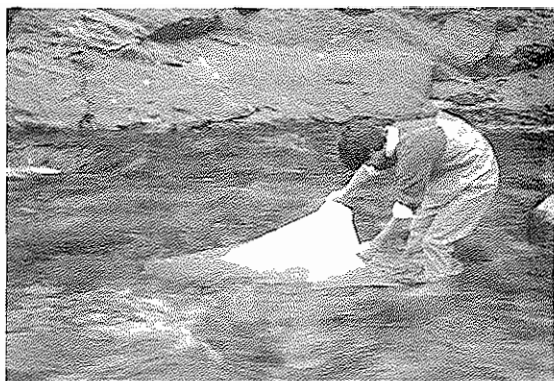
Merritt, R.W. and K.W. Cummins. 1984. An introduction to the aquatic insects of North America (2nd ed.) Kendall and Hunt Publ. Co. Iowa, U.S.A. 722pp.

Mungum, F. 1986. Macroinvertebrates. pp. 661-674. In : A.Y. Cooperrider; R. J. Boyd and H. R. Stuart (eds.). Inventory and monitoring of wildlife habitat. US Dept. Inter., Bur Land Manage. Service Center. Denver, Co. xviii. 858pp.

- Nielsen, A. 1976. Pollution and caddis-fly fauna. pp.159-161. In: H. Malicky(ed.) Proceedings of the 1st. International Symposium on Trichoptera Dr.W.Junk Publishers. The Hague, The Netherlands. 213pp. Ohio Department of Natural Resources. 1985. Stream quality monitoring-A citizen action program. 20pp.
- Pennak, R.W. 1978. Fresh-water invertebrates of the United States, John Wiley and Sons, New York. 803pp.
- Sladeczek, V. 1958 Die Abhangigkeit des Belebtschlammverfahrens von Physikalischen, chemischen und biologischen Faktoren. Verh. int. Ver. Limnol. 13 : 611-616.
- Tanaka, T.F. 1985. The ecology of salmonid fishes in Japanese mountain streams I. Food condition and feeding habit of Japanese charr, (Salvelinus leucomaenis) (Pallas). Jap. J. Ecol. 35 : 481-504.
- Usinger, R.L.(ed.) 1956. Aquatic insects of California. University of California Press. Berkeley, CA. 508pp.



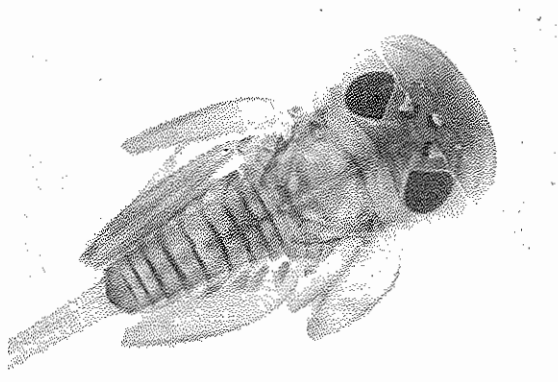
圖二 定面積水網——Surber
net sample



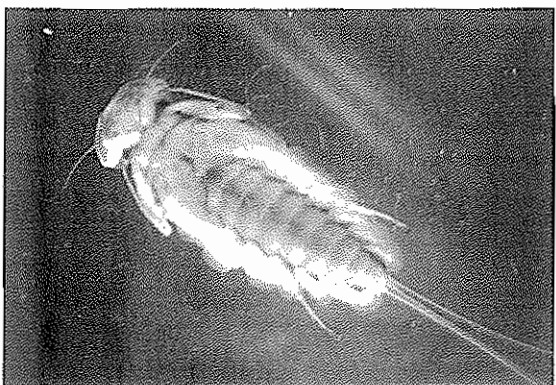
圖四 河中進行水棲昆蟲採集
之情形



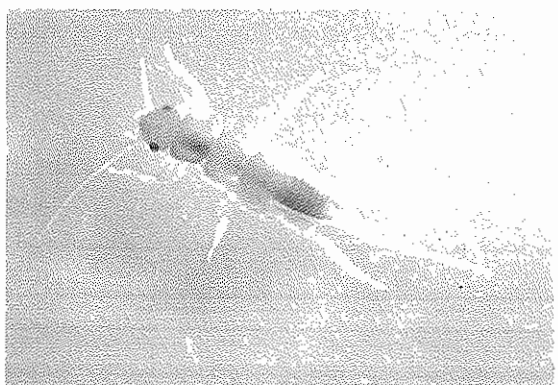
圖五 以鎬子挑起網中之水棲
昆蟲



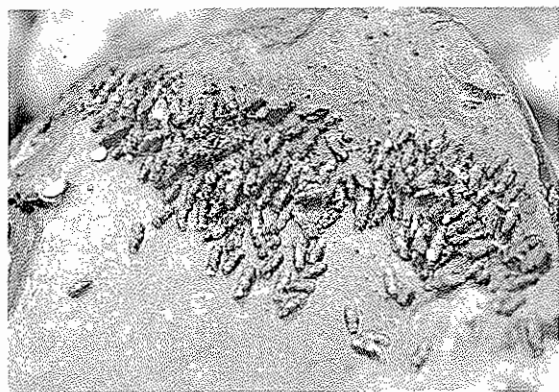
圖六 扁蜉蟬 (*Ecdyonurus*
sp.) 之背面形態



圖七 *Rithrogena* sp. 扁蜉
蟬之腹面形態



圖八 短尾石蠅 *Amphinemura*
sp.



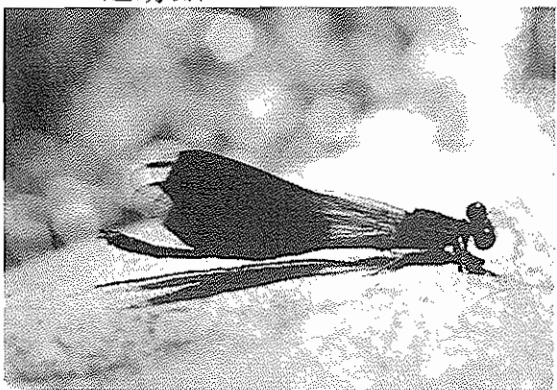
圖九 水中岩石上的石蠶蛾巢



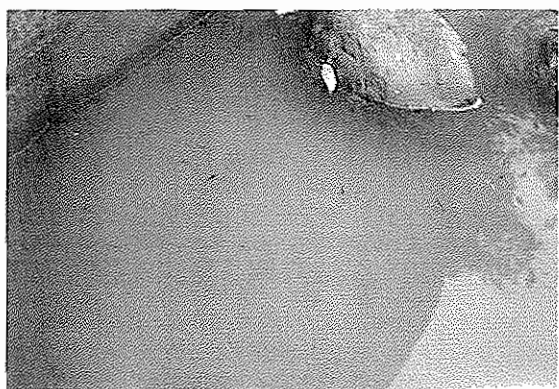
圖十 網石蠶 (*Arctopsyche* sp.) 之幼蟲



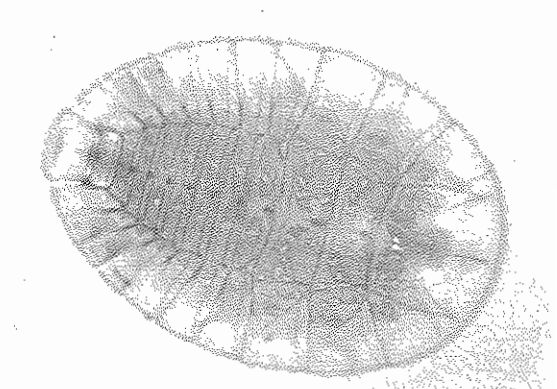
圖十一 蜻蜓之水蜚



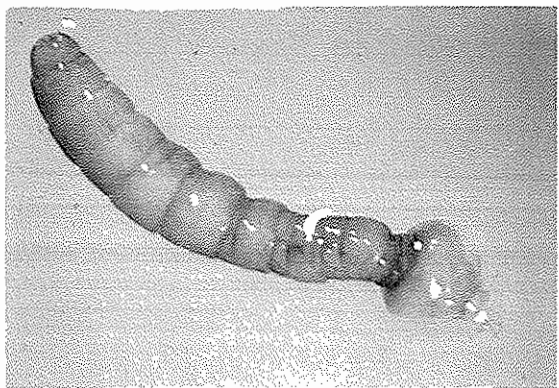
圖十二 短腹幽蝨



圖十三 大水黽



圖十四 扁泥蟲 (*Eubranax* sp.) 之幼蟲



圖十五 大蚊 (*Eriocera* sp.) 之幼蟲



圖十六 生活於強腐水域的紅蟲——搖蚊幼蟲

漁業資源之最適利用

曾萬年

臺大動物系 教授

水域中，凡可供人類利用的水產動植物，皆可廣泛地稱之為漁業資源或水產資源。漁業資源中以魚類為主，它和礦物資源不同的地方是礦物資源開採之後會愈來愈少，會有用完的一天，而漁業資源有再生的能力，大魚生小魚，小魚會長大，只要適度捕撈，漁業資源可以取用不盡。本文的主要目的在介紹魚類生活史的特徵，魚類族羣的變動特性，以期合理利用漁業資源及兼顧漁業資源之保育。

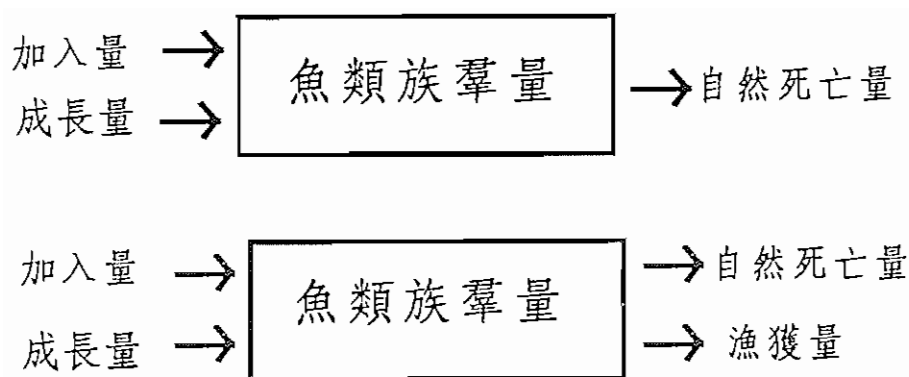
第一節 漁業資源動態

天然水域中的魚類族羣數量，受生殖、生長、自然死亡及漁撈等因素的影響，隨時都在變動。因生殖而使得族羣的數量增加的部分稱為加入量(R)，因個體成長所增加的重量稱之為成長量(G)，因飢餓、疾病、老衰及被捕食所減少的數量稱之為自然死亡量(M)，此外，因人們的捕撈而減少的數量為漁獲量(Y)。因此，一個漁業資源，就在上述四個變數的互動關係下發生了變化。圖一就是表示一個漁業資源變動的模式圖。其中，加入量及成長量為增加的部分，自然死亡量及漁獲量為減少的部分。如果以簡單的算術式表示的話，則如下式所示：

$$S_2 = S_1 + R + G - M - Y$$

式中， S_1 為年初資源量，

S_2 為年末資源量，



圖一 魚類族羣量變動模式圖。上、下圖分別說明沒有漁獲及有漁獲發生的情況。

R 為一年之中的新生代加入量，

G 為一年之中的成長量，

M 為一年之中的自然死亡量，

Y 為一年之中的漁獲量。

上式中， $(R+G-M)$ 加起來稱之為自然增加量。資源量的變化，就看漁獲量與自然增加量的關係而定。

(1) 當 $Y = R + G - M$ 時， $S_2 = S_1$ ，資源量維持不變。

(2) 當 $Y > R + G - M$ 時， $S_2 < S_1$ ，表示資源利用過度，資源有衰竭之虞。

(3) 當 $Y < R + G - M$ 時， $S_2 > S_1$ ，表示資源尚未充分利用。

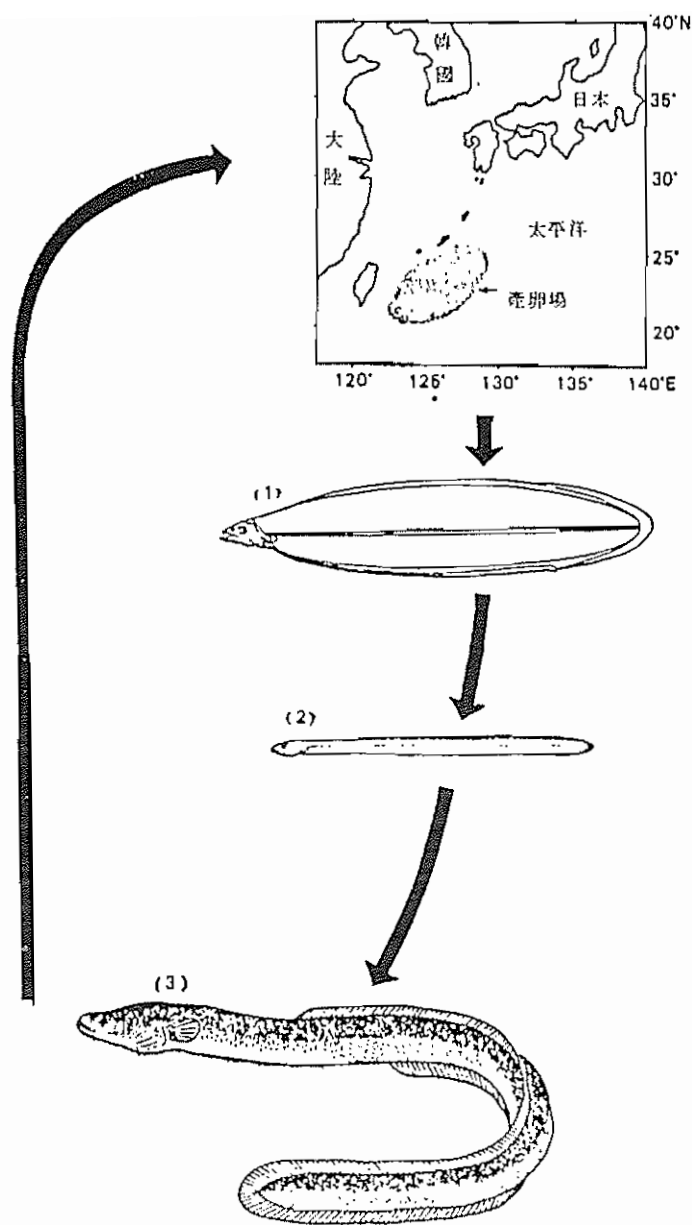
由以上的資源變動模式來看，只要漁獲量不超過自然增加量，資源量是不會減少的。

第二節 魚類的生活史

魚類生活史的探討，是漁業資源變動解析的基礎研究。魚類生活史包括有洄游、生殖、生長及死亡等現象。

(一) 洄游

魚類為了尋求最適當的生活環境，其棲息場所會隨著發育階段及季節而改變。洄游的目的不外乎產卵、索餌及越冬等。洄游的範圍因種而異，例如鰕虎科魚類，生活領域僅限於沿岸河口域一帶。大洋性的鮪、鰹則順著海流作廣範圍的洄游。鮭魚在海洋中長大而溯河到河川上游產卵。相反地，鰻魚在河川中長大而降河洄游到深海中產卵。圖二就是白鰻的生活史及洄游現象。為了分散族羣，鰻魚降河洄游到大洋中海流的源頭產卵，仔鰻以最省力的柳葉體型態漂游分散到下游地帶，因此黑潮



圖二 鰻魚的變態過程及產卵場位置。
 鰻在海洋中產卵，仔魚外觀狀似柳葉，稱之為葉形幼魚(1)，體長約60mm。葉形幼魚游到接近沿岸時變態成為鰻線(2)，鰻線體長約50~60mm。鰻線溯河洄游到河川中生活5~20年體長約40~80cm之後，就變成成鰻(3)。成鰻成熟時降海洄游到海洋中產卵。

海流流經的臺灣、中國大陸、韓國及日本沿岸都有白鰻的蹤跡。快到河口的時候，仔鰻由柳葉體變態成流線型的鰻線，以便於溯河。每到冬季就有許多漁民在河口捕撈鰻線，供養殖。幼鰻大約在天然河川中生長5~20年。成熟時，成鰻再洄游到深海中產卵，產卵之後即死亡。

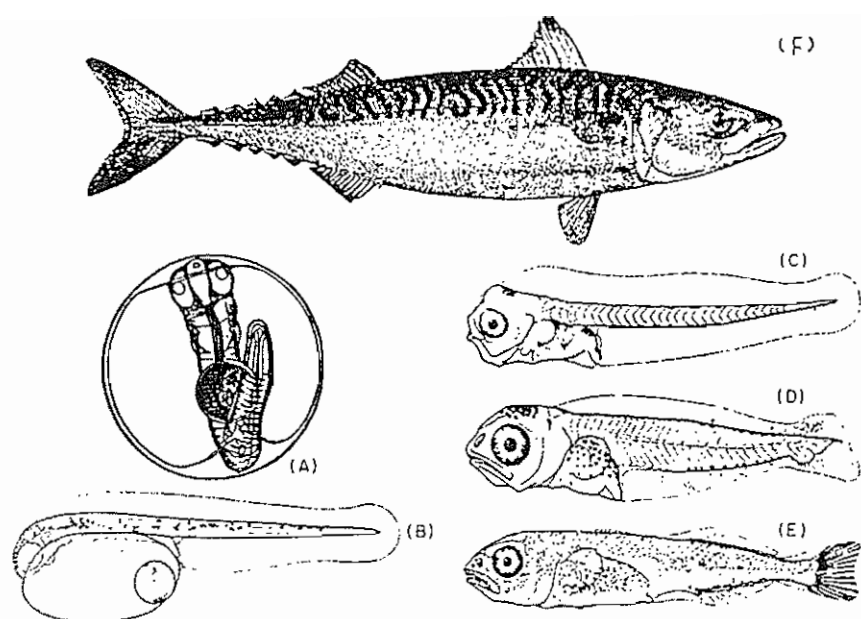
（二）產卵及發育

魚類經由生殖過程，而能一代一代地繁殖下去。其繁殖能力，視產卵數的多寡及卵、仔稚魚的活存率而定。因種類不同，產卵數相差很多。鯊魚為卵胎生，一胎只產十幾尾仔魚，但仔魚死亡率很低。鯖為表層洄游性魚類，海洋表層環境變化劇烈，仔魚又得不到母魚的照顧，仔魚的死亡率很高，母魚每次必須產下大量的卵，才能成功地繁殖下一代。一尾40公分左右的鯖魚，一次大約可產下40萬個卵，但是每100萬個卵，大約只有1~10個卵會發育成大魚。圖三是不同發育階段的鯖魚之外形。魚類在發育初期有一個高危險期，即前期仔魚，卵黃囊用盡之前，若沒有遇上適當餌料，就會因飢餓大量死亡。因此，發育初期是決定魚類新生代加入量多寡的關鍵性階段。

（三）年齡與成長

在成長過程中，新生代由小魚長成大魚，資源量也隨著增加。魚類生長的速度，因種類及年齡而不同。一般成長速度快的魚類，成熟年齡較早。反之，則成熟年齡較晚。魚類達到成熟年齡時，成長即顯著緩慢下來。測定魚類生長速度的快慢，通常需要知道魚類的年齡。

魚類年齡鑑定的方法，可分為直接法和間接法。直接法有(1)飼育法和(2)標識放流法。間接法有(1)體長頻度分離法，(2)連續採集法，以及(3)年齡形質法。各種方法都有優缺點，需視情況而定，其中以年齡形質法應用最為普遍。常用的年齡形質有鱗片、耳石、脊椎骨、鰓蓋骨、鰭棘及牙齒等。例如圖四是從一尾即將溯河到河川上游產卵的鮭魚



圖三 鯖魚。A：卵期，B：前期仔魚，體長3.5mm。C～E：後期仔魚、體長分別為4.6mm、7.8mm及15mm，F：成魚、40cm。



圖四 溯河性鮭魚(滿3年魚，雌，尾必長60.5cm)的鱗片(放大12倍)。

身上所取下的鱗片。魚類春夏季成長快，鱗片上的輪紋間隔寬，秋冬季成長緩慢，鱗片上的輪紋排列緊密而出現年輪記號，由年輪數可推知該魚年齡為三歲。

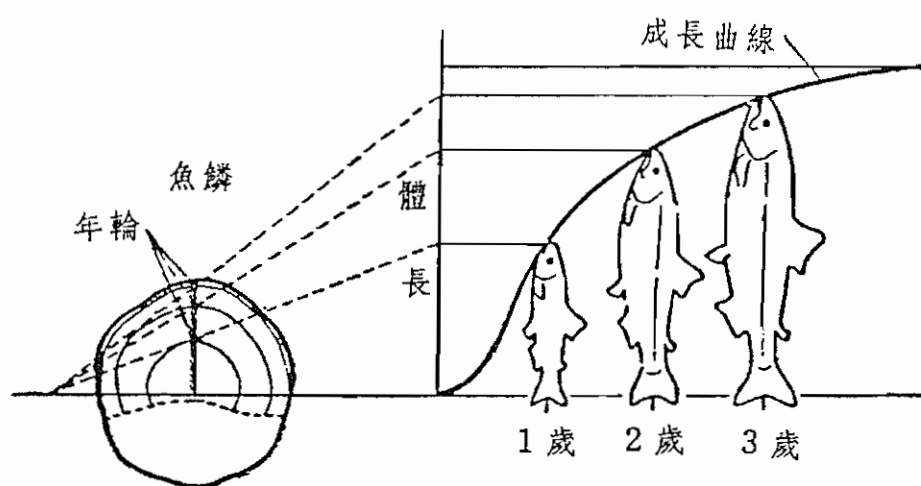
另外，由體長與鱗片半徑的比例關係，可以逆算每一輪形成時的體長，而求得魚類的成長曲線(圖五)。一般魚類成長曲線呈S字形。換言之，魚類早期成長較慢，以後急速成長，到達成熟年齡後即緩慢下來。當年齡繼續增加，但體長卻不見增加時之體長，稱之為極限體長。極限體長的大小與魚類的壽命呈正比，壽命愈長極限體長也愈大。各種魚類的壽命不同，鱈魚(產於我國長江及黑龍江口)可活到15歲。體長最大的軟骨魚類為鯨鯊，長達15公尺。最大的硬骨魚類為黑皮旗魚，長達4公尺以上，體重超過700公斤。

(四) 生存曲線

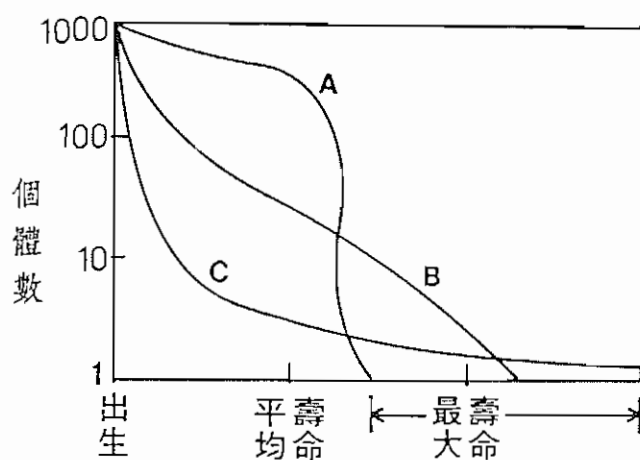
動物的生存曲線可分為A、B、C三種類型(圖六)。人類及大型哺乳類屬於後期直角型(A)，生下來之後死亡率很低，一直活到平均壽命時才會死亡。鳥類屬於對角線型(B)，早期及晚期的死亡率很一致。魚類及無脊椎動物則屬於前期直角型(C)，早期的死亡率非常高。魚類剛孵化時，是靠自己身上的卵黃來維持生活，當卵黃用盡時，如果沒有適時遇到餌料生物，則會因飢餓而大量死亡，因此魚類初期死亡率非常高，等到稍微長大之後，才有能力尋求適當環境及躲避敵害，死亡率才緩和下來。

第三節 漁業資源管理模式

魚類資源量的變化，如前所述，主要是受生殖、生長、自然死亡及漁撈的影響。如果漁獲量等於加入量、成長量及自然死亡量三個量之總



圖五 魚鱗與魚體成長的關係



圖六 生存曲線。A：人類及大型哺乳動物，B：鳥類，C：魚類與無脊椎動物。

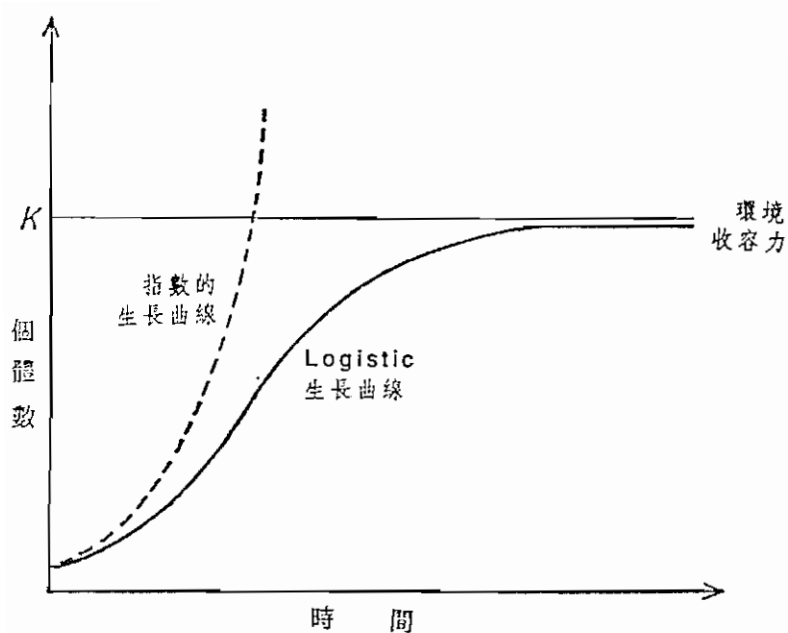
和的話，資源量就不會產生變化。可是要分別估計該資源的加入量、成長量及死亡量之後，再來決定漁獲量，在應用上有困難。以下有三種趨近的方法，告訴我們如何捕魚，魚類資源才能得到永續利用。

(一) 剩餘生產量模式

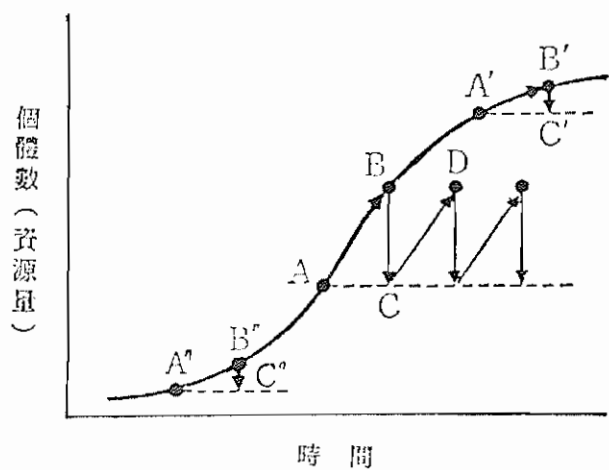
一般生物個體數呈指數式的方式增殖。但是因環境的收容力有限，個體數增加到一定限度後就停止下來了，因此個體數增加隨時間呈S型曲線變化(圖七)。個體數(資源量)不同時，每年的增加量也不一樣。例如圖八所示，資源水準低時，每年只能從A''增加到B''，資源水準達到A時，每年可由A增加到B，但是資源水準升高到達A'時，每年增加量反而減少。假若將每年增加量AB部分拿掉的話，資源量由B降到C，但一年之後又會回到D。因此像AB(A''B''或A'B')部分，即使被捕撈之後，資源量也不會減少，故稱之為平衡生產量或剩餘生產量。如果將剩餘生產量對資源量作圖的話(圖九)，則發現資源量很低或很高時，剩餘生產量都很小，最大資源量的一半時，剩餘生產量最大，這時我們可以得到最大的漁獲量(C_M)，而這個漁獲量可永續的利用，因此又稱之為最大持續生產量(MSY)。

(二) 解析模式

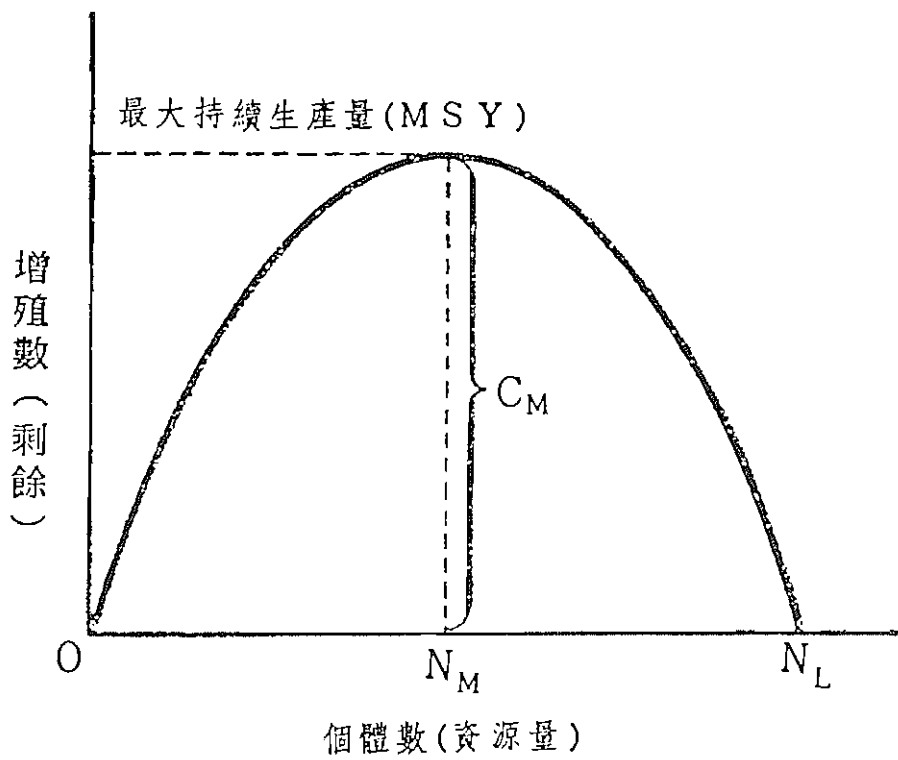
魚類的個體數因死亡而減少，因成長而個體的重量增加，因此資源量隨年齡的變化，就要看個體數活存的比率及個體的增重率而定。假若資源的尾數為 N_t ，漁獲比率為 F ，那麼漁獲重量(Y_t)就等於漁獲尾數($N_t \times F$)乘個體的重量(W_t)。由圖十，可以很明顯的看得出來，一個年級羣在早期時，資源尾數雖多，但個體的重量很小，兩者相乘結果，資源量仍然很小。到了後期，雖然個體的重量已經達到最大，但個體數卻明顯地下降，因此資源量仍然很小。只有在個體的增重速率最大



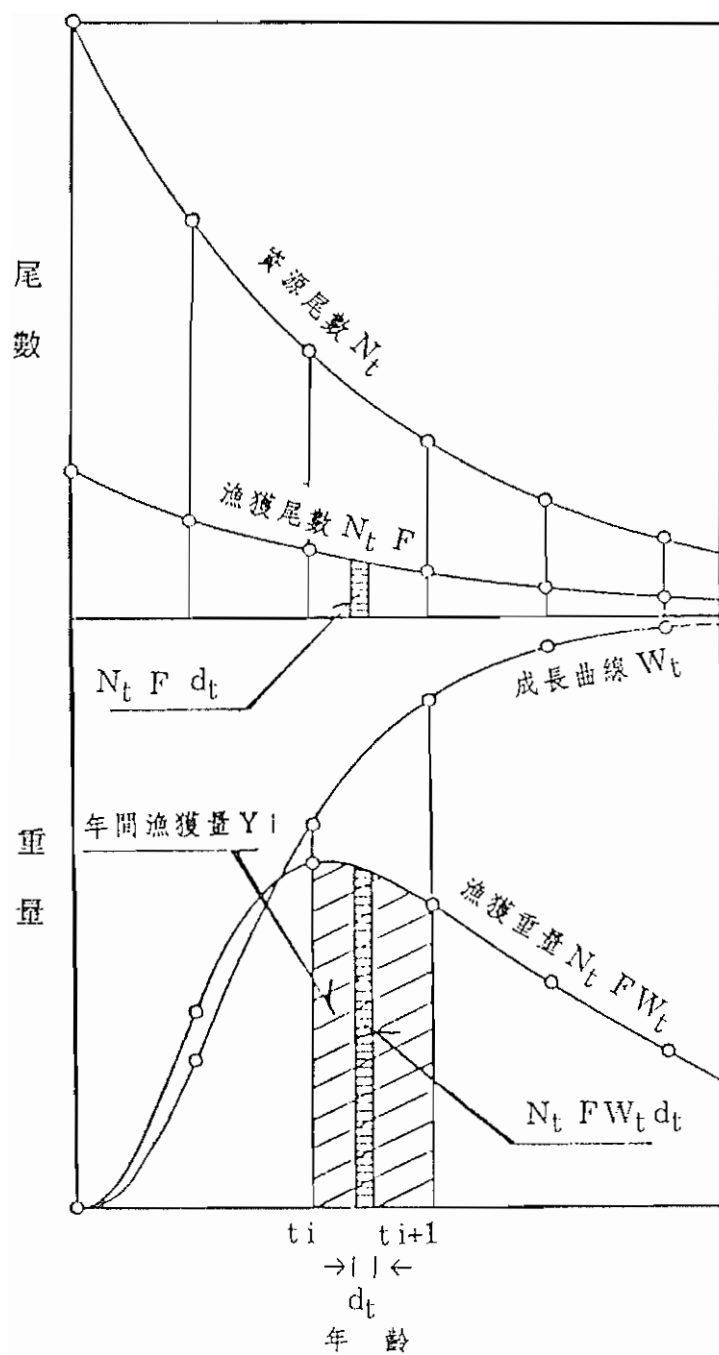
圖七 生物的個體數增加曲線



圖八 增殖(剩餘)部分的持續利用



圖九 剩餘生產量和資源量的關係



圖十 資源尾數及漁獲量隨年齡之變化情形

的期間，個體數尚未減到最少的程度時，漁獲量才能達到最大，如果這時再來捕撈，則可得到最大的漁獲效益。因此，我們捕魚時一方面必需將網目放大，讓小魚有逃生的機會，另一方面也不能讓魚類長到最大極限時再去捕撈，這樣才不致造成資源的浪費。

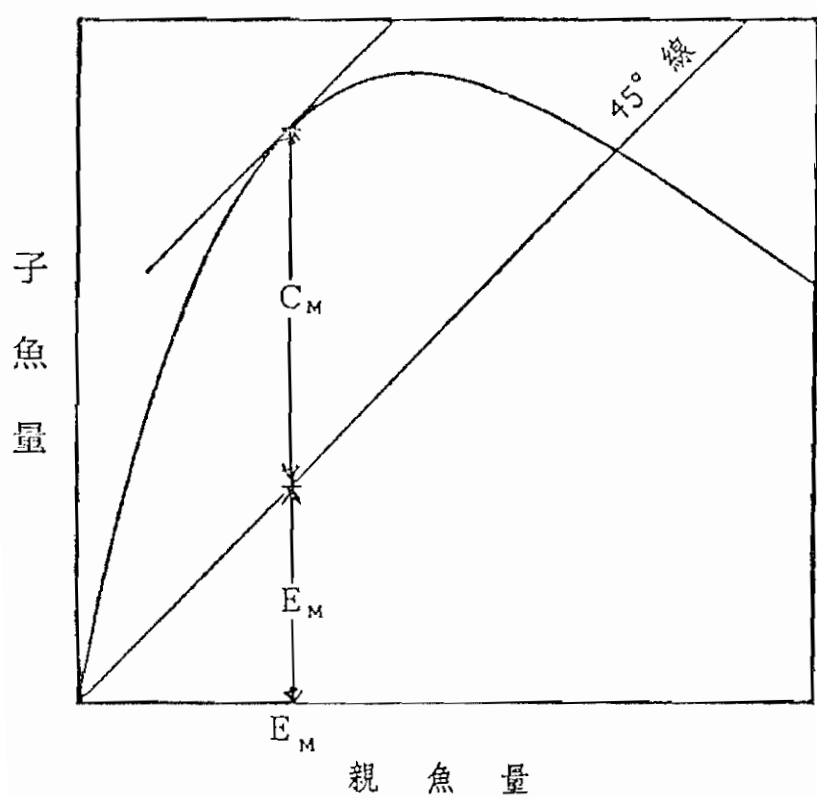
(三) 再生產曲線模式

魚類是一種再生性資源，為了讓漁業資源能夠生生不息，我們在捕魚的同時，必須保留適當數量的母魚，好讓魚類繁殖再生。但是，應該留下多少母魚才是最經濟，這就要看母魚和仔魚之間再生產曲線關係而定。一般魚類的再生產曲線顯示，起初仔魚的數目隨著母魚增加而呈直線增加，但是增加到一定限度之後，受環境收容力及食物競爭的影響，死亡率升高，於是仔魚不增反減，因而造成親世代數目和仔世代數目之間呈拋物線的關係存在(圖十一)。

再生產曲線在溯河性鮭魚資源管理上，應用極為普遍。鮭魚是一種很有規律性的洄游魚類，母魚產卵之後死亡，產下的這些小魚在海洋中大約生活四年之後又會回到原來的河川產卵。因此，今年產卵的親魚和四年之後回來產卵的親魚，就變成親世代和子世代的關係，多年的資料累積下來之後，就可以估計再生產曲線。

利用再生產曲線關係，可以知道應該保留多少親魚而能得到最多的仔世代。例如圖十一中，45°線以上的部分捕撈之後，並不影響資源的再生產量，其中 C_M 是可以捕撈的最大量，稱之為最大持續生產量。而 E_M 就是為了維持最大持續生產量所應保留的親魚量。

以上三個資源管理模式是根據生態學上族群變動的原理所導出的，它提供了魚類資源合理利用的法則。



圖十一 再生產曲線與漁獲量的關係

參考文獻

1. 東京大學公開講座(1978)：魚。東京大學出版會。
2. 田中昌一(1968)：資源研究の理論と實際。日本水産資源保護協會，石崎書店。
3. 川崎健(1985)：魚の資源學。大月書店。
4. 久保伊津男、吉原友吉(1969)：水産資源學。恆星社厚生閣出版。
5. Rocy, W. F. (1972): Introduction to the Fishery Sciences. Academic Press.
6. Cushing, D. H. (1981) : Fisheries Biology - a study in population dynamics. The University of Wisconsin Press.

台灣淡水魚類的生與死

曾晴賢

臺灣大學動物學研究所

一.前言

記得民國七十一年左右，台灣正面臨著福壽螺嚴重危害各種水生農作時，舉國上下都費盡心思的想要找出一個可行的解決辦法。連小朋友的科學實驗作品裡也有非常精彩的心得，可是結論是福壽螺不論是用什麼藥也除不盡，養鴨子也吃不完，螞蟻連碰都不碰，想養魚吃福壽螺，水又太淺魚游不動了。總之是勞民又傷財，對這個小東西毫無辦法。在那之後，政府和一般民眾爲了要保護農作，每年得上數千萬元的經費用農藥來控制福壽螺的增殖。所用的藥不僅有害公共健康，同時也嚴重破壞了整個台灣低地天然水域的自然平衡。許多地方的湖泊和水塘中，原本生存的各種魚蝦、貝類一一的消失了。大家都以為我們戰勝了福壽螺，可是事實是不是這樣呢？這還不是現在就可以看出來結果。

七十四年間，台北市植物園中的一個小荷花池，原來被人放了好一些各式各樣的魚。結果附近有個單位看不順眼池塘的髒和亂，就用農藥來消毒，順道也把毒死的魚清理乾淨。他們蠻以為池塘就此會乾淨些，沒想到一個禮拜之後，池塘中大量滋生蚊子，害的附近所有的機關團體飽受蚊子之害。因為荷花池中可以消滅孑孓的魚不見了。

七十七年起，登革熱大舉侵犯南台灣，消滅病媒蚊的工作似乎又成為舉國上下萬眾一心的工作。結果除了噴噴農藥之外，還想費盡心思的大掃除、清輪胎，企圖控制這種危險疾病病媒蚊的蔓延。在這之中，似乎也有人想過放養淡水魚在一些琉球島上的水塘中，以防治病媒蚊的繁衍。可是他們放的是一些普通的吳郭魚，不知這些魚會不會吃孑孓，也

不知成效如何？他們似乎不問吳郭魚在這缺氧的水中會活嗎？

上述一些從農業、公共衛生到疾病等問題的發生和處置上，處處發現我們對本土生態的漠不關心和不了解，導致碰到重大問題時，想要謀求對策時又常是捉襟見肘，或是放著原生的寶貝不用，僅是求些不實際的方法。不知道是不是以往數十年裡，我們只重視經濟開發而忽略基礎生態研究的結果，還是我們早已將這個脆弱的生態環境破壞了呢？

二.淡水魚的重要性

國人一想到淡水魚的價值，直覺的就會說這種魚可以不可以吃？台灣除了大量養殖各種傳統家魚----草魚、鯪魚、鰱魚、鯉魚、鯽魚等等之外，又積極開發外來種魚類，如吳郭魚類、虹鱒、香魚、美洲鱸、淡水銀鯧、泰國塘虱魚、泰國鱧等等，對於一些鰻魚、泥鰍、鮰魚、鱔魚等高經濟的魚類養殖，也如雨後春筍般的興起。其中最明顯的例子是白鰻養殖，二、三十年來的興盛，帶給台灣養殖業一片欣欣向榮的景象。

臨溪或湖畔垂釣，對一般人而言，這是一項極普遍的休閒娛樂。據非正式的估計，台灣約有一百萬以上的釣魚人口，這話一點也不假，不信的話你去問問滿街都是的釣魚具行，他們靠什麼過活？在本島裡，至少有二十餘種常見的垂釣性魚類，除了外來種的吳郭魚之外，如平頰鱮、粗首鱮、台灣馬口魚、台灣石鱮、台灣鱧頭魚、唇魚骨、鱖條、紅鰭魚白魚、魚白魚、扁圓吻鰻、脂鰻等等。不僅魚種數量多，其中還不乏大型魚類呢！

近年來台灣興起養殖觀賞魚的風氣，只要是外國近口的，不管多難看、多難照顧、多花錢，闊爺們就是喜歡。君不知台灣也有一完全符合這些條件的魚，唯一不同的是他們是MIT (made in Taiwan)，沒搭過飛機，所以就沒人要。其實臺灣也有人出口土生魚到國外去，這些台灣貨反而受洋人喜歡，豈不怪哉！在台灣土生魚類之中，如褐吻鰻虎、

極樂吻鰕虎、革條副鱗、鱖、平頰鰕、粗首鰕、菊池氏細鯽、蓋斑鬥魚、沙鰕、台灣石鰕等等，都是一等一的好觀賞魚呢！

淡水魚除了上面這些價值之外，或許有一項大家最感興趣的就是可以用來做藥進補了。如鯽可明目，鰕補寒、補血，蛇鰕除風濕補筋骨。總之是多吃魚治百病、補全身，吃了娃娃魚連功力都增加了一甲子，真神啊！是不是？只要是藥用或進補的，就是愈稀有愈好，愈貴愈有效。一斤鱸鰕上千元、大蛇鰕則上萬元。雖然說這些魚類自古就被視做重要的中藥材，但是其價值和花費未必相當。

其實淡水魚類的價值，並不只是像前面所說的可以食用、娛樂觀賞或藥用而已。它們在另一些方面所扮演的重要性可能會遠超過這些。譬如全世界最著名的蚊蟲防治生物是食蚊魚----也就是常見的大肚魚。早在日據時代，日本人引進此魚到台灣之初，除了先在水產試驗單位大量培養魚苗之外，更責令家家戶戶要細心的照顧所分配到的魚苗。以這樣大力的推廣，在短短數年之間，將食蚊魚傳播到全省各地。對於當時的瘧疾防治而言，食蚊魚的貢獻也不小。如今本省南部流行登革熱，主要也是蚊蟲傳染。可是這些病媒蚊的幼蟲都居住在水不流通的地方，這種環境裡溶氧量較低，一般的魚類不容易存活。目前在台灣土生的魚類裡，只有蓋斑鬥魚和三星攀鱸可以在低溶氧的混濁水域中生存。而且這二種魚最善吃孑孓等蚊蟲，可以說是最佳的防治生物了。原本台灣西部沿海各地均盛產蓋斑鬥魚，只可惜近年來因農藥的濫用，在一般的地方已經不能再發現這種魚類了。如果能再以人工養殖的方式大量繁殖及推廣蓋斑鬥魚，相信對於防治登革熱一定有益處。

原本在各地的湖泊或河川裡，有各種嗜食昆蟲的魚類，平常均可大量的攝食昆蟲，這其中包括了極多數量的公共衛生害蟲。如果魚類數量減少了，昆蟲繁生的速度就會毫無限制，屆時對於環境即有嚴重的影響。近年來，台灣各水域的魚類種類和數量均有急劇減少的現象，相信這也是環境惡化的原因之一。

三.台灣魚類的生與死

魚類對於環境變化的反應至為敏感，環境是好是壞，常常可以由魚類的種類和數量上的變化看出來。因為有的魚類只能生活在清澈高溶氧的低溫溪流裡，例如台灣鱒只能生活在水溫低於17℃的溪流裡。像大甲溪上游各地因森林大量砍伐之後，高山溪流直接受日光照射，同時又流經沒有林木覆蓋的溪床，水溫提高的速度太快了，使得適合於鱒魚棲息的河段愈來愈短。這也是間接加速這種魚類滅絕的原因之一。

不僅高山溪流有這樣劇烈的變化，就連平地溪流的環境都改變了。以台北市附近的淡水河及新店溪為例，幾十年前中正橋附近舟帆點點，魚蝦不可勝數，如今垂釣客杳如，連遊客都避之為恐不及，因為河川已受到嚴重汙染。許多魚蝦無法再生存其間，惟有像吳郭魚一類耐汙染的魚類還勉強可以忍受的活在這裡。由七十五年經濟部水資會的調查資料顯示，從華中橋以下，吳郭魚的數量就佔了百分之九十以上。雖然這裡的魚也可以長的相當大，但是一般居民都因為這些魚有油土味而不敢食用。

從華江橋以下到社子的這一段淡水河，和中山橋以下的基隆河，在一般的低水位季節，幾乎都成了墨水河，魚蝦絕跡。這一段河域很不幸的又是河海洄游性魚類來往必經之地，如今這裡又髒又臭，魚類游不過去只好回頭了。所以以往本河上游各溪流所盛產的各種鰻魚、香魚、大眼海鰱、塘鱧、日本禿頭鯊、湯鯉和鱸魚等等都一下子消聲匿跡了。

說起來台灣的釣魚客和一般民眾對於河川生態的品質要求不高，只要有魚上鉤就很高興的說這條河川很棒了，卻不在乎是否只是釣到吳郭魚或溪哥等一、二種魚而已。可是讓我們從以往各地河川的魚類分佈紀錄裡，看看各地原有些什麼種類的魚？問問看這些河川是不是只有一、二魚而已。據筆者的統計，淡水河流域的純淡水性魚類約有44種以上，加上洄游性魚類則應超過70種以上。大肚河流域之純淡水性魚類也至少

有32種以上，連東部卑南、秀姑巒溪等原生魚類不算多的地方都有12種以上的純淡水性魚類。如果我們連一些偶爾也會溯河而上的河口性半淡鹹水區的廣鹽性魚都計算在內，則一般河川中最起碼的魚類種數應有30--40種以上。可是現在一般的人都很難在一個地方裡，能看到超過十種以上不同的魚類。這表示目前河川中的魚類種歧異度已經很低了，換言之，河川環境已經不像以往那樣好，可以讓很多不同種的魚類活在一起。

(一)台灣淡水魚類的分佈狀況

除了一些我們尚不十分清楚其分佈狀況的鰕虎科魚類之外，我們將台灣產的13科57種原生純淡水性魚類(尚不包含其他12種同種異名或不確定者)的分佈狀況表示出「表一」。從這一個表上面，可以看出台灣淡水魚類的分佈區系模式。有十種魚分佈在北部，其中大眼華魚、台灣細魚、橙色黃鰱魚、紅魚、棘鰕等五種，只分佈於淡水河系。中部地區(大安溪、大甲溪、大肚溪和濁水溪系)也有特有的種類，如台灣鱒、台灣魚、陳氏鰕鮐、台灣白魚等。南部地區(曾文溪和高屏溪水系)的特有種類有中間鰕鮐。東部地區(花蓮溪、秀姑巒溪和卑南溪水系)則有台東間爬岩鰕和菊池氏細鯽是特有種。除了這些分佈較狹隘的種類之外，也有一些種類的分佈只在北、中、南、東等四區中的二個或三個區。例如高身鏟頰魚和何氏棘魚只分佈在南部和東部，台灣纓口鰕只見於北、中二區，埔里中華爬岩鰕則只分佈在中、南部。當然也有一些種類是廣泛分佈的，例如台灣鏟頰魚是全省各河川上游均可見到的種類。在各低地或平原區則有更多常見而且分佈廣泛的種類，如高體魚、革條副鱗、泥鰕、羅漢魚、鯽魚等等。從這些魚類分佈的分析結果，大致可以看出來，凡是分佈範圍愈小的種類，愈可能是本島特有種，而且大部份都是棲息於河川中、上游，或是非沿海平原區。這些山區裡的溪流或小湖泊，原本是最具多樣化的生態環境。然而這些水域也是最容易受到破壞的

表一: Distribution of freshwater fishes of Taiwan, Species are rearranged according to the range of their distribution. Solid circles represent presence of the species.

	Lanyang R. 蘭陽河	Tamsui R. 淡水河	Toukieu R. 頭寮河	Houlong R. 後龍河	Tsuan R. 大安河	Tachia R. 大甲河	Tadu R. 大肚河	Chushui R. 鹿港溪	Tsengwen R. 曾文溪	Kaoping R. 高屏溪	Pinan R. 平南河	Hsukutuan R. 蘇澳溪	Hualien R. 花蓮溪	Liu R. 立霧溪
<i>Distoechodon compressus</i> 圓吻鰱	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Sinibrama macrops</i> 大眼平鰱	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Rasbora formosae</i> 台灣鰱魚	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pseudobagrus aurantiacus</i> 橙鰐魚	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Leiobagrus reinii</i> 紅鰐魚	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Macrogathus aculeatus</i> 鰐魚	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Leiocassis truncatus</i> 截尾鰐魚	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Macrogathus kobayashii</i> 小刺鰐魚	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Abbottina brevirostris</i> 短吻鰐魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pseudobagrus tenuis</i> 長鰐魚	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Oncorhynchus masou formosanus</i> 台灣鱒	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Hemibarbus labeo</i> 唇鰱	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Gnathopogonijima</i> 似長氏鰐魚	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Leiocassis carasilabris</i> 斑鰐魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Capoeta snideri</i> 史氏凡鰐魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Leiocassis brevianalis</i> 日月鰐魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Leiobagrus formosanus</i> 台灣鰐魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Gobiobotia cheni</i> 陳氏鰐魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Paraschanna mooltrechti</i> 台灣魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Leiobagrus nantoeensis</i> 南澳鰐魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Channa asiatica</i> 七星鰐魚	—	●	●	●	●	●	●	●	—	—	—	—	—	—
<i>Leiocassis taiwanensis</i> 台灣鰐魚	—	●	●	●	●	●	●	●	—	—	—	—	—	—
<i>Crossostoma lacustre</i> 台灣楊口鰐魚	—	●	●	●	●	●	●	●	—	—	—	—	—	—
<i>Leiocassis adiposalis</i> 鰐魚	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Erythroculter ilishaeformis</i> 鰐魚	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Rasbora lineatus</i> 扁鰐魚	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Oryzias latipes</i> 鰐魚	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i> 黑鰐魚	—	●	●	●	●	●	●	●	—	—	—	—	—	—
<i>Candidia barbata</i> 台灣口鰐魚	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Zacco platypus</i> 平鰐魚	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Zacco pachycephalus</i> 粗鰐魚	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Cobitis taenia</i> 沙鰐魚	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Clarias fuscus</i> 塘鰐魚	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Parasilurus asotus</i> 鰐魚	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Macropodus opercularis</i> 藍鰐魚	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Fluta alta</i> 黃鰐魚	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Channa maculata</i> 鰐魚	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Channa gachua</i> 寬鰐魚	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Acerosochilus paradoxus</i> 台灣石鰐魚	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Hemimyzon formosanus</i> 台灣鰐魚	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Hemiculter leuciscus</i> 鰐魚	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Culter erythropterus</i> 紅鰐魚	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Capoeta semifasciata</i> 紅鰐魚	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Sinogastromyzon pulliensis</i> 埔里鰐魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Gobiobotia intermedia</i> 中間鰐魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Trichogaster trichopterus</i> 三鰐魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Barbodes hollandi</i> 何氏鰐魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Varicorhinus alticorpus</i> 扁鰐魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Hemimyzon taitungensis</i> 台東鰐魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Aphyocypris kikuchii</i> 苗氏鰐魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Rhodeus ovalis</i> 扁鰐魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Paracheilognathus himantegus</i> 草鰐魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> 鰐魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Misgurnus dabryanus</i> 大鰐魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pseudorasbora parva</i> 鰐魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Carassius auratus</i> 鰐魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Vandorhinus barbatulus</i> 鰐魚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

地方，因此這些特有的種類所面臨的壓力也最大。就如同大家最熟知的台灣鱒(櫻花鉤吻鮭)，由於大甲溪上游的森林遭受嚴重的砍伐，河畔山地濫墾及施用過量的農藥(殺蟲劑和除草劑)和肥料，使得河川的水溫提高到鱒魚無法忍受，水質也變差了，而且大量的農藥也殺死了魚和其賴以維生的食物。更有甚者，有的人為求滿足口腹之慾，或是虛榮心作祟，大量電捕、藥毒或釣取這種珍貴魚類。甚至有國外的仰慕者，為了收藏標本及一睹這種世界罕有的珍貴生物，千辛萬苦的來到台灣。除了自己用釣、用網之外，更用錢雇請本地人電捕大量的台灣鱒。他們尚且以能夠獲得這種魚而大肆吹噓，這未免將我們愛護天然生物財產的面子踩在地上羞辱大了。台灣鱒的例子或許因為太有名了，我們政府在這幾年之間也的確花了很大的心力來保護它，它才免於立即滅絕的危機。然而它目前生存的壓力一點也沒減輕，我們想要保住這種稀世珍寶，非得更加努力不可。

除了台灣鱒之外，本島尚有許多珍貴稀有的淡水魚，有的可能早已滅絕，有的可能因為分佈範圍太小了，我們至今還無法再發現其蹤跡。例如1920年發現的中台鯪，目前只有在博物館中看到其標本。原本分佈在台北、桃園和新竹一帶尚稱普遍的棘鯪，只有在一些大學的標本館中看到過。連早年在本省各地都非常普遍的青魚將魚，在近十幾年來從未被發現過。這種毫不起眼的小魚和引進種大肚魚的棲息環境非常相似，它很可能是在競爭中被淘汰了。或許有人會說，這種小魚縱使絕種了，對我們又有什麼損失呢？就我個人所知，起碼已有十幾個國內外的學者專家，在這幾年裡，或寫信來請求幫忙，或自己親自來台灣找尋這種魚，可惜均毫無所獲。這種小魚不僅是分類學家、生態學家和實驗動物學家所想要的最佳實驗材料，更連分子生物學家、遺傳工程學家和放射線(輻射)生物學家都積極想找它做為實驗材料。沒有了這種魚，可能使得所有的實驗進度因而為之延緩。更著名的種類像是香魚(俗稱魚架魚)，大家也許以為目前北部一些河川、水庫中又有一些新近恢復的族羣了。對

於以往這種魚類的滅絕，並無覺得有何遺憾之處。事實上，臺灣原生種的香魚和日本種香魚有所不同。由目前存在博物館的原生種香魚標本看來，它似乎可以長的比日本種更大、更快。我們自己不懂得保存原生的珍貴品種，現在卻反過頭來向別人要一些並不是更好的品種，再千辛萬苦的想讓它繁衍下去。也許這個事實正是我們忽視自己所原擁有的，任它凋零謝去之後，再自食惡果的最佳例証吧！另外一個大家熟知的日月潭名產——曲腰魚，可能也是一個足以讓我們深深反省的例子。這種俗稱總統魚的原生種魚類，在日月潭原始的水域裡，算的上是湖泊生態體系中的高級消費者。近十年來在日月潭中曾經完全絕跡過，然而當地漁會雖曾陸續放流一些別地引進的魚苗，可惜都不算成功。這種魚之所以會絕跡，而且重新放流之後仍不能再恢復其族羣數量。可能有幾種因素，其中可能以人們貪食這種有名氣的魚，因而大量且毫無限制的網捕最為嚴重。其次是日月潭引入外來種魚類，諸如草魚、鯪魚、鰱魚和吳郭魚等等，可能掠食一般原生魚的魚苗和魚卵，並且吃食水草、藻類，原生魚類之繁殖場可能因而受到破壞。同時亦因建了水庫之後，斷斷續續的蓄水和排水發電，會使得本湖泊之水位昇昇降降無法穩定，也可能導致魚類產卵場受到破壞及繁殖無法成功。這些問題都有待大家正視之，並設法解決。

許多從事水產養殖業的朋友，曾為了台灣已經不再很容易找到野生泥鰍、塘蝨魚來做種魚而大嘆其苦！許多農政官員也因為市面上不易買到原生淡水魚類的魚苗，而草率的買一些養殖性或可能危害本地河川生態的外來種魚類，任意的放流到各地湖泊、水庫或河川中。從來就沒有人會想想看這樣做會不會發生問題呢？十年前屏東縣政府到小鬼湖放鯉魚，卻不知道該湖有著本省罕見的淡水海綿。去年有人到七彩湖放虹鱒，卻不知道會不會對這個台灣不常見的高山湖泊產生衝擊？連台北市植物園的荷花池，都經常有人提著剛購自南門市場的吳郭魚來放生，其他的地方更不說了。臺北縣新店青潭傍的一個小廟前，每星期都有佛教徒

包乘遊覽車，雇一輛貨車運來滿車的泰國塘虱魚、日本鯽等魚來放生。許多愛魚團體和縣市政府買鯉魚苗到處放還不打緊，更有放流美洲大口鱸的情形，其中以石門水庫較嚴重。各位也許不知道在1958年，南美洲的瓜地馬拉阿蘭提湖也引進這種大口鱸，原本想增加當地原住民的漁獲收入，沒想到幾年之後，連原住民原本賴以為生的小魚產量也銳減，人民反而更沒有魚可吃了。日本人在這幾年也嘗到了放流這種大口鱸，在琵琶湖之後所造成的惡果了。琵琶湖是日本最重要的內陸水域，淡水魚種類繁多，漁產量也高。可是自從放流了大口鱸之後，不僅很多種類瀕於絕滅，漁產量也銳減。日本魚類學家們苦思對策，卻仍然是一愁莫展。如果我們的農政官員不重視這些問題的話，恐怕不出十年，台灣也將是另一個受害的地方。

由於台灣島內多山，海拔500公尺以上的山地面積佔了三分之二以上。每條河川均獨立出海，最長的濁水溪也不過186公里而已。雖然沒有江河巨澤之量，但也得天獨厚的擁有七十餘種原生淡水魚，以及百餘種以上的洄游及河口區魚類。但是目前本省河川環境已遭受到嚴重破壞，可能讓我們無法再驕傲的說，台灣是全世界單位面積裡淡水魚類種數最高的地區之一。甯說中南部一些沒魚的死河，如二仁溪、八掌溪、朴子溪和虎尾溪了。連中、北部的一些河川下游都死了，像是淡水河、北港溪、後龍溪、濁水溪和大肚溪等河川下游，連個魚影子也沒有。以淡水河為例，早年(民國五十年以前)共記錄本流域有42種純淡水性魚類(Tzeng, 1986)，七十~七十五年間經濟部水資會的長期研究調查裡，卻只記錄了25種，大約只有原來的60%左右還存在這裡。南部的高屏溪原記錄也有30種以上，七十四年水資會的調查裡(王，1985)只發現了17種，也只是原記錄之60%左右。同時在該報告另一項魚種組成分析裡指出，吳郭魚在高屏溪下游裡，佔了魚類總數的45%以上。可是在六十一年(鍾，1972)所做的調查報告裡，吳郭魚的數量大約只佔了4%以下。短短十餘年裡，吳郭魚在這個生態體系裡激長了10倍以上。試想其他的弱

勢原生魚類會在幾年之後，被排擠出這個生存空間呢？筆者在新店溪河系的調查記錄裡，也有類似的情形。

在六十九年以前，吳郭魚大致上只分佈在台北市郊的下游河段，而且冬季裡常常會發生因水溫突然變低而被成羣凍斃的情形。七十年時，吳郭魚已常年的分佈在新店溪上游，靠近南北勢溪合流處附近。七十四年，北勢溪上游坪林附近也已經大量出現吳郭魚。翡翠水庫完工後，吳郭魚的數量也一直在增加之中。吳郭魚是公認的最佳養殖性魚類之一，可是在世界各地的淡水河川裡，只要一開始有它的蹤跡出現，惡運馬上降臨那些弱小的原生種魚類身上。吳郭魚之所以能夠成功的成為水域的優勢者，不僅是它們具有口孵卵或護巢護幼的習性，使得族羣的繁衍速度優於其他種類之外，更因為它們的抗汙染能力強，不易生病；什麼食物都吃而不挑食，成長速度又快；同時本身硬棘多而且尖銳，口部細齒利，幾乎拼過天下無敵手。試想這種厲害的侵略者豈是一般土生魚可以抵擋得住的呢？難怪在新店溪下游水域中，吳郭魚已佔了80--95%以上的優勢了。

(二)台灣淡水魚類的危機

總觀以上的河川魚類生態環境的惡化，歸納分析其原因，大致上可分為三大類；

- 1.水資源短缺；本島多高山，許多河川的中上游集水區均係山地，流短而急促。許多地區之季節降雨量變化極大，例如中南部冬季大半是乾旱時期，夏季則常有颱風及雷雨，而有旱澇兩季之分。以往台灣山地森林茂密，保水力極強。縱使有數月未曾下雨，亦因森林蓄水量充足，也可確保下游河川有充沛不斷的水流。反觀近數十年來，台灣高山地區的森林，遭受超限砍伐之後，再也無法涵蓄雨水。雨季帶來的水，往往一下子就流光了。不僅在某些季節造成水災頻

傳，亦常常在另一個時期又有乾河的慘象。也由於水源週年分配不均，造成利用上的不便，政府乃在各地廣建水壩、水庫，以調節用水。如此一來，水庫以下的河段可就慘了。以新店溪為例，近年來常常在天旱的季節裡，上游青潭堰偶爾關了閘門，下游秀朗橋到福和橋一帶，就會因清水稀釋量減少，溶氧量減低，汙染濃度相對提高，一下子就發生魚類大量暴斃的情形(王，1984)。相信住在台北的人，每年都會看到幾次這樣的新聞報導。又如大甲溪沿河的發電廠停止放水發電時，電廠以下的河段頓時「淺」可見底。這時候所有的魚族就全部集中躲到一些較深的潭水裡來。我就曾看到有二個人在這個時候下網捕魚，幾個小時之內就捉到百來斤的溪魚。如果水流能經常維持多一些，相信魚族會有更多地方可以躲，也比較不易被捕捉殆盡。

2. 河川水質嚴重汙染；在全省各河川之中，唯有東部少數河川還較少遭受汙染破壞之外，大部份的河川中、下游均已具有某種程度的汙染，有的地區(如大甲溪)連上游都已遭受嚴重汙染。這些汙染的原因不僅只是工業的(如中港溪、後龍溪、大肚溪、曾文溪、二仁溪、花蓮溪等等)和都市的(新店溪、淡水河、大漢溪、頭前溪、大里溪等等)汙染，連農業上的汙染也頗嚴重(蘭陽溪、冬山河、大甲溪、濁水溪、高屏溪等等)汙染。不只是農藥等急性化學物質所產生的危害，連各種過高濃度有機廢物的大量排放，也會造成河水溶氧不足，水質優養化或水質惡化等等情形，均會使魚類大量死亡，或者無法再生存下去。以高雄愛河在前幾年的整治工作為例，只有清理河川看得見的一小部份，卻無法全盤控制汙染源。難怪最後委託學術單位做養魚試驗時，最耐活的種類竟然是彈塗魚，你可知原因？原來彈塗魚根本就是可以不常住在水裡，而且更喜歡跑到爛泥灘上來躲臭水的魚類，難怪再髒的水也耐何不了它。前幾年，高屏溪下游常有魚類突然大量死亡的情形，差點演變成居民與附近工業區之

間的衝突。後來據調查很可能是較上游地區有人在河中圍籬養鰱，漁民爲了驅除可能吃鰱的魚類，就以施放農藥的方式來消滅雜魚，因而造成了數次魚類大量死亡的情形。

3. 人類無限制的濫捕；到台灣各地的風景名勝地區去玩，經常看到各地小吃店或餐廳裡擺著各種溪魚待售。有的人以爲不吃這些油炸的野生小魚，似乎就不像是到此一遊似的。這些魚類大部份是電捕或是用刺網捉的，而且都是由一些職業漁民經年累月供應的。在前幾年，台灣各地鄉村的早市，也常有村民販售電捕或網捉的溪魚。尤其是一些靠近河川的市鎮，諸如新店、三峽、坪林、竹東、苗栗、卓蘭、東勢、草屯、埔里、竹山、玉井、甲仙、六龜、美濃、旗山、宜蘭和羅東等地特別多。可是好景不常，這幾年來愈來愈不容易看到這類的市集了。筆者在全省各地採集旅行十餘年之間，幾乎每次都會在野外碰到業餘的電魚農民。在本省許多的鄉村中，常常是家家戶戶自備了一套電魚的器具，農戶們一有閒暇就到田溝、河川中捉一些魚蝦來加菜。一些職業捕魚的人更是三三兩兩的在晚上，分組分區的四處圍捕魚類。筆者就曾經碰到一個職業電魚的人，晚上電魚從不開燈，甚至在警察局後面電魚也不曾被捉過，因爲沒有人看得到他。電魚是違法的行爲，報上也常刊載被移送法辦的例子。可是電魚的人到處都有，就連台北市鬧區都在販售大批的電魚器材，難怪河川中的魚族無法長命百歲。

國人對河川魚族之迫害行爲中，最殘酷的當首推毒魚了。任何人都可以很輕易地在鄉間的藥房、農藥店中，買到俗稱白信的氰酸鉀，在水流較緩的河段，或上游水庫停止放流水的時候，將河川澈底洗一遍。在中南部鄉下，經常有村民在春節之前，擇日進行大規模的「洗溪門」。難怪中南部河川中釣魚的人，比起北部要少多了。許多人都以爲一般的野生溪魚比養殖魚類好吃而且更補。其實這都是國人虛榮心和好奇心作祟。養殖魚原本也是野生種，只是前人歷經千百年的經驗和育種挑選，

才培養出的最適合於我們養殖和食用的種類。因此養殖魚自然比起一般的野生魚好吃。如果我們知道這種道理之後，應該更能夠接受不吃一般溪魚的建議吧！

(三)台灣淡水魚類的保育工作

淡水魚保育的工作，在近幾年如雨後春筍般展開，雖然我們都還不完全滿意，但是大家的工作精神和努力的態度都已被接受了。記得七十三年時，筆者就曾提出一些工作構想，如今回顧一下這幾年來的成績和繼續進行中的研究及執行工作，或許可以告訴大家，有那些人為了淡水魚類的保育付出了心力。這些工作構想和各單位執行的工作結果，略述如下：

(1)各溪流魚類的種類，分佈和生態環境調查；分類部份除了台大沈世傑教授等人一直從事多年的臺灣魚類相調查之外，只有中研院動物所張崑雄博士等人做了櫻花鉤吻鮭形態比較解剖和族群遺傳學研究。

分佈和生態環境調查方面的工作較多，其中以經濟部水資會一直在各地河川所做的長期調查，成績最為可觀。他們已發表了數篇淡水河、德基水庫、高屏溪等地的研究報告，成果頗受矚目。臺大林曜松教授等人對於櫻花鉤吻鮭棲地環境、分佈狀況、生態習性，也做了很多年長時間的研究。師大呂光洋教授等人做七家灣溪鯛魚、台灣纓口鰍生態調查。臺大楊平世教授等從事七家灣溪、北勢溪水生昆蟲，魚胃內含物調查。台中縣大林國小詹見平主任做了數年大甲溪及大里溪魚類調查，南投縣瑞峰國中也做了鹿谷鄉清水溝溪生態調查。竹北水試分所也對鯛魚的生態和繁殖做了初步的研究。臺中自然科學博物館汪靜明博士也積極進行本省鯛魚的生態和棲地之研究。其他尚有許多環境評估時所做的調查，對於了解魚類分佈亦有幫助。

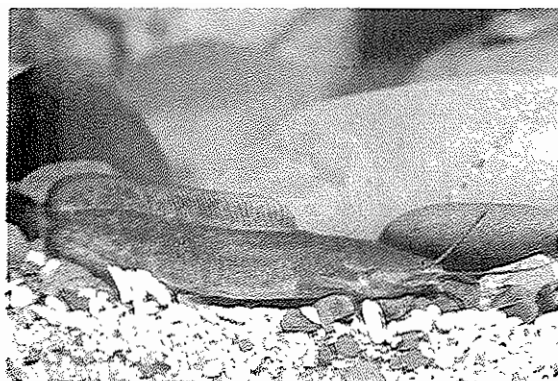
- (2)對台灣特有種及瀕臨絕種魚類的調查；櫻花鉤吻鮭的保育工作進行數年了，除了人工繁殖之部份尚未達到預期目標，以及河川棲地改善、補設魚道等實際工作未能完成之外，其餘的基礎調查和研究均臻完成之階段。其次是政府也已公佈高身鱧頷魚為第二種自然文化資產的淡水魚，保育的工作應該很快的就會展開才對。
- (3)建立完善的漁業法令；前年漁政單位討論修正漁業法，可惜沒加以考慮淡水魚類的保護法令。相形之下，一些縣市、鄉鎮的基層單位所訂的區域性規定，反而更有積極性和實際的效益。
- (4)建立河川生態保護區；九年前，國內開始了第一件河川生態保育區之籌設工作，促使了全省類似團體的紛紛成立。這個草創的南投縣鹿谷鄉清水溝溪河川魚蝦生態保育區榮生會，也千辛萬苦的在今年年初正式成立了。其他尚有台中縣山城生態環境協會，台北縣愛魚協會等等，都陸續的成立，並有相當活躍的表現。
- (5)魚類放流；近年來，各地縣市政府和民間團體積極的放流魚類，除了放流香魚、鰻魚之外，也放流一些養殖性魚類。可惜尚無法利用原生種魚類進行繁養殖及魚苗放流，實有美中不足之憾！
- (6)保育觀念教育及推廣；諸如林務局、台北縣福和國中、台中縣大林國小等等單位，分別辦理全國性溪流生態保育研討會，中小學自然科教師魚類生態研習會等工作，對於紮根的教育和推廣工作，均有實際的效果。

除了以上所述說的工作項目及介紹的實例之外，尚有許多積極的研究工作和保護工作在進行，實無法一一列舉。本文除了提出一些淡水魚類保育的重要性，現存的各種問題，以及簡介我們目前在從事的一些研究和保育工作之外，更深切的期許全體淡水河川生態的研究學者及保育工作者，能更密切的聯繫和合作，共同為僅存的一絲魚類生存空間而努力。

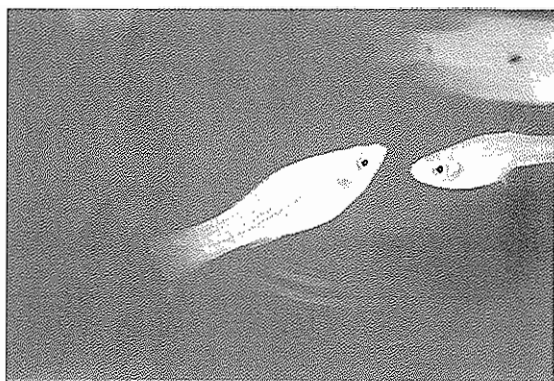
參考文獻

- 王漢泉 1982 淡水河流域魚種分佈調查.中國水產,357:7-16.
- 王漢泉 1983 淡水河流域魚種分佈與水質關係之初步研究.中國水產,372:25-34.
- 王漢泉 1984 新店溪秀朗橋魚類死亡原因之探討.中國水產,377:6-12.
- 呂光洋 汪靜明 1987 武陵農場河域之原產魚類生態之初步研究.農委會76年生態研究第010號,58頁.
- 汪靜明 1989 臺灣農業化高山溪流之環境品質及其魚類羣生態學之研究.美國愛荷華州立大學博士論文,138頁.(英文及中文摘要)
- 林曜松 楊平世 梁世雄 曹先紹 莊鈴川 1988 櫻花鉤吻鮭生態之研究.(一)魚羣分布與環境因子關係之初步研究.農委會77年生態研究第023號,66頁.
- 林曜松 1988 淡水魚資源的保育與利用.1988 自然資源保育研討會專刊,:177-186.
- 林曜松 曹先紹 張崑雄 楊平世 1988 櫻花鉤吻鮭生態之研究.(二)族群分布與環境因子間關係之研究.農委會77年生態研究第012號,101頁.
- 林曜松 曹先紹 張崑雄 1989 櫻花鉤吻鮭之生殖生態與行為研究.農委會78年生態研究第8號,18頁.
- 林曜松 曹先紹 張崑雄 1989 櫻花鉤吻鮭的生態與保育.臺灣大學動物學系生態研究室印行,20頁.
- 陳兼善 1986 臺灣脊椎動物誌(上.中冊).臺灣商務印書館印行,1092頁(于名振增訂)
- 張明雄 1989 有勝溪臺灣纓口鰍之生態研究.臺灣師範大學生物研究所碩士論文,77頁.

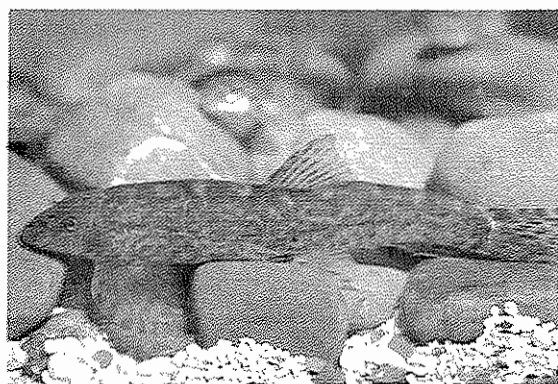
- 曾晴賢 1986 臺灣淡水魚的分佈.省立博物館半年刊,39(2):127-146.
(英文及中文摘要)
- 曾晴賢 1986 臺灣的淡水魚類.臺灣省教育廳出版,198頁
- 曹先紹 1988 武陵農場櫻花鉤吻鮭族羣分布與環境因子間關係之研究.
臺灣大學動物學研究所碩士論文,44頁.
- 經濟部水資會 1986 大甲溪德基水庫魚蝦類初步調查報告.25-資-03:12
頁.
- 詹見平 1988 大甲溪魚類調查.94頁.(未出版)
- 詹見平 1989 石岡水壩生態初步調查報告.73頁.(未出版)
- 詹見平 1989 大甲溪生態初步調查報告.40頁.(未出版)
- 詹見平 1988 大甲溪賞魚指南.台電環保處印行,58頁.
- 鍾郡祥 1972 台灣下淡水溪魚類之研究.師大生物學報,7:78-94.
(其餘有關淡水魚類參考文獻目錄,請參考林曜松 1987 臺灣野生動物文
獻目錄.農委會76年生態研究第002號,:36-42.)



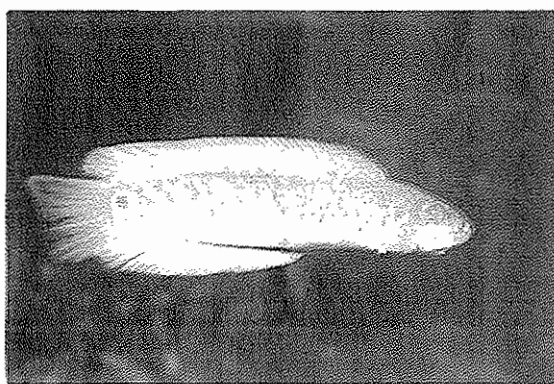
圖一 塘鰻魚



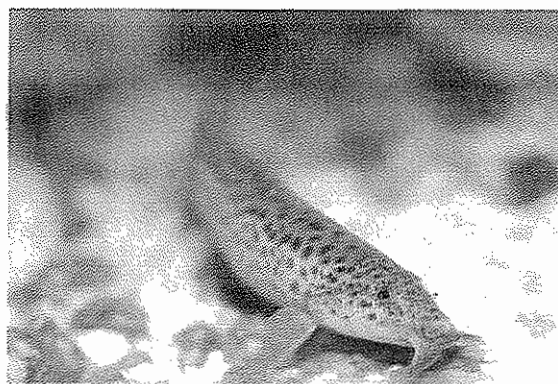
圖二 立帆摩利



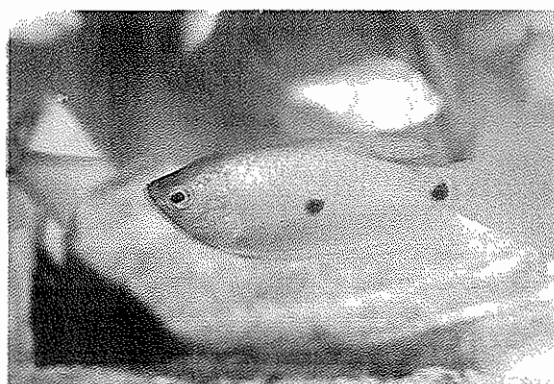
圖三 台灣纓口鰍



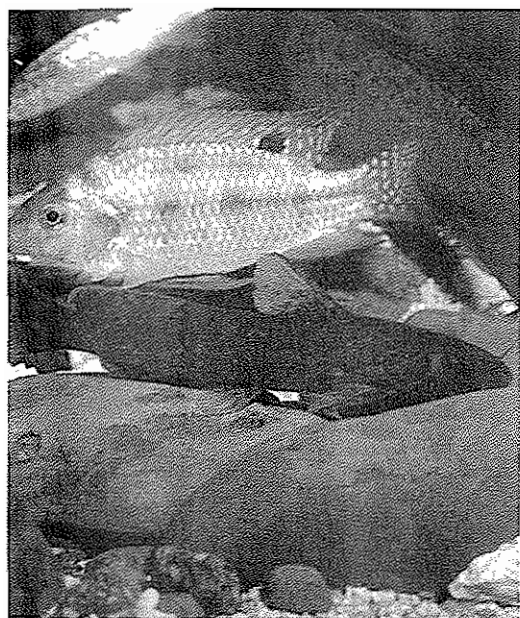
圖四 七星鱧



圖五 泥鰍



圖六 三星攀鱧



圖七 吉利慈鯛



圖八 鱸 鰻



圖九 粗首鰱



圖十 日本禿頭鰻

集水區經營治理與淡水魚類之棲息和生存

李三畏 農委會保育科科长

一、前言

集水區為河川某定點（地點）以上地區地表水匯集之地形單元；一般以山嶺（脊）為界。它是一個水文單元。亦屬各種資源的蘊藏所在；生物及非生物資源分佈其間。因此若從資源之觀點而言，集水區亦可謂一個社會—經濟，物理生物與社會行政之組合體。也是一個以人為中心之環境單元。每一個集水區，雖因其地理區位之不同；其資源之種類及分佈，環境因子或有所不同與差異，但基本上均屬類同。河川位於集水區之低窪地區，承接集水區各地之地表水與滲透水形成水流，並傳送水流至下游地區，甚至傳送至海洋。淡水魚類生存在各河川水流中，藉著河川中之水域生存及繁衍。因此在集水區內發生之自然或人為之事件，其所產生之結果，均直接或間接的影響河川之型態(Morphology)及水流中之生態系(Ecosystem)；影響河川中淡水魚類之生存或繁衍。集水區內之崩坍地，無論是自然發生或因人為開發所引發者；其所產生之大量泥沙游積河道，改變河川之型態；深潭變沙洲，平直河道變成彎曲河道，平坦的河床變陡，甚至崩落砂石堵塞原河道，形成天然湖泊或逼使河川改道等。泥砂及冲刷之土壤流入水流中，使河水變混濁，增加水流中之有機質及化學物質，改變原有之水質，甚至造成水質之污染；細泥沉積河床，改變水中生物之棲息場所及生活環境，改變或影響其生活與生存等，均屬影響淡水魚類生活及生存之因素。而人類開發利用集水區內之各種資源，有加速集水區之改變，加重集水區影響河川型態與水中生態

系之作用。因此集水區之經營治理對於淡水魚類之棲息與生存有密切之關連。

二、集水區經營治理目標

集水區既為一社會、經濟、物理生物與社會行政之組合體，其經營治理計劃仍以各項資源之有效利用為其前題。但各項資源之開發利用常有相互衝突妨礙之現象；森林資源開發利用，農牧用地之開闢與利用、礦產之開採、道路與建築用地之開闢，觀光遊憩事業之開發等等與水土資源之保育，生態系統與文化資產之保育等，均有所衝突或抵觸，但其衝突程度之大小輕重，則與其經營治理目標，週詳之規劃及良好之施工與維護有所關連。因此經營治理目標之訂定，誠屬重要。必須參照當時之社會經濟環境、行政、法規及鄰近地區之相關子詳加研究；再衡量今後之開發及國家社會需求研定具有前瞻性之目標。致每一地區或國家所研定之集水區經營治理目標常不一致；或以環境與資源保育為重，或以資源開發為重。台灣地區集水區經營治理目標，可概括為下列諸點：

1. 水土資源保育。減少土壤沖刷。增進水源涵養及保護水質之功能。維護土地資源使能永續利用。
2. 維護水源及改進水質，增進水資源可利用效率。
3. 調節水流，降低洪峰流量，減少洪水災害。
4. 減少泥沙之直接或間接性災害。
5. 適度維護自然環境與生態體系，防止過度之破壞。

台灣地區大部份自然資源分佈在河川上游集水區。全島三分之二土地屬山地。一百五十餘萬國有林地分佈在各大小河川上游集水區；礦產資源均蘊藏在山區；一百九十多種野生動物（文建會，1985）在其間棲息活動。而從水資源之觀點，河川上游集水區屬於重要水源地區。台灣

之降雨量雖屬充沛，但其在時間及空間之分佈，並不儘理想；夏季雨季雨量太多，形成洪水流失，冬季長期不下雨，河川中之水流大幅減少或枯竭，用水困難。冬季乾旱期間之用水有賴水庫之調節供應，以及增進集水區水源涵養功效，增加旱季河川中水流之水量來供應。故集水區經營治理水源涵養功效之提昇，防止土壤沖蝕及水質污染之良否，直接影響台灣地區水資源之運用。

由於社會經濟環境之演變，台灣地區集水區經營治理亦隨著改變。台灣光復至民國五十年中期，集水區資源之開發利用著重在木材生產農耕利用為主體。水土資源保育尚未受到應有之重視。五十年代中期以後至七十年代初期，台灣之經濟情況好轉，人口日增，道路等公共建設及礦產資源及土地資源之開發利用日益增加。其所導致的直接或間接災害；洪水及泥砂災，水污染公害日益顯著，引起國人之關心與重視，保育問題遂日益受到重視。木材生產受到限制，水土保持加速推行。治山防洪及水庫集水區治理計劃相繼推行。但自然生態之保護尚未受到十分重視。七十年代以後，國人環保及自然保育觀念逐漸提昇；生態環境及動植物資源之保育普受重視。集水區經營治理之領域由水土資源保育延伸至自然生態及環境資源之保育。

三、集水區經營治理特性

(一) 區位特性：

各集水區由於其區位不同，各有其不同之自然環境，致在經營治理上，均具有不同的方針與方法。高緯度冰雪長年覆蓋之集水區，與熱帶，亞熱帶地區之集水區，其經營治理方式自屬不同。乾旱地區與高溫多雨，洪氾頻繁地區之經營治理目標自屬不同。乾旱地區以蓄水防旱為主；洪氾地區當以防止土壤沖蝕及防洪為主要目的。

(二)社會經濟性：

各集水區因其所在地或國家之不同，具有其社會經濟之特性，進而影響其經營治理之方針。一個已開發之國家，其經濟發展已到適當程度，如歐美國家；其社會形態已漸趨穩定，保觀念逐日加深。而落後國家；如部份非洲國家；國力貧窮，國人生活艱困，為求溫飽，對於資源，環境之保育觀念自屬淡薄。二者對於集水區經營治理之方針自有所差異。再者，資源豐富，地廣人稀的國家，如美國；與資源缺乏，地小人稠的國家，如日本與我國；亦有相當之差別。如美國之集水區經營，因其地大物博；可以沖蝕之防治，洪水調節或森林經營等單項目的為目標，實施其經營治理。但台灣地區，地小人稠；其集水區之經營治理，必須以整體資源之保育利用加以衡量。

(三)時間之特性：

集水區經營治理方針需隨著社會之演進而有所改進。台灣地區在光復初期至民國五十年代中期，集水區之經營方針，以森林資源與土地資源之開發利用為主；水土資源之保育，並未受到應有之重視。五十年代中期以後，由於經濟繁榮，人口劇增；道路等公共建設，礦產及建築用地之開發，蓬勃發展；不當的開發導致直接崩坍災害，洪水及水污染等災情日益加劇，引起國人之注意與關心。保育呼聲日益增高；開發利用活動受到限制，治理工作加速推行，各項中長期治山防洪計劃，遂於此一時期中誕生。七十年代以後，國家經濟迅速繁榮，國民所得的提高，國民生活品質提昇；對於生態體系，環境及自然資源保育之觀念普遍提昇。集水區經營治理範圍，遂需延伸至自然資源及環境之保育。再者，以往大家把集水區當做一個固定的無機體看待，以固定方式與方法加以經營治理。但近年來，由於集水區內之各項開發活動，受到經濟繁榮及國際化，自由化之衝擊，其變化甚為快速，如土地利用之變化；不能再

以固定的無機體加以處理。必須將它視為一活動的有機體（山口，1982）加以對待，才能符合經營治理之需求。

四、集水區經營治理問題

各集水區經營治理問題；各因其自然環境，法規制度，人文社會及經濟背景之不同而有所差異。台灣地區因受到自然環境及人為資源開發之雙重壓力，集水區之經營治理倍感吃力。較諸歐美各國，其工作更為繁雜而吃重。

（一）自然環境易導致大量土壤沖蝕

台灣地區之集水區，由於其地勢陡峻，地質脆弱，地震頻繁，以及颱風豪雨之侵襲，土壤沖蝕及自然崩山甚為嚴重，依據以往之調查資料，台灣集水區之崩山有7810處之多，崩坍面積達一萬多公頃（Lee, 1981）。再依據各水庫歷年游砂調查資料之推估，每平方公尺每年土壤沖失量約為8.68公厘（如表1）。約為美國容許沖蝕量0.35~0.86公厘高出十倍以上；較諸中非之0.7公厘（Hudson, 1981）亦高出甚多。尚且降雨強度大，最多日雨量可達1300公厘，最大降雨強度每小時可達170公厘（李三畏，1985），百分之五十六以上之降雨量迅速流入海洋，水資源之運用上，極為不利。

（二）人為資源開發利用導致土壤沖蝕

集水區內資源開發行為，伴隨著經濟發展與人口增加之壓力，日益增多；開發種類愈來愈多，其破壞之範圍亦愈來愈廣。早期人類為能源供應，建築材料及糧食需要；在集水區內從事伐木，農耕、畜牧及狩獵活動；後期因各公共建設，礦產開發，建築用地開發，觀光遊憩及生活之興趣；從事開闢道路，開山整地，社區房舍建築及過度狩獵活動。

表1・水庫集水區沖蝕量比較表

各稱	集水區面積 (平方公里)	平均年比淤砂量 (立方公尺 / 平方公里)	沖蝕深度 (公厘)	觀測資料年限 年 月 年 月
石門水庫	763.4	2,773.1	2.77	民國52.5~76.11
曾文水庫	481	7,830.4	7.83	63.5~76.12
霧社水庫	204.8	5,936.6	5.93	44.12~77.2
阿公店水庫	31.87	13,350	13.40	42.~60.
白河水庫	26.6	14,882	14.90	54.~73.8
烏山頭水庫	60	26,660	26.66	19.~73.12
明德水庫	61.08	4,118	4.12	59.6~64.6
日月潭水庫	333.8	521.8	0.52	23.~73.5
德基水庫	582.35	1,970.6	1.99	62.9~76.11
合計			78.12	

水庫集水區推估年平均沖蝕深度為 $78.01/9=8.68$ 公厘

早期之開發活動種類少，範圍有限，所衍生問題以土壤沖蝕及部份景觀之破壞為主。後期之開發活動，除加劇早期之土壤沖蝕及自然景觀之破壞外，擴大破壞面，導致水質污染，並大幅破壞自然生態體系，危害野生動植物資源之生存。如不及時加以導正及保護，將使自然資源步向滅亡之道；不久之將來，人類之生存亦將遭受嚴重的威脅。

(三) 水土資源管理繁複

集水區內之破壞行為不易防止及制止，使經營治理效果不彰。由於近二十數年來社會經濟結構之迅速轉變，原有法令與制度、組織人力以及一般社會大眾之觀念無法因應其變化，以及公益與私利未能協調，使管理作業未能順利推行，達成預期目標。如水土資源分別開發利用，彼此無法兼顧而難達整體資源開發利用目標；水庫開發利用成效，常受其集水區內土地開發所造成之土壤沖蝕，泥沙淤積及水污染等之影響。水土資源管理機關不同，相互職責不同、聯繫協調不足，使管理作業無法相互配合。法規繁多，相關法規二十～三十種之多，規定不一，手續繁雜，執行不易，且常發生困擾。再加以缺乏完善之維護計劃及工作。使治理工程無法達成其預期效果。形成建設投資之浪費。

五、森林經營與水土資源

森林除生產木材等林產物之外，良好之森林覆蓋，可發揮水源涵養，調節地表亂流，降低洪峰流量，穩定河川枯水期之流量，減少土壤沖蝕，保護水源水質。不但可使淡水魚類之棲息地獲得保障，且供應良好之河水，使魚類得以生存及繁衍。一旦集水區內森林遭受破壞；土壤沖蝕所產生之大量泥沙，將淤積於河床，或改變魚類棲息地，或使河川中水流流量變化不定，洪水時期洪流滾滾，水質混濁，枯水期河床乾枯。影響魚類之生活及繁衍。

(一) 森林與集水區水源涵養

集水區之森林具有水源涵養之功效，森林之生態結構可減低豪雨時之洪峰流量，增加地下水補注量等等之功效，穩定枯水期河川之基流量。

1. 樹冠之截留，森林之樹冠使降雨降雪直接降落地面，落入河川及湖泊中量減少，延緩降水直接到達地表之時間。其截留量與林木樹種，降雨強度，降雨延時以及一次總降雨量有所關連。換言之，樹冠截留量，與各地之地理環境與森林中林木樹種有關。各國及各地區之森林截留量各有不同；一般而言，森林之截留量為總降水量之6~30%，針葉樹較闊葉樹之截留降雪之功效為大。西德在年平均1500公厘之地區，樹冠截留量為12~15%，年降雨量800公厘地區為20%。日本為6~8%（矢野義男，1968），美國降水量35公厘時，截留量為12~30%（Kittredge, 1973）。台灣中部地區，森林之截留量為11.5~13.8%（ ）。
2. 根系與枯枝落葉層增加林地土壤之空隙率，促進土壤之滲透水量。土壤之滲透水量固與降雨之型態，延時，地形與土壤性質有密切關連；但林木之根系使土壤之空隙增加，增加滲透水量；枯枝落葉層，使表土形成一多孔隙之海棉狀組織，可大量吸水，減少地表逕流，並可增加地表水停留地表時間，增加滲水之時間及機會。土壤中之微生物活動，腐朽之林木根部及痕跡等，均有助長地表水滲透之功效。其最大滲透能可高達300~400公厘每小時；而一般具有厚層枯枝落葉及腐植質層之林地土壤具有每小時150公厘之滲透能力。因火災，皆伐而致枯枝落葉腐植質受到破壞之林地可降至每小時數十公厘。增加洪峰之流量。美國可威他(Coweeta)實驗地，皆伐44公頃森林後，使洪峰流量增加9名（Cheng, 1975）。台灣省林業試驗所，於民國六十五年皆

伐位於魚池鄉蓮池。試驗區區之4號集水區森林，使皆伐後之河川逕流量增加20%。

3. 樹冠遮蓋，減少地表蒸發，一般森林之覆蓋率約自70~100%；樹冠形成隔離作用，使林下之幅射熱量降低，可抑止地表之蒸發量。
4. 森林改變降雪之堆積型態及融解情況（郭寶章（譯），1980），增加坡面之積雪量，並可遲緩融雪之速度。樹冠密度在0.77時，其積雪量較諸裸露地表高出20多吋，融雪時間延緩四週（佚名氏1952，表2）。
5. 森林捕捉露滴，可能增加降雨作用。

（二）森林與河川水質

生活於河川中之淡水魚類，除水量外，水質亦屬影響其生活及繁衍之重要因素之一。不同水質之水域有不同種類及放羣之魚類生存其中；鮭魚類較適合於低溫之清澈水流中，過度混濁之水流，將影響其生活及繁殖。水質中各種變數與淡水生物間之影響，可由表3提供參攷：

從森林中流出來的水，大都是由降水而來。從濃密森林深處淙淙流出的水，讓人感到冰涼，乾淨；溪水清澈能見河底；為淡水魚類生活的良好水質。依據林試所在大甲溪上游支流一畢祿溪，海拔2000~3000公尺的一片天然針葉樹林；台灣冷杉、二葉松、鐵杉及小部份華山松組成之森林，所覆蓋之集水區，其水質之平均濃度如表4；如果我們想設定一可供淡水魚類生存之水質標準，此一觀測分析資料可供為參考。森林一經砍伐，開闢林道以及集材運輸設施之干擾之後，其懸浮質平均高出10mg/l (Fredriksen et al. 1978) (表5)。只進行皆伐作業並不築路，平均懸浮質為22mg/l，皆伐25%面積及築林道，率均懸浮質量為430 mg/l。

表2. 森林與融雪

樹冠密度 (%)	積雪深度 (吋)	融雪遲緩時間 (週)
0	0	0
0.49	4.4	2.0
0.60	21.5	3.3
0.77	27.8	4.0

表3·水質變數摘要 (Wenger, 1984)

水質	來源	重要性
(1) 物理性質：		
濁度／懸浮質	土壤、有機物	影響水域生態系、飲用水、遊樂活動、景觀。
水溫	日輻射、地質因素	影響水生物、化學物溶解度、飲用水、遊樂品質。
水色	有機物、土壤	影響飲用水，降低遊樂品質。
(2) 化學性質		
無機離子	地質物、土壤、有機物之風化；大氣乾降物，肥料流失。	是水生物的養分來源；過高產生毒；太濃影響飲用與灌溉水質。
導電度	可溶性無機離子	溶解質的濃度指標。
有機化合物	不易分解之腐植酸	影響飲用水之顏色及味道；可能降低溶氧量。
農藥	人為施放	可能帶毒性，影響水生物
溶氧量	大氣壓、流速、水生物	影響水生物生活
PH值	無機與有機酸，降水水質	影響化學反應
鹼度	溶解的碳酸氫鹽及碳酸鹽	水生物族羣
(3) 生物性質		
浮游生物	池塘、湖泊	反應養分濃度、水溫及沈泥
附著植物	附著在岩石，河床	水質指標
魚類	水域	食物鏈的頂階，水質指標
病原菌	人類與動物排遺	引起水媒傳染病

表4·畢祿溪等三處天然林溪流水質平均濃度

成份	畢祿溪集水區 (1)	哈柏溪集水區 (2)	灣頓溪集水區 (2)
PH	7.35	4.90	6.89
Na ⁺ (mg/c)	3.90	0.88	1.28
K ⁺ (mg/c)	0.8	0.23	0.26
Ca ⁺⁺ (mg/c)	24.60	1.65	4.49
Mg ⁺⁺ (mg/c)	13.25	0.38	0.69
NH ₄ ⁺ -N(mg/c)	0	0.03	0
NO ₃ ⁻ -N(mg/c)	0.13	0.44	0.10
Cl ⁻ (mg/c)	0.25	0.54	-
SO ₄ ⁻⁻ -S(mg/c)	9.09	2.08	-
電導度(umhos/cm)	2.30	-	-
懸浮質(mg/e)	0.85	-	0.78

- 註 1.金恆鏞、楊炳炎(1984):大甲溪上游海拔2000-3000公尺天然針葉林。1981-82年資料。
 2.Likens et al.(1977):美國辛罕夏州的天然北方闊葉林,1963-1974年資料。
 3.Krause(1982),加拿大,紐布朗瑞克省,天然針葉林,1980年資料。

表5·安德魯斯 (H.J.Andrews)試驗林的皆伐作業(25%與100%兩種處理)對
溪流年平均懸浮質(PPM)的影響(Fredriksen ed al.,1978.)

年份	未干擾	100%皆伐無林道	25%皆伐有林道
1957	6.3 U	8.6 U	10.1 U
1958	11.8 U	13.2 U	21.8 U
1959	2.2 U	2.3 U	3.8 U
1960	1.4 U	1.6 U	10.3 R
1961	5.5 U	6.5 U	22.7 R
1962	4.0 U	6.0 U	261.0 R
1963	1.6 U	1.5 C	14.4 CS
1964	1.3 U	1.4 C	13.1 U
1965	44.6 U	74.4 C	2470.0 U
1966	1.6 U	18.7 C	33.1 U
1967	1.5 U	121.0 S	29.8 U
1968	2.0 U	68.4 U	21.7 U

U：未干擾(Undisturbed) C：皆伐(Clearcutting);
U：植生復舊(Revegetation) R：開林道(Road construction);
S：殘材焚燒(Slash burning)
註：資料來源，金恆鑣，1989

。

在1965年懸浮質據增達2470mg/e，超出未伐木區2425mg/e，Fredriksen等認為係因林道發生崩坍所致。

六.農耕地與土壤沖蝕

糧食生產，自人類依賴農作物生存以來，即屬於人類生活必須之活動，由於不當之利用，常引發大量土壤沖蝕，地力減退，並導致河川水質污染。由於農業用地需砍伐林木，清除地表草木，甚至改變原有地形地貌以適應農耕需要：如養殖池、平台、果園等；且需要於耕作期間經常翻動表土，以利作物之生長，使表土之沖蝕加速進行。依據試驗觀測結果，山坡果園之土壤流失量較森林地增加數十倍及百餘倍(表6)。不同坡度之土地，在耕作作業時，其所產生之地表逕流，或土壤流失之程度及量亦屬不同，以坡度為5%之土地為基數。則坡度50%之坡地，其逕流率及土壤流失量各為5%坡地之3.48倍及2.96倍(表7)。而耕作地有否實施水土保持處，其逕流率與土壤流失率亦相差達2-50倍(表8、表9)。

七.放牧地與土壤沖蝕

過度利用之畜牧地土壤流失量增加，地力減退。由畜產試驗所恆春分所自民國六十四年至六十六年間，連續三年之觀測結果，盤固拉牧草地經強度放牧後，其土壤之流失量增加14.48%至20.11%；盤固拉草之生產量減少8.95%至0.37%（鄭鑑鏘、謝昭賢 1979），（表10）。

表6. 森林集水區與果園土壤流失量之比較 (T/Ha-Yr)

利用別	土壤流失量 (T/Ha-Yr)	備 註
森林		
扇平集水區	1.36	
碧綠溪集水區	1.46	
蓮花池集水區	1.05	
柑橘園	156.4	坡度28%
鳳梨園	38.9	坡度20%
香集園	63.7	坡度23%
荔枝園	54.8	坡度46%
桑 園	66.8	坡度26%
橡果園	11.7	坡度14%

註: 泥沙重量以1.8T/M³估算

表7. 不同坡度之水土流失量比較

坡度 (%)	逕流率(%)				土壤流失量(t/Ha/Yr)			
	45年	46年	平均	指數	45年	46年	平均	指數
5	5.8	6.7	6.3	100	173.7	51.7	112.7	100
12	9.1	8.7	8.9	141	224.8	62.1	143.5	127
22	15.3	16.0	15.7	249	360.4	134.1	247.3	219
34	18.6	19.9	19.3	306	405.4	186.7	296.1	263
50	22.0	21.7	21.9	348	480.9	185.7	333.3	296

資料來源: 黃希周、鄭定城(1968)

供試作物: 甘藷、落花生、鳳梨、甘蔗、香水茅、樹薯。

表8・不同地表覆蓋率之逕流率

地點	試區覆蓋別	坡度 (%)	降雨量 (m.m.)	逕流量 (m.m.)	逕流率 (%)	試驗者
日本	杉木	26	3043.8	100.29	3.29	上野氏
熊本縣小國	草皮	18	3043.8	104.47	3.43	
美國	林地	10%	3408.93	26.16	0.77	Dr.H.C. MEGINNIS
	草地	10	3213.10	35.05	1.09	
	柑橘園	10	2846.03	55.88	1.96	
密西西比	百慕達草	10	2683.76	101.09	3.77	
	林地	10	3209.52	254.51	7.86	
	裸露地	10	3281.93	1567.18	47.75	
	等高畦種棉地	10	3337.05	1567.18	47.96	
	傾斜畦種棉地	10	3223.00	1875.79	58.20	
美國	林地	10%	1148.59	—	6.7	Dr.H.C. MEGINNIS
	每年火燒林地	10	"	—	2.7	
	草地	10	"	—	2.53	
	輪作農地	10	"	—	6.98	
	棉花種植地	10	"	—	13.24	
	休耕地	10	"	—	17.59	

表9·不同作物水土保持處理之水土流失量

作物及處理項目	降雨量 (mm)	坡度 (%)	逕流率 (%)	土壤沖蝕量 (Ton/ha/yr)	指數(%) (以淨耕為100)
柑桔(1971-74)	1743	28.0			
內斜式平台階段			25.0	8.1	5
百喜草全園覆蓋及敷蓋			6.8	0.9	1
百喜草條狀覆蓋及敷蓋			6.2	2.8	2
稻草敷蓋			5.6	0.0	0
淨耕區			73.8	156.4	100
茶(1955-61)	1472	32.0			
內斜式平台階段			7.3	0.9	4
等高密植			10.9	5.2	21
稻草敷蓋			3.4	0.3	1
對照區			18.4	24.6	100
鳳梨(1956-64)	1501	20.0			
內斜式平台階段			2.8	0.0	0
等高密植加敷蓋			3.6	2.9	7
等高密植			6.8	9.5	24
上下行耕種			31.8	38.9	100
芒果(1971-76)	1994	47.0			
百喜草覆蓋及敷蓋				0.5	4
百喜草條狀覆蓋及敷蓋				1.3	11
雜草被覆				3.3	28
營多籐覆蓋				1.5	13
戀風草敷蓋				1.4	12
淨耕區				11.7	100

續表9·不同作物水土保持處理之水土流失量

作物及處理項目	降雨量 (mm)	坡度 (%)	逕流率 (%)	土壤沖蝕量 (Ton/ha /yr)	指數(%) (以淨耕為 100)
荔枝(1971-74)	1743	46.6			
百喜草覆蓋			1.2	0.2	0
柏氏小槐花覆蓋			15.7	2.6	5
戀風草敷蓋			17.5	2.0	4
淨耕區			54.1	54.8	100
桑(1976-77)	1810	26			
百喜草條狀覆蓋及敷蓋				2.0	3
喜多豆覆蓋				10.0	15
稻草敷蓋				6.0	9
淨耕區				66.8	100
香蕉(1966-68)	2349	23			
內斜式平台階段			28.3	0.7	1
天竺草帶加敷蓋			39.5	1.8	
南非鴿草帶加敷蓋			48.6	1.9	3
戀鳳草帶加敷蓋			36.8	1.6	3
淨耕區			53.4	63.7	100

資料來源：Liao & Wu(1987)

表10・強度放牧水土流失資料

年度 year	觀測項目 observation	殘草高度 5	stubble 10	height(cm) 15	降雨量 (m.m)
1975	逕流量 runoff(m.m)	355.97	378.29	290.67	
	土壤流失量 soil loss(kg)	265.56	289.07	245.11	
	土壤流失量 soil loss(kg/ha)	17,704	19,271	16,341	1993
	逕流率 runoff rate(%)	17.86	18.98	14.58	
	逕流量 runoff(m.m)	325.48	340.41	281.37	
	土壤流失量 soil loss(kg)	40.24	36.21	37.14	
1976	土壤流失量 soil loss(kg/ha)	26.83	2,414	2,476	1314
	逕流率 runoff rate(%)	24.77	25.91	21.43	
	逕流量 runoff(m.m)	445.15	454.52	430.77	
1977	土壤流失量 soil loss(kg)	247.53	202.14	178.44	
	土壤流失量 soil loss(kg/ha)	16,502	13,476	11,896	2673
	逕流率 runoff rate(%)	16.65	17.00	16.12	
	逕流量 runoff(m.m)				

註：本試驗由1975年至1977年進行三年，第一年放牧2次，觀測水土流失10次；第二年放牧3次，觀測水土流失7次；第三年放牧4次，水土流失觀測10次。

八.開山整地與土壤沖蝕

開山整地及開礦修路引起大量泥沙，大幅增加洪峰流量，形成淹水及水災害。開山整地，興修道路及開採礦產，需利用機械大量挖土及填土，不但大幅改變原有地形地貌，且阻塞天然排水路以及危及自然山坡之穩定；不但易於引起土壤沖蝕及崩山，更易造成逕流集中，使洪峰逕流量大幅增加。尤以施工期間之破壞更容易引起大量土壤沖蝕，大量泥沙流淤下游地區，堵塞排水路引起排水不暢，平地淹水災害，且因豪雨期間尖峰逕流量增加，引發洪水災害。民國七十六年琳恩颱風來臨，台北市東區淹水，基隆河水位暴漲與基隆河集水區近年來開發五千多公頃之建築社區，亦有所關連。依據美國地質探測會報第五五四期刊登其調查報告，指出集水區內從事開挖整地，於施工期間可能產生之土壤流失量可達數萬倍。逕流之尖峰流量可增加1.75至2倍。日本京都大學教授角屋睦於京都附近新開發城鎮，從事觀測結果，亦發現開發區之逕流量可增加二分之一至四分之三。國內中興大學何智武教授自民國七十年至七十三年間之研究結果指出，集水區內山坡開發面積達15%及30%時，總逕流量之增加分別達2.13倍及3.27倍；洪峰流量增加1.2倍及1.4倍；泥沙之產量分別增加2.6倍及8.12倍（表11表12）（何智武，段錦浩，1984）。

九.結語

集水區為一地形單元，為社會經濟及物理生物之結合單元。蘊藏著水、土、生物及非生物之各種資源。為人類活動場所及民生資源之來源

表 11・洪峰逕流係數 C_p 與開發度 X 之關係

	開發度 (%)	洪峰逕流 係數 C_p	對照區 之倍數	原開發度 之倍數
坡地道路開發 期 間 (70-71年度)	0	0.620	1.00	
	8	0.687	1.11	
	15	0.745	1.20	
	30	0.870	1.40	
自然植生保育 期 間 (72年度)	0	0.421	1.00	0.68
	15	0.580	1.38	0.78
	30	0.739	1.75	0.85
模擬坡地社區 開發期間 (73年度)	0 (A區)	0.360	1.00	
	30 (B區)	0.533	1.48	
	30 (C區)	0.543	1.51	

表 12・單位面積泥砂產量 (Y) 與開發度 (X) 之關係

	開發度 (%)(X)	單位面積 泥砂產量 (Y)	對照區 之倍數
坡地道路開發 期 間 (71年度)	0	3.926	1
	15	10.192	2.60
	30	31.80	8.12
模擬坡地社區 開發期間 (73年度)	0 (A區)	1.260	1
	30 (B區)	7.020	5.57
	30 (C區)	8.732	6.93
	20 (D區)	27.203	21.57

；亦為各種生物生存之棲息場所。集水區內過度活動或資源過度的開發，將會使資源遭受破壞，影響棲生之生物之生存。過度的伐木，不當的土地開發利用，導致水土資源涵養及保護之功效減少，河流中之水流流量大小變化幅度加大，甚至在一年中某一期出現湍急之洪流，或溪流中乾枯無水流，使河流中棲生之水中生物之生活環境遭受大幅之變化，其生存遭受威脅。再者，洪水挾帶大量之泥沙，把水流中深潭淤平，使河水之濁度大增，水質產生污染更使水中生物之生存遭受多層之威脅。但資源之開發利用，為人類謀求生存之必要活動。如何謀求適宜之平衡點，仍為今後集水區經營重要前題，亦屬今後須努力之方向。

河川魚類棲地生態調查之基本原則與技術

汪靜明

國立自然科學博物館環境生態研究室

一、前言

綜觀世界文明發展歷程，河川與人類相互影響與依存的關係十分密切。河川在許多國家地區，是人民及其他生物必須賴以為生的主要水資源。長期以來，由於人類在河川集水區的許多活動，諸如伐林、採礦、開路、築壩等農工業開發，並未在適宜的保育措施下進行，因此已導致全球許多河川生態體系的重大改變及其品質的急劇惡化。目前在許多保育先進國家，已積極著手河川生態系全盤性評估調查及棲地改善等保育工作。

基於河川生態保育研究與工作，在國外已成為保護與經營魚類和其他自然資源的基本任務而行之有年。本文說明一些棲地生態環境因子之基本原則，並擇要介紹一些河川魚類棲地生態調查常用的方法。期盼今後國內河川生態研究人員、自然資源(如：水資源、森林)經營管理者，能藉著這些技術與原則，來改進與建立適用於臺灣河川(尤其係森林溪流)魚類棲地生態調查技術，並進一步全面調查、評估與保育臺灣河川魚類棲地生態。

二、人爲因素對河川棲地之主要影響

天然和人爲的事件都會對河川生態系造成影響。但是近百年來，由於人口的增多及科技的進步，增加了人類對河川水資源的需求，並導致其品質的顯著惡化。人爲的因素如都市化、遊憩、水力發電、農工業發展等，都會對河川生態系的物理性棲地造成不同程度的改變。舉例來說，山坡地的都市化往往會改變集水區的水文，因而破壞水流動態和河道平衡。某些人爲改變如疏濬和築壩，對於河川生態系造成的衝擊尤為明顯。例如，築堤與建壩不僅明顯地阻絕了魚類在河川的迴游，而棲息於急瀨區的嗜急流型魚類，會在水庫形成後，導致族群遷移、遞減、甚至在當地滅絕。除了物理性棲地改變外，農業化的集水區，常有過多殘餘的肥料、殺蟲劑及土壤流失至溪中，會導致化學性棲地——水質的惡化（指：優養化、毒物、沉積物等）。其他來自都市與工業的污染，也都會造成河川魚類資源面臨枯竭的嚴重後果。

三、河川魚類棲地生態調查之重要性

目前已有許多相關研究報告指出：在一個河川生態體系中，魚種的分佈、相對數量及魚類羣聚組成，往往都決定於魚類之棲地結構特性。例如，在同一河川流域中，一般只有少數魚類棲息於上游區，而大部份魚種則棲息在下游區。這個魚種數目隨者河川序級(stream order)變大而增加的現象，後來被推測與證實主要應歸因於棲地分歧度(habitat diversity)增加的關係。

在應用上，河川魚類棲地的生態調查與棲地模式(habitat model)之建立，在魚類資源的經營管理上，可以扮演相當重要的角色。例如，魚類棲地測量有助於瞭解魚種分佈、生產量等的潛在環境控制因子，並可藉此來預測是否棲地改變後會對該魚種造成重大的影響。瞭解魚種對

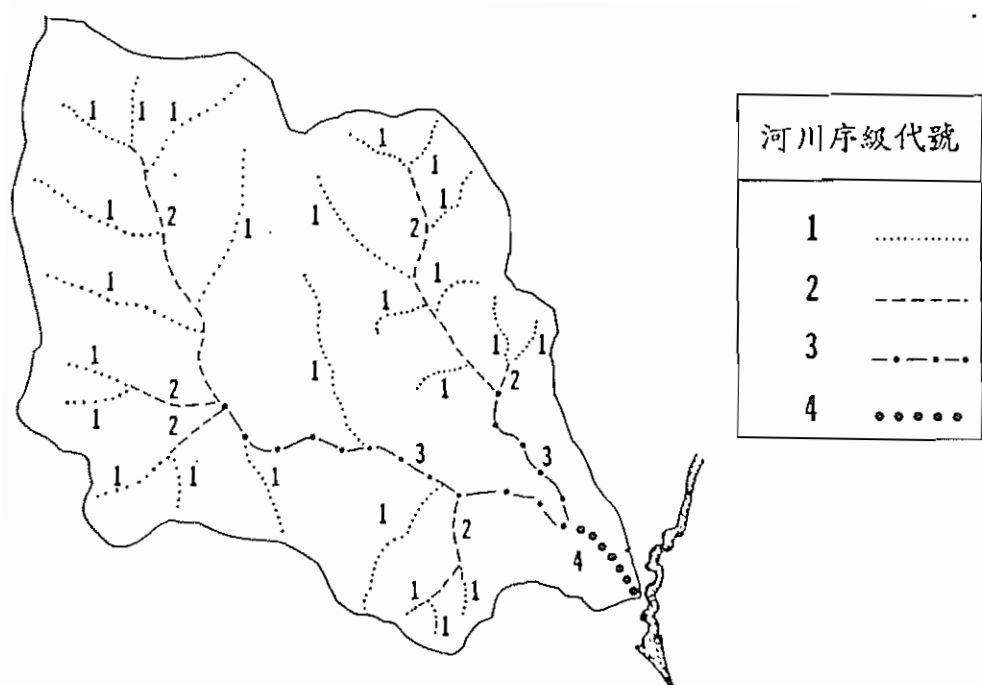
棲地的喜好及其生態特性，對於決定以何種棲地改善方式，來增加垂釣性魚種之生產量，以及保育、復育珍稀(rare)、瀕臨絕種(endangered)及地區特有(endemic)或原生(native)之魚類會有實質助益。而事實上許多國外經驗已指出，魚類復育的工作，除了需瞭解魚類生態特性外，也必須透過物理性棲地與化學性棲地(水質)之改善方可能達成。

四、河川環境生態調查方法

(一)調查地區基本環境資料之建立

進行河川環境生態調查之前，應先蒐集、瞭解並建立調查地區之環境之基本資料(含：地理位置、經緯度、海拔、坡度、地質、水文、氣象、土地利用等)。有關地理位置、經緯度、海拔、坡度、土地利用狀況等之環境資料，可以依據地形圖及航照圖，經由研判或計算而得之。區域地質結構，可由地質圖查知概況。另外有關地區氣象及水文資料，可透過政府機構(如：中央氣象局、台灣省水利局)在當地所設氣象站與水文站記錄而得之。在某些地形圖上，可以顯示出河川是間歇性(intermittent)或是永久性(permanent or perennial)的。根據此基礎，河川序級系統(stream order system 或稱溪序系統；圖一)已被美國學者Strahler於1957年所提出，用來做集水區地形學(watershed geomorphology)定量分析用。由於許多河川生態研究發現，在一個相類似的集水區，河川序級可以預估河川的大小、流量以及魚類的數目及分歧度等。因此，目前河川序級系統，在國外已廣泛地被用作河川生態調查的基本單元，並用此來探討河川續動學說(River Continuum Concept)與河川生物整合模式(stream biotic integrity model;或稱生態整合ecological integrity)。

在美國而言，許多學者係依據兩萬四千分之一的地形圖上，來判讀



圖一・河川序級系統(Stream order system)

河川的間歇性或永久性。再依據河川分支狀況，來瞭解或建立調查研究地區河川生態系之序級系統。據此系統，在兩萬四千分之一的地形圖上，最小無分支的支流其河川序級命名為序級 1；兩個同序級 1 的河川匯集成序級 2 的河川；序級 2 的河川匯集成序級 3 的河川；以下類推（參圖一）。由於臺灣河川水系之上游源頭溪（headwater streams），具有短而陡急之特性，加上乾、濕季明顯差異，因此是否適合採用兩萬四千分之一（國內為兩萬五千分之一）的地形圖，來判讀河川生態系之序級系統，尚有待研究與評定。

（二）調查地區研究站之選擇

實施河川棲地生態調查時，往往會面臨到人力、時間與地形等因素的限制，而無法進行地毯式涉水普查。因此，根據理論與經驗，先研判出調查地區及河川出現之環境現象、問題的可能潛在環境控制因子，再依據取樣技術，選出其中代表性之樣本站（此即所謂的研究站），是為有效的可行之道。

以森林溪流而言，一個研究站之選擇，基本上應具備有下列數項特性：

1. 研究站之生態特性，在本質上必須為集水區之有效樣本；亦即其應須反應出集水區出現之自然現象或環境問題。
2. 研究站應涵括調查溪流之可能潛在環境控制因子，以供研究分析何種因子是決定該溪流生態整合模式、或某些特定現象之主要因子。
3. 各研究站之交通狀況應容許在不同天候及其他狀況下，均能抵站調查。
4. 各溪流之研究站長度或面積應相同（例如均為 100 公尺長）以供對照比較；除非特殊研究目的外，各站之範圍內均應包含至少一個以上

的急瀨區(riffle)、平瀨區(raceway or run)，及平潭區(或稱水潭區pool)。

研究站初選後宜先進行初步取樣調查，以供測試研究站的選擇是否合適，必要時並做適當修正。當研究站選定後，可以視地形、地物，用有色噴漆或旗幟標記位置。為了減少取樣誤差，研究站內可再分為數條穿越線(transect line)，而穿越線上又可分為數個測量點取樣。目前美國許多聯邦政府研究機構推廣此穿越線方法，來取研究站之樣本，值得國內參用。

(三)棲地生態調查因子之選擇

決定河川生態整合(ecological integrity)的環境因素相當複雜。例如，河川生態系的特性始終會被陸域環境所影響，意即集水區的氣候、地形、地質及土地利用的狀況，均會影響河川河道的物理結構與流量。而介於集水區陸--水界面之河岸植物環境品質，對於緩和水土界面的影響上也扮演者重要的角色。依據美國魚類生態學家(如:Karr et al., 1983; Menzel, 1983)可知，河川生態的控制因子主要包括四大部分：

- 1.能量關係(energy relationships)、
- 2.水流型(flow regime)、
- 3.水質(water quality)、
- 4.物理性棲地結構(physical habitat structure)。

面對如此複雜並交互影響之環境因子，研究人員在進行河川及魚類棲地生態調查前，應先瞭解主要的棲地參數和相關因子，評估各種方法(參表一)之適用性及河川性研究與經營管理的需要，研究人員研判選出數種環境生態因子，即可進行野外棲地生態調查工作。

從文獻上可知，往昔河川及魚類生態調查，多著重於以水質為導向

表一、河川魚類棲地生態測量之相關因子與參數

一般描述 (General Description)	河床 (Stream Bottom)
集水區型式	底質大小分佈情形
水源及利用情形	粗糙度係數
河谷型式、結構、底部寬度	岩石角度
氣溫、氣候	光亮度
河川序級 (溪序)	河道遷移百分比
河川長度	大石塊被細砂泥包埋度
河長對彎曲度之比率	沖刷或沉積情形
河道截彎取直程度	
河川海拔高度	阻礙物 (Obstructions)
河川坡度	堆積物、樹幹、岩屑
河道寬度	水壩、堤防、石基、
河床底質組成	瀑布、蓄水
水表面寬度	
流速	魚類棲地 (Fish Habitat)
	棲地類型
平均深度	水潭區類型及品質
流量	水潭區數量百分比
水流方向	急瀨區百分比
水位高低	溪流內覆蓋物
水潭對急瀨之比率	產卵地大小
水溫	孵育地特性、品質
水色、異味	產卵地底石大小、品質
混濁度、透明度	
污染源	掠食者種類、型式、數量
水潭區長度、寬度、深度	
周遭地區環境 (Surrounding Area)	生物 (Biology)
地形、地理	魚種大小、重量、數量
急瀨區寬度、深度、流速	魚種分岐度
周遭土地利用情形	無脊椎種類分岐度
上游土地利用	共生種類、型式、數量
	兩棲類種類、型式、數量
歷史上土地利用	附著性藻類、其他水生植物
氾濫平原	
都市化程度	
河岸 (Stream Banks)	河岸植物區 (Riparian Zone)
地形坡度	植物種類、型式
河岸岩土組成	遮蔭度百分比
河岸植物保護情形	河岸的覆蓋度
無脊椎種類、型式、數量	植物區密度、大小、寬度
河岸高度	氾濫平原區寬度
河岸穩定度	植物消長期
岩屑、碎物阻塞河道潛因	被啃食情形
切割、沉積情形	
侵蝕或裸露土壤之百分比	
破壞百分比	
廢棄物	

之監測，而今許多研究資料顯示，河川水流型與物理性棲地結構更是決定河川水生物羣聚結構之主要因子。筆者認為下列數種環境因子可能與臺灣森林溪流魚類生態息息相關，茲將這些棲地因子選定之及其調查方法陳述如後。

(四)河道形態與水流型測量(Channel Morphology and Flow Measurements)

1. 溪寬(Stream width, W)

一般而言，溪流生態學家所關切的溪寬，主要是指某段溪流在不同季節之平均溪寬而言。平均溪寬可以由研究站內數條取樣穿越線之寬度平均而得。測量時，可由二人手持玻璃纖維製之防水性捲尺，來記錄橫越兩岸之水表面寬度。視研究需要，必要時可記錄溪流在研究期間之最大與最小寬度範圍。通常寬度之測量準確度記錄至0.1公尺即可。

2. 溪深(Stream depth, D)

研究站之溪深，亦多指總平均溪深(Mean depth)而言；而其可在數條取樣穿越線上，以深度桿尺每隔1公尺測量、統計平均得之，一般溪深之測量準確度多記錄至0.01公尺。研究站中各穿越線溪深，應得自3個以上(其數目決定於溪寬)取樣點之平均值，而研究站之總平均溪深，則應求自所有取樣穿越線平均溪深之平均值。

在臺灣森林溪流作調查時，一般水淺之溪段，可由研究人員身穿高達胸部之涉水褲(Chest wader)，涉溪逐步來測量；然而對於深水潭之測量，則有時必需藉助橡皮筏、竹筏或其他方法來實施，較為有效及安全。

3 · 流速 (Current velocity)

溪流之流速並非平均地垂直或橫向分佈於水體中。通常最高流速往往出現於穿越線中央而緊鄰水表面下，而最低流速(或零流速)則出現於溪岸或溪底。對於一般溪流棲息地生態調查而言，研究站流速泛指總平均流速(mean velocity)，是由各站之穿越線上之水平及垂直平均流速再平均而得。在取樣技術上，通常選取水深之十分之六處(由水表面算起)，來測量水體垂直之平均流速；另外並將穿越線劃分作數個小單位(如：1公尺)來測量水平之平均流速。在流速測定儀選用上，需視研究目的及溪流狀況而定。以臺灣高山森林溪流而言，若實施一般性棲地生態普查而言，可以考慮選用小型輕便之炸彈型流速器(如：Hydro-bio kiel digital flow meter)。若欲瞭解魚種微棲地之流速，則宜選用較為精密之電子流速儀(如：Marsh-McBirney flow meter)。

4 · 流量 (Discharge, Q)

流量係指單位時間內溪水流過溪道之穿越線之總體積，通常以每秒立方公尺(cubic meter per second, cms)來表示。由於流量可以主要地決定溪道之大小，因此其常係決定溪流型式之最明顯的因子。

一般而言，溪流之流量在短距離內，若無其他水(如：支流、逕流水、泉水)匯入或流出，則在此溪段內不同之穿越線之所測得之流量應相同或極為接近；所以研究站之水流量的測定，可以選取一條理想之穿越線(底質平滑、深度變化小、無亂流)測量即可。但是若能在情況許可下，選擇三條以上之理想穿越線來測得研究站之水流量，可以減少取樣偏差。此外，由於降雨量之多寡直接影響溪流之流量大小，也因而影響流速之快慢，所以分析比較各溪段之流量與平均流速，應以在同時段(同降雨量)之取樣值為依據。

森林溪流之流量測定，可以參照 Bachmann and Atchison(1983)所

描述之方法，將上述溪深(公尺，D)與流速(公尺/秒，U)兩項數值，代入下列公式，即可求出單位時間(秒)內流過穿越線之水量(立方公尺)：

$$Q = \sum (W_i \cdot D_i \cdot V_i), \text{ 其中}$$

n = 穿越線上測量取樣點(或小單位)之總數

i = 由面朝上游之左岸算起的第 n 個1公尺之測量點

W_i = 小單位之寬度 = $0.5 \cdot (W_{i+1} - W_i)$

D_i = 第 n 個1公尺測量點之深度

V_i = 第 n 個1公尺測量點之流速

(五) 物理性棲地特徵分析(Physical Habitat Analyses)

1. 底質(Bottom substrate)

河床底質是許多河川生物(如：水蟲、附著性藻、魚類)賴以棲息與生育之基質，因此其組成和結構與河川生物羣聚關係密切。國外已發展出許多河川底質分類系統與測量方法，來量化底質與魚類分佈、產卵孵育地之生態模式。

由於臺灣森林溪流多屬高山型、河川序級較小、蘊涵岩石羣較大，筆者曾參照改進Bain et al.(1985)底質分類系統，建議國內可選用之分類系統如表二所示。本系統係將底質區分為：

1. 細沉積砂土(fine sediment:直徑 $<0.2\text{cm}$;含粘土、泥、砂、有機物碎屑等)。
2. 礫石(gravel: $0.2 \sim 1.6\text{cm}$)。
3. 卵石(pebble: $1.7 \sim 6.4\text{cm}$)。
4. 圓石(cobble: $6.5 \sim 25.6\text{cm}$)。
5. 小漂石(小蠻石, small boulder: $25.7 \sim 51.2\text{cm}$)。
6. 大漂石(大蠻石, large boulder: $>51.2\text{cm}$)。

表二、溪流底質分類系統

底質類型	大小範圍 (cm)	代號
細沉積砂土 (Fine sediments, Smooth surface): 有機物碎屑 (Organic detritus) 粘土 (Clay)、泥 (Silt)、砂 (Sand)	<0.2	1
礫石 (或稱砂礫、碎石, Gravel)	0.2~1.6	2
卵石 (小礫, Pebble)	1.7~6.4	3
圓石 (大礫, Cobble or Rubble)	6.5~25.6	4
小漂石 (小蠻石, Small boulder)	25.7~51.2	5
大漂石 (大蠻石, Large boulder)	>51.2	6

底質之組成結構，可以採用Platts et al.(1983)之表面目視法 (surface visual method)來測知，而在濁水處或深水處可輔以腳踏法、木戳法。在研究站各穿越線所記錄之底質代號，再經由統計法分析，即可求出研究站之各種底質成分之百分組成。

2. 單蓋度 (Overhanging canopy density)

河岸植物 (riparian vegetation) 可以遮蔭水面防止太陽輻射熱，亦可減緩水流速及河岸沖刷力；此外其也可間接提供魚類食物、覆蓋隱藏處。因此，河岸植物之密度高低是否關係著魚類羣聚結構，已受到河川生態學家之重視。例如，美國農業部林務署Platts et.al.(1987)推廣以圓形密度計 (spherical densiometer) 來測量不同序級之河川河岸植

物罩蓋度。由於國內河川序級系統(stream order syetem)尚未建立，筆者曾針對臺灣高山森林溪流狀況，以圓形密度計，將溪流以15公尺為分界點來測量溪流罩蓋度。茲將此測量方法之步驟詳述如下：

- 1.先在調查研究站選取代表性穿越線(transect line)，其取樣方法與數目視研究目的而定。
- 2.將圓形密度計之上半部17點，圍以V字型內之防水膠布。以手掌持平圓形密度計，在各取樣點(如圖二)，計算河岸植物投影於密度計V字型內之點數。

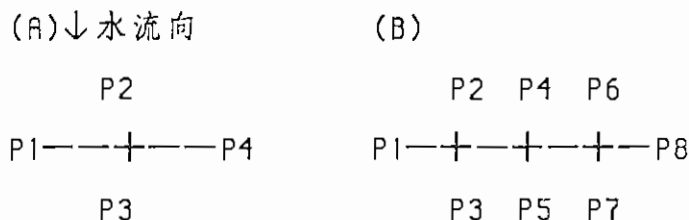
2A)若溪寬小於15公尺：

- 1.與溪流穿越線平行，立於溪流之左岸(以面朝上游而言)，以手掌持平圓形密度計，面朝右岸，計算河岸植物投影於V字型內之點數(P1)。
- 2.同上法，持平圓形密度計立於溪流穿越線之正中央，計算面朝上游時之投影點數(P2)及面朝下游時之投影點數(P3)。
- 3.同法計算溪流穿越線之右岸投影點數(P4)。

$$\text{罩蓋度}(\%) = (P1 + P2 + P3 + P4) \times 1.5。$$

2B)若溪寬大於15公尺：

- 1.原理同上，然而在溪流穿越線上取8個取樣點(參圖二(B))測量之。
- 2.罩蓋度(\%) = (P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7 + P8) \times 1.5。



圖二、罩蓋度測量取樣點位置圖：溪寬(A)小於15公尺，(B)溪寬大於15公尺

(六)水質分析(Water Quality Analysis)

河川的水質(water quality)也是水生物整合的決定因素。例如，溶氧量(dissolved oxygen)、酸鹼度(pH value)、水溫(water temperature)、混濁度(turbidity)、營養鹽(nutrients;如：磷酸鹽(phosphate)、硝酸鹽(nitrate)、毒物(toxics)等因子，常常與河川魚類、藻類及水蟲之族羣分佈與相對數量有密切的相關性。由於臺灣森林溪流所面臨的水質惡化，往往係來自人們對集水區之不當或過度開發利用所導致而成的。其中濫墾林木、轉種低矮性蔬菜於溪邊、過度使用含氮磷肥料與殺蟲劑、鑿山建橋鋪路之棄石拋入溪中或自溪床挖取砂石等事件，已經造成臺灣許多森林溪流生態體系改變。筆者認為下列幾項水質因子(水溫、電導度、混濁度、硝酸鹽、磷酸鹽)與臺灣森林溪流面臨之環境生態問題有密切關係，茲將其調查方式陳述如下，提供參考。

1.水溫(Water temperature)

溪流溫度對於棲息其中的水生物影響甚大。許多水生物之生存、族羣生長與分佈，都是受到水溫的控制。因此瞭解研究站水溫之季節性變化，有助於推知某些特定水生物的生存溫度容忍範圍。值得注意的是，溪溫在每天24小時內都會有所差異。因此一般例行水質取樣時，所測當時之水溫及氣溫僅能作參考值，並不能用作計算研究站之平均溫度或當作某些特定水生物的生存溫度容忍範圍。爲了獲知這項資料，研究人員則需考慮選用一些可以長期記錄水溫的溫度計儀器，如最高最低溫度計(maximum-minimum thermometer)、溫度圖記錄儀(thermograph)等。筆者曾在臺灣許多森林溪流研究站，嘗試以不同方法記錄全年溪溫之平均、最高與最低溫度。四年來研究結果顯示，下列之「鼠籠法」不但經濟實用，尤其

適合臺灣高山森林溪流，值得推廣採用。

鼠籠法:將最高最低溫度計置於鐵製之捕鼠籠內，為防止鐵籠連同溫度計被水沖走，籠中填塞石塊，籠邊再繫以粗尼龍繩固定於溪中的大石頭或岸邊之樹木。鐵製籠子可以減少溫度計被落石或沖石撞壞，必要時可塗上草綠色油漆，不僅有防鏽效果，亦具偽裝作用。

2. 導電度 (Conductivity)

水之導電度(或稱電導度)為水攜帶電流之強度，而其強度是由水中出現之總離子濃度以及測量之溫度而定。水中之營養鹽及其相關之初級生產量等均與水中的總溶解無機及有機鹽有密切關係。雖然，目前有許多水化學因子(如:鹽度salinity、導電度conductivity、鹼度alkalinity)均曾被研究人員用來當作預估水域次級生產量(如:魚類生產量fish production)之參數，但是由於導電度易於以輕便攜帶型之導電度計(conductivity meter)於野外直接讀取其值，因此電導度值得作為爾後探究棲地化學因子與魚類生物質量之間生態關係的參數。

溪流導電度之測定很容易，可直接以導電度計之電棒伸入研究站水中立即讀取其值，其單位可以micromhos/cm(μ mhos/cm)或mS/cm來表示。

3. 混濁度 (Turbidity)

溪流會因懸浮(suspended)、膠狀(colloidal)物質或浮游性生物(planktons)之出現，導致溪水透光度(light penetration)減低而形成混濁狀(turbid)。同時，溪水中的混濁物對於溪流生態體系來說，也會造成其他主要影響，例如:改變溪流之化學成分，以及懸浮粒經由磨擦或阻塞作用，而造成對水生物之物理性傷害。許多魚類生態研究顯示，混濁之水雖然並不一定會立即導致魚類死亡，

但卻可能影響魚類族羣之行爲與社會結構，或增加其生理壓迫、染病率。此外，由於集水區不當之土地利用管理，可導致土壤流失、與地表逕流速率增加，並造成溪水混濁現象，因此混濁度(或稱濁度)可作為土地利用不善的指標參數。

混濁度之測量尚未能由儀器直接讀取。因此需在各研究站之固定取樣點，以採水瓶裝取水樣，在岸邊或攜返實驗室，依據混濁度儀(turbidimeter)之特定步驟測定其值。目前混濁度多以NTU (Nephelometric Turbidity Unit)單位來表示。

(三)硝酸鹽(Nitrate)及磷酸鹽(Phosphate)

硝酸鹽和磷酸鹽在溪流中是關鍵的營養鹽類(nutrients)，其與溪流初級生產量(primary production)及水質優養化(eutrophication)關係甚鉅。溪水中的硝酸鹽及磷酸鹽，主要是來自降雨和土地表面的流入而生成的。目前已有許多研究結果指出(如:Omernik, 1977)水中營養鹽濃度直接與農業土地百分率成正比，而與森林土地百分率成反比；亦即森林愈多而農耕地愈少，則水域中之營養鹽含量愈低。

硝酸鹽與磷酸鹽在溪流中均分別有多種存在型式。通常硝酸鹽多以溶解形式存在，而磷酸鹽則多以顆粒型式存在。研究人員須針對研究主題，而決定選擇測定何種與何類型式之營養鹽。營養鹽之測定方法有許多種，通常係自研究站採取水樣，攜返實驗室再進一步分析。營養鹽之濃度多以每公升多少毫克(mg/L)或百萬分之一(ppm)來表示。

五、河川環境生態統計分析方法

環境生態資料蒐集後，可選用一些電腦套裝軟體(如:Lotus1-2-3、

Quattro、dBaseIII/IV)，將其輸入電腦資料庫中，而後可選用適用之電腦統計軟體(如：SAS、SPSS、BMDP、Statgraphics、Systat)來進一步作生態統計分析。分析的環境因子及方法的選用，要視研究問題而定。舉例而言，筆者(Wang, 1989)分析河川魚類棲地生態時，所常用的統計方法包括下列幾種：

1. 最小顯著測驗(Least Significant Test, 即LSD)---比較各環境因子在各研究站之差異。
2. 變異係數(Coefficient Variation, 即CV)---比較河道水流特徵。
3. 皮爾遜積差相關係數(Pearson product correlation)---測量生物與環境因子間之相關性強度。
4. 複迴歸(Multiple regression)---建立魚種之靜態生產量、密度與物理性棲地因子間之生態模式。

六、結 語

天然因素和人為因素都會造成河川生態系特性的改變，但是後者顯然是當今全球河川水資源品質的惡化的主因。在美國，河川魚類資源的遞減及民眾對垂釣的濃厚興趣，增強其政府保育單位與學術機構生態研究人員團隊投入保育、復育河川魚類資源工作。在國內，由於國寶魚(櫻花鉤吻鮭)的瀕臨絕種，激發政府及學者、專家對於河川魚類生態保育的重視與努力。當今美國已針對其本土河川生態系，整合出許多套河川魚類棲地生態調查技術，供作研究魚類羣聚與棲地結構間之生態關係。在這方面，國內尚缺如，而有待今後政府環保單位、集水區經營專家、河川與魚類生態研究人員共同來評估與建立一套適用於台灣河川魚類棲地生態之技術。

七、參考文獻

- 呂光洋、汪靜明. 1987. 武陵農場河域之原產種魚類生態之初步研究. 行政院農業委員會, 76年生態研究第010號. 77頁.
- APHA, AWWA, and WPOF. 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater. 16 edition. American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation. 1268 pp.
- Bachmann, R. W., and G. J. Atchison. 1983. Fishery and limnological techniques: a course manual. Iowa State University, Department of Animal Ecology, Ames, Iowa, USA. 135 pp.
- Bain, M. B., J. T. Finn, and H. E. Booke. 1985. Quantifying stream substrate for habitat analysis studies. North American Journal of Fisheries Management 5(3B):499-500.
- Karr, J. R., L. A. Toth, and G. D. Garman, 1983. Habitat preservation for Midwest stream fishes: principles and guidelines (Abstract). U.S. Environmental Protection Agency, EPA-600/S3-83-006, Washington, DC, USA. 4 pp.
- Green, R. H. 1979. Sampling design and statistical methods for environmental biologists. John Wiley & Sons, New York, USA. 257 pp.
- Menzel, B. W. 1983. Agricultural management practices and integrity of instream biological habitat. Pages 305-329 in F. C. Schaller and G. W. Bailey, editors. Agricultural management and water quality. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
- Omernik, J. M. 1977. Nonpoint source-stream nutrient level

- relationships: a nationwide study. U.S. Environmental Protection Agency, EPA-600/3-77-105, Washington, DC, USA.
- Orth, D. J. 1983. Aquatic habitat measurements. Pages 61-84 in L. A. Nielsen and D. L. Johnson, editors. Fisheries techniques. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA. 468 pp.
- Platts, W. S., W. F. Megahan, and G. W. Minshall. 1983. Methods for evaluating stream, riparian, and biotic Forest and Range Experiment Station, General Technical Report INT-138, Ogden, Utah, USA. 98 pp.
- Platts, W. S., C. Armour, C. D. Booth, M. Bryant, J. L. Bufford, P. Cuplin, and S. Jensen, G. W. Minshall, S. B. Monsen, R. L. Nelson, J. R. Sedell, and J. S. Tuhy. 1987. Methods for evaluating riparian habitats with applications to management. U.S. Forest Service, Intermountain Research Station, General Technical Report INT-221, Ogden, Utah, USA. 177 pp.
- Schuytema, G. S. 1982. A review of aquatic habitat assessment methods (Abstract). U.S. Environmental Protection Agency, EPA-600/S3-82-002, Washington, DC, USA. 4 pp.
- Snedecor, G. W., and W. G. Cochran. 1980. Statistical methods. 7th edition. The Iowa State University, Ames, Iowa, USA. 507 pp.
- Strahler, A. N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transactions of American Geophysical Union 38:913-920.
- Wang, C. M. J. 1989. Environmental quality and fish community ecology in an agricultural mountain stream system of Taiwan. Ph.D. Dissertation. Iowa State University, Ames, Iowa, USA. 138

ecology in an agricultural mountain stream system of Taiwan. Ph.D. Dissertation. Iowa State University, Ames, Iowa, USA. 138 pp. (汪靜明. 台灣農業化高山溪流體系之環境品質及其魚類羣聚生態之研究. 美國愛荷華州立大學動物生態研究所博士論文)

Winger, P. V. 1980. Physical and chemical characteristics of warmwater stream: a review. Pages 32-44 in L. A. Krumholz, editor. The Warmwater Streams Symposium: a national symposium on fisheries aspects of a symposium held at the University of Tennessee, Knoxville, Tennessee, 9-11 March 1980. American Fisheries Society, Southern Division, Bethesda, Maryland, USA. 422 pp.

森林溪流淡水魚類棲地調查、棲地改善概說

邱健介

林務局 森林育樂組 保育課

壹、前言

如果森林是山脈的護衞、山脈是台灣的命脈，那麼森林溪流便是維繫這命脈的血流。溪流，他除了灌溉森林、孕育大自然的生機，他更養育著豐富而難以數計的水族資源。或由於水中魚兒老深藏在幽邃的潭中，難為一般親山愛山的人所見，魚類資源的保育在過去的森林經營史中，總未受到應有的重視；再追索文獻則發現，除了介紹台灣魚種及其分布狀況等生物性之資料尚有脈絡可尋外，至於介紹台灣地區魚類棲地環境變遷、生態演替及經營管理技術的資料則寥寥無幾。以致台灣地區的人們對魚類資源的認知僅止於釣魚、網魚、電魚、炸魚、毒魚等捕獵收穫的利用階段。幸而近年來自然保育的時潮，推波助瀾般地湧到我們周遭環境中的每個角落，魚類保育也由於水源水質問題的日益惡化而被凸顯出來，並普遍受到保育團體與利用人士的關切，中央主管機關農委會因而指定本局(林務局)負責森林溪流淡水魚類保育工作計畫，森林溪流淡水魚類的保育從此被抬上桌面，列為林業經營的一環。

今因森林溪流魚類資源之保育暨經營管理納入本局經常性業務系統內，必更能使全體的林務人員體認到森林多目標經營的政策方針，而使林人們感到責任日益重大而且趨於紛雜，甚至將驚憾於有些工作竟是前所未有、聞所未聞！就拿魚類資源保育的工作為例，這對過去的林人來說無異於緣木求魚，而今竟成了擺在你我眼前的工作事實。既然任務落在我們身上，這就是我們森林工作者的榮幸，今後我們除了希望當局能仿效美國林務署的體制，晉用魚類及水文專家，參與負責國有林溪流魚類資源保育工作計畫外，在現行組織下仍需借重林人們豐富的森林山野

工作經驗，加上對魚業知識的吸收，配合魚類學術團體暨魚業機關的協助來完成現階段的工作使命，期使我國人對魚類資源的認知得由只知道如何利用的階段，邁入了解魚類、關愛魚類並實際經營管理魚類資源的境界。

本人承蒙行政院農業委員會支助于去(78)年6~12間在美國研習魚類資源保育與經營管理的課程及實務，由半年來的研習心得並參考本局的現實情形看來，今後我們除了加強林野巡視，配合警方及漁政單位，嚴格取締非法毒、電、網、捕、釣魚案件，避免魚類資源被不當利用傷害外；(1)全面而有系統的推展溪流魚類棲地調查工作，以建立台灣森林溪流魚類棲地資料庫及(二)加強造林治山防洪、減少水土流失、穩定河岸邊坡、消除魚類活動障礙以改善魚類棲地環境，增加森林溪流承載水族資源的能力，兩項工作將是我們執行「森林溪流溪水魚類保育工作計畫」的主要目標。

貳、森林溪流魚類棲地調查：

本項調查工作跟我們森林工作者向來從事的森林大地測量工作沒什麼不同，只是過去多施行於林木生長的地方而今將之應用到魚類棲息的場所—溪流，所以我認為這項調查工作對林人們而言應可駕輕就熟順利完成。有如過去我們從事森林調查，在赴實地測量之前必需先做好預備工作，而於野外調查結束後則需將所得的資料整理歸檔，做所謂的善後工作，以上所稱之預備及善後工作，套句我們的行話就是「內業」，而野外調查則是所謂的「外業」。

一、內業

1. 預備工作：

魚類棲地調查多以流域調查為主，該流域範圍可依集水區(Watershed)之涵蓋地域增加而擴大，也可鎖定在溪流之某支流集水區域

而縮小（如附錄一：圖一）。

至調查對象之選取，可由危機性(Critical)、代表性(Representative)、獨特性(Unique)三方向加以考量，在選定該調查的溪流後即進行如下的作業程序：

- (1)將選定的溪流標定在五千或一萬分之一的像片基本圖上。同時將之標定在有關圖籍上。
- (2)利用圖面判釋配合對現場狀況之了解，在兩支流交會點或具明顯陸標(如橋樑橫跨)處，設立標誌，將該選定的調查溪流分成數個段落（如附錄一：圖一），俾使野外調查時易於辨識。
- (3)當地若已使用木樁、金屬牌、旗幟、標籤（避免使用塑膠製品）隔出溪流棲地各小段點，則需將這些隔點位置及標示物註明在基本點或有關圖籍上。
- (4)填製「森林溪流魚類棲地調查基本表」（如附錄一）或「森林溪流魚類棲地型態分類資料表」（如附錄二），「調查河道編號」以前項目。至此完成了野外調查前之預備工作。

2. 善後工作：

在完成野外調查工作後需即時將所有的圖籍資料及所攝得的照片分類歸檔，此外更重要的是需加野外記錄重新抄錄並彙整分析，最好能利用電腦化資訊系統加以處理儲存，做為台灣森林溪流魚類棲地資料庫中最基本的資料檔案。目前常用的電腦程式如Lotus123及dBaseⅢ、Ⅳ等都是很好的應用軟體，可用來幫助我們處理分析上述的資料。

二、外業：

1. 野外調查工作器材：

- (1)已完成內業手續之調查表，有關之圖籍資料(航空照片基本圖、地形圖、林班圖、事業區圖、集水區圖等)
- (2)攝影器材。

(3)測量儀器：皮尺、測桿、羅盤儀、水準儀、海拔高度計等。

(4)測水溫計、流速計(或碼錶及染色劑)

(5)釘標、定界工具材料：如木椿、布條、噴漆、鋤頭等。

(6)其他如圖鑑、河道型態分類參考圖、相關之調查手冊等。

2.取樣方法：

野外資料的蒐集可依實際需要分為全程調查、10%抽樣調查、20%抽樣調查等。

(1)全程調查乃詳盡地量測該溪流每段點上所具有的資料，並全部列入記錄。

(2)10%抽樣調查：

I 踏勘整條溪流，將其棲地型：潭(Pool)、瀨(Riffle)、流(Glide)，所在的位置段落加以劃分做好標計並將之標定在圖籍資料上。

II 將同類型棲地單位由最下游往上游順序編上1~10，十個號碼為一組，每滿10則由1、2、3開始繼續循環。

III 以隨機方式抽取每組的一個單位，利用儀器縝密地量測所需的記錄資料，並將該棲地單位的環境狀況攝影起來。

IV 以III所得之資訊做為對照校準值，用目視法量測其餘九個棲地單位所需的記錄資料。

(3)20%抽樣調查，該法由第(2)法演變而來，加重精密的儀器測量比例而減少較粗略的目測法使用範圍，因而以1至5，五個同型之棲地單位為一組，其餘步驟則如上(2)法所述。

(4)餘此類推可有30%、40%、50%等抽樣調查法。至於該採取上述何種取樣方法，則視各調查種類其所要求之精密度不同，或視工作計畫本身所具之人力、物力、財力的不同而定。

3.實際工作與記錄：

現在我們藉「溪流魚類棲地基本調查表」及「魚類棲地型態分類資料表」兩種表格來說明實際工作之執行與記錄

(1)森林溪流魚類棲地基本調查表暨使用說明：見附錄一

(2)森林溪流魚類棲地型態分類資料表暨使用說明：見附錄二

參、森林溪流魚類棲地改善

由於暴雨、颱風、久旱、森林火災等天然因素，伐木、築路、築壩、埋設涵管、造橋、過度踐踏、農藥、肥料、廢污水排放等人為因素，或因天然、人為兩者之交互加乘作用，常導致森林溪流魚類棲地環境變遷惡化，直接危害魚類的生存，茲進一步說明魚類棲地環境惡化因子與棲地改善的關係(如圖一)。

魚類棲地改善工作即在避免或解決上述棲地環境惡化的問題，並增加溪流承载力，以蓄集更多的魚類資源。至棲地改善之作法，茲依據本人見習心得歸納為如下四類：

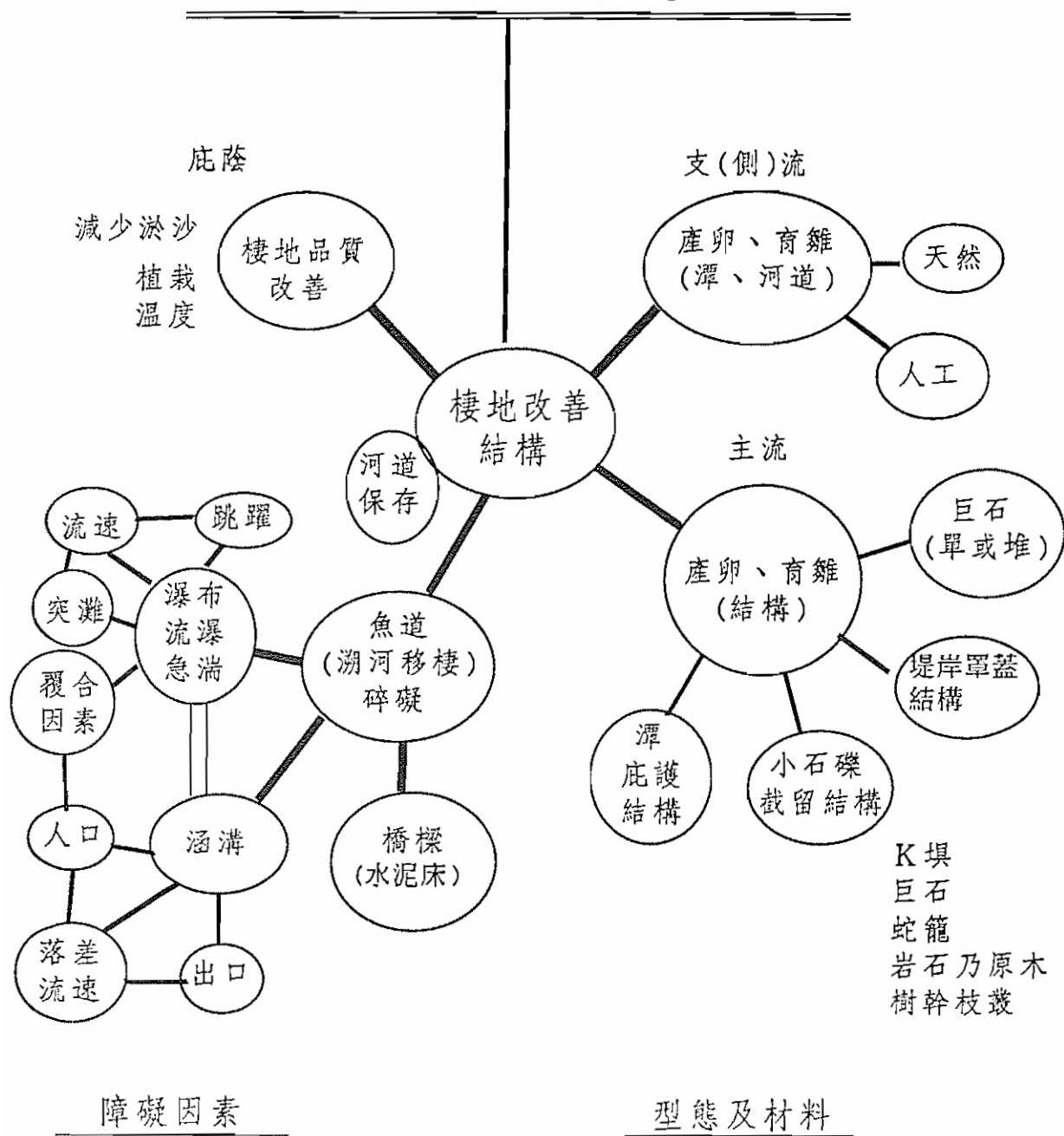
一、魚梯工程魚道設施：

魚梯對大家來說並不陌生，他是用來克服魚類在迴游過程當中因水流落差過大過急所造成之障礙，該設施對生存在築有水壩的迴游性魚類如台灣之香魚、鰻魚及美日地區的鮭鱒魚類而言，尤其重要。即使是非迴游性魚類，在因水壩、攔砂壩等工程隔離所形成的島嶼型生態棲地上發生種源龐雜度及物種歧異度不足的問題，也可藉著魚道設施來加以改善解決；如七家灣溪的櫻花鉤吻鮭族羣，種源因攔砂壩的分隔而漸趨劣化，有人便建議興建魚梯來加以改善。不過魚道設施所需投注的成本極大，建造及功能維護的技術較高（國內也可見到多處魚梯，惟不管新舊有部分早已功能盡失），做起來實在不容易。茲以照片8、10，進一步說明該類工程的作法。

二、植生工法

該法乃將本土天然適生之植物種栽植在沖蝕崩坍嚴重之邊坡，以造成護岸林、護岸植被、或將之栽植在日曝量過大溪流的河沼地區，增加

溪流魚類棲地
環境與棲地改善關係示意圖。



資料來源：J.F. ORSBORN/84

圖一：溪流魚類棲地環境與改善關係

庇蔭使水溫冷涼；此外兩岸植羣亦可提供水族生物豐富的食物來源，並可過濾截留農藥、肥料、廢污水、泥沙等污染物質，以保護水流、水質，避免魚兒遭受荼毒而且生育旺盛。該作法所發揮的功效將影響深遠久長，至其所需之經費及技術比起純工程方法如魚梯設施來，又節省多多；更重要的是這方法對我們林務人員來說，應是早有經驗且深具信心，可即刻辦理而又有把握圓滿達成目標。現在讓我們看看國寶魚—櫻花鉤吻鮭自然保護區的問題，溪流棲地一側、平坦山崗上的綿密森林被伐除後，代以高冷帶蔬菜水果的種植，放眼望去盡是光禿禿的墾區，當森林鬱閉破壞，林地裸露後，該山間小盆地的微氣候頓由溼潤冷涼變為沉悶燥熱，氣溫上升，水溫隨之而上，據報告指出最高水溫如果超過 17°C ，該國寶魚便會絕跡；此外農場及遊樂區之農藥、肥料、事業廢污及急速崩坍沖刷的砂石也盡數納流到這條溪流上，這無異令已面臨斷續存亡關鍵的櫻花鉤吻鮭，雪上加霜。雖僥幸對側陡坡上仍留有一大片松樹純林，對現存魚類及其棲地的庇護不無小補，惟細考該林分的生態型乃屬陽乾性，潛在著森林火災週期性發生，進行更新演替的特性，誰知道那一天這片森林真被燒了，那麼武陵櫻花鉤吻鮭可能就永劫不復了。如今我們務先未雨綢繆，除了謀求溪流棲地上如攔砂壩、農場污水等問題之解決外，更應即刻運用植生工法進行全盤性長遠的規劃，以全面改善當地的大環境，果能成功則國寶魚的未來絕不僅侷促在這日益縮減的4、5公里溪流間，他們必能如其祖先一般，到更遙遠的地方優遊。茲以照片11至14，進一步說明該項工作的作法。

三、木、石、網、籠棲地改善設施：

保護河流、穩固堤岸除了上述植生工法外，也可運用森林地區容易取得的岩石、原木或輕便的尼龍布網、蛇籠等材料，利用簡單的工具加以安排組合，堆置在崩坍邊岸、防止水流掏挖侵蝕，累疊在沖刷嚴重的河段，截留泥沙。此外還可應用這些材料來控制溪中水流的速度、方向、能量及水質，以排除溪流棲地中魚類活動生育的障礙，並創造優良的

生育環境，如形成深潭蓄養大魚、形成洞隙庇護小魚、形成平流小石床俾利母魚產卵育雛等，其功能不勝枚舉而其所需經費不多，惟需具備良好的漁業技術、學識、經驗始克成功。茲以圖二至及照片15,16,17,19，進一步說明該項工作的作法。

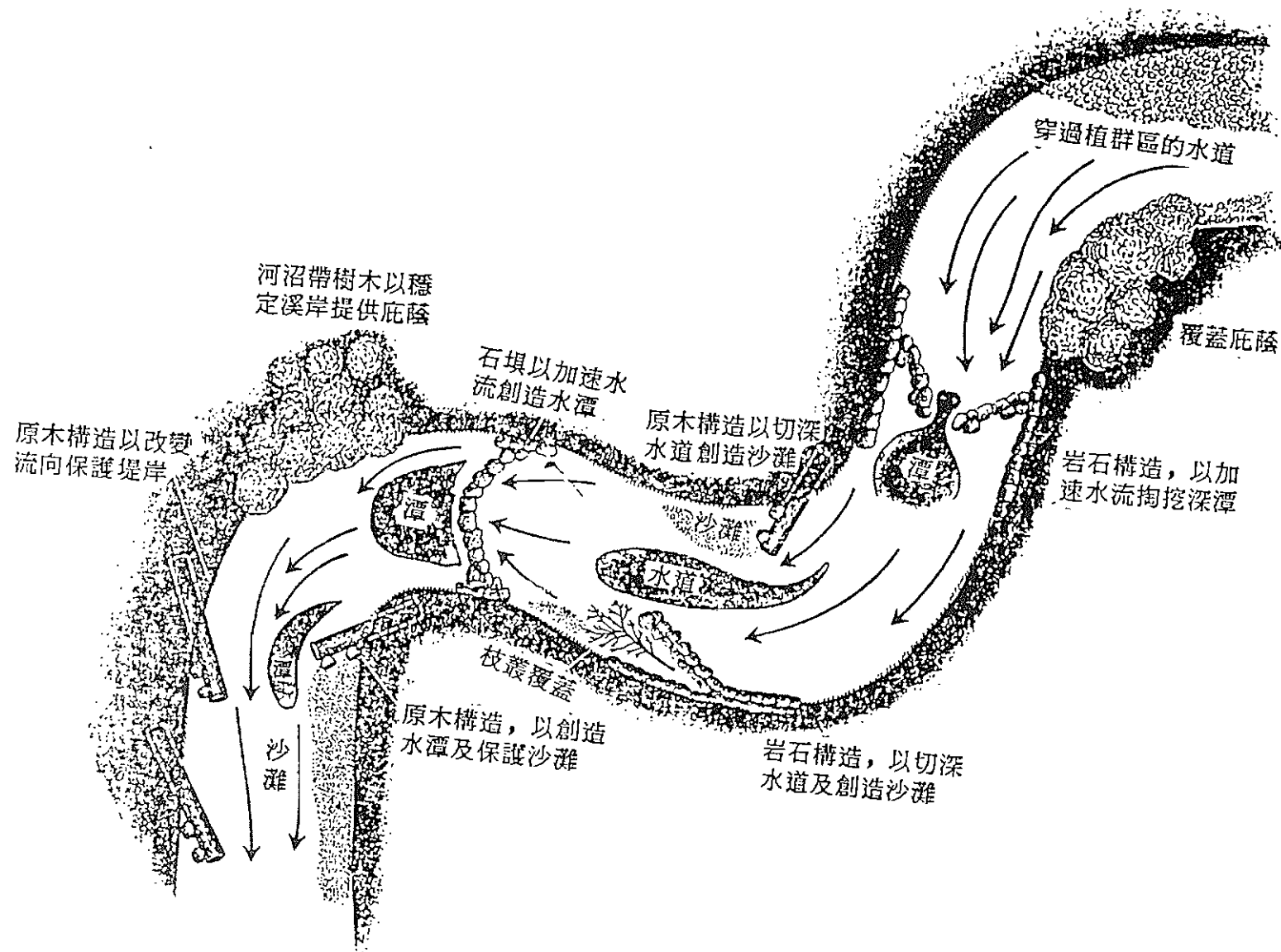
四、其他

如構築柵欄、鐵刺網甚至電網等藩籬阻隔牲畜、野生動物或人類活動以保護水源、水質及魚類棲地。發揮創造力，隨地取材隨機應變，利用坊間販售的水泥柱、路肩樁等現成材料組合成簡易的魚道設施。在本土保護魚種受外來種競爭威脅的棲地，構築高壩形成魚類溯游的障礙(Fish Barrier)，並用植物毒劑(如Rotenone)毒殺障壩上游的魚類，將外來魚種悉數驅除，再將固有種引入該河段復育，以使該受保護的本土珍貴稀有魚種得以生生不息。茲以照片18,20進一步說明這工作的作法。

肆、實例探討：

一、胡佛山國有林火燒跡地溪流魚類棲地改善：

位在奧立岡州中北部，胡佛山國有林內長白峽(White Canyon)上游的無名溪，曾是棲息在長白峽川中的鐵頭鱒(Steel head Trout)最佳產卵場所，16年前1974年間的一場大火，將無名溪兩旁大約9000畝的森林化作灰燼，隨著植被消失、林地裸露、土壤沖蝕遽增，使原本深峻的溪流頓時淤積，變淺變寬，成了野溪亂流。直到三年前林務署推展魚類計畫，在這兒施行棲地改善工作，利用岩石，殘留木，或堆砌成堤岸或構築為淺壩蓄積水源，並應用植生工法在溪兩旁插植Cotton



圖二·溪流魚類棲地改善構造

Wood(楊柳科)，不久便使焦褐的土地湧出了清泉、蓋上了新綠，淺淺的泛流如今又匯成了深深的緩流，水來了、綠樹來了、魚兒也回來了，水鼠(Beaver)又開始在銜木築壩，守淵待魚，使這兒的水潭更多、水氣更旺，從此死寂的火燒跡地，呈現一片欣欣向榮，回復了以往熱鬧的景象。茲以照片21,22加以說明。

二、達荷湖(LakeTahoe)林林遊樂區魚類棲地改善：

達荷湖南北長約35公里，東西寬約20公里，縱深達500公尺，是一個橢圓形的火山口湖，位於美國加利福尼亞州東陞與內華達州接壤之處。這是一個極富盛名的全年性旅遊勝地，該湖集水區魚的種類多且豐富。平常有眾多的旅客到這兒遊覽垂釣，也有很多明星巨賈在湖邊的豪華別墅休閒，與在這兒從業謀生的居民及豪華旅館，構成一幅繁華熱鬧的景象。在生意如此興旺的遊樂區內，這口湖的水質卻保持的相當清澈優美，湖中豐富的魚類資源更引得騷人墨客流連忘返。至於她如何維持如此勝景歷久不衰，據我個人所知，除了她天生麗質擁有良好的地理、地質特性外，如下數點也是很重要的因素，頗值得作為我們工作的借鏡。

- 1.湖四周大部分為國有林地，而西南岸有部分土地係私人及州政府所有，這地帶也正是遊樂設施最多的地方，其中又以私有地上的旅館及遊憩構築最為密集，看起來確實顯得稍嫌擁擠。再看看國有林區域就舒暢多了，除道路、橋樑、水土保持工程及必要的管理維護、教育解說設施外，均保持其天然優雅的森林狀態，這除了具有疏解緩和達荷湖區的遊樂沖擊外，最能顯現國有林以國土保安、自然保育為宗旨的經營特色，確實不同於他類土地。
- 2.全區裝有完善的污水下水道設施，使污水與雨水分流，家庭及各事業廢污水均經由收集管道抽離至數拾公里開外的污水處理場。此外政府也備有嚴格的法令，限制廢污水排放入湖，而當地的使用者也都具有共同維護美好環境的共識，嚴守分際絕少違規。如果真有發現違法事

件，公務人員絕不姑息坐視，隨即強制告發；若造成破壞改變，則令其限期回復原狀。本人即在一次與林務署一名野生動物專家同行勘察魚鷹(Osprey)保育區的途中，偶遇三名青少年在其住居附近的國有林地上，挖掘三輪越野車競技場，該林官旋即下車盤查、筆錄、拍照存証並召來肇事者的父母，要他們負連帶法律責任；再用無線電與總處之該管負責人聯繫交代妥當後始繼續我們的行程。

3. 選擇適當地點建造出入口，方便人船入湖又減少船體拖拉對堤岸產生破壞；構築護岸、護坡及培育保護林帶，並加強沖蝕嚴重地區之管理保護，設置柵欄及禁制標誌，防止人畜入內加速沖蝕破壞；在山崩地滑之處構築良好的水土保持設施，減少土沙流失，並在含沙量高之溪流挖置沉沙池塘，以減少泥沙流入大湖。許許多多的設施都是為維護大湖及其溪流的水流、水質而建造。
4. 為魚類之保育，設置魚梯及利用木石結構，改善魚類棲所，克服降湖性魚類迴遊的障礙以保育魚類。例如在多處與道路交會之河段，因過去工程設計及施工人員未顧及魚的問題而將橋底床、涵管埋設過高，致形成瀑布般的水流成了魚類活動的障礙，於是利用大石頭在橋基下游構築多段潛壩，像水梯般地將原本有1公尺落差的水流，逐漸提昇至與橋床同高，涵管底盤另裝有階梯以便魚類攀游，另在其上游也建築多段潛壩，以分散進入涵管的水量、動能、減底水速，俾利魚兒通過。在重要的河段設置照相點(Camera Point)，定期定點拍攝相片以比對當地先後變化情形，嚴格監測魚類棲地環境及改善設施之安定性。
5. 在流經遊憩活動區（烤肉區）之溪流兩岸，加強溪流魚類及棲地之保護與宣導，其中以請遊客勿為取薪材而移走溪中水流木，以創造魚兒棲所最具特色；另保育單位經與遊樂開發單位之協調而封閉河岸及一側的設施區，俾做為棲地保護的緩衝地帶，並擬訂計畫，交替使用兩岸設施區，俾兩岸土地均有喘息的機會，以發揮其長遠的效益。在區

- 內的河流有甚多的棲地改善設施，尤以護岸原木的安定為最，除對該沖擊最大地區加以嚴密保護外，也成了最適當的機會解說教育場所。
6. 魚類展覽館是個半天然的地下水族館，就蓋在一處近湖溪流的河沼地帶，導引側流及魚兒進入景觀窗前的水潭，活生生的解說材料盡入眼底，一目了然鱒魚的生活與習性，真是個最有可看性的教育推廣場所。另外洗魚站那兒有位嬌美的管理員，不厭其煩地測量、記錄每隻被釣起待宰的魚兒，這工作不僅在蒐集該湖區的魚類資訊，作為制定釣魚規則的參考，且也是該區另一個最佳的魚類展示場所。
7. 除了上述硬體設施維護棲地環境外，軟體性組織業務管理工作則是使設施功能發揮的主導。管理單位透過周詳的調查研究評估，專家們隨時監測著該區內的環境品質，尤其近年來林務署魚類計畫一昇向未來(Rise to the Future)推行以來，該區域有關魚類棲地調查、棲地改善的調查研究更是成績斐然，屢有精闢而具影響力的報告發表。目前達荷湖國有林事業處就有五位魚類專家及六位水文專家擔綱負責林務署魚類計畫之執行，其任事之勤，工作之投入及專業知識技能的豐富，更是達荷湖國有林區域魚類資源保育工作的根基。茲以照片23至30進一步說明達荷湖國有林魚類保育工作。

伍、結 語

自來緣木求魚總被認為是不可能的事，其實大自然界也確有一種叫泥猴（又叫花跳、彈塗魚）的魚，能用它特異的胸鰭攀爬樹幹；又有一種山椒魚的爬虫類，想看看天然的它，也真要到密林的倒木叢找呢。

三十年前的林業人員，又有幾個了解到保護魚類也是林業單位的重責大任；惟森林多目標經營的政策確實包容廣大，而致森林溪流魚類保育工作計畫也責無旁貸地落在我們林業人士的身上，如此一來又有誰說緣木求魚是不可能呢？

追尋魚類保育史的源流，不難發現，魚類保育乃由於水源、水質問題的惡化而被凸顯出來，今從事魚類保育也正是保護我們賴以維生的水源水質；至於進行魚類棲地改善工作，其實也是泥沙沖蝕控制(Sediment Control)、固土護坡、水土保持、治山防洪工程的一種；此外透過棲地調查及棲地改善工作，無異於加強河川棲地的巡護與監控，更可緝止非法漁獵行為。由此可見魚類保育工作非僅增加森林資源，尚且有一舉數得的實質效益。

近來世事的轉換真是滄海桑田、瞬息萬變，時代的進步更是日新月異、不待須臾；對於新事務的認識及新知的追求成了策動我們求新求變、趕上時代、不落人後的原動力。邇後有關魚業事務的處理及魚類知識技術的探討，將成為我們這羣森林工作者新的工作方向，奮鬥目標。

展望未來，困難險阻在所難免，但在大家相知相惜、同心協力的投入下，相信我們又將為林業開創一番新境界。本人在此新生入學階段，不揣淺陋，勉力為文，繆誤之處，自料難免，尚祈前輩們不吝指正。

參考文獻

- 丹尼爾巴特金、謝長富 1986 拉拉山自然保護區生態資料庫設立之建議書 農委會生態研究第004號。
- 林曜松 曹先紹 張崑雄 楊平世 1988 櫻花鉤吻鮭生態之研究 (二) 族羣分布與環境因子間關係之研究 農委會77年生態研究第012號。
- 郭寶章 1971 森林資源保育與集水區經營 中華林學季刊4卷4期。
- 張崑雄 林曜松 1988 世界鮭鱒魚類會議及考察報告 臺大動物系生態研究室。
- 農委會 1986 自然文化景觀保育論文集(二)鮭鱒魚保育專輯 農委會林學特刊40號。
- 鄭明能 新店溪上流自然環境與魚類生態 野外雜誌社第157期。
- 與儀善宣 中村廣司 1938 臺灣高地產梨山鱒(櫻花鉤吻鮭) 林曜松譯(1984) 內政部營建署。
- Allendorf, F. W. 1988. Conservation biology of fishes. Conservation Biology Vol. 2, No. 2, pp. 145-147.
- Danne, T. and L. B. Leopold. 1978. Water in environmental planning. W. H. Freeman and company, N. Y.
- Ford, E. W. 1989. An integrated approach to identifying, assessing and funding watershed improvements.
- Hunt, C. E. 1988. Down by the river. Island press washington D. C.

- Rosgen, D. L. 1989. A stream classification system. Fort Collin, Colorado Wildland Hydrology Consultant.
- Schimal, R. N., S. J. Kozel, and S. S. Marsh 1989. A basinwide inventory approach using a channel type and habitat type classification system. U.S. F. S. Region 4, Medicinebow National Forest.
- Sinder, W. M., J. L. Kershner, and G. E. Smith. Instream flow requirement of selected salmonoid resources. State of California, Department of Fish and Game.
- Virgoric, D., D. McKinley, and B. Staber. 1987. Big Thompson River fish habitat restoration project.
- Wilkinson, C. H. and H. M. Anderson. 1987. Land and resource planning in the National Forests. Island Press, Washington D. C.

附錄一 森林溪流魚類棲地調查基本表暨使用說明

森林溪流魚類棲地調查基本表

林管處_____ ☐ 工作站_____ ☐ ☐

事業區_____ ☐ ☐ 林班_____ ☐ ☐ ☐ ☐

縣_____ ☐ ☐ 鄉(鎮)_____ ☐ ☐ ☐ ☐

溪流名稱_____ ☐ ☐ ☐ ☐

集水區名稱_____ ☐ ☐

航空照片基本圖編號_____

調查河段編號_____之_____ ☐ ☐ ☐ ☐ (起點_____迄點_____)

斜坡率_____長度_____ (公里) 海拔高(最低_____最高_____)公尺

照片檔案號碼_____捲_____張至_____張

河沼地帶優勢植羣_____ ☐ ☐ _____ ☐ ☐ _____ ☐ ☐

河沼地帶寬度_____ (公尺)

山谷型態_____ ☐ ☐

河床寬度_____ (公尺)

河道型態_____ ☐ ☐

河道寬度_____ (公尺) 河道穩定度_____ ☐

河岸沖刷情形_____ ☐ ☐

流速_____ (cms) 水溫_____ (°C)

水質狀況_____ ☐ ☐

主要魚種_____ ☐ ☐ _____ ☐ ☐ _____ ☐ ☐ _____ ☐ ☐

評論_____

調查人員_____

日期_____年_____月_____日

森林溪流魚類棲地調查基本照片資料檔

檔名

(起點_____迄點_____)

照片註記： 照相者_____日期_____

捲	張	速	度	光	圈	主	題	備	註
☐	☐	☐	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
☐	☐	☐	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
☐	☐	☐	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
☐	☐	☐	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
☐	☐	☐	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
☐	☐	☐	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
☐	☐	☐	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
☐	☐	☐	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
☐	☐	☐	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
☐	☐	☐	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
☐	☐	☐	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
☐	☐	☐	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
☐	☐	☐	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
☐	☐	☐	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

註：本資料檔應含有下列 6 項主題：

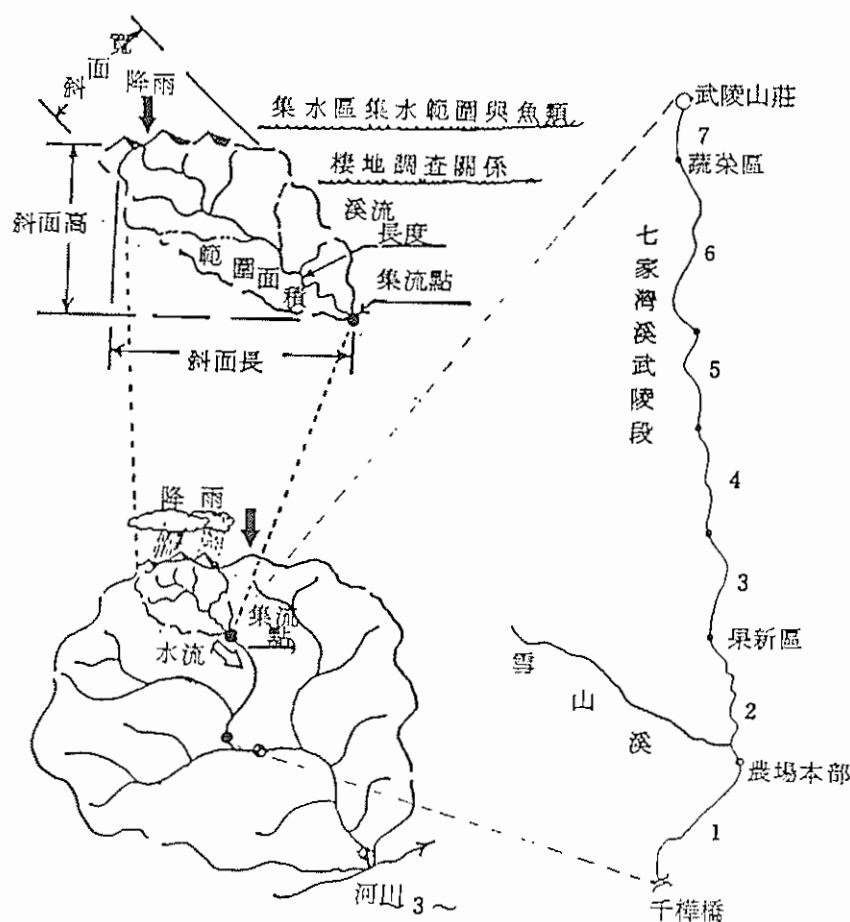
- | | |
|-----------|--------------|
| 1.山谷型態 | 4.河沼帶狀況及其植羣構 |
| 2.河床狀況 | 5.河岸邊坡沖刷穩定狀況 |
| 3.全程之河道型態 | 6.特殊景象及事件 |

森林流魚類棲地調查基本表使用說明

本項調查工作跟我們森林工作者向來從事的森林大地測量工作沒什麼不同，只是過去多施行於林木生長的地方，而今將之應用到魚類棲息的場所溪流；因此這項調查工作對森林工作者而言應可駕輕就熟順利完。

一、預備工作：

魚棲地調查多以流域調查為主，該流域範圍可依集水區涵蓋地域增加而擴大，也可鎖定在溪流某支流集水範圍而縮小(如圖一)



(圖一；集水區集水範圍與魚類棲地調查關係示意圖)

至調查對象之選取，可由危機、代表性、獨特性三方面加以考量（本次調查以各工作站轄區內具有代表性的一段溪流5到10公里的河段為對象進行調查），在選定調查的溪流、河段後即進行如下的作業程序：

- 1.將選定的溪流標定在五千或一萬分之一的像片基本圖上；同時將之標定在相關的圖籍上。
- 2.利用圖面判釋配合對現場狀況之了解，在兩支流交會點或具明顯陸標（如橋樑橫跨）處，或習慣指稱之地段（如武陵段、桶后段）設立標誌，而將該選定的溪流分成數個河段。
- 3.選擇上項數段落中之一個具有代表性而易於從事調查工作且長度在五至十公里的河段為對象，給予河段名稱，將該段溪流中河道型態（參考附件：河道型態分類參考圖）類同之段落為單一位，設立標誌，而將該河段分成數個分段單位，由下游往上游予以編定序號。
- 4.以〔“河段名稱”+“分段單位總數”+“分段單位序號”〕作為棲地調查表之「調查河段編號」：如圖一，假定七家灣溪武陵段由千樺橋至武陵山莊，該段長五公里的溪流依河道型態之連續間差異分成七個單位，由千樺橋至農場本部為第一分段，由農場本部至果新區為第二分段……至第七分段，依每個分段為一單位，填製一張魚類棲地調查本表，該河段計有七張基本表：

第一張基本表之「調查河段編號」為〔武陵₇之1（起點千樺橋迄點農場本部）〕

第二張基本表之「調查河段編號」為〔武陵₇之2（起點農場本部迄點果新區）〕

：：：

第七張基本表之「調查河段編號」為〔武陵₇之7（起點蔬菜區迄點武陵山莊）〕

5.填製「溪流魚類棲地調查基本表」中「調查河段編號」以前之項目，如后：

林管處、工作站、事業區、林班：

填製查溪流所在地的林政區名稱。縣、鄉（鎮）：填入該調查溪流所在地的行政名稱。

溪流名稱：

就應用於像片基本圖及林業有關圖籍、資料上之正式名稱填寫。

集水區名稱：

就應用於台灣地區集水區圖上所列之名稱填寫。

航空照片基本圖編號：

依現行使用之五千或一萬分之一的像片基本圖為準，將圖上註記之編號填入。

調查河段編號：

如上述作業程序所述填寫。

二、調查工具、器材資料：

- 1.已完預備作業之調查基本表，有關之圖籍資料（航空照片、像片基本圖、地形圖、林班圖、事業區圖、集水區圖等）。
- 2.攝影器材。
- 3.測量儀器：皮尺、測桿、水準儀（或測高器）、羅盤儀、海拔高度計等。
- 4.測水溫計、流速計（或碼錶加染色劑）。
- 5.釘標定界工具材料：如木椿、布條、噴漆、鋤頭等。
- 6.其他，如魚類圖鑑，山谷、河道型態分類參考圖、相關之調查手冊等。

三、野外調查與記錄：

茲以填製「溪流魚類棲地調查基本表」中「調查河段編號」之後的項目加以說明如后：

斜坡率、長度、海拔高：

以水準儀實際量測該調查單位最下游點與最上游點的高程差（或粗放地以海拔高度計測得之 實際海拔高度填入），並以此高程差被該單位溪流長度除，所得之商以百分率（%）表示，即為斜坡率。

照片檔案號碼：

請依附表填製「照片資料檔」，以〔“溪流名稱”+“調查河段編號”〕為檔名，由下游往上游依序編號。註：本調查請使用每捲36張之負片拍攝，沖洗成照片4套，工作站、管理處各存1套，另2套隨「調查基本表」及該「照片資料檔」函送至局，底片則由工作站專人負責編檔保存。

河沼地帶優勢植羣：

河沼地帶係指溪流兩旁土地，其土壤含水率呈飽和狀態的地帶，其上多有濃密的植羣被覆，偶為沼澤區域；另在高山深谷區則指兩岸邊坡，植被繁生，可直、間接罩蔽溪流魚類棲地之地帶。請列出生長在該地帶上的植物至少3種，請依序列，並請拍照存檔。

河沼地帶寬度：

量測該地帶左、右兩帶最外緣至河中心線的距離。

山谷型態：概分為三型

1.  “V”型憑調查者經驗判斷填寫。
2.  “U”型並予以拍照存檔。
3.  “寬廣”型

河床寬度：

指兩山坡間溪石密布，沙石裸露少植生被覆一眼望去狀似平坦部分

的寬度距離。請以平均寬度填入。

河道型態：

可概分為A、B、C、D四大類型，再由其中細分為A₁、A₂、B₁、...C₁、C₂、.....D₁、D₂等凡19.個次類型。詳請參照附圖：河道型態分類參考圖，由調查者加以鑑別判斷該調查河段應屬何型填入基本表；並拍攝全段河道狀態照片存檔。

河道寬度：

指調查時行水區域的寬度距離。請以平均寬度填入。

河道穩定度：

憑調查者之知識及經驗判斷，該行水河道變遷的情形，不易變遷者則穩定度大，反之則小，該項請分成“大”“中”“小”三級填列。

河岸沖刷情形：

憑調查者之知識及經驗判斷溪流兩旁邊坡、堤岸土砂沖蝕流入河道的量，分成“大”“中”“小”三級填列。

流速：

可應用流速計測定，或以染色劑配合碼錶計算每秒鐘水流的距離有多少公分。

水質狀況：

以調查者的知識及經驗判斷該河段內的水質，分成“優”“可”“劣”三級填列。

水溫：

以溫度計實際量測該調查河段的水溫為多少℃填入。

主要魚種：

就調查所見配合文獻記載及對釣魚人士的查訪，列出該河段主要的魚種至少4種，請依序排列。若有機會拍攝到河段內的魚種照片請務必把握良機拍照存檔。

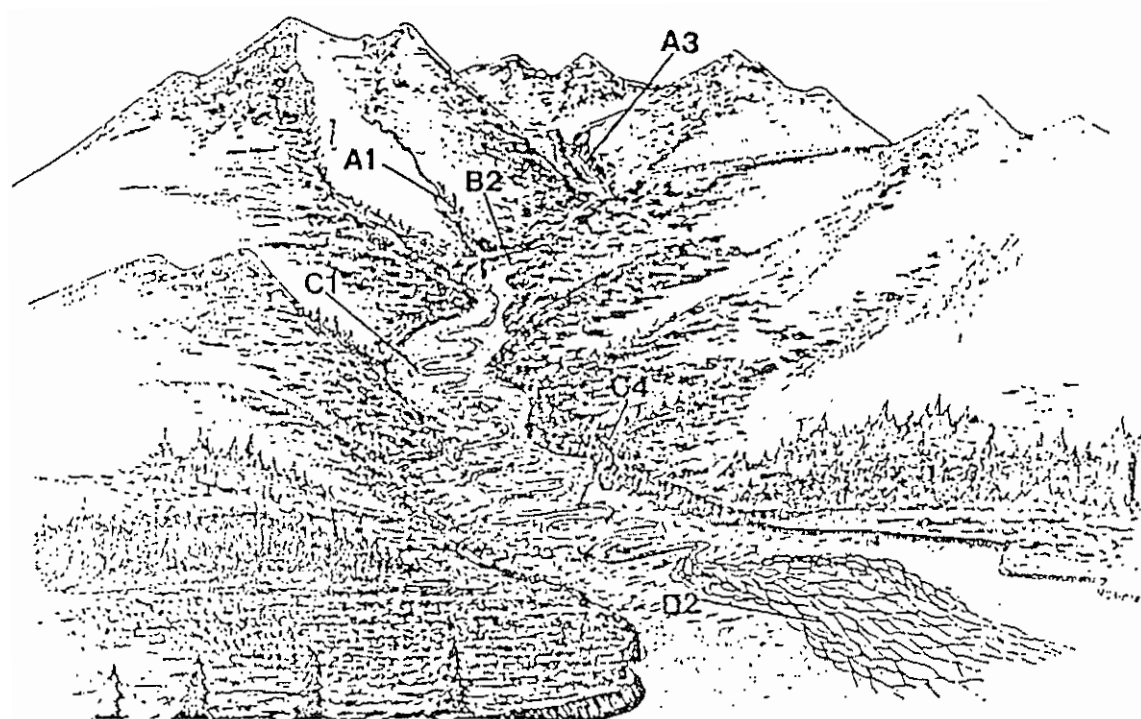
評 論：

請描述調查區域的環境狀況，現存及潛在的威脅水族生態的因子，及所知所見的特殊事件，如毒、炸、電、網、釣魚的情形，該河段是否曾被毒過，來此電魚、網魚、釣魚的人多不多及調查地區所出現的野生動物行跡。並請提具保護構想、方法及對本表格使用之意見。

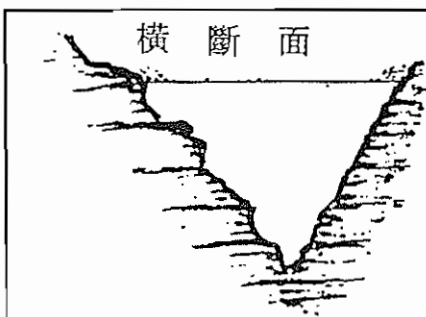
調查人員：請列出直接參與本調查工作人員的姓名。

日 期：請填入野外實地調查之起迄日期。

(註：本表內空□□□處係預留之電腦代號，暫勿填寫)



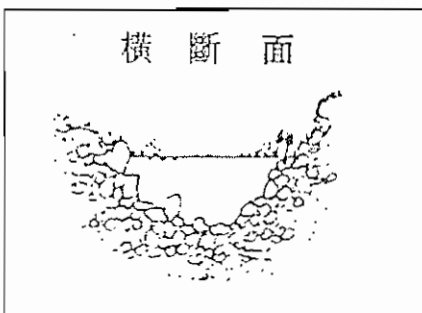
河道型態分類參考圖



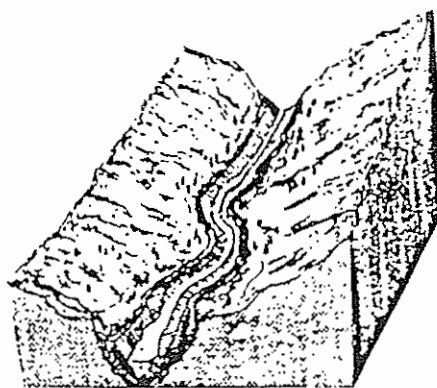
河道型態 A1



總述：陡峭之地質母岩河道
 地形／土壤：陡峭谷壁；大部分為地質母岩
 斜坡率： $\geq 4\%$ 曲率：1.0～1.1
 寬／深比： ≤ 10
 河道組成：地質母岩與大型巨石
 切割情形：很深
 洪水限制情形：很嚴格



河道型態 A2



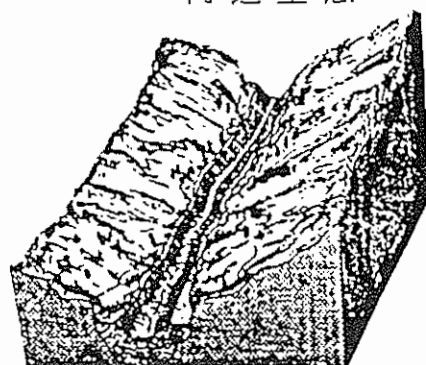
總述：河道巨石滿佈
 地形／土壤：堆積型，陡峭 邊坡；地形穩定
 斜坡率： $\geq 4\%$
 曲率：1.1～1.2
 寬／深比： < 10
 河道組成：大到中型巨石
 切割情形：很深
 洪水限制情形：很嚴格



橫 斷 面



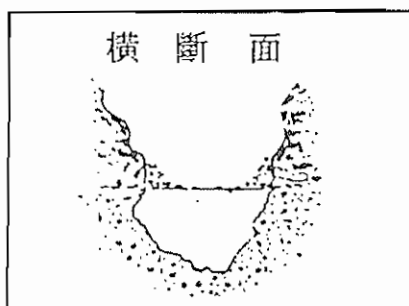
河道型態 A3



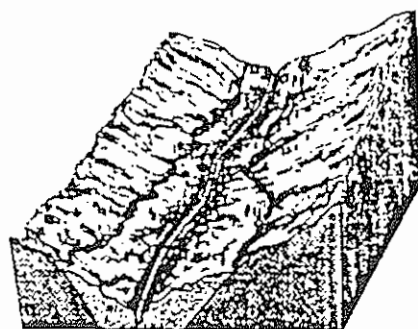
總述：陡而易沖蝕崩坍之粗粒質河道
 地形／土壤：陡峭的崩 岩層；冰河深積之礫
 土式尚未固結之粗粒質淤積土
 斜坡率： $>4\%$
 曲率： $1.2 \sim 1.3$
 寬／深比： <10
 河道組成：巨石、卵石、礫石及砂
 切割情形：很深
 洪水限制情形：很嚴格



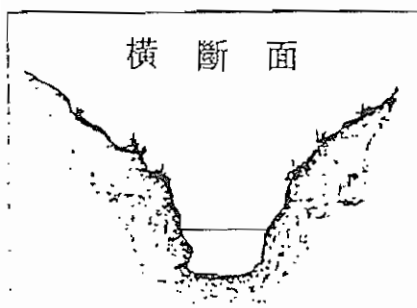
橫 斷 面



河道型態 A4



總述：陡而易沖蝕崩坍之細粒質河道
 地形／土壤：陡峭；不安定的堆積坡由冰河形
 成之湖積土層及花崗岩塊組成
 斜坡率： $>4\%$
 曲率： $1.2 \sim 1.4$
 寬／深比： <10
 河道組成：砂，泥
 切割情形：很深
 洪水限制情形：很嚴格



橫 斷 面

河道型態

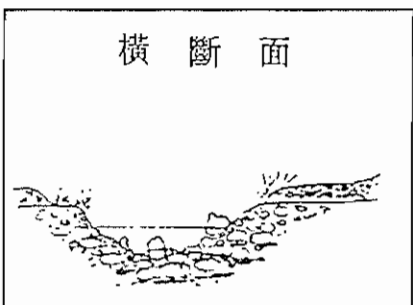
A5



總述：陡，泥粘土質河道
 地形／土壤：陡坡，粘及泥質壤土，有機殘
 屑及泥沙淤積均有
 斜坡率： $>4\%$
 曲率： $1.2 \sim 1.5$
 寬／深比： <10
 河道組成：粘土或淤泥
 切割情形：很深
 洪水限制情形：很嚴格



橫 斷 面



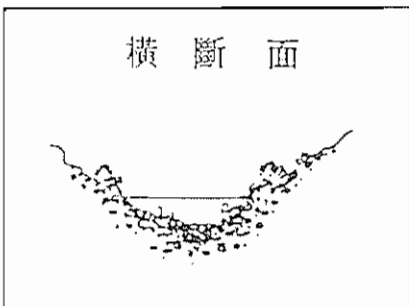
河道型態 B1



總述：中等坡度，安定的大型石頭河道
 地形／土壤：平緩安定；粗粒質
 斜坡率：2.5～4.0 %
 曲率：1.1～1.3
 寬／深比：5～10（平均值 $\bar{x}=10$ ）
 河道組成：小型巨石，大型卵石，礫石
 切割情形：中等深度
 洪水限制情形：嚴格



橫 斷 面



河道型態 B2



總述：中等坡度，安定的中型石頭河道
 地形／土壤：中度 陡坡；粗質淤積土壤
 斜坡率：1.5～2.5 %
 曲率：1.3～1.5
 寬／深比：8～20（ $\bar{x}=14$ ）
 河道組成：大型卵石，礫石及砂
 切割情形：中等深度
 洪水限制情形：嚴格



橫 斷 面



河道型態 B3



總述：中等坡度，不安定的小型石頭河道
地形／土壤：陡到堆積初成之中等坡地，邊坡不安定；沉積之沙石及未固結的粗型物質堆質而成。

斜坡率：1.5 ~ 2.5 %

曲率：1.3 ~ 1.7

寬／深比：8 ~ 20 ($\bar{x} = 12$)

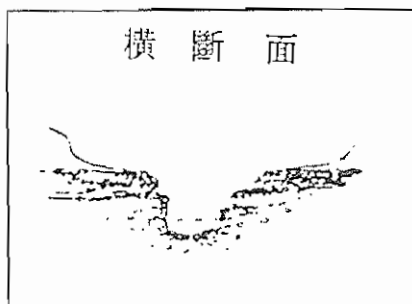
河道組成：小型巨石，卵石，礫石及砂

切割情形：中等深度

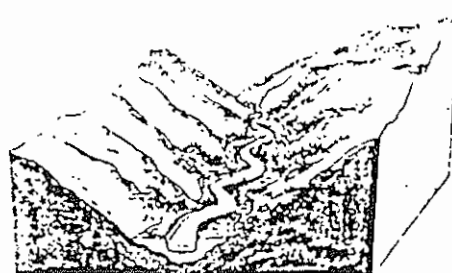
洪水限制情形：嚴格



橫 斷 面



河道型態 B4



總述：中等坡度，不安定的小石子／沙床河道

地形／土壤：不安定的邊岸；無粘性的細質沉積土

斜坡率：1.5 ~ 2.5 %

曲率：1.5 ~ 1.7

寬／深比：8 ~ 20 ($\bar{x} = 10$)

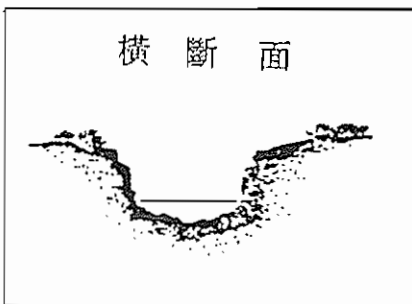
河道組成：礫石，砂及些許淤泥

切割情形：深

洪水限制情形：嚴格



橫 斷 面



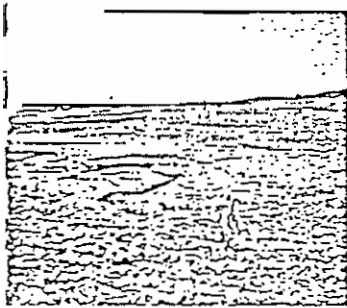
河 道 型 態

B5

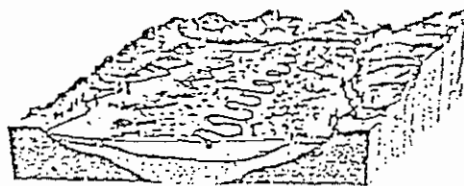
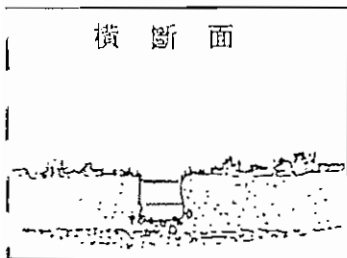


總述：坡度中等之泥土質河道
 地形／土壤：中至陡峭邊坡，含有機碎屑之粘性土壤
 斜坡率：1.5 ~ 2.5 %
 曲率：1.5 ~ 1.8
 寬／深比：5 ~ 15 ($\bar{x} = 8$)
 河道組成：泥／粘土
 切割情形：深
 洪水限制情形：嚴格

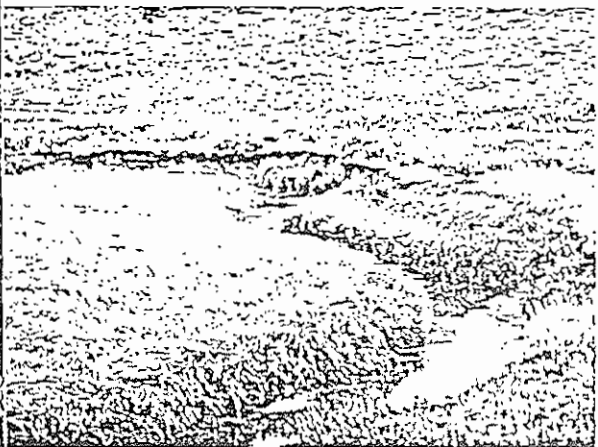
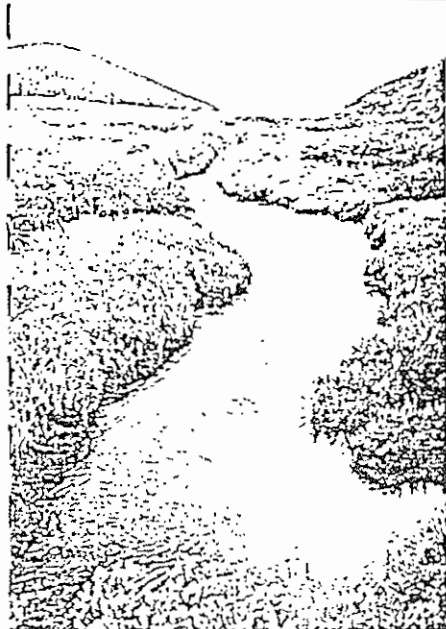
河道型態 B 6



橫 斷 面



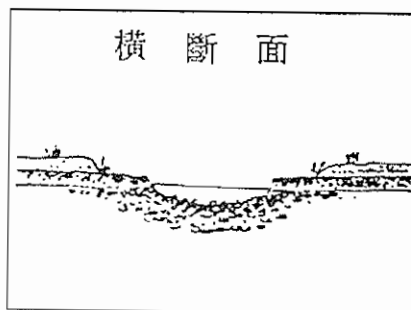
總述：山谷草原上深窄的粗粒質河道
 地形／土壤：細質沖積層形成之低河階；
 粗粒質河床
 斜坡率：1.5 ~ 4 %
 曲率：1.8 ~ 2.8
 寬／深比：0.6 ~ 4
 河道組成：以小礫石為主，帶些許卵石、
 細沙，並有安定的植被
 切割情形：深
 洪水限制情形：略嚴格



河道型態 C1



橫 斷 面



總述：山谷草原上平緩的小卵石床河道
地形／土壤：與河道成相關性安定的粗質河增

斜坡率：1.0～1.5%

曲率：1.2～1.5

寬／深比： > 10 ($\bar{x} = 18$)

河道組成：小卵石床；小卵石、礫石、砂所形成的堤岸

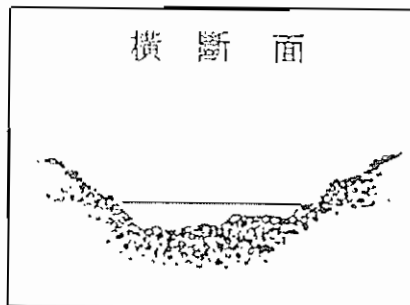
切割情形：中等深度到淺

洪水限制情形：中等

河道型態 C2



橫 斷 面



總述：平緩的卵石床河道

地形／土壤：粗質河增；因地形演化河道日益擴大

斜坡率：0.3～1.0%

曲率：1.3～1.5

寬／深比： > 10 ($\bar{x} = 20$)

河道組成：中、小型卵石

切割情形：中等深度

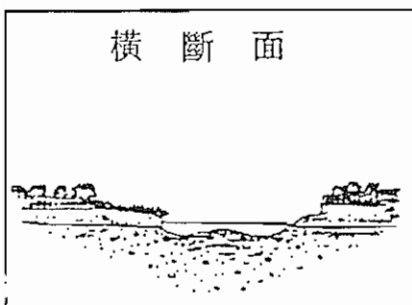
洪水限制情形：嚴格

河道型態

C3



橫 斷 面



總述：礫石床河道

地形／土壤：低河塔；小石子河床，邊岸不安定

斜坡率：0.5 ~ 1.0 %

曲率：1.8 ~ 2.4

寬／深比： > 10 ($\bar{x} = 20$)

河道組成：礫石河床，泥沙堤岸

切割情形：中等深度

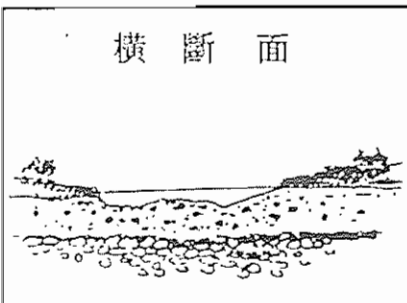
洪水限制情形：中等

河道型態

C4



橫 斷 面



總述：沙床河道

地形／土壤：沖積及積成之低河塔；由有機殘屑及其他沙形物質組成

斜坡率：0.1 ~ 0.5 %

曲率：2.5 + 1

寬／深比： > 10 ($\bar{x} = 20$)

河道組成：礫石、砂和些許淤泥

切割情形：中等深度

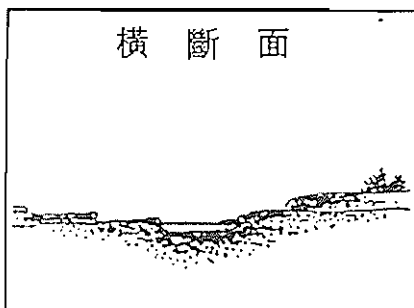
洪水限制情形：放任



河道型態 C5



橫 斷 面



總述：泥／粘土質河道

地形／土壤：低河塔；細質堤岸，湖積土黃土及其他細質土壤淤積或之扇形河床。

斜坡率：0.1%

曲率：2.5 +

寬／深比： > 5 ($\bar{x} = 10$)

河道組成：泥及粘壤土

切割情形：中等深度

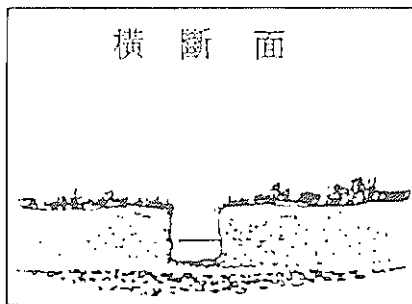
洪水限制情形：放任



河道型態 C6



橫 斷 面



總述：山谷草原上深窄的小粒質河道

地形／土壤：由細質沖積土構成的低河塔

斜坡率： < 0.9

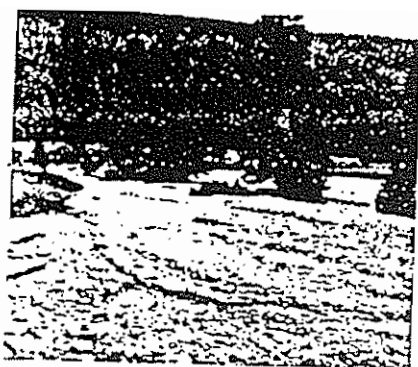
曲率：2.5 +

寬／深比： $> 3 +$ ($\bar{x} = 5$)

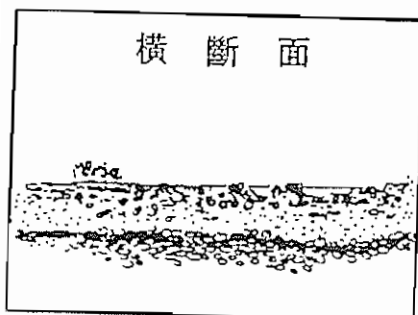
河道組成：泥沙及些許礫石

切割情形：深

洪水限制情形：放任



橫 斷 面



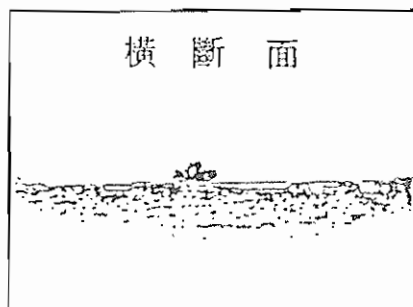
河道型態 D1



總述：陡坡上綽綽狀粗粒質河道
 地形／土壤：寬闊山谷中，河道常泛濫；粗
 質沖積土形成之外洗河塔
 斜坡率： ≥ 1.0
 曲率：—
 寬／深比：—
 河道組成：巨石，大到中型卵石，礫石
 切割情形：極淺
 洪水限制情形：放任



橫 斷 面

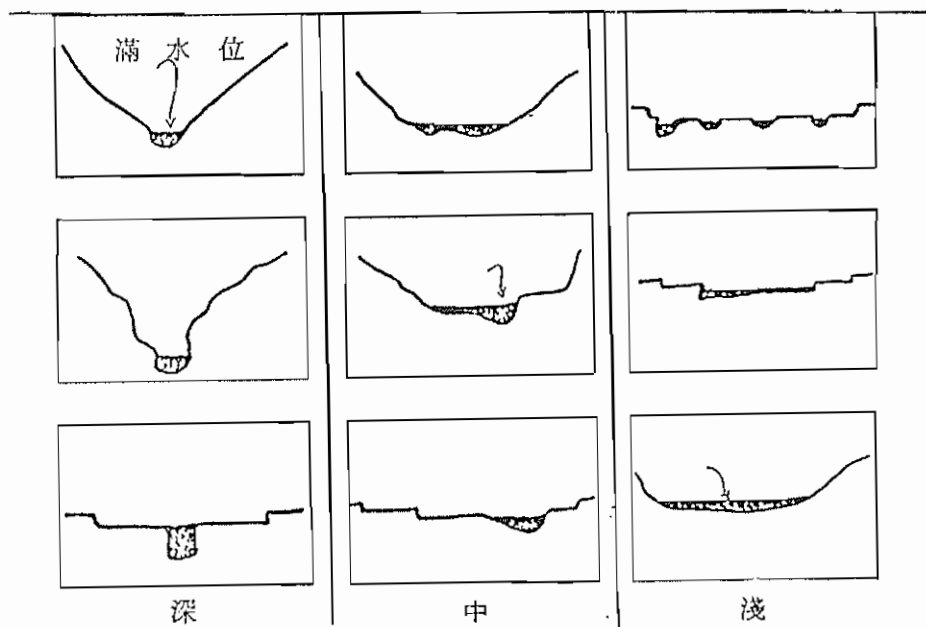


河道型態 D2

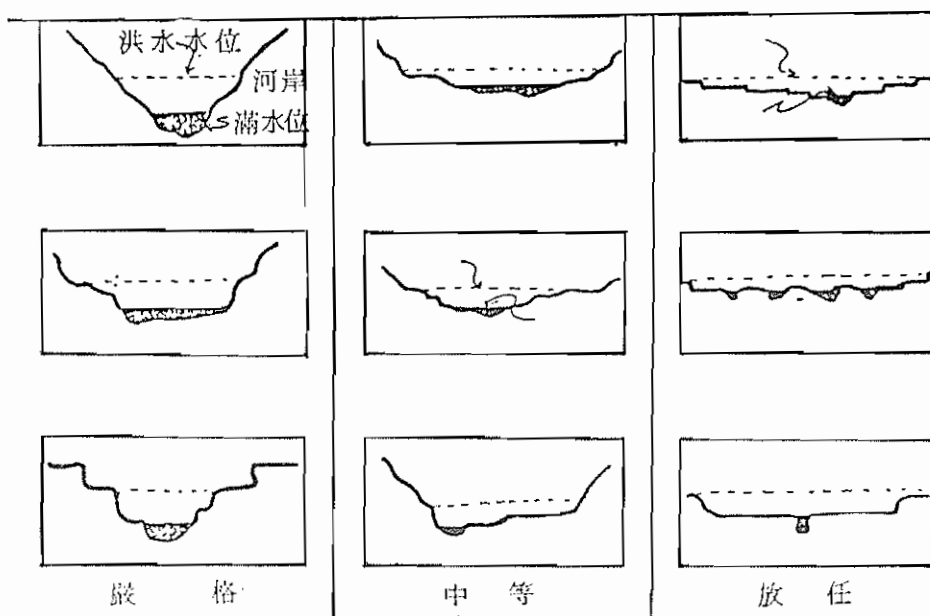


總述：平到中等坡度上綽綽狀沙質河道
 地形／土壤：寬闊山谷中河道常泛濫；形成細
 粒質沖積土層
 斜坡率： < 1.0
 曲率：—
 寬／深比：—
 河道組成：沙床，帶有些許中，小型礫石及泥
 切割情形：極淺
 洪水限制情形：放任

河道切割情形圖



山谷洪水限制情形圖



河道組成河床底質分類表

種類名稱	次分級	大小範圍(公分)	中間大小 (公分)	備註
地質母岩	——	——	——	
巨 石	大 型	100以上	——	
	中 型	100~50	75.0	
	小 型	50~30	40.0	
卵 石	大 型	30~15	22.5	
	中 型	15~8	11.5	
	小 型	8~5	6.5	
礫 石	大 型	5~3	4.0	
	中 型	3~1.5	2.25	
	小 型	1.5~0.5	1.00	
砂	粗	0.5~0.2	0.35	澄清，不被有機 質覆蓋或混合
	細	0.2以下	——	
泥 土	—	0.2以下	——	混濁狀， 被有機質覆蓋 或混合

附錄二 森林溪流魚類棲地型態分類資料表暨使用說明

森林溪流魚類棲地型態分類資料表

溪流名稱：_____

調查支流(河段)編號：_____ 支流序號：_____

集水區別：_____ 調查者：_____

調查日期：_____

1. 棲地單位資料

單位編號 _____

單位型代號 _____

構造型代號 _____

2. 水面積 / 容積

平均長度 _____

平均寬度 _____

平均水深 _____

最大水深 _____ 公分

3. 河岸狀況

凹岸水深 _____

凹出長度 _____

凹堤離底高 _____

4. 覆蓋率(%)

水生植被 _____

樹木殘屑 _____

5. 有機碎屑

LOD大木頭 _____

6. 溪床底質組成(%)

巨石 _____

礫石 _____

小石子 _____

沙 _____

泥 _____

底岩 _____

泥沙淤積率 _____

7. 評論

森林溪流魚類棲地型態分類資料表使用說明

本資料表乃承續附錄一：森林溪流魚類棲地調查基表本作業，進一步分析森林溪流內魚類棲息環境現況，據以評估該溪流魚棲環境的品質，及其與水族生產力之關係，並藉以對溪流環境加以監測，做為魚類保育與棲地改善之基礎。

茲將本資料表各項目之填寫內容說明如后：

溪流名稱：

就應用於航照基本圖及林業有關圖籍資料上之正式名稱填寫。

調查河段編號：

如附錄一棲地調查基本表使用說明，第4頁作業程序4所述填寫。

支流序號：

依圖一：溪（支）流序級示意圖所示由最上游水源頭往下游各支流依序編號；由相關圖片、資料判釋該調查河段應屬何種序號而予填入。

集水區名稱：

就應用於台灣地區集區圖上所列之名稱填寫。

調查人員：

請列出直接參與本調查工作人員的姓名。

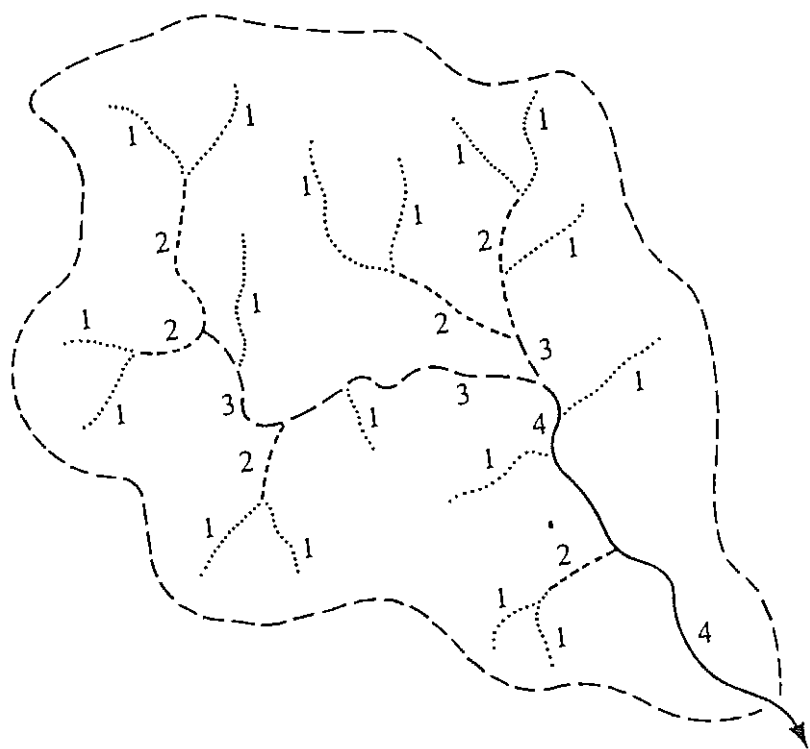
調查日期：

請填入實地調查之起訖日期。

棲地單位資料：

單位編號：將各類型棲地單位從調查河段之最下游點開始往上游依序編定代表號碼。

單位型代號：分為潭、瀨、流三大類型，其中又細分成數種不同小類型，本表參照對國林務署太平洋其西南林區之分類方



圖一：溪(支)流序號示意圖

法，分成22型，請參照所附圖版溪流魚類棲地型態分類參考圖所列，評定該棲地單位屬何類型，並以代表符號記錄（如"6"表示根株洄水潭）。

構造型代號：列出造成該棲地型的材料構造，如形成"潭"的因素為何物，以英文字母代如下：

B：巨石	F：瀑布	W：大木頭
S：彎流（曲流）	Z：人工改善構造	T：根株
R：動物所築之壩	R：橫圓木	C：涵管
P：水渦	O：其他	

水面積／容積

平均長度：測量該棲地單位上的長度數個，記錄其平均值。

平均寬度：測量該棲地單位上的寬度數個，記錄其平均值。

平均水深：測量該棲地單位上水最深值，記錄之。

河岸狀況

凹岸處水深：請依照附圖二與圖三河堤剖面示意圖所示，測量該部分的度量。

凸出長度：請依照附圖三河堤剖面示意圖所示，測量該部分的度量。

凸堤離底高：測量堤岸上所生植被之頂端至垂直水面的長度。

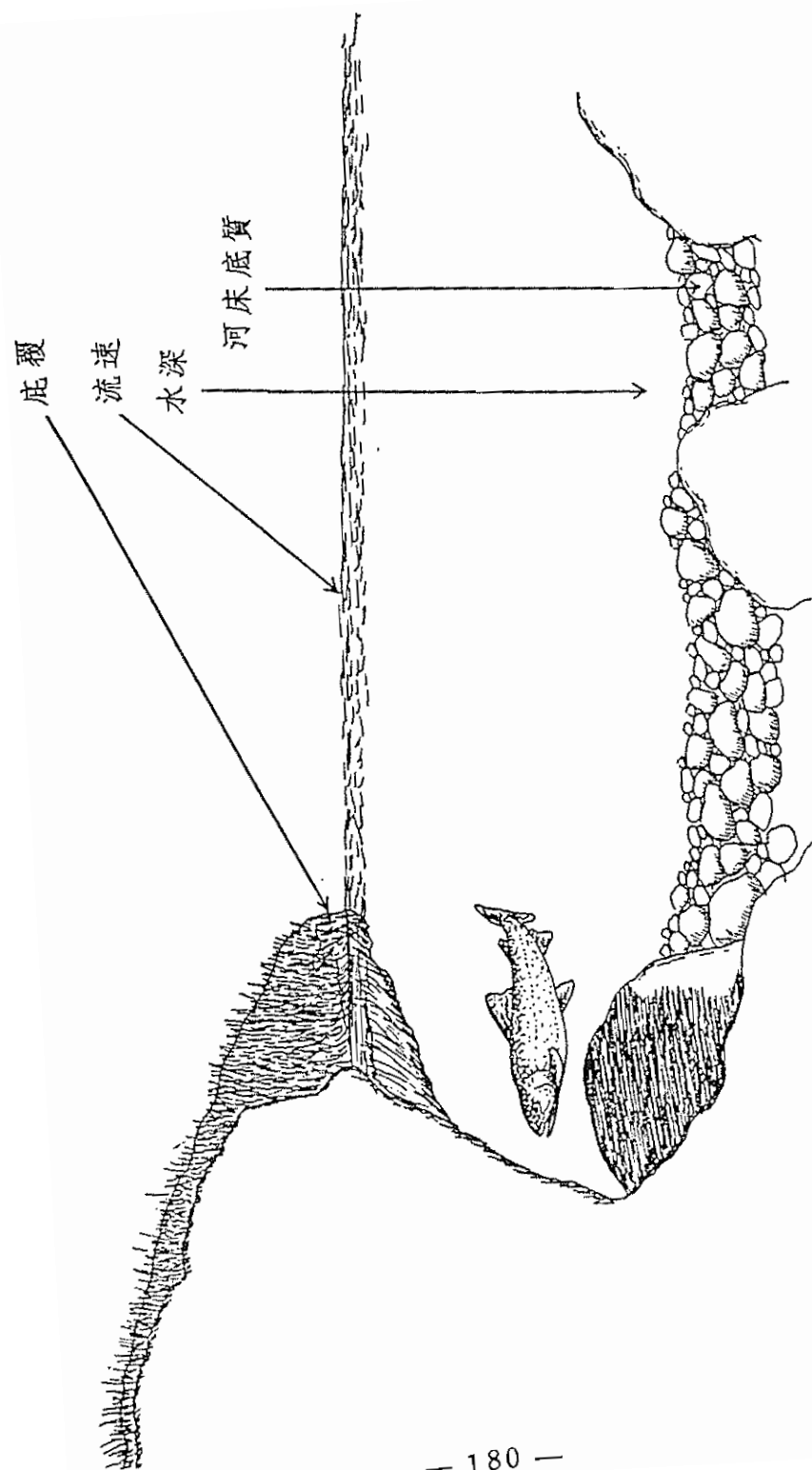
覆蓋率

水生植被：如藻類、苔蘚、水草、挺水植物及根株生長在水中形成覆蓋供魚類棲息之植物，憑視覺經驗評估其所佔該單位棲地全面積之百分比。

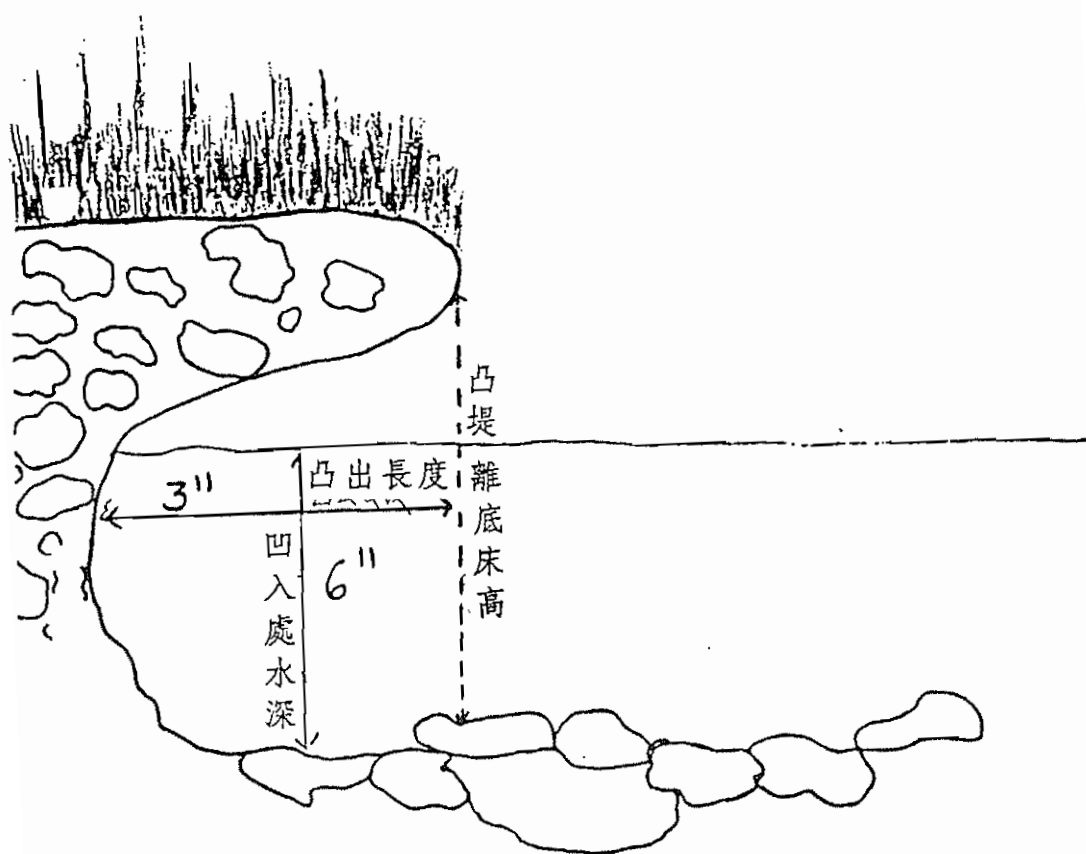
樹木殘材：枯枝落葉或倒伏原木所形成之覆蓋所佔之比例。

有機碎屑

LOD大木頭個數：直徑超過10公分，長度超過1公尺，巨大而穩固



圖二·溪流魚類棲所透視圖



圖三・河堤剖面示意圖

在該棲上不易流失之木頭個數。

溪床底質組成(%)

巨石：憑裸眼測量。直徑在30公分以上的大石頭在該棲地單位所佔底床的百分比。

卵石：同上。直徑在5~29公分間大的石頭。

礫石：同上。直徑在0.5~5公分間大的石頭。

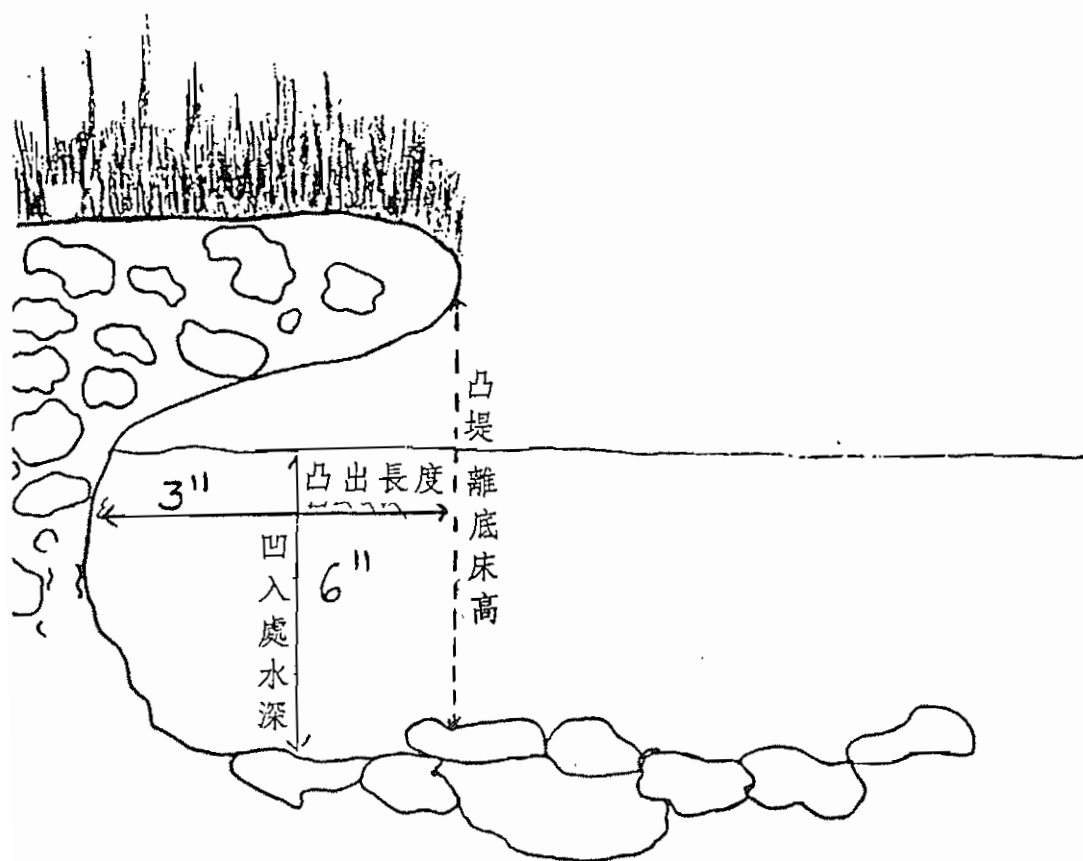
砂：同上。直徑在0.5公分以下的粒質而不被有機質覆蓋或混合，呈澄清狀態者。

泥：同上。直徑在0.5公分以下的底質且被有機質覆蓋或混合，呈現混濁狀態者。

底岩：棲地底床由地質母岩組成之比率。

泥沙淤積率：單位棲地上有三或四塊隆起之岩石，而底床內之巨石、礫石、小石子為泥沙所覆蓋堆積之高度佔該隆起岩石高度之百分比。參改圖附圖四所示。

評論：記錄調查時出現在該棲地單位上之魚種及其數量，並繪製該段溪流上各類型單位棲地分布情形(如圖五)。



圖三・河堤剖面示意圖

在該棲上不易流失之木頭個數。

溪床底質組成(%)

巨石：憑裸眼測量。直徑在30公分以上的大石頭在該棲地單位所佔底床的百分比。

卵石：同上。直徑在5~29公分間大的石頭。

礫石：同上。直徑在0.5~5公分間大的石頭。

砂：同上。直徑在0.5公分以下的粒質而不被有機質覆蓋或混合，呈澄清狀態者。

泥：同上。直徑在0.5公分以下的底質且被有機質覆蓋或混合，呈現混濁狀態者。

底岩：棲地底床由地質母岩組成之比率。

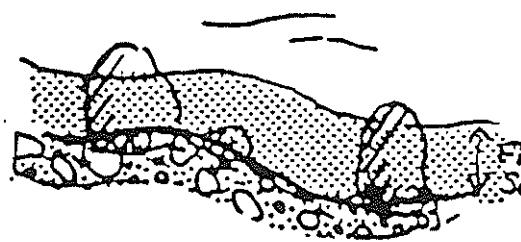
泥沙淤積率：單位棲地上有三或四塊隆起之岩石，而底床內之巨石、礫石、小石子為泥沙所覆蓋堆積之高度佔該隆起岩石高度之百分比。參改圖附圖四所示。

評論：記錄調查時出現在該棲地單位上之魚種及其數量，並繪製該段溪流上各類型單位棲地分布情形(如圖五)。

10% 泥沙淤積率

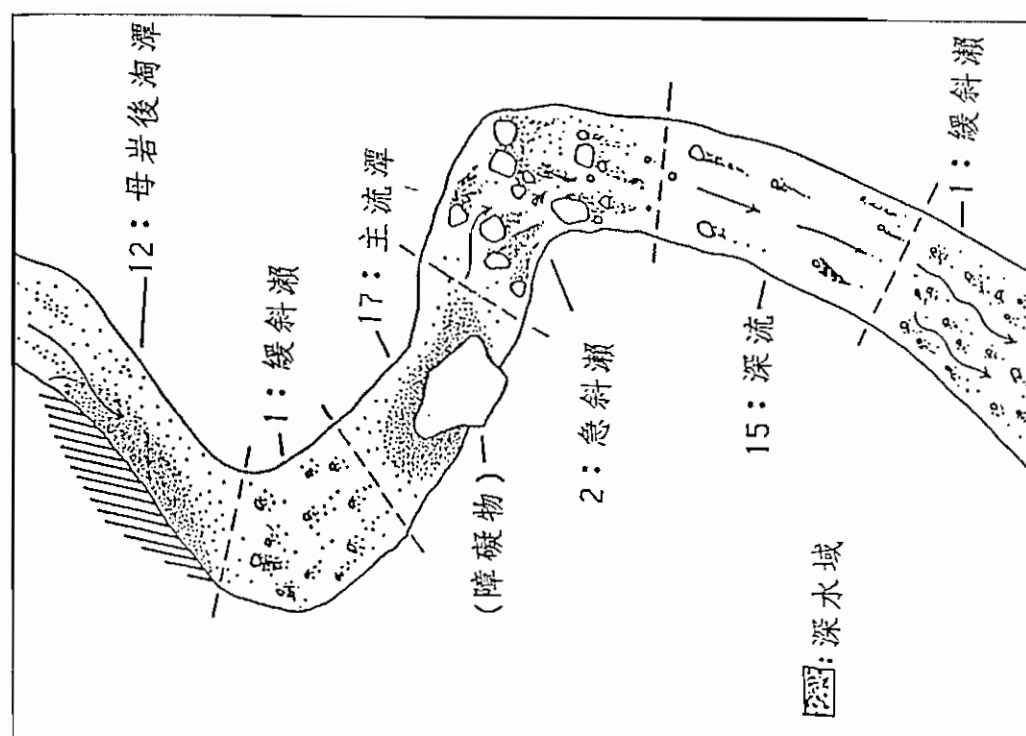
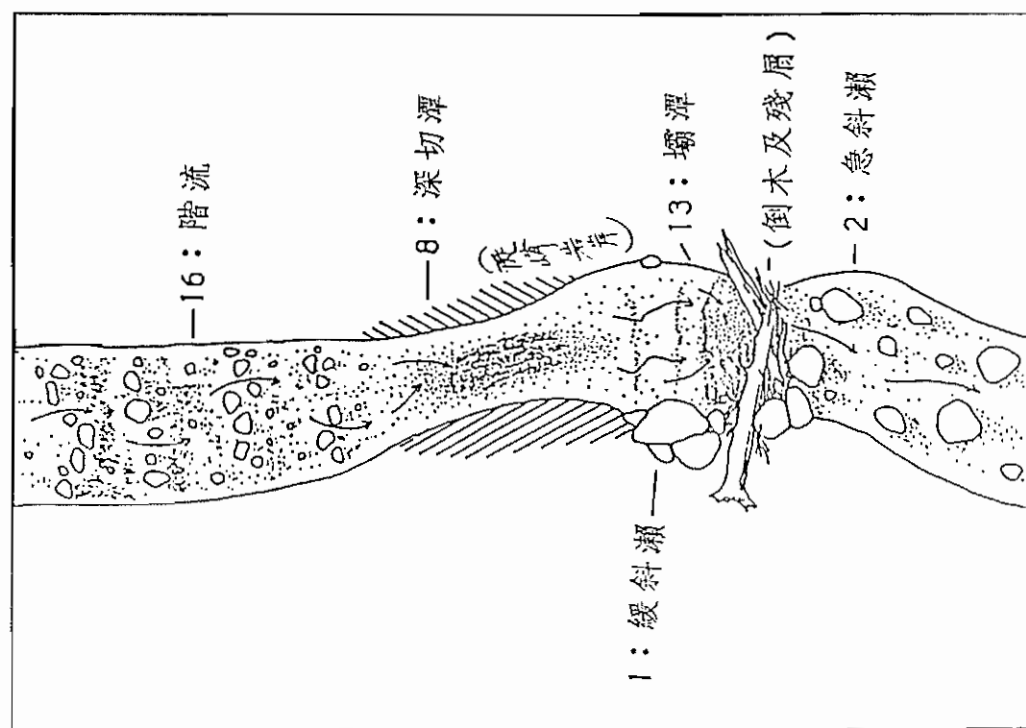


90% 泥沙淤積率

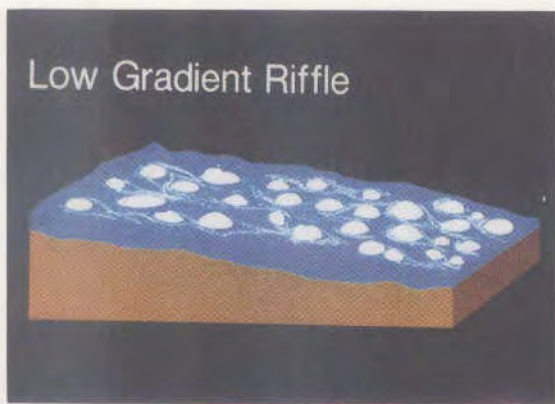


溪底縱剖面圖

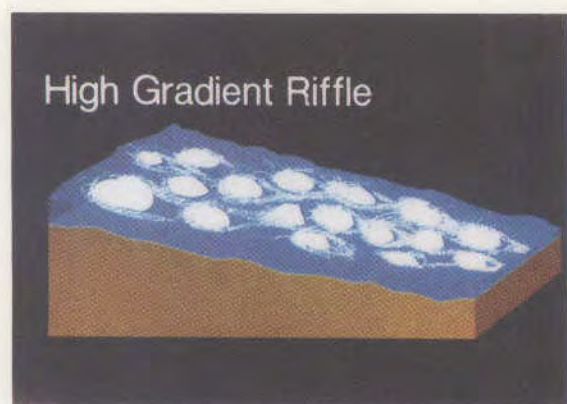
圖四・泥沙淤積率示意圖



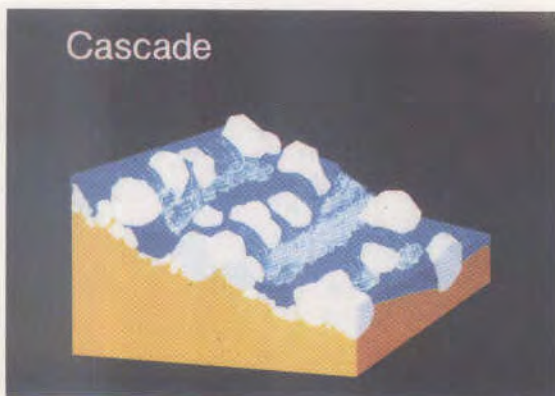
圖五・森林溪流中各類型棲地單位分布情形示意圖



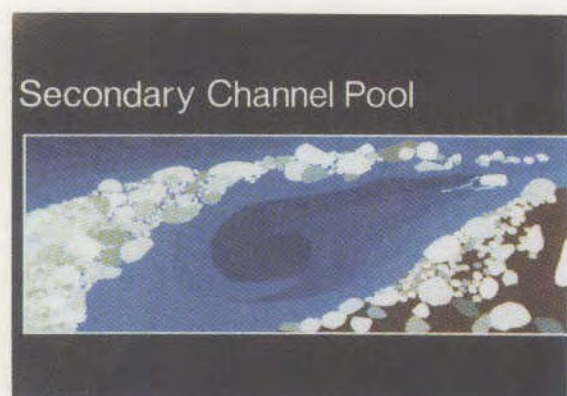
圖一 緩斜瀨 (LGR)



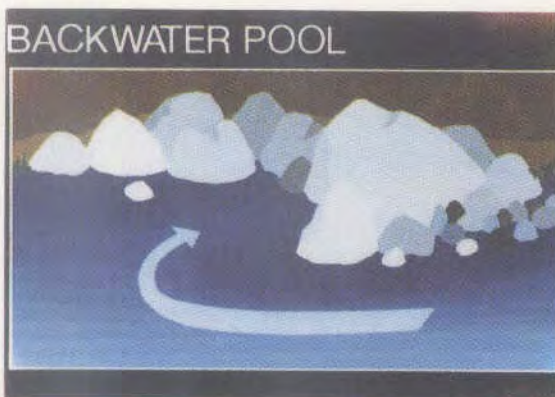
圖二 急斜瀨 (HGR)



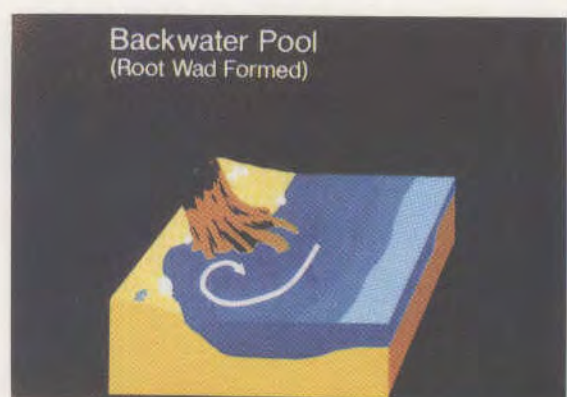
圖三 湍瀑瀨 (CAS)



圖四 汊流潭 (SCP)



圖五 巨石洄水潭 (BWP - BF)



圖六 根株洄水潭 (BWP - RWF)



圖七 倒木洄水潭 (BWP - LF)



圖八 深切潭 (TRP)

溪流魚類棲地型態分類參考圖

1. L G R 緩斜瀨

流急水淺，部分底質岩石露出水面，水花濺動的河段。斜坡率 $<4\%$

底質通常以卵石為主

X $<20\text{cm}$ ； $20-50\text{cm/s}$

XX $10-50\text{cm}$ ； $20-150\text{cm/s}$

3. C A S 湍瀑瀨

由小型瀑布及淺潭組成之最陡峭的湍瀨河段。底質通常為地質母岩及巨石。

X 20cm ； 250cm/s

XX $10-50\text{cm}$ ； $30-150\text{cm/s}$

5. B W P - B F 巨石洄水

潭

在河道邊緣因水流遇到巨石、根株，巨型倒木等障礙物，以致迴漩淘挖河道而或，這類潭通常淺而水流極緩底質以細質為主。

X $10-40\text{cm}$ ； $0-10\text{cm/s}$

XX $30-70\text{cm}$ ； $10-30\text{cm/s}$

7. B W P - L F 倒木洄水

潭

2. H G R 急斜瀨

流急，水深中等，底質岩石大部分露出水面，水花四濺的陡斜河段。

斜坡率 $>4\%$

底質以巨石為主。

X $<20\text{cm}$ ； 250cm/s

XX $10-50\text{cm}$ ； 50cm/s

4. S C P 汊流潭

在主河道以外形成之水潭，乾季時這些水潭多呈乾涸或水流極小。底質由富含沙泥的礫石灘組成。

6. B W P - R W F 根株洄

水潭

8. T R P 深切潭

在穩固底質組成下由於水流下切作用形成一長段的深水潭，河道橫斷面為典型的U型，水流極速，流向一致。底床由粗粒質組成，側翼為石基岩壁

9. D L P 落瀑潭

在水流幾乎全被障礙物阻隔的河段，因水流下沖的淘挖下層河床而成，該類潭通常深且大。底質大小多變化。

*20~200cm；10~40cm/s

**60~400cm；10~60cm/s

11. L S P - R W F 根株後 淘潭

13. D P L 壩潭

倒木、坍落之岩石或鼠獸構築之壩體橫斷河道堵隔溪流貯水而成之淵潭。如果該潭形成時間久或淤沙注入量大，其底質則傾向於小礫石及砂

*20~100cm；0~30cm/s

**60~300cm；0~50cm/s

15. R U N 深流

水流快速，水面稍呈動盪，主流中無障礙物的長直河段其貌狀似湍急的洪水。斜坡率<3%。典型的底質組成爲一礫石、卵石、巨石。

*10~30cm；10~50cm/s

**20~60cm；20~80cm/s

10. L S P - L F 倒木後淘 潭

由水流直接沖擊溪岸或河邊障礙物而成。其受水流淘深的潭區寬佔河道寬的比例小於60%。河道障礙物包括根株、倒木、及地質母岩。

*20~80cm；10~40cm/s

**50~300cm；10~70cm/s

12. L S P - B R F 母岩後 淘潭

14. G L D 淺流

水流平緩，水面極少水花濺起的寬淺水潭河段。底質主由卵石、礫石及砂組成。

*10~30cm；20~60cm/s

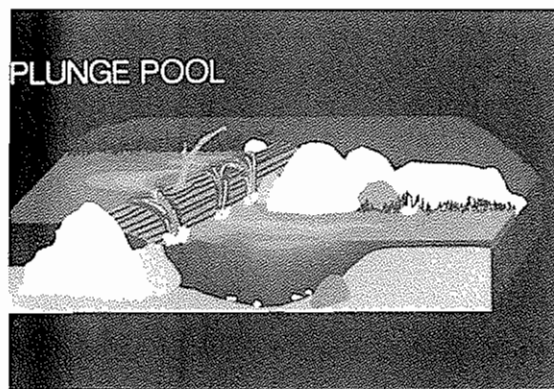
**30~80cm；20~90cm/s

16. S R N 階流

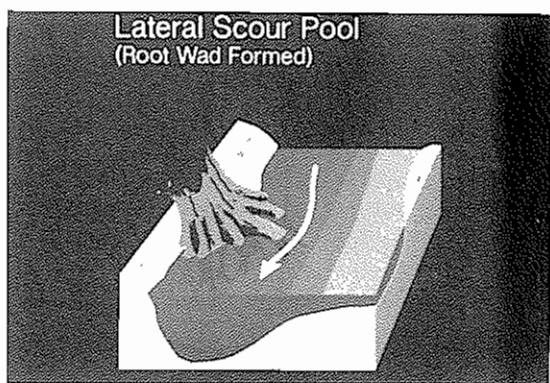
有連續不斷的端瀨階段隔開的深流。底質以卵石、巨石爲重

*10~30cm；10~50cm/s

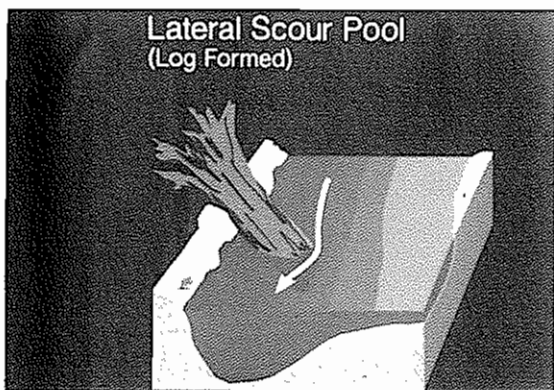
**20~60cm；20~80cm/s



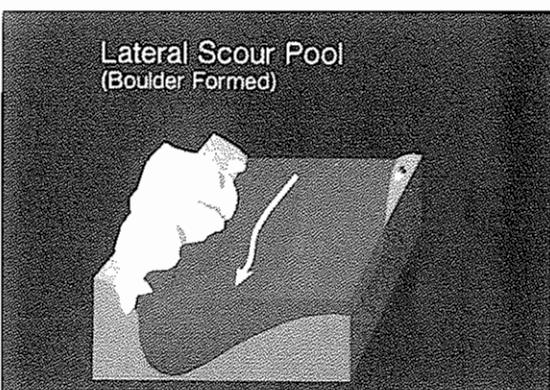
圖九 落瀑潭 (PLP)



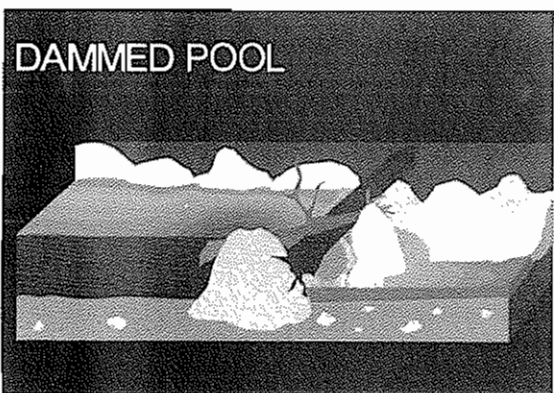
圖十 倒木後淘潭 (LSP - LF)



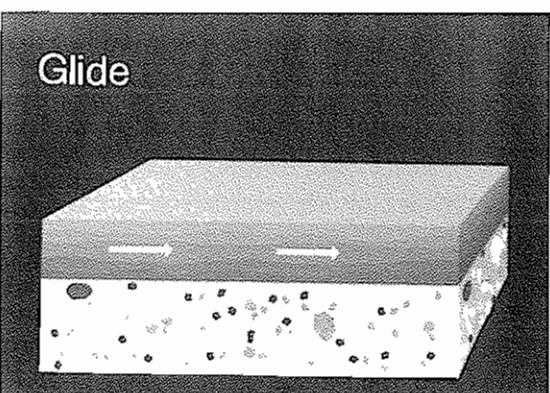
圖十一 根株後淘潭 (LSP - RWF)



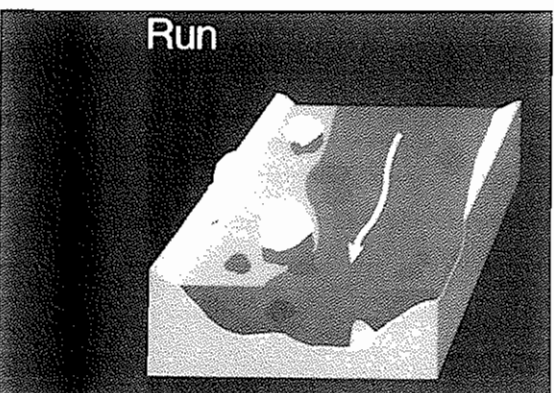
圖十二 母岩後淘潭 (LSP - BRF)



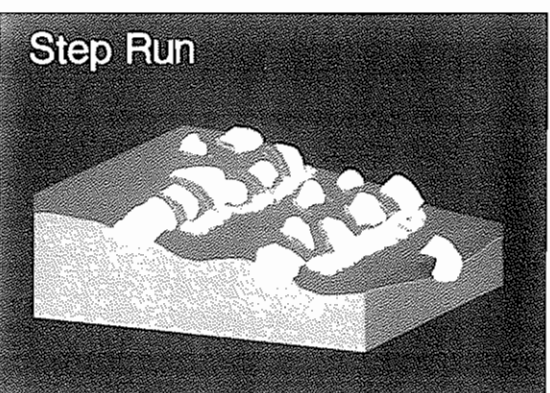
圖十三 壩潭 (DPL)



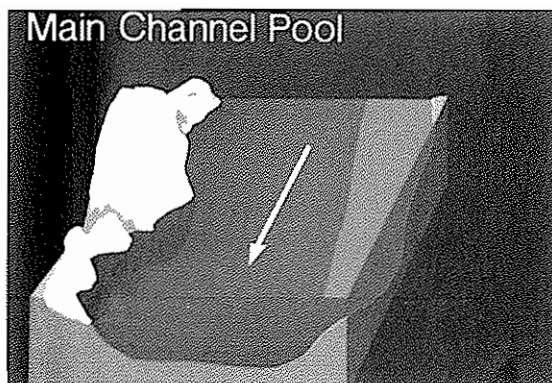
圖十四 淺流 (GLD)



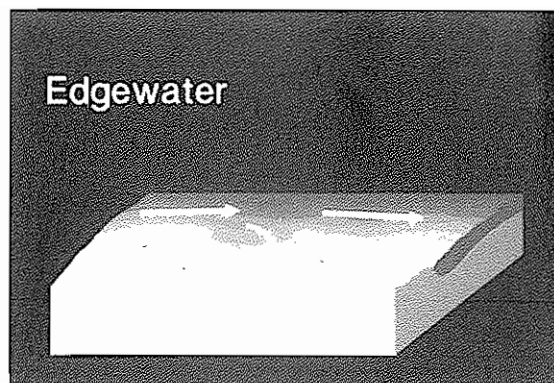
圖十五 深流 (RUN)



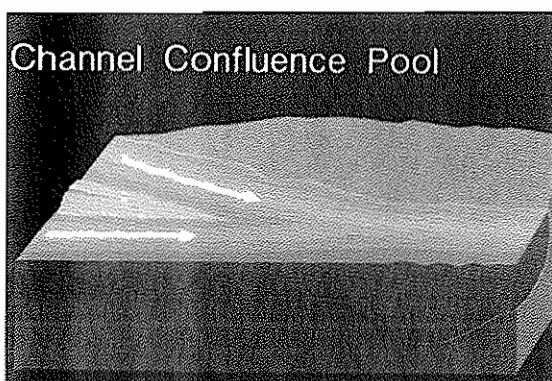
圖十六 階流 (SRN)



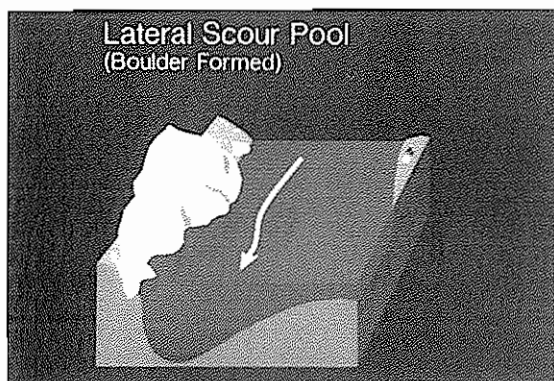
圖十七 主流潭 (MCP)



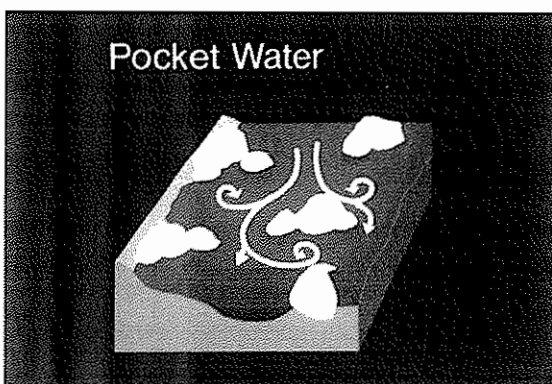
圖十八 邊緣水 (EGW)



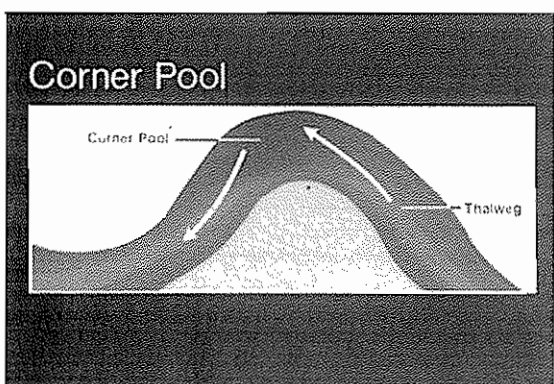
圖十九 合流潭 (CCP)



圖廿 巨石後淘潭 (LSP-BF)



圖廿一 水渦 (POW)



圖廿二 彎角潭 (CRP)

17. M C P 主流潭

河道一邊為岩壁，對岸則內彎的大淵潭。該淘挖的潭洞寬佔河道寬的比例大於60%。水流緩。底質大小多變化，由砂到巨石均有。

*30~200cm；10~30cm/s

**60~400cm；10~40cm/s

19. C C P 合流潭

兩或多條溪流交會處之大淵潭，該類型潭因水流在河道交叉處向下掏挖使河床深陷，或後段有障礙物堵塞水流而成。通常其流速及揚起的水花比其他型的潭要來得大。

*20~80cm；10~50cm/s

**60~300cm；10~80cm/s

21. D O W 水渦

在水流快速，滿佈巨石或其他大型障礙物的河段，水流在障礙物之後方形成漩渦，或一系列被急流圍繞的小潭洞。

*10~40cm；10~60cm/s

**30~80cm；20~90cm/s

18. E G W 邊緣水

沿著溪流邊緣，流速緩有時呈停滯狀的淺水區，該型的典型狀態伴有水瀨。底質組成富變化，由卵石到巨石均有。

*20cm；0~10cm/s

**10~30cm；0~30cm/s

20. L S P - B F 巨石後掏潭

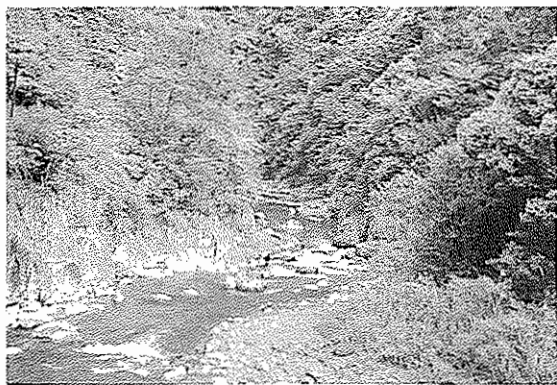
由於水流直接沖擊橫阻在河道水流上之巨石而形成的水潭該掏深潭區寬佔河道寬的比例小於60%

22. C R P 彎角潭

在河道彎曲處，後段形成之水潭。這類型潭常見於谷底草原，溪岸為沖積土層構造又無堅硬障礙物存在的地帶

*20~100cm；10~40cm/s

**50~300cm；10~60cm/s



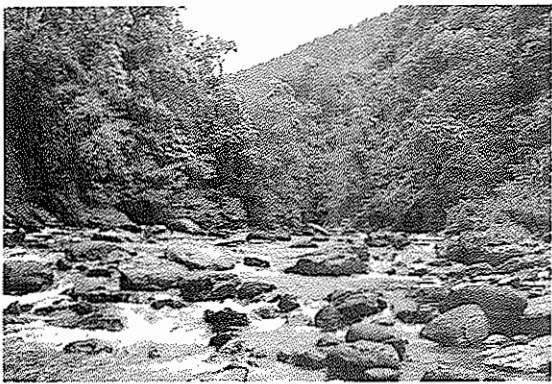
圖一 山谷型態之一



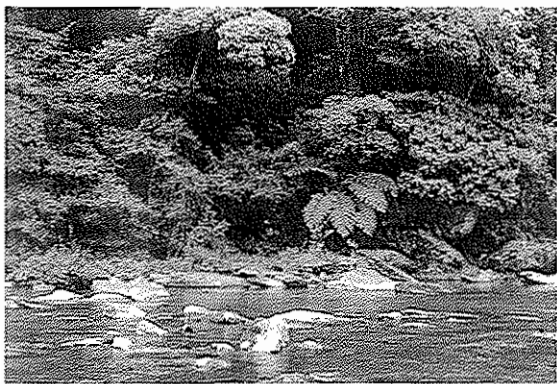
圖二 山谷型態之二



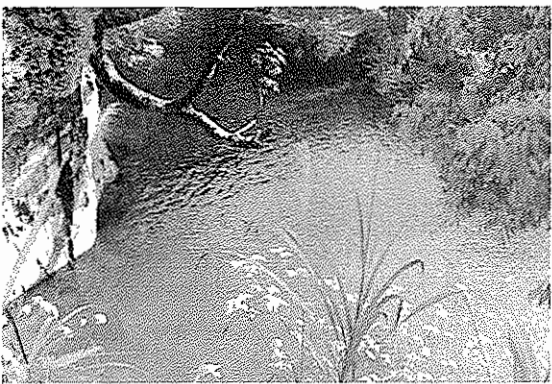
圖三 河道型態之一



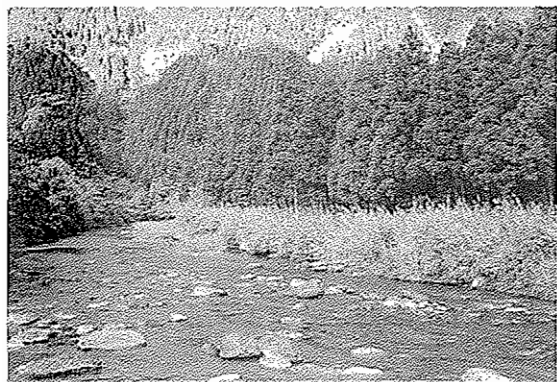
圖四 河道型態之二



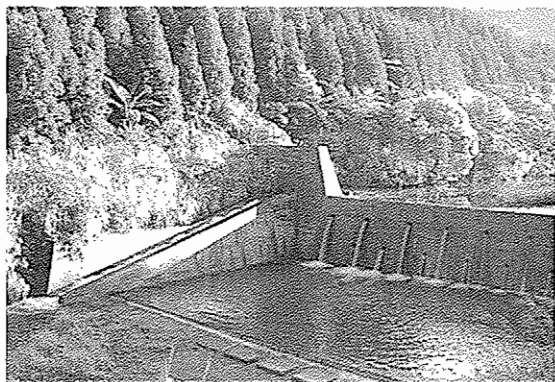
圖五 溪流邊坡植被狀態



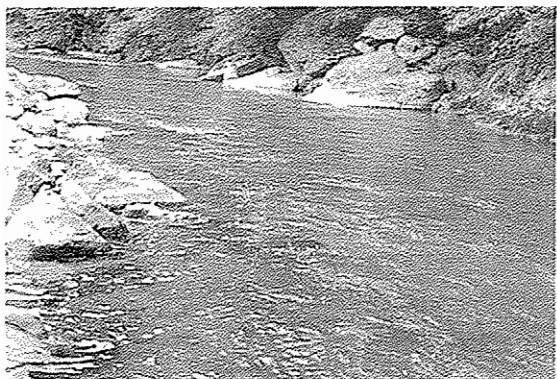
圖六 “潭”的類型之一



圖七 “瀨”的類型之一



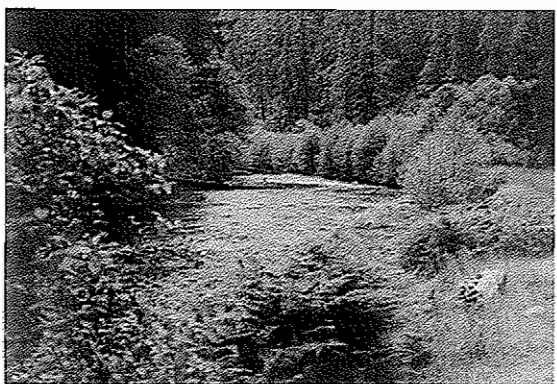
圖八 攔砂壩上魚梯



圖九 “流”的類型之一



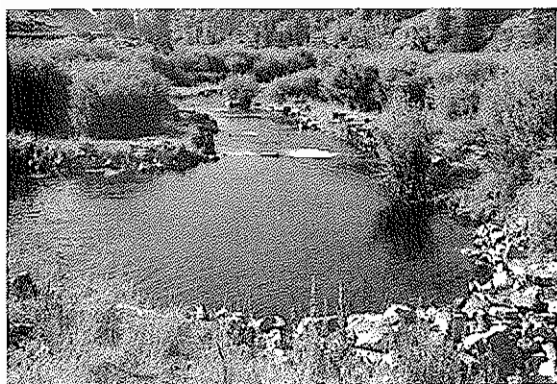
圖十 魚梯的構造



圖十一 河岸植栽，增加庇護，減少干擾



圖十二 生態造林，宜慎選樹種，避免易引火樹種



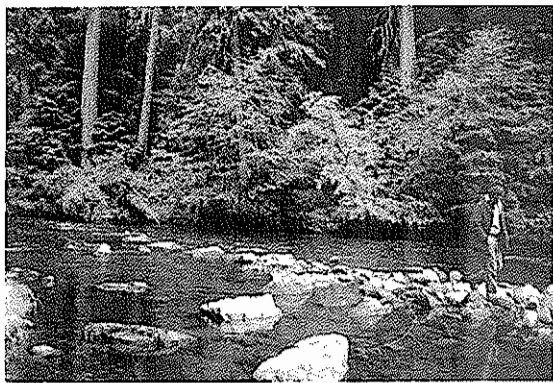
圖十三 保護溪流的河沼地帶植
群“柳屬”之 Cotton Wood



圖十四 河岸植草工程



圖十五 溪中安置之護岸原木，
可避免水流冲蝕堤岸又可
創造水潭及罩蓋



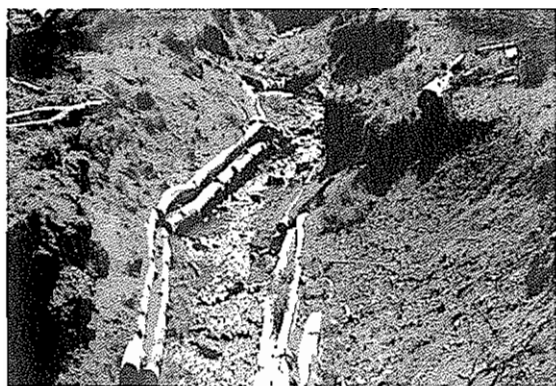
圖十六 溪中安置之巨石，可改
變流向，控制流量，使
溪流適合鱒魚棲息



圖十七 穩固堤岸之岩石構造



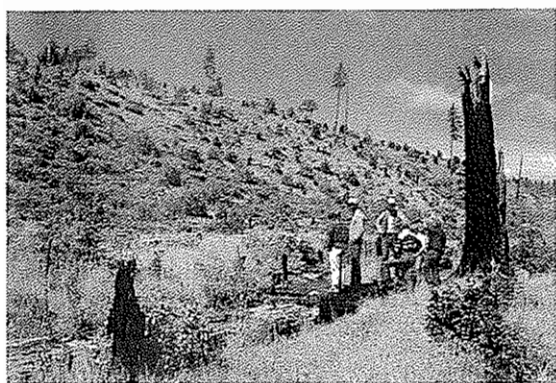
圖十八 防人畜侵入之電網及護
岸枯木



圖十九 穩定邊坡之岩石構造



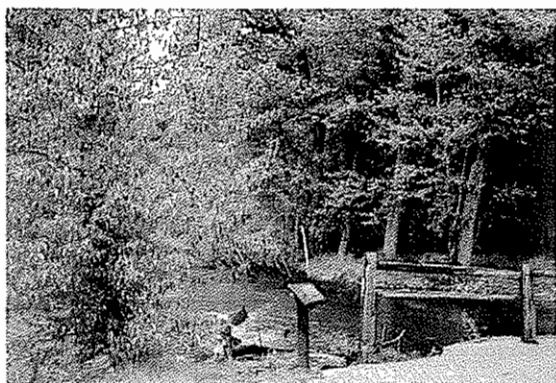
圖廿 爲保存固有魚種棲地防止外來魚種侵入所設之障礙壩(Fish Barrier)



圖廿一 森林火燒跡地



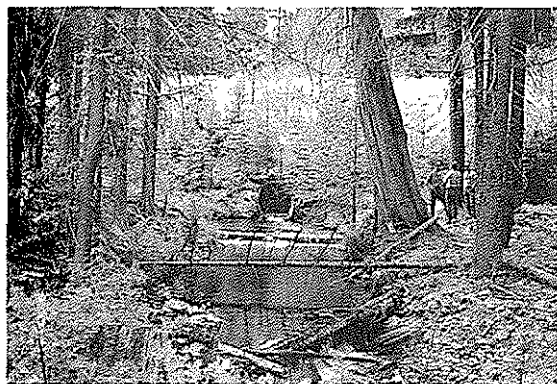
圖廿二 天然獸壩(Beaver Dam)，改善棲地



圖廿三 加州旅遊勝地達荷湖(Lake Ta-hoe)一景



圖廿四 國有林內之交通管制措施(柵欄、巨石墩)



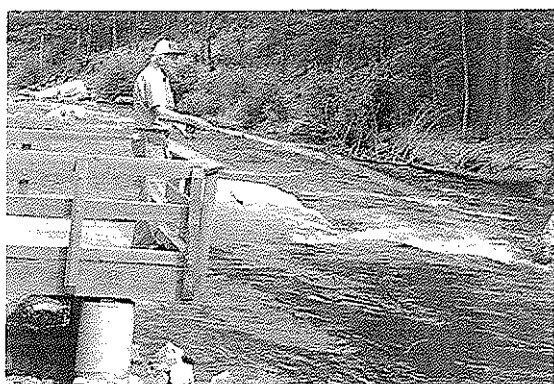
圖廿五 改善設計施工不當之涵
溝工程



圖廿六 涵管內設魚梯便於魚類
上溯



圖廿七 護岸的根株



圖廿八 供老人、殘障人士利用
之釣魚台



圖廿九 洗魚台是另一個最佳的
魚類展示區



圖卅 棲地調查與改善人員
培訓——野外實習

美國魚類棲地改善研習及考察報告

林曜松

引言

民國76年11月，本人應美國農業部森林署漁業經營管理處Dr. Michael P. Dombeck之邀請及行政院農委會之推薦，參加美國森林署在科羅拉多州州立大學舉辦的「溪流棲地改善研習會」，會後並參觀Colorado與Oregon州森林溪流的改善工程。本人在美24天所見所聞分述如下，以供國人參考。

一、美國林務署的魚類棲地改善計劃

美國境內有許多淡水魚類都是棲息於森林內的溪流裡，但是這些魚類的棲息環境卻常受到林區內伐林、築路、興建水壩、開礦、畜牧、遊憩的影響，美國林務署於1978年開始積極負起林內魚類的保護與棲地改善計劃；1987年，林務署任用了126位魚類專家（另野生動物專家則高達460）。

美國森林署為了讓從事魚類棲地改善的工作人員（學士或碩士），能吸收新知，乃於1987年11月首次舉辦「魚類棲地改善研習會」的在職訓練。與會學員計有31位，其中30位係來自美國各州國家森林管理處內漁業的工作人員，而名講員也多達30位，講習九天，每天平均上課八小時以上。講習內容包括溪流水文學、河川物理學、河川分類、生物與物理調查技術、魚類生存的限制因子、累積效益、棲地改善原理與技術、失

敗機會分析、水庫對溪流魚類的影響，魚類對棲地改善的反應等，並分發書籍、手冊以及一千餘頁的講義，資料謂相當豐富。

二、北太平洋鮭魚棲地的改善計劃

北太平洋西北區(盛頓州與奧勒岡州)曾經是全世界生產鮭魚最多的地區，但在本世紀，鮭魚資源開始減少，其中一種鮭魚即已絕種，其他鮭魚種類也已接近滅絕的邊緣；其滅種及族羣減少的主要原因，不外乎是森林砍伐、水力發電計劃、築路、過度捕捉及土地利用不當等。因此近年來北太平洋林務署便開始與當地伐木者、電力開發者、以及畜牧人士，共同從事淡水迴游性魚類的拯救維護與改善棲地的計劃。1986年北太平洋西北區的魚類棲地改善計劃經費250萬美元，其來源有三：

1.森林署的魚類保護與經營管理計劃75萬美元。

2.Kuutson-Uanaenberg法案(簡稱K-U)基金75萬美元，是自森林署販賣木材的經費中所抽取的，其經費只能用在當地森林區魚類資源的恢復改善計劃中。

3.來自於Bonneville Power Administration之基金(簡稱BPA)。由於當地電力公司在哥倫比亞河於1900年興建水壩，影響了魚類的生存，故每年電力公司得提供經費以維護魚的生存。1986年便提共100萬美元的基金，用於哥倫比亞集水區魚類的改善計劃。

三、North Fork 魚梯

美國西北部波特蘭附的哥倫比亞河上有二座建於1900年的大水壩因為阻隔了鮭魚的迴游，因此電力公司於1958年興建一個長達二英哩的魚梯，橫跨兩個大水壩，讓約三萬尾的迴游性鮭、鱒魚至上游產卵，幼魚也可經由魚梯向水壩下方迴游至海洋成長。魚梯附有自動照相裝置，可以計數溯梯而上的成魚，及判別種類；也附有可取樣計數下海迴游小魚的裝置。

由於Dallas河的落差大，州政府漁業與野生動物管理處便興建了兩座相連的魚梯，第一座落差約1.5公尺，第二座約1公尺。兩座之間有水潭，以供魚類(Steel head)休息後，重新跳至上游。

五、Fish Creek 河

全長11英哩，坡度5%；由K-U基金的資助，Mt.Hood林務處於1987與1988年左Fish Creek小河上開始放置460個試驗性改善魚類棲地的構造物，或於河邊興建分支水潭以供成魚休息與產卵，整個工程耗費11萬5千美元。在河床上使用的機械有二種，挖土(excavator)與蜘蛛式怪手(Spider)，後者用於下游或石頭較多、坡度較大的河道中，不論是搬運石頭或搬運樹木都極方便。構造物的功能在於增加魚類的藏匿處，以及增加水流的曲折性與深潭。此外，在河道旁放倒的樹木加上枯幹或枯枝，可以形成優良的覆蓋效果。

六、Zig Zag 河

Zig Zag河旁有567座夏季別墅。1964年因為發生洪水，沖毀河岸，魚類所需的大石、小石均被沖走而使河床環境變得很單調。自1986起，林務署便在河床上放置大樹、大石、以穩定河岸，增加其覆蓋及水潭。在這裡，每100公尺約有6個構造物。沿河並同時興建支流、水潭以容納鮭魚。為了讓民眾明瞭設置大樹的目的，在大樹上也貼了解說牌。

七、Ramsey 河

Ramsey河上游坡度5%，為了能讓鱒魚自公路方之涵洞溯溪而上產卵，當地林務單位設置了一個長約100呎，耗資美金4500元排水管魚梯，其上下游又興建了約50個的構造物，大部份為橫越小河(寬約2-3m)的木壩以增加水潭數及減少沖刷。Ramsey河的下游為牧牛場，河道因為受牛

羣的踐踏及覓食河濱植物，造成嚴重的土壤流失。1974年發生洪水，河道兩旁的植物盡被沖毀，所以1974州政府遂與土地所有人(牧場主人)達成協議，設立鐵絲網以阻止牛隻至河濱活動，並栽種植物，至1978年就已林木成蔭了。河道附近既為牧牛場，牧場主人於河道中興建小壩取水，為了能讓魚類溯河，亦在水壩旁另興建魚道。

八、美國科羅拉多州Big Thompson河棲地改善計劃

- 1.河床特徵:傾斜度1.5~3%平均河寬42呎，水深約1.1呎。
- 2.底質:河床平坦、深潭少、缺乏大石。
- 3.改善目標:增加水潭與河川的變化性，以增加魚類族羣及產場
- 4.改善方式:在550公尺的河道中設置:
 - (221)七個改流設施(Deflector)(最大者約100m最小者約30m)。
 - 溪流中安放33個大石(0.2-2噸/個)，其餘岸邊之改流設施處放置271個大石。
 - 四棵枯樹，懸垂於水中。
 - 改流處種植柳樹170棵。
- 5.施工日:五天(50小時)。
- 6.花費:七千美元。
- 7.結果:河道變狹(自改善前平均42呎，減為改後約38呎)。
 - 魚族增加(自改前的102磅/英畝，增為改善後之198磅/英畝，增加65%)。

九、人民與政府共同管理森林資源

美國不但政治民主，連政府的森林管理方面也民主化。這與我們有很大的同；例如我們林務局在林地內的管理計劃，一般人民及民間團體全

沒有參與意見的機會。而美國林務署做好的森林規劃案依法必需公開展示，個人或社團都可參閱，而提出不同的意見。政府應舉辦公聽會，邀請專家，民間團體或有興趣的個人來共同討論、修正規劃案而付諸實行。個人不滿意，還可以向法院控告，因此森林可以說是由政府及人民共同管理。當政府因伐木而損害野生動物與魚類資源時，自會遭到垂釣、打獵或愛好動物人士的反對。

十、收益者或者環境破壞者付費

任何單位破壞或利用森林或溪流獲取利益後，得自這些利益中抽取一部份基金，做為當地環境復的基金。譬如在奧勒岡州哥倫比亞河上電力公司興建了大水壩阻隔鮭魚的迴游，1958年便拿出700萬美元興建了一個長二英哩的魚梯，好讓迴游性魚類回到上游去產卵。1986年還拿出100萬美元為當地魚類環境改善的基金。在同一地區，1986年林務單位也自賣出的林木價值中抽取了K-U基金75萬元，做為破壞魚類資源的補償經費。

美國釣魚得付費，收集的執照費，則用到魚類資源的研究，以訂定最適垂釣量，從事魚類孵化與放流、改善溪流環境、聘請管理人員及執行法律，好讓更多的魚生存，以供人們垂釣。而在臺灣，政府不收釣魚費，而立法委員在審議生動物保育法時，也反對收取釣魚費，因此政府缺乏基金從事溪釣環境的改善，是很可惜的。

十一、學術界大力培養資源管人才

此次本人收集了愛荷華州立大學動生態學系及科羅拉多自然資源與森林學院的資料，分述如下：

1. 愛荷華州立大學動物生態學系簡介

愛荷華州立大學自1920年代即開設魚類及野生動物管理學之課程，為全美最早發展生態保育之校系之一。1935年美國聯政府在該校立了

最早的合作性野生動物究站(Cooperative Wildlife Research Unit)。1974年該校成立動物生態學系。

該校有關自然保育課程繁多，而由相關之科系(如動物學系、生物學系、植物學系、森林學系)開授。動物生態學系主要的講授課程包括：河川湖沼學、魚類及河川湖沼學技術、漁業經營管理學、野生動物管理學、野生動物資源保育、野生動物與農業、野生動物技術與棲地分析、魚類學、兩棲爬蟲類學、鳥類學，哺乳類學及脊椎動物學；而研究所的課程包括：魚類生態學、淡水無脊椎生態學、高等河川湖沼學、河川生態學、魚類養殖學、高等漁業(魚類)管理學、污染生態系、水毒物學及危害評估、魚類資源及研究學、野生動物管理劃、政策及行政、高等野生動物管理學、野生動物社會生物學及管理學等。

該系擁有數個野研究站供動物生態學系師生教學、研究用。此外，為使學生能將理論用於實際之魚類及野生動物管理，該系要求所有系內大學部學生須有半年以上之野外工作經驗，此種實習機會由系上委員會協助學生安排至國家公園、生態保育區、養殖中心、相關之研究機構或政府保育單位。

2. 科羅拉多州立大學資源與森林學院

據聞該學院為全美最大的資源學院，目前擁有學生1081人(民國77年)，其中主修土地資源166人，魚類與野生動物學294人，森林學252人、畜牧學65人、遊憩學263人及其他41人。在野生動物與魚類學系共有教授16位，本次舉辦的漁類棲地研習會，便由該系協辦。

該校對生態學極為重視，全校開授有關生態課程的教授多達74位，諸如野生動物生態學、農業系統生態學，高山生態學、水生生態學、行為生態學、生物地理學，演化生態學、火災生態學、魚類生態學、森

林生態學、人類生態學、污染生態學、放射性生態學、畜牧生態學、生物物理生態學、生態遺傳學、草原生態學、生態體系內營養鹽循環學、微生物生態等。

十二・建議

考察美國淡水魚資源保育與利用情景，再回顧我國河川溪流淡水魚的危機，本人向政府呼籲：

- 一・建議有關單位負責草擬「溪流河川魚類保育法」或修訂漁業法，訂定河川或溪流魚類的經營管理辦法。當集水區有從事伐林、路、建壩等工程時，則應做環境評估，並提供自然資源受破壞的補償費，以供資源的復育及改善。
- 二・建議政府責成有關大學儘速成立自然資源或野生動物學系，以便加速進行本省野生動物及河川溪流魚類的研究。
- 三・建議台灣省政府成立野生動物研究所，研究台灣地區陸上的野生動物及淡水溪流的魚類源與生態。
- 四・建議政府指定林務局負責有關森林地區魚類經營與管理工作。
- 五・建議教育部應提供自然保育或動物生態公費留考學門，以獎勵青年學子投入此學門的研究。

致 謝

承蒙行政院農委會及美國森林署資助，本人才得參加此次研習會而獲益良多，謹此致謝。

在美期間，Dr.Bruce W Menzel 及 Dr. Michael P .Dombeck 以及甚多美國友人的接待與解說，也一併致謝。



圖一 魚梯可讓鮭、鱒魚類溯河



圖二 美國哥倫比亞河上的魚道
全長 2 英里，跨越二個大
型水壩



圖三 木壩除了可讓魚類溯河外，亦可增加水潭以供魚類棲息



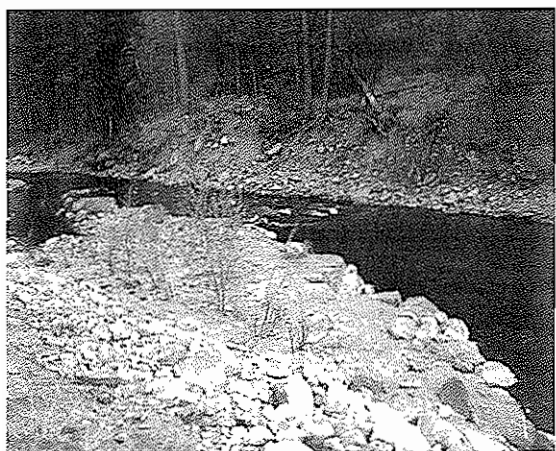
圖四 魚梯可讓蛙、鱗魚類溯河



圖五 公路施工單位興建的魚道



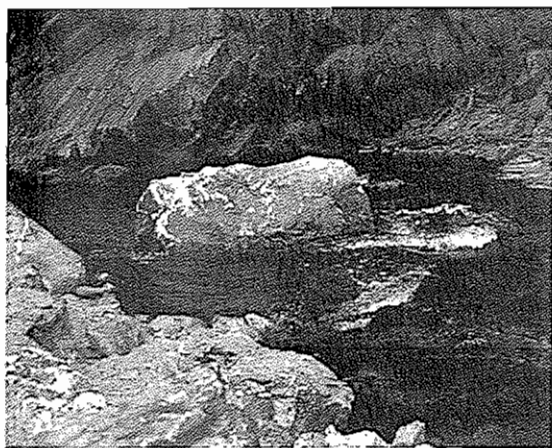
圖六 農業灌溉渠道旁興建中的魚道



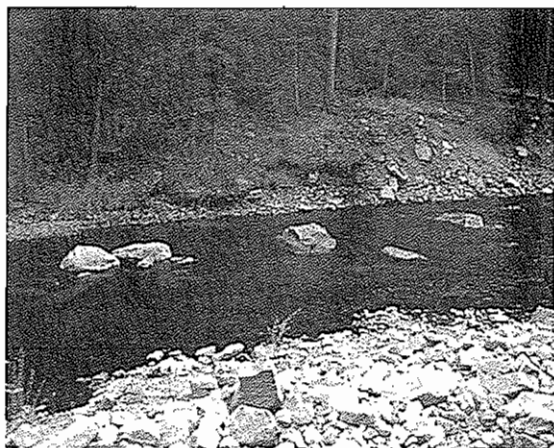
圖七 河川改流設施、縮減河道增加流速及水潭以增加魚類的棲息環境



圖八 河中堆石縮減河道、增加流速與水潭



圖九 溪流中安放大石、增加水潭及魚類隱蔽地點



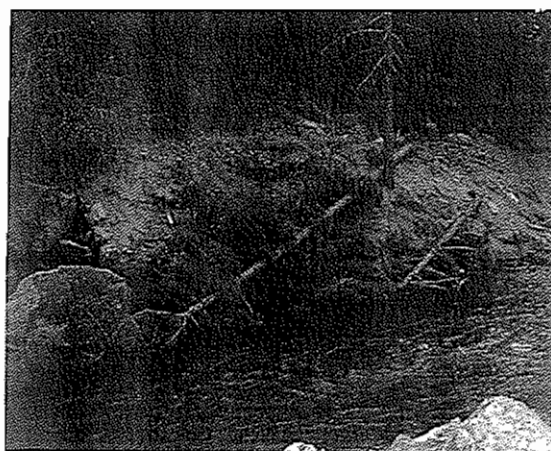
圖十 溪流中安放一連串石塊



圖十一 溪流中安放枯樹增加魚類的隱蔽場所



圖十二 溪流中安放枯樹增加魚類的隱蔽場所



圖十三 溪流中安放大片枯樹，改變水流，增加水潭及魚類隱蔽場所



圖十四 美國森林署漁業專家，目前該署擁有 126 位魚類學家（另 460 位野生動物專家）

淡水魚養殖

湯弘吉

農業委員會漁業處

熱帶和亞熱帶生態環境如台灣，適合各種溫水性魚蝦貝類生長，繁殖。台灣之池塘養魚已有數百年歷史，隨著科技進步，水產養殖發展迅速。許多淡水養殖魚類、已能於人為控制養殖環境中生長並完成其生活史，達到完全養殖境界。換言之，魚苗能在池塘培育養成、達上市體型、除部份留作種魚繼續培養外，其餘上市出售。種魚培育達性成熟，再應用人工繁殖技術，生產魚苗供放養、養成。

淡水養殖為各種養殖中最普遍的一種，種類有草魚、大頭鯪、白鯪(鯪、竹葉鯪)、鰱魚(鰱)、鯉魚(包括德國鯉)、鯽魚、鰻魚、吳郭魚、蛙類、塘虱魚、泥鰍和肉食性的七星鱸魚、美洲大嘴鱸、鱧魚等。依經營方式分為粗放養殖與集約養殖二種。粗放養殖利用埤圳、蓄水池等天然水域，選放適當魚苗，混養各種不同食性和不同棲息水層的魚類，充分利用水域所持有之天然生產力，配合施肥及投餌、經一段時間養成後予以收成，故放養密度低產量不高，集約養殖則按養殖魚類之生物特性、習性、施設理想之魚池、高密度放養魚類，科學管理，適切的投飼符合養殖魚類營養需求的人工飼料來代替自然水域的天然生產力，促進加速成長，期提高單位面積產量，獲得高利潤的計畫生產目標。

1 · 淡水魚混養

混養是充分、有效利用水域之天然生產力所滋生的天然餌料，藉以提高生產量。所以，混養的優點在充分利用池塘中各種不同餌料，並發揮不同魚類之間的互利作用。

(1) 養殖魚類習性

飼養的魚類依其棲息習性和活動水域，可分為上層魚、中下層魚和底層魚三類。上層魚如鯪、魚頭，中下層魚如草魚，底層魚如青魚、鯉、鯽、鰱、鰻魚等。混養池塘的基本管理原則，在於充分利用各水層中的餌料。由食性言，白鯪吃浮游性植物，大頭鯪攝食浮游性動物為主，青魚吃螺和蜆等底棲軟體動物，鯉、鯽魚亦吃底棲動物、又鯉魚也攝食軟體動物和有機碎屑，並且掘食底泥中的小生物蟲類等。鰱鰻魚等吃有機物碎屑及著生於底泥表面的藻類、故在池塘中混養這些魚類，能對池中天然餌料資源加以充分利用。

鯉魚攝食底棲動物如螺類和部份有機物碎屑，並且有很強的挖底泥取食底棲動物的能力，不會與鯪、鰱爭食且有互利作用。鯉魚嗜食人工餌料，成長速度頗快，而且魚苗容易獲得、適應環境能力強，可作為主要飼養魚種。鯉魚作為草、青魚等魚類配養魚時，其數量不宜多，以防影響主要養殖魚種之攝食、成長，另亦常見於鰻魚池中混養少許鯉魚。如此混養少量時，可藉其攝食殘屑物質的特性，清理殘餌，有利於池塘之清潔和水質管理。由於鯉魚能掘食底泥中的動物，不僅充分利用餌料資源，提高池塘之生產量、並且因翻動底泥而使沈積泥底中的肥分加速分解、溶於水中、對鯪、魚頭的成長有利。因此一般養魚池宜混養適量鯉魚。

鯽魚的食性與鯉魚相似，其成長速度在一年以上時，比鯉魚慢，但適應能力極強，並能攝食一些大型的浮游動物，食性範圍比鯉魚廣，因此，也是混養時少量配養的理想魚類，又在貧瘠池和污水或水質酸度過

大，不適於其他魚類生活水域，亦為理想養殖魚類。

鯪、魚類具有終身攝食浮游生物的特性，為其他魚類在成魚階段很少有的現象。魚類之攝食物以動性浮游生物為主，基本上，浮游性動物是仰賴植物性浮游生物生長，鯪魚攝食大量植物性浮游生物，從根本上就抑制了動物浮游生物的繁殖生長，且鯪對餌料的攝食能力比魚強、故鯪魚混養時， 的放養量應少於鯪，使池塘中維持充分的植物性浮游生物，以滋生足夠的浮游性動物供攝食成長。

(2)淡水魚人工繁殖

我國養殖的主要淡水魚類、除鰻魚外、都能應用人工繁殖方法生產魚苗供養成所需。草、鯪、魚、青魚等四大家魚，原產中國大陸，早期台灣養殖所需魚苗均自國外進口，自民國52年，突破草、鯪魚人工繁殖方法以後，人工繁殖生產的魚苗很快的自給自足，台灣的水產養殖隨之突飛猛進。淡水魚人工繁殖方法為：

a．種魚培養和其體型、年齡

優良種魚為人工繁殖，種苗生產的關鍵，種魚培育池應選擇溫暖且開闊，具有充分良好水質之水源，地形適度傾斜利於排注水及日照充足之處，其面積約0.2~1公頃。

於10月~12月間，選取成長迅速體型大，於翌年4~5月成熟而能作人工繁殖者為種魚，於種魚培養池中進行培育。放養前，魚池須使用生石灰或茶粕消毒並曝曬2~3天再注水，放養後則須維持良好的水質，充分的溶氧，PH在6.8~7.2之間，透明度30~35公分，並充分的供應各種餌料如花生粕、米糠、麥麩、麥片、人工飼料等，每日投餌量為種魚體重之3%~5%；若混養草魚須另供給1%~2%的小麥或五穀雜糧及種魚體重20%~40%之牧草、水藻等新鮮的草類。

種魚放養密度不可過高，空間過於狹窄，則影響生殖腺之成熟。一般每4~5坪放養一尾種魚。若多種種魚混養同一池中培育，於人工繁殖

時期，因反覆捕撈造成之緊迫，會影響種魚成熟，甚至導致成熟卵退化，一種魚池往往第1~2次捕到之種魚經賀爾蒙處理後排卵與受精良好，但第3次以後者則差。為避免種魚因撈捕導致成熟度低劣，種魚培育池應多準備幾口，以培育足夠的種魚。

培育種魚之年齡，一般雄種魚均比雌魚約早1年。行人工繁殖時，種魚體型不宜過大，由於捕撈、催熟時容易受傷、操作上較不方便，故宜選取3~5公斤者。

b. 雌雄辨別

(a).以胸鰭辨別：於繁殖季節，成熟雄魚有追星呈現於胸鰭上，追星為骨質鋸狀突起，以手觸摸有粗糙感，草魚追星位在胸鰭內側之鰭條，惟不若鯪魚明顯；成熟之鯪、草魚輕按腹部有乳白色精液自然流出。

(b).以腹部辨別：鯪、草魚於繁殖季節，腹部膨大而柔軟，易辨知。但草魚因腹部肉質較厚，攝草量亦較大，飽食時腹大而柔軟難辨雌雄，此時將捕獲之種魚置於池中蓄養7~8小時，使其排泄消肚後，則易辨別。

(c)催熟人工繁殖時期自3月至6月止，盛期為4月上旬到5月中、下旬。

此時期水溫在攝氏23~27度，種魚成熟情況較佳者對賀爾蒙催熟反應良好，受精率、孵化率均高，孵化之魚苗強健，是鯪、草魚人工繁殖最適宜時期。

雌種魚須選腹部極為柔軟，排池孔突出且呈鮮紅色為宜，而且以較高齡者為優先；雄魚則取輕按腹部即有白色精液自然流出且活潑，無傷者為佳。

催熟用藥劑是鯪魚腦下腺垂體以及合成的賀爾蒙如西那合林(Synahorin)、哥娜賀爾蒙(Gona-Hormon)、蒲力朗源(Puberogen)等。以鯪魚腦下腺垂體配合適當合成賀爾蒙催熟效果最好。如於繁殖盛期，種魚成

熟度極佳，單用鯉魚腦下腺垂體或合成賀爾蒙，即可達到採卵之目的。供給腦下腺的魚應選性已成熟而未產卵、排精之健康者，不分雌雄均可。於鯉魚腦下腺垂體與合成賀爾蒙混合使用時，其使用量為取與種魚同體重鯉魚之腦下腺外加每公斤種魚1000國際單位哥娜賀爾，分兩次注射。例如4公斤的雌種魚，第一次注射時之腦下腺需用半公斤之鯉魚四尾，另加哥娜賀爾蒙2000國際單位，第二次注射量與第一次同。但是注射量之決定須視季節、魚體之大小與成熟狀態、程度等因素增減之。

注射方法，一般可分為肌肉注射與腹腔注射兩種。實施腹腔注射的效率較快，但易傷及內臟，需俱極純熟之技術與豐富之經驗。因此一般採肌肉注射。注射時以針尖輕挑起背腹間之鱗片，再插入肌肉內1~1.5公分左右將藥液緩緩注入，為防止藥液外流，須以指頭按住注射部位。施行注射時，種魚宜置於柔軟之網框中，並用網框所附之柔軟布網蓋著，以免種魚跳動碰傷。

成熟雌魚經二次注射，有90%以上者能於次日順利採卵；第一次注射催熟時間大多在傍晚下午5~6時，隔6小時後約深夜11~12時，再注射第二針。成熟之雄魚於繁殖盛期，不必注射即可採得豐富的精液；但是，於繁殖早期或晚期，雄魚常有精液不足的現象，宜於雌魚第二次注射時，取雌魚一半之劑量加以注射，以增進雄魚之精液。

催熟後之種魚，置於安靜且有流水之池中，3.3平方公尺池內可放置兩對已處理之種魚，水深維持40~60公分，流水以維持充分氧氣及良好水質。

注射後到採卵所需時間，視水溫、所用之賀爾蒙種類及劑量、注射方法以及天候環境條件等而異。雌魚自第一針注射後到能採卵之時間，與水溫有極密切的關係；於春季時水溫較低，其所需時間較長，接近夏季時所需時間較短。水溫介於20~30℃之間，約在第二次打針後10小時排卵，而在25~26℃約經7~8小時排卵。若是水溫超過30℃以上，只需

3~4小時。於催熟後雌雄放置一起有追尾行為，若雌雄分開放，雌魚間亦有類似情形。一直到雌魚排卵前約半小時，雌魚開始出現焦慮不安，口的啓閉次數較快，時時浮游至水面，最後雌魚會忽然停止游泳，全身有間歇性痙攣現象，此為即將排卵徵兆。在此時捕起採卵最佳。

採卵時，以柔布擦拭並蒙住頭部，分別以雙手握住頭尾使種魚頭部斜向上方而腹部朝下，並以右手自腹部向肛門輕壓使卵自然流入盛卵器中，盛卵器可用大型皿器或盆器，採卵完後，即刻以同法將雄魚精液擠入盛卵器內，再用鵝毛輕輕攪拌，使精蟲與卵混合均勻，再以清水洗滌數次至水清淨，人工授精即告完成。

於採卵時，須注意

- a.雌魚輕壓腹部僅少數卵粒流出時，應將種魚放回池中，待1~2小時後再試採，不可用力過猛傷魚。
- b.採卵、擠精時魚體應擦乾，盛卵器亦須乾燥，不可有水。
- c.採卵後期若有血絲混於卵中或白色卵粒出現，應停止採卵。
- d.當雌魚體型大而卵粒多時，應分批授精，即卵用數個盛卵器盛裝，分別予以授精。
- e.為延長精蟲之活存時間，提高受精率，可加生理食鹽水。

洗滌後的受精卵，經吸水後置於孵化器中孵化。孵化器的型式有數種，如吊網式、孵化槽式或孵化瓶式等；普遍利用圓形吊網最普遍，其直徑約50公分，每一網可孵卵4~5萬粒；水自網底部之附屬細管向上湧出，造成微小波動使受精卵分散不會沈聚網底或集聚一起。

孵化所需時間隨水溫之高低而異，水溫攝氏24~28度經28小時即開始孵化，36小時孵化完畢。於此情形下孵化之魚苗最正常而健壯，孵化率亦高。而在攝氏28~31度的高水溫約19小時開始孵化，但結果不佳。於正常情況下，即水質良好，水流動適當，受精卵發育正常，其孵化率

均在70~90%。

於孵化期間之管理應注意

- a. 用水水質須良好，避免含有污染物或過量之鐵質。
- b. 水溫須恆定，以攝氏23~25度為宜。
- c. 受精卵應避免強烈陽光直射或雨水之淋打，孵化網上方離水面約1公尺處應有遮護設施。
- d. 若引池沼水或溪水孵化時，須經過濾以免大型生物或魚蝦等侵入而殘害孵化之魚苗。
- e. 孵化用水須含適量溶氧，使用地下水之前須經充分曝氣。
- f. 經常摘除死卵，以防發生水黴菌影響其他好卵。

(3) 魚苗養成

剛孵化之魚苗，仰賴其卵黃囊來供應營養成長。此時魚苗不會游泳而多沈於孵化網之下層，故孵化器之進水仍應維持流動狀態，以免魚苗聚集一處斃死。孵化後第3天左右，卵黃囊幾乎已被吸收，能自由游泳開始覓食；可於細網目做成的網斗或育苗池中育苗。

通常，培育魚苗之網斗係設置在已經過消毒，施肥作水的泥池中，其長度4~5公尺，寬1~2公尺者，可培養7至8萬尾。除了投餵輪蟲下，每日另須飼予蛋黃、豆漿、酵母粉或幼鰻之飼料，混合投餵5~6次，上下午各三次。魚苗培育期，池水不宜過肥。孵化後飼育至體長約1.5至2公分，宜移放至魚苗池培育。魚苗池需事先消毒曝曬以殺除雜魚及害蟲等並施肥作水，一般每分地放養2公分魚苗7~8萬尾，魚苗除攝食池中之浮游生物外，每日須投飼各種人工飼料。鯉、魚苗隨成長供給麵粉、米糠、花生粕，而魚完至3公分可添加投餵細小的浮萍。自魚苗培育1個月後成長至4~5公分須再分養，每分地放養5萬左右，當魚苗成長至6公分以上已達放養體型，而一般以12公分者放養較佳。

魚苗養成期間，應徹底除去水生昆蟲或雜魚蝦等，以防止雜魚殘害幼魚。同時，尚須注意水質之管理，鯪、魚肝喜較肥沃之水質，透明度以不低於35公分為佳；而魚兒則是較喜稍瘦瘠的水質，透明度在35公分左右。

(4)放養密度和混養養殖魚類的組成

養殖在謀求於最短期間以最經濟、高效率飼料配合養成技術，獲得最高生產量和產值。混養目的在充分利用養殖水域天然生產力，混養之魚種組合，需考量下列條件。

餌料來源：培育養成魚類必須投餵餌料來促進成長，而餌料成本對某些魚種有達三分之二者，又餌料豐欠，來源的價格，取得的難易，在在影響養殖成本。因此應按當地天然餌料來源來決定放養魚種別，如螺類多的地方可放養鯉、青魚為主，呈優養化環境水域，則以鯪、魚肝、鯽、吳郭魚為主。

養殖水質：優養化之肥水池塘飼養鯪、魚肝為主、瘠水池塘以草魚為主；深水池塘主要放養青魚，有機質多，生物需養量高的池塘，宜放養鯽、吳郭魚等。

混養池中養殖魚種的配養組成和密度依池塘條件而異，每公頃之放養量，草魚200尾、鯪魚1000尾、魚肝400尾、鰱魚1500尾、鯉魚、鯽魚各2000尾，吳郭魚5000尾、再混養肉食性魚類七星鱸魚或鱣魚100尾。尤其是池塘內有較易繁殖的吳郭魚、蝦或其他雜魚者，可多放肉食性的鱸魚，鱣魚或鮠魚等，但需特別注意其放養時間和大小，需待池中主要養殖魚類已成長到無法被放養的肉食性魚類掠食時始可放養(表一)。

一般混養池中，以鯪、魚肝最多、可佔中、下層和底層魚的半數左右，如酌加施肥和投飼人工餌料，則可提高放養密度。鯪、魚肝比例、一般為鯪魚4~5尾配養魚肝魚一尾。

單養池中養殖魚種的放養密度，隨養殖種類和池塘條件而不同，每

表一・淡水魚池混養表

魚種類	體 長	魚苗數 (公分)	放養時間
草 魚	7-12	200	3月-4月
鯪 魚	7-12	1,000	3月-4月
魚 肝	7-12	400	3月-4月
鰱 魚	5	1,500	3月-4月
鯉 魚	2-5	2,000	3月-4月
鯽 魚	3	2,000	3月-4月
吳郭魚	3	5,000	3月-4月
七星鱸魚 (鱧魚)	7	100	5月-6月

平方公尺約生產0.3~0.7公斤魚產來核算放養量。酌予提高放養密度，雖可提高單位魚產量，但一般限制放養密度的因素，除需足夠活動空間外，最主要的是池水有適量的溶氧量。如果放養密度過高，不但會影響池魚之成長且易泛池，導致斃死。

如池塘之水源豐富或裝有水質改善設備之水車，鼓風機等，放養密度可酌量提高，以之因應，夏季水溫高，池塘水質不良時，適時啓動避免引起浮頭。而水源條件差，又無水質改善設施的池塘應酌減放養量，以免泛池遭受損失。此外，還可根據歷年來的生產統計來擬定放養計劃。

水的深度和放養量有密切關係。深水的池塘，水容積較大，直接影響魚類活動空間和供養能力，因此，深水池塘之放養密度可酌量提高。一般養成池水深約1~2公尺。

隨魚體成長，按季節分批將成長達上市體型的成魚先予捕售，減低池魚密度，使小型魚得以迅速生長。並補充放養小型新魚苗，維持池魚密度，以提高單位面積產量。

草、鯪魚養殖方面。一般於年底清池時，將未達上市體型的大、中體型舊苗保留繼續放養，並購入越冬舊苗補足放養量，待大中型舊苗達上市、體型收穫後，再購入當年新苗補足放養。間捕輪放的方法，不但可提高單位面積產量，且可調節魚貨供應時間，提高經濟效益。

(5)分段養殖

分段養殖是依各種養殖魚類的生長特性，將整個養殖過程分成數段，在不同池塘內養成的方法。分段養殖使飼養魚從魚苗生長到成魚的過程中，始終保持一定的密度，以達到增產的目的。因此，間捕輪放是在同一魚池內分批收穫，分批放養，而分段養殖則把池塘分級，隨著魚體的長大，按序移放次級池塘飼養。分段養殖必須有數個魚池聯合使用。

分段養殖已應用在鰻、吳郭魚單性養殖。在草鯪魚類養殖方面，除

魚苗階段也採用分段養殖外，在成魚養殖階段則少有此種經營方式。

(6) 漁牧綜合經營

為有效利用位處較偏僻之溜地、農地等，創造利潤提高經濟效益，將之開墾為魚塢，於寬闊池堤上，搭建雞、鴨、豬等禽畜舍和種植牧草、蔬菜等，利用餵雞、鴨所散落的剩餘飼料來飼養魚並以雞、鴨、豬糞作為魚塢施肥之有機肥料，補充池中天然餌料生物滋生之營養分，節省飼料和肥料成本。

魚池面積宜一公頃以上，否則水質控制較難。漁牧綜合經營的池塘，由於肥分充足，極易造成泛池，故水質改善設施非常重要，如於地下水源充沛地區設置地下水井，水源較缺乏地區設置水車等，積極改善水質和補充溶氧量。

魚池配養豬、鴨、雞數量，依魚池深淺，水源供給水量，池水改善設備設施程度而異。在水源有限地區，每公頃配養豬約150~250頭、鴨1000~2000隻、雞350~500隻為宜。若水源充沛並施設水車，池水深達2公尺以上，禽畜配養量可酌情提高1倍左右。

魚苗於2~4月放養，每公頃放養草魚和魚鰱各300尾，鯉魚1200-1500尾，1500~3000尾、鯉魚1000~1500尾、鱸魚或鱧魚200~300尾、吳郭魚2000~3000尾。

(7) 施肥

淡水魚塢施肥可促進水中浮游生物繁殖，供作魚類餌料，因此若施肥得法，養殖魚類的天然餌料充足，可提高生產力並節省生產成本。池塘施肥的種類很多，如水肥、動物糞便、陸草、水草、農產品加工副產物、堆肥和化學肥料等。依性質可分為有機肥料和無機肥料兩大類。

一般來說，有機肥料施用後肥效緩慢，稱為遲效性肥料；無機肥料肥效快，稱為速效性肥料，但持續性則以有機肥料較久。

1.有機肥料：

有機肥料的成份和肥效較不穩定，如糞尿等因種類、存放時間和保存方法的不同而有很大的差異。如人糞尿保存良好與否，含氮量相差可達60~70%；又如陸草和水草，由於生長地區土壤的肥瘠、收割時間和保存處理方法的不同，肥效也有差異。

施用水肥最好建造水肥貯肥池貯存，使肥料充分發酵分解後，加兩倍清水稀釋潑灑入池。每日於上午施追肥1次，陰雨天停止施肥。追肥量依據水質肥瘦程度而增減。

施用動物糞肥時，可於包裝袋上酌予打洞，整包浸入池中並固定，使逐漸發酵分解溶解肥分於水中，以調節分解時消耗溶氧的速度，並維持水中肥分的穩定供應。

從事漁牧綜合經營，為有效控制池中需肥量，可依魚池面積大小配合飼養適當數量的豬、鴨、雞等來調節。由於每天糞肥供應量穩定，不會過量，但是隨養殖季節，魚體大小不一，需肥量則略有差異，最好也有貯肥池可供調節，尤其是配合養豬，更需設置蓄肥池和其排入魚池的管制閘門，以便調整。

有機肥料除用為追肥外，對於潑水池塘和新建池塘或魚苗池，在尚未注水前適量施肥於池底，可以肥沃底質，促進天然餌料的繁殖。這種施肥方法稱為『施基肥』。一般在冬季清池整理，並經曬池後，將基肥均勻施於池底，曝曬數天再行注水。

基肥的施用量須依魚池的土質、水質和肥料的性能等決定，水質較肥的池塘少施或不施，水瘦或砂質土壤者多施。老舊的池塘，由於底泥中的有機物質較多，一般不施基肥。施肥不足，浮游生物不能大量繁殖；相反的，施肥過多，有機物在發酵分解過程中，消耗大量的溶氧，水中含氧量隨著降低，形成缺氧，而產生浮頭現象。

2.無機肥料：

無機肥料為化學肥料，包括氮肥、磷肥和鉀肥三類。常用的氮肥類有硫酸、尿素、硝酸鈣，磷肥類有過磷酸鈣，鉀肥類有硫酸鉀和氯化鉀。無機肥料不必經過發酵分解，就可直接被水中浮游性植物所吸收利用，因此不致於消耗池中溶氧，肥效迅速但不能持久，因此施肥時應以少量多次為原則。

淡水魚池使用磷肥之過磷酸鈣時，因鈣溶於水中的量增多，使池水PH值上升。磷又是植物性浮游生物必需的營養鹽，而在一般自然水中磷的含量低微，所以為使以植物性浮游生物為主食的白鯪、河內鯽等能夠獲得豐富的天然餌料，必須適量的施用磷肥。魚池施用磷肥時，對於白鯪增產功效最大。一般水深1公尺，面積1公頃的瘦池塘，全年過磷酸鈣最適宜的施用量為2000公斤。

施肥配合池魚之養成，自三月中旬開始實施，到夏季達最高量，繼續至十月中旬。初春由於施肥，池中植物性浮游生物開始繁殖，繼之以適度的追肥來維持。

化學肥料施用要領為

- 1.施用化學肥料以少量多次為原則，施用第二天達到最高效應，第四或第五天肥效消失。
- 2.在灌溉用蓄水池使用水肥，要儘量遠離排水口，以免肥分隨排水而流失。
- 3.上午九時水溫逐漸升高，為施肥最好的時間。施肥期間自三月中旬至十月中旬。
- 4.化肥施肥後，肥分存於陽光能照射到達之水層，則能被植物性浮游生物吸收利用，否則肥力就會減低，所以施放地點宜在四周較淺處，且避免投入注水口附近。

- 5.水肥含氮量多，配合化肥的磷肥使用，效果更佳。
- 6.施肥對於白鯪、鯽、吳郭魚的成長有直接效果，對於鱸魚則有間接效用，對草魚未有影響。所以施肥養魚，先要考慮池塘飼養的魚類，然後再行施肥為宜。

7.投餌

餌料的質量和投餌的技術，影響池魚成長、活存率甚巨，給餌方法按飼料種類，形狀來決定撒餌或置餌。撒餌者為以粉末或粒狀飼料直接撒佈給餌之方法，按池塘面積設一至數處之投餌場，使魚集中之狀態下給餌或沿池四周撒餌。置餌者為於池中選擇數處為投餌場，將餌料和鍊餌置於投餌場之籠中，其設置深度依魚種而異；鯪和魚鰱掛在水面下0.3~0.5公尺，草魚之餌料則在0.5公尺以下，而鯉魚餌料可置於接近池底。

日投餌量需視放養魚種、體型、成長情形、池魚活動狀況、季節、天氣、水溫、水質等因素來決定。在集魚投餌餵飼後一小時檢視餌料籠等有無殘餌，藉以調整投餌量。決定每日投餌之數量，可參考下列情況而增減：

- 1.投餌後如很快吃完，應酌量增加投餌量，有殘餌時則應減少。
- 2.天氣晴朗應多投，悶熱將要下雨則少投，以免導致浮頭；大雨不投，避免泛池；水溫高時，早晚多投，但每日投餌量應酌量減少，以免過食致病；天涼水溫稍底的午間多投。
- 3.魚類活動活潑、魚體健壯時多投，發病期少投或不投，將浮頭或已浮頭時不投。
- 4.水質瘦時多投，過肥時少投或不投，並改善水質。投餌次數以少量多次為原則。投下的餌料要短時間內吃完，以避免浪費餌料與影響水質。魚類攝食過飽，不但易浮頭發病，且吸數效率低，等於浪費飼料。一般放養密度較底的池塘，每日上下午各投餌一次，每次以

1~2小時吃完為準，隨天候、水溫的變化作適當調整。天冷時盡量在水溫較高的午間投餌，炎熱的季節在晨昏時投餌。

(8) 池塘管理

水質對魚類的影響很大，因為池內之飼料殘渣、魚類排泄物或污物流入常使水質發生變化，以致溶氧量降低，導致魚類死亡，所以應保持良好的水質。

水中缺乏氧氣時，魚因呼吸困難而浮頭，以夏季高水溫的下半夜至清晨，和無風悶熱的氣候最易發生，所以每日清晨應巡視池塘，隨時加以預防。如果投餌時沒有異樣而攝餌欠佳，或者魚浮於水面而散亂未成羣，這些都是將發生浮頭的徵候。

輕微的浮頭日出後就會恢復正常，嚴重的會延長4~5小時，這時須儘量注水或啟動各種水質改善設備，否則將會大量死亡。開始發生浮頭的魚，尚成羣迴游，如被聲音驚嚇立即潛入水中者，尚無大礙；倘若徘徊池邊，被聲音驚動也未潛入水中，則雖注入大量的水也不易救治。

一般表層魚的白鯪和大頭鯪，不但易發生浮頭，且對浮頭的抵抗力也弱。草魚則較鯉魚稍弱，在混養魚池裡，如果連鯉魚也發生浮頭時，可以判斷白鯪和大頭鯪已陷入危險狀態，如未能及時迅速施救就會大量死亡。

(9) 收穫

a. 清池：

一般均在年底進行，事先應降低水位網捕數次，剩下少部分漏網之魚，再排乾池水完全撈捕。若魚量過多時，網捕作業應提前開始，分期捕售，並隨魚量的減少繼續降低水位陸續網捕。

鯪魚會跳越魚網逃逸，須高魚網才能捕到。又鯪、鯉和吳郭魚潛逃性強，較難捕獲，留存數量較多，因此清池時，當水位降至0.6公尺左右，應再牽捕數次。此時由於水量少，捕撈時池水易於混濁，池魚

有缺氧的危險，因此池水必須迅速抽乾，並事先在水門掛網，使順水而下的魚入網後快速捕取。

清池工作在上午水溫未上升前完成為宜。在捕魚前事先選定臨近水質較佳的魚池或水路，裝妥蓄養用斗網，以便將捕撈的魚儘速移入此網內蓄養，以減少傷亡。

b · 間捕：

採同時放養大小型種苗輪放方式或混養吳郭魚類的池塘，當部份池魚成長達上市規格時，陸續進行間捕，以降低池魚密度，使小型魚加速生長。

間捕時間一般均在夏天，此時水溫高、水中溶氧量低，魚體耗氧率又大，圍捕在網中的魚容易缺氧致死，且魚體活動力強，捕撈時容易受傷，如果處理不當影響池魚生長。又網捕時，池底污泥容易上揚，污染水質，常會導致缺氧而引起浮頭，因此捕魚時要配合好天氣和魚類活動情況。若天氣陰沈、悶熱欲雨、或池魚發病、早晨浮頭或水質不佳時不捕。宜選擇天氣較涼爽，池魚活動正常時下網。

少量間捕時，可使用投餌誘集魚羣至池塘定點，再用網圍捕，以免驚動全池魚類。大型池塘內可設置大型的吊層網，於網角設置滑輪升降，投餌誘捕。

c · 選別：

捕獲的魚類移入布斗網內蓄養待選別時，不宜立即進行，宜蓄養數小時使稍恢復後再行選別。將達上市體型的成魚選出，較小型的則保留繼續養成。

d · 產量：

單位面積產量隨池塘環境、設備、餌料供應，供水狀況和管理方法等而異。每公頃的年產量在台灣南部地區，草、鰱魚、與吳郭魚混養者，最高達10,000公斤以上，一般為4,000~6,000公斤。其中吳郭魚類

佔總產量的一半以上。飼養單性雄吳郭魚為主體魚者，曾達12,700公斤。

蓄水灌溉兼用的埤圳，過去每公頃年平均僅有400公斤的產量，施用化學肥料的池塘平均為1,000餘公斤，部份採用漁牧綜合經營或配合投喂人工飼料的池塘，也可達3,000公斤以上。

(10)運輸

以往舊有的運輸方法是使用魚籬筐，將魚在筐內排列整齊，上面加碎冰保鮮，運魚卡車用木板分隔成數層，以提高裝載數量。卡車裝滿後運往魚市場拍賣，途中若碎冰不足，再行補充。

近年來由於國民生活水準提高，活魚需求量隨著提高，活魚售價比死魚高出很多，因之活魚的供應量逐漸增加。初期活魚的運搬方法，一般都採用塑膠袋盛水，裝魚加冰酌降水溫，灌氧氣密封運搬，由於此包裝甚為費時，且裝運數量有限，活存率也底，於是逐漸發展為桶裝打氣法，提高裝載量。

桶裝打氣法可分為兩種，一為氧氣瓶送氣法，另一為鼓風送氣法。運搬桶的規格，依運搬用卡車噸位大小和裝載量而異。運搬之容量，依魚種類和大小，季節和運輸距離長短所需時間而定。

使用氧氣瓶打氣的卡車，須裝載氧氣瓶，以供裝魚後使用。採用鼓風機打氣者，須裝鼓風機為打氣用。為增加運載數量，夏季水溫高，運搬用水需加冰來降水溫。在運搬途中酌量補充冰塊，以維持底溫。如採用鼓風機者，加冰數量要比採用氧氣瓶者略為增加。



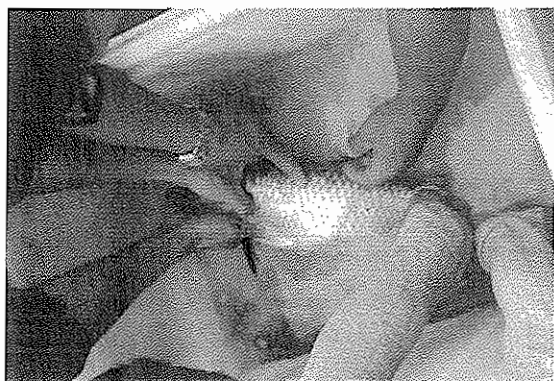
圖一 草魚種魚



圖二 依種魚體型、腹部形態、柔軟狀況等成熟情形篩選種魚



圖三 適度成熟之草魚種魚



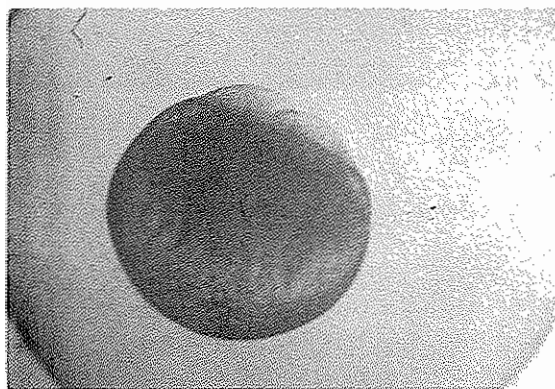
圖四 種魚於背部肌肉注射賀爾蒙催熟



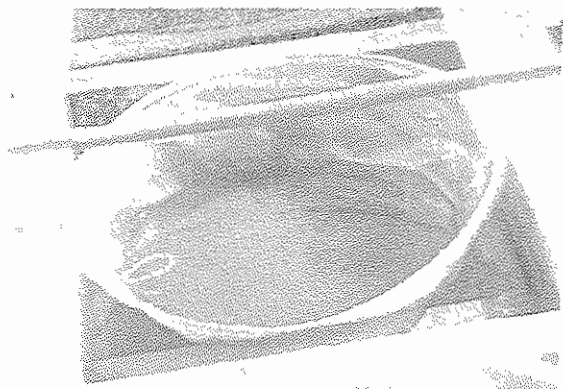
圖五 草魚採卵



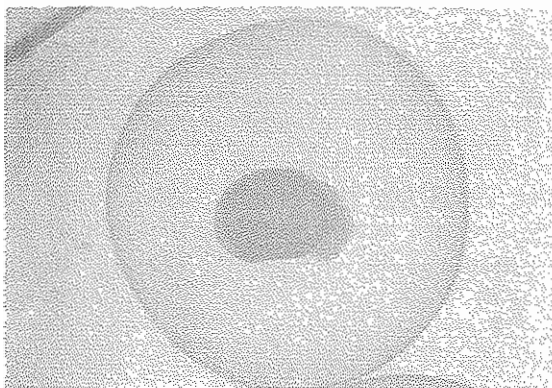
圖六 雄草魚採精，進行人工授精



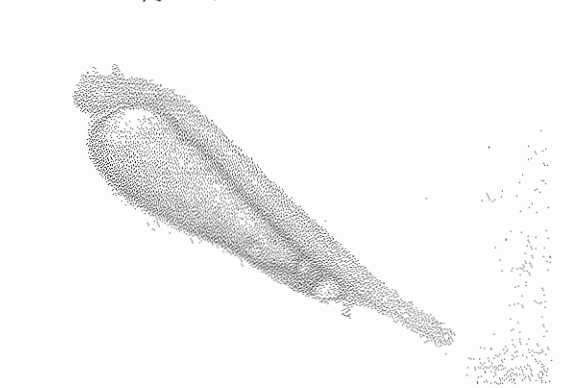
圖七 受精卵細胞分裂為二細胞期



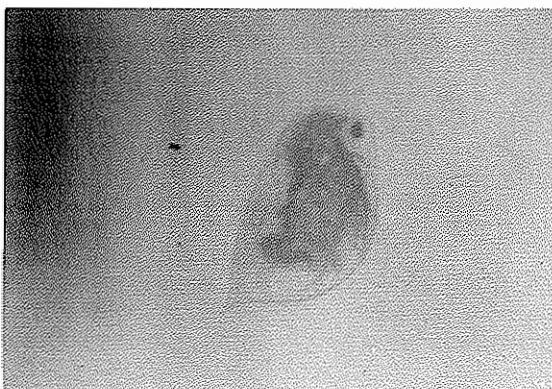
圖八 草魚受精卵於林氏吊網中進行孵化



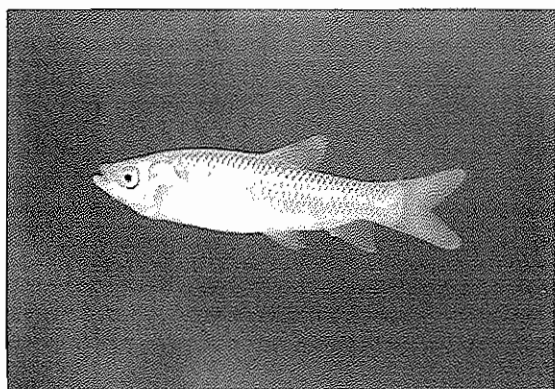
圖九 發育中草魚胚胎



圖十 剛孵化之魚苗



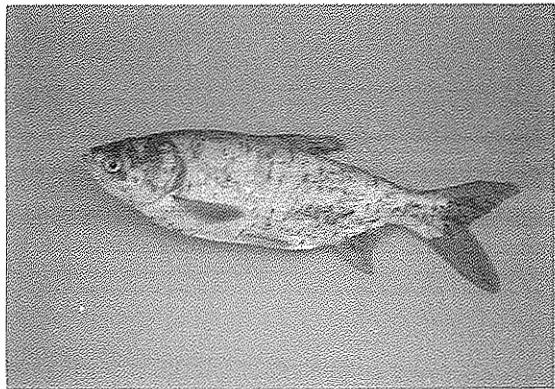
圖十一 培育草魚等鯉科魚類魚苗之餌料生物水蚤



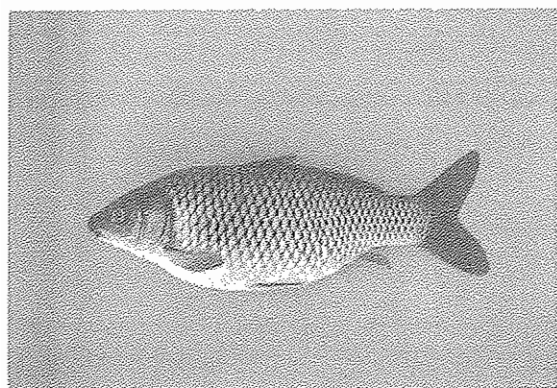
圖十二 體長六分左右之放養體型草魚魚苗



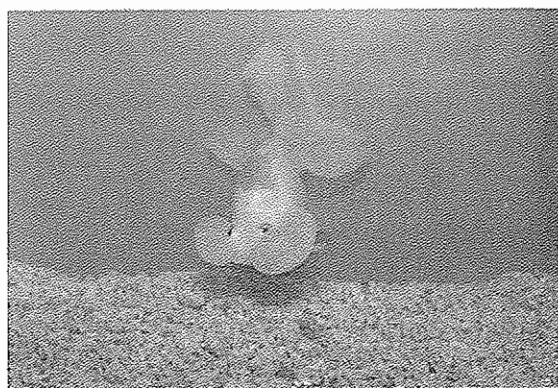
圖十三 淡水魚池豐收草鯉魚情形



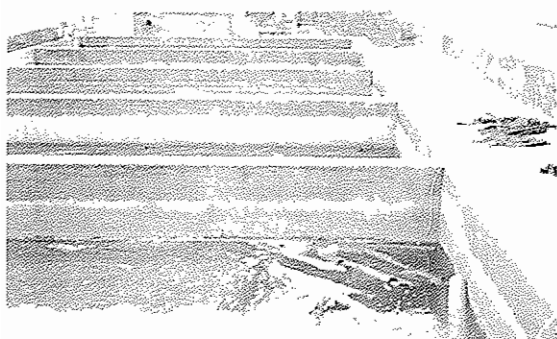
圖十四 大頭鯉體表受針蟲侵害寄生情形



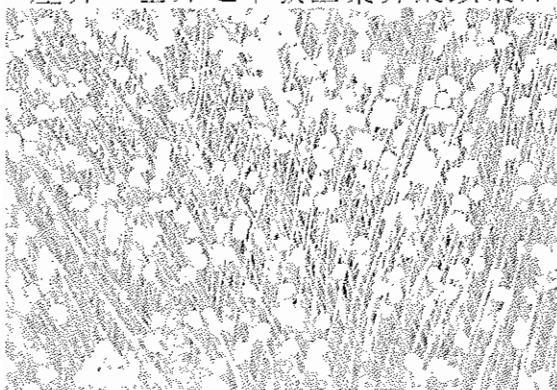
圖十五 鯉魚種魚



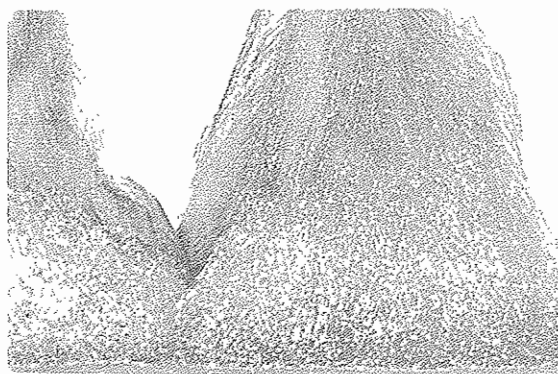
圖十六 金魚（水泡眼）種魚



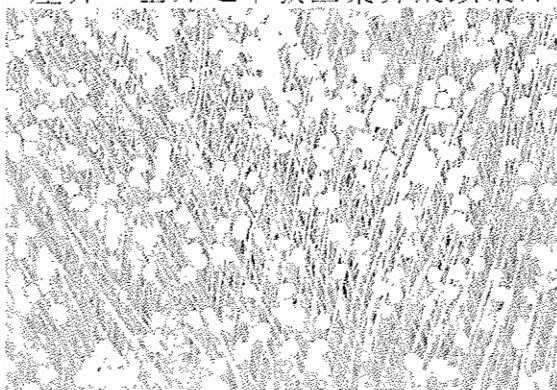
圖十七 鯉魚等種魚於產卵池中自然產卵。產卵池中放置集卵巢以集卵



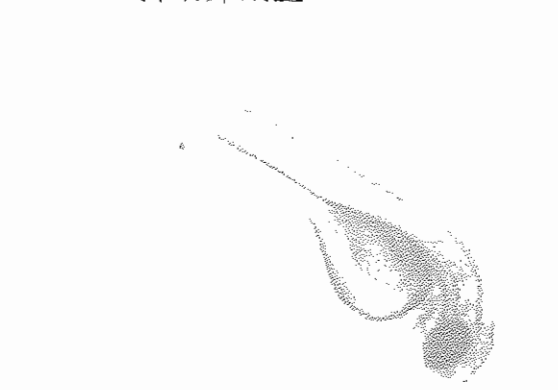
圖十九 集卵巢上附着之鯉魚卵宜各弱卵粒分離，小電機



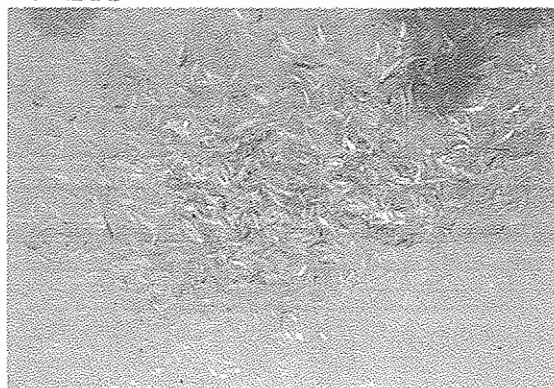
圖十八 鯉魚自然產卵之粘性卵附着於集卵巢上



圖十九 集卵巢上附着之鯉魚卵宜各弱卵粒分離，小電機



圖廿 剛孵化之魚苗



圖廿一 育苗地中之魚苗

水域生態與魚類健康

鍾虎雲

台大動物系

一．概 說

從漁業生物學的智識可以知道一個水域；海洋、湖泊或河川中的魚類族群減少的原因有二個：一個是過漁、一個是死亡。死亡的原因本來是只有自然的老死，或是病死夭折。但是被「害死」的越來越多。甚至於因為水質生態條件的改變，使得魚蝦根本就無法繁衍生殖。這種情況在大海中可能比較不容易發生，但是在內陸的河川，湖泊中卻是屢見不鮮。如果再不從速想辦法改善防止，恐怕就要淪為水中無魚無蝦的萬劫不復的境地。

水中魚蝦族群的平衡既然決定於適量的捕撈與病害死亡的減少，所以魚蝦族群的數量及健康的保育維護也應由此二方面著手。維護魚類資源的觀念，其實在中國歷史上很早就有了。論語裡頭有言「密子賤在單父做官三年，只許捕大魚」。禮記中也有「禽獸魚鱉，不中殺不鬻于市」的規定，而呂氏春秋中也有一句廣為傳頌的「竭澤而漁，豈不得魚，而明年無魚」。淮南子有「魚不長尺，不得取」的規定。可見中國自古即禁止過漁濫捕，有很正確的保育觀念。二、三千年後的今天翻開，中華民國77年修訂的漁業法規裡頭對於魚類資源保護的規定也並沒有增加多少。至於魚類健康的維護，因為古代比較沒有污染，也沒有很多人為水利設施或者是養殖活動，所以不被注意。不過目前這些方面的活動，對資源族群的影響較之過漁濫捕的影響，恐怕是有過之而不及。這是本文論述的重點。

有關魚類病害與健康問題的探討研究在最近二、三十年來隨著養殖業的發達，已經相當活躍，不過這些研究絕大部份都局限於養殖的魚類的病害。有些病害在養殖魚類極為嚴重，但是在野生魚中卻很少見。譬如，魚池魚缸中常見而且容易造成快速而大量死亡的白點病（由原生動物纖毛虫 *Ichthyophthirius* spp. 感染所致），在野生魚羣中則極少見，但是同屬原生動物的粘液孢子蟲 *Myxidium giardi* 則剛好相反，在野生的鮭魚中極常見而養殖者反而少見。當然也有不少病害是養殖魚與野生魚所共見者。養殖環境的生態，魚的密度及餌料等等與自然的河川湖泊究竟迥然相異，故病害種類及程度與健康的維護方法也應分別考慮。台灣的魚病研究十幾年來已有相當成績，但是也完全針對養殖魚種的魚病，對於野生魚種並未涉及，這是魚病研究網中的一個漏洞。

以下就水質，生態，及病害等自然因子及各種人為因子對魚類（主要為野生種類）所產生的影響略舒管見以期對魚類保育有所助益。其中人為因子的影響有些是有目共睹，早已引起大眾的注意，但是有些因素的影響則因較不顯目，而不被注意，但其長久累積的結果造成的影響則常出乎意料之大，不可不慎。

二．影響魚類健康的主要自然因子

魚類與其他所有的生物一樣，其正常的生命現象只能在一定的環境條件下進行，只有在此一穩定的情況下，其身體才能維持內在環境的穩定平衡 (Homeostasis)，其體內的酵素反應才能進行生理作用。這一定的環境情況就是水質的物理因子及化學因子。

(一) 水質

1. 物理因子：

每種魚類都有其適宜的水溫、水文、滲透壓等條件。也有其所能忍受的上下限，而且不同的發育階段對這些須求及適應能力可能會有所改變，一般自然大水域中的物理因子，不容易有顯著的變化，即使有人為因素加入對水質的物理因子也不容易造成大的變化，而直接影響魚類，不過如果水域中的水淺，水量少時，在氣溫急變如寒流來襲時，可能產生凍傷甚或凍死魚羣。至於水文及滲透壓的改變多由人為因子如築壩設堰所引起，將於後述。

2. 化學因子：

水質化學因子比物理因子容易變動，對魚類所產生的影響也較大。自然水質的化學因子中最容易變動的項目是溶解的氧量（dissolved oxygen簡稱D.O.）酸鹼度即氫離子濃度以pH值表之。魚類對於D.O.的適宜值大約在3~4ppm至7~8ppm(part per million)之間。D.O.太低了會窒息，太高了會產生所謂的氣泡病(gas bubble disease)。其實水中的氮氣或空氣溶解超過飽和度的10%就會產生氣泡病，在山鹿地區噴出的泉水很容易產生水中氣體過飽和的情況，而發生氣泡病。美國西北部的大河，哥倫比亞河(Columbia river)上建有很多水壩並設發電廠，沖下的水流中空氣過飽和，大小鮭魚都常因罹氣泡病死亡，這種現象在春天，夏天比較溫暖的季節尤其容易發生。優養化(Eutrophication)的水域中，在豔陽高照，氣壓突變的時候不管是養殖池魚或是自然水域的魚都易發生氣泡病。至於pH值，大部份的魚類約可適應6~9的範圍，有些魚類短時間內則3~11間不致死亡。鯉魚適應力很強，長時間生活在pH 4~10間都沒問題，但是有些魚類則極為敏感。長時期pH過高或過低對魚類的影響輕則體表點狀出血(hemorrhages)重則引起死亡。河川水的pH值常因酸雨而降低到pH3~4間。如果河川水的硬度又很低(<50ppm CaCO_3)就很易造成魚類的行動失衡，骨骼畸形等現象。

除了溶氧及酸鹼度外，較為封閉而優養化的水域中，常因單種或少

數種藻類的大量繁殖形成藻華(algae bloom)，對水族造成極大的影響；或者是透過藻毒毒害魚貝，或者是因大量繁殖後密度太高，藻類夜間行呼吸作用耗盡溶氧引起窒息，亦可能因魚鰓覆蓋大量藻類而阻礙呼吸。但更大的影響則是當藻類因營養耗盡，代謝物累積而至急速死亡，細菌重生而腐爛耗盡水中溶氧而造成魚蝦貝類的全部死亡(fish kill)。在淡水水域中可產生藻毒的多為藍綠藻(菌)(Cyanobacteria)如：絲狀藍綠藻 *Aphanizomenon foveatum* 可產生 saxitoxin 及 neosaxitoxin 之麻痺性毒素，念珠藻 *Anabaena flos-aquae* 可產生 anatoxin-A 之神經性毒素。至於金色微囊藻 *Microcystis aeruginosa* 所產生的毒素則對魚類無什影響，但濃度高時可造成哺乳類食用者肝臟的潰爛甚至死亡。

還有一種自然因素即暴雨或洪水亦常影響到魚類的健康，但這影響是透過多方面的混合作用所產生，譬如暴雨洪水後，混濁度升高影響鰓功能，水質 pH 值偏離，破壞鰓組織，溫度突變衰弱魚體。雖然每一因子的變化量都不太大，但是，好幾種因子同時改變時，對魚苗，幼魚的殺傷力極強。

(二) 病害

病害因子主要可分為寄生性(parasitic)，感染性(Infectious)及原因複雜的腫瘤(neoplasia or tumors)等三類，如下述：

1. 寄生性：

魚類的寄生蟲只有少數有專一性(specificity)，即一種寄生蟲只寄生一種魚類，多數則可寄生於多種魚類。不過不同種魚類對寄生蟲或其他病害的抵抗能力有或大或小的差別。本省魚類常見的重要寄生蟲種類主要如表 1。

各種魚類都會受某些種類的寄生蟲所感染，一般而言魚類的體內或

表 1 · 本省魚類的主要寄生蟲類別

1. 原蟲類(protozoa)

鞭毛蟲(flagellate)

如口絲蟲(Costia)、六鞭毛蟲(Hexamite)、
卵圓鞭毛蟲(Oodinium)

纖毛蟲(Ciliate)

如白點蟲(Ichthyophthirius)、車輪蟲(trichodina)

粘液孢子蟲(Myxosporozoa)

如粘體蟲(Myxosoma)、粘液蟲(Myxidium)及
粘胞蟲(Myxobolus)

微孢子蟲(Microsporozoa)

如凹凸病原蟲(Blistophora)、白囊胞病微蟲(Glugea)

2. 吸蟲類(Fluke)

單生蟲(Monogenea)

如指環蟲(Dactylogyrus)、三代蟲(Gyrodactylus)及
雙身蟲(Diplostomum)

雙生蟲(Digenea)，寄生體或為幼蟲期或為成蟲期，

如黃吸蟲(Clinostomum)

3. 鉤頭蟲(Acanthocephala)

鉤頭蟲之幼體多寄生於鳥類，成蟲則在魚類腸管

4. 甲殼類(Crustacea)

如針蟲(Lernae)、魚虱(Argulus)等。

體表尤其鰓部幾乎都或多或少有寄生蟲著生。在養殖魚類常造成重大的損失，但是野生魚類則只有幼魚，魚苗階段會較為嚴重，成魚則罕有感染至死者。魚體的寄生蟲種類及其感染，因地區水域而有很大的差異，也受季節性的影響。原蟲類的感染多半發生於春天及秋天氣溫水溫變化較大的季節，而吸蟲類則在水溫高的夏天較嚴重。針蟲、魚虱的季節性較不明顯，但冬天較少。本省地處亞熱帶，魚類的寄生蟲性病害較為嚴重。寄生蟲除直接為害魚體外，其所造成的傷口容易引起細菌及黴菌等的二次感染(Secondary infection)，也是常見的頭痛問題。

本省野生魚類的寄生蟲，除了極少數以人類寄生蟲幼蟲之中間宿主為主之調查外，少見有台灣河川，湖泊的野生魚寄生蟲相的報告。故台灣野生魚與養殖魚間寄生蟲的種類異同及是否二者間有互相感染之關係並不明瞭。本省田野河溝所捕鱖魚苗經人工飼養後偶有大量頭蟲及胃瘤絲蟲屬(*Eustrongylides* sp.)之第二幼蟲期寄生。

多數寄生蟲的傳染媒介為經由魚體的密切接觸所致，所以養殖池內因密度大而容易感染。若經水傳播時，因為卵或幼蟲在水中能自由生活的時間並不長，故如果自然水域中魚羣密度不大，則幼蟲常因短時間找不到寄主而死亡。有些須要中間宿主的寄生蟲更因此而局限於某些區域。這類寄生蟲危害魚體者較為少見。

如北部桃竹地區的泥鰍、鯽魚及香魚偶可發現黃吸蟲(*Clinostomum*)之幼蟲寄生。但經由魚體感染人畜的寄生蟲則較為嚴重，如高屏及苗栗地區的草鰱魚常帶有感染人類的中華肝吸蟲幼蟲，每年該等地區都有不少病例發生。

2. 感染性：

主要有病毒(Virus)、細菌(Bacteria)及黴菌(fungi)三類。

(1). 病毒性：

魚類之病毒性病害在所有的魚病研究中起步較晚，約自1960年代始較熱絡，較之其他高等動物及植物的病毒自19世紀末即有相當研究顯然

落後許多。

魚類的病毒多為RNA病毒，如感染性胰臟壞死症病毒(Infectious Pancreatic Necrosis U.)簡稱IPN，出血性敗血症病毒(Virus Hemorrhagic Septicemia U.)簡稱VHS，及感染性出血組織壞死性病毒(Infectious hematopoietic Necrosis U.)簡稱IHN，都是冷水魚類，鮭、鱒魚常見的病毒性病。但是引起河魴腹水及肝腫的河魴病毒病(Channel catfish virus disease)簡稱CCVD及歐洲種鰻魚(*Anguilla anguilla*)的淋巴囊腫瘤(lymphocystis)及乳突腫瘤(papillomatosis)等的病毒則屬DNA virus。草蝦體上常見的草蝦桿狀病毒(Monodon Baculovirus)簡稱MBV亦為DNA病毒。

一般而言冷水魚類的病毒性病比例不輕，但溫水魚類則較為少見。本省淡水野生魚類的病毒攜帶感染情形不明。國寶魚櫻花鉤吻鮭在人工繁殖中的小魚曾分離到LSU的病毒，但病原性不清楚。

病毒性病害的傳染，除橫向傳染(horizontal transmission)經鰓、皮膚及腸道（眼及生殖系統較少見）外亦可直向傳染(Vertical transmission)即母魚經卵傳給仔魚，故種魚之篩選很重要。

(2).細菌性：

細菌性病害與寄生蟲病害是造成本省養殖魚類重大損失的兩個主因，而且常狼狽為害對野魚的影響可能亦然。海水魚及由海中迴游到河川的魚類主要感染症是弧菌症(vibriosis)。溫水性淡水魚則常見感染運動性好氣單胞菌症(motile Aeromonas)及爛鰓，爛尾症(gillrot, finrot)或稱柱狀病(Columnaris disease)由*Cytophaga columnaris* 菌感染引起。但是近年來不管海水魚或淡水魚，不管養殖或野生魚感染鏈球菌症(Streptococcosis)者日眾。感染魚類的病原菌多半或甚至全屬機會性病原菌(opportunistic pathogen)多半只在魚體因其他原因而衰弱或受傷時趁火打劫，感染致病。若魚體健康時則不易入侵繁生，故病原菌之有無僅是感染病害的部份原因。水質的良窳，環境的好壞及魚本

身的情況都是決定帶菌魚(Carrier)是否發病的重要因素。

(3). 黴菌性：

與其他高等動物一樣，魚類亦有體內寄生的系統性黴菌感染(Systemic infectious fungus)如魚孢黴(Ichthyophonus)症，鰓黴菌症(Branchiomycosis)及體表皮膚黴菌症(Integumentary mycoses)。後者多由水黴菌(*Saprolegnia*)之感染所引起，水黴菌的感染可能屬於次發性(Secondary)，即魚體在某些素因(predisposing factors)的影響，如外傷、凍傷、水質不良或因繁殖及老弱等免疫能力降低時才感染，所以水黴病多見於撈捕後或寒流低水溫之時期，或產卵後激素失調之種魚。魚體若為黴菌寄生後，其上又可附著原營自由生活的固定、著生性種類的纖毛蟲，如鐘形蟲(Uorticella)、喇叭蟲(Epistylis)等及其他污穢雜質，增加魚的負擔加速病情惡化。

(三) · 腫瘤：

魚類的腫瘤並不多見，經濟上並不重要，但是學術上可能極有價值。比較病理學的觀點(Comparative Pathology)上有助於對其他高等動物包括人類的腫瘤真相的瞭解。由目前的研究，魚類腫瘤的可能原因，與高等動物的腫瘤原因應該一樣，有年齡、遺傳、免疫因子、致癌因子、刺激性物質及病毒(Oncogenic virus)等等。但是各種因子對於不同魚類致癌的影響有很大的差異。

鯉魚的皮膚常見乳突狀腫瘤(papilloma)，已証實由病毒 *Herpesvirus cyprini* 感染所引起。多氯聯苯(polychlorinated biphenyl)一類的物質則為致癌物，可引起魚類的肝癌(hepatoma)，而很多種化學污染物則已証實與甲狀腺腫(thyroid hyperplasia)、肝腫(liver tumors)、皮膚乳突瘤(papillomas)等有關。黃麴毒素(aflatoxins)引起鮭鱒魚的肝癌則為最著多的例子鮭鱒魚類對此毒素極為敏感(表2)。常常魚類胚胎時期所受到水中污染物質的作用，要等到魚成長後始現出腫瘤症狀。

表2 Aflatoxin 對鱒魚的致癌作用

Aflatoxin fraction	PPb dose	percent of fish with hepatoma (12 months)	Incidence in percent (16 months)
B1	4	25	35
B1	8	70	80
B1	20	78	-
B2	20	5	0
G1	20	5	0
G2	20	0	0
M1	16	70	95
Crude	20	38	57

以上所述影響魚類健康的因子不管是水質條件，病原體或腫瘤，單獨存在或發生時，一般只是對魚體造成壓力(Stress)或不適，不容易造成很大的影響，但是多種不良因子交互作用時則往往產生嚴重甚或致命的結果。

三．影響魚類健康的人為因子：

影響野生魚類健康的人為因子，可分為下列三方面：污染、養殖產業、以及水利設施。

(一) 污染：

自從人口增加，農業工業發達以後，製造了大量污染物質排入水域中，對於水域中的水族影響甚巨，其至於使魚蝦完全消失絕跡的情形也已經屢見不鮮。由家庭污水(domestic pollution)、農業污染(Agricultural pollution)及工業污染(Industrial pollution)的各種成份對水族所產生的影響整理如表3。污染物質除了直接造成急性慢性中毒外，也是一個主要的壓力(Stress)來源，已經証實如果水中含銅離子，則弧菌病及口紅病(red mouth disease)特別容易發生。表面上是弧菌的感染症，但是隱藏在背後的原凶卻是人類污染的重金屬！水中低量的污染物質，常不引人特別注意，但是經由食物鏈(food chain)的濃縮作用，往往可使魚體的濃度達到極高的慢性或急性的界限。以前有人試驗過DDT的情形，發現空氣中若有 3×10^{-6} ppm的濃度則水中浮游生物體內可蓄積到 4×10^{-2} ppm (1.3萬倍)，小魚體中可達0.5ppm (14.3萬倍)而大魚可達2.0ppm (57萬倍) (有此魚類蓄積濃度到0.1ppm時即有死亡之處)，吃魚的水鳥則更高達25ppm (858萬倍)，實在非夷所思。

目前國內污染情況已經非常嚴重，不管是養殖池或河川，湖泊常有

表3 各種類污染物對魚類的影響

項 目	影響
家庭污水 有機質 清潔劑	降低水中溶氧，增加生化須氧量(BOD)，微生物滋長，水域優養化，直接毒害魚體。
農業污染 肥料 殺蟲劑（有機磷、有機氯等） 除草（藻）劑	造成水域優養化，發生藻華(Algae bloom)，直接毒害魚體減低肝功能，間接致病，改變水中藻類相，影響生態平衡。
工業污染 （氨、氯、硫化氫等） （有毒氣體）	氨影響血紅素的攜氧能力 氯形成次氯酸，產生初生態氧，傷害鰓組織，在酸性水域中為害更大。 硫化氫對魚卵孵化及魚苗殺傷力極強。
有機物質	胺 有機酸 有機溶劑如酚10ppm時可使魚類昏迷 什或致死某些魚類，濃度輕時刺激粘膜脫落。
無機物質	形成酸雨，影響水域pH變化，使魚卵無法孵化。腐蝕魚鰓，有些酸中的陽離子可與鰓中蛋白質結合或不溶解的化合物，使魚類呼吸困難。 氰化物、硫化物都可使組織失去利用氧的能力。
重金屬 如鎘(Cd)、鉛(Pb)、 汞(Hg)及銅(Cu)	重金屬都會沉積於鰓上影響呼吸，進入血中後可影響酵素的作用，激素的產生，及呼吸中樞。

大量死魚(fish kill)的情形發生，這多半都是污染直接或間接影響所致。遇到這種情形，為確定原因，追究責任，防止或減少再發生，應該馬上以清潔乾淨（絕不可含重金屬，尤其鉛）的容器採水二瓶密封（採水時至少要有二位以上的目擊者），採水後一瓶立即凍藏，另一瓶冷藏，並檢取剛死的魚亦凍藏。瀕死的魚則可將肝、腎、腸、皮與鰓等內臟取出固定於10%福馬林（原液為40%）或最好是緩衝福馬林生理鹽水(buffered formal saline)中，送權責機關分析檢定。如果有氰化物中毒的嫌疑，則應送整魚或魚頭檢驗。

有的國家督促工廠利用鯉魚來監測(monitor)所排污水水質。污水排出後先進入長方形魚池，如果水中含毒達一定程度，則魚體變衰弱，多被沖流至出水口端，方法簡易，一目瞭然，未嘗不是一個好辦法。

污染對魚類健康的影響顯而易見，已引起大家的注意，但是人為的其他因子，如養殖產業與水利建設也有相當影響，只是程度不若污染之著之速，而少被注意。但長久以後的累積影響恐不下於其他前述因子，實不容忽視。

（二）養殖產業與魚類保育的關係

養殖產業無可否認的已經是農業中最重要的一個項目，替人類帶來了珍貴的蛋白質，正因為其重要性日增，養殖活動日趨活躍，所以其負面的作用也漸漸顯目。業者或為了增加產量，或為了改變口味，經常引進新品種或從原產地的河川湖泊將魚蝦遷移到另外一個地方養殖，因此也常常帶來了新的病原。有很多魚類的病原對於一種魚的毒性很低，危害小，但是對於另一種魚則毒性高，為害大。

絕大部份的魚類體內或體表，或多或少都有寄生性或共生性的細菌，寄生蟲或病毒等存在，但是並不繁生發病，只形成一種共存(Carrier)的現象。不過換了地方換了魚種就可能從共存的狀態變成感染(infection)而發病或致死了。本省北部河流原先常見的名貴魚種香魚(魚)，以前並沒有人提過有微孢子蟲 *Glugea altivelis* 的感染症，但是由日本傳入的

養殖香魚此病卻極常見，種魚若感染此症，繁殖必然失敗。目前北部河川，香魚的放流復育計畫，可能要受到此病的影響。民國46年時我駐奧大使俞叔平受托攜回德國鱗鯉、革鯉進行養殖、繁殖。後來在62年時桃園地區繁殖出來的魚苗，超過半數以上發生一種粘體孢子蟲(*Myxosma* sp.)的感染。此病來無蹤去無跡，本省魚類並未發現過，是否為傳入種一直未有答案，幸好近年來並未發現波及其他魚種。鱒魚與鮭魚的幾種重要病毒症及細菌性的腎臟病(BKD)與癰瘡病(Furunculosis)原來都是地區性的流行病，即因為魚種或魚苗的轉運而傳播至全世界的大部份地區。1987年丹麥的一項研討會中Marianne Kie報告說歐洲鰻(*Anguilla anguilla*)中有三種寄生蟲*Pseudodactylogyrus anguillae*, *P. bini*及*Anguillicola crasea*都是因為從亞洲進口日本鰻苗*A. japonica*所帶進來的。現在整個西歐的養殖鰻(歐洲鰻)都可見到這些寄生蟲的寄生，夏天高溫季節時由丹麥Esrum湖中所捕鰻魚的感染率高達94%，新的病原不但可從種魚活魚帶入，亦可從死魚(食品)或魚卵帶入。這個負面的影響是引進新魚種的慘重代價。得失之間，應慎重評估。

另外養殖業常利用藥物處理病害，對於細菌抗藥性的影響不但關乎魚類的生命，更波及人類的健康。疫苗的運用是極好的魚病預防方法，但是也可能因此增加了保菌魚。如果保菌魚散入自然水域，可能要大大的威脅完全未接觸過此病原的野生魚。養殖業中所用的人工繁殖，魚苗培育，對於魚類抗病能力的影響也是值得注意的事。

(三)水利建設與魚類保育

建築水壩、電廠、開發能源已有悠久的歷史，長久以來大家只見到有利的一面。其實水域生態及水族病害都會或多或少受到其影響，不過如能稍事注意改善則應比上述其他因素容易解決。水壩影響迴游魚類(Catadromous 或 Anadromous)的產卵繁殖，早已知之。這個問題雖然可以利用魚梯來解決但是魚梯中的魚特別容易受傷因而二次，感染病害卻是不乏實証。另外水壩電廠的排水亦增加某些魚類的病害，譬如水

壩後方的水，因溶解氣體常達過飽和，而使氣泡病容易發生已如前述。另外因水壩的建造，改變了水文及水質，也會增加魚病發生的比例。Becker C.D. 及 Fujihara M.P.調查收集了美國西北部大河Columbia River長達三十年的完整資料，並在實驗室中試驗佐証，這條大河流域魚類的柱狀病原菌*Flexibacter columnaris*(*Cytophaga columnaris*)及其所引起的爛鰓爛尾病與此河流上所建水壩、水力電廠與附近核能反應爐之間的關係。顯然水庫的建造會經由複雜的水溫及水流量，流速等的作用而增加此病的發生，而意外的，核能反應爐的建造則與此病無關。本省水利設施對於水族健康的影響，尚是一片空白，有待瞭解。

四．結論

河川湖泊等自然水域中野生魚類的保育維護是極為複雜困難的工作，因為水域生態受到人為的各種活動破壞改變。家庭污水、農業生產及工業活動能源開發都會直接或間接的為害水族健康。有的影響是顯而易見，只要有完善的法律規章及有效的執行，即可改善或防止。有的影響則是隱而不明，則要靠廣泛深入的研究才能發掘真相，採取對策，應該猶未為晚。

五．參考資料：

- Ashburne L.D. 1976. Australian Fish Face that From Foreign diseases. Australian Fisheries (35)6:1-5.
- Baker R. J., M. D. Knittl & J. L. Fryer 1983 Susceptibility of chinook salmon, Oncorhynchus tshawytscha (Walbaum), and rainbow trout, Salmo gairdneri Richardson, to infection with Vibrio anguillarum following sublethal copper exposure. J. of Fish

Diseases 6, 267-275.

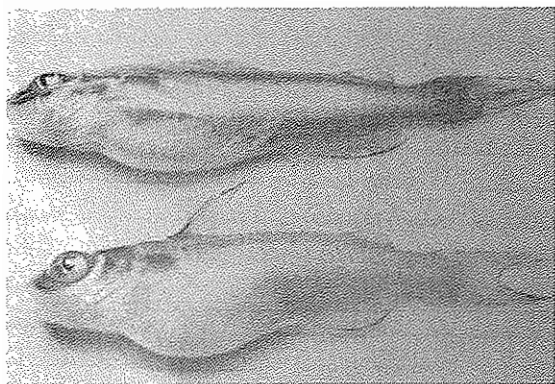
- Becker C. D., and M. P. Fujihara 1978 The bacterial pathogen Flexibacter columnaris and its epizootiology among Columbia river fish PP 1-92. American Fisheries Society Washington D. C.
- Brooks A. S. & G. L. Seegert 1977 The effects of intermittent chlorination on rainbow trout and yellow perch. Trans. Am. Fish Soc. 106(3), 278-286.
- Erlinda R. Craz & K. Muroga 1985. Studies on the tolerance of Japanese eel (Anguilla Japonica) to zinc sulfate. Fish patho. 20(4), 459-461.
- Kinkelm P. (ed). 1984. Symposium on Fish Vaccination pp. 1-248. O. I. E. Paris 20-22 Feb, 1984.
- Mavvdesley Thomas L. E. (ed) 1972. Diseases of Fish pp 1-380. Symposia of the zoological Society of London No30. Academic press Ltd. (London).
- Pickering A. D. (ed.) 1981. Stress and Fish. pp. 1-367. Academic press Inc (London) Ltd.
- Post G. 1987. Textbook of Fish Health pp 1-288. T.F.H. publications Inc.
- Roberts R. J. & C. J. Shepherd 1986. Handbook of trout and salmon diseases pp 1-224. Fishing News Books Ltd. Farnham, Surrey, England.
- Snieszko S. F. & H. R. Axelrod (ed). 1976. Diseases of Fishes pp 1-192. T. F. H. Publications Inc.
- Stenmark A. & C. Malmberg (ed.) 1987. Parasites and Diseases in Natural waters & Aquaculture in Nordic Countries pp 1-250 Zoo-Tax. Sweden.

徐雅莉等 1987 櫻花鉤吻鮭之細菌黴菌和病毒之研究(一) 行政院農委會。

曾晴賢 1986 台灣的淡水魚類 台灣省政府教育廳出版。

郭光雄等(ed.) 1987 魚病研究論文集(一)、(二)、(三) 農委會漁業特刊10、11、12台北。

唐家權等 1983 淡水漁業實用手冊。



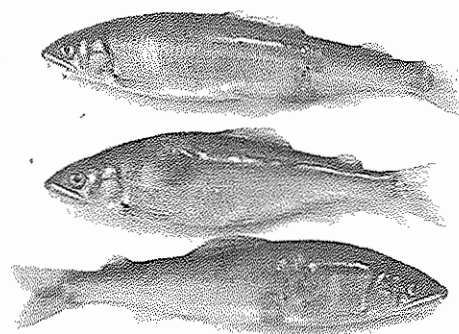
圖一 鯰魚苗的病毒感染症



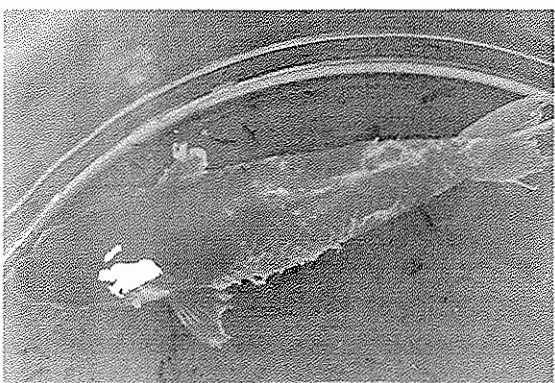
圖二 水質肥沃造成土殺魚的細菌二次感染



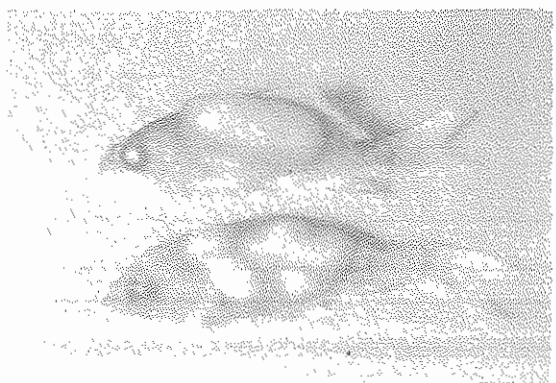
圖三 感染鏈球菌的吳郭魚



圖四 香魚的孤菌病



圖五 鯉魚的水生菌病



圖六 德國鯉魚的孢子蟲病

與淡水魚有關的人體寄生蟲

蘇霽靄

臺大醫學院副教授

台灣地處亞熱帶，大小溪流有一百多條，此外尚有不少的湖泊、水庫等，因此孕育了豐富的淡水魚類。魚類可供食用、觀賞及休閒漁釣等。雖然「鮮」的意思是「生魚」，但是魚類也可作為某些人體寄生蟲的中間宿主，在我們面對生猛魚鮮時，如果也能稍具寄生蟲學的常識，就可以避免一些不必要的病痛了。

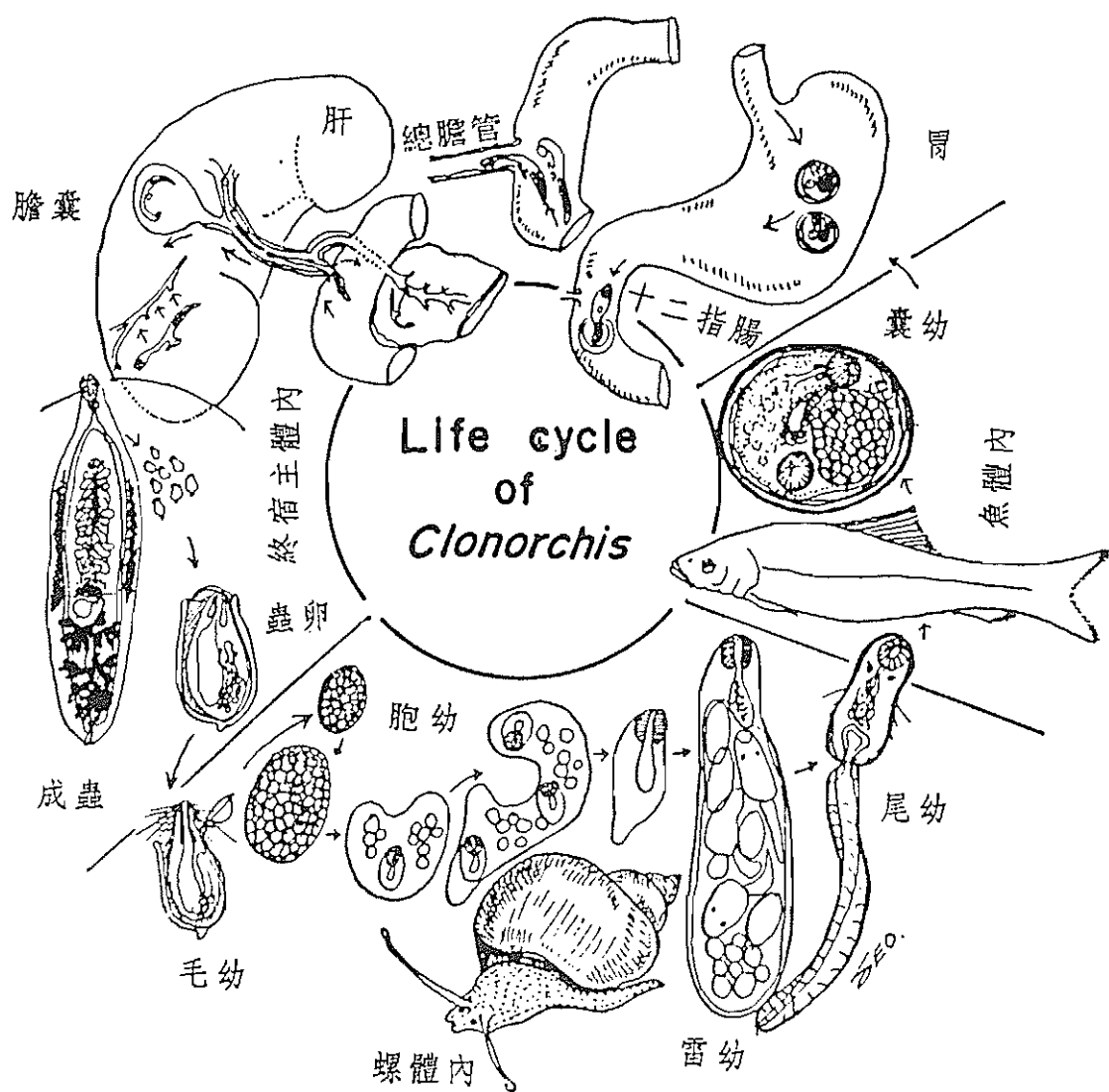
本省淡水魚中，常見的人體寄生蟲幼蟲期，主要是吸蟲類，其中較為大家所熟知的是中華肝吸蟲(*Clonorchis sinensis*)，此外尚有寄生於小腸的棘口吸蟲類(echinostomes)，橫川吸蟲(*Metagonimus yokogawai*)，及一些異形吸蟲類。此外尚有棘顎口線蟲(*Gnathostoma* spp.)

及菲律賓毛線蟲(*Capillaria philippinensis*)。下面就對各類寄生蟲作一個簡介：

1. 中華肝吸蟲

本蟲係McConnel於1874年，首次在一位死於加爾各答的中國木匠的膽道中發現，故命名為中華肝吸蟲。1975年在湖北出土之西漢古屍的糞便中，亦發現本蟲之蟲卵，顯見中華肝吸蟲症在我國，至少已有二千一百多年的歷史。本蟲主要分布在亞洲，如中國，韓國、日本、越南等地。

成蟲大小約1-2.5 cm × 3-5 mm，主要寄生於哺乳類的膽道系統內。蟲卵由子宮排出時，其中已含毛幼(miracidium)，其生活史及形態如圖一至五，蟲卵隨糞便排出，若落入水中，被其第一中間宿主沼螺(*Parafosarulus manchouricus*)食入，毛幼孵出，穿過螺腸到肝，在此經胞



圖一・中華肝吸蟲之生活史

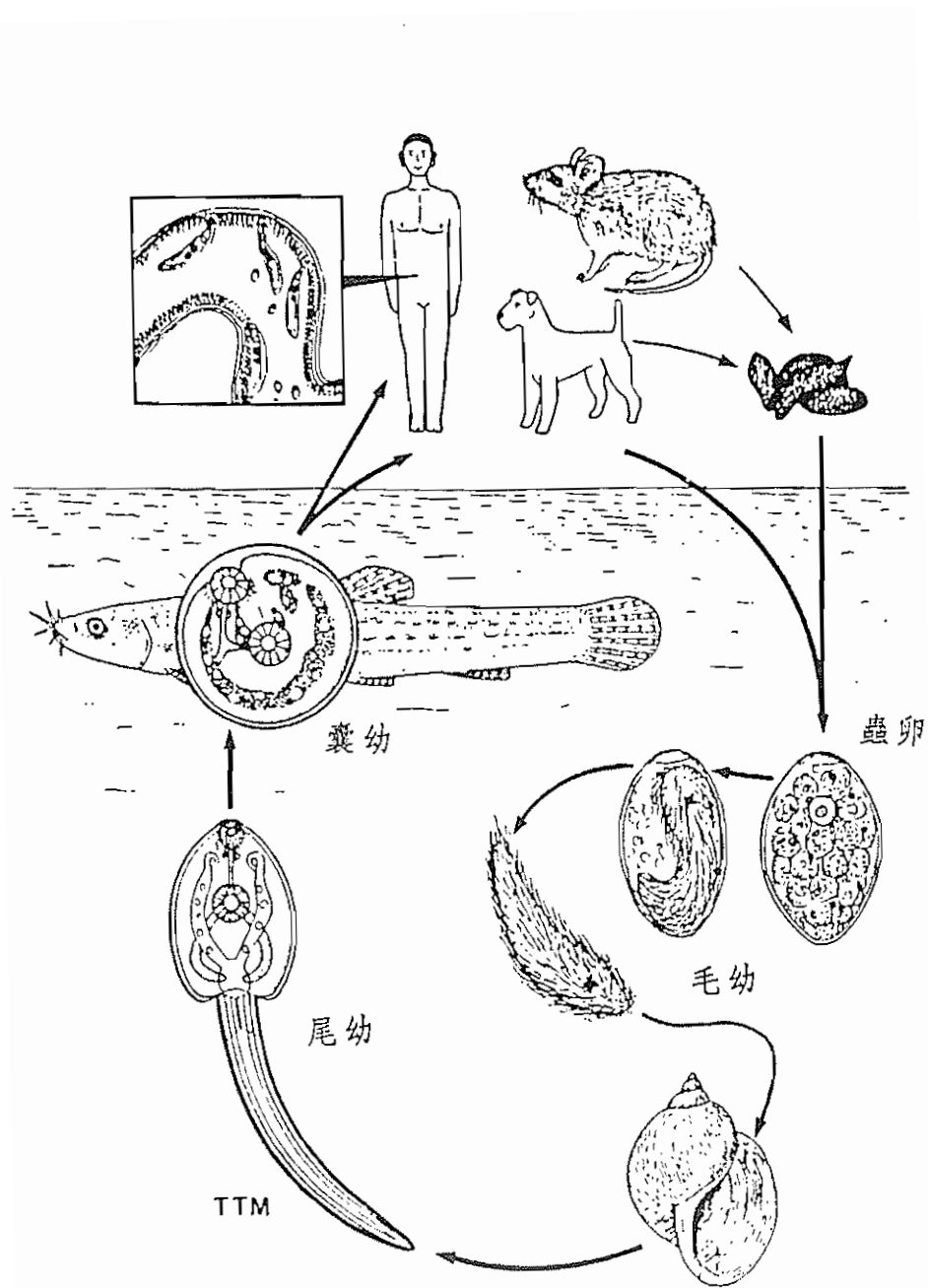
幼(sporocyst)及雷幼(redia)的發育階段，最後產生尾幼(cercaria)。成熟的尾幼自螺體逸出後在水中游動，遇到第二中間宿主淡水魚後鑽入魚體，形成囊幼(metacercaria)。約有一百種魚類(主要為鯉科魚類)，可做為中華肝吸蟲之第二中間宿主。在福建及瀋陽亦發現某些淡水蝦可做其第二中間宿主。當終宿主食入含囊幼之生魚，囊幼經胃液及十二指腸液的消化，幼蟲在十二指腸脫囊後，逆膽管而上，進入肝臟之膽道系統，約經一個月發育為成蟲。其在人體的壽命，一般記錄為15-20年，最長的記錄是40年。

本省各地大多可以檢查到帶囊幼的淡水魚，感染率較高的有克氏鱊(*Hemiculter kneri*)、羅漢魚(*Pseudorasbora parva*)、草魚、鯽魚等。囊幼遍布魚體，但以肌肉最多(>80%)，其餘依次為皮、鰓、鱗片及鰭等部位。二十年前，在內湖捕得的一條羅漢魚就含2000個囊幼，近年由於水域的污染，感染濃度已大為降低。肝吸蟲症流行地區的分布，與居民的飲食習慣有關。本省的流行地區包括日月潭，高雄的美濃、旗山一帶，苗栗鎮及屏東的麟洛及內埔一帶，多是客家人聚居的地方，與喜食淡水生魚片有關。

輕度感染的病人，多沒有明顯的症狀，中度感染可引起消化不良、腹瀉、無力、肝腫大等症狀，而重度感染，晚期可造成肝硬化、腹水、甚至死亡。也有人認為慢性感染與膽管癌有關。

2. 棘口吸蟲類

這類吸蟲形態上的特徵是口吸盤周圍，有呈馬蹄形分布的小棘。成蟲大小約 12×2 mm寄生於鳥類及哺乳類小腸。生活史如圖六，蟲卵隨糞便排到水中，經一段時期的發育後孵出毛幼，遇到適當的淡水螺如椎實螺及扁蝨，侵入螺體，在其中經兩代雷幼期發育後，產生尾幼，在水中游動的尾幼，侵入同一隻或同一種或他種淡水螺、蚌、蜆、蝌蚪、淡水魚等體內，形成囊幼，被哺乳類或鳥類食入，囊幼在十二指腸脫囊，發育為成蟲。輕度感染之患者無明顯症狀，重度感染可能有噁心、嘔吐、



圖六·棘口吸蟲的生活史

腹瀉等症狀。

根據文獻記載，本省共發現過十一種棘口吸蟲，其中八種是人畜互通的寄生蟲。在本省曾發現人體寄生病例的有美麗斯棘口吸蟲(*Echinostoma melis*)，外旋棘口吸蟲(*E. revolutum*)及反曲棘口吸蟲(*Echinoparyphium recurvatum*)。後兩種棘口吸蟲之世界第一例人體寄生病例都是在臺灣發現報告的，反曲棘口吸蟲是1916年由赤木治療一日本病人，驅蟲後在糞便檢出，感染源是日本或本省則不得而知。外旋棘口吸蟲則是1929年穴澤為一位埔里婦人驅蟲後得到。到目前為止人體寄生的病例，僅六例曾驅蟲鑑定種類，此外尚有一些僅檢查糞便看到蟲卵、而未驅蟲鑑定。

3. 橫川吸蟲及其他異形吸蟲

這些都是寄生於鳥類及哺乳類小腸中的小形吸蟲，除橫川吸蟲外，尚有臺灣異形吸蟲(*Centrocestus formosanus*)，台中異形吸蟲(*Haplorchis taichui*)及臺北異形吸蟲(*H. pumilio*)等，生活史大致與中華肝吸蟲相似，但其第一中間宿主為川蜷或瘤蜷等，對第二中間宿主的選擇性則不高，多種淡水魚均可寄生。囊幼在魚體的分布情況亦各有差異，橫川吸蟲多在鱗片(圖七)，臺灣異形吸蟲在鰓，臺中及臺北異形吸蟲則與中華肝吸蟲相似，以肌肉為多。

此類小型吸蟲，通常輕度感染無明顯症狀，重度感染可能引起腹痛、下痢等症狀。由於成蟲的體型很小，可能侵入腸粘膜深處，所以蟲卵可能隨血液循環至其他內臟器官，而引起肉芽腫等炎症，如心臟瓣膜炎、心肌炎、腦出血、癲癇等。

其中橫川吸蟲的成蟲約 1×0.5 mm(圖八)，是在臺灣發現報告的。1911年橫川定博士在找尋衛氏肺吸蟲的第二中間宿主時，詳細檢查了新竹肺吸蟲流行地區的家鴨，豬肉及淡水魚。檢查過程中，在香魚的鰓葉中看到一種不認識的囊幼，餵小狗吃後，在小腸上段找到一種蟲卵很像中華肝吸蟲的小型吸蟲，分類學者以其名命名為橫川吸蟲。後來在臺北

檢查一些常吃生魚片的居民，糞便中也看到類似的蟲卵。

4. 棘顎口線蟲

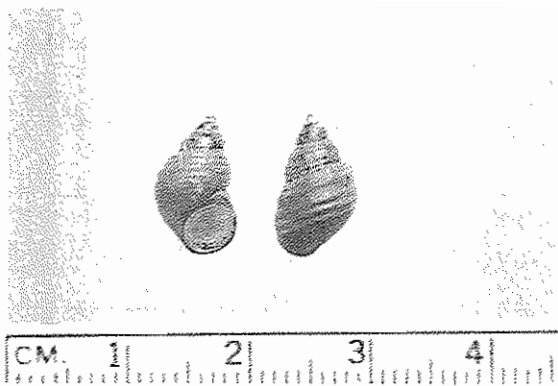
此蟲的特徵是具有膨大的頭球，頭部及體表有很多圈小棘，因以得名。其生活史如圖九，成蟲寄生在貓、犬的胃壁，形成腫瘤樣的潰瘍。蟲卵隨糞便排入水中後，經一段時期發育為第一期幼蟲，而後進入其第一中間宿主—水中的撓足類，在其中發育為第二期幼蟲後，若被第二中間宿主(包括魚類、兩棲類、爬蟲類、鳥類及貓、犬科以外的哺乳類)吞入，第二期幼蟲穿過腸壁，在肌肉或結締組織中發育為第三期幼蟲，第二中間宿主中的幼蟲若被貓、犬食入，就在胃部發育為成蟲，若被其他脊椎動物食入，不能進一步發育，而在體內游走，造成局部炎症，引起幼蟲移行症。此症發生的部位最多為皮下，其次眼部、肝臟等。本省病例並不多見，1979年美國曾有一病例報告，一旅美華人回台探親時吃過鱧魚，雖然他說那不是生魚，可能沒有熟透，總之不久他背上開始發癢，回美不久背部發現有會走動的腫突，醫生把腫塊切除，做切片來看，發現是一種棘顎口線蟲。

5. 菲律賓毛線蟲

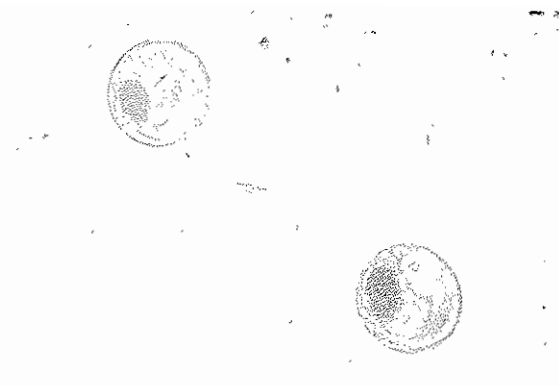
寄生於小腸，體長約2-5 mm，中間宿主是小形淡水魚或淡鹹水魚。實驗室可感染猴、蒙古沙鼠及鶯絲，自然界的天然終宿主不太清楚，僅發現過一隻黃鶯(yellow Bittern)有感染。

蟲卵隨糞便排入水中後，經一段時期發育為感染型蟲卵，被魚食入後，在其腸道經三星期發育為感染型幼蟲，人吃了生魚後，幼蟲在小腸經兩星期即發育成熟為第一代成蟲，此時雌蟲為卵胎生，產出的幼蟲仍留在小腸，又經兩星期發育為第二代成蟲，此時雌蟲為卵生性。

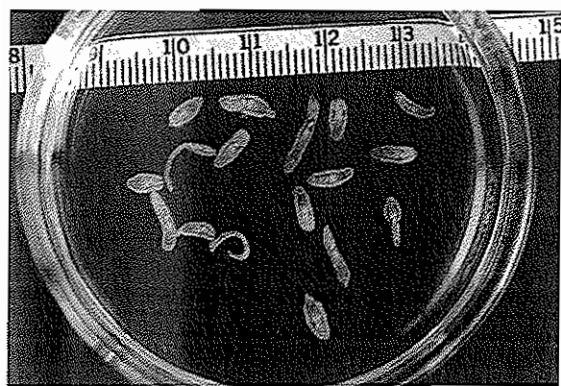
由於此蟲寄生腸內時，能增加成蟲的數目，所以通常會有數千條成蟲寄生，造成嚴重的腹瀉，每天4-10次水樣便，如不治療症狀會持續數月之久，可能引起死亡。此蟲1963年首次在菲律賓發現，1965-67年曾在呂宋島造成大流行，死亡數十人，以後在菲律賓其他地方、泰國、日本



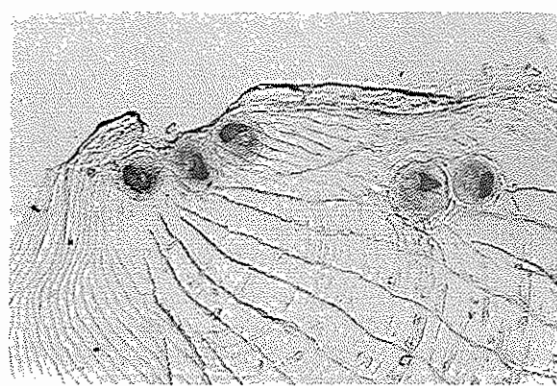
圖二 沼螺——中華肝吸蟲的第一中間宿主



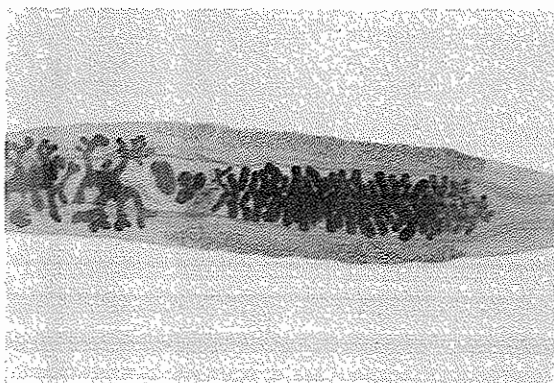
圖三 中華肝吸蟲之囊幼



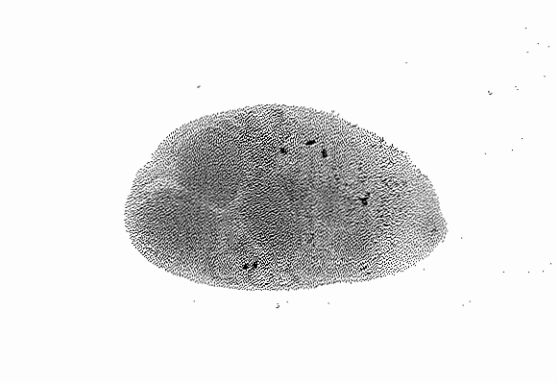
圖四 中華肝吸蟲——由天竺鼠得到的成蟲



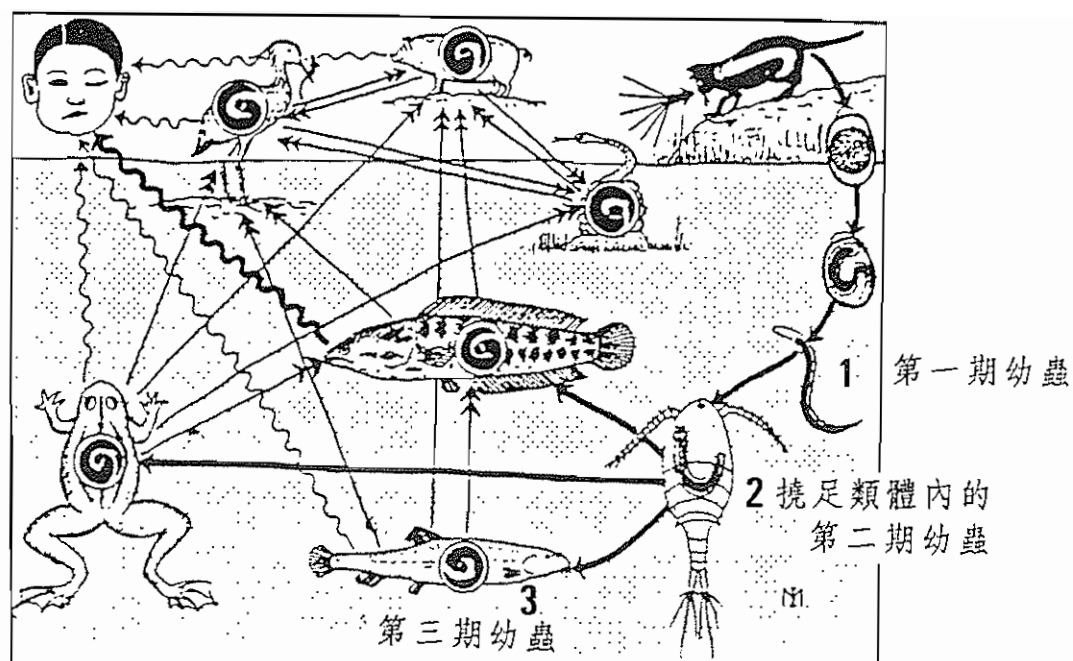
圖七 魚鱗上的橫川吸蟲囊幼



圖五 固定染色之中華肝吸蟲成蟲



圖八 橫川吸蟲之成蟲



圖九·棘顎口蟲之生活史

、伊朗都有病例報告。本省去年發生過兩個病例，其中一人曾到泰國觀光，另一人則據說沒有出過國，所以很可能台灣有感染的魚類存在。

上述這些寄生蟲的預防方法都很簡單，只要不吃生的或未煮熟的魚就可以。吸蟲類的囊幼，尤其是大塊魚肉或整條魚中的囊幼，對一般常用的調味料，如鹽、醬油、醋、酒等都有相當程度的抵抗力，醃、浸不一定能殺死所有的幼蟲，近年有研究指出利用伽瑪射線可殺死魚肉中的囊幼，但對自己捕魚來吃的人，不切實際。囊幼遇熱則60℃以上不久就迅速死亡，所以還是煮熟了吃比較安全，否則就得定期檢查驅蟲了。

南仁山水域動物性寄生蟲生態簡介

呂森吉 蘇霏霏

臺大醫學院副教授

墾丁國家公園南仁山水域（圖一）生物資源豐富，其中水生動物可作為寄生蟲之中間宿主，於民國73年6月始一年期間，筆者等曾檢查此等動物體內之寄生蟲幼蟲期感染情形，以瞭解這些動物是會給雁鴨或梅花鹿帶來寄生蟲的感染，以便訂定防範措施。檢查的動物如下：(1)水生螺及雙殼貝類共八種，包括：台灣椎實螺（圖二）、川蜷（圖三）、瘤蜷（圖四）、網蜷（圖五）、台灣類扁蜷（圖六）、圓田螺（圖七）、石田螺（圖八）及稜蚌（圖九）。(2)魚類六種，包括：羅漢魚、塘虱魚、大鱗副泥鰍、鯽魚、雜交種吳郭魚及魚。蟹類五種，包括：平額毛蟹、扁蟹、石蟹、屎蟹及白蟹。還有四種蛙類，即金線蛙、澤蛙、虎皮蛙及褐樹蛙。

水生貝類中，自台灣椎實螺檢出台灣產牛羊肝吸蟲（圖十）之雷幼及尾幼（圖十一），感染率為3.5%。另自網蜷中檢出三種尾幼，分別為劍尾尾幼（圖十二）、有眼尾幼（圖十三）及有眼鰓尾尾幼（圖十四），感染率分別為0.5、2.6及0.5%。其他種類之螺及雙殼貝類、蟹類及蛙類之檢查結果均為陰性。魚類中，自鯽魚、羅漢魚、塘虱魚及大鱗副泥鰍均檢出兩種不知名之囊幼（圖十五），另在一隻大鱗副泥鰍的鰓中，亦檢出四個台灣異形吸蟲的囊幼（圖十六）。以囊幼實驗感染小鴨或小雞，在小腸得到少數台北異形吸蟲及台灣異形吸蟲之成蟲（圖十七及十八）。另於74年3~5月間，曾在南仁湖村長家檢查其所飼鴨子之小腸

三付，以肉眼觀察，發現其中一隻鴨有外旋棘口吸蟲成蟲（圖十九）之感染。

故得知南仁湖一帶的動物至少有四種寄生蟲，即台灣產牛羊肝吸蟲、台北異形吸蟲、台灣異形吸蟲及外旋棘口吸蟲。其中，除牛羊肝吸蟲於重度感染可能導致宿主死亡外，一般來說並不致於對梅花鹿或雁鴨構成嚴重的傷害。以下對這四種寄生蟲的形態及生活史作一簡略之介紹：

一．台灣產牛羊肝吸蟲

成蟲寄生於牛、羊等反芻獸之膽管系統中，國外亦有人體寄生之病例報告。體長通常約4公分左右，呈葉片狀，身體前端呈圓錐形，其腸道盲管、睪丸卵巢均呈樹枝狀分枝。睪丸位於腹吸盤後方呈前後排列，而卵巢則在前睪丸的前方右側。蟲卵形大具卵蓋、呈橢圓形，蟲卵隨糞便排入水中，經一段時期的發育，產生的毛幼孵化而出，毛幼侵入中間宿主螺體內，經胞幼、雷幼期而產生尾幼。成熟的尾幼尾長而身體呈黑褐色，在水草及其他水中植物上形成囊幼，含此囊幼之植物被終宿主食入後，在小腸脫囊，幼蟲穿過腸壁至腹腔，再穿過肝組織進入膽管，經三、四個月發育為成蟲。幼蟲穿過組織時可能對宿主造成傷害，大量感染時可能因此導致宿主的死亡。

二．台北異形吸蟲及台灣異形吸蟲

這兩種均為寄生於食魚性哺乳類及鳥類小腸中的小型吸蟲，生活史也雷同。含毛幼的蟲卵隨糞便排入水中，被其第一中間宿主一蝨類食入，經胞幼、雷幼發育為尾幼，而後進入第二中間宿主一淡水魚形成囊幼，所不同的是台北異形吸蟲的囊幼主要分布在魚肉中，而台灣異形吸蟲之囊幼則主要在鰓中。囊幼被終宿主食入後，在小腸脫囊，經7~10天即可發育為成蟲。台灣異形吸蟲之成蟲大小約為 0.36×0.18 mm，其特

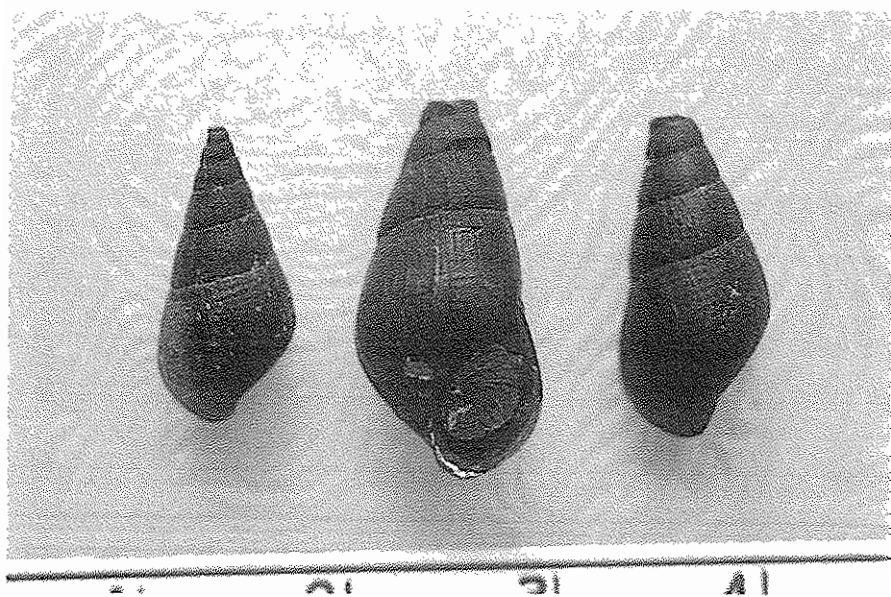
徵為口吸盤有1~2圈的棘圍繞，兩個睪丸左右排列于卵巢之後方，其囊幼亦可以看到口吸盤周圍的棘，當排泄囊在適當的位置時呈工字形。台北異形吸蟲之成蟲大小約為 $0.4\sim 0.7\times 0.1\sim 0.3$ mm，其特徵為具有單一的睪丸，位於卵巢的後方。

三．外旋棘口吸蟲

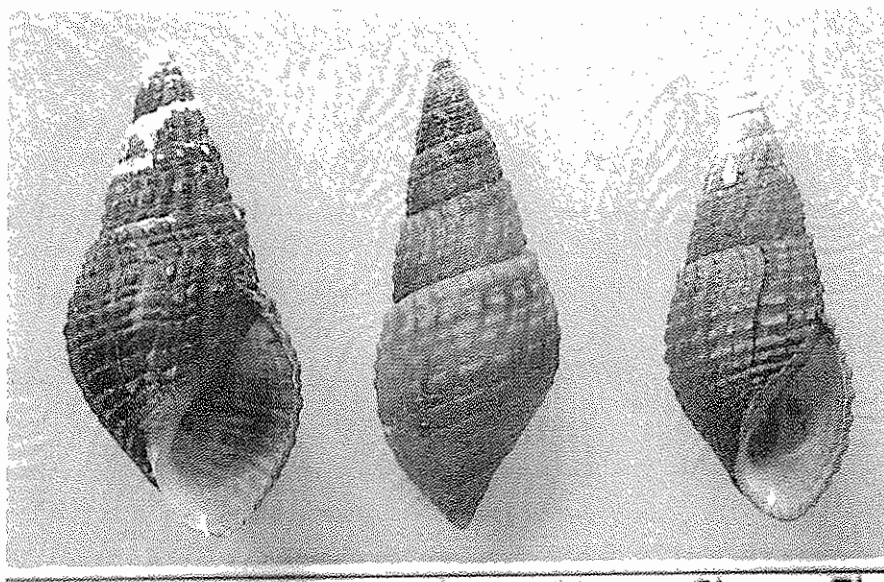
成蟲寄生於鳥類或哺乳動物的腸管，本省也曾有人體寄生的報告，事實上世界上此蟲的第一個人體寄生病例就是在本省發現的。此蟲體長7~11 mm，其特徵為口吸盤附近由37支頭棘形成一個頭冠，故名棘口吸蟲。兩個睪丸呈橢圓形或稍呈瓣狀，前後排列，卵巢則在睪丸的前方。蟲卵隨糞便排入水中發育，孵化出的毛幼侵入第一中間宿主螺類，經胞幼、雷幼之發育而產生尾幼。尾幼侵入同一隻螺或其他種類的螺、雙殼貝類、蝌蚪、魚類等形成囊幼。帶有囊幼的第二中間宿主被終宿主食入後在小腸脫囊，經過約兩週後發育為成蟲。



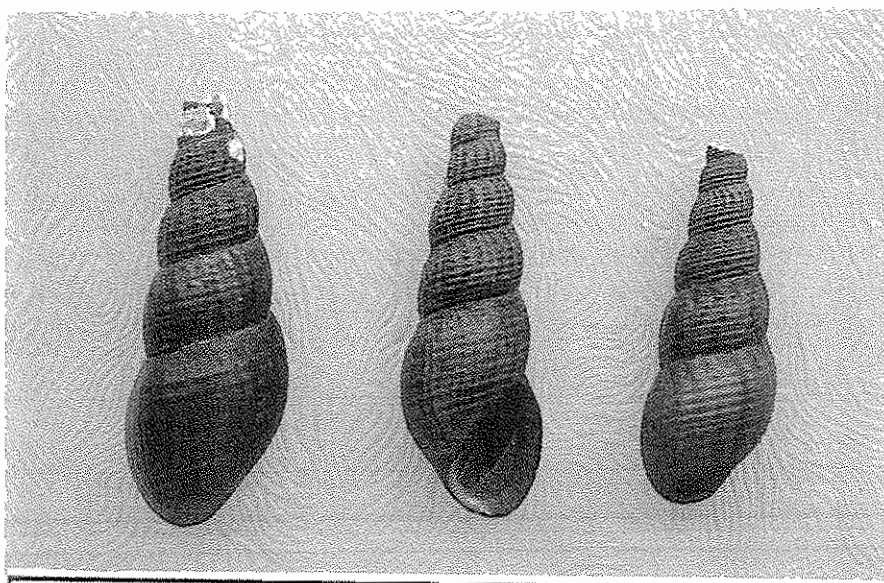
圖二 台灣椎實螺



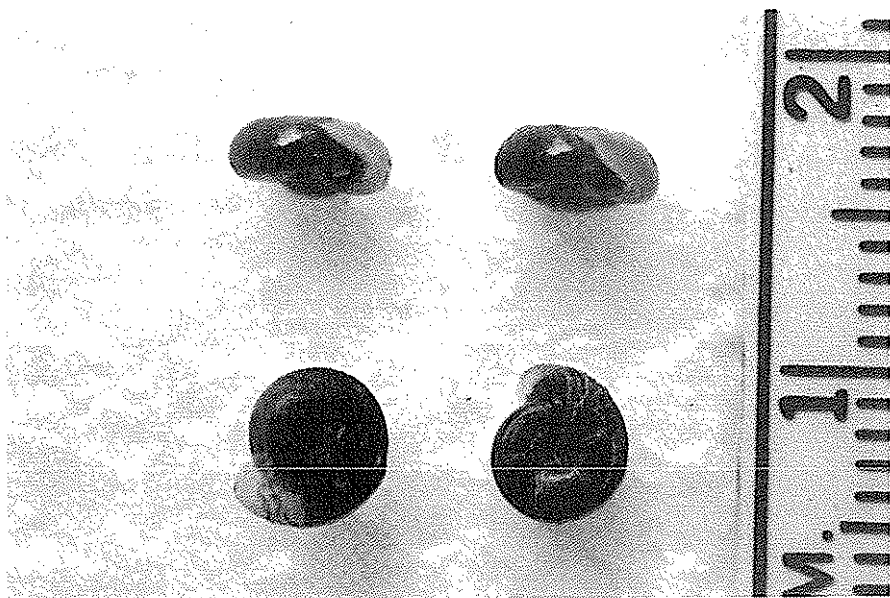
圖三 川 蜷



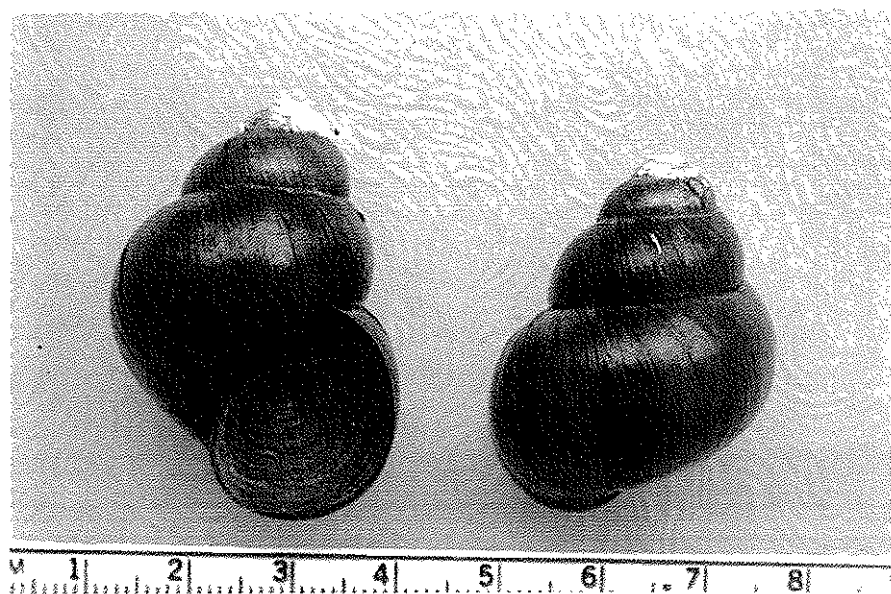
圖四 瘤 蜷



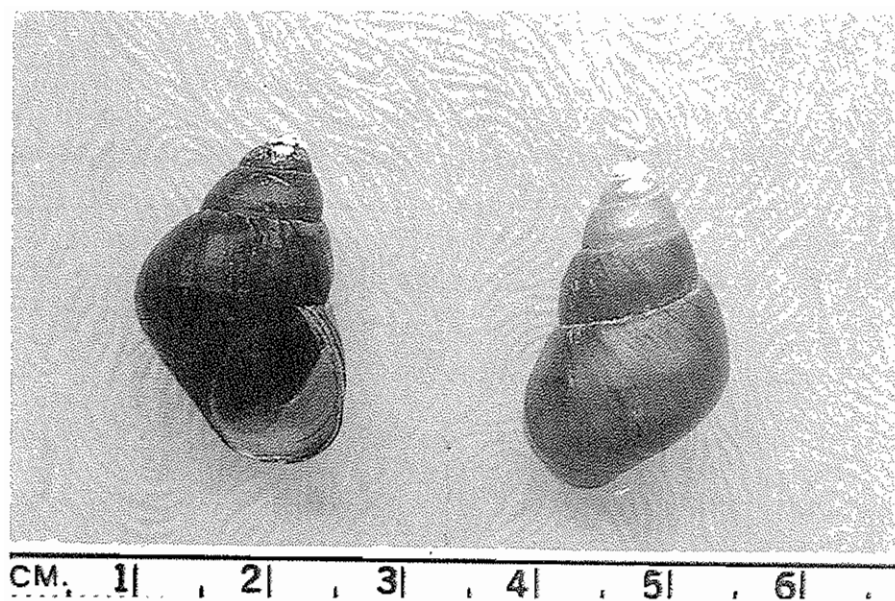
圖五 網 蜷



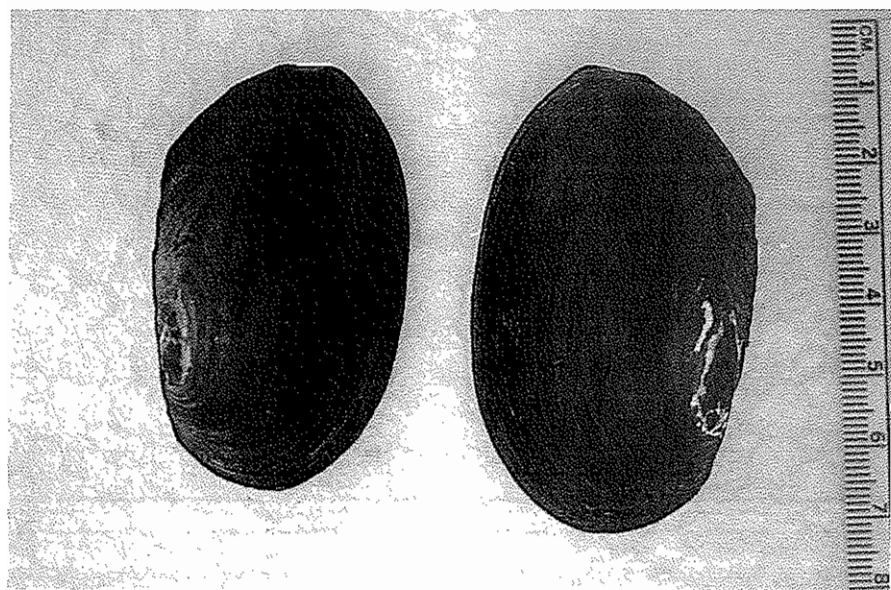
圖六 台灣類扁蝸



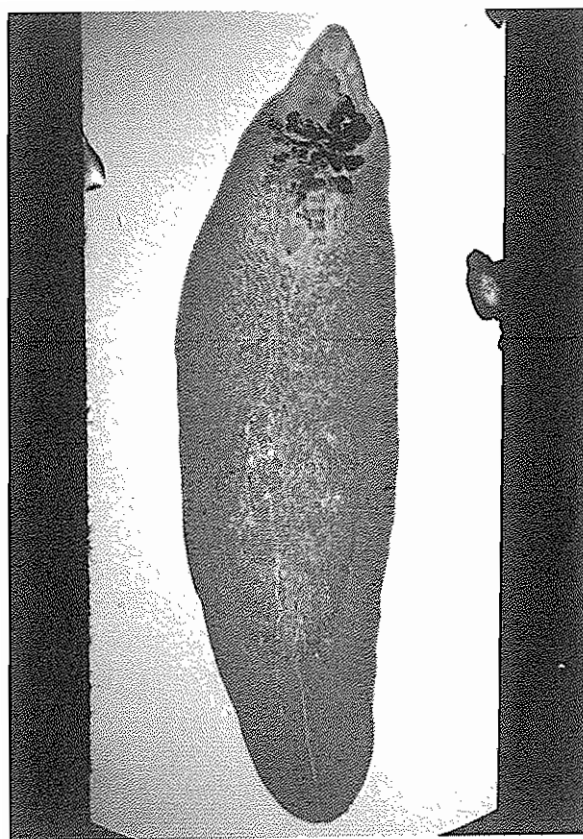
圖七 圓田螺



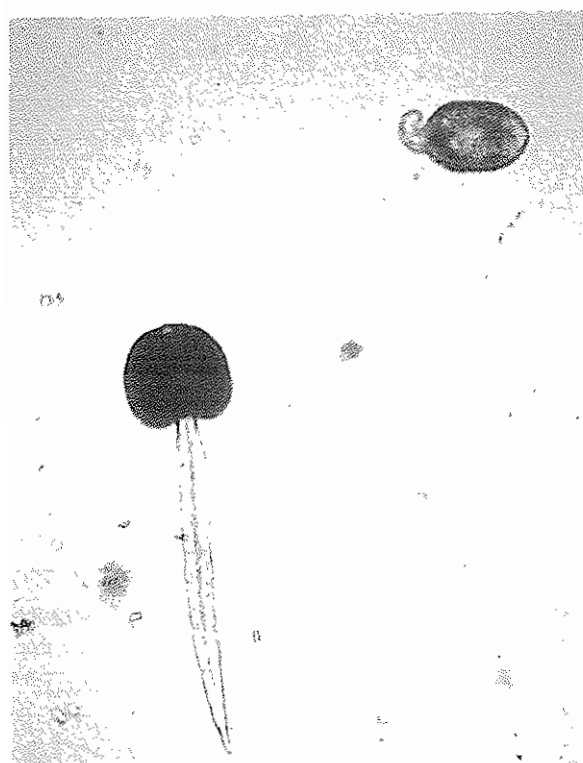
圖八 石田螺



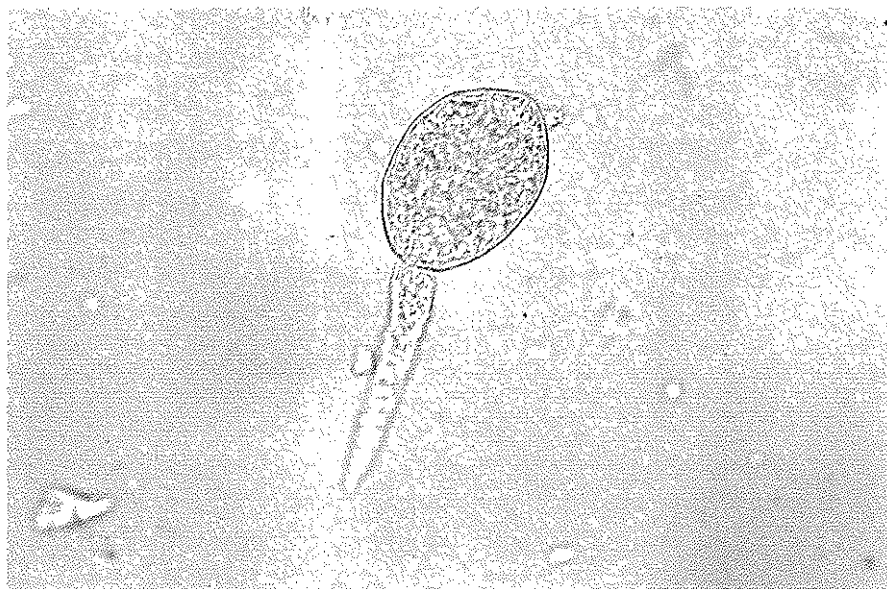
圖九 稜蚌



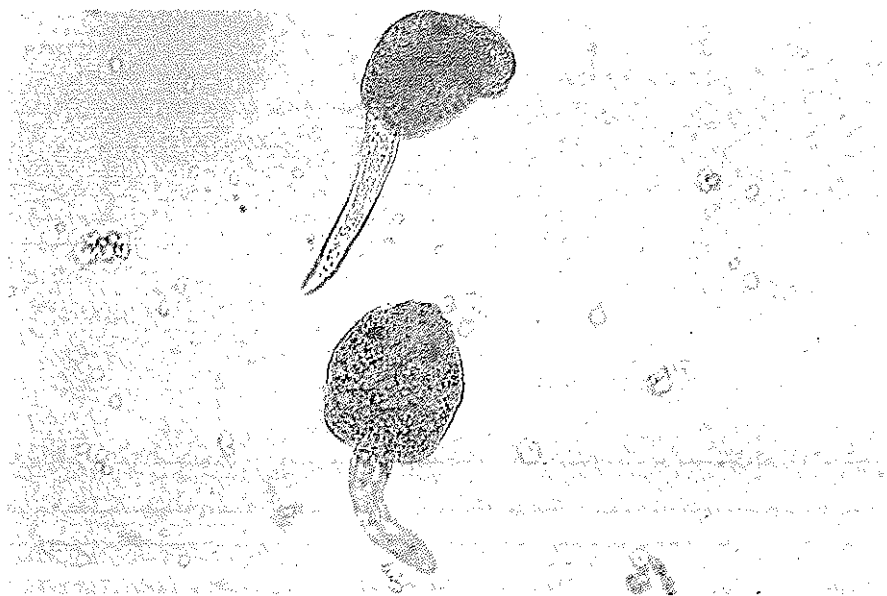
圖十 台灣產牛羊肝吸蟲之成蟲



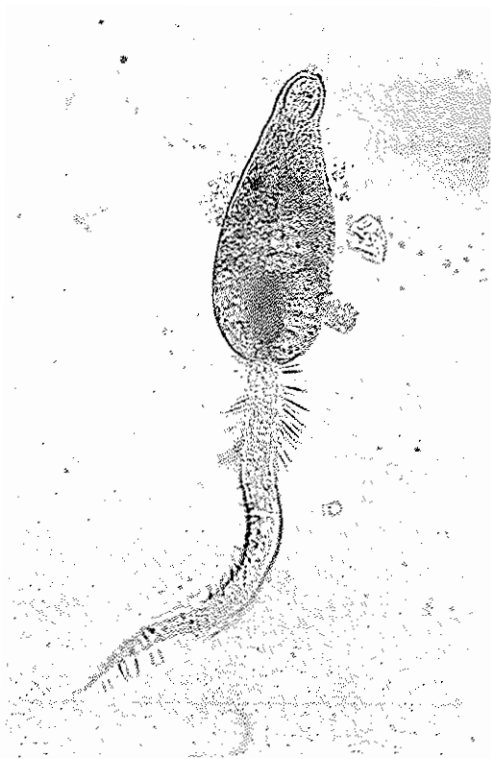
圖十一 台灣產牛羊肝吸蟲之尾幼



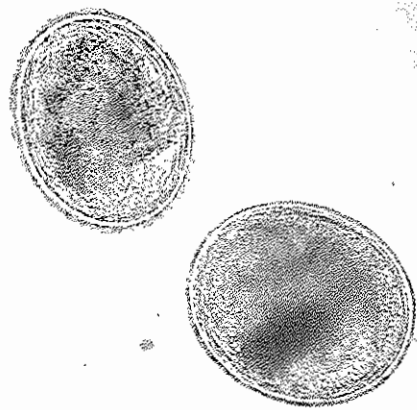
圖十二 劍尾尾幼



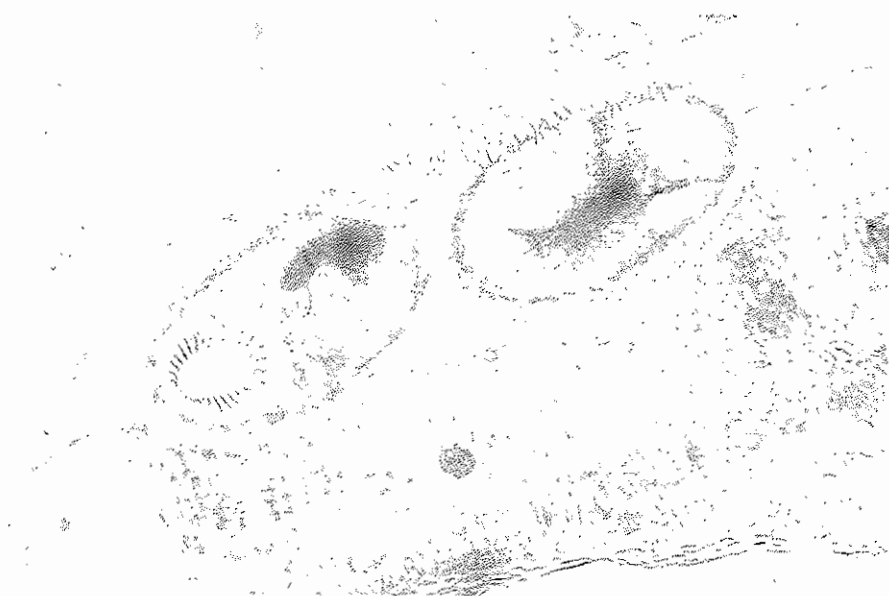
圖十三 有眼尾幼



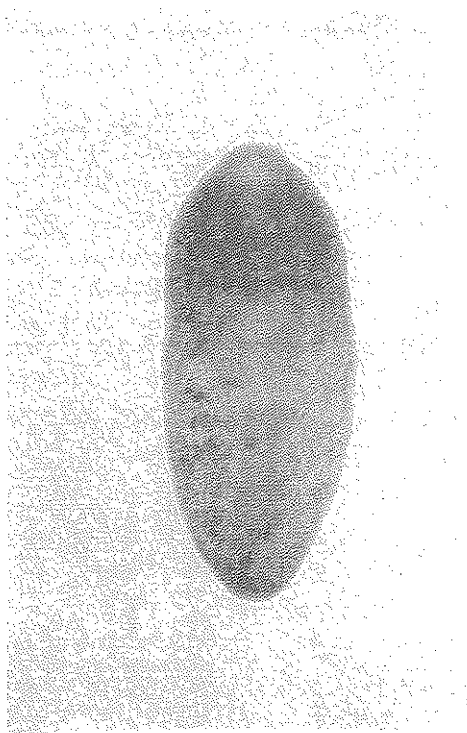
圖十四 有眼鰓尾尾幼



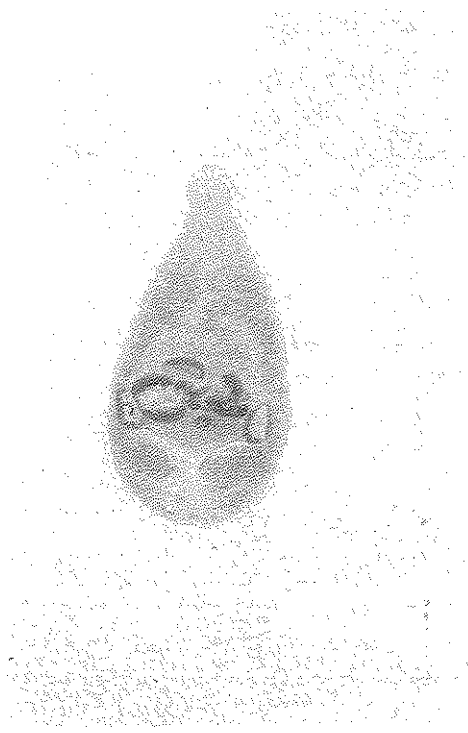
圖十五 魚肉中檢出之不知名囊幼



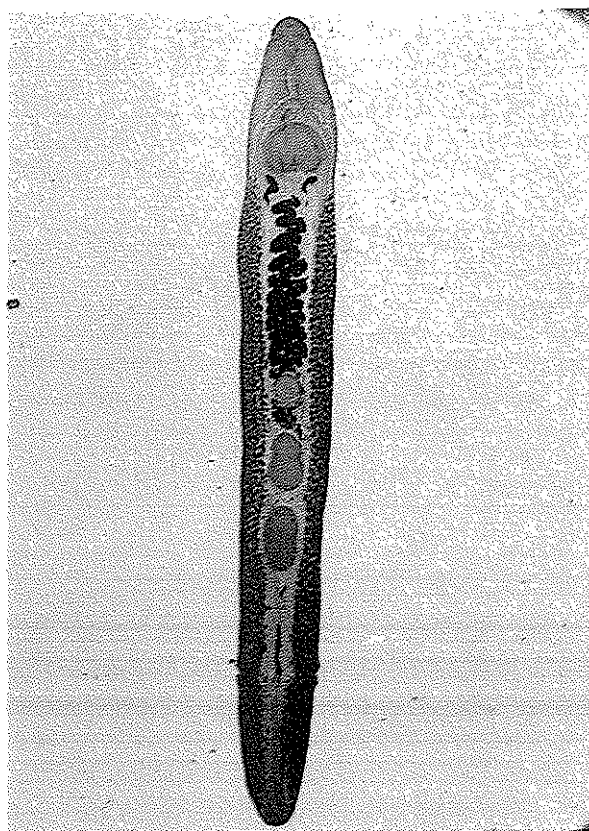
圖十六 台灣異形吸蟲之囊幼



圖十七 台北异形吸蟲之成蟲



圖十八 台灣异形吸蟲之成蟲



圖十九 外旋棘口吸蟲

