

自然文化景觀保育論文集(二)

鮭鱒魚保育專輯

Memoir of Nature, Endangered and Rare
Plant/Animal Species and Landscape Conservation (二)

行政院農業委員會 印行

中華民國七十五年四月

序 一

櫻花鉤吻鮭原係迴游性之魚類，但由於第三紀冰河末期地殼劇烈升降，台灣地形隆起，平緩之河川變成陡峭急促，部份河流改變流向或因山崩而堵塞，於是逐漸演化成陸封性魚類。據文獻得知，此陸封性魚類原廣泛分布於大甲溪之上游及其支流，但因林地開發、污染、水溫升高及人為濫捕，如今此魚則局限於七家灣溪、雪山溪等溪流；爲了保護此種「國寶級」魚類，民國七十三年七月政府依「文化資產保存法」第四十九條及「施行細則」第七十二條之規定，指定並公告此魚爲珍稀動物。

七十四年六月起，本會爲加速推動此魚之復育工作，除已請水試所鹿港分所負責此魚之孵化繁殖工作，武陵農場擔任巡邏守護任務外，並委請台灣大學動物學系林曜松教授，對生態環境作積極之調查研究，並提供技術指導，俾供今後稚魚放流及保育之參考。而此項計劃則統由本會自然文化景觀審議小組技術組張委員崑雄擔任總主持人，以督導全盤工作之推展。令人欣慰的是，如今有關孵育工作已獲初步成功；此魚河域生態研究亦已獲致相當之成果。

緣於國人對河川魚類之保育較缺乏經驗及認識，加之有關櫻花鉤吻鮭基本資料之欠缺，故在推動其生態保育方面之工作倍感吃力，而鮭鱒魚類之資源保育工作在美國實施已久，頗值吾人學習與參考；本小組有鑑於此，乃邀請參與櫻花鉤吻鮭復育之工作人員本小組林委員曜松及台大楊副教授平世共同編彙本書；本專著共計九篇，其中三篇爲國內學者之作品，五篇譯自美國野生動物協會一九七九年出版之「野生動物保育原理與應用（The Wildlife Conservation - Principles and Practices）」，另一篇則譯自日本學者有關台灣櫻花鉤吻鮭之保育專文，內容除介紹有關櫻花鉤吻鮭或其他鮭鱒魚類之知識外，並介紹國外有關魚類管理之知識，以提供各界參考。期望提昇我國對溪流漁業之重視，使淡水魚類資源能永續利用。最後謹對參與本計劃各階段工作人員及編纂工作人員致最大的謝意。

行政院農業委員會副主任委員
葛錦昭 謹識
兼自然文化景觀審議小組召集人

民國七十五年四月

序 二

以往，在一般人的腦海裡，似乎對「鮭」、「鱒」，並沒有什麼深刻的印象。對「鮭」、「鱒」不陌生的人來說，他們會告訴你鮭鱒是生長在北方的寒帶性魚類。甚至還會告訴你這些魚類大多數都是在海裡成長、成熟後回歸到河口，然後溯河而上（溯河迴游）到溪流的上游產卵，產卵後的母魚隨即衰竭死亡。公魚泄精在卵上後，保護受精卵，一段極短的時間後，亦隨之逝去。這些受精卵，慢慢地孵化而為仔魚、幼魚。在幼魚長到一定的階段後就開始降海在大洋中成長（降海迴游）。更有些人對「鮭」的認識是來自報紙上對我國漁船在北太平洋「誤」捕美國的鮭魚而引起的不大不小的「外交」及「漁業」問題。最近兩年來，「鮭」或「鱒」兩個字更由於自然生態保育人士對生長在台灣高山上大甲溪上游的「櫻花鉤吻鮭」或「台灣鱒」之面臨絕種危機而大聲疾呼保護、復育下，終於使一般大眾對「鮭」「鱒」產生了興趣而加深了印象。不但使一般人不再感到陌生而且更使政府以行動表示了維護自然生態的決心。行政院農業委員會「自然景觀審議小組暨技術小組」在召集人葛錦昭先生之領導下於一年半前開始毅然執行「櫻花鉤吻鮭復育計劃」就是個例子。

台灣大學動物學系教授林曜松博士在國內是熱心的名動物生態學家，多年來努力從事動物生態的研究不遺餘力且貢獻良多，林教授負責主持「櫻花鉤吻鮭復育計劃」中有關生態研究部份，因此，對櫻花鉤吻鮭瞭解也甚深。為了研究工作上的需要以及更加深國內大眾對「鮭」「鱒」魚類的認識和對其生態保護的進一步瞭解，林教授更在十分忙碌的現況下，排除了萬難而編譯了這一本「鮭鱒魚類的保育專輯」殊屬難得。全書分九篇，第一篇節譯數十年前日人研究櫻花鉤吻鮭的始末，藉探討過去的研究資料來瞭解櫻花鉤吻鮭的生態習性的概況，第二篇為櫻花鉤吻鮭的食性，第三篇為鮭鱒魚類生態，第四篇為水棲昆蟲與底質環境的關係，第五篇為鱒魚的孵化場，第六篇為魚類疾病，第七篇為漁業經營管理，第八篇為河川棲地的管理，最後一篇為環境污染。從第三至第九篇均為就介紹外國（美國）對其鮭鱒的生態研究及其經營管理的經驗來做為我們的借鏡之用，可見林教授之用心良苦及其對生態研究造詣之深！我非常幸運的有機會先看了這本書，且很慶幸的發覺獲益甚多。

張 崑 雄 謹識

民國七十五年四月

目 錄

一、台灣高地產梨山鱒（櫻花鉤吻鮭）.....	
.....興儀喜宣，中村廣司.....林曜松譯／台大動物學系教授.....	1
二、櫻花鉤吻鮭（ <i>Onchorhynchus formosanus</i> ）的食性.....	
.....楊平世／台大植物病蟲病系副教授、林曜松.....	14
三、鮭鱒魚類生態.....	林曜松、梁世雄..... 21
四、水棲昆蟲與底質環境之關係.....	黃國靖、楊平世..... 39
五、鱒魚的孵化場..... Robert Macklin and Larry E. Harris	羅小玫譯..... 55
六、魚類疾病.....	
.... Stanilas F. Snieszko, Glenn L. Hoffman, and Phillip E. Mcallister	金仕謙譯..... 66
七、漁業經營管理..... W. Harry Everhart	羅小玫譯..... 73
八、河川棲地的管理..... Ray J. White	梁世雄、林曜松譯..... 78
九、環境污染——對魚類及野生動物管理之影響..... Dean E. Arnold	王立言譯..... 90

台灣高地產鱒(櫻花鉤吻鮭)

興儀喜宣 中村廣司
林 曜 松 譯

壹、棲息地及名稱

一、棲息地

位於海拔一千六百公尺的台中州(縣)東勢郡(現在隸屬和平鄉)管區內之太保久(松茂)派出所附近，往上游的大甲溪主流及各支流，其名稱分別如下：

(一)合歡溪：發源於合歡山。

(二)南湖溪：發源於南湖大山，靠近平岩山(環山)派出所(清泉橋下方)下方的地方與合歡溪會合。根據陸地測量部的地圖，本溪是大甲溪的主流。

(三)有勝溪：發源於思源埡口鞍部附近，最上游有一部份是屬於台北州羅東郡之管區。

(四)七家灣溪：發源於大雪山、桃山等之溪流會合而成，水量豐富，在志良節派出所下方與雪山溪會合。

(五)司界蘭溪：發源於大雪山，在環山部落附近與前述之大甲溪會合。

由第一、二條溪流會合後與三、四、五溪流會合的主流在太保久(松茂)派出所附近會合，而鱒魚便在這會合點附近往上游的各溪流中棲息。

二、名 稱

這種魚在過去一直稱之為梨山鱒。田中茂穗先生則稱它為台灣鱒。但民國二十三年大島正滿先生則稱本種魚為次高山(大雪山)鱒，並提倡稱呼這種魚的稚魚為次高山(大雪山)稚鱒。

貳、沿革

一、發現及鑑定

鱒魚爲冷水性的魚類，台灣屬於熱帶地區，照理說這種地方是不會擁有這種魚的。但是在民國六年台灣總督府技手青木赳雄先生（民國二十七年時任台灣總督府技師水產試驗場台南分場長）報告在台灣有一種鱒魚棲息，而引起學術界的重視，有關那一份報告之內容摘錄如下：

（一）產地：產於河水注入台灣西海岸的大甲溪最上游，屬於南投廳霧社支廳管區內之環山社附近，海拔達八千尺，因此氣候相當寒冷。

民國六年（1917）七月，青木先生爲了進行淡水魚調查，曾住在宜蘭廳叭哩沙支廳（現三星分局），與離開住所九里的四季派出所警員津崎友松先生談話時，聽說山地人時常捕到有像鱒魚一樣的魚，因此便委託津崎友松先生寄送標本，不久便獲得了一尾鱒魚標本。爲了能保存標本之完整，當時是以去除內臟加以鹽漬的方式保存。青木先生檢定了該魚的形態，發現它與日本內地產的鮭鱒族魚類並不完全相同，恐怕應視爲一新種。（中略）發現這種魚類的分布是相當有趣的一件事。

青木先生很快地將這種發現，寫信告訴正在美國史坦福大學中研究的大島正滿先生（民國二十七年時任東京府立高等學校教授，理學博士）。大島正滿隨即將此事向他的老師魚類學大師喬丹（Jordan）博士報告，但喬丹（Jordan）認爲像台灣這樣的熱帶地區不可能有鱒魚存在。民國七年當大島先生回到台灣時，拿到該鱒魚標本，詳細描述了該魚的形態及繪製魚圖，寄給喬丹（Jordan）博士，才消除喬丹（Jordan）博士的疑慮。而認爲這是魚類學上的珍貴發現，並定名爲一新種台灣鱒 *Salmo formosanus* Jordan & Oshima。但是到民國八年，大島先生聽說這種魚之體側有紅斑，而認爲它與廣泛分布在日本南方之鱒魚應屬同種，而取消日本南方種之學名 *Oncorhynchus rhodurus* Jordan & McGregor，而將它與台灣產的魚統稱 *Oncorhynchus formosanus* (Jordan & Oshima)。

但是在民國二十四年七月（1935年）大島先生在大甲溪實地調查採集許多標本時，發現分類學上最重要的特徵，體側並沒有紅點，活魚的體側只有不顯著的淡紅色縱帶，因此過去一度認定它與日本南方所產的鱒魚爲同種的說法是錯誤的，也就是說大甲溪產的鱒魚與日本南方產者不可能是同一種。依新採集的標本體側特徵，斷定它是與分布在日本北方的 *Oncorhynchus masou* (Brevoort) 相同，因此 *O. formosanus*（喬丹與大島二

先生發表的大甲溪鱒)變成 *O. masou* 之同種異名。在日本陸封性鱒魚有二種，(1)陸封型櫻花鉤吻鮭 *O. masou*，(2)琵琶鱒 *O. rhodurus*。前者包括日本北方與台灣產者，後者包括通常是分布在日本南方的種類。

二、鱒魚與山地人的關係和漁獲現況

山胞稱此鱒魚為 Bung-bang，並說鱒魚與他們的祖先有來往，當然這種傳說是迷信並非事實。

山胞對鱒魚之漁具漁法等約略敘述如下：

(1)投網：長二米左右為麻絲製成，附有一公斤左右重量之鉛沉子。早先，山胞並不知道如何使用這種方法，而是由當時派出所的警察官員首先使用，而慢慢傳授給山胞的。在漁具中，投網是捕魚最多的一種方法，當時在環山社上游使用投網的有十付，其中六付為山胞使用，山胞使用投網有增加之趨勢。

(2)筌：普通是長 100mm，口徑 15mm 左右，以石堤遮斷河流，在四月至九月間敷設，漁獲物並不只限於鱒魚。使用數目高達數百個，捕獲量最高。

(3)竿釣：白天在深淵使用，漁獲物個體為大型鱒魚。四月至八月為釣魚期，漁獲情形是一人一日不會超過十條，整體之漁獲並不大。

(4)弓箭：當魚在淺砂礫河床產卵時，便可使用。

(5)魚叉：在水量缺乏之秋冬季，魚類活動較不活潑，此時可用木箱嵌以玻璃搜查在岩石下休息的鱒魚。在一公尺左右投下魚叉而捕魚。這種魚法是由警察官首先使用的。

與鱒魚有關係的山胞，是以鱒魚棲息為中心之環山部落為主，其次是屬於台北州羅東郡南山部落（南山村）及台中州能高郡的望洋部落。山地人之生計以狩獵為主。然而在管理山胞政策上，近年來逐漸抑制他們狩獵，而轉向農耕。對於山地人一向執著於狩獵的習慣，是很難根絕的。為了安撫他們，而仍准許他們有漁獵。但是，如今魚類生產已經減少，這種娛樂性捕魚活動與他們的生活關係已經不大了。

叁、生物學的事實

一、分布及習性

到現在為止我們所知道的範圍以內，台灣產的鱒魚只局限棲息於大甲溪上游地區。然而山地管轄區以外的地方，除了少數警察之外是不方便自由旅行的。因此只根據早先

的調查研究，來推斷其範圍很難，可以推想還是有值得調查之餘地。尚且，關於本島諸溪流中，為什麼鱒魚只分布於大甲溪的原因，請參考大島正滿（1936）的報告。在大甲溪上游，太保久（松茂）派出所附近溪流的會合處上游，高山鱒魚的棲息狀況略述如下：

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

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

(三)司界蘭溪：水量豐富，魚類也多，大型魚也多，當地山胞最常在此捕魚。

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

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

依據民國二十五年七月與十月及民國二十七年四月的調查，這些魚好像是要在水溫 16°C 以下的水域中棲息。夏季太保久（松茂）派出所附近各溪流會合處之水溫超過 17°C ，因此從會合點以下的下游區是看不見鱒魚的棲息。然而十月底至次年四月中旬時之水溫比夏季時要低二度左右。因此在各地水溫都低的冬季，鱒魚的分布想像中是有可能擴大其棲息區的。事實上，在太保久（松茂）以下數里的下游區，梨山附近便曾有稚魚出現的報告。觀測水溫如下表：

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

鱒魚在十月至十一月間進行產卵。生殖腺方面，似乎大型魚是有早成熟，小型魚晚成熟的現象。民國二十五年十月下旬調查的時候，發現二年魚（相當於卵孵化後三年），已完全產卵完畢。但是一年魚（相當於卵孵化後二年）則尚未開始產卵。就調查結果顯示一年魚一尾的抱卵數在 200 個左右，這些個體的體長在 160mm 左右。而二年魚的體長可達到 200mm 以上，其抱卵數也可能有顯著地增加。成熟卵的直徑約 3 mm 左右，呈鮮黃，略帶一點紅色。

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

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

二、形態學特徵的比較

採 集 地	採 集 者	採 集 年 月
(a)北海道	千歲鮭鱒孵化場	
(1)千歲附近天然產鱒		昭和十一年八月
(2)千歲孵化場人工孵化魚		昭和十一年五月
(b)山梨縣釜無川	河野通璋氏	昭和十一年六月
(c)長野縣天龍川	矢島種次氏	昭和十一年十月
(d)大分縣入田川	大分縣水產試驗場	昭和十一年六月
(e)宮崎縣一條瀬川	日高武達氏	昭和十一年六月
(f)台灣大甲溪		
(1)大甲溪	著 者	昭和十年七月
(2)同 上	同 上	同年十月
(3)同 上	同 上	昭和十二年四月

以上採集地所獲得的標本，都經過福馬林處理。在九州產、山梨縣、釜無川產及長野縣天龍川產的魚之體側，保存有紅彎或褪了色的白斑，在南日本產、北海道千歲附近天然產及千歲孵化場者則沒有紅點或殘存的白斑。當然，這二系統的魚之差異是很清楚的，大甲溪產的魚，如前述是沒有紅點存在。北海道千歲孵化場中的人工受精的鱒魚稚魚與櫻鱒的稚魚是完全不同的系統，因此，在此只做為參考資料而已。

表一中第十一與十二的魚在產卵期個體有明顯的變化，不能以平均值來推算。依各種大小之魚，其魚體的比例變化並不明顯。

表一 魚體各部份的測定表 (mm) (大甲溪產)

No.	體 長	頭 長	體 高	眼 徑	吻 長	眼 隔
1	156.0	41.5	40.5	10.0	12.0	13.0
2	127.0	33.0	32.0	7.5	9.0	10.5
3	108.0	30.0	29.0	7.0	7.5	8.5
4	106.0	30.0	29.0	6.8	8.0	9.0
5	98.0	28.0	26.0	7.0	7.5	8.5
6	97.0	27.5	26.0	6.5	7.5	8.0
7	97.0	27.0	26.0	6.0	8.0	8.0
8	92.0	26.0	25.0	6.2	7.0	8.0
9	90.0	26.0	24.0	6.0	7.0	8.0
0	83.0	25.0	23.0	5.8	6.5	7.0
11	222.0	68.0	60.0	13.0	20.2	20.0*
12	189.0	58.0	54.0	11.2	16.0	18.0**

* ♂ 產卵期的二年魚上吻彎曲

** ♀ 產卵期的二年魚下顎略彎曲

就鰭數來看，棘與軟條的劃分也很難，都可視為軟條，因此記載之形式也就不同。

背鰭的鰭條數在十尾標本中僅有一尾為 14 條，而其他都只有 13 條。

臀鰭：七條魚中有三條魚是 12 條，其餘則有 13 條，腹鰭的鰭條數只有二尾是有 10 條，其餘八尾有 9 條。胸鰭一尾魚有 15 條，其餘則為 14 條。

依據第三表，大甲溪產的鱒魚的鰭條數明顯地比其他地區者要少，尤其是臀鰭特別明顯。在九州各地所產及長野縣天龍川產的測定表與山梨縣產的完全相同，故省略未列於表中。北海道千歲鮭鱒孵化場產者，如前所述，其櫻鱒的幼魚是自海溯河而上，可做為參考資料，因而在此記錄。

以上所提供實驗魚的數量，並不夠多，只依隨意採取十尾魚的結果來做判斷，

鰭條數的個體變異很小，棲息在同一地方之個體間鰭條數差異，可以說未超過一條，甚而，*O. rhodorus* 在中九州地方所產的個體與山梨縣、長野縣等地的個體間是看不出有什麼差異的。這種事實足以證明它們種間的地方性變異並不存在。

表二 魚體各部份的比例（大甲溪產）

No.	體長對頭長	體長對體高	頭長對眼徑	頭長對吻長	頭長對眼隔
1	3.759	3.851	4.150	3.458	3.192
2	3.848	3.969	4.400	3.667	3.143
3	3.600	3.655	4.186	3.750	3.158
4	3.500	3.693	4.308	3.733	3.294
5	3.527	3.722	4.231	3.667	3.438
6	3.592	3.722	4.154	3.375	3.375
7	3.464	3.640	4.274	3.643	3.313
8	3.462	3.750	4.333	3.714	3.250
9	3.533	3.655	4.411	3.750	3.333
10	3.320	3.609	4.310	3.846	3.571
11	3.265	3.700	5.230	3.366	3.400
12	3.260	3.500	5.178	3.625	3.222
平均	3.551	3.726	4.276	3.760	3.307

表三 各地產鰭條數的比較

No.	大甲溪產		山梨縣產		北海道產(1)		北海道產(2)	
	背鰭	臀鰭	背鰭	臀鰭	背鰭	臀鰭	背鰭	臀鰭
1	13	12	15	15	14	15	15	16
2	13	12	15	15	14	15	15	16
3	13	12	16	15	14	15	16	15
4	14	13	15	15	14	15	16	15
5	13	13	16	15	15	15	16	15
6	13	13	15	15	14	15	15	15
7	13	12	15	15	14	15	15	15
8	13	13	15	15	14	15	15	15
9	13	13	15	15	14	15	15	15
10	13	12	15	15	14	15	—	—
平均	13.1	12.7	15.2	15.0	14.1	15.0	15.33	15.22

表四 魚體各部份的比例比較

產地	體長對頭長	體長對體高	頭長對眼徑	頭長對吻長
大甲溪	3.551	3.726	4.276	3.760
北海道	3.926(3.95)	— (4.05)	3.684(3.65)	3.456(3.65)
山梨縣	3.896(3.92)	3.670(3.65)	4.367(4.34)	3.510(3.50)

表四顯示魚體長與體高的比例隨地區稍有顯著差異，一般而言，與北海道產的魚相比較，大甲溪產的魚外表體側黑色斑紋除了橢圓形稍為少些，而兩眼的間隔稍大些，吻長也小些，頭的先端看起來也稍帶有圓的樣子。頭長與兩眼間隔長之比例而言，大甲溪者平均 3.24，而北海道產者略大於 3.4。

三、結 論

從以上敘述的事實看來，台灣高山產的鱒魚可以獲得如下之結論，即是：

- (1)大甲溪產的鱒魚體側並無分類學上重要特徵紅點。
- (2)自系統而言，它不屬於南日本產的 *O. rhodorus* 種，而與日本產 *O. masou* 一種相近似或者是可以說這二種是屬於同一系統。
- (3)但是與日本產（特別是北海道產的鱒魚）相比較，他們有如下之相異點：
 - (a)大甲溪產者的鰭條數比較少。
 - (b)大甲溪產者的體高比較高。
 - (c)體側小黑斑點比較少，而腹面有顯著的橢圓斑紋。
 - (d)頭部前端附近的形狀稍有差異。
- (4)三地鰭條數的差異比起同一地區內個體差異要大些。
- (5)因此，它和 *O. masou* 的系統是一致的，但是北海道產（廣義的北日本產）和大甲溪產的鱒魚之間也不能不承認它們是有差異的。
- (6)以上所記的大甲溪鱒魚只限於大甲溪上游水溫 16°C 以下的水域棲息。
- (7)產卵的習性如下：
 - (a)產卵期是十月上旬至十一月下旬，為期大概有一個月。
 - (b)產卵方面，首先是二年魚先產，其次為一年魚（體長 160 mm），魚的抱卵數在 200 左右。
 - (c)這種魚產卵時，好像沒有明顯的遷徙活動，他們只在溪流中，深淵下方的砂礫地，隨意產卵。

(d)這種魚的天然餌料完全是水棲昆蟲的幼蟲。

肆、保護的必要性、方法及區域

一、保護的必要性

本種和日本產的櫻鱒在親緣關係上非常接近，但是像這種孤立分布於冷水性魚類稀少的熱帶地區，以及長久被陸地封閉的現象實在很稀罕。在形態上它和日本產的在特徵上也有不同，因此有必要當做新種保存。依據現場的調查，這種魚類最近已有年年減少的趨勢，若是任意置之不理的話，並不是沒有絕種之可能。一些調查事實如下述：

- (1)思源地口鞍部附近：七、八年前漁獲相當的多，今年已是難得一見。
- (2)勝光附近：有勝溪流域勝光附近比起數年前之高魚獲，已有相當的減少。
- (3)七家灣溪流域志良節附近：近年漁獲顯著減少，尤其是大形魚特別明顯。
- (4)司界蘭溪流域平岩山附近：沒有顯著的增減。
- (5)合歡溪捫崗附近：增減情況不明。
- (6)南湖溪：增減不明。

人工孵化技術發達會造成混種，以及濫捕之結果可能會使得該種魚步向滅絕之途徑，因之有必要將它列為天然紀念物而加以保護。

二、保護的方法及保護區域

如前所述，這種魚已有逐年減少的趨勢，為了防止絕滅，應積極地進行人工繁殖及消極地取締濫捕等二個途徑，以達到保護的目的。關於第一種方法，由於這種魚的分布區域交通不便利，捕捉親魚困難，因此不容易實施，畢竟只有後者的方法可以實施，但實施時得承認管理山胞上有所困難，因此要把這些問題一起進行解決。如前述，這種魚棲息在此和日本的一種櫻鱒具有很近血緣關係，然人工繁殖法之發達，而且移殖日本產之櫻鱒並無困難。但大甲溪產的魚在動物分布上是一珍奇的例子，在形態特徵上也很特殊，為了保存本種的存在，應禁止日本種之移殖。

以下是保護的具體方案：

- (一)名稱：梨山鱒（山地話 Bung-bang）。
- (二)所在地：自台中州東勢郡明治溫泉（谷關）上游明治橋以上的大甲溪主流及支流。
- (三)保存的條件：

1 禁止放流本流域以外鱒魚屬的魚以及魚卵。

2 從松茂鐵線橋（清泉橋）下游會合點以東各支流之上游，於五月一日至十二月三十一日間，禁止以魚網與築堤捕魚。

3 志良節（志良）派出所下方之河流交會點以上之七家灣溪主流，於十月一日至十一月三十日禁止捕魚。

4 志良節（志良）派出所下，溪流會合點以上之七家灣溪，兩岸直徑 300 公尺以內禁止砍伐林木及變更地形等行爲。

備考

交通路（省略）（由於目前之交通狀況已改善，日據時之路程已改變了。譯註）

參考文獻

1 田中茂穗，日本魚學上卷，二八五頁，大正十年。

2 青木赳雄，水產研究誌十二卷，十二號一～二頁，大正六年。

3 Jordan & Oshima, Proc. Nat. Sci. Phila. 1919.

4. Oshima M., Rep. 5th Pacific Sci. Cong., 3755-3773, 1935.

5 大島正滿，鮭鱒彙報八，二九，一～二頁，一九三六年。

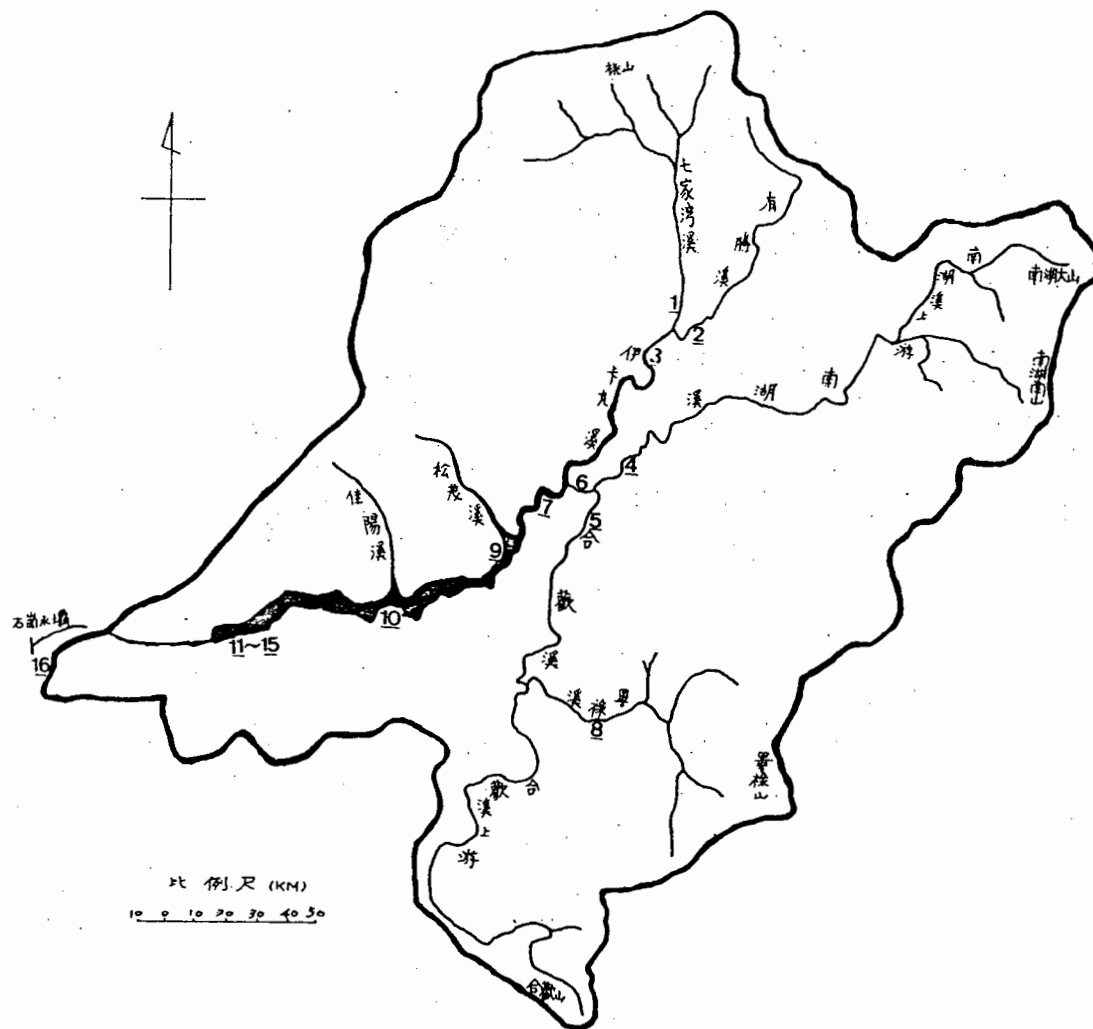
6 大島正滿，植物及動物，四卷，二號，三三七、三四九，一九三六年。

7 大島正滿，植物及動物，四卷，二號三三八～三四一，一九三六年。

謝辭

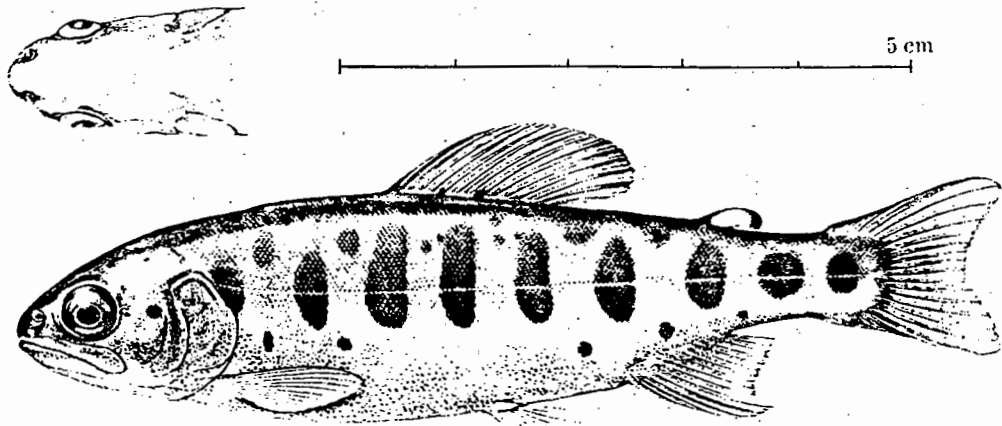
本文之日文翻譯，承蒙台大動物學系王慶讓副教授及國立台灣科學教育館曾晴賢先生之校正，而減少錯誤，筆者於此深致謝意。

譯自興儀喜宣・中村廣司，1938，台灣高地產鱒（櫻花釣吻鮭），天然紀念物調查報告第五輯，臺灣總督府內務局 32pp。

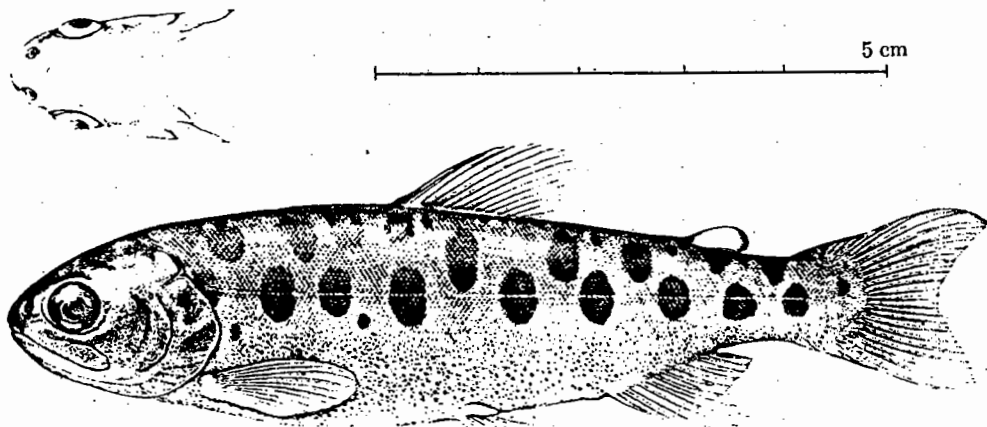


櫻花鉤吻鮭分佈圖

(本圖由譯者摘自德基水庫水土保持第二期整體規劃報告)



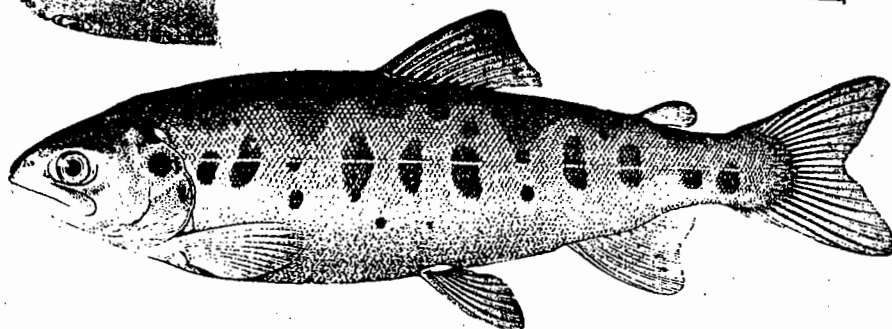
北海道產陸封型櫻鱒 (*Oncorhynchus masou*)



大甲溪產的稚魚



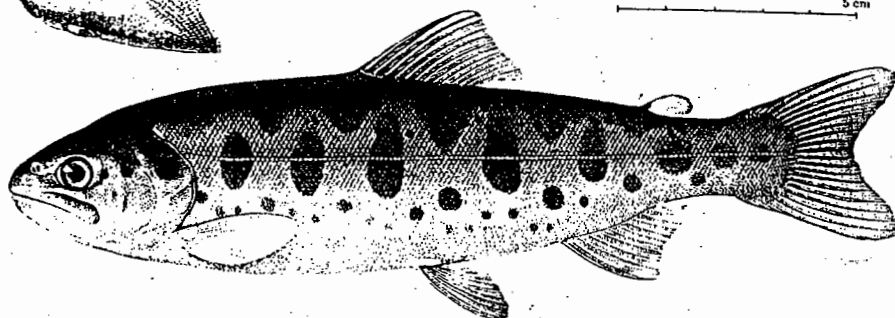
5 cm



大甲溪產鱒 (*Oncorhynchus masou* Brevoort)



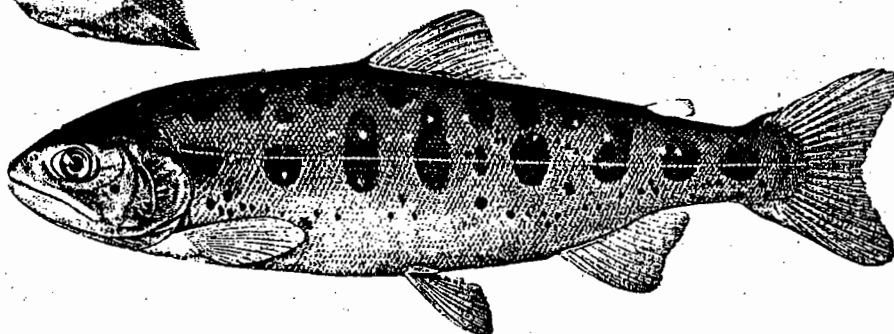
5 cm



北海道廳千歲鮭鱒孵化場人工孵化之櫻鱒
(*Oncorhynchus masou* Brevoort) 之稚魚



5 cm



山梨縣釜山無川產的鱒 (*Oncorhynchus rhodarus* Joran & McGregor)

表二 嘉魚 (*S. pluvius*) 胃容物中之昆蟲種數及攝食頻度 (根據川合氏之資料整理 , 1959)

	河流名稱	東 澤		沙 和 包 澤		大 鳥 河	
	食物種類	種類數	攝食頻度%	種類數	攝食頻度%	種類數	攝食頻度%
水棲昆蟲	毛 翅 目	18	20 (95.2)	10	6 (100.0)	2	1 (50.0)
	蜉 蝣 目	8	13 (61.9)	8	4 (66.6)	—	— —
	楨 翅 目	14	17 (80.9)	6	5 (83.3)	2	2 (100.0)
	雙 翅 目	10	13 (61.9)	7	5 (83.3)	—	— —
	鞘 翅 目	2	6 (28.6)	1	1 (16.7)	—	— —
陸棲昆蟲	毛 翅 目	3	4 (19.0)	1	1 (16.7)	—	— —
	楨 翅 目	5	4 (19.0)	2	1 (16.7)	1	1 (50.0)
	鞘 翅 目	16	13 (61.9)	10	6 (100.0)	5	2 (100.0)
	膜 翅 目	12	11 (52.4)	4	4 (66.6)	5	2 (100.0)
	雙 翅 目	7	9 (42.9)	1	2 (33.3)	—	— —
	鱗 翅 目	2	2 (9.5)	2	3 (50.0)	1	1 (50.0)
	半 翅 目	3	4 (19.0)	3	1 (16.7)	1	1 (50.0)

三、櫻花鉤吻鮭之食性

在臺灣，有關櫻花鉤吻鮭之生態研究，有大島氏 (1936a , 1936b)、興儀氏及中村氏 (1938) 有關此魚分類、形態及分佈等生態方面之報告；但在此魚之食性方面，則僅有上野氏 (1936 , 1937) 之調查研究。其後近五十年間在臺灣則未見有關此魚之食性研究報告。

1935 年夏天，上野氏承當時平岩山 (今之環山) 派出所巡官西川氏之助捕獲 12 尾櫻花鉤吻鮭；因此渠將魚體解剖，取出胃腸進行該魚食性及寄生蟲之研究。在捕獲之 12 尾魚體之中有 1 尾之胃腸因消化完全空虛之外，其餘 11 尾之胃容物所含之物體及含量如表三所示。

由表三得知，在解剖之 11 尾櫻花鉤吻鮭中，胃容物內水棲昆蟲含量均佔 74 % ；然而陸棲昆蟲中亦有一部份為水棲昆蟲之成蟲，是故胃容物中水棲昆蟲之含量亦必更高。但如將水棲昆蟲及陸棲昆蟲合併統計，則可知此魚之食物有 96 % 為昆蟲，是一種全賴昆蟲為生之魚類。

表三 櫻花鉤吻蛙 (*O. formosanus*) 胃容物之分析 (根據上野氏之資料整理, 1937)

樣 本 號 碼	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	平均
胃 容 物 (c.c.)	—	1.7	1.6	1.3	1.6	—	0.6	2.2	1.0	1.9	0.7	1.4
沙 粒	—	7.9	—	2.0	—	—	—	—	—	—	—	1
植 物 碎 片	—	13.2	—	—	—	2.7	—	2.0	—	—	—	2
水棲昆蟲												
積翅目												
石蠅科 (Perlidae)	42.6	29.1	4.6	10.5	8.6	4.0	15.4	13.5	8.5	30.0	23.0	17
蜉蝣目	16.2	7.8	—	8.4	—	66.2	53.8	15.6	23.4	14.0	—	20
小蜉屬 (<i>Ephemera</i>)	—	2.6	—	—	—	—	—	—	—	4.0	—	1
扁蜉科 (Ecdyonuridae)	4.4	2.6	—	8.4	—	13.5	7.7	11.6	6.4	4.0	—	6
二尾蜉科 (Siphonuridae)	—	—	—	—	—	1.3	—	—	—	—	—	+
四節蜉科 (Baëtidae)	11.8	2.6	—	—	—	51.4	46.1	4.0	17.0	6.0	—	13
毛翅目	16.2	10.5	63.8	14.6	82.9	8.1	23.1	35.4	44.5	24.0	23.0	32
<i>Diplectrona</i> 屬	4.4	2.6	22.7	2.0	—	—	—	2.0	2.1	2.0	—	3
<i>Stenopsyche</i> 屬	7.4	2.6	4.6	4.2	3.4	1.3	7.7	7.9	2.1	—	—	4
流石蠶屬 (<i>Rhyacophila</i>)	—	—	—	—	—	—	—	—	6.3	—	—	1
長角石蠶科 (Leptoceridae)	4.4	5.3	27.3	8.4	79.5	6.8	15.4	25.5	34.0	22.0	23.0	23
Brachycentrinae (亞科)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
未知名之蛹	—	—	9.2	—	—	—	—	—	—	—	—	+
雙翅目	5.9	2.6	4.6	14.6	1.7	6.8	—	2.0	4.2	8.0	—	5
網蚊屬 (<i>Blepharocera</i>)	5.9	2.6	4.6	8.4	—	6.8	—	2.0	2.1	8.0	—	4
搖蚊科 (Chironomidae)	—	—	—	2.0	1.7	—	—	—	2.1	—	—	1
搖蚊之蛹	—	—	—	4.2	—	—	—	—	—	—	—	+
陸棲昆蟲	19.1	26.3	27.2	47.9	—	12.2	7.7	31.5	19.3	20.0	54.0	22
膜翅目 (蜂類及蟻類)	14.7	23.7	13.6	37.5	—	12.2	7.7	25.5	12.9	12.0	54.0	17
鞘翅目	4.4	—	13.6	8.4	—	—	—	2.0	4.3	2.0	—	3
半翅目	—	2.6	—	—	—	—	—	—	2.1	2.0	—	1
雙翅目	—	—	—	2.0	—	—	—	4.0	—	4.0	—	1
蜘蛛類	—	—	—	2.0	—	—	—	—	—	—	—	+
馬陸類	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.0	+
甲殼類 (Asellidae)	—	2.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+
兩棲類 (蛙類)	—	—	—	—	6.8	—	—	—	—	—	—	1
合 計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100

+ : 表示含量在 1 % 以下

六、引用文獻

- 大島正滿，1936a，大甲溪の鱒に關する生態學的研究，植物及動物，4:337-349。
- ，1936b，櫻鱒並びに琵琶鱒の學名に就て，鮭鱒彙報，8(29):1-11。
- 上野益三，1936，第二回臺灣陸水踏查概報，陸水雜6(1):33-47。
- ，1937，臺灣大甲溪の鱒の食性と寄生蟲，臺灣博物會報，27:153-159。
- 川合禎次，1955，大杉谷七ツ釜附近で得たアマゴの食性，大杉谷，大台ヶ原山の自然，p.1-4。
- ，1959，山形縣大島池周邊溪流のイワナの食性，陸水雜20(4):167-173。
- 未具名，1983，德基水庫集水區水土保持第二期整理規劃報告，臺灣省政府及經濟部德基水庫管委會委託，中華水土保持學會辦理，344pp。
- 西尾新六，1934，夏期に於けるイワナ(*Salvelinus malma* Walbaum)の食性研究，陸水雜3(3):62-70。
- 何鎧光、徐世傑，1977，臺北區新店溪水生昆蟲之研究，省立博物館年刊，20:1-50。
- 、楊平世，1983，臺灣河川污染指標生物：水生昆蟲部份，臺灣省水污染防治所出版，p.27-53。
- 津田松苗，1962，水生昆蟲學，北隆館出版，269 pp。
- ，1974，污水生物學，北隆館出版。
- 洪正中、張崇林、楊平世，1985，以底棲生物當作本省河川污染生物指標之研究，第十屆廢水處理技術研討會論文集，p.9-18。
- 桑山覺，1929，特に應用昆蟲學上より見たる毛翅目昆蟲，日本學術協會報告，5-191-202。
- 楊平世、林曜松（未發表），武陵農場附近溪流之水棲昆蟲生態研究。
- 興儀喜宣、中村廣司，1938，臺灣高地產梨山鱒（櫻花鉤吻鮭），林曜松譯，內政部營建署編印（1984），16pp + 8 pls.
- Healey, M. 1984. Fish Predation on Aquatic Insects. pp. 255-88. In: V. H. Resh & D. M. Rosenberg (ed). The Ecology of Aquatic Insects. Praeger Publishers, New York. 625 pp.

鮭鱒魚類生態

林曜松 梁世雄

鮭、鱒魚爲高品質之冷水性魚類，廣爲各國重視，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，故我國政府遂於民國 73 年 6 月 20 日依文化資產法，將其列爲國寶，嚴加保護。民國 74 年 1 月，行政院農業委員會也開始積極進行櫻花鉤吻鮭復育工作。

茲爲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，隨之成長而異。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爲多（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爲多之故（Tsuda 1962）。

在流造較快的區域，鮭魚族群數量會增加，除了其趨流反應（rheotactic response）外，主要可能爲空間和食物的關係。流速快的河川，其中漂流生物量便多（Chapman

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，白天因為有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包容量，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 8 mg / ℓ 以下的鱒魚罹病率亦較生活在高氧氣之同類為高（ Hewitt 1938 ）。

溶氧過高對魚類亦發生危害，加州、洛杉磯 Westlake 公園內的魚類曾因水中溶氧達百分之三百的超飽和，使鰓中充滿氣泡而大量死亡（ 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，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 Takahashi & 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。Chapman (1966) 發現魚類在水潭中為企圖攝取同一食物來源，會有暫時的族群現象，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 ACTH 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、及早秋可能因為了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

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，爲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，且遺留者也多爲幼年魚，究其原因乃因整治溪流，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，爲了修築鐵道，改變河道，也使得當地魚群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濁度，延緩溪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 (Elser 1968)。

四、土地開發

土地開發主要包括城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 Rio grande 峽谷發現區域內的西洋杉可耗掉雨量的 45%。

五、農業污染

梨山地區栽植溫帶果樹已然十幾年，武陵農場、七家灣溪附近也有果樹及蔬菜栽培，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、錳等化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 (1958)認為氯之毒性並不在加入其中量之多少，而在於其殘留量濃度的問題。Enslow (1932)指出，許多化合物與Cl結合後，最後產物與自然化物不同，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，但對水生生物有致死的毒性，而一般氯至水中可能形成有毒化物至少有HOCL，OCL⁻，NH₂CL，NHCL₂，NCL₃等。

Brungs (1973)指出冷水性的鮭鱒魚類較溫水性魚類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。Tayler & James (1928)發現氯濃度平均達0.01~0.06mg/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)，另據Pike (1971)與Dandy (1967)指出氯毒性之影響是久遠且無法還原的如褐鱒若生活於低濃度氯之水中一段時間後，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 & stump (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Cl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，此因大魚具有較小的每單位面積之鰓表面積之故，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(6 ppm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、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，因而使其瀕臨絕種。

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，均有其踪跡，而目前卻僅存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（圖一），依實地勘察，壩頂均積滿砂石，壩高都在 10 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群遭到絕滅的危機。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。

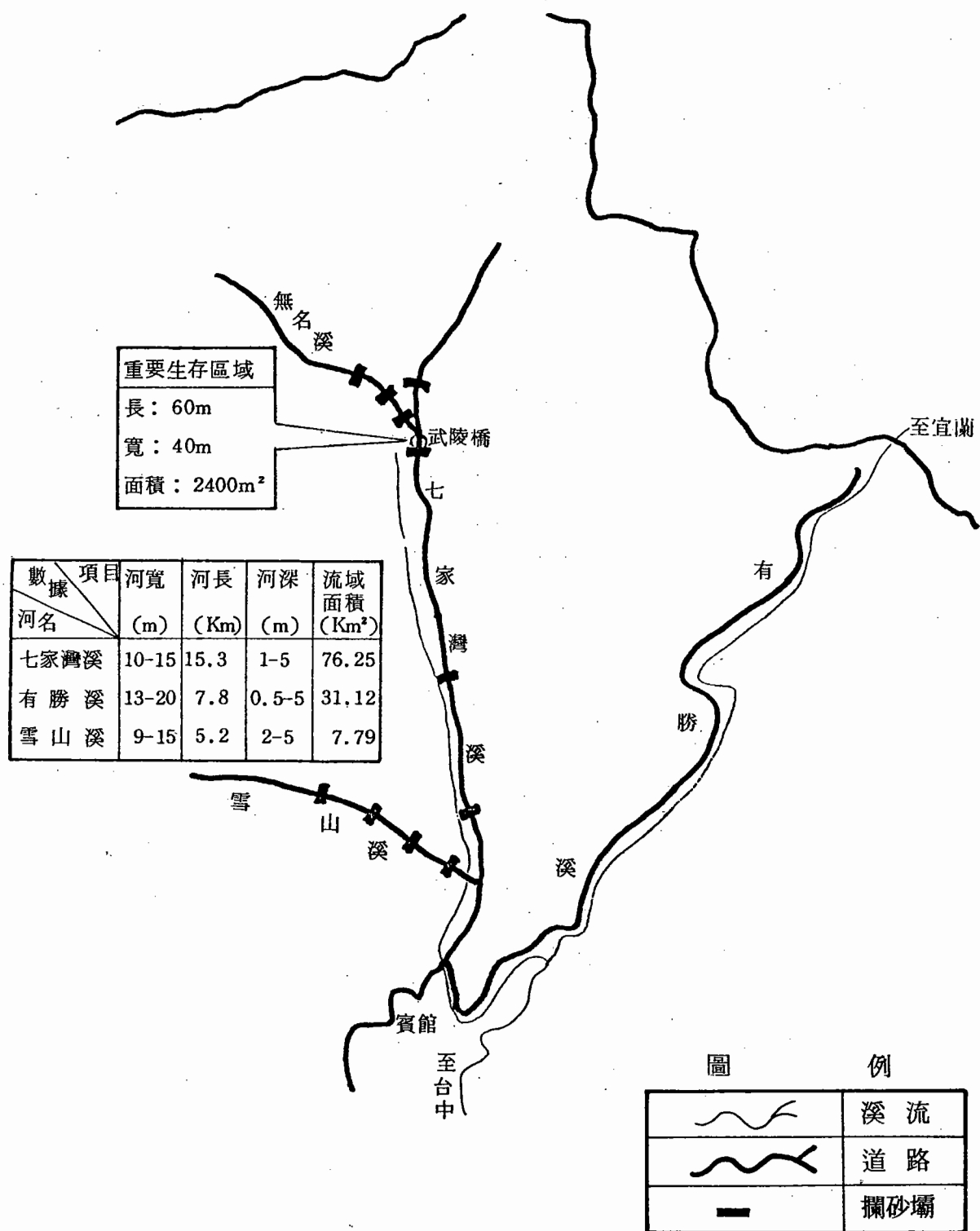
武陵農場現除生產水果、蔬菜外，亦為一極負盛名的觀光區，在過去為了進行農耕開發，溪流沿岸植被遭受破壞，而影響溪流之遮蔽度，水量調節及防止侵蝕等自然功能，至於溪流附近種植蔬、菓所使用之大量肥料、農藥，對櫻花鉤吻鮭之影響，更是亟待研究。

近一年來，林務局國民賓館及輔導會之旅舍均在擴建，可見當地之旅遊業尚在擴大中，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。

建 議

綜合以上數點，我們建議目前的經營重點應為：

1. 保護溪流附近植被，禁絕在溪流兩側砍伐森林、擴大菓樹及蔬菜種植面積，以防止環境破壞及農藥、肥料污染溪水。
2. 在櫻花鉤吻鮭生存區域，全面禁止攔砂壩的增建，人工繁殖成功後，應放養於附近之雪山溪、無名溪，擴大其現存生活範圍，以利復育。
3. 水試所之人工繁殖計劃，應建立完整的配種資料，以便將來追蹤親代及保持遺傳品系之多樣性。
4. 進行有關農藥與肥料施用後，溪水中殘留量與水質變化之研究。
5. 加強污水及人為廢棄物之處理工作。



圖一 櫻花鉤吻鮭棲息地

- Ali, 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 fathead minnow (*Pimephales promelas*). *Jour. Fish. Res. Bd. Can.* 28(12): 1841-1845.
- Aubertin, G. M. and J. H. Petric, 1974. Water quality after clearcutting a small water shed in west Virginia. *Journal of Environmental qualeity* 3, 243-9.
- Beckinsale, R. P., 1972. The effect upon river channels of sudden 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 divrnl oxygen pulse on 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. 1. Academic, 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 Agency, Dept. Fish and Game, Sacramento.

- Carrick, T. R., 1981. Oxygen consumption in the fry of brown trout (*salmo trutta* L.) related to PH of the water. J. Fish. Biol. 18: 73-80.
- Chapman, D. W., 1966. Food and space as regulators of somonid 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 chlorine in the brook trout *Salvelinus fontinalis* (Mitchill). Can. Jour. Zool. 50(4): 405-410.
- 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 colo 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 British 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.
- Havanan, M. G. and B. E. skud, 1954. Intertidal spawning of pink salmon. Fish. Bull. 56: 167-176. U.S. Fish & Wildlife Service.
- Hayes, F. R., 1949. The growth general chemistry and temperature relations of salmonid eggs. Quart. Rev. Biol. 24: 281-308.
- Hewitt, E. R., 1938. Aeration of water for trout. Prog. Fish Cult. 35: 23.
- Hoar, W. S., 1958. Endocrine factors in the ecological adaptation of fishes. p. 1-23. In A. Gorbman [ed.], Comparative Endocrinology. Wiley, N. Y.
- Hunn, J. B., 1969. Chemical composition of rainbow trout urine following acute hypoxic stress. Trans. Amer. Fish. Soc. 98: 20-22.
- Hunt, R. L., 1971. Responses of a brook trout population to habitat development in hawrence Creek. Wis. Dep. Nat. Resour. Tech. Bull. 48: 35P.
- Huntsman, A. G., 1946. Heat stroke in Canadian Maritime stream fishes. Jour. Fish. Res. Bd. Can. 6: 476-482.
- Hutchison, G. E., 1973. Eutrophication. American Scientist. 61: 269-79.
- Itazawa, T., 1959. Gas content of the blood in response to that of median water on fish. II. comparison of the response in juvenile species. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 25: 301-306.
- Jacobseu, T. and R. M. Adams, 1958. Salt and silt in ancient Mesopotamian agriculture. Science. 128: 1251-8.
- Kojima, H. and K. Sugiwaka, 1980. Population size and net production of juvenile masu salmon in the Atsuta River, Hokkaido. Sciectific Reports of the Hokkaido Fish Hatchery. 33: 35-43 (in

Japanese with English abstract)

- Larkin, P. A., 1956. Interspecific competition and population control in freshwater fish. J. Fish. Res. Bd. Can. 13(3): 327-342.
- Lassleben, P., 1951. Is supersaturation with oxygen dangerous? Fischbauer. 2: 105-106.
- Leivestad & Muniz, 1976. Fish Kill at low pH in a Norwegian river. Nature. 259: 391-392.
- Long, C. W. and R. F. Krcma, 1969. Research on a system for bypassing juvenile salmon and trout around low-head dams. Commer. Fish. Rev. 31(6): 27-29.
- Marks, P. L. and F. H. Bormann, 1972. Revegetation following forest cutting mechanisms for return to steady-state nutrient cycling. Science. 176: 914-15.
- Martin, J. W., 1958. Report on the odd year pink salmon runs in southeastern Alaska. Seattle. Wash. University of Washington. Fish. Res. Inst. Circular. 91.
- McCrimmon, H. R., 1954. Stream studies on planted Atlantic Salmon. J. Fish. Res. Bd. Can. 11: 362-403.
- Mcneil, W. J. and W. H. Ahnell, 1964. Success of pink salmon spawning relative to size of spawning bed materials. U.S. Fish wildl. Serv., Spec. Sci. Rep-Fish. No. 469.
- Merkens, J. C., 1958. Studies on the toxicity of chlorine and chloramines in the rainbow trout. Wat. Waste. Treat. Jour. 7: 150-151.
- Mills, D. H., 1972. An introduction to freshwater Ecology. London, Oliver & Boyd.
- Moore, E. W., 1951. Fundamentals of Chlorination of sewage and waste. Wat. Sew. Wks. 98: 130-136.
- Menendez, R., 1976. Chronic effects of reduced pH on brook trout (*Salvelinus fontinalis*). J. Fish. Res. Bd. Can. 33: 118-123.
- Nikolsky, G. V., 1963. The ecology of fishes. N. Y., Academic press.
- Nilsson, Nils-Arvid, 1955. Studies on the feeding habits of trout and char in north swedish lakes. Rept. Inst. Freshw. Res. Drottningholm. 36: 163-225.
- Owen, S. O., 1975. Natural Resource conservation. New York, Macmillan Publishing Co.
- Packer, P. K. & A. W. Dunson, 1970. Effects of low environment pH on blood pH and Sodium balance of brook trout. J. exp. Zool. 174: 65-72.
- Pereira, H. C., 1973. Land use and water resources in temperate and tropical climates. Cambridge, Cambridge university press.
- Pike, D. J., 1971. Toxicity of chlorine to brown trout. New Zeal. Wild. Issue 33.
- Pluhowski, E. J., 1970. Urbanization and its effect on the temperature of the stream on long Island. New York, United States Geological Survey professional paper. 627-D.
- Raymond, H. L., 1968. Migration rates of yearling chinook salmon in relation to flows and impoundments in the Columbia and Snake Rivers. Trans. Am. Fish. Soc. 97: 356-359.
- Raymond, H. L., 1969. Effect of John Day Reservoir on the migration rate of juvenile chinook salmon

- in the Columbia River. Trans. Am. Fish. Soc. 98: 513-514.
- Reid, G. K., 1961. Ecology of inland waters and estuaries. New York, D. Van Nostrand Co.
- Ringler, N. H. & J. D. Hall, 1975. Effects of logging on water Temperature and dissolved oxygen in Spawning Beds. Trans. Amer. Fish. Soc. 110: 111-121.
- Rosenberger, D. R., 1971. The calculation of acute toxicity of free chlorine and chloramine to coho salmon by multiple regression analysis. Thesis, Mich. St. Univ., East Lansing.
- Rounsefell, G. A., 1957. Fecundity of North American Salmonidae. U.S. Fish & Wild life survive. Fishery Bull. 122(57): 451-468.
- Royal, L. A., 1953. The effect of regulatory selectivity on the productivity of Fraser River Sockeye. Can. Fish. Cult. No. 14, 12pp.
- Ruggles, C. P. 1968. Depth and velocity as a factor in stream rearing and production of juvenile coho salmon. Can. Fish. Cult. 38: 37-53.
- Scorugle, H. S., 1961. Relationships of pH of pond waters to their suitability for Fish culture. Proc. Pacific Sci. Congress 9 (1957), 10, Fisheries. 72-75.
- Sheridan, L. W., 1961. Temperature relationship in a pink salmon stream in Alaska. Ecology. 42: 91-99.
- Stewart, P. A., 1972. Physical factors influencing trout density in a small stream. Colo. Div. Game. Parks and Fish Res. Rev. 7: 50.
- Swift, L. W. and J. B. Messer, 1971. Forest cutting raise temperature on small streams in the southern Appalachians, Journal of soil and water conservation. 26: 111-16.
- Taiwan Provincial water conservancy Bureau, 1981. Dams in Taiwan.
- Takahashi, G. and S. Higashi, 1984. Effect of channel alteration on fish habitat. Jap. J. Limnol. 45. 3: 178-186.
- Taylor, R. S. and M. C. James, 1928. Treatment for removal of chlorine from city water for use in aquaria. U.S. Bur. Fish. Doc. No. 1045. Rept. U.S. Comm. Fish. App. 7: 322-327.
- Townsend, C. R., 1980. The Ecology of streams & Rivers. Studies in Biology, no. 122. Southampton. Great Britain, Camelot press Ltd.
- Trojan, J. R., 1977. Egg hatchability and tolerance of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) fry at low pH. J. Fish. Res. Bd. Can. 34: 574-579.
- Tsuda, M., 1962. Aquatic entomology. Hokuryukan, Tokyo. (in Japanese).
- United states Department of Agriculture, 1973. Restoring surface-Mined Land. Misc. Publ. No. 1082. U.S. Gov. Printing office, Washington, D. C.
- Warren, R. S., 1962. Ammonia toxicity and pH. Nature. 195: 47-49.
- Woodbury, L. A., 1941. A sudden mortality of fishes accompanying a supersaturation of oxygen in Lake Waubesa, Wisconsin. Trans. Amer. Fish. Soc. 71: 112-117.

- Brown, G. and J. T. Krygier, 1970. Effects of clear cutting on stream temperature. *Water Resour. Res.* 6: 1133-1139.
- Graf, W. K., 1977. Network characteristics in suburbanizing streams. *Water Resour. Res.* 13: 459-63.
- Hay, J., 1973. Salt cedar and salinity on the upper Rio Grande. In Farvar, M. T. and Milton, J. P., editors, *The careless technology*. London.
- Knox, W. E., P. K. Stumpf, D. E. Green, and V. H. Auerback, 1948. The inhibition of sulfhydryl enzymes as the basis of the bacteriocidal action of chlorine. *Jour. Bact.* 55: 451-458.
- Kwain, W., 1975. Effects of temp. on development and survival of rainbow trout *salmo gairdneri* in acid waters. *J. Fish. Res. Board. Can.* 32: 493-497.
- Prosser, C. L., and F. A. Brown, Jr., 1961. *Comparative animal physiology*. W. B. Saunders Company, Philadelphia and London.
- Raymond, H. L., 1979. Effects of Dams & Impoundments on migrations of Juvenile chinook salmon and steelhead from the Snake river, 1966 to 1975. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 108: 505-529.
- 林朝榮、周瑞燉，1963，台灣地質，台灣省文獻委員會。
- 德基處，1983，德基水庫集水區水土保持第二期整體規劃報告。

水棲昆蟲與底質環境之關係

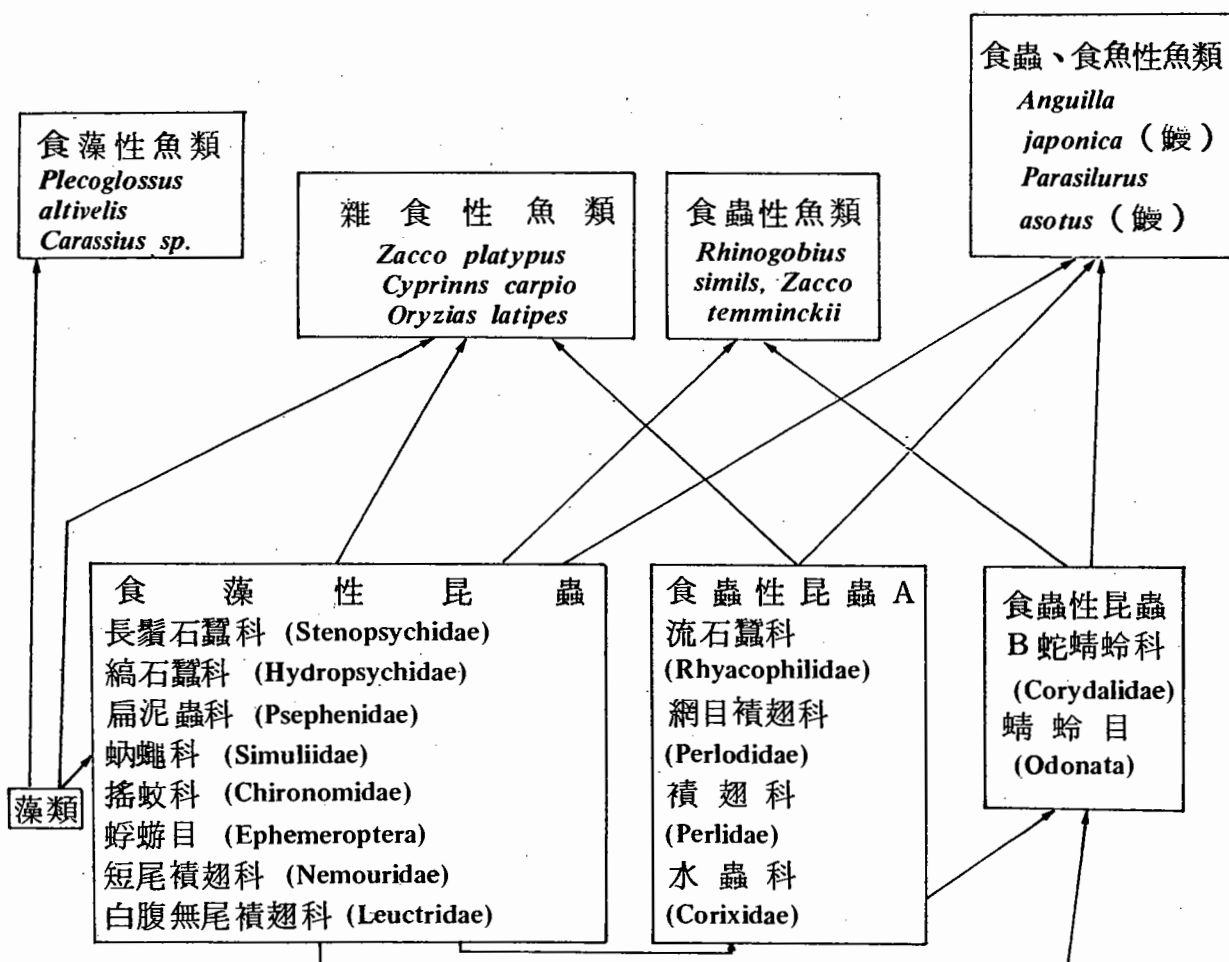
黃國靖 楊平世*

一、前言

生活在水中或水面上的昆蟲也是昆蟲綱中的重要成員，牠們在昆蟲綱中佔不少目的昆蟲；如就廣義來說，凡是能在水中生活的昆蟲個體即可稱之爲水棲昆蟲。但就狹義而言，生活史中某一時期也得生活於水中者，始稱之爲水棲昆蟲。所以雖名爲水棲昆蟲，但如由牠們的氣管系統，和所有成蟲幾乎都生活在大氣中，以及都具有腊質表皮等特色得知其確源自陸地。在昆蟲綱中全目是水生的，包括蜉蝣目、蜻蛉目、襁翅目、廣翅目和毛翅目；而亞目爲水棲的，有半翅目中的隱角椿亞目、雙翅目中的長角亞目、鱗翅目中水棲食蟲亞目；一般這些被稱爲初級侵入者。至於原來爲陸生大目中之少數水生者，如在水面上活動的水黽科、絲黽科、濶翅科和黽椿科等，則稱爲次級侵入者。屬於次級侵入者還包括鞘翅目中一些水生甲蟲；鱗翅目、長翅目、雙翅目、彈尾目和膜翅目的少數種類。水生昆蟲在水域生態中扮演着重重要的角色；以溪流爲例，在圖一中，水棲昆蟲可扮演着生產者的角色，也是消費者。附着在水底石礫表面或浮游中之微小藻類，如硅藻、藍藻、綠藻等，可供蜉蝣目及部份毛翅目、雙翅目、襁翅目昆蟲營生；這些昆蟲是初級消費者。而以食藻水棲昆蟲爲食者，則爲次級消費者；至於以捕食性水棲昆蟲爲食者乃三級消費者。而不論是初級消費者或次級消費者，則都可成爲魚類的食餌；由此可見水棲昆蟲在水域環境中之重要地位。

國立臺灣大學植物病蟲害學系

* 碩士班研究生 副教授



圖一 水生生物之食物關係 (何鑑光、徐世傑, 1977)

Fig. 1. Food chain between aquatic beings

二、水生昆蟲之特性

水棲昆蟲之所以能適應水中生活，乃由於牠們有優越的適應性；然而水棲昆蟲究竟有何適應的特性呢？

1 運動方式

水棲昆蟲大多具有流線型的軀體和槳狀足；例如水棲肉食甲蟲和水椿類，牠們善於游泳但却像海豹，一到陸地，活躍性大減。有些種類幼蟲具有游泳腳；但也有利用軀體擺動來游泳的，例如蜉蝣稚蟲及龍虱幼蟲。也有是像魚和海豹左右擺動的，例如石蠅稚蟲和豆娘稚蟲等。其他的種類如不均翅類的蜻蜓稚蟲則利用直腸噴射推進方式運動。這就和烏賊之游泳原理相似。另有一些蚊子幼蟲是利用奇怪的搖擺動作來游動的。有些更是

利用水流擴散而移動的，例如雙翅目中搖蚊科、糠蚊科和長翅目中蠅頭蠍蛉科幼蟲。凡此均為水棲昆蟲對水生生活的適應性。（Hynes, 1984）

2 呼吸作用

由於水生環境的特殊，其呼吸器官有着明顯的特化現象；本為陸生種類且用氣管呼吸的彈尾目仔蟲卻喜棲息水面或潮濕地區。有氣孔但無貯氣構造的，如雙翅目和鞘翅目龍蝨科之幼蟲，常為後氣孔式，氣孔周圍有避水區，故必須不斷游至水面吸取空氣。具氣孔又有貯藏空氣的構造，如半翅目及鞘翅目之成蟲，體表有防水毛叢（Hydrofuge hair pile）能形成氣膜或氣泡來貯氣。更有利用體壁呼吸的，氣體交換靠血液循環經體壁進行，如雙翅目搖蚊科幼蟲。有以氣管鰓來呼吸的，為數較多，如蜉蝣目、襁翅目、脈翅目、毛翅目及鞘翅目等之幼蟲；皆有由體壁向外突出之扁平片狀、絲狀、密佈氣管或微氣管的鰓以作呼吸作用。直腸鰓則只有蜻蜓類稚蟲所獨有；而在雙翅目之搖蚊類、大蚊類幼蟲則是利用血鰓一體壁向外突出而翻出之囊狀結構；其內充滿血液但無氣管，偶而有微氣管存在（津田松苗，1962）。

3 攝食型式

原始昆蟲得以生存是由於具有咀嚼式口器，這與早期演化的蟾類之刺吸式口器（由二億五千萬年前的化石得知），皆為適應肉食性；實際上，初級水生昆蟲的較原始科也是肉食性，如蜉蝣中的二尾蜉蝣科、石蠅中的石蠅科和毛翅類之流石蠅科。蜻蛉目、廣翅目和隱角亞目則完全保持着肉食性。經不斷演化改變，有些蜉蝣、石蠅、石蠶及長角類之幼蟲是刮取石礫上藻類為食物；而蚊子則利用特殊副器在水中過濾食物顆粒（Hynes, 1984）；另外，少數昆蟲是以高等植物組織為食物，此外更有的是以來自陸上之殘屑為食物。

值得一提的是水生昆蟲在水底固着之方式，亦各不相同；有利用足上爪來固定者，也有利用吸盤固着的；甚至有吐絲粘着於石礫上的；這些也都是適應水中生活的特性。

三、底質與水生昆蟲之關係

底質環境可以說是水生昆蟲生態演化的場所，它提供了水生昆蟲活動、休息、尋找蔽護和食物的地方；其中尚有環節動物、軟體動物、魚類和其他動物棲息着；所以它能決定水生昆蟲及這些動物生存之微環境條件。甚而更會影響牠們的發育和繁殖。同時這

也是牠們彼此間競爭和掠食的競技場。底質環境包括了很多型式的有機和無機的物質，對於生活其中的昆蟲影響關係密切；就棲所而言，此決定有無提供適當之讓昆蟲爬行、粘附或穴居的地方。有機物通常是含有由陸地而來的葉片、樹枝、野草；而生長在水中的有苔蘚、藻類和水生植物，以及水生昆蟲和其他動物。至於天然無機物則是指原本埋在下面的組成物質，乃可能從鄰近流域移來、或由於人類活動而移入的物質。一般無機物通常是砂質或沉積的東西；其大小則可由微小的淤泥以至大石頭。此外，在現在的溪流裡，更會發現人造的如玻璃瓶、罐、水泥、廢金屬等東西。

有關底質環境對水生昆蟲之重要性，是一九二〇年代才受矚目；第一個以水生昆蟲與河床底質有關係之研究，乃一九二九年由 Percival and Whitehead 所發表的，渠在英國東北之溪流所發現，大型無脊椎動物有七種型式的底質環境，此包括不同的穩定性，型式和遮蔽程度。雖然他們研究未盡完善，但卻建立了一個初步的標準，且在當時廣為大多數人所應用；隨後在一九三〇至一九五五年間，就有不少人開始研究這方面的研究。

四、底質之重要性

底質對昆蟲的影響是直接的，但也會間接抑制或影響昆蟲的數目；然而底質會不斷受多方因素作用而改變，所以底質的結構與溪流變異是連在一起，無法分離的；可見環境條件會決定着昆蟲的生長、繁殖、棲息、覓食、逃避、敵害、築巢或產卵；例如 *Leucotrichia*, *Paragyrtis*, *Rheotanytarsus*, *Simulium*，牠們需要一合適的粘附地方，好讓牠們取食、生長及化蛹，因牠們的吸盤只能作用在比較光滑的表面；至於有些水生昆蟲適應生存在急流衝擊的環境，如一些 *Epeorus* 蜉蝣的稚蟲。而 *Rhithrogena*, *Ephemerella doddsi* 和網紋科之幼蟲，有些是喜歡生活在有遮蔽的環境；有些則還需要穴居的，如 *Ephemerella* 及 *Hexagenia*。又如石蠅中的 *Capnia* 和 *Leuctra*，需要一疏鬆的分子而可讓牠們滑動其中。而一些造巢昆蟲，需要特定的底質物料以建築牠們的棲所，毛翅目幼蟲就是其中的代表，牠們利用石礫或有機物質以建造牠們的巢穴；另外在鱗翅目水棲類也是如此。不過同是毛翅目，不同種類，其造巢材料也不一樣；所以底質成份就決定了這些昆蟲，能否安定下來的主要因素；例如：*Sericostoma personatum* 主要利用 0.25 ~ 0.5 mm 之顆粒來造巢，其能利用之範圍是限於 0.125 至 1 mm，此外牠寧願生活在一粗糙的物質為主的環境，這意味着適當大小的物質混在一起是有效的 (Tolkamp 1980)。又，*Pyconopsycha scabripennis* 石蠅幼蟲，牠們也是很有選擇性的，溪流的型式對牠們有很大的抑制程度，牠

們的豐度、有效夏眠和化蛹場所都被限在 4 ~ 8 mm 的碎石範圍 (Mackay, 1977)。在 *Ephemera simulans* 和 *Hexagenia limbata* 蜉蝣稚蟲中，牠們對氧氣需求，在不同的情況下，有不同需要量，若給予選擇物質時，牠們由於偏好，會顯示出最低的呼吸率；而氧氣消耗量之變化原因，或許與水棲昆蟲的活動和穴居習性有關。

底質同時能間接影響到水生環境的合適度；細小無機分子會填塞在大分子之間隙，因而同樣限制了昆蟲和水的流動及溶解氧氣的保存；同時，因細小分子滿佈河床的表面，會限制藻類的生長或沖淡了所供給的食物有機成份。此外，此也會阻礙昆蟲的活動、取食能力和呼吸。有機分子如過度衰變會招致氧氣濃度的降低。而且底質也會間接限制昆蟲在流水中的方向，水流變化，河床主要成份，分子大小的組成及植物有機質數量；而此均會大大地影響到水生昆蟲族群之結構。

五、底質大小與組成對水生昆蟲之影響

最早發現昆蟲與底質環境關係是肇因於動物族群的豐度會因物質而改變，以及大多昆蟲個體對不同型式的物質具有偏好性之現象；最初不同的底層型式和大小的影響，並不能很清楚的由水流和其他變化影響中區分出來的，但當由單一因子所推知的證據，已明顯指示出底質之重要性。其後，由野外的觀察研究也證實昆蟲對隨附物質和特殊環境的確具有偏好性 (Thorup and Lindegaard, 1977; Gregg 1981; Tholkamp, 1980)。

由研究得知底質之組成和大小對此昆蟲之影響可得以下幾個概括的結論：

- (1) 對水棲昆蟲而言，水生植物之物質比礦物質更能維持着較高的安定性；但在不同植物上亦有不同結果。
- (2) 大型無機物比小型的有較好之生產力。
- (3) 各種昆蟲對於底質偏好性均各不相同。

(1) 水生植物和礦物質對昆蟲之影響

昆蟲與其他無脊椎動物之密度在不同大小介質之比較；以光滑石頭上者密度最低，而含有苔蘚和藻類的稍高，但密佈苔蘚和由河岸來雜草時，水棲昆蟲和其他無脊椎動物密度最高 (Waters, 1972; Percival and Whitehead, 1929)。又在一九六三年時 Minckley 也發現類似的結果。此外一九三五年 Whitehead 觀察到無脊椎動物族群在 *Ranunculus* 和 *Macrophyte* 比較，以前者較為密集；而較疏鬆的石頭擁有較高之密度。一九八一年 Gregg 也

觀察到無脊椎動物之密度在 *Ranunculus* 上光滑平面之介質上者高；由這些實驗得知，當結果是以每單位有用表面積的數目作比較時，可發現無脊椎動物在 *Rorippa* 上或在 *Ranunculus* 要比在單調物質上有較高之密度。此結果顯示出在大範圍內水生植物和礦物質會因植物而增加可利用表面積。

(II) 分子大小與昆蟲豐度之關係

水生昆蟲和其他無脊椎動物之數量會隨分子的加大而增加。一九四七年 Pennak and Gerpen 發現，無脊椎動物豐度會因分子大小的增大而增加；他似更發現從沙到石礫，水棲昆蟲總數和生物量會逐漸增加；而一九七五年 Ward 於同一地點，實驗結果也得相同結果；同時他更發現，如底質分子大小增至河床（表面很大的石頭）時，則數量和生物量就開始降低，而這種變化，可能是由於改變了底質之變異性，如表一：

表一 美國科羅拉多州北聖維連河大型無脊椎動物之平均豐度及生物量

Table 1. Mean Abundance and Biomass of Macroinvertebrates Collected in North St. Vrain Creek, Colorado, in the Summers of 1945 by Pennak and Van Gerpen (1947), and 1974 by Ward (1975)

顆 粒 大 小	調查年份	沙	碎石	粗碎石	巖床
ARTICLE SIZE	YEAR OF STUDY	SAND (1.5–3 mm)	GRAVEL (6–25 mm)	RUBBLE (30–200 mm)	BEDROCK (boulder surfaces)
每平方公尺個體數 (隻)					
Number of	1945	202	575	610	551
individuals/m ²	1974	141	261	274	136
生物量（每平方公尺 濕重，單位公克）					
Biomass	1945	0.6	1.3	2.5	1.7
(g wet wt/m ²)	1974	2.2	2.3	3.4	0.7

另一種說法是剛巧相反，就算是在相同大小分子的時候，把不同變異性都除去，分子大小與無脊椎動物的數目並沒有一定關係（Minshall, 1977）。此外，一九六七年 Uresk 發現，在自然界中溪流的底質大都在一範圍，由沙（ ≤ 3.2 mm）到粗碎石（150 mm），而且彼此混雜。如以比較混合的底質和規則性底質相比較，他發現在均質的底質上蟲數要比在混合的底質上者為少。而且均質的底質之分子大小，其族群密度都因底徑大小增加而減少（密度為 7.5 mm 者大於 50 mm 者大於 100 mm 者）。

III 特殊底質與昆蟲之關係

有些學者常對某一特定種類在某一型式或大小的底質中有較多個體時，往往歸納為這是由於偏好這種型式的底質之故。但事實如何可能有待驗證。不過有些種類會在牠們的生活史中不同時期有不同的偏好性，特別明顯的是在毛翅目幼蟲。但在很多研究中，的確也證實某些種類確有明顯的偏好性；例如 *Pycnopsyche gentilis*, *P. luculenta* 及 *P. scabripennis*，在整個生活史中對底質均各有偏好；*Pycnopsyche gentilis* 石蠶蛾，其五齡幼蟲由葉狀巢變為小粒狀的巢。*P. scabripennis* 之成熟幼蟲會穴居碎屑中以作夏眠。另一方面，這三種幼蟲對有機物之成份確有反應，但對礦物質則沒有一致性 (Mackay 1977)。另一證據是 *Pteronarcys californica* 石蠶稚蟲和 *Arotopsyche grandis* 石蠶蛾幼蟲；牠們對於底質分子的偏好程度，最偏好者為大型小圓石 (12–25 mm)，其次是小型小圓石 (16–12 mm)，最不偏好者為礫石 (2.5–6 mm, 1–1.5 mm)。而 *Ephemerella grandis* 蜉蝣稚蟲和 *Brachycentrus* sp. 石蠶蛾幼蟲對大型小圓石則廣於中等偏好性；而礫石和沙質則次之。至於雙翅目中 *Atherix variegata* 之幼蟲則對底質分子大小只有少許偏低性 (Brusven and Prather, 1974)。由此可見水生昆蟲對底質顆粒大小和偏好性每每因種而異，也可能因生長期之不同而有差異。

六、底質之特性

到目前為止，何種底質對水棲昆蟲是重要的，仍未詳悉。底質之特性包括：大小、穩定性、及變異等方面；而這三個特徵，理論上皆特別注意，是由於它們涉及生態上的重要因子。由最近海洋工作和淡水生物研究中得知，底質特徵對昆蟲等動物的影響頗為重要；此在於其構造、孔隙大小及淤泥和有機物的數量。若底質主成份是有機質，則其他特徵應包括有機物種類和型式，微生物及物理上調節程度。因此在估量昆蟲與底質關係之研究，應包括底質分子大小、表面積、穩定性、變異性、質地、孔隙大小及淤泥之影響。

分子大小 (直徑)，表面積、穩定性這三個因子間有密切的關係；且每一個關係都不同，分子大小由顆粒直徑來決定，也是常用來區別底質之一條件。此能進而推斷底質之變異性與相對的穩定性。

1 分子的直徑

底質分子直徑之決定可直接的量度，機器篩選；一九二二年 Wentworth 曾訂了一個

標準如表二。由表中可知每一分子直徑的大小皆為前者兩倍，而成一等差級數。此外，顆粒直徑之量度，可由平均直徑（Median diameter）及分子大小成份之累積百分比獲得或直接計算而來。

表二 袁氏之底質大小分類法

Table 2. Wentworth Classification of Substratum Particle Size*

大小分類 SIZE CATEGORY	顆粒直徑 PARTICLE DIAMETER (range in mm)	PHI 值 PHI VALUE ($-\log_2$ particle diameter in mm)
鵝卵石 Boulder	> 256	≤ -8
卵石 Cobble		
大 Large	128-256	-7
小 Small	64-128	-6
小圓石 Pebbel		
大 Large	32-64	-5
小 Small	16-32	-4
碎石 Gravel		
粗 Coarge	8-16	-3
中 Medium	4-8	-2
細 Fine	2-4	-1
沙 Sand		
甚粗 Very coarse	1-2	0
粗 Coarse	0.500-1	1
中 Medium	0.250-0.500	2
細 Fine	0.125-0.250	3
細渣 Vertet faeces	0.063-0.125	4

2分子的面積

除了分子直徑外，表面積之有效利用也是水棲昆蟲分布與豐度的重要決定因子。有關分子表面積有一普通量度方法，此即利用橡膠或鋁箔而獲得表面之印跡，然後用平面儀或稱重方法求得這表面積。表面積對水棲昆蟲之重要性，一般是個體放在不同大小、形狀、以及表面有着不同繁雜程度的底質中，再置入溪流內，然後再測出拓殖在不同底質之種類或個體數目；此結果就仿如自然條件下所得到的昆蟲種類和數量的豐度，此結果同時發現水棲昆蟲在大型分子中的遷入、侵入、取代都較小型分子為高；亦即多數種類和個體數都發生在較大分子上（Hart, 1978; Trush, 1979）。

無論如何，探討水棲昆蟲在個別分子和一組分子之數量，在此方法測試下的結果，可能出現不同的結果，也許個別石頭上，小分子能支持着較高密度之水棲昆蟲；但如和其他一組石頭比較則結果却是相反的，如表三A及B。

表三 不同大小和形狀之岩石上無脊椎動物之豐度和數量

Table 3. Mean Richness and Numbers of Invertebrates on Individual Rocks of Different Sizes Expressed as Raw Values and Standardized for Surface Area. A: Data from Hart (1978). B: Data from Trush (1979).

A	球形 SPHERE		六面體 CUBE		不規則形 IRREGULAR	
	小 Small (105 cm ²)	大 Large (710 cm ²)	小 Small (89 cm ²)	大 Large (547 cm ²)	小 Small (93 cm ²)	大 Large (550 cm ²)
豐度/岩石 Richness/rock	2.33	4.17	2.58	4.75	2.67	7.42
豐度/每千平方公分 Richness/1000 cm ²	22.22	5.87	29.03	8.68	28.99	13.48
個體數/岩石 Number of individuals/rock	3.75	10.08	3.08	11.42	4.58	18.42
個體數/每千平方公分 Number of individuals/1000 cm ²	35.71	14.20	34.61	20.88	49.78	33.49

	自然 (岩石) NATURAL (rock)			人造 (水泥) ARTIFICIAL (concrete)		
	小 Small (-31 cm ²)	中 Medium (-274 cm ²)	大 Large (-1013 cm ²)	小 Small (31 cm ²)	中 Medium (274 cm ²)	大 Large (1013 cm ²)
豐度/岩石 Richness/rock	6.72	20.93	29.45	11.25	20.50	26.67
豐度/每千平方公分 Richness/100 cm ²	216.77	76.39	29.07	362.90	74.82	26.33
個體數/岩石 Number of individuals/rock	34.38	171.80	737.46	66.03	295.92	506.50
個體數/每千平方公分 Number of individuals/1000 cm ²	1109.03	627.01	728.00	2130.00	1080.00	500.00

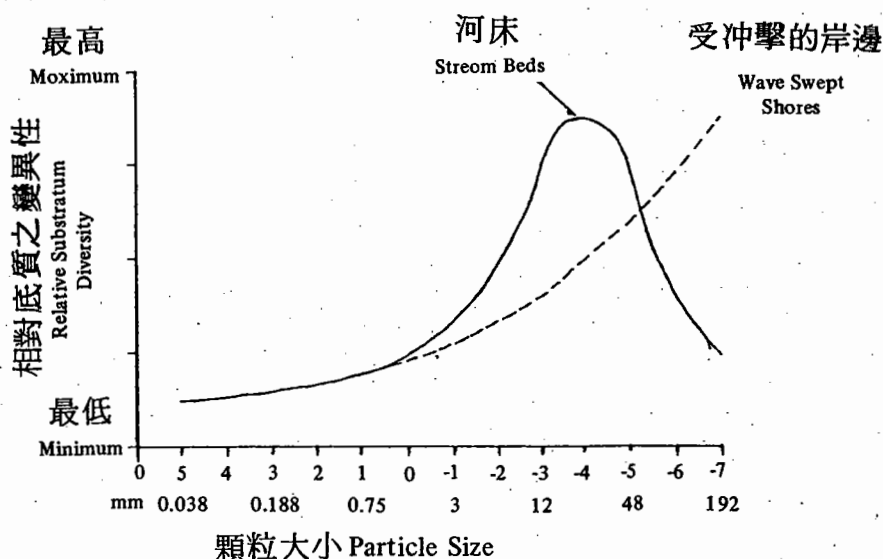
3. 穩定性

在水域中穩定性可視為抵抗移動的程度，因為小石頭可能常受擾亂或推滾；一般，穩定性通常與顆粒大小成正比，底質穩定性在分散型的昆蟲中，長久以來被認為是一種因子，特別在溪流中；而且底質之變動常影響種類之多少和豐度。

在 *Baetis rhodani* 和 *Rhithrogena semicolorata* 蜉蝣稚蟲中，均活動在沙質的底質。若昆蟲有較長的生活史，例如：*Aeshna* 蜻蜓、*Paragnetina* 和 *Pteronarcys* 石蠅則普遍發現其存在於較大分子的底質上。而 *Leucotrichia* 石蠅蛾幼蟲在安定的底質下會受到限制，因那種環境下苔蘚不能蔓生在石頭上；但相反在安定環境下，苔蘚生長繁茂，因此在沒有苔蘚底質之水域常由 *Hydropsyche* 幼蟲所取代而成為優勢種 (McAuliffe, 1983)。

4. 變異性

當一中等大小顆粒的礦物質增加，則其物理繁雜也會相對增加；在沖擊的岸邊，最大的流速也無法把大石頭中的礫石和小圓石移走，而在溪流裡，中等大小的顆粒和繁雜性之間，是會發生一個二項式分布之關係。若底質分子的種類發生減少是基於數點，則中等大小的顆粒會增加如圖二。



圖二 底質之變異性及顆粒大小（平均直徑）間之假設關係
Hypothetical relationship between substratum diversity and predominant particle size (median diameter). (Lamberti and Resh 1979)

在底質變異性中有兩方面之研究，一是在研究個別石頭集中在每一底質分子所產生的條件；而另一是研究在一塊的石堆，分子有大有小複雜的混合對無脊椎動物族群的影響。

5. 底質的質地

底質分子對水棲昆蟲所棲息之底質是一決定因素，大多學者對水棲昆蟲對底質之適應性只着重在牠們的食物來源，而不是底質之硬度、軟度、粗糙、光滑，其實質地對水棲昆蟲之作用亦頗重要。底質之質地對水棲昆蟲之重要性，舉例說一些穴居昆蟲如 *Heteroplectron*, *Lava*, *Brilla*，乃穴居在木頭中；而藻類和碎礫能提供很好的表面，以讓生物體去粘附。相反地，在單調或光滑之底質分子上並不一樣（Anderson and Sedell, 1979）。對於固着型的昆蟲，在苔蘚遮蓋或粗糙的表面上較佔優勢是 *Hydropsychids*；而在光滑表面較多的則是 *Leuotrichia*, *Nanocladius*, *Parargyractis* 和 *Rheotanytarsus*。底質質地能間接影響水棲昆蟲的分布，由實驗顯示，質地粗糙的石頭（64 mm 直徑）比在光滑質

地的表面者，擁有較高密度之水棲昆蟲。

6. 孔隙大小

多孔性與否皆影響底質，包括其孔隙的大小，開口、數量。在複雜的底質環境中，通常孔隙之變異排列也比較多，而且此會影響水面下之流動，有機物和礦物分子之堆積，溶氧程度。在粗糙的物質表面或冲刷很好的底層堆積通常孔隙較大，而且會影響水棲昆蟲之食物來源（Williams, 1972）。

7. 淤泥

除了對水棲昆蟲之作用外，亦可當作一個介值，淤泥會明顯影響底質環境，而且會改變水的流動，食物品質及可利用氧氣及分子之間隙。此外，淤泥和沙質可因水流的運送而成一分子較小之底質分子，且它會阻塞昆蟲之過濾器官，嚴重佈滿淤泥和泥沙的底質，通常會形成較低的昆蟲種類變異，生產力和豐度。

8. 有機物

有機物對水棲昆蟲之重要性，是它能被利用作為食物的來源，因此可當為一誘引因子，或限制因子，無論如何各種型式的有機物，同時是主要一些造巢水棲昆蟲所需物質來源。在單調環境下或有腐葉的環境作比較，各種水棲昆蟲反應都各異，例如 *Allocapnia* 石蠶蛾幼蟲是喜好有腐葉的底質。在水棲昆蟲中，攝取食物機制和食物偏好性都有很大差異，故昆蟲對有機物之種類亦各異。*Cricoptopus* 搖蚊幼蟲對於碎屑有較大的偏好，而 *Chironomus* 搖蚊幼蟲對良好沙質或藻類却有更大的偏好性（Cummins and Klug, 1979）。

七、其他因子與底質之相互作用

環境中各因子是相互作用在水棲昆蟲之底質環境，而這些限制因子又會作用在不同種類之水棲昆蟲，或使牠們不能達到最大的個體生長及最大族群密度。所以影響底質之因子：水溫、水流規律、水的化學組成、光線、食物、流速、含氧量，及其他機制也會直接或間接影響昆蟲。

1. 水溫

當底質、流速和其他因子的影響能確定時，在整個溪流系統中，一般中間有最多的種類，這是因為溫度之上下變動結果，故溫度是水棲昆蟲分布之附和限制因子。另外溫度是影響水生昆蟲發育和內分泌系統，而決定昆蟲基本的大小和成蟲生殖能力（Sweeney and Vannoto, 1981）。

2 水的化學成分

在英國之 Duddon River 中有蜉蝣、石蠅、石蠶蛾，但未見其他水生昆蟲，推究結果，這種特殊的分布型式，是因為該處的化學物質不平衡，氫離子高之緣故。此減低其他化學成份的應有濃度，其中包括了鉀離子（Minshall, 1984）。水中化學物質的含量能超越昆蟲所需食物的基本影響，例如底棲動物的消長與每克碎屑中鈣離子濃度即有着密切關係（Egglishaw, 1968）。

3 光

光線或遮蔽度在研究水棲昆蟲分布時，常不被注意，但有已證據顯示它的重要性。在丹麥 Role kilde 之支流上，*Baetis rhodani* 蜉蝣及毛翅目幼蟲 *Agapetus fuscipes*, *Ecdiopteryx guttulata*, *Silo pallipes* 和鞘翅目 *Helodes minuta* 水棲昆蟲很高豐度型在沒有遮蔽地區都有很高之光度；但在遮蔽地區則很低。不過 *Wormaldia occipitalis* 毛翅目幼蟲則剛好相反（Thorup, 1966）。對遮蔽與否的環境曾作研究的 Mclachlan 在一九六九年及 Higler 在一九七五年提出 *Limnephilus rhombicus*, *Potamophylax rotundipennis* 石蠶蛾幼蟲對沒有光線射到的遮蔽地區有不同程度的偏好性。而 *Nilodorum brevibucca* 搖蚊幼蟲在實驗室研究下是具負趨光性的。

4 食物

若要繼續棲息在一特定底質，則昆蟲就必需有食物的供給，故食物存在與否能決定水棲昆蟲的某一特定底質之吸引力，且每種昆蟲對各種有不同需求，相對食物本身亦提供着不同能量，如表四。但當食物需求滿足了，其他因子將為決定因子。在 Scotland 的 Shelligan Burn 和 River Almond 所做之研究，植物碎屑有不同之定量關係，因此在一地區棲群結構是以存在的碎屑總數而定，但其他影響因子得包括在內（Egglishaw, 1968）。

5 水流

水流速度會影響昆蟲採集食物能力及滿足牠們的呼吸需求或避免競爭和掠食。牠們

會離開不適應的環境而遷入合適處，無論怎樣，複雜的水流特點（力量、方向，亂流程度）、和底質（分子大小、分子組成、安定性、淤泥和有機物），於自然條件下是相互影響的。此外，流速較快的溪流，粗糙物質、間隙開口的方向和空間，有機物堆積得很慢，這些是它的特點；相反，流速較慢的則量擁有良好的物質，緊密包埋的分子及很大數量的有機物。水流快慢會把底質大小分子沖走，如表五。

無論是沿着湖岸或溪岸，又或是相同沖蝕或沉積的地區，水生生物數量均不同；一般沖蝕地區通常有較多種類，但族群密度卻比沉積地區為低；而在這兩個沖蝕沉積地點裡，也潛藏着不同的形態或行為特徵的昆蟲，生活在前者的動物是以適應於粘着，附着又或是避免與水流直接迎擊為主；棲息在後者之動物則是以匍匐性，攀緣和穴居性水生昆蟲為主（Hynes, 1970）。

表四 生活塘沼之雙翅目幼蟲所能利用食物之營養值

Table 4. Nutritional values of food available to pool dwelling dipteran larva.
Values are ranges.

食物 Food item	蛋白質 Protein (N X 6.3 ash free dry weight)	能量 Energy (kcal g ⁻¹ % ash-free dry weight)
來自陸地之枯枝敗葉（雜草、蘆葦及樹葉） Terrestrial detritus (grass, sedges and tree leaves)	3.0 to 19.0 ⁽¹⁾	4.5 to 4.8 ⁽²⁾
靈貓類糞便、淡水藻類 Civet faeces	1.5 to 75.0 ⁽³⁾	3.1 to 5.1 ⁽³⁾
Freshwater algae (greens)	6.0 to 50.0 ⁽⁴⁾	4.8 to 5.3 ⁽²⁾
脊椎動物 Vertebrates	15.0 to 66.0 ⁽¹⁾	5.8 to 6.0 ⁽²⁾

Numbers in parentheses refer to sources in the literature as follows: (1) Allen, 1974; (2) Cummins & Wyucheck, 1971; (3) McLachlan, unpublished data; (4) Yung-An Tang & Ting Lang Hwang, 1966.

表五 流速與底質顆粒大小之關係

Table 5. Relation of current speed to substartum particle (Nielsen 1959)

流速（公分／秒） Speed of current cm/sec	顆粒大小 Diameter of 直 徑 objects moved	顆粒之分類 Classification Classification of objects
10	0.2 mm	淤泥 mud
25	1.3	沙 sand
50	5	礫石 gravel
75	11	粗礫石 coarse gravel
100	20	小石子 small stones
150	45	中石子 stones
200	80	大石子 large stones
300	180	小鵝卵石 small boulders

6 氧氣

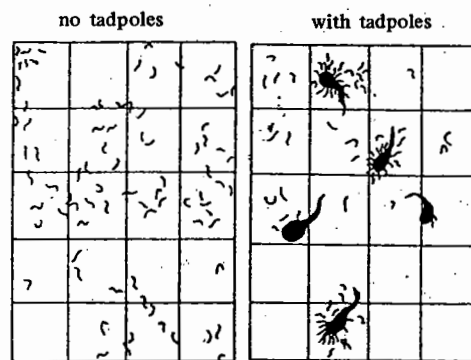
在水中的溶解氧氣是會發生變化的，在岩床上氧氣的濃度會受限制，又溪流如有機物污染時亦然，由於試驗得知氧氣可直、間接影響昆蟲的豐度和分布。底質中氧氣濃度和下列因子有關：

- (1)由化學和生物的氧氣需求程度來決定。
- (2)溫度影響氧氣溶解；而昆蟲本身的呼吸率也會影響含氧量。
- (3)水流循環情形。
- (4)底質本身，特別是河床的質地和孔隙大小。

每一種昆蟲對於氧氣的最低需求，都有不同的耐受程度。通常流水型種類（lotic species）需高濃度氧氣，而靜水型種類（lentic species）則較低。普通情形，昆蟲若生活在流動很慢又或是靜水環境，則牠們本身就有對這種環境的適應性（Minshall and Winger, 1968）。

7 其他生物相互作用

雖然底質和其他條件都很適合，但各種昆蟲種類的豐度和分布都依各塊底質而改變，就算在單一石頭表面積亦會有食物競爭、空間和掠食之問題。在一高密度情形下，*Cheumatopsyche* 毛翅目幼蟲，*Paraleptophlebia mellis* 蜉蝣稚蟲會因競爭而分隔開來，並會引起 *Baetis vagans* 蜉蝣稚蟲之遷出。此外，在同一棲所的生物亦存在着相對作用如圖三。



圖三 *Dasyhelea thompsoni* 實驗室內在有無死蝌蚪存在下之分佈的變化

Fig. 3. Changes in the distribution of *Dasyhelea thompsoni* larvae in the presence of dead tadpoles in the laboratory. (McLachlan 1981)

而在 *Nilodorum brevibucca* 搖蚊幼蟲之不同密度分布，試驗中，如把小數目 1 齡幼蟲放入一規則底質中，結果得一逢機分布；如加入大量卵到幼蟲，則幼蟲成聚集型的分布。若再加入更多幼蟲，則分布又變為規則型。但當幼蟲間之可利用空間不斷減少，各鄰近幼蟲都相互接觸到彼此之攝食區時，則就達到臨界點，此時如再加入蟲體，則幼蟲就不能存居下來，甚至造成大量死亡；若幼蟲可長大，則一些個體都會被迫遷出 (McLachlan, 1969)。

八、結 論

由此我們可以瞭解到底質是影響水生昆蟲豐度與分布的基本因子，並會直接對昆蟲的生存扮演著重要角色，但至今各因子之作用為何仍有待探討。因此在自然環境下做研究實驗，對於水生無脊椎動物是很重要的，特別是在生態學上尤為需要，不過為檢討單一因子之作用，各個別之試驗仍有待在控制條件下進行。在目前一些仍未能確定的情形下，唯一方法是由不同工作者在不同條件下來研究，以企圖找出其中關係；但無論怎樣，目前仍有許多尚無法解決的，例如：

- (1)對於生物種類之鑑定與命名，沒有確定或一致的方法。
- (2)要應付很大的變異種類。
- (3)缺乏標準化的量度標準，以供研究員普遍使用或辨別。

其實這不就也是我們今後努力的方向嗎？

參 考 文 獻

- 1 何鎧光、徐世傑 1977 台北區新店溪水生昆蟲之研究 省立博物科學年刊 20: 1-50。
- 2 貢穀紳 1978 內部解剖及生理 pp.124-128 昆蟲學上冊 國立中興大學農學院 台中 274 pp. + 58 pp. (索引)。
- 3 津田松苗 1962 水生昆蟲の生態 pp.207-245 水生昆蟲學 北隆館 269pp.
4. Anderson, N. H. and J. R. Sedell. 1979 Detritus processing by macroinvertebrates in stream ecosystem. Ann. Rev. Entomol. 24: 351-377.
5. Brundin, L. 1967 Insects and the problem of austral disjunctive distribution. Ann. Rev. Entomol. 12: 149-168.

6. Brusven, M. A. and K. V. Prather 1974 Influence of stream sediments on distribution of macrobenthos. *Journal of the Entomological Society of British Columbia* 71: 25-32.
7. Cummins, K. W. 1973 Trophic relations of aquatic insect. *Ann. Rev. Entomol.* 18: 183-206.
8. Egglshaw, H. J. 1968 The quantitative relationship between bottom fauna and plant detritus in streams of different calcium concentrations. *J. Appl. Ecol.* 5: 731-740.
9. Macan, T. T. 1974 Ecology of aquatic insects. *Ann. Rev. Entomol.* 7: 261-268.
10. Mackay, R. J. 1977 Behavior of *Pycnopsyche* (Trichoptera: Limnephilidae) on mineral substrates in laboratory streams. *Ecology* 58: 191-195.
11. McAuliffe, J. R. 1983 Competition, colonization patterns, and the disturbance in stream benthic communities, pp. 137-156. In: J. R. Barnes and G. W. Minshall (eds.). *Stream ecology: application and testing of general ecological theory*. Plenum Press, New York, N. Y. 399 pp.
12. McLachlan, A. J. 1974 Development of some lake ecosystems in Tropical Africa, with special reference to the invertebrates. *Biol. Rev.* 49(3): 365-397.
13. McLachlan, A. J. 1981 Interaction between insect larvae and tadpoles in tropical vain pools. *Ecol. Entomol.* 6: 175-182.
14. Minshall, G. W. 1984 Aquatic insect-substratum relationships. pp. 358-500. In: V. H. Resh and D. M. Rosenberg, (ed.). *The ecology of aquatic insects*. Praeger Publishers, N.Y. 625 pp.
15. Mispagel, M. E. 1981 Relation of oxygen consumption to size and temperature in desert arthropods. *Ecol. Entomol.* 6: 423-431.
16. Resh, V. H., K. H. Haag, and S. E. Neff. 1975 Community structure and diversity of caddisfly adults from the Salt River Kentucky. *Enviroment Entomology* 4(2): 241-253.
17. Shelly, T. E. 1979 The effect of rock size upon the distribution of species of Orthoclaadiinae (Chironomidae: Diptera) and *Baetic intercalaris* McDunnough (Baetidae: Ephemeroptera) *Ecd. Entomol.* 4: 95-100.
18. Waters, T. F. 1972 The drift of stream insects. *Ann. Rev. Entomol.* 17: 253-272.
19. Whitehead. H. 1935 An ecological study of the invertebrate fauna of a chalk stream near Great Driffield, Yorkshire, *J. Anim. Ecol.* 4: 58-78.
20. Williams, R. 1972 The abundance and biomass of the interstitial fauna of a graded series of shell-gravels in relation to the available space. *J. Anim. Ecol.* 41: 623-646.

鱒魚的孵化場

Robert Macklin and
Larry E. Harris
羅小玫 譯

自 1741 年 Stephen Ludwig Jacobi 於德國開始養殖鱒魚，迄今已有二百年的歷史。1869 年，美國的麻塞諸塞州成立了第一座公有的鱒魚孵化場，自此以後，孵化場在魚類經營上所扮演的角色，就一直受到爭議。曾有一度，政客們把魚類孵化場當做政治上的工具；而許多生物學家給予很低的評價，他們舉出很多例子，說明孵化場往往是在錯誤的情況下，將錯誤的魚種，放養於錯誤的地方。這些科學家提出警告，放養魚類並不能解決貧乏魚釣問題，魚類養殖專家就處在這種爭議的夾縫中。雖然他們處於科學家及政客們的反對意見下，但是仍繼續養殖魚類，他們相信若能適當地利用這些魚類，將可改善垂釣問題，他們也希望，即使有使用不當的情況，也不致於造成傷害。

隨著時間之演變，產生漁業經營這門科學，生物學家必須接受化學、物理學、生物學、生態學、魚類學、湖沼學和族群動態學等各方面的訓練，新的漁業科學家具有能力，能試驗並評估漁業經營方法。透過考驗，人們對於孵化場在漁業經營上所扮演的角色，亦逐漸了解，因此，當孵化場受到經營者重視的同時，它也肩負了更重要的責任和義務。

1940 年代後期，美國有鱒魚的溪流承受到空前的垂釣壓力，這種現象導致公有養殖場生產量的激增。就聯邦政府及州政府的努力規模來看，在 1971 年，聯邦政府擁有 95 所孵化場，支助 15 所州立孵化場，州政府轄下的孵化場亦約有 500 所。如果要計算全美的漁業養殖情形，則必須再加上 2,000 多座私人的孵化場。在 1973 年期間，聯邦政府和州政府所屬的孵化場，共生產約二億一千四百萬尾冷水性鱒魚，重達二千二百萬磅；其中放養魚苗一億二千八百萬尾。這些魚中有幾近 78 % 是屬於虹鱒 (Rainbow trout)，另有 22 % 則為棕鱒 (Brown trout)、溪鱒 (Brook trout)、Cutthroat、湖鱒 (Lake trout)、Kokanee 和 Coho salmon。聯邦政府和州政府的孵化場也生產了約一億尾暖水性魚類，其中的 90 % 是由稚魚期開始培育。1975 年的資料顯示私人的孵化場的總生產量二千七百萬磅，其中有二千萬磅可能經過加工處理，另外的七百萬磅則經由釣魚池而售出。

美國的鱒魚養殖，至今已有一百多年，目前的生產量顯然已能滿足大眾需求。但是到了2000年時，鱒魚預期需求量約達目前的兩倍。但願經由多年累積的經驗及最新發展而成的技術，養殖業能跟得上社會的需求。

放養計劃

鱒魚稚魚（1至3吋長）主要是放養在天然的湖泊或冷水性的水庫中。許多湖泊雖可提供理想的生長環境，但卻鮮能有讓其產卵之機會。經常性的放養措施，使得許多湖泊可以提供人們釣魚，若無以措施，亦無此可能。新形成的大型冷水性水庫是很好的垂釣場所，當水庫開始蓄水時，它的肥沃度正值顛峰期，而此時也鮮有大型魚類捕食稚魚，這些有利因子正可促進魚群加速生長；數年之後，這些水庫就需要放養較大的稚魚。

稚魚可放養於已被森林火災、淤泥堆積或污染所破壞過的溪流中。然而，一般而言，將稚魚放養於溪流中，在經濟效益上是不可行的，這是因為很少有稚魚會被釣魚者釣到。

在某些湖泊中，其良好的釣魚環境可經由以下的措施而達成，夏末、初秋之際，將接近捕收大小的鱒魚放養於湖中，讓其生長至可捕收之大小，當春天來臨，釣魚季節開始時即可提供釣魚之需。這些魚可以放養於那些能提供魚類生長良好和生存環境之湖泊中，但是很不幸地，這種湖泊的數目實在有限。

大量且持續的釣魚行為，使路旁溪流中鱒魚的數量減少很多，也因此導致「可捕獲性鱒魚放養計劃」的產生。為了要能提供令人滿意的魚群，必須定期（約每週一次）放養魚類至水域中，以滿足釣魚者的需求。某些地區的湖泊和溪流將只能在一年中的某一時期才能支持鱒魚之族群。對於可捕獲鱒魚的水域而言，也許它們最重要的特色，（卻是人們通常忽視的）就是釣魚者能從水域中所獲得的鱒魚數量，常高出自然生產量的數倍。

可捕獲性鱒魚的放養措施，在漁業養殖上造成了從所未有的爭論，大多數的釣魚者關心可垂釣的鱒魚，是因為它具有娛樂性而非是因為它是自然資源。基本上，有一部份釣魚人士，將放養計劃看成是一種可以釣到鱒魚的機會，並把這種收穫視成是花錢買釣魚執照的回報。另一小部份的人士，自認是真正的戶外釣魚者，他們主要的興趣是在於傳統性鱒魚垂釣方式。因此，他們不喜歡鱒魚放養計劃，很憤慨這筆可移做其他經營計劃的經費被利用於此。儘管如此，我們仍有充份理由相信，只要溪流或湖泊有道路可通達，就會有大而持久的垂釣壓力，進而導致野生鱒魚族群量的銳減。最後，大眾的壓力

會促成可捕獲性鱒魚放養計劃的產生。

釣魚者的收穫才是鱒魚生產和放養計劃成功與否的最終評定標準。培養高品質的魚，首先需謹慎地選擇種魚，將魚養在良好的環境下，並餵以均衡的餌料，這些都是確保放養後魚群生存所必須的措施。另一個常被忽略的措施，是必須選擇適當的鱒魚品系在溪流中放養，如果這個因素未能考慮，則可能導致放養的失敗。

野生品系的稚齡鱒魚其存活率往往較優於大多數飼養品系。研究報告指出在加利佛尼亞湖（California lake），由野生種魚所生的 Kamloop 鱒魚稚魚，比其他飼養的虹鱒品系有較強的生存力，不過飼養它們的費用亦較高。

放養在湖泊中的棕鱒，其最初的回收率要低於虹鱒，然而棕鱒可以連續收穫長達三年以上，而虹鱒則僅能在放養的最初數週內捕獲。從另一角度而言，某些在湖中飼養的棕鱒品系卻極難再捕收，回收利潤顯得微不足道，而且在大多數的實例中亦顯示，無論何種品系的棕鱒均不適合在河流中放養。

綜合而論，水質會決定放養魚類的大小和品種，對稚魚及接近可捕獲性鱒魚而言，棲息地的情況更重要。在一些垂釣壓力很大的水域，較小的魚無法維持垂釣之需求，因此，於這些水域中放養可捕獲的鱒魚以提供釣魚活動。

供水

水的供應情形是影響鱒魚養殖成敗的最重要物理因素。理想的情況下，水必須清潔，且全年水溫在 50 至 58°F（10 至 14.5°C）之間。水需稍帶鹼性，沒有任何不要的氣體，不過需有足夠的溶氧量，以供魚類呼吸之用。泉水及井水均已很接近這些標準。泉水和井水是最合於此種標準的水，其溫度適中變化不大，且未受到病原菌及污染的感染。在某些情況下，支流很多的河流、湖泊和水庫，也是合適的水源。孵化場必須建在比水源低的地點，方可使水流經該處。

目前適合孵化場需求的水源甚少，故應採取必要措施來改善水源問題。然而，每一項措施均要花費金錢，最後導致孵化場的經費過於龐大，而入不敷出。

如今適合孵化場使用的泉水已不多，故孵化場使用井水的機會越來越多。但是，抽水的花費是一明顯缺點，儘管如此，利用好的井水以供大量生產的孵化場，就經濟效益而言，仍比利用令人不滿意的地下水要好。

近年來水處理科技方面的進展，使得人類可以利用循環水流，來飼養大量的魚類（Fig. 1.）。循環水流主要的機制，包括去除水中氨、顆粒物質、二氧化碳和增加水中氧

氣量等因子，以改善水質狀況，促進魚類生長。爲了達到以上的目的，有三種基本方法常被使用，亦即生物性、化學性和物理性方法，在這之中以生物性的過濾最常被用於水產養殖上。機械性的過濾器則需較多的人力及照顧，且至目前爲止，移除污染物的效率過低。以化學藥劑調整水質是不適當的作法，因爲它對水棲生物往往是有毒的。只需約 5 % 的新鮮水，即可維持一座循環式的孵化場，而此新加入的水可經過過濾，並暴露於紫外線光下消毒。這種重新循環的系統將對於新鮮水的需求降低，使得過濾、消毒、加熱和冷卻等措施變成可行。

孵化場的設計

孵化場的首要目的是以最少可能的費用，提高魚產的品質，如此則需大量的生產，亦即在某一段時間內，需要有能處理大量魚群的設備，而且此設備要能有分大小魚體的能力。孵化場的結構必須要緻密，且要能提供一套平穩的作業流程，使得卵能孵化，直到長大可進行放養。以下是一座理想化且高生產量的孵化場所想採用的方法和標準。

孵化場整體建築，應包括販賣店、車庫、倉庫、儲冰庫、員工休息室和辦公室，以及一個與其他建築物分開的小孵化室。魚類飼料儲放區應要接近孵化池，如此可便利投餌運輸車和餌料運輸的工作。

工作區應鋪設瀝青或水泥，將維護費用降至最低。景觀上則應盡量避免種植草地，其地被植物應以不必經常除草之種類爲主，此外亦應有自動灑水車。

應避免贈送描述操作過程的宣傳小冊，人們常常是收下它們接着又將其任意丟棄，最後還得雇人將其清理乾淨。可考慮錄音帶解說系統，安置於適當地點，交由參觀者自行操作使用。

照顧和投餌

鱒魚卵孵化後，先予測量，再將其置於長方形的孵化器中，直到這些卵孵化，並成長至可自由游動的魚苗。魚卵與魚苗的容器則和有水的箱子相連。這種玻璃纖維的箱子均安放在鋁製的小型櫃槽內，這些箱子則經由滑動的方式而接近魚卵（ Fig. 2. ）。有些孵化場管理員喜歡將剛孵出的有眼魚苗立即放入孵化槽中。當魚在長出眼睛後即將其移出，不許其在孵化器內繼續孵化，如此可以增加孵化器內所維持的卵量。

當鱒魚魚苗開始能游泳時，可將其養在孵化槽中。標準的鋁製孵化槽長 16 呎，寬

16吋，高7½吋，其內是一斜坡，頭尾兩端高度相差1吋，當使用5吋的排水栓時，則其內容量是64加崙的水。鱒魚魚苗保存在槽內的時間，則視槽內空間及供水量而定。在魚苗尚未進食，而其軀體尚未骨化完全之前，將其安置在可以控制的孵化槽內，是很重要的措施。

鱒魚魚苗進食之後，就可置於泥土或水泥製成的水池或長方形水槽中。這種長形水槽長80呎，寬8呎，平均高度為2.5呎，其底部則由高端至低端，每10呎長降低1吋。水池則可分為飼養池及循環池。飼養池可說是一座沒有固定形狀的水區，大小不拘，有時則是以自然狀態存在。循環池則是一座環形水槽，池底向中央凹陷，凹陷處有一出水口，其大小形狀亦無一定，依孵化場的需要及地形而定。

養殖時應避免造成過度擁擠，在飼養池內所能飼養之魚群數量及重量依水溫和水流量而定。是否有過度擁擠的現象，可由魚浮在水面上游泳，魚鰭破損情形及魚體緩慢的成長速率而判定。

幼齡魚應與成魚分開，這是因為幼齡魚較易受到疾病感染之故。每條魚的生長速率亦各有不同，因此必須隨時將它們依體形大小區分等級。

當卵囊的營養被用完時，魚苗即開始攝食，此時期是鱒魚成長的敏感階段之一；如果稍有疏忽，將導致孵化場嚴重的損失，或是在養殖期中鱒魚的成長速率會降低；此時期必須全天都有食物的供應，當魚逐漸長大後，投餌次數也可減少，當魚長到可捕獲大小，每天僅需投餌兩、三次即可。

多數的鱒魚養殖者，均採用一種完全均衡的乾性餌料，其成分含高蛋白質及脂肪，可做為各年齡級與各種大小鱒魚的食物。餌料型式視鱒魚大小而定，在魚苗期為碎片，而當魚較大時，則改為不同等級的小球。

目前已有餵食流程和電腦程式等經營工具，可做為參考指南，但應視不同情況而稍有修正。當水溫增高時，任何大小的魚均需增加餵食量，而且這種餵食量亦需依據水中溶氧量而調整。

養殖水槽應盡量保持合理的整潔，通常每週清洗一次即可。生長在池壁的絲狀藻類，對養殖不致構成為害。通常只需降低水的深度以增加水速，魚類的擺動會將水中較輕的物質移至較低處，進而排出槽外。

設 備

孵化場的生產成本可區分為勞力費、餌料費、設備費、操作費及其他一切雜費。在

一個有效率且運轉順利的孵化場中，勞力花費幾乎佔總經費的 50 %，若使用機器不當，或稍不謹慎則勞力費可能還會更高。一個規劃良好的孵化場將可使機械之功能發揮到極至。新近發展出來的設備，若能使用得當，將可大幅降低槽式孵化場的勞力花費。

機械化的魚餌分配及投食機已被廣泛的使用，它們可定時自動開啓，每天依固定的間隔時間投餌，到晚上則自動關閉。

在槽式養殖池中適合大型稚魚及較大鱒魚的最佳投餌機，其裝置是將一個風扇置於三輪電車或拼裝車上（ Fig. 3. ），藉由風力將餌料平均分配到養殖池中。

機械化的集中器及分級器已被用於水泥池中處理魚群（ Fig. 4. ）。

開口渦形式收集邦浦將魚群抽至運輸卡車中。在進入卡車的管道中，魚和水均要通過柵欄，水及較小的鱒魚可穿過柵欄而回到養殖槽中，較大的魚則無法通過，它們經由一個斜坡而進入放養槽中。利用機械性的傳送帶，使魚進入放養槽中的方式，也很可行（ Fig. 5. ）。

我們可以預見未來數年間，在孵化場的規劃和設備上，將有重大的進展。孵化場的餵食系統會越趨自動化，供水將經由消毒而除去水中的病菌。只要孵化場首期的花費有了些微的降低，則消毒系統將是必須考慮的設備。爲了求得更經濟的效益，孵化場的記錄系統亦需步入電腦化。

選擇性育種

種魚群是孵化系統中最重要的部分，就如同野生鱒魚是人類漁業經營的資源，它們是孵化場的源頭。鱒魚收成的成功與否，端賴魚卵的品質而定，因爲魚苗是由魚卵所孵化而成。

選擇性育種措施，使得魚類的生長速率、每尾雌魚所產的卵數及卵的大小，均有顯著的增加。然而，魚種的繁殖與經營均需投注很大的心力。

許多性狀是可以遺傳的，而大多數的性狀又會受環境的影響。例如，無論魚的生長潛能有多高，若讓它生活在擁擠的空間內，或其無法得到足夠的食物，則其潛能將無法發揮。

當你作魚類育種時，若選擇的性狀越多，則任何一種性狀的進展就越慢。因此，在進行養殖計劃的規劃中，對於任何一種特性的價值，均需仔細評估。

近親交配不但可增強好的性狀，對於我們不希望有的性狀亦有相同的效果。因此，應謹慎避免兄妹、姊弟式的近親交配，因爲它會使後代失去遺傳活力。

疾 病

魚和卵運送方法的改進，已使得它們能作長距離的運輸。很不幸的是，這種現象卻使魚病擴展得更快速，而且某些疾病較之過去所見，更具毀滅性，某些情形更會造成近乎 100 % 的死亡率。一旦疾病在野生的魚群中繁衍下來，則將威脅野生魚類之族群，且使這種水域無法提供孵化場。即使是那些經由卵和魚感染，而不那麼嚴重的疾病，也會破壞孵化場的生產程序，並耗費成千上萬的金錢。既然風險是如此的大，我們將有病的魚或卵進行放養或運送時，應該非常小心謹慎。

結 論

一個適當經營和管理的魚類孵化場計劃，是一種強而有力的漁業經營工具。相反的，經營錯誤或是缺乏管理，則將會毀了漁業的經營。

美國州政府和聯邦政府的鱒魚孵化場，是藉由大眾購買執照的金錢而維持其運轉，並不能供應無限制的垂釣，而且這也不是他們的目標。他們只能在野生鱒魚族群和過度的垂釣壓力之間，提供一個緩衝，並給一般的釣魚者一個釣魚機會。現有的公立孵化場處於此壓力下，儘力配合有限的預算，去滿足大眾的需求。

魚類生產也應該可以自給自足，譬如，美國加利佛尼亞州的鱒魚政策（ California Trout Policy ），其部分內容如下：

除去稚魚部分外，鱒魚孵化計劃每年的經費不得超過從釣鱒魚者處所收到的執照費；……，而釣鱒魚者人數應是所有釣魚執照數目的二分之一，這樣的估計已執行 20 年了，如果這種比率有所改變，則需做適度之調整。

因為此一政策於 1960 年開始施行，因此，自鱒魚印花稅所得之金錢均用於稚魚生產以及其他鱒魚生產上，這樣的政策是具有相當的彈性，以應付人口的增加。

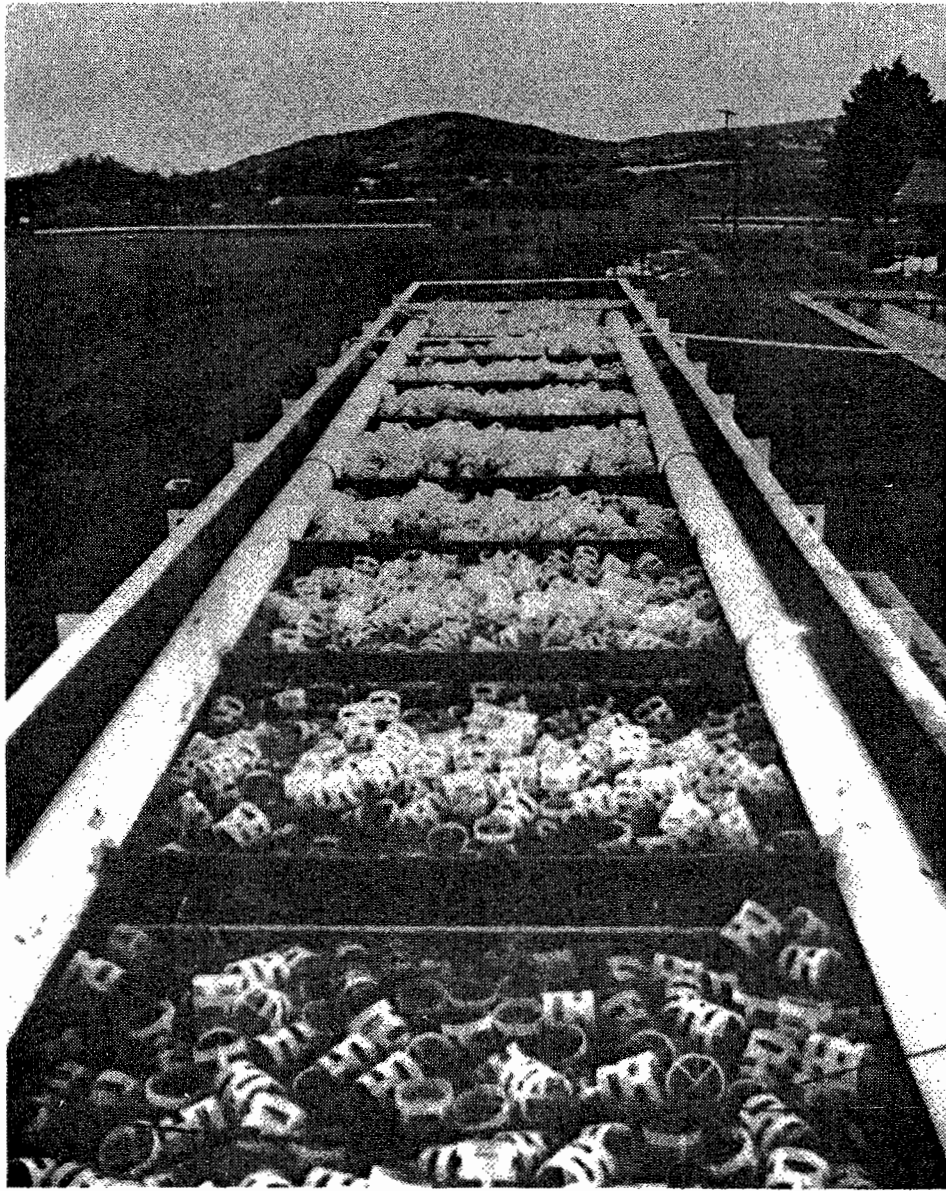
都市地區的大眾，要求官方在都市水源中，供應鱒魚，而其數目卻超出州政府或聯邦政府孵化場所能提供的量，這些水域可為很多釣魚者提供娛樂之需求。因此，州政府機構可就傳統性財政或考慮仰賴釣魚收費下，為這些水域提供釣魚所需之魚類而努力。在釣魚收費方面，參加釣魚者必須付出費用，以彌補設備及放養鱒魚的花費。如此的計劃在加州聖地牙哥市（ San Diego ）的 Murray Lake 進行的很成功。在自然生產的情況下，這個 150 公畝的水庫可提供每年約 7,000 人、天的釣魚，而在開始收費後的兩年內，

則即使開放垂釣期比原來的時期少了 $2/3$ ，參加的人卻增加到 50,000 人、天，而且漁獲量由 7,000 磅激增至 50,000 磅，這種運轉方式仍可收支平衡。Murray Lake 的成功並非獨一無二的，在南加州的另兩個水庫和四個密蘇里州政府經營的釣魚公園，也是相當的成功。

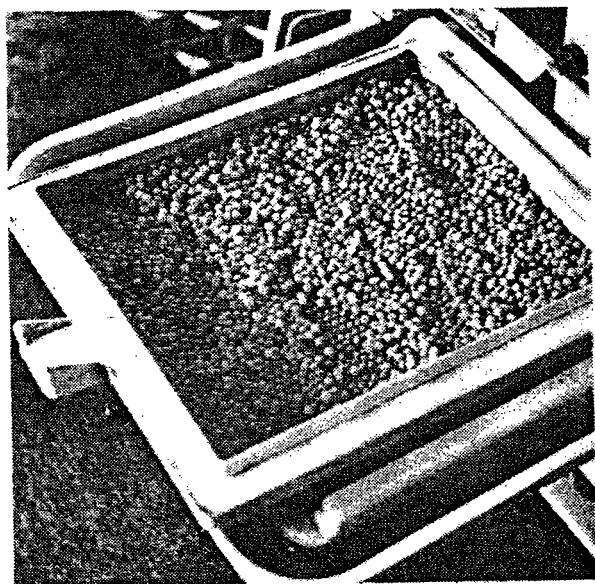
都市釣鱒活動幾乎與打高爾夫球和游泳一樣熱門，因此，執照的收入並不是適當的財務來源。這種執照費用於調節野生魚群的收穫量，並且保護與改善自然漁業的功能。可捕獲鱒魚的放養支持這種觀念，而都市鱒魚放養計劃卻無法執行。

在現有的程序發展下，都市地區很難有機會取得財源，而利用每天的釣魚收費做為娛樂性垂釣提供財政來源。都市的水域可交由市政府的機構經營，而魚則可購自私人孵化場。釣魚的機會只受到空間及大眾願意付錢買票的意願之限制。

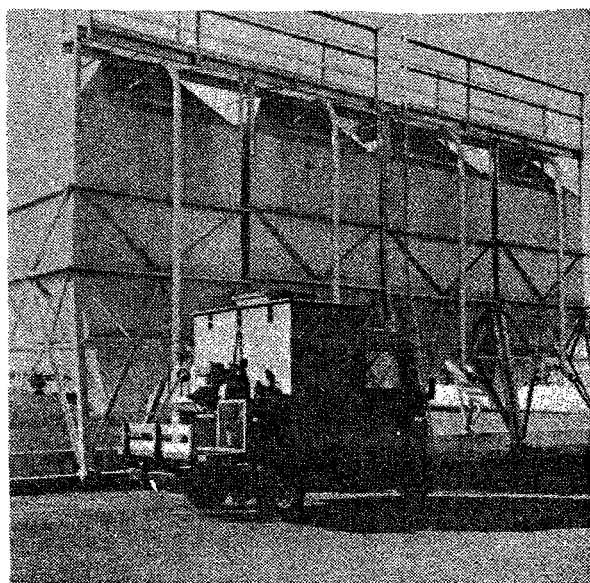
譯自 Robert Marklin and Larry E. Harris, 1979, Trout Hatcheries. In Richard D. T. and E. Deaker, ed. The Wildlife conservation—principles and practices. The Wildlife Society, U.S.A. 260-268.



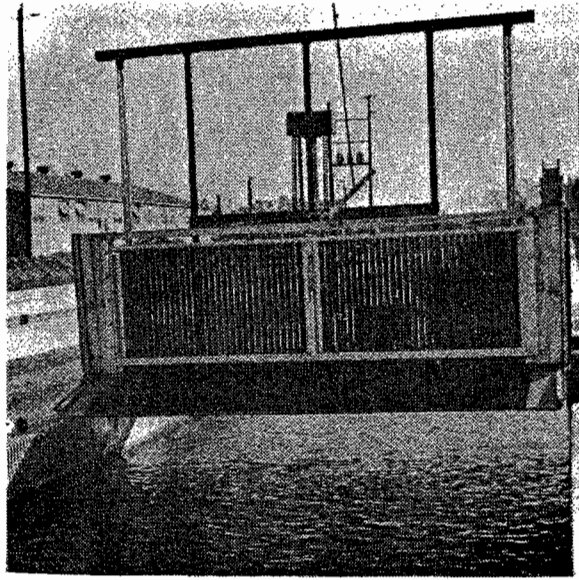
圖一 在再循環水中移除毒性代謝物的生物性過濾器



圖二 孵化器中裝滿魚卵的淺盤



圖三 架設在三輪機踏車上的吹風式飼料機注意在車後的大飼料箱



圖四 機械聚魚及分級器：當收入水中且沿河道的一端移動時，小魚可由柵欄中 1.5 吋的空間返回河道，大魚則捕捉準備運送



圖五 運輸機器之輸送帶捕捉魚類以運送

魚類疾病

Stanilas F. Snieszko,
Glenn L. Hoffman,
and Phillip E. Mcallister

金仕謙譯

魚類有各種因寄生蟲、病毒及異常生長等所引起的疾病。這個問題受到魚類養殖業者 (fish culturists)、病理學家、漁業資源管理局 (resource administrators)、公共衛生官員 (public health officials)、遊憩區經營者 (resort operators) 及業餘和職業的漁人所關切。也就是說，愈來愈多的人們依賴北美大量魚類資源的健全。

最近的統計顯示，美國境內約有一百個國立魚類孵育場 (National fish hatcheries)，五百個州立管理處 (state operations) 和一千二百個產銷中心。但鮮有孵育所能夠倖免於疾病的問題，而且疾病的發生在近幾年有增加的趨勢。我們現在面臨來自其他大陸之新的疾病的威脅，譬如：迴旋病 (Whirling disease) 這種會造成鱒魚和鮭魚殘廢或致死的病，在美國直到 1950 年代後期才發現。

每年在野外及孵育場內，因疾病所造成數以百萬計魚類的死亡和財務上的損失是難以估計的。

寄生性疾病

北美淡水魚的體表或體內，有一千種以上的寄生蟲寄生，其中某些種類對魚的傷害性非常大，甚至導致死亡；但有些種類所造成的傷害卻無法查覺。環境和魚類都會影響寄生蟲，使得寄生蟲在某些情形下是無害的；但在其他環境下卻可能具有相當的危險性。不良的孵育場或小養殖池會促進大量寄生蟲的繁殖和傳播，並常常會傷害到魚類。

顯然地，我們無法在此列舉所有的寄生蟲或加以詳盡的描述；有興趣者請參閱列舉在最後之附錄。以下列舉一些重要的寄生蟲：

一、藻類

細肋球藻屬 (Chlorella) 會大量寄生在小魚的鰓和內部器官。其它如鞭毛綠藻 (filamentous green alga) (Cladophora) 亦曾發現寄生在剛孵化的仔魚之鰓蓋。

二、黴菌

已知一種水黴屬 (*Saprolegnia*) 的水生菌類，是魚類最易感染的黴菌，常發現它和一些類似的種類一起寄生在受傷的魚。其它種的黴菌可能感染已死去的卵，包圍附近健康的卵，進而導致健康卵的死亡。

另一類重要的黴菌 — *Ichthyophonus* 它能感染海水魚類和淡水魚類的大部分組織，可能造成很大的傷害。

三、原蟲

大部分的單細胞 (通常在顯微鏡下可見的) 動物都可稱為魚類典型的寄生蟲；在此只提及最危險的幾類：

1. 大團藻病 “ Velvet disease ” [*Oodinium*] 是海水水族箱魚的嚴重問題。

2. 雙鞭錐蟲屬 (*Trypanoplasma*) [*Cryptobia*] 是一種發現於北美西部鮭魚之體腔和血液中的原蟲。

3. (*Ichthoboda*) [*Costia*] 即俗稱為 “ 藍黏液 ” (blue slime) 的魚類外寄生蟲病；它可能導致高密度孵化池中大量魚苗的死亡。

4. 六鞭毛蟲屬 (*Hexamita*) [*Octomitus*] 是屬於魚的腸道寄生蟲，與鱒魚的大量死亡有不可分的關係。

5. 魚蝨： (*Ich*) [*Ichthyophthirus* spp.] 是最危險的魚類寄生蟲之一；養殖業者常為這種潛伏在淡水魚類皮下，導致大量死亡的寄生蟲感到困擾。

6. *Chilodonella* 時常引起養殖魚類的嚴重疾病。

7. 捲毛蟲屬 [*Trichodina*] 及近似的種類會侵襲鱒魚、鱸魚、和其他的魚類，而且曾在孵育場造成嚴重的死亡率。

8. “ 迴旋病 ” (Whirling disease)，由 *Myxosoma cerebralis* 這種原蟲侵入鱒魚的軟骨所引起的疾病。需要比一般疾病更長的潛伏期，才能成熟被發覺；所以它能逐漸地自歐洲散佈到美國東部及西部。但專家們認為，這種嚴重的疾病能夠被控制。1970 年代早期，在內華達州國家魚類孵化場的養殖池中的 cutthroat trout 魚群發現此病後，即將設備完全消毒，並銷毀了近 75 萬的魚。很幸運地，在過去十年間這種病並未在美國傳播開。

四、吸蟲類 (扁平蠕蟲)

這是一種數量相當多的寄生性扁平蠕蟲，俗稱為吸蟲。

1 *Gyrodactylus* 是北美最值得注意而且最危險的寄生性蠕蟲。它擁有許多的“鉤”，作為其固著的器官。如果寄生在淡水魚的鰓和皮膚上蟲的數量夠多的話，對宿主會造成相當大的傷害，甚至導致死亡。

2 “血吸蟲”（blood fluke）〔*Sanguinicola*〕對魚造成非常大的傷害。傷害發生於幼蟲孵化後，自鰓鑽出時。

3 被囊尾幼蟲態的吸蟲。以幼蟲的型式生活於魚體內，且經常形成或大或小的囊胞。

五、條蟲和線蟲

在魚的腸內可能有條蟲的成蟲，在其它器官或肌肉內則可能有幼蟲。它的中間宿主通常是橈腳類（甲殼動物）或其它的魚類。寄生於腸內時，祇造成些微的傷害，但裂頭條蟲中的 *Bothriocephalus gowkongensis* 對鯉科的魚類卻是例外。此類幼蟲通常都是有害的，特別是鱸魚類的條蟲及鮭魚的 *Diphyllbothrium sebago* 蟲。

寄生性的線蟲經常以相當大的數量存在，而且包括了成蟲和幼蟲。某些擁有許多刺的頭狀物者，會將其刺鉤頭刺入寄主的腸道組織內，造成極大的傷害。某些小魚，特別是用來做餌的鱒魚和裝飾用的小魚，可能因體腔內有大量之 *Eustrongylides* 幼蟲而致死。

六、水 蛭

大量的水蛭會傷害到魚類，而且經由傷口傳染其它的疾病。它們也是血鞭毛蟲—錐蟲（*Trypanosoma*）和雙鞭錐蟲（*Trypanoplasma*）的媒介。

七、魚 蝨

寄生性的橈腳類有時以蠕蟲樣的外形出現。像 *Lernaea cyprinacea* 這種最危險的固著性寄生蟲，它有固著在魚兒組織內之叉狀頭部，並使得傷口時常受到細菌、黴菌和藻類等的感染。當此寄生蟲大量寄生時，將會造成死亡。鱒魚的鰓和鰭“蝨”（*Salmincola*）可能會造成傷害，特別是遭嚴重感染時。

八、細 菌

無論是野生或人工養殖的魚類，都有許多因細菌引起的疾病。而淡水和海水養殖業擴展的主要障礙，便是細菌性的疾病。利用免疫的方法來控制這類疾病，已經獲得相當

可觀的成就。

1. 癰瘡病 (*Furunculosis*) 是由 *Aeromonas salmonicida* 所引起的，是淡水和海水養殖鮭魚之非常嚴重的疾病。

2. 細菌性出血性敗血症或自發性 *Aeromonas* 敗血症是一種遍布全球的病症，以淡水魚為主，由 *Aeromonas hydrophila* (*A. punctata*) 所引起。

3. 偽單胞藻性敗血症 (*Pseudomonas septicemia*) 是由 *Pseudomonas fluorescens* 引起。寄生的主要對象是淡水魚和溫水魚，當魚處於緊張的情形下，此病常發生。

4. 弧菌病 (*Vibriosis*) 主要是發生在海水養殖魚類，但是也會發生於海洋中。它是由 *Vibrio anguillarum* 所引起，與癰瘡病非常相似，所以常被稱作海水癰瘡病。

5. 紅口病 (*Enteric redmouth disease*) 原本僅限於西北部山區，現在卻遍布北美和其它的國家，這是由 *Yersinia ruckeri* (最近才定名) 所引起的一種淡水鮭魚類的疾病。特點是嘴部糜爛，對孵化場有極大的威脅。

6. 瘡瘍病 (*Edwardsiella septicemia*) 是由腸內細菌 *Edwardsiella tarda* 所引起，是一種北美和亞洲地區淡水及溫水魚養殖的疾病。

7. 黏液菌病 (*Myxobacteriosis*) 是溫水及冷水區的淡水與海水魚類疾病，範圍遍布全世界，經常分為 (*Columnaris disease*)，冷水病 (*Cold-water disease*)，鹽水黏液菌病 (*Saltwater myxobacteriosis*) 和鰓病 (*Gill disease*) 等，是養殖魚業的一大危害。某些品系具有毒性、高傳染性；但其他的則顯然地是因魚類處在強大壓力下所造成的。

8. 巴斯德桿菌病 (*Pasteurellosis*) 是溫水魚類處在海洋及河口環境下之主要的敗血性疾病。它是由 *Pasteurella piscicida* 所引起，曾於 1963 年廣泛地流行在 Chesapeake Bay 的 White perch 和 Striped bass，常見於日本的海水水產養殖，而且具有破壞性。

9. 細菌性腎臟病是北美養殖鮭魚最重要的疾病之一。這是一種慢性疾病，特徵是臟器有時或在真皮中有肉芽腫樣的病變。魚感染後復原的機會很低。

10. 分枝桿菌病 (*Mycobacteriosis*) [魚結核病 (*Fish tuberculosis*)] 屬淡水魚和海洋生物及養殖魚類的一種疾病。除非是暴露在受感染的食物，否則此種病罕見於鮭魚；但有時見於鯉科的魚；相當常見於野生的熱帶海水魚，並造成裝飾用及水族箱內魚的疾病問題。這些細菌對人類也有病原性，人類可從裝飾用的魚或游泳的水塘中感染。

九、病 毒

在野生和養殖魚類中，已經分出許多病毒和類病毒。主要都與疾病有關 (McAllister 1978)。

被視為嚴重的病毒性疾病如下：

1 傳染性胰壞死 (Infectious pancreatic necrosis) [IPN] 影響鱒魚及鮭魚的幼魚；曾有報告指出此病遍布全世界。

2 傳染性造血的壞死 (Infectious hematopoietic necrosis) [IHN] 。主要發生在北美太平洋西北部地區，影響年幼的鮭魚。IHN 的名稱現在被用於兩種早先被認為不同的疾病——Oregon sockeye virus 病和薩克拉曼多河契努克病毒病 (Sacramento River chinookvirus) 。

3 鯰魚病毒 (Channel catfish virus) [CCV] 病僅發生在北美，以美國東南部及西南部為主；此病僅限於感染四個月齡以下的鯰魚。

4 影響年幼虹鱒之鮭類的疱疹病毒 (Herpesvirus salmonis disease) 。這種病只發生在美國局部的地區，在日本也有相似的病症發生。

5 Golden shiner virus [GSV] 病發生在美國東南及中西部。

6 病毒出血性敗血症 (Viral hemorrhagic septicemia) [VHS] 主要影響虹鱒，而且所有的年齡群都很容易感染。僅在歐洲有過報告，但聯邦法令曾明令預防這種疾病傳入美國。

7 鯉魚春季病毒血病 (Spring viremia of carp) [SVC] 發生在東、西歐洲大部分的國家。任何年齡的鯉魚都易感染。聯邦法令亦曾明令預防 SVC 傳入美國。

8 Pike fry rhabdovirus [PFR] 至少在西歐的四個國家發生，美國聯邦法令亦下令預防該病的傳入。

上述的這些疾病都可能會引起相當高的死亡率，而且遭到感染的魚會將病毒散布到環境之中。感染後倖免而活下來的魚，會成為病毒的帶原者，再傳染給下一代新生的魚。利用某些適當的控制方法，可能將病毒性疾病的潛在發病機會降至最低：(1)魚卵及其子代必須來自經證明為沒有感染的種魚；(2)健康的魚卵和孵化場的消毒計劃不可中斷；(3)保護孵化用的水源，不能雜有其他的魚類；(4)排除增加生理壓力的環境和管理上的因子。在未來，病毒性的疾病可能採用免疫的方法加以控制。

魚病的控制

1 治療

黴菌、原蟲和線蟲通常能以藥浴控制。魚蝨 “ Ich ” 則因藥物無法達到蟲體在皮下寄生的部位，而較難防治。扁蟲最好的控制方法是用殺軟體動物的藥物或其他方法來減少蝸牛的族群量。條蟲可能以適當的化學藥劑自魚的腸道排除。化學藥劑也可用於殺死幼蟲期的魚蝨（橈腳類）。

細菌性的魚病也可用數種外用消毒劑、磺胺藥、抗生素和肤腠藥治療。現在正努力地從食品藥物管理局獲得使用治療疾病之化學藥劑的許可證；這是一項花錢費時，但爲了安全而必須採行的措施。

一旦孵育所發生嚴重的疾病，則必須(1)消滅所有的魚和(2)消毒所有的設備。

2 預防

對於魚病是預防勝於治療。已被感染的魚或它們的卵，不可運往沒有該種疾病發生的地方。保護魚兒免於受到因擁擠、水污染或粗略的操作所引起的壓力也是重要的。

用免疫的方法來抵抗魚類的細菌性疾病是可能的，但尚未達到實際的應用的階段。因爲必須抓著魚注射抗原，而且抗體生成的速度又很慢。將鱒魚完全浸入鹽水後再浸入含被殺死的弧菌或赤口病菌的水中，可獲得良好的效果。另一種抵抗魚病可行的方法就是發展對疾病有抗性的品系。

州、聯邦和私人企業經農業部的協調合作，已策劃一種類似家畜事業所採用之系統中更仔細檢查計劃。

以下是專家所提議的有關魚病控制的方法：

- 1 以具權威的立法程序，建立國際間魚病的控制計劃。
- 2 擴大魚病的研究和化學藥品的登記。
- 3 改善診斷的技術和魚類檢驗的工作。
- 4 善用我們所擁有的防治知識。
- 5 魚類事業的每一階層都能通力合作。

參考文獻

McAllister, P. E., 1978. Viruses and virus infections of fish. In H. Fraenkel-Conrat and R. R. Wagner, eds. Comprehensive virology, Vol. 14. Plenum Press, New York (in press).

附 錄

Amalcher, E., 1970. Textbook of fish diseases (translated and updated by D. A. Conroy and R. L. Herman). T.F.H. Publications, Inc., Neptune City, New Jersey. 302 pp.

Bullock, G. L., D. A. Conroy, and S. F. Snieszko., 1971. Bacterial diseases of fishes, Book 2A in Diseases of fishes edited by S. F. Snieszko and H. R. Axelrod. T.F.H. Publications, Neptune City, New Jersey. 151 pp.

Van Dujin, C. 1973. Diseases of fishes. 3rd ed. Charles Thomas, publisher. Springfield, Illinois. 372 pp.
Fish Health Section, American Fisheries Society, editors. 1975. Suggested procedures for the detection and identification of certain infectious.

譯自 S. F. Snieszko, G. L. Hoffman, and P. E. McAllister, 1979, Fish Diseases. In Richard D. T. and E. Deaker, ed. The Wildlife Conservation—principles and practices. The Wildlife Society, U.S.A. 269-274.

漁業經營原理

W. Harry Everhart

羅小玫 譯

定 義

漁業經營是利用人類所有的知識，以找出最適當的魚產量（Optimum yield），滿足娛樂性的垂釣活動或商業性的生產。這個定義特別強調漁業經營的兩個基本原理：第一、需參酌人類現在所有知識；第二、採用最適生產量而非最大生產量。

特別的挑戰

要達到漁業資源的最佳經營，漁業學者必需有足夠的知識背景，以體認其他行業及專家學者所提供的相關知識。漁業經營是一門綜合性的學科，我們不可能每件事都懂，但我們必須有足夠的知識，判斷我們需要那方面的幫助，我們並可由其他統計學家、化學家、工程師、物理學家和經濟學家等處取得所需的知識。

漁業學家之訓練，並無標準之模式，我們並不能提供完美之教育背景。不斷激增的科學資料，使得未來漁業問題必須經由各行各業的專家們，以團隊的方式共同解決。譬如，水質專家必須在化學分析方面，擁有相當的知識和經驗，方可協助決定何種水域適於魚類生存，以及最適合那一種魚生存。

對漁業學家和其從業者而言，跟得上本行或其他專業新知的發展，是一項重大的挑戰。從事漁業的工作者，必須持續而定期的追求新知。自然資源機構亦必須將持續的教育視成是其責任。除非我們能妥善利用所有已知的一切知識，來解決資源問題，否則我們是無法找到最好的解決之道。

因為人們要求最適生產量而非最大生產量，導致漁業問題愈趨複雜。漁業學者不但要致力生產，且要洞悉民衆的好惡，以求和諧。舉例來說，釣魚者想釣鱒魚，對鯉魚置之不屑；自然的情況下，水域的最佳利用可能是有大群的小型魚類，但釣魚者卻稱這些

魚爲「廢物」。事實上，釣魚者只是希望能有足以誇人的戰利品。雖然這些魚可能不合乎生物學的經濟原則，或僅只是廢物而已。而在商業性的漁業方面，消費者的喜好也是捉摸不定的。有人盼望買到某些魚種，可勉強接受另一種魚，或完全拒絕其他種類。也許某人能生吞牡蠣，卻絕口不食鱈魚，其理由是鱈魚有觸鬚般的腹鰭。所以，漁業經營的基本原理是生產人們可接受的最適生產量，而非最大生產量。

自然資源經營（包括漁業），須以棲息地及其居住者間相互關係爲基礎，而此種相互關係，人們通常稱之爲生態體系（ecosystem）。無論如何稱呼，我們必須將所有的生物以及整個宇宙，看成是一完整的生態綜合體。但假如考慮的情況，只涵蓋幾哩有鱒魚的溪流、小水池、或一小段海灣，則你將失去整體的外貌。

漁業經營的許多決策，至今尚無可遵循的公式、指南、或規則。這種現象亦可見於國際間簽定的漁業公約，或是各地釣魚協會決定溪流所放養鱒魚的大小上。因此，漁業學者就如同所有的自然資源經營者一樣，很難做取捨，少有例外。

限制因子

限制因子爲物理性與生物性的複雜體系提供了調整和平衡的功能。譬如，某些雌魚一生能生產數百萬個卵，但是，控制這驚人繁殖潛能的限制因子是什麼呢？爲了食物而競爭、成長率的降低、成熟時間的延後、以及排卵量的降低等因素，均可能交互作用於生物體，防止族群的過度膨脹。其他限制因子，包括生物生活史中的某些敏感期，水中之鹽度、溶氧量、溫度、空間、競爭、天敵、疾病及寄生蟲，以及水域的總生產量（total productivity）等。漁業經營計畫的成功，無疑的是取決於確認限制因子之存在，以及排定限制因子間適當的優先次序。

舉例而言，某種魚群需要潔淨的水與砂礫，以爲產卵及孵卵之用；此外，長達一年的育幼期亦需要有以粗礫鋪設底層的育幼場所，以達到保護及生產水生昆蟲爲食物。爲發電目的而建的高位水壩擁有廣大的集水池，會使產卵及育幼場所淹沒，因此可建造一個人工產卵水道，使魚群可在此產卵，但是產卵水道卻無法提供足夠的育幼空間。因此，育幼場即成爲一限制因子。某些人建議，只需將可捕獲的鱒魚，引進集水區域，如此即可排除這兩個危險階段。至此，要能提供大量的魚群，不足的魚類養殖設備或財力，即成爲限制因子。最後，倘若其他的限制因子均已解決，漁業經營者可能會發現，集水池的本質或其最終生產量（final productivity），將成爲魚類族群的限制因子。因此，在你了解有許多種因子會影響生物體，以及各因子間相互作用之後，將能更容易了解並支

持生物學者對長期研究計畫的修正。

污染也可能是一個限制因子，魚群的大量死亡、惡臭、有色的污水、固體懸浮物或沉澱物和水質味道的改變等等現象，都是污染的顯著結果。更危險的卻是那些在次級致死濃度即有作用的污染物，雖然次級致死濃度不會導致大量魚類的死亡，但它卻會抑制魚類的生長；使魚卵不具活性，則精子將無法與之受精；甚至這種污染物造成魚類無法擁有足夠的能量，使其進行產卵必須的行為，或是準備一個適當的巢穴。次級致死污染物很難測定並證實。

族羣經營

我們對於區別族群和亞族群的能力愈熟悉，則我們的漁業經營將愈有效率，因為漁業是以族群或亞族群為單位。人們經常不斷地改變週遭環境，因此找出能適應不同環境及有特殊需要的魚種，是很重要的事情。譬如在奧勒岡州（Oregon）有兩種明顯不同的鮭魚族群。甲魚群產卵期是在九月中旬至十一月十日，而乙魚群則是十二月六日至次年一月中旬。甲、乙魚群的產卵地亦有不同，甲魚群選擇溪流或岸邊產卵，而乙魚群僅在岸邊。因此，由於族群各具特徵，可用來代替水溫之差異，以及相關的水生棲息地。

雖然所有的狗都屬同種，但在特殊情形下，則有各種不同的品種，以應特殊需要。魚類亦然，所有虹鱒（rainbow trout）都是同種，但是我們無法期望在同一孵化場孵出的虹鱒，在各種大小的湖泊和河流，以及各種化學與物理情況不同的水域中，均能有相同的適應性。

在進行魚種及亞種階段的經營工作時，需要有精確且特殊的族群辨認方法。魚類行為是辨認魚群的極佳方式。我們可用魚的產卵期、移動情形、遷徙路線、求偶行為，或覆卵行為而辨識它們。生物學家早已利用魚類在鱗片和鰭條數的差異，來分別各個族群；魚群的年齡組成和族群的週期性消長，也可用於判斷；血型也是一條線索；甚至，魚體上的特殊疾病及寄生蟲的發生與否，亦是一種指標。

孵化場繁殖的魚

雖然養殖漁業以冷水性魚類為主，但是我們仍有需要對其孵化場的角色有更廣泛的了解。尤其是溫水性魚類（亦即除了鯪魚及鱒魚外的魚類養殖），及公、私有孵化場之角色，更是重要。

1974年的公有孵化場政策，共制定了31條建議事項，其中一條指出：州政府對於其轄區有完全經營權，並提供財力的責任以放養魚群。其餘30條的建議也很重要，任何對漁業經營管理有興趣的團體都應擁有這一份資料。

對於可捕獲的鱒魚放養計畫在此不多談，但是利用這種方式以提供釣魚的原理則必須加以改善，如今迫切需要的是合乎經濟的生產、分配及收穫方法。而擁擠的垂釣現象及放養計畫對自然族群的影響都是需要解決的問題。

其他畜牧業已能配合我們的需要，供應所需要的動物產品，而魚類養殖無疑地也能供應人類所需的漁產。遺傳學家能幫助人們，培育出更能適應快速環境變遷的新品種魚類，以供娛樂及商業之用。

目前魚類的養殖技術已有新的發展，但其擴展速度卻很慢。將魚群養殖在一合乎經濟原則的供水及空間之封閉箱中；譬如鯰魚是以箱網養殖，如此則有利餵食及捕收之效率。另外循環供水的方式降低對自然水源的依賴，並提供標準化且經過殺菌的水源與標準的魚類生產量。雖然魚類營養專家在乾性餌料有長足的進展，但是，要能達到供應更好的魚類，以提供人類所需，則需要有更好的研究方可。

棲息地的改變

人們可對棲息地造成重大的改變，有好的，亦有壞的結果。漁業經營者為了改善魚類的棲息環境，已發展出許多技術，例如：

(1)放置大型人工魚礁在淡水湖泊及近海中，魚礁的材料可由小圓石和可動的物體或特別鑄成的固體物質，以增加魚類的躲避場所以及額外的食物來源。

(2)以產卵槽代替被破壞或不能使用的產卵區域。

(3)以適當毒物除去不想要的魚類，保持生態平衡，使得有用的魚類與漁民獲利。

(4)控制水草的狀況。

(5)施肥及人工補充養分。

(6)在溪流中採用各種不同設計的水池，以提供遮蔽物，增加水流速度，並將淤泥洗掉。

(7)提高湖泊及水庫的通氣狀況，並使水流循環，以控制水溫及漁業經營狀況，適合漁民及其他遊憩活動者的需要。

最後，漁業從事者必須了解如何提高民衆的興趣，並對一般大眾之需求有更深一層的體認。譬如，我們必須了解，民衆在表達對於問題的了解，或體認這個問題，並進而

採取行動去解決它，這兩種態度上之差異。污染處處都有，每個人都可能看到、嗅到、嚐到、感覺到並聽到，雖然堆積如山的報告，描畫出各種恐怖的命運，將降臨在人類的環境和人類自己身上，但是依然無法喚起大眾的害怕，進而減少污染物的產生。將自然資源經營中的知識，傳達給社會大眾了解，並促其採取正面之行動，必須成為自然資源經營者生活的一部份。

參考書目

1. Bardach, J. E., J. H. Ryther, and W. O. McLarney, 1972. Agriculture. The farming and husbandry of freshwater and marine organisms. Wiley Interscience, New York. 868 pp.
2. Calhoun, A. et al, 1974. Report of the national task force for public fish hatchery policy. Task Force Rept., U. S. Fish and Wildlife Service. 295 pp.
3. Everhart, W. H., A. W. Eipper, and W. D. Youngs, 1975. Principles of fishery science. Cornell University Press, Ithaca, New York. 288 pp.

譯自 W. Harry Everhart, 1979, Fishery Management Principles, In Richard D.T. and E. Deaker, ed. The Wildlife Conservation—principles and practices. The Wildlife Society, U.S.A. 234-237.

河川棲地的管理

Ray J. White

梁世雄 林曜松 譯

適當的棲息環境是維持河川中垂釣性魚類，如鮭魚、鱒魚、鱒魚和鯢魚等數量豐富的必要條件，棲地的不合適是無法滿足魚釣最普遍且主要的原因。

基本上，溪流棲息環境的經營管理就是對溪流的形狀和其中物質作處理，使得溪流環境更適於一種或多種魚類的生存，並使他們的數量增加。溪流管理乃主要探討魚類生活的物理條件，包括水生環境因子、溫度和河岸林相的結構，而並非企圖去改變河川之化學或單純的營養狀態。

經營溪流棲地的目的通常在於提供更多高品質的釣魚機會（為瀕臨絕滅之魚類提供良好的居留地，則是另一種目的）。品味較高的釣者，並不只是單純的尋覓和捕捉魚類，也同時在追求一個優美的環境，所以經營管理時，應兼顧陸地和水域的天然美景，儘量避免人工修飾。

一般而言，實施垂釣性魚類棲息地管理最迫切的需要是在缺乏足夠的水深及河內隱蔽（in-Stream cover）的小溪流內，維持中度至高度的生產力。多數人或許忽略一些僅有1～10公尺寬、深僅及膝的河流，但經過適當管理後，這些小溪每單位面積垂釣性魚類的生產量，却較大河川為高，小河川的棲地環境在許多方面均較大河川脆弱，但管理上却容易得多。

廣義的河川棲地管理包括：

1. 棲地保護——預防棲地品質降低和數量減少，特別是因為人類和家畜所造成者。
2. 棲地復健——將已受人類濫用或其他傷害的環境恢復原狀。
3. 棲地增加——開闢比自然所能產生更多的棲地。
4. 棲地維持——特別是對於自然生態體系不能負荷的新闢棲地，迫切需要人類持續的維持與加強。

“沒有管理就是最好的管理”在某些情況下是一句名言。與改變河流、河道、採礦、林業、高速公路、農業、工業及都市發展等有關的純粹的保護，可能是很好的保育策略。就復健和加強棲地而言，限制行為是一項重要的措施。曾有一個河道復健事件，由

於施工過度，造成浪費與環境破壞，雖然這是由於人類造成的損害，極需加以援助，但事實上，自然界本身也有足夠復原的能力。雖然人類應停止像阻礙魚類遷移之開路或建壩。不過地下水道和漁類通路則應屬棲地重建的特殊論題。

在有些情況，隨其自然，不加以人為協助或引導而任其發展，則其進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：稱為植物演替的自然現象，自小河邊的高草地和菅茅（Sedges）演替到會覆蓋河流之河岸森林。這種現象不僅使較矮小的河岸植物遭受破壞，也使植物所形成的掩蔽效果減少，河川也向兩側侵蝕，造成河寬加大，河深減小，無法成為較大型魚類的良好居留地。所以在垂釣性魚類盛產期，常需設法遏止這種植物的演替現象。

通常經營管理的重點集中於河岸、河床、溪流及兩旁林相，但現在我們必須把注意力擴大至更廣大的陸地及水域區的經營上，這些事項諸如減緩河川泥沙冲刷的速率，或穩定溪流流速與水道的總流量等。維持適當流速對魚類棲地是相當重要的，調整水的化學組成使魚類在生理上更適合生存，也是一種棲地管理方式，這種方式通常也包括如何減輕污染。

有一些非棲地管理範圍的事件，如提高溪流生產力、直接餵養溪中魚類、或去除捕食我們希求魚種的魚類以及其競爭的對手等，雖然這些事件都屬於環境處理（且和溪流生態系有極密切的關係），但是它們基本上是包含了食物供給和食物網間的關係，並不包含棲息環境，然而改善魚類棲地也會改善這些魚類食用生物的棲息環境。

另在棲地管理領域之外的措施，如建造道路、停車位置、野餐設備和指示標誌等，都是整個休閒區發展的一部份，這些與魚類棲地管理並無任何關連，但若施工不良或做得過多，也會傷害魚類的棲息地，管理者常為這種並不提供合適，但挪用財源的事件感到困擾。

我們在河川棲地管理上已不再使用“整治溪流”（Stream improvement）這名詞，因它常常被水利工程師濫用於排水渠道、矯正河道、排除暗樁、築壩等，破壞魚類棲息地之計劃上。事實上，重建或減緩因工程對河道所造成的傷害，仍是棲地管理事項中的重點。

發展史

北美洲魚類棲地管理計劃肇始於1930年代，主要的原因是在蕭條的時代，政府為了提供人民工作的機會。但是由於政府對魚類、溪流或釣者需要之了解不夠，做了過多

且不適當的工作，因之 40 年後，棲地消失、風景破壞及人力浪費的案例，仍然可以明顯地見到。

另一改造溪流棲地的高潮發生在二次大戰後，在公衆壓力之下，保育機構率先開始做了許多輕率且缺少生物背景之工程。1950 年代，開始使用電魚來估計魚類數量的方法，並與估計釣者漁獲的“魚類普查”法（Creel census）結合，可評估棲地管理前後漁業和魚類的改善狀況。

1960 年代時，完成了許多有關鱒魚族群對棲地管理計劃之反應報告，利用加深溪流深度和增多遮蔽，使鱒魚數量大增，爲了要去除無效或有害的方法，發展有利的行動和選擇更適宜的河川作管理，研究人員更提出許多建議。

這樣的建議，和改良的建築技術結合在一起，造成今日的棲地管理，較諸 20 年前有更堅實的基礎。近代對溪流魚類生態學和管理之研究乃是從概略估計族群進步，到以研究單一魚種的微棲地需求（microhabitat），以及棲地與魚類社會行爲關係，這些研究資料促使棲地改善工作有了較精緻的調整。

多數河川棲地管理都是與鱒魚和鮭魚之利益有關，本文主要探討此類魚種的相關工作，當然其中許多資料也適用於鱸魚、鯰魚和其他魚類的棲地管理上，不過對這些魚的一些更詳細的方法，却仍需有進一步的發展。

物理性和生物性原則

棲地經營者應對生態系統有全盤瞭解，特別是水流與河道形狀的關係、溪流和河旁林相的生態關係及魚類和其他動物的生活史與生態知識。

改善生活環境使魚類生存率、成長率及生殖率獲得改善，以致於魚類數量增加。只是提供魚類能夠忍受的生活環境是不夠的，更要能提供最適宜的生活環境，經由這種方法才能繁衍出繁茂的族群。

鱒魚族群的基本需求列表如下：

結構性棲地之要求	非結構性棲地之要求	非棲地需求
生活空間 躲避敵害 （遮蔽） 避開急流之避難處 洄游路線（爲某幾種鱒魚） 產卵所需之砂礫河床	適宜的水溫 適宜的化學物濃度 （溶解礦物質和氣體）	食物 有其他或同類生物存在

以上條件若無法達到適合的程度，魚之數量便會減少，所有的因素皆相互影響，有些較其他因素更只有直接的影響。

和魚有直接關係的溪流特徵，包括水深、流速、河床物質、及可躲藏的遮蔽所。明顯地，魚類無法生存於低於其身體高度的淺水域中，這種事實常在引水問題的妥協中被忽略。

水深和流速形式的多樣性是很重要的，很多小魚包括體型較大魚種之幼年魚，依賴淺且流速慢的水域維生，某些魚喜歡較淺但流速快的急流，大型魚類則多生存於較深區域，部份魚則生活於水流較急的水潭或水流中，也有生存於流速較慢的水潭中。

河床物質的變化多端，可提供各種不同魚類的產卵地和不同餌料生物的棲息地，河床的平整或粗糙均會影響水流速度。

如果河床中缺少躲避掠食者的地方，則將只有很少數的垂釣性魚類可長期生活於河川中，白晝時，如果水中缺少遮蔽物，魚類除了作短時間的衝刺外，很少進入此區域。水域中大都缺少遮蔽，特別是可掩藏大型魚的覆蓋，所以創造更多遮蔽場所是棲地管理的重點。

水的深度只能對空中掠食者形成掩蔽作用，而無法阻止來自水中的敵人，較深的水域具有視覺遮蔽作用，在小溪流及大河流中，河上面及側面的掩蔽場所是支撐足量垂釣性魚類的必備條件。自然界河川中較普遍的遮蔽，如石塊暗礁、圓石、木頭、水生植物和其雜草樹叢及成團樹根的河岸內凹部份（ undercut bank ）。

鱒魚喜歡靠近河床且掩入水中的遮蔽，遮蔽物和河床距離間的深度宜較魚身高度略高，這段空間在白天時愈黑暗愈能吸引鱒魚，近河床愈大的隱蔽物愈能造成可躲藏的黑暗空間。

除了頂部的遮蔽外，緊接河床、河岸或物體邊緣之流速緩慢地帶是很重要的，鱒魚在休息或受驚嚇時，會緊靠在木頭或河岸之側面，以尋求保護。

鱒魚喜歡隱藏在緩流之上方，但靠近急流地區，這樣可以保存其能量，且又有最好的食物供給，因急流在每單位時間內可帶來較多的飄浮生物，以提供最佳食物來源。

曲折較多的溪流比起直流，更可以滿足魚類棲息地之需求，溪流中的魚必定是在曲折的河川中，演化出適應的特徵，而這種曲折的水流狀況正是自然界的特徵。所謂曲折，即所有的流動物質依一種特殊傾斜方式（正弦曲線），作有規律彎曲路線的運動，多數或所有河川均是曲折的，只要時間夠長，河川的侵蝕作用會使河川曲折，部份河川河道卻缺乏一般所謂的曲折現象，現在瞭解這只是暫時的脫離常軌，也就是說正常河流的侵蝕作用會克服此點。落木與落石暫時會破壞河川的曲折，但侵蝕作用卻會緩慢地使河川

回復原有的曲度。

在我們加速恢復河川曲度時，魚類之棲地也同時被改變，而曲度愈大即表示可作為魚類棲地的河川長度增加。

自然河川的空間（寬度、深度、曲度半徑等）隨河流而異，也隨同一河流之支流而不同，主要隨流量大小而異，特別是在滿水或更高水位時，空間改變最大。另一方面，不論任何大小的溪流，它們的河寬與曲度及河寬與曲徑波長的比率是固定的，任何處理，譬如欲使河道變直，則將迫使上述的特質徹底改變，同時極易引起物理性或生物性之大變動。

溪流的垂直波動，和其水平曲徑有同步化的現象，在許多河川中，水潭—急流—水潭交互排列（Pool-riffle-pool sequence）即為一例，水潭多存於河道彎曲時之外側（如受阻礙時也可能在其他位置），而急流多發生於曲度改變的轉換處或二個河道彎曲位置間的曲折點。在轉折處形成的水潭和因木材及岩石大量累積而轉向的溪流，這二處的深度提供了大型魚類之遮蔽，而湍流的重要功能在於提供鮭、鱒類的產卵場地。

管理上的設計與施行

棲地管理必須針對各河川的個別狀況作設計，但是某些管理原理，如生物及物理作用，對所有河川而言均是類似的，但是各河川的每一段均有其特徵、需要和潛能。

以下的幾個步驟便是欲分別或解決在河川棲地管理中的問題，這和其他生物經營管理，如醫學或農藥問題很相似。

1. 要有一個明確的目標——這包含計劃的哲理、目的和方向。
2. 檢查——取得生活於溪流、河川中魚類和漁業的全年和各季資料，可使用 Binns 和 Eiserman 的方法取得棲地品質評估資料（Habitat quality index (HQI)）。
3. 診斷——分析資料與環境特質，決定何者為限制因子（如果沒有發現任何重要的問題，便在此停止）。
4. 設定目標——由計劃目標及預算來決定應克服何項限制因子。
5. 指示——為達到目標而選擇管理方法。
6. 計劃——就管理方法設計流程和程序。
7. 組織——執行預算並安排資源、設備及勞力。
8. 處理——實行管理措施。
9. 評估——決定計劃是否有價值和在未來能否將相同的工作做得更完美。

10.維持——定期檢查和持續。

目標、檢查和診斷甚易被忽略，未經事前的預備工作而盲目的使用科技管理方法，將造成浪費甚至棲地破壞。

設計和管理應小心地自各個層面來考慮溪流的特質與有關傳統的垂釣方式。稀有及瀕臨絕種的動植物更應予以特別的照顧。

人 員

職業性漁業管理的生態學者應該與對野外工作與設備有經驗的棲地管理人士合作，以實施前述計劃中第1～6個步驟。由棲地管理者負責經營管理的執行及事後的維護，生態學者則負責經營管理後之評估工作。

訓練有素的雇員比志願工作者來得有效率且可靠，但無論如何，溪流棲地的經營管理工作可引起年輕人士及保育團體對資源的注意，而現階段所需的便是管理方針的指導和質量控制。

管理目標和方法

提供更多的生存空間和遮蔽

保存天然遮蔽物，如下凹河岸、矮草叢、水側野草、大石、水潭和水生植物是很重要的，湍流—水潭交互出現的型態是維持曲折河道的必須條件。

加深河道和提供遮蔽的結構，可加速受破壞溪流之復健，或增強較差河流之負荷能力，溪流改向設計在坡度緩和或中度陡峭的河流都是有效的，以交替方式改變河向，可加速或重建河流曲度，若再配合遮蔽物，如懸垂物或石頭縫的空間效果將更佳。同樣地，在被溪流冲刷河岸的彎曲處，其外側之護岸具有暗礁或堆積較鬆的岩石（亂石），均可提供魚類遮蔽。這類河岸遮蔽物可以和河流改向設計共同或單獨使用。在冲積河流，河流的改向和護岸更能導引溪流方向以使人們獲利。

低矮壩可使用於急峻的溪流，但對平緩的河流不利，壩的位置應盡可能不要造成溪水聚集，而溢落的水柱卻常會造成一陷落的水潭。

河川中的高水位力量（highwater force）愈大，愈需要重建河道，在大或陡峭的溪流，大石頭似乎是唯一自然生成的牢固物質，在容易冲刷小石頭的位置，使用半徑幾公尺

的大石頭便能有效地發生作用。在大且急峻河流的關鍵位置，使用大石聯結成幾個護岸，以使整條河流形成單一曲折、較窄且深的河道，是一種很好的方法。在某些河川中，以爆破河川方式來增加水潭，也有助於溯河性魚類的洄游。

直接阻擾水流的構造會堆積碎物，且對河川產生不良的阻擋或使之改道。設計較低的壩（在基準流高 30 公分以內），有助於減少因洪水帶來的災害，相反的，護堤通常會被植物覆蓋，因此要比較高些才有效，以片狀堆積而成的牆或鐵線做成之蛇籠，看來不但人工化而且只能提供少許之掩蔽。

大規模的整理河道，如河流改向、護堤和矮壩，每公里要花費一至二萬美元，此外，每平方公里還須幾百美元之維護費用。較便宜的替代方式是在河川中使用貫穿河床的物質，這是一種半片木頭的掩蔽物（half-log covert）。這種方法簡單而且遮蔽物可以完全浸入水中，首先將木頭縱向剖開，與水流流向平行排列，間隔窄小，再以鐵棒固定於河床。其他花費不多的河中掩蔽物設計，包括將樹叢切條成線狀固定，將大石頭散置在河床上，木塊、殘株或整株樹繫在河流曲折處的外側河岸。

植物的經營花費很少，就能提供遮蔽，但也可以加深加寬河道，溪流兩側低矮的植物，可提供許多魚類的躲藏位置，但也會阻擋飄流的淤泥，使其形成具有黏性如稻草根似的河岸物質。砍掉會產生陰影的樹木，或由放牧的覓食作用控制灌叢的生長，可使有利於河岸的植物順利成長，但如是為了防止森林或樹叢之形成而覆蓋河流，則不需要將兩岸之樹木和樹叢完全移去。

改善生殖棲地

除非是因為缺少魚類的生殖棲地而成為族群限制因子，或者此棲地有明顯能促進魚類生殖功能，否則我們不宜去改善魚類生殖或（及）護育場所，由於每一尾雌魚都可生產很多的卵，只要有少數魚成功的生產便可提供足夠子代數目，所以河川中常有許多剩餘的幼魚。因此，魚類族群生存的瓶頸是因為較大的幼魚缺乏適宜的遮蔽。在有鱒魚的溪流中有極佳產卵場和遮蔽，但其生活空間每年也只能提供百分之二至五的孵化幼魚活存九個月，這種情形即使將孵卵場數目減少，幼魚數量仍大略維持相同。

一條溪流若缺乏足夠的產卵場，以供應各成熟階段的魚類之需求，則我們就應提供空間、遮蔽和食物之補充，改善現有的礫石河床，要比引進新的礫石要好些。這種改良常常是重建型河道和遮蔽的副作用。若礫石太少，則可搬運礫石，以造成急流，但其費用卻非常昂貴，人工湍流必須置於天然河道中會產生急流的位置，否則將被沖失，而且

如果水流速度太慢，則此湍流還會因淤泥而受阻。

一種“湍流篩濾”(riffle-sifter)機器，可使用於有鱒魚的溪流中，以沖刷礫石上的淤泥，在使用初期可增加四倍仔魚量，但其效果並未長到足夠抵銷開支。擁有水閘以控制水流的人工產卵河道，可增加太平洋鮭仔魚的生產，但對鱒魚並不見得合適。

改善水溫

溫度問題不單單要考慮到春或夏季的高溫，也應包含冬季的過度低溫。如果水溫在任何時間對我們所要的魚類都不適合，則將不會有長期留在該地的魚群，但是河流中某些遷徙魚類仍然可以利用該溪流。許多河川的全年溫度都在魚類可容忍範圍之內，但因為夏季和冬季的溫度在其最適宜範圍之外，魚雖然可以成長、生存，但情況不佳。

溪流溫度可以經由去除水壩或增加水量而降低，水量的來源可來自地下水源或蓄水池，但後者必須由適宜水溫層排放，當水壩的建設無法排放冷水時，放置簡單的“歐思瓦基”管(Olszewski tubes)也有功效。

改善水溫是河道變窄這類河川管理的副效益之一，但其效果比我們所預期的低。在某些河川內，管理者以砍除樹叢的方式，以提高溫度進而促進魚類生長。

改善流量

消除特別快速或緩慢的水流，尤其是後者，可得到長遠的利益，於低水位期(low-flow period)時，增加流量(如增加基本流量，或在枯水期增加水流量)，不僅可以為魚群創造更高的水深和空間，而且使水中遮蔽位置增加。改善產卵河床，也可改變溫度，進而增加魚類食物之產量。

在一個因為灌溉、發電或其他用途而排水的區域，要維持河川的水流常有相當大的壓力，許多的證據顯示基本流量愈小，則魚類愈少，而固定的水流是鱒魚棲地的最主要條件。農業、森林工業和其他型的土地使用，可以調整其使用頻度，以可能造成的洪水，或可增大基本流。

任何系統能加強雨水的吸收能力，而不讓水自表面流失，便可增加地下水量及春天時水量。為了穩定水流可以建造和(或)調節貯水池，內華達山(Sierra Nevada mt.)藉以維持水流的小貯水區，便是一例。

水獺和流棲地經營管理

水獺對魚類棲地的影響，就如同是一名河道形狀、溪流速度、水溫、沉澱和兩側植物的控制者，在魚類生活空間較少和夏季水溫太冷的小山澗溪流，水獺池會形成深且平靜的水潭，有助於當地鱒魚族群。在河川下游的水獺池常對鱒魚之生存有害。它們的壩會加長河川長度，以致於減低流速，在數年之內累積的淤泥也會破壞河岸植物，使下游區域水溫過熱（或在冬天過冷），水獺壩也會限制魚類的洄游。

對魚類有利的地區，則可增加這類水獺的族群，而在具有破壞之處，則可以陷阱捕捉以去除它們，破壞它們的壩，重建河道。

維護已改善的部分

如果要使河川中之改善區域永遠維持運轉，維護是必須的，經營過的河流在一年內必須做幾次調查，在春季高水量和其他洪水期後更應如此，生殖季開始前應對做為生殖場的貯水區及有妨礙之處作檢查。

避免樹木和樹叢之過度遮蔽或灌叢破壞溪流的各種改進措施，控制溪側植物是其關鍵，防範家畜之圍籬，亦應隨時注意其良好情況。

結果如何？

傳統上，河川棲地之經營管理，常在較小型坡度平緩、有穩定水流、有礫石、有中高肥沃度的河川中施行成功，特殊的方法施用於坡度峻陡、滿佈岩石且易氾濫的河川，也為人類提供了利益。在過去有十多條河川，曾有過數年的河川改善計劃，其結果幾乎都顯示鱒魚的族群數量在增加。

在威斯康辛州的小溪中，曾大量使用河流改向設計和人工河岸遮蔽物的方式，使河寬變窄、深度增加，使得魚類數量和釣者的漁獲亦增加。儘管釣者使用率和捕獲量的增加，但單位區域內之野生鱒魚重量還是增加了2~3倍，其中大型鱒魚的數量增加最多，這種情況對釣魚的人來說，具有高度的吸引力。

在一條遮蔽物很少的溪流中，以縱向六公尺間隔放置單一半木塊（Single half-log），使得體長25公分甚至更大的野生鱒魚族群在前後三年內，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 11 倍。

去除溪側樹木和樹叢，使低矮河岸植物得以生長，而改善河道之方式，會使鱒魚數量顯著的增加。用圍籬隔絕家畜接近放牧過度的溪流，當地的植物便會再生，而創造適合鱒魚生存的棲地，此種做法已有令人滿意的結果。

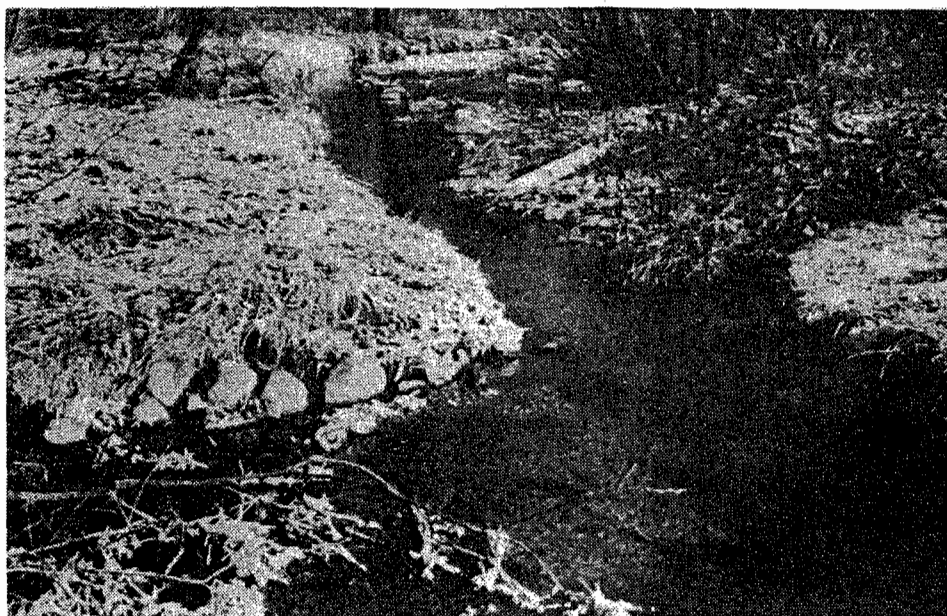
在此應再次強調，一般而言，應用於平緩低地沖積型小河川之方法非常有效，但並不一定適用於峻陡、多岩石的溪流，不過，這些經營的特殊方法，確能顯著地改善鱒魚的族群。

已有良好規畫並施行良好之鱒魚棲地經營管理中，即使這種管理包括花費最昂貴的溪流重建計劃，我們可以預期的是其費用將遠比經由河川中產生更多且較大之魚類，和增加高品質之垂釣機會等回收要大得多。

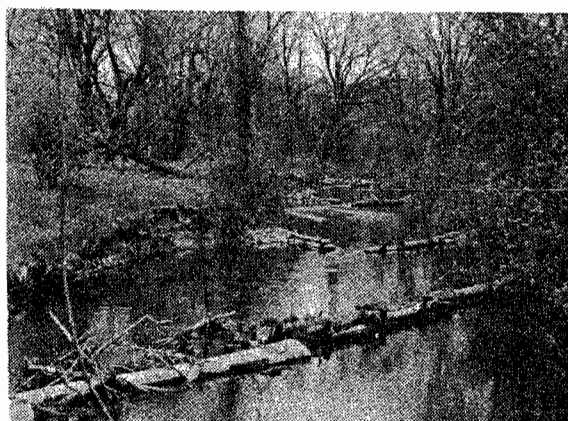
參考文獻

1. Binns, N. A., and F. M. Eiserman. 1979. Quantification of fluvial trout habitat in Wyoming. Trans. Am. Fish. Soc. 108 pp.
2. Hunt, R. L. 1977. In-stream enhancement of trout habitat. Pages 19-27 in Ken Hashagen, ed. National symposium on wild trout management. California Trout, Inc., San Francisco. 69 pp.
3. Orsborn, J. F., and C. H. Allman, eds. 1976. In-stream flow needs. Proceeding of a symposium at Boise, Idaho. Am. Fish. Soc. Bethesda, Maryland. Vol. I: 551 pp.; Vol. II: 657 pp.
4. Pechlaner, R. 1975. Eutrophication and restoration of lakes receiving nutrients from diffuse sources only. Verh. Internat. Verein. Limnol. 19: 1272-1278.
5. White, R. J. 1975. In-stream mangement for wild trout. Pages 48-58 in W. King, ed. Wild trout management. Trout Unlimited, Denver. (Table 1 of the paper, summarizing all long-term evaluations of trout habitat management to that date, was omitted in printing but is available from author.) 103 pp.
6. _____, and O. M. Brynildson. 1967. Guidelines for management of trout stream habitat in Wisconsin. Wis. Dept. Nat. Res. Tech. Bull. 39. 65 pp. (Out of print.)

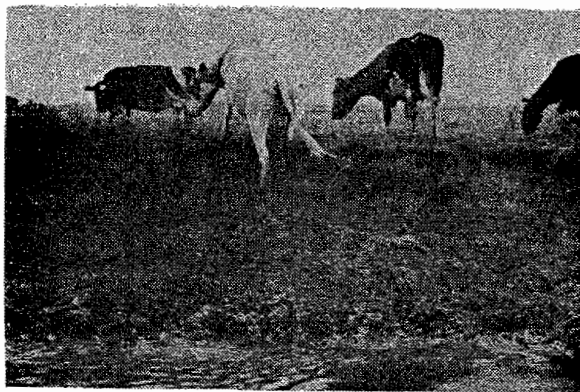
譯自 Ray J. White, 1979, Stream Habitat Management. In Richard D. T. and E. Deaker, ed. The Wildlife Conservation—principles and practices. The Wildlife Society, U.S.A. 241-250.



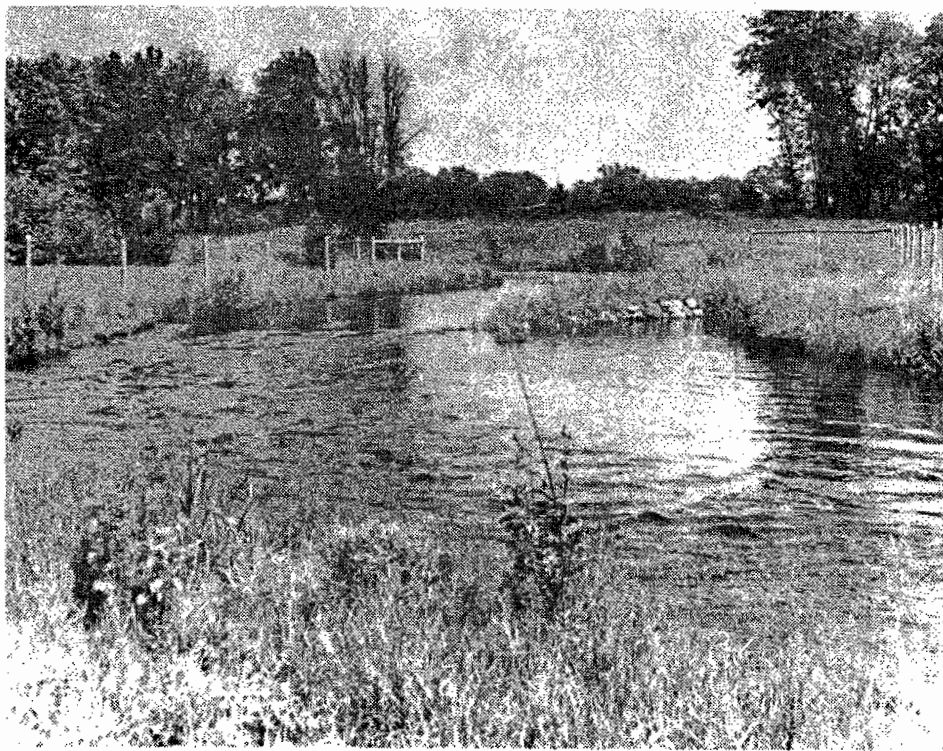
圖一 砂質底層的小溪上游以木樁和厚板為底，鋪以石塊及草坪的長形結構，使河道變窄、加深、鱒魚可在河岸懸垂樹叢下躲藏，下游有護堤，可略形成蜿蜒曲度，原來的溪流寬是赤楊（右側）的基部至樹（左側）的基部



圖二 V—壩，注意直接沖擊河岸的高水位，將沖蝕河岸拓寬



圖三 溪流沿岸的放牧行爲，將破壞提供魚類遮蔽的懸垂樹聚和植被



圖四 威斯康辛中部多碎石且盛產褐鱒的溪流棲地管理，河岸柵欄使家畜遠離遮蔽植物，護堤（右側）和沿岸遮蔽（左側）

環境污染——對魚類及野生動物管理之影響

Dean E. Arnold
王立言譯

環境污染，以及大家對此問題的關心，已經給魚類及野生物經營帶來了強烈的衝擊。這類衝擊可以分成兩方面：(一)對動植物的直接影響；(二)對那些以野生動植物為工作對象的學者專家的影響。

污染可以直接殺死動物，影響它們的食物來源，使其棲息地不堪居住，或者經由其他較不易察覺的方式，如干擾它們的生殖系統。植物常常不被列入“野生物”的範圍內，但是大部份的魚類及野生物經營人員卻不這麼認為，因為植物不僅覆蓋著大地，也提供動物的食物；而植物也是污染的受害者。

人類——污染的基本元素

人類毫無疑問是污染的根本原因。隨著人口及個人所得的增長，垃圾的成長速度也愈來愈快。此外，我們還不斷投資生產許多新產物，這些產物和它們的副產品到最後都會進入自然界中，可是我們對它們的影響卻還一知半解。我們花在瞭解及控制污染的精力常不能和製造污染的能力並駕齊驅，同時，人類自己也逐漸變成一種污染；以往我們為了遠離人羣就會走向公園或湖邊，現在這些遊憩場所的人潮愈來愈多，這種情形在大都市尤其嚴重，每個人一到了戶外，就發現自己身陷擁擠的人潮中；人越多，每個人（尤其是野外活動者）就越難以逃脫或忽視這種人潮污染。而當人潮的問題不是那麼明顯時，嚴重的資源污染就會應運而生，因為要解決人潮污染勢必需要更大的開發。

有一個和野生動物有關的問題案例；就是在冰河及黃石兩大國家公園裏熊的處境問題。幾年來，在黃石公園及其它地方，遊客常違規地餵食黑熊，給管理人員帶來很多困擾。還有另一種「餵食」的行為也十分普遍：露營的人在營區附近堆置垃圾，然後眼睜睜地看著熊把垃圾吃掉；這種「餵食」行為會對熊造成傷害，甚至導致死亡。這些事件引起了對於公園、遊客、及熊之間關係的重新討論、衡量。從某個角度來看，應該致力控制「問題熊」，但是另一方人士卻強烈反對，他們認為過度控制可能導致熊的絕跡，

而公園應該是擔負起野生動物保育責任的機構。不過，兩方面的人士都認為，熊的數量一增加，遊客和熊的接觸機會也就多了，隨之而起的就是愈來愈多的嚴重問題。

下水道污水

讓我們回到較傳統的污染問題吧。首先，先看看下水道的污水問題，污水是奇怪的東西、我們很難對它下定義，因為它的成份每天都在變，來源不同成份就不一樣；而對某些生物而言，污水可能無害，甚至還有很大的益處。除了傳播疾病以外，污水的不良影響通常都是間接的。污水中的有機物分解時，會消耗大量氧氣，而大部份的水生動物的需氧量都在百萬分之四到五（4~5 ppm）以上。受嚴重污染的水中，因為大量有機物分解，或者是由於養分過多引起水生植物的大量增殖，使溶氧量跌到標準以下，水生動物也就難以存活；不論是自然的原因或是人為的控制，一旦這些水生動物死亡後，它們的殘骸也會被分解，而耗盡水中的氧氣。

幸運的是，我們有辦法控制溶氧量及水生植物增殖的問題，雖然有些情況需要花費大批的金錢與人力。在幼魚孵化池的情形，就是使用簡單的方法而能解決問題的一個例子。在孵化池中，水草蔓生，白天由於光合作用，所以溶氧量很高，到了夜間，氧氣卻會被大量水草的呼吸作用消耗掉。但是只要晚上在池邊安置燈光，水草就可以製造出足夠自己呼吸的氧氣，因此溶氧量就不會在一天中有大幅度的變動。在某些情形下，過多的養分可能不會滋生水草，而滋生了微小的單細胞或帶纖毛的藻類植物。這些藻類同樣會影響溶氧量，也像水草一樣阻塞水道，同時更會產生其它的問題。它們常會使水域變成像豌豆湯般的一灘黃水，或是形成一團團的墊子浮在水面，又臭又難看。最容易在污水中滋長的就是藍綠藻，它們不僅形成令人掩鼻的浮渣，最近的研究報告也指出藍綠藻對許多動物都有毒性。這些藻類不但排擠掉魚類的餌料生物而影響到魚類的族群，同時野生動物一旦喝下含有藍綠藻的水後，就會致病甚至死亡。

在各地區農場排放的污水常夾帶著牲畜的排泄物或多餘的肥料所產生的養分。這些農場排出的污水對生物的影響與家畜污水是一樣的。

土壤沖失

土壤的流失常造成另一種型式的污染：淤土和污泥。這些流失的土壤淤塞了池塘和水庫，因而改變了水生棲息環境。污泥會影響魚類的繁殖；因為水中的污泥會阻塞魚卵

的呼吸，而且底層會被淤泥填平，使得魚類難以找到適當的產卵地。在一些案例中，就需要使用龐大的攔沙設施，以維護良好的釣魚環境。造紙廠和礦產精煉廠所排出來的廢物，沉澱在水域底層，使得魚卵和魚類賴以為食的微生物呼吸困難。

淤泥有時會給野生動物帶來不尋常而又有趣的影響，埃及的阿斯萬大壩（Aswan High Dam）即是一例。幾世紀以來，尼羅河挾著富含養分的泥沙，注入地中海；每當河水泛濫時，泥沙就沖積到尼羅河流域的肥沃平原上。但是大壩建成後，這種養分的供應就中斷了；因為不再有泛濫，泥沙都堆積在水庫底部。這種情形帶來嚴重的雙重影響；不僅沖積平原農作物減產，在河口的魚類族群也急速衰減，因為這些魚類以浮游生物為食，而浮游生物又需要河水泛濫帶下來的大量養分以維生。

殺蟲劑

殺蟲劑對環境的影響，是最被廣泛研究的污染問題之一，尤其是那些不易分解的葯劑如 DDT（現在已禁用了）等。殺蟲劑的葯性常會使某些生物的生殖機能異常。研究報告指出，殺蟲劑干擾了鷹、鶚等猛禽的卵殼形成過程，使得卵殼在胚胎未發育完成以前就破碎了。因為殺蟲劑會積聚在脂肪中，而仔魚的卵黃囊中充滿了脂肪，當仔魚孵化後就開始吸收卵黃囊裏的脂肪，所以就被其中的殺蟲劑殺死。

和猛禽類的例子一樣，水生食物鏈的最高層掠食者，如鮭魚和鱒魚，最易表現出殺蟲劑的毒性效果，有時毒物含量不合標準就會被禁售。這是因為在食物鏈中物質有濃縮效應；放射性同位素、水銀、鋅、殺蟲劑的濃縮效應都是嚴重的問題。

濃縮效應的發生是因為食物鏈中任一階層的生物都要攝食許許多多比它低一層的生物。如果被捕食者的體內含有無法排出的物質；這些物質就會堆積到掠食者體內（圖一）。而因為這些污染物通常都只堆積在某些特定的器官，所以暫時的解決方法就是只取食低含量的部位。有一個漁場管理的例子就是銀鱒（Coho Salmon）。這種魚以前號稱為大湖漁場的救星，它締造了龐大的釣魚場所，也帶動了密西根西部的經濟景氣。正當這種情形愈炒愈熱時，聯邦及州管理局卻開始縮減銀鱒罐頭的貿易輸出，因為它們的 DDT 含量超過法定標準。雖然 DDT 的污染情形已經減輕，釣魚活動也還繼續下去，但是更令人沮喪的事件發生了。最近，人們注意力又轉移到銀鱒體內超含量的工業產品—PCB。

• PCB 除了影響到銀鱒的食用價值外，它們嚴重障礙了魚類的生殖，而影響孵化場的生產。

熱污染

另一個問題現在已成為熱門的研究課題，就是熱污染；蒸氣動力的發電廠排放出來的冷卻水常會造成熱污染。局部地區熱量釋放最可能導致的結果就是提高當地的生物產量；但這並非好現象，因為增加的生產量很可能是由水草、綠藻、藍綠藻大量增殖所產生的，這些水生植物已經在許多水域惹了不少麻煩。溫水及豐富的食物引來某些魚，但大都不是受歡迎的種類。

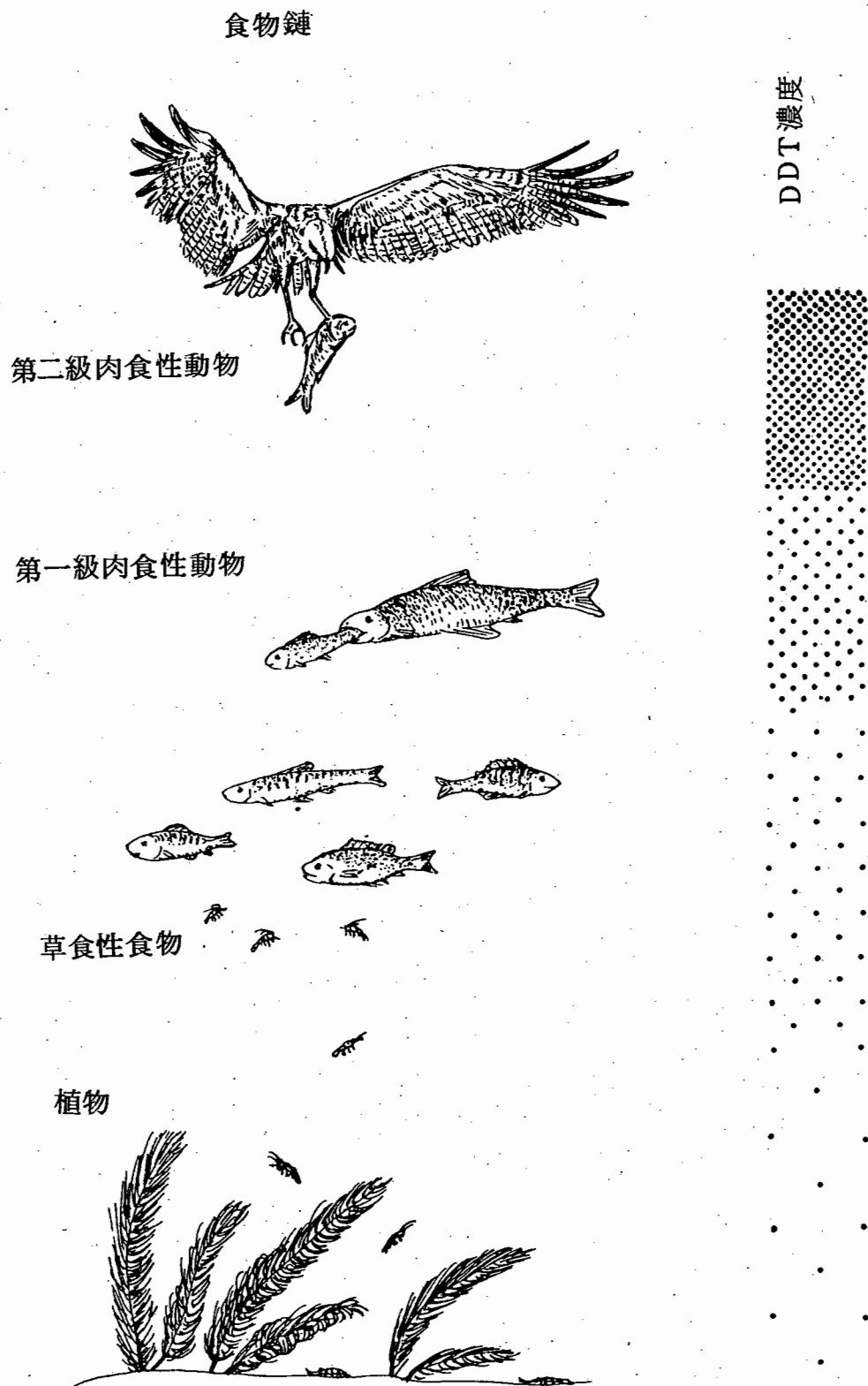
有關於冷卻水對動物與植物的影響，仍有些問題待討論，在排放管中大部份生物都會被殺死，而它們的殘骸卻提供了足夠養分，使生產量大幅增加，超過這些殘骸本身的數量。有可能某些種類會被殺死，有些則不然，這就造成了區域性水生羣落結構的改變。即使那些生物並不經過排放管，而區域性的溫度升高，會推動天擇的過程，改變當地生物群落社會中的優勢種類。這一過程的發生可能是由於溫度的不適應，直接影響生物生存或者由於間接的作用使生長、行為，產卵、及卵的發育受干擾而影響生物的存活。另外，含氧量降低（溫水的含氧量比冷水低），對人工或天然毒素的敏感度提高，也使生物難以生存。一般說來，我們可以下三個結論：(1)大量熱能釋放的種種效應，是不受歡迎的；(2)這些熱能可能直接影響到生態環境；(3)即使沒有直接的影響，多餘的熱量也會加速其它污染過程的進行。

爲了減輕釋放熱能的影響，許多發電廠現在都建了巨型的冷卻塔。這些冷卻塔不僅是種「視覺污染」，我們也懷疑它所產生的雲霧會影響到陸域生態系。冷卻塔的另一個副作用（以及其它來源的雲霧），就是酸雨現象。硫、氮、及其它化合物釋放到空中，和水氣作用形成酸。這些酸隨著雨水降落地面時，就會對植物和天然水域造成嚴重的影響。

有許多其它的污染都是亟待研究的課題。有些污染相當地怵目驚心，如石油溢流；有些就不那麼顯眼，如輻射污染及大部份的空氣污染。空氣污染對環境的影響通常都是長效性的，使環境漸漸地變得不再適合生物生存。有時，空氣污染會長期地影響到生物的健康、行為、或生殖。

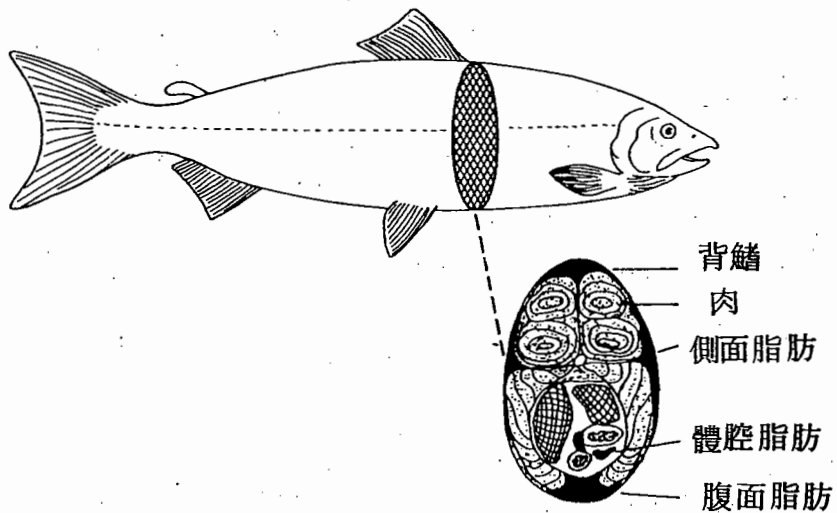
一個研究的實例

一個水域或陸域環境的污染事件，很少是只由一種污染所造成的。通常各種不同的



圖一 水生食物鏈；DDT的殘留量經過層層的濃縮，到了最上層的掠食者（二級食者，鶚）時，濃度達到最高。

密西根鮭魚 DDT 的分布



圖二 1968 年 10 月 Coho Salmon 產卵季節前，在密西根湖所採之 Coho Salmon 體內各部份的 DDT 平均濃度。脂肪內的濃度最高。剔除內臟後的魚排中，DDT 複合物 (DDT + DDE + DDD) 平均濃度為 14.89ppm。整個魚體中，DDT 複合物的平均濃度為 12.21ppm。

污染會彼此作用，產生混雜的效應，這比由個別污染所預期的情況更嚴重。

有一個引起全美各界普遍關注的事件，就是「伊利湖之死」，當然，這個名詞是稍微誇張了些；以生態學的觀點來說，「死」並非喪失、滅絕，而是在某個地區內生物群集結構的改變。當一個群集死亡滅絕後，它及它所佔的空間就被其它群集所取代，這就是在伊利湖所進行的過程。以前的伊利湖或許已經「死」了，但在同一個地方又有了一個新的伊利湖，充滿著生命。問題是，我們較喜歡老伊利湖，但喜愛的程度還不足以制止破壞的繼續進行，以挽救垂死的老伊利湖。以魚類與野生動物管理者的立場來看，伊利湖的故事是由於長久以來缺乏適當管理，以及過度開採所導致的複雜局面。然而，這個局面的產生結果與污染是密切相關的。H. A. Regier (1966) 曾指出伊利湖的環境變得愈受限制，過魚現象愈易發生。

多年來，伊利湖的污染只對漁獲有較明顯的影響；很少需要關閉日光浴場，或在水處理廠採取特別的措施，這是因為污染物都是由農場及住宅區沖帶下來的。結果主要的影響是阻礙水生植物的生長（包括植物性浮游生物及水生植物）。水生植物有兩個主要的功能：(一)提供多種魚類的產卵場；(二)在河口，阻礙夾帶泥沙的污水，使泥沙在未進入大湖時就沉澱下來。當這些植物消失後，底層上受到窒息與遮蔽的底棲生物便四散，依它們為生的魚類便減少了數量與分布。

隨著時間的改變，侵入伊利湖的污染物的特質也隨之改變。沖刷的淤泥量仍然很多，而農夫開始使用肥料，以使貧瘠的土地維持以往的高生產量，再加上家庭廢水，使得從這些地區排出的污水充滿高養的養分，注入湖中。這些養分不僅增加植物的生產力（主要是形成藻潮），而且浮游生物集落中，只剩下可容忍高養分的種類。浮游生物群集的組成結構改變後，魚類的群聚結構也跟著改變，因為以前的優勢魚種無法有效利用新崛起的優勢浮游生物種類。如果又沒有良好的漁業管理，可能就導致某些魚種的消失，如：Cisco, Whitefish 與 Sauger，而讓不受歡迎的魚種，如 alewives, yellow perch 等的大量增殖。

由高量養分所帶來的高生產量，及都市所排出的有機廢物，都在伊利湖底層堆積了有機物層，尤其在西邊的湖底。到最後，在 1953 年的九月，氧氣消耗量終於達到了臨界點，而造成了一段長時期的死寂，氧氣被消耗殆盡，底棲動物悉數消失（大部份是蜉蝣類昆蟲）；現在伊利湖中央深處的湖底也常會缺氧，而西邊的湖底更是會週期性地缺氧。現存的魚類通常可以游到含氧較高的區域，但牠們的餌料生物就受到嚴重的影響。鼓眼魚是湖中僅存的高價值魚種，水底的石礫是牠們的產卵場，但如今石礫却佈滿厚厚的一層藻類。

長久以來，工業廢物使得伊利湖不斷地衰敗，而最近更直接影響到湖中的魚類及野生動物。一九七〇年三月，由於湖中的魚體含有高量的汞，安大略州就禁止在 St. Clair 湖域進行商業性的捕魚行動。密西根州及俄亥俄州也跟著下令禁止在隸屬美國部份的 St. Clair 湖域中捕魚，隨後更將禁令範圍延伸到 St. Clair 所流注的伊利湖西側。雖然，目前已採取行動來根絕污染源，部份的禁令也放寬了，但是要回到低污染的程度還要好幾年的時間。而還有其它跟汞一樣危險的污染物，很可能也會造成同樣的後果，但是我們對這些潛在的污染源還不甚清楚。因此，伊利湖未來的漁場管理前途，仍令人擔憂。

陸域生態中，更難以舉出實例，主要是因為這類的研究工作還很少；但是，DDT 對猛禽類的危害，以及其它種種的污染物，對於野生動物管理的嚴重威脅是確實存在的。

污染與管理

前面提到過，除了野生動物本身外，污染也造成另一層面的影響：對野生動物管理工作的影響。幾年前當這本書發行第一版時，國家環境政策方案（National Environment Policy Act）成立時，對魚類及野生動物管理行動產生了巨大的衝激。目前大部份的時間化費在寫及審查「環境衝擊報告書」（Environmental Impact Statements），這些報告由數頁到數千頁不等；每一項工程建設，都必須由政府機構來協助書寫或予許。這些報告討論的範圍不但包括污染也要討論建造新的設施，新的或舊的開發活動，甚至於已放棄的工程對環境的影響等。由於環境評估，因而提供了許多職位給生物學家，以及魚類和野生動物管理人員。

以前魚類及野生動物管理上所使用的許多人工產物，如控制疾病藥劑等，現在都不再提供，因為它們都會造成污染；這又是另一層面的污染。目前我們所面臨的最大挑戰之一，就是要探尋新的途徑，以取代傳統上對於魚類及野生動物的管理、生產及保護的觀念，使我們自己不再成為環境的污染者。

現在行動，正是時候！

人類理所當然也是野生物社會中的一員，而且對污染物也最敏感的。

現在該是我們改變對野生動物研究方向的時刻了，我們必須要從認識污染的危害及成因，轉而開始研究制止污染之道。如果不致力於此，我們就不能再和多采多姿的野生生物伙伴們一起生活在地球上。正如 Paul Ehrlich 所寫的：現在是第九局上半，已到了最後的打擊機會，人類的打擊火力十分旺盛，把大自然打得落花流水；但是有一件很重要的事不要忘了，最後半局就輪到大自然來打擊了！

參考文獻

1. Regier, H. A. 1966. A perspective on research on the dynamics of fish populations in the Great Lakes. Prog. Fish-Culturist. 28(1): 3-18.

Dean E. Arnold, 1979, Environmental Pollution—Effects on Fish and Wildlife Management
譯自 In Richard D. T. and E. Deaker, ed. The Wildlife Conservation—principles and practices. The
Wildlife Society, U.S.A. 79-86.