

由生態保育觀點評述上游集水區的土地利用

吳祥堅

雪霸國家公園管理處研究報告

中華民國八十七年四月

# 目 次

## 摘 要

一、前言	1
二、台灣島的地理與生態特性	2
三、自然體系的特性	3
四、上游集水區的生態系統	4
五、林業經營對上游集水區自然生態體系的影響	8
六、農業生產對上游集水區自然生態體系的影響	12
七、水庫和防砂壩對上游集水區自然生態體系的影響	19
八、遊憩開發對上游集水區自然生態體系的影響	23
九、社區與居民活動對上游集水區自然生態體系的影響	28
十、結語	31
十一、參考文獻	33



## 摘 要

台灣島位於北迴歸線上，地形陡峭，高山寒冷，平地炎熱、形成多變化的氣候帶，而不同氣候帶的動、植物，在此也都能夠找到適合生存的場所，使得台灣的動、植物種類繁多。然而在近二十幾年的經濟快速發展，人口劇增六、七百萬，佔全島面積 33 % 的 1000 公尺以上地區，大量的被開發利用，造成台灣島自然生態體系的嚴重影響，爲了調整對自然資源的使用態度，追求永續發展，本文僅以生態保育觀點，評述上游集水區的土地利用，包括林業經營、農業生產、水庫和防砂壩的設置、遊憩開發、社區與居民活動等，對自然生態體系所產生之可能影響。

人類在上游集水區活動與建設，對原有的森林生態系、溪流生態系和溪岸生態系，都會有所影響，人類活動的產出物、非產物及廢棄物，分別以氣體、液體、固體三種形態，直接或間接影響大氣、水、土地和生物體，而影響的過程永遠是動態的，也都是隨機現象，之間關係是非線性的，影響過程有其時間性和空間性，很難加以區隔。在林業經營的過程中，林道的闢設、林木砍伐、人工經濟林等，對原有生態系的水土保持、植相、營養鹽流程、野生動物行爲、生理都會產生影響。在農業生產時，肥料、農藥、懸浮粒子會闖散在大氣中以及造成水土沖蝕，對溪流的水溫、溶氧、PH、BOD、濁度、營養鹽類、水生植物、水生昆蟲和魚類也都會

產生影響；在農地恢復造林之後，溪流水質改善，但其中對水中生物的限制因子未改善時，整個溪流的生物族群仍受影響。水庫和防砂壩的設置，水庫使原有溪流變成湖泊化，水中分層現象明顯，也阻隔野生動物的活動空間；防砂壩設置後，河床變寬、水位變淺、水溫增加、溪岸植群社會改變、溪流主要營養鹽來源減少、溪流多樣性的環境改變，影響水生昆蟲和魚群種類、分佈和數量。防砂壩適當改善後，溪流生態有較恢復現象，而穩定坡腳和流心的功能依然存在。遊憩開發過去皆以預測遊客成長量或遊客的滿足程度來設置各項設施，而忽略了自然生態和實質環境所能容許利用之數量與性質；遊憩開發時整地、棄土、營建工程、機械使用、車輛行駛、工程廢料堆置，生活廢棄物等對原有陸域生態和溪流生態造成影響，而遊客行為則直接影響到野生動、植物之生理、生態。上游集水區社區居民人口大量增加，和大量遊客一樣，已造成集水區生態上的改變，對中、下游地區環境生態亦會有所影響。

上游集水區的土地利用，除了生態保育觀點，還要考慮社會、法制、經濟、行政和決策者的政策等因素，但如果太注重社會面的妥協，則完整性的自然生態體系將逐漸瓦解，其瓦解的過程中，對人類所造成的長遠影響將不可忽視。

# 由生態保育觀點評述上游集水區的土地利用

吳祥堅

## 一、前言

台灣經濟快速發展，二十幾年來人口劇增六、七百萬，在人與人之間彼此激烈競爭的同時，我們也將弱勢的野生動、植物侵略，甚至消滅了。台灣島面積 36000 平方公里，人口密度世界第二，爲了發展經濟奇蹟，養活這些人口，海拔 1000 公尺以上地區，許多都被開發利用，尤其是農業開發和水資源建設，這些佔全島面積 33% 的地區，坡度大，地形陡峭，屬於環境敏感區，在開發使用上實應有所限制，目前國際水資源發展趨勢，都是以自然環境保護爲主要目標，任何水資源建設、水資源管理工作均以避免破壞水系生態環境爲原則。台灣全島被 130 條大小河川切劃分割，21 條主要河川皆源自山區，雖然年平均雨量 25000 公厘還算豐沛，但全年分配並不平均，降雨量多集中在 5 月至 10 月，佔全年之 78%，由於地質脆弱，地勢陡峭，河川含砂量大，水位漲落迅速，爲了滿足二千一百萬人的生活上和經濟發展上的需求，我們興建了許多水庫和防砂壩，雖然暫時解決了用水問題，但對非水資源的破壞和損失已經是無法計算，如河川和沿海的生物生產量降低，海

岸線的退縮，人類與河川間文化和情感的喪失等。如果吾人要在台灣繼續生存發展，人口政策和產業結構的調整是有其必要的，要追求永續發展，就需要注重自然生態保育工作，本文僅以生態保育觀點，評述上游集水區的土地利用，包括林業經營、農業生產、水庫和防砂壩的設置、遊憩開發、社區與居民活動等，對自然生態體系所產生之可能影響。

## 二、台灣島的地理與生態特性

台灣位於歐亞大陸板塊和菲律賓海洋板塊交界處，兩百萬年以來，兩個板塊不斷擠壓，造成海底沈積物隆升至海平面以上，甚至隆起成爲高山，至今若干地區仍有火山活動，許多高山峽谷地形，就是造山運動或火山活動和後來河川侵蝕作用所遺留下的痕跡。由於台灣地理位置特殊，在過去地球氣候非常寒冷時期，有許多寒帶植物遷移到台灣，當地球氣溫逐漸溫暖時，這些植物也隨著造山運動遷移到海拔較高、溫度較冷的地方。而幾次的海進海退現象，造成台灣島與大陸時而相連，時而分離，有些原本在大陸的植物，也會借由外力而遷移至台灣，這些洋流會將熱帶地區的植物自海上帶來台灣。由於台灣島地形陡峭，高山寒冷，平地炎熱，形成多變化的氣候帶，使得各種植物能夠找到適合地點生存，造成台灣島的植物種類繁多。野生動物也和植物一樣

，經過長期遷徙和演化的結果，造就了六十一種哺乳類，四百種以上的鳥類，九十二種爬蟲類，三十種兩棲類，一百四十種淡水魚類和五萬種昆蟲，由於這些植物和動物，長期生存在這封閉的海島結果，演變出許多特有的種類，這在世界上是非常特殊的。

### 三、自然體系的特性

自然體系中通常分為六種作用過程；物理過程、化學過程、生化過程、物化過程、生態過程、及生物過程。物理過程包括水力與氣象動力的對流、擴散等，化學過程包括隨時間變化的化學轉換與作用，熱平衡等，生化過程包括生物體內物質的轉換，光合作用，體內分解作用。物化過程包括物質隨著物理上的變化而產生之化學反應以及化學反應後之物質物理上變化。生態過程包括各種生物之間及生物與環境間的關係。生物過程包括生物的呼吸、生長、生殖、死亡。而這些過程永遠是動態的，也都是隨機現象，之間關係是非線性的，六種過程都有它的時間性和空間性，很難加以區隔，然而為了評估人類活動對自然體系的影響—這些影響可能是短期也可能是長期累積性影響，甚至不可逆的影響—我們通常都假設這些影響是靜態的，當然這些靜態分析是無法滿足自然體系存在長期調整的現象，因為人類的活動，本身就是自然體系的一環，是不可能分離而獨立，仍



需要遵循物質與能量守恆的定律。

#### 四、上游集水區的生態系統

##### (一) 森林生態系

上游集水區主要的生態系統就是森林的生態系，它是結構複雜，生物種類多，植物與動物互相依存，形成良好的森林群落。生物群聚的結構，隨著森林內的植物分層現象，而產生變化，如在上頭的喬木層、灌木層、底下的草本層、地面層和地下層等，各層受到的光照不同，溫度、風速和溼度也有所不同，在層次完整的針、闊葉混合林中，林冠表層獲得完全光照，喬木層樹冠吸收 79 % 並反射 10 %，灌木層吸收約 7 %，草本層僅獲得 4 %。喬木層代謝活動最旺盛，進行有機物質的合成、貯藏和轉化，在成熟林中、喬木層的生物生產量可佔整個群落植物生產量的 99.8 %，動物通常依照個體的活動能力、棲息和覓食的空間位置而利用不同的層次；鼯鼠、松鼠喜歡在喬木層，烏鴉、貓頭鷹也常棲於上層，紅嘴黑鵯、黃鸝喜歡中層，一些小型鳥類，如山雀等，喜歡在灌木層，更小型的昆蟲則依生活史不同棲息在底層、草本層、灌木層，較大型的動物如黑熊、山羊、山羌、水鹿則活動在地面，然而這些動物也隨著植物生長、開花結果而產生繁殖、遷移或休眠，一般來說，同

類型的森林，隨著樹齡的增大，其林內植物層次發育愈益完整而豐富，則森林動物也更加繁榮。森林內的分層現象，對集水區的水文過程，影響相當大，有保土、蓄水、淨水功能，在氣候調節上有降溫、減緩風速，增加溼度的功能，在淨化大氣上有集塵、降塵、殺菌的功能。這些功能要以數字來量化，用經濟上的效益來評估，有時並不容易做到，不過森林生態系在自然界的能量流動和物質循環上，和在維持自然生態平衡中，的確扮演著非常重要的角色。

## (二) 溪流生態系

上游集水區除了森林生態系，另外還有一個重要生態系就是溪流生態系，它包括溪流水體本身，和溪流兩岸的直接影響區。溪流上游的生態結構包括水體、岩土，和溪流的生物體，而溪流生物群聚，主要與溪流水文、棲地結構、能量來源和生物間的相互影響有關，間接也受到陸域地形，植被狀況而產生變化。一般上游集水區的溪流，坡度大，呈V型河谷，水溫低，河寬小，河道經常改變，底質含砂量少，巨石多，混濁度低，溪流受林冠遮蓋良好，落葉和溪澗鳥獸為主要有機質來源，溪床的堆積物和附著植生受洪水的影響大。在這種溪流環境變異大的特性下，生物分佈和利用棲地的時間就會有所不同，生物為了適應這些特殊環境，也調整自身的

行爲和生活方式。在溪流環境中影響生物最重要因子就是水流，水流因河床和河道型態不同而產生變化，時而流速快，時而緩慢，有急瀨、深潭、淺灘、渦流。在低流速時，水溫會增加，水中營養鹽含量會較多，沈積作用增大，水中植生會增加。流速大時，水中細小沙量會增加，溶氧增高，侵蝕作用，搬運作用亦會增大，溪水在此時含有較多的水生昆蟲。魚類在成長過程中，一般仔稚魚都棲息在緩水區，幼魚則喜歡流速較快的區域，大型魚常棲息於大岩盤或岩塊後之深潭，而產卵場的選定除了考量流速外，還需考慮光照和底質，甚至季節性的流量變化。另外，在溪流環境中，影響生物的因子是河床物理性質；當河床較寬時，日照時間就較長、而水位變淺，會影響魚類生理週期和生存空間。河床由岩石、石礫和砂所構成，若平均顆粒大且排列緊密，其相對的穩定性也較高，附著的矽藻會較多，石礫、岩石間因縫隙多，岩石的表面積大，依附在岩石上生活的水生昆蟲數量會較多，這也是魚類食物主要的來源地區，石礫和岩石間的縫隙、亦是小魚和蝦類棲息和躲避敵害的良好場所。

### (三) 溪岸生態系 ( *Riparian ecosystem* )

在上游集水區，地表的降雨會有三種移動方式，由地表土壤的孔隙往下滲透，或地表逕流，及蒸發散回大

氣，然而由於集水區邊坡方向和坡度複雜，所以降雨的表面水，或地下水就會順著森林中的凹地流出，並匯集流入溪中，在這經常有水流動的凹地，久而久之就成為小溪流，而這些溪流兩岸鄰近地帶，會受到溪流水文狀態而產生影響，在溪流發育早期，溪水會向兩側和溪床侵蝕，溪流兩岸崩塌和植相的演替就經常性在進行，又由於洪水期溪水暴漲，乾旱時水位低落，故溪岸鄰近地區的環境，都呈現高度不穩定性，這也影響了溪岸地帶的生物群聚。溪岸地帶由於經常受溪水干擾，其土壤多溼潤，植群都停留在先期演替狀態，先趨性樹種和嗜水性植物雜生，而樹冠層成熟後，又影響底層溪畔的日照和輻射能吸收，這些樹冠層的枯枝落葉除了提供能量來源外，也提供動物棲所，當樹木倒下時，這些橫臥在溪畔的倒樹，不僅是動物棲息的良好地點，也對溪流水文產生影響，可增加溪水流速多變性，增加溪流的環境多樣性，溪畔的倒木於洪水時，對溪岸有穩定的功能，溪岸植物的根系穩定了土壤，也會減緩溪水對溪岸的沖蝕。溪岸地帶和溪流本身一樣，是一較開放的通路，動物的移動，如鳥類、蝶類等飛行的動物，經常利用此一通路，不論是覓食、築巢、產卵或者棲住，而較大型的哺乳動物也經常利用此區活動，這些動物的排遺和死亡的屍體，也都成為溪流的有機物質重要來源，和水中動物

的食物來源。兩棲類和一些種類的水棲昆蟲，在整個生活史當中，有時需利用到水域環境，有時則需利用陸域環境，這些動物爲了適應這特殊環境，發展出特殊的形態、呼吸方式和生理機制，溪岸地帶對它們來說是格外重要。

## 五、林業經營對上游集水區自然生態體系的影響

一般林業經營項目包括林道開築、邊坡穩定、採伐強度、集材運材方式、整地造林方式、施肥程度，林相改良與變更、蟲害、鼠害的控制、森林野火的預防、異齡林擇伐、混合林營造、森林副產物保護與利用、及森林遊樂。而與自然因子互相影響的有，土壤類型、海拔、坡度、日照、降雨量、風、母株品質、植被等。林業經營活動，常使森林內的土壤與養分留失，非經濟樹種的亂砍和修枝廢材的處理，會直接影響野生動物和微生物活動。森林採伐後、森林生態系的植群吸收N之機能被去除，因爲沒有高大植群覆蓋、土壤溫度和濕度均會上升，枯落物分解增加，如果土壤或枝梢、倒木的固定或吸收能力不強，則 $\text{NO}_3$ 將流失，養分的循環將被破壞，金等（1984）研究指出，當森林砍伐之後，暴雨可造成溪水中之懸浮粒子大增，鎂、鉀、鈣、硝酸態氮及硫酸根等之離子濃度，都高出天然溪水中之營養鹽濃度，可見天然的森林集水區最能發揮水土保持的功能。而

一般森林的水土保持能力，以混合林效果最佳，闊葉林次之，針葉林較差。除此，水分循環和林內微氣候也都會瓦解，原本穩定的生態系也就要重新調整。森林土壤的流失與岩層、植被、海拔、坡度、降雨有關，但上游集水區的土壤侵蝕，比中、下游來得嚴重，因為海拔愈高，土壤形成過程所生成的土壤，潛在的是極容易流失，在此狀況下，即使輕微的擾動，也可能引起土壤大量流失。當樹木被砍之後，樹根漸漸腐爛，固定土壤強度減少，也會造成水土流失，水土流失之後，也會影響造林的生產量。林道開築會破壞邊坡自然的穩定，上、下坡的植被被砍除，排水設施不良，常引起沖蝕，其脆弱岩盤的暴露，易發生崩塌地滑。而林道經常使用，兩旁鄰近地區棲息的動物減少，也造成動物族群的區隔。整地造林時和林木採伐時一樣會影響昆蟲族群結構，因為光照強度與濕度及依附植生被破壞的原故，若出現某種優勢種昆蟲，則很容易產生“蟲害”，而影響了鄰近原本穩定的森林生態系，若造林的樹種不當，則影響更為深遠，如松材線蟲的發生，林業經營在造林初期，對於大、小型哺乳動物都不利，但當人工林逐漸形成時，小型哺乳動物開始進來，但所造林樹種缺乏小型哺乳動物所需食物，這些動物會對林木開始危害，張（1976）指出，溪頭地區松鼠的剝樹皮行為，可能與季節性的食物

供給變化與食性有關。所以人工林與動物行爲之間，會有互動的影響。一般混合林的鳥類種數比單純林約高70~100%。鳥類和大部份哺乳動物的睪丸發育受光線量的影響很大(吳, 1987)，故林內的遮蔽效果，對野生動物生殖有影響。大型哺乳動物喜好棲息的林相，並不十分明顯，依照李(1995)對大安溪上游集水區的調查結果；山豬的分佈區域，大多在海拔750至1250公尺之間，少數的達1750公尺，出現之坡度大多為較陡之區域，坡向似有偏西北，植被環境上則於針闊葉混合林、闊葉林、造林地、草生地或散生林、崩塌地或裸露地、河川地。山羊出現之區域大多在非常陡峭的地區、海拔750至1500公尺，植被大多在闊葉林。水鹿出現在針闊葉混合林、闊葉林、造林地、崩塌地或裸露地。山羌和獼猴主要出現在闊葉林、造林地、崩塌地或裸露地。大型哺乳類動物，遷移迅速，較不怕敵害，故對棲地的選擇以食物來源為主要考量，隱密性次之，然而天然森林中，食物種類多、也比較隱密，所以大型哺乳類動物主要棲所仍以天然混合林或闊葉林為主。人工林的生態結構簡單，不穩定，對原有的動物族群影響深遠，濕溫度的改變，影響鳥類、兩生、爬蟲、昆蟲的卵之孵化率，一些蝶類昆蟲的產卵樹種有專一性，食草亦有一定，如綠豹斑蛺蝶和黑端豹斑蛺蝶其幼生喜食台灣薑

菜，曙鳳蝶幼生喜食馬兜鈴，寬尾鳳蝶幼生喜食台灣檫樹，Y紋小飛蝶幼生喜食合歡，一些殼斗科植物如栓皮櫟、白背櫟，都是蝴蝶、甲蟲的蜜源植物。人工林的單純化，將無法滿足這些族群的需求，當這些族群數量減少，或產生某一特定種類大量繁生，這些都會又影響鳥類、兩生、爬蟲類的族群，而這些野生動物的變化，也會影響植物種類的繁生。人工針葉林的森林野火發生機率和漫延速度都比天然林來得大，輕度野火可能影響森林生態系之發展結構，重度野火可能會造成整個森林生態系的破壞，野火會導致樹木死亡，呂（1990）曾對火燒後林木之致死率及萌櫟做過調查，發現針葉樹之致死率遠大於闊葉樹，因闊葉樹之再萌櫟能力遠大於針葉樹。森林野火有時會促進一些植物種子發芽，呂（1986）之研究指出，台灣二葉松之火燒致死率極高，為闊葉樹的數倍，唯其在火燒後的多量下種行為，使其得以在下個週期的火燒來臨前保持優勢。但若不再發生火災，則因天然下種及更新困難，台灣二葉松將演替成針闊葉混合林之極相社會。陳（1997）研究指出，環山海拔1800 m及2400 m之火燒區，由於遭受樹冠火及地表火嚴重的損害，歷年來所累積的種子庫幾乎全被焚燬，下種的植物主要是以種子能藉風力傳播的菊科、蝶形花科為主。野火燒過之後的林地，其土壤質地會改變，養



分循環也會產生變化。林業經營對野火的防範非常重要，人爲的疏失，不僅直接造成木材的損失，對森林生態系的結構和生物群聚亦會產生影響。林業的經營，過去以木材的價值爲主要目標，然而森林的生態效益所衍生出對人類長久的重要性，卻比木材的產值更爲有價值，日本森林覆蓋率佔國土面積的 68%，在一年內貯存水量爲 2300 億噸，防止土壤流失量 57 億立方米，林內棲息鳥類有 8100 萬隻，森林提供氧氣 5200 萬噸。這些生態效益所換算的價值，通常是木材和林副產品的價值的三倍，隨著世界環境的日趨惡化，森林的生態效益將更顯得重要，台灣上游集水區的林業經營應以漸漸恢復原有天然林相來取代過去“經濟”樹種的造林，如此森林生態體系會比較穩定，功能也最大，否則當松材線蟲大量漫延至中部的二葉松林時，其後果將非常嚴重。雪霸國家公園爲保護瀕危的櫻花鉤吻鮭，在七家灣溪集水區進行潛在植被的調查，分析演替過程和未來的潛在植群與分佈，提出七家灣溪沿岸植群復育的植物種類，並進行植生復舊，此將可增加當地生物的多樣性及生態的穩定性。

## 六、農業生產對上游集水區生態體系的影響

上游集水區存在的農業生產包括農作物栽植、漁牧養殖和綜合經營，而經營方式又可分集約式和粗放式，

本節僅就在開闢地區從事大面積的農作物生產為分析對象，上游集水區最主要的農業生產，即是屬於此一形式，主要種植果樹和蔬菜，在這種農作生產活動中，土地經常性的重複使用，因此土壤的質與量都會受影響。而農作的過程與自然生態體系中，各因子間，本身就是一種互動的影響；如灌溉的方法，是噴撒、滴灌或水道，噴撒的次數，灌溉水源引水方式，是否蓄水，排水方法，農作物根部土壤的洗鹽，是否是階地平台、邊坡植草、耕作技術是否輪作，施肥施藥種類和方式，農作物種類等，這些農業生產過程的不同，對生態系的影響方式也就不同，而自然因子中；降雨分佈、風速、風向、氣溫、土壤成分、坡向坡度、日照時間等也會影響農業生產。

上游集水區的農作區土壤大都是石礫地，所以必須用肥料來補充，使用肥料過程中，就有一部份懸浮粒子會闖散到空氣中，若過多的肥料堆積在土表上，也會有一部份進入空氣，而肥料的一些化學成份，有一些會揮發進入空氣中，如氨。農作區施肥後，地表水，逕流水含有豐富氮、磷、鉀之化合物，並可能與水中懸浮粒子產生磷酸鹽固狀物或溶解在水中成有機化合物，這些含豐富養分的水體，由山坡上方經由數次的灌溉後而達坡面下方，結果地表水中總溶解固體量增加、而土壤自淨

能力來不及消化，而產生累積現象。如果每個階地平台設有排水道或有植草帶，此累積現象則會減緩，依照王（1996）在七家灣溪與果園、蔬菜園之間緩衝林帶的土樣分析；以土壤甚粗之質地而言，其養分境況已甚高，尤其是緩衝林帶之下坡段處，有交換性鈣、鎂、鉀及有效性磷、鋅、鎳之累積，顯示緩衝林帶對其上側之果園，尤其是蔬菜園沖流而下之肥料成分，已失去其緩衝肥料成分移動之功能。

陳等（1996）在德基水庫與翡翠水庫河岸緩衝林帶進行研究，發現德基水庫周緣果園區之營養鹽，進入河岸緩衝林帶，在約三十公尺之距離內，即又將磷酸根、鉀、鈣、鎂與銨態氮等離子截留住，而使其濃度有明顯降低之趨勢。而翡翠水庫之周緣土壤滲濾水中之各種營養鹽濃度，含量均相當低，因此在未施肥情況下，在果園區與緩衝林帶之交接處，約十公尺之範圍內，即可將土壤滲濾水中的絕大部份之營養鹽留住，也就是對岸緩衝林帶對土壤中養分的吸收，常視土壤因素、土地利用情形、地被植物的生長勢以及植物根系吸收養分的能力而定。夏等（1994）曾針對不同植生型及土地經營方式，對溪岸緩衝林帶之養分進行研究，試驗結果發現在柳杉人工林區之土壤水溶液之磷、鉀養分濃度，並不因施肥作業而有明顯之差異；在灌木林區之土壤水溶液

中  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  濃度皆很低，而  $\text{NO}_3^-\text{N}$  濃度僅在地表水中明顯較高，其餘所有的養分濃度皆不因施肥而有所差異。在一般狀況下，如果農業生產活動中，有實施輪作，階地平台和邊坡植草的區域，其浸蝕量較少，磷的流失亦較少。雪霸國家公園自 1994 年開始在大甲溪上游的七家灣溪、有勝溪、司界蘭溪進行水質監測，探討農業生產活動對溪流水質影響，其中 1997 年 3 月，七家灣溪沿岸地區有二十六公頃農業蔬菜區停止栽種，開始進行造林，而 1997 年 6 月至 11 月的水質指標已普遍提昇，水質有好轉趨勢，農業生產活動中，因蓄水灌溉，造成溪流水量減少，水溫上升，有勝溪和大甲溪上游環山地區的水溫，始終偏高，其水溫雖隨年氣候變化而略有影響，但在夏季裡水溫已超過  $18^\circ\text{C}$  和  $20^\circ\text{C}$ ，很明顯的已直接影響冷水性魚類—櫻花鉤吻鮭的生存，依照過去文獻資料環山地區櫻花鉤吻鮭族群豐富，可見當時的水溫是在適當水溫  $16^\circ\text{C}$  以下。水溫除了影響魚類也會影響水生昆蟲和植物、藻類、微生物、以及水中溶氧，PH 值等環境因子。水中溶氧量與農業活動排入有機污染量和水流速都有關，在七家灣溪靠近農業活動的測站，所測得的溶氧飽和度為 89%，在 6—8 月滲出水中增加時，其飽和度更低至 85% 而此區鄰近農作區，溪底因泥沙覆蓋淤淺，藻類也減少。雖然這些研究測站的水

中溶氧量都在 6 ppmO<sub>2</sub> 以上，魚類不致影響，但間接對藻類，底質有機物質的氧化還原有影響。在鄰近農業活動的溪水中，PH 值會有增加的現象，然而七家灣溪溪岸二十六公頃停止耕作並造林，水中 PH 值的就由以往的 7.06 ~ 9.35 變化範圍，減為 7.03 ~ 8.51，且趨於穩定，已有改善現象。氧化還原電位差的變化範圍在 138 ~ 265mv 之間，雖仍落在以往的監測範圍內，但也有呈現比較穩定現象。硬度和總鹼度在農業活動區鄰近的溪水中也較高，若將有農業活動的有勝溪上游、下游兩測站之硬度和鹼度增加情形和桃山溪上游、下游無農業活動的兩測站相比較，前者增加量為 63.3mgCaCO<sub>3</sub>/L 及 21.6ppm，後者則平均增加了 67.2mgCaCO<sub>3</sub>/L 及 19.6ppm，乍看之下，兩溪流並無多大差異，但若從鈣與鎂離子來看，則有勝溪兩測站相差 19.9ppmCa 及 7.1ppmMg，而桃山溪則為 12.5ppmCa 及 6ppmMg，有勝溪含量的增加，農業施用肥料應是主因。生物化學需氧量（BOD），在農業活動區之溪水也較高，而大腸菌與總菌數和 BOD 之間亦有相關性，亦即 BOD 較高者，其菌數亦高。濁度與耕作時節和雨量大小有關，濁度在停止耕作造林之後，其濃度比起往年已有大幅減少。在五種營養鹽測定中，NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N，NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N，NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 三種含氮的物質能在各種氧化還原電位及溶氧下，經由細菌或化

學的作用而互相轉變，因此在溶氧飽和時，亞硝酸態氮的含量應為最低，而硝酸態氮應為最高；亞硝酸態氮在淡水中其動物之毒性比氨態氮更烈，硝酸態氮則毒性低微，但各測站中，農業活動或有生活廢水排入之溪段中，其硝酸態氮亦高，氨態氮的濃度亦有相同現象，但相關性並不那麼明顯。在蔬菜停止耕作並造林後，氨態氮含量比起往年有減少。水中磷酸鹽也因造林之後減少許多，磷酸鹽的缺乏會造成基礎生產力與初級生產者的減少，進而影響鮭魚食物鏈中水生昆蟲量的減少，在良好的溪流環境中，磷酸鹽主要來源係由枯枝、落葉、有機物分解，及鳥類等動物的排泄。然而在目前造林初期，發現磷酸鹽含量有暫時過低現象，不過在造林區上坡段開始施肥時，磷酸鹽含量又增加。所檢測的重金屬含量除了少數月份鋅、銅含量稍高外，其餘都甚低，這可能與農業的施肥或農藥中某種成份有關。微細藻類中藍綠藻的 *Oscillatoria*；因造林關係，減少很多。水生昆蟲之蜉蝣目的種數少，與該測站水質差有關係，當有機污染高時，扁行動物的渦蟲 (*Ougesia*) 及螺類的 *Limnaea* 及 *Physa* 會增多，當水質較好時，水生昆蟲積翅目的 *Neoperla*、*Protonemura*，蜉蝣目的 *Baetis*、*Ecdyonurus* 及毛翅目的石蠶 *Stenopsyche* 會較多。以上所述是農業生產活動中，農藥、肥料的使用對河岸地

區和溪流的自然生態體系的影響，然而農業生產影響較大者，就是破壞原有森林生態體系，並造成了土壤侵蝕，游（1994）曾指出，武陵地區蔬菜區，每兩年就有五公分的土壤流失。水和風為影響土壤侵蝕主要因素，當降雨量超過土壤滲透率時產生逕流，土壤侵蝕程度此時與降雨的時間、降雨的動態，地表輸水系統的坡度、地層組成、溝渠的深度、表面粗糙度等有關，而逕流剛產生時，逕流水中所含的殘留物質濃度最高，而溫度也會影響顆粒吸附殘留物的量，這些被侵蝕的土壤對上游和中、下游的自然生態體系和生物體都造成直接與間接影響，余等（1987）認為下雨時武陵農場大量雨水拌合泥漿流入七家灣溪，溪水濁度由 0.48NTU 上升至 39—48NTU，不但妨礙受精卵孵化，且會使稚魚、成魚窒息憋死。Hausle & Coble（1976）認為細砂會使魚卵透氧速率降低，並會影響魚隻行為。SHirazi & Seim（1981）認為細砂會影響魚卵正常代謝和氧氣進入。若僅以溪流中魚類、蝦類損失之產量和水庫壽命來評估，則並不能完全表達，畢竟水質的惡化，過多的藻類或微生物量所產生的有毒物質，以及原有森林的生態效益喪失，都會直接、間接影響人體健康，當地農業生產的民眾，因教育程度或利益當道，很難有深刻的感受，或許開放農作物進口可能可以解決一部份的問題。

## 七、水庫和防砂壩對上游集水區自然生態系的影響

台灣現有水庫約四十座，防砂壩約有三千五百座，而水庫和防砂壩設置在河道中，對自然生態體系最直接的影響就是溪流生態和溪岸生態，對當地的區域氣候也會有所影響，水庫和防砂壩在初期施工時需開路，改變河道，建材開採對陸域的森林生態也造成直接影響。水庫開始營運之後，水庫蓄水區的森林和溪流立即被水淹沒，成爲近似湖泊生態的水域，水庫底部開始淤積，有機物質含量增加，水溫、PH值、溶氧除了有上、下層水域的不同，還有日夜的變化，生物相也會受影響。有時雨水把上游混濁的水帶來，但水庫因有分層現象，表層看起來仍然清澈，但中層的懸浮物質含量特別高。水底含豐富營養鹽及重金屬，日照少，溶氧少。因缺氧，所以許多金屬元素被溶出，水中氨、硫化氫的濃度會增高，而 $\text{NH}_3$ 會造成鰓及皮膚的組織傷害、和內部器官的傷害，減少紅血球的數目，抑制生長、減低血液帶氧的能力；硫化氫對呼吸酵素會造成毒害(吳，1986)，微生物種類與原溪流大大不同，水體中浮游生物常隨時間和環境營養物質變化而改變族群結構和數量，如德基水庫甲藻 (*Perdinium*) 藻花現象，然而水中溶氧或水溫的改變或某種營養鹽類的耗盡，常造成某種浮游生物種類大量死亡，進而使水體溶氧急速降低，而影響水中的



魚、蝦、貝類的生存。有些浮游生物含有特殊化學物質，魚介類攝食後會有不適應或死亡，若鳥類及其他動物也攝食了這些魚介類，也會受到影響。一般中大型哺乳動物和一些鳥類都會在溪床附近活動或攝食，而水庫蓄水區的高、低水位間，因缺乏植被，表土裸露且鬆動，造成這些野生動物與水的隔離帶，也阻礙了動物利用溪床遷移的路徑，影響野生動物的行爲。水庫蓄水區的上方斜坡，因地下水的水位升高，使植被根部土壤的含水量經常保持在較高的狀態，加上高、低水位間的表土侵蝕，整個斜坡就容易造成崩塌和滑動的現象。水庫下方的河段因爲高水位的沖刷，造成河道底部有下切的現象，而較遠的河道反而有淤積的現象。下游流量改變，動植物相亦會產生變化，魚類和水生物消失或減少，河川流量減少，水質改變等。台灣因地質脆弱、山勢陡峭，河川輸砂量大，所以西海岸補充量源源不斷，然而水庫的設置，影響了海岸平衡，使海岸後退，沿岸生態也受到影響，人類爲保護家園，興建了堤防，設置消波塊，沿岸生態又再一次受到影響。防砂壩在上游集水區到處可見，型式爲封閉式混凝土壩，興建地點大都在溪谷較窄的岩盤間，一般認爲它有攔阻砂石、調節泥砂輸送、穩定坡腳防止崩塌、控制流心、緩和溪床坡度，一般適用於河岸地質不穩定地區。以台灣的高山地質脆弱，

地層活動頻繁，颱風多、暴雨多，枯水期溪水少的情況，以“永續經營”觀點來看，其功能似乎有待商榷，然而它對溪流生態已經造成嚴重影響，防砂壩的砂石淤積是由壩體往上游逐漸累積，壩體高是整個淤積面的最低點，防砂壩設置地點為較窄的岩盤，所以砂石淤積會向河岸兩旁堆積，河床變寬，溪岸植群社會改變，原本經常受到溪水漲落干擾、植群社會發展成耐乾抗潮的特性，由於砂石堆積並淹沒此溪岸區，而河床變寬後，新的溪岸區被流水干擾的頻率減少，儼然成為陸域生態對需要利用水域又需利用陸域生活的動物非常不利，生物歧異度也減少。由於河床變寬平常行水區離溪岸有一段距離，故岸邊枯倒樹、落葉就不會直接掉入溪水中，造成溪流主要營養鹽來源缺乏，因為河床開闊，溪澗鳥類活動減少，動物排遺減少，營養鹽更加缺乏，對石頭上附著的藻類生長不利。因缺乏落葉和附著藻類，水生昆蟲缺乏食物和棲所，種類和數量都會減少，加上缺乏樹群的遮蔭，水溫變化劇烈，水生昆蟲和魚介類都會受影響，水生昆蟲少，以水生昆蟲為主食的魚類也會減少。以七家灣溪為例，因為在約七公里的河段，有七座壩，賀伯颱風之後調查，約有二十餘處的溪流改道，洪水時上游新的砂石沖刷下來，防砂壩上的堆積砂石，其表層亦會移動，因為砂石體積小之故，所謂“滾石不生苔”加

以時而有水、時而溪流改道缺水，水生昆蟲所需的環境也都被破壞了，當然上游的水生昆蟲是以落葉為主要食物來源。依照楊等在 1986 年和 1996 年的七家灣溪水棲昆蟲調查資料，在 1986 年，水生昆蟲的種類與數量甚為豐富，還不致於成為櫻花鉤鮭生存的限制因子，但 1996 年發現數量已逐漸減少，主要造成之原因可能是溪流棲地劣化及水量減少之故。河床經防砂壩砂石堆積後，河道的型態和流水速率都會改變，在防砂壩砂石堆積區，河道行水區變直，溪流的深潭和緩水區皆減少許多，對魚類棲息環境影響頗大，深潭一般是在岩盤、巨石、倒木後方形成的，在洪水來時，是魚類避免被水流沖走的最佳避難所，緩水區有水生或溪岸植物生長，是魚苗躲藏、覓食區。許多防砂壩設計有主壩與副壩，之間由砂石堆積，當流量忽大忽小時，魚隻偶爾會順水流下，在主、副壩間容易受傷。防砂壩也使魚類活動空間受到限制，一般上游集水區連續數座防砂壩，則愈往上游，魚種類和數量會漸減，生物歧異度愈來愈小。河床抬高變寬、日照時間變長，會影響原有生物的生理時鐘，水位變淺，流速減慢，造成水溫升高、溶氧降低，對生物都會造成影響，水溫為影響魚隻成熟和產卵之主要因素（吳，1991），湯等（1987）發現水溫太高，會引起陸封性香魚 *Plecoglossus altivelis* 產卵受阻現象

，生殖週期主要受光照週期和水溫影響，短日照可促進生殖腺成熟，長日照會抑制生殖腺成熟。在櫻花鉤吻鮭生存的七家灣溪，原本在一號壩以下棲息著台灣鏟頰魚（*Varicohinus barbatulus*）楊等（1987）。然而因水溫始終無法下降，造成原本適合在17℃以上較高溫的台灣鏟頰魚，漸漸擴張其分佈，1994（曾）發現一號壩上方河段已有此魚分佈。1996（曾）春季此魚又有擴張分佈現象。1996年十月調查時，此魚已分佈在二號壩下方。河床底質和流水也會影響魚類生殖行為和魚卵孵化率，林等（1989）認為櫻花鉤吻鮭的生殖場偏向低流速與淺水域，底質石礫長徑約在1.6至10公分。林等（1989）認為長徑在1.6公分以下和細砂組成之底質，魚卵的存活率不及1%。而櫻花鉤吻鮭產卵前雌魚會用腹部和尾部清除底質的細砂，然而，若細砂過多，雌魚所消耗體力過多，且表皮會受傷感染水黴菌，因而未產卵而死亡，或產完卵就死亡。此外，防砂壩也會影響像食蟹獐、水獺等溪岸動物的適宜棲所。在七家灣溪和南湖溪各有一座壩遭沖壞形成開口，然而發現溪流環境有改善現象，而防砂壩的穩定坡腳、流心的功能仍然存在，這可作為爾後進行防砂壩改善的參考。

#### 八、遊憩開發對上游集水區自然生態體系的影響

台灣經濟發展，個人所得增加，旅遊活動日趨繁榮

，公、私立森林遊樂區和休閒農牧場如雨後春筍般到處設立，而選擇的地點均以自然山川景色優美之地區，於是上游集水區就成爲主要目標。依照張（1994）對雪霸國家公園災害敏感區之調查；武陵七家灣溪集水區，潛在敏感地區佔絕大面積，所謂「敏感區」係指標的屬性現狀極易受外力改變之地區，而其改變過程即爲肇致不利於人類的災害動力。也就是說上游集水區地質地形狀況，大都是潛在崩塌區，而極可能於地震或豪雨等天然現象時發生崩塌。遊憩開發和遊客行爲與此區的自然生態體系互相影響，爲了遊憩需求，設置了住宿設施、遊客中心、戶外教學場、停車場、公廁、人工造景、露營地、體能訓練場、車道、橋樑、登山步道、涼亭、景觀台、山屋、宿營地、取水設施，污水集水管及處理廠，垃圾收集與處理設施、辦公廳舍等，而遊客大量湧入，遊客的行爲，車輛流動性的廢棄物產生源，對自然生態體系皆會造成影響，而這些影響有時間的長、短，範圍大、小之分，也隨著當地自然因子而產生互動性的干擾。過去在設置遊憩區時，皆以預測遊客成長量或遊客的滿足程度來設計各項設施，而忽略了自然生態和實質環境所能容許利用之數量與性質。遊憩開發在初期開發階段，整地、棄土、營建工程、機械使用、車輛行駛、工程廢料堆置、生活廢棄物等都會造成地形地貌改變、

破壞山坡穩定性、逕流量增加水流失、土壤沖蝕、山坡面植被遭覆蓋、阻礙天然排水路、植物生長不易、涵養水機能消失、土壤壓密、滲水、有機質和金屬化學物質流入溪中，不易腐化的廢棄物進入山谷和溪中，這些對原有陸域生態和溪流生態皆會造成影響，而噪音、空氣污染與沈降、油污滴漏也是遊憩開發初期階段的產物。在遊憩區完成後，除了遊憩設施對自然體系的影響外，遊客行為對自然體系也會造成影響；遊憩設施有點狀、線狀和面狀的設施、點狀的設施如解說牌、指示牌、照明設施、涼亭、觀景台、宿營地、地標物等的設置、對自然生態體系的影響主要是來自遊客聚集所衍生的鄰近植被經常性踐踏，和地表裸露，水土沖刷，而照明路燈，對夜行性動物和夜棲動物都會產生干擾，七家灣溪旁路燈吸引大量飛蟲聚集，並在燈下死亡，影響溪中魚類的天然餌料來源，也影響白天鳥類的食物來源，對螢火蟲生態影響更大，造成族群消失。線狀的設施有步道、車道、橋樑、取水管線、污水收集管線、電力、電信設施等，對自然生態體系的影響包括，土壤壓密、滲水、植物生長不易，逕流增加，水土沖蝕，植被破壞、限制野生動物活動空間造成族群區隔，增加野生動物意外死亡之機率等。車道、橋樑表面吸熱、乾燥、地表溫度增加、對兩生類和爬蟲類動物影響最直接明顯。面狀的

設施包括，住宿設施、遊客中心、停車場、公廁、戶外教學場、體能訓練場、人工魚池、造景、露營場、山屋、污水處理廠、垃圾處理廠、辦公廳舍等，這些設施自然體系的影響包括減少植被面積，增加不透水性鋪面的面積，產生地表逕流，水土沖蝕，影響陸域與水域生態，而住宿設施，公廁等所排出之生活廢水，會造成水中有機物質、BOD值、大腸菌數增加，影響溪流生態。七家灣溪旁的休閒農莊排廢水，使溪中大腸菌數超過甲類陸域水體之水質標準  $50CFU/100ml$  值。在附生的微細藻類中，出現非清水種之藍綠藻的 *Chroococcus* 和 *Oscillatoria* 及矽藻類的 *Cyclotella*。這些遊憩設施，亦直接、間接造成水體中油脂含量增加，雖然油脂在本身對水生生物直接毒性並不高，但會造成水生物體表附著、身體吸收而影響生理機能，亦會影響水表面與空氣中物質的交換。如果這些面狀設施所排放的廢棄物的累積量過大，會造成溪流無法消化這些物質，溪流自淨能力也因此益加減弱，最後污染物質含量過高，水中生物種類和族群數量減少，整個自然溪流生態結構就被瓦解。除了上述點、線、面的設施外，遊客的行為對自然生態體系的影響也不容忽視，野生動、植物原本具有在生理上、行為活動上和環境相協調，並具有準確的時間配合能力，隨著一天 24 小時的時間變化，生理機能

也隨時在改變，體溫、血糖含量、基礎代謝率等生理活動都有明顯的晝夜變化規律，長期的環境規律，使生物能預先感受到即將到來的環境變化，而產生適應的行為改變。七家灣溪生存的櫻花鉤吻鮭，其產卵季節是在每年十月至十一月間，因上、下游水溫不同，產卵時間就有些微不同，魚卵、魚苗、成魚的適水溫在七家灣溪已近臨界值，如果車輛排熱、焚化爐排放熱氣在上游集水區山谷中不易散發，造成區域氣候改變，很可能魚卵的孵化、魚苗的生存會受到威脅，族群也將受到嚴重影響。假若氣候改變，使植物落葉時間延後，則水生昆蟲的食物來源受到限制，這將會影響魚苗的食物來源。另外遊客踐踏坡面植被造成表土裸露，攀折花木，踐踏溪岸、溪床，改變溪床地形，擾動底質、於溪邊炊事、洗滌、戲水，污染水質、車輛行駛油污滴漏隨逕流水流入溪中，停車時空調仍在運轉造成熱空氣四溢，登山走捷徑造成沖蝕溝，宿營時或行徑間大聲嬉戲，驚嚇野生動物，影響鳥類築巢，和造成卵殼易碎的現象。陸生和水生魚類在生殖季節時，如果頻頻受干擾，這將影響其生殖行為，卵則不易孵化，如果在撫育期時，幼生動物很可能因缺糧而死亡，或被其他動物掠食。野生動物嗅覺非常敏銳，人類經常性的行為，使野生動物遠離，造成活動空間減少。遊客行為中，採集枯木進行野炊，有時因



用火不慎，造成森林火災，這些對上游集水區的自然生態體系都會造成影響。國家公園設立後，遊客行為和活動範圍都會受到限制，登山的管制措施雖然造成遊客申請手續的麻煩，但卻可以使資源永續經營，也可以使後來的人，同樣享受美好景觀和自然資源。

#### 九、社區與居民活動對上游集水區自然生態體系的影響

上游集水區在過去係原住民活動居住的地域，一般是順著河流兩側山嶺脊線向上、下游遷移拓展，以雪霸國家公園內過去最主要活動族群—泰雅族為例，他們是以小單位遷居為主，習慣將其居住的房舍，建築在山腹角階地，團體組織小，傳統的生活方式是以家庭性勞力操作為主，利用天然資源自給自足，農耕型態以簡單的燒墾游耕的方式，其過程大致是以砍伐樹木、放火燒地、整地、下種、除草、收割等順序，主要農作物是根莖類作物及雜糧。泰雅族人狩獵、採集，在生活中佔的比重頗高，常因耕地和獵物不足而進行遷徙，遇有凶死和難產及室內葬已滿的情況，他們也會另覓新居，棄置的家屋絕對不再重覆利用。泰雅族狩獵時間通常是在秋冬，此時作物採收完畢，有較多的糧食供長途行走之用，狩獵前需先占吉凶並遵循一定禁忌，途中行鳥占後才正式開始狩獵，隨身配帶刀、弓箭、和投擲器，取得足夠的獵物後，返回部落並舉行分配儀式。此外也會在溪中

進行魚類捕撈，並且有一定的捕魚界域。泰雅族群的生活方式；遷徙、游耕，狩獵方式和禁忌，都以自然資源恢復能力作經營考量。日據時期，日人推展水田、旱田混種的耕種型態，使泰雅族部落遠離其原先的生活範圍，農業比重提高，採集、狩獵生活方式逐漸萎縮，犁耕、灌溉、耕作器具的改變，施肥、劃定大面積的開墾區，以及晚近的機械化耕種、經濟作物的推廣等，都使泰雅族人與土地的關係和傳統上大大不同。中橫開通之後，上游集水區的居民結構改變，漢人開始大量湧入，依資料顯示，大梨山地區在1970年時，約伍仟人，1974年時人口已達48000人，這些增加的人口，沿著公路兩旁形成新的社區，也造成上游集水區新的污染排放源，社區建築、不透水面積增加，逕流增加，溪水水溫、水量、水深變化增加，髒亂的街道因風的作用產生大量的氣載顆粒物，家庭燃燒的廢氣、生活廢水及固體廢棄物，皆因缺乏妥善的處理，而直接、間接影響上游集水區的自然生態體系，而影響的程度和範圍，與氣象因子和地理條件都有相關。排入空氣的某些廢棄物質在日光的作用下進行光化學反應，居民排出的二氧化硫、總懸浮顆粒、一氧化碳、二氧化碳、碳氫化合物、二氧化氮，經光化學反應，形成酸雨和其他對生物有影響的物質，可能會使植物葉子光合作用和呼吸作用受阻、葉子變色

、枯萎，樹木成長減緩，對動物的呼吸系統亦會影響，梨山地區的雨水偏酸，其成因目前仍在推測，但其長期對生物的影響，卻不容忽視。社區生產之有機廢棄物，含金屬物質及難以腐化之垃圾隨逕流進入溪流，使水中化學物質濃度增加，溪底底質改變，生物社會結構改變，在武陵地區的水質監測資料中，水中酚的含量介於 N.D. ~ 181.9ppb 之間，目前甲類陸域地面酚之水質標準為 1 ppb，水產用水基準為 10 ppb，而各測站中的酚含量大多高於此標準，因酚有毒性，而其污染源常為工廠，但各測站附近又無工廠，其值何以偏高，是否與大氣的沈降作用有關？有待進一步觀察。在七家灣溪中段有勝溪，水質測定中之大腸桿菌數含量都超過水質標準值太多，總生菌數含量也較高，這是由生活廢水和垃圾滲出水所造成，BOD 值亦會受影響而升高。在大甲溪上游環山部落附近的水質也有相同的情形，而農業活動中施肥也多少會有類似影響。社區居民的垃圾等固體廢棄物，經常就地焚燒或倒棄在山溝溪岸邊，影響了空氣也干擾、地表水流動和影響溪岸生態。野生動物攝食這些物質，對其生理會造成影響，我們在鳥類胃中發現易開罐拉環，羽毛被油漬沾污，大型動物胃中含塑膠製品，水中魚體有異味。野生動物覓食行為改變，烏鴉等鳥類聚集在餒水桶旁邊攝食，變成優勢種，改變生物群聚

結構。間接也使依賴動物播種的植物受到影響。居民飼養禽隻、畜類，這些禽畜類疾病也很可能傳染給當地野生動物，而造成某種野生動物大量死亡。假若居民引進外來種動物繁殖，對野生動物族群會產生影響，甚至也會造成優勢種出現，如陽明山的“野狗”。居民自行焚燒廢棄物也是森林火災造成的主要成因，居民以現代科技捕獵野生動物，已直接造成上游集水區野生動物族群極速減少，而某一族群數量已低於最低可能繁衍的族群數量時，該物種就等於是滅種，例如台灣雲豹。假如有一天大型食肉性的動物在台灣滅絕，可以想像草食性動物將對台灣植群產生極大的變化。

## 十、結語

台灣與其他開發中國家一樣，在基礎生態調查研究方面，都欠缺許多可供參考之數據，對於土地利用開發而影響自然體系的分析工作及影響模式的建立，都無法精確地作到，所以要建立一些關係式來對自然體系之影響進行評價工作是有困難的，因此，在無形效益無法數量化，政府與農民或土地開發者又很難有直接性的感受之下，要推動上游集水區土地利用的規劃工作，實屬困難。環境經濟學者通常將人類活動與自然體系的相互作用，依照分析時間的連續性與不連續性和空間上的分析範圍大小，以及所採用的人力與分析工具，試圖建立影

響模式，然而因為資料和數據的蒐集不足，往往所建立的分析模式在實際驗證過程中，產生精確度不足的現象，當然精確度要高，所要費用相對的也較高。台灣因缺乏能分析的數據與資料，在這種情況下，只能根據現場觀察到的定性現象和極少的實測量值，來說明人類活動對自然體系可能的影響趨勢。本文僅以生態保育觀點來評述，希望以生態上的語言代替經濟量化的說明，雖然影響集水區的經營管理還要考慮社會、法制、經濟、行政、決策者的政策等因素，然而在「水資源缺乏將影響全球經濟發展，甚至發生戰爭」的預言中，相信政府與民眾應會漸漸注意到上游集水區的生態保育問題。

## 十一、參考文獻

余廷基、賴仲義、黃長俊、楊明道，1987，櫻花鉤吻  
鮭繁殖試驗，農委會76年生態研究第006號，41  
頁。

呂金誠，1990，野火對台灣主要森林生態系影響之研  
究，國立中興大學植物學研究所博士論文。

呂金誠、蔡進來、林昭遠、陳明義，1986，人倫台灣  
二葉松火燒後之植群演替，國立中興大學實驗林研究  
報告，7：11-22。

李玲玲、羅仕治，1994，大型哺乳動物族群與習性之  
研究(武陵地區)，雪霸國家公園管理處委託研究報  
告。

李玲玲、朱賢斌，1995，大型哺乳動物族群與習性之  
研究(雪見地區)，雪霸國家公園管理處委託研究報  
告。

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008號，  
18頁。

金鑒明、王禮嬭、薛達元，1996，自然保護概論，中華民國國家公園學會保育出版社。

金桓鑣、夏禹九、黃正良、陳春雄、黃柄炎，1984，蓮花池試驗集水區暴雨時期水文特性及其與溪水懸浮質、養分濃度的關係，台灣省林業試驗所試驗報告第427號，32頁。

吳祥堅，1986，虎皮蛙幼生期之呼吸生理生態學研究，陽明山國家公園管理處研究報告，P：79。

吳祥堅，1987，帝雉人工繁殖之初步研究，陽明山國家公園管理處研究報告，P：58。

吳祥堅，1991，非洲塘虱魚，*Clarias fariiepinus*，生殖週期和人工繁養殖之研究，中華民國駐沙烏地阿拉伯漁技團，利雅得，P：56。

吳祥堅，1994，國寶魚—櫻花鉤吻鮭（台灣鱒），雪霸國家公園簡訊1，簡訊2。

吳祥堅、林培旺，1995，櫻花鉤吻鮭（*Oncorhynchus masou formosanus*）野生種魚觀察與人工繁養殖試驗，雪霸國家公園管理處研究報告，25頁。

吳祥堅、郭漢鎧，1997，南湖溪水質之調查研究，雪霸國家公園管理處研究報告。

夏禹久、金恆鑣、洪富文、黃正良、王立志、劉瓊霖，1994，植生型與施肥作業對濱岸帶土壤水化學性質的影響，林業試驗所研究報告季刊9（1）：39-50。

陳弘成，1994，溪流水源水質監測系統之規劃與調查—武陵地區，雪霸國家公園管理處，73頁。

陳弘成，1995，溪流水源水質監測系統之規劃與調查—武陵地區，雪霸國家公園管理處，104頁。

陳弘成，1996，溪流水源水質監測系統之規劃與調查—武陵地區，雪霸國家公園管理處，107頁。

陳弘成，1997，溪流水源水質監測系統之規劃與調查—武陵地區，雪霸國家公園管理處，88頁。

陳弘成，1998，溪流水源水質監測系統之規劃與調查—武陵地區（期中報告），雪霸國家公園管理處，48頁。



陳尊賢、謝長富、劉禎祺、林崇明，1996，河岸森林緩衝帶對水庫鄰近果園養分之截取作用：以台灣兩水庫之研究為例，中興大學水土保持研究所與台灣省林業試驗所合辦「河川、溪流及水庫保護帶」研討會論文集，PP：24-63。

陳明義、施纓煜，1997，野火影響環山與雪山地區植群之研究（I），雪霸國家公園管理處委託研究報告。

陳明義、施纓煜，1998，野火影響環山與雪山地區植群之研究（II）（期中報告），雪霸國家公園管理處委託研究報告。

陳昭明、沈振奇，1996，武陵地區遊客承載量之研究，雪霸國家公園管理處委託研究報告。

郭城孟，1995，七家灣溪潛在植被之研究，雪霸國家公園管理處委託研究報告。

湯弘吉、彭弘光、余廷基，1987，養殖環境對香魚之生殖周期、性腺成熟及卵質之影響，中央研究院動物所與農委會漁業處合辦「魚類生殖與內分泌之基礎及應用」研討會論文專集，PP：249-262。

張石角，1989，櫻花鉤吻鮭保護區規劃，農委會 78 年生態研究第 010 號，78 頁。

張石角，1994，雪霸國家公園災害敏感之調查與防範之研究（武陵地區），雪霸國家公園管理處。

楊正雄，1997，水溫對櫻花鉤吻鮭族群的影響，國立清華大學碩士論文。

楊平世、林曜松、黃國靖、梁世雄、謝森和、曾晴賢，1986，武陵農場流域水棲昆蟲相及生態調查，農委會 75 年生態研究第 001 號。

楊平世、汪良仲，1996，七家灣溪的水棲昆蟲監測調查，雪霸國家公園管理處委託研究報告。

過孝民、張慧勤、朱惠清，1989，環境經濟評估指引，科技圖書股份有限公司。（譯自 MM. Hufschmidt 所著 *An Economic Valuation Guide*）

鄧火土，1959，台灣高地產陸封鮭魚的形態與生態，台灣省水產試驗所報告，PP：77-82。

鄭皆達、游繁結、吳輝龍，1992，水庫集水區經營，林業特刊第 38 號，行政院農業委員會。

鄭皆達，1997，森林與水質源，水資源保育及防災研究中心。

鄭皆達、謝政道，1997，全方位水資源保育，水資源保育及防災研究中心。

劉益昌，1997，大安溪後龍溪上游的住民，雪霸國家公園解說叢書。

諸葛陽，1991，生態平衡與自然保護，淑馨出版社。

*Hausle, D.A., and D.W.Coble, 1976, Influence of sand inredds on survival and emergence of Brook trout (Salvelinus fontinalis) Trans.Am. Fish.Soc.105 (1) : 57-63.*

*Shirazi, M.A., and W.K.seim, 1981, Stream system evaluation with emphasis on spawning habitat for salmonid. Water resources research. 17 (3) : 592-594.*

統一編號

002294870048