

七家灣溪拆壩後上下游的生態模式比較

林安正*、林幸助
中興大學生命科學系

摘要

七家灣溪一號防砂壩於2011年拆除，短時間內對單一類群生物的衝擊有限且不明顯，須從更宏觀的視角與長時間的監測分析拆壩對生態系統的影響，因此應用Ecopath with Ecosim軟體建構一號壩上游與下游測站的食物網模式，且持續監測至2019年。分析結果顯示上下游測站皆為上而下控制(Top-Down)的食物網系統，河烏與水棲捕食性昆蟲為其最關鍵的物種，石附生藻則為優勢物種。2012與2013年的生態指標受到颱風衝擊，加上壩體拆除不久，上下游有不同的系統反應。但2018與2019的生態指標顯示不論上游與下游，皆較拆壩前(2009)有更成熟且穩定的系統，因此更確定拆壩對七家灣溪有正面的效益。拆壩後唯石附生藻過多，須改善流域營養鹽與光照，進一步提升系統的成熟度。

前言

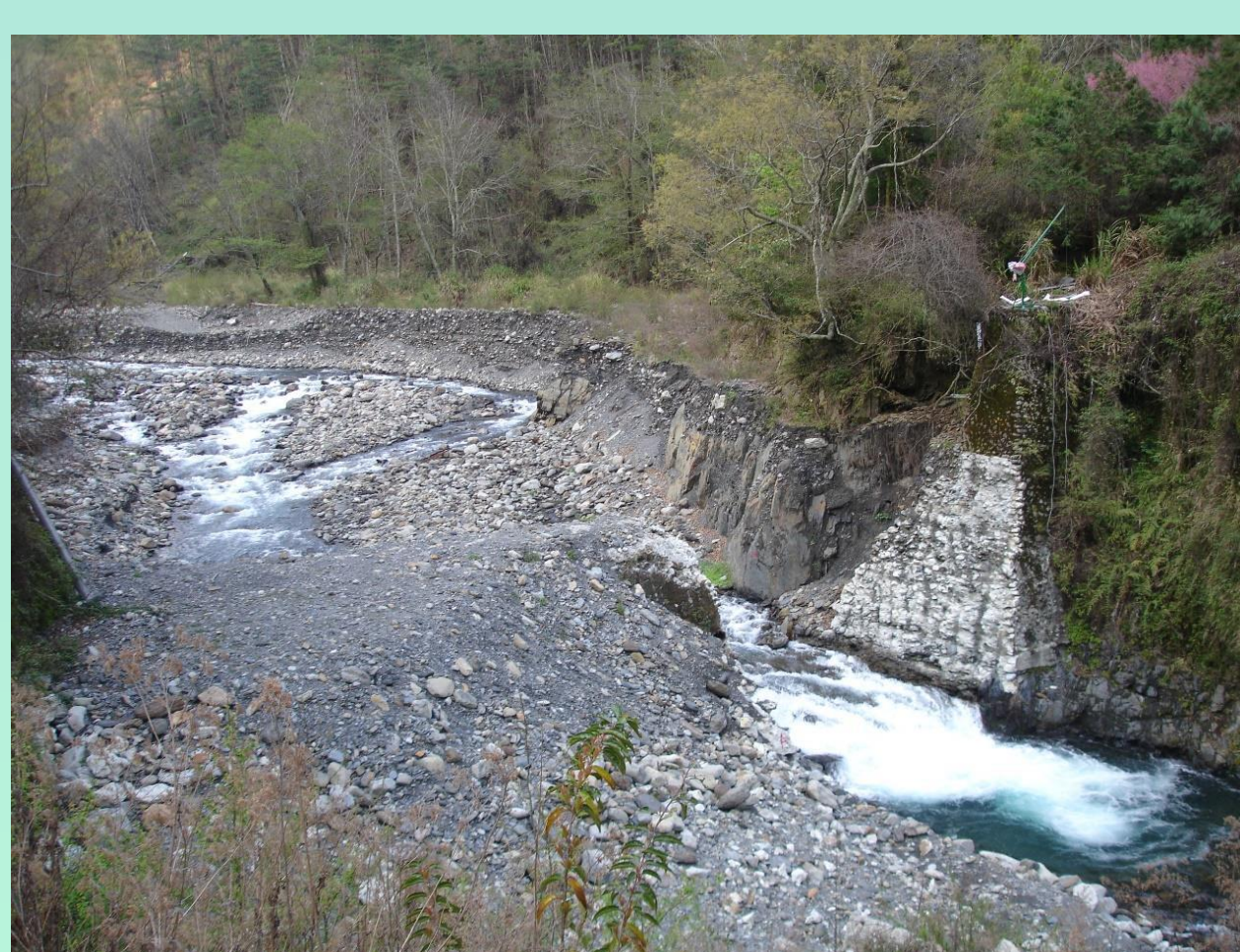
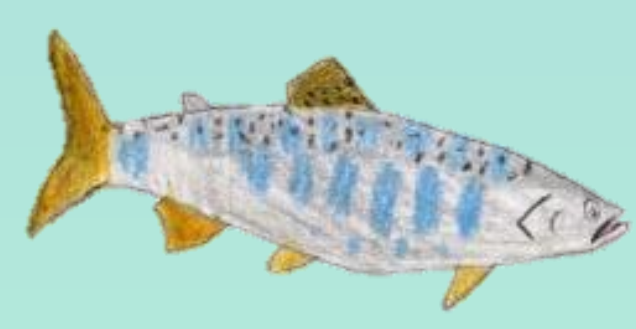
本計畫監測七家灣溪一號防砂壩於2011年5月拆除後之長期生態現象與過程(圖一)，探討壩體拆除對此生態系短期及長期的影響。

壩體拆除初步結果顯示(圖二)，鳥類、兩生類與魚類影響不大，有機碎屑與水質在兩週內回復至拆壩前的狀態，附生藻類則2至4週。水棲昆蟲產生約2.5個月的負面影響，拆壩後五年連續監測發現，水棲昆蟲的多樣性波動逐漸縮小，有逐漸回穩趨勢，由此可知拆壩的後續影響仍需持續監測。

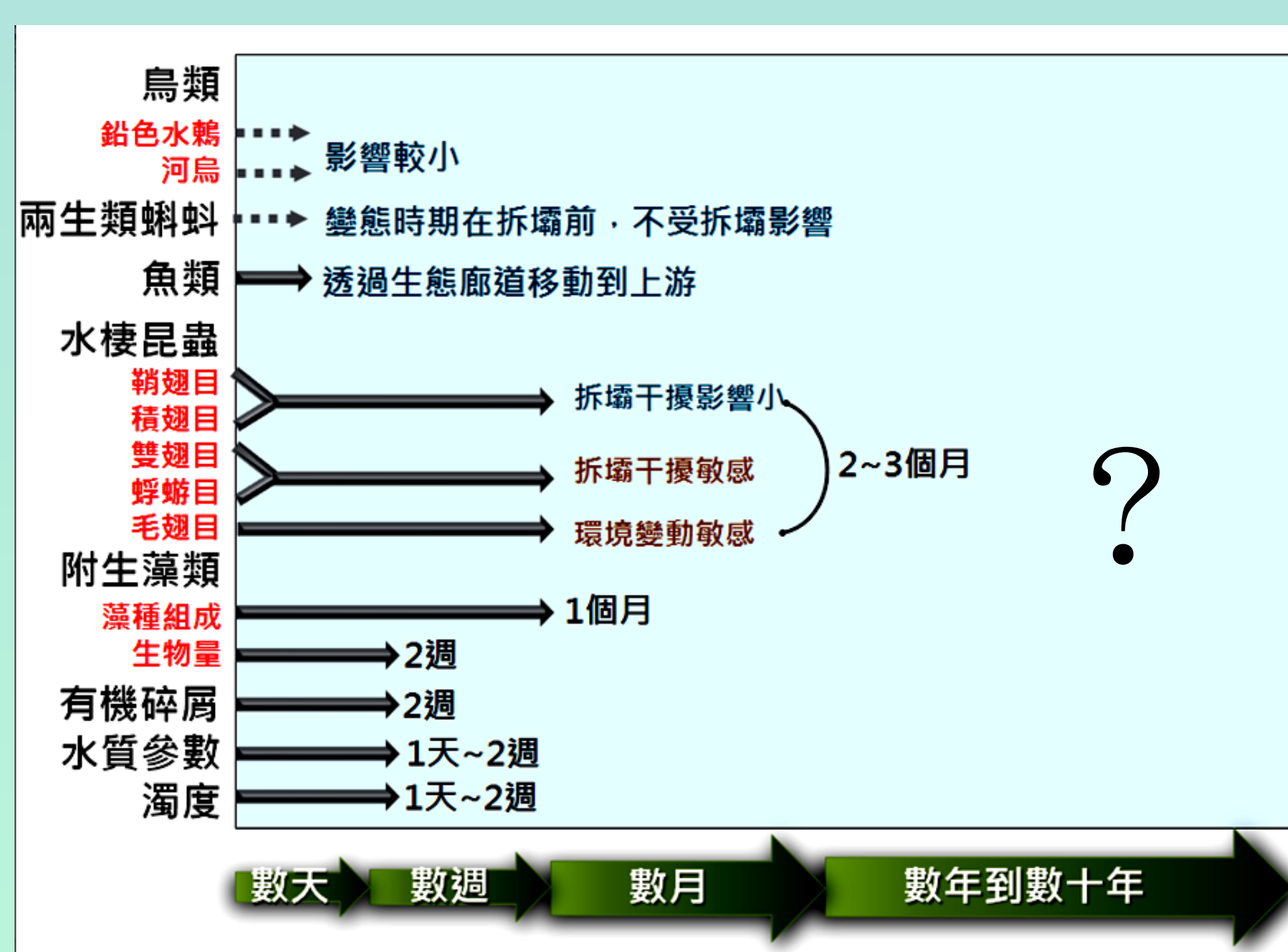
生態系統因結構複雜，許多生態過程與變遷緩慢，生物對環境的擾動反應有延遲效應，須通盤考量系統內的生物群集(食物網)與生態指標，才能更精準分析壩體拆除對系統的長期影響，繼而擬定更全面且完善的保育策略。

研究目的:

1. 建立一號壩上下游兩測站的食物網模式。
2. 找出上下游兩測站食物網中的關鍵物種。
3. 比較拆壩前後上下游測站各種生態指標的長期變化。



圖一、2011年5月，雪霸國家公園管理處完成七家灣溪一號防砂壩拆除工程。



圖二、七家灣溪一號壩拆除後短期的生物與環境回復概況圖。

研究方法

依循2005年武陵長期生態監測計畫所設的監測系統與永久測站，整合水文、藻類、水棲昆蟲、非水昆無脊椎動物、魚類與鳥類等時空動態資料，監測七家灣溪一號防砂壩拆除後的長期變化。

一、採樣地點

七家灣溪的一號壩上游的觀魚台與下游的繁殖場測站(圖三)。

二、採樣時間

本計畫共同採樣時間設為1、4、7、10月，分析整合2009、2012、2013、2018與2019五年的採樣資料。

三、食物網模式建構

以Ecopath with Ecosim軟體的質量平衡模式(Ecopath)建構食物網模式，模式基於物質平衡與能量平衡方程式，方程式如下:

$$\text{生產力} = \text{被掠食死亡} + \text{自然死亡} + \text{淨遷移} + \text{生物累積量}$$

$$\text{攝食量} = \text{生產量} + \text{呼吸量} + \text{未同化食物量}$$

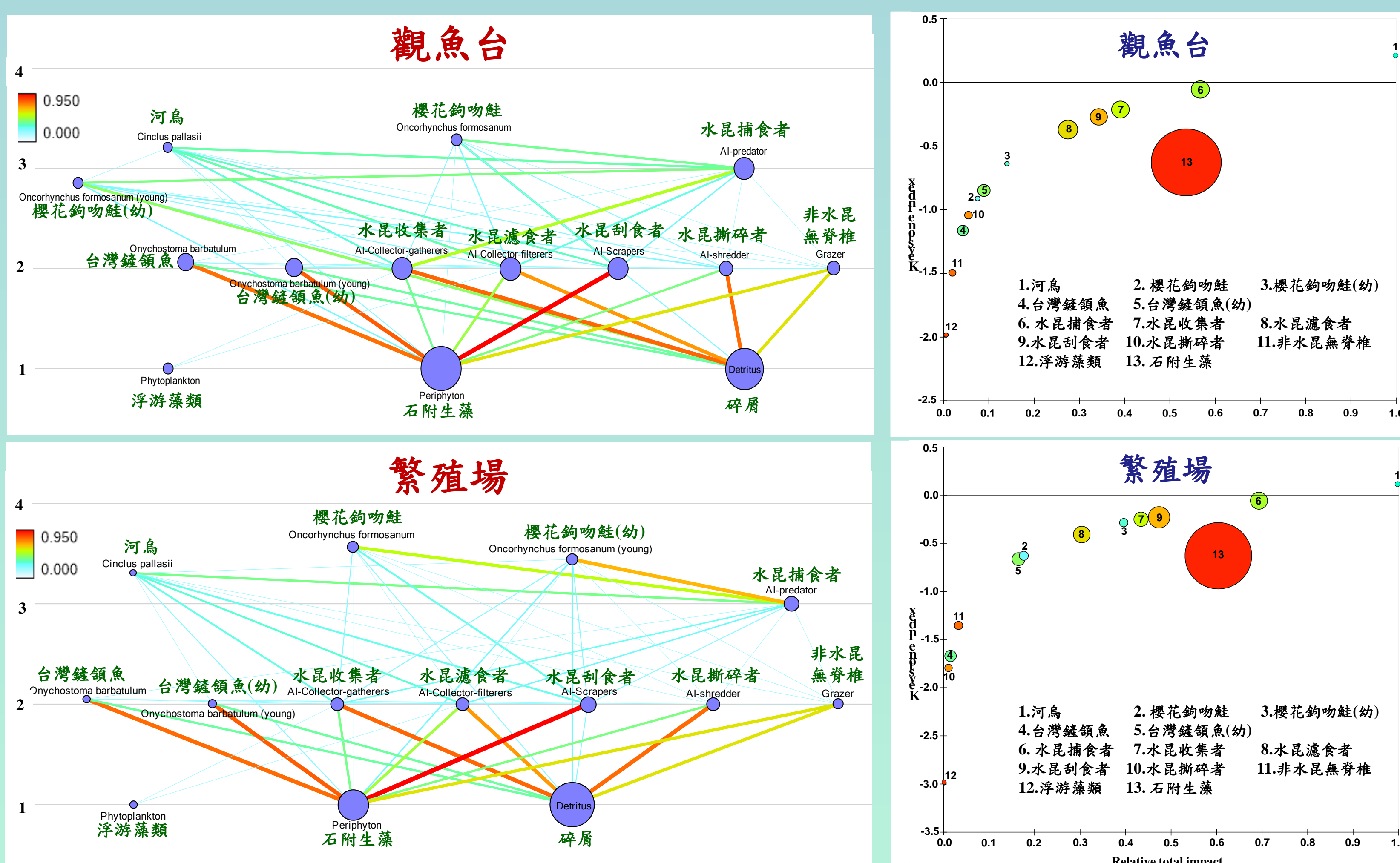


圖三、武陵長期生態監測共同測站。

結果與討論

觀魚台(上游)與繁殖場(下游)的食物網能流模式類似(圖四)，較大差異在繁殖場櫻花鉤吻鮭對水昆捕食者有較大的攝食比重，大幅提升櫻花鉤吻鮭幼魚的營養階層。另外繁殖場碎屑量高於石附生藻生物量，代表此區物質的再循環效率較差。

觀魚台與繁殖場的關鍵生物指數相似(圖五)，高階捕食者河烏為指數最高的功能群，水昆捕食者次之，顯示兩測站皆是由上而下控制(Top-Down)的生態系統。水昆刮食者、收集者與濾食者也有較高的關鍵指數，因為這三個功能群為此生態系統優勢功能群(石附生藻)的主要攝食者。高階消費者櫻花鉤吻鮭的關鍵指數反而沒有預期高，與攝食總量較低有關。



圖四、食物網能流圖(2019年)，上圖為觀魚台，下圖為繁殖場；縱軸為營養階層；圓圈大小代表生物量；線條表示食性關係，顏色越深代表連結強度。

圖五、關鍵生物指數(2019年)，縱軸為關鍵物種指數，橫軸為相對總影響。

拆壩隔年(2012)的資料顯示(表一)，下游繁殖場的各生態指標均優於拆壩前，顯示水文狀態的改變，立即提升下游環境。反觀2012上游觀魚台的生態指標大多些微下降，只有雜食性指數上升。直到2013上游觀魚台大部分的生態指數才有所提升，應是颱風將上游累積的沉積物釋放，系統才有所改善，下游繁殖場反而因上游帶來沉積物，使得大部分的生態指數退化。

2018與2019年，整體生態系統已趨於穩定，上下游的生態指標大多優於拆壩前(2009)，顯示拆壩能有效提升武陵河流系統的成熟度，增加抵抗外在干擾的能力(FCI與O/C值的提升)。

觀魚台(#4) 一號壩上游	2009					2012					2013					2018					2019																											
	系統總產量(TST)	總初級生產力與呼吸量比(TPP/TR)	物質循環指數(FCI)	食物鏈長度(FMPL)	系統連結指數(CI)	雜食性指數(SOI)	多樣性指數(Shannon)	系統回復力(O/C)	系統總產量(TST)	總初級生產力與呼吸量比(TPP/TR)	物質循環指數(FCI)	食物鏈長度(FMPL)	系統連結指數(CI)	雜食性指數(SOI)	多樣性指數(Shannon)	系統回復力(O/C)	系統總產量(TST)	總初級生產力與呼吸量比(TPP/TR)	物質循環指數(FCI)	食物鏈長度(FMPL)	系統連結指數(CI)	雜食性指數(SOI)	多樣性指數(Shannon)	系統回復力(O/C)	系統總產量(TST)	總初級生產力與呼吸量比(TPP/TR)	物質循環指數(FCI)	食物鏈長度(FMPL)	系統連結指數(CI)	雜食性指數(SOI)	多樣性指數(Shannon)	系統回復力(O/C)																
	1748.7	4.85	1.96	2.24	0.34	0.07	0.82	55.32	4897.4	4.93	1.41	2.20	0.31	0.13	0.79	50.45	1814.4	3.08	2.46	2.32	0.31	0.13	1.05	59.16	1436.2	7.22	0.96	2.14	0.28	0.11	0.71	46.20	1785.9	6.70	4.25	2.37	0.31	0.11	1.24	60.62	1984.9	9.38	3.05	2.26	0.31	0.17	1.02	55.3

表一、觀魚台與繁殖場測站各種生態指標於2011年拆壩前後的變化，黑體字:指數優於拆壩前(2009年)，總初級生產力與呼吸量比(TPP/TR)接近1較好，其餘指標越大越好。

結論

從各項生態指標的變化得知，一號防砂壩拆除對於七家灣溪的生態有正面助益，唯目前系統中的TPP/TR較拆壩前高(表一)，顯示初級生產力較高(石附生藻類過多)，除減少水中營養鹽輸入，也可提升沿岸植被遮蔽，減少溪流底部的光照。另外增加沿岸植生也可增加石附生藻的取食者豐度，例如水昆刮食者與收集者(圖四)，進一步降低石附生藻。