

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

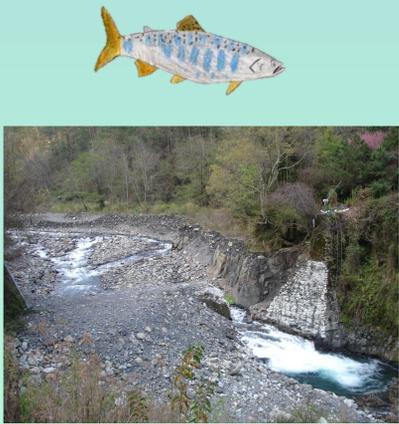
本計畫監測七家灣溪一號防砂壩於2011年5月拆除後之長期生態現象與過程(圖一)，探討壩體拆除對此生態系短期及長期的影響。

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。

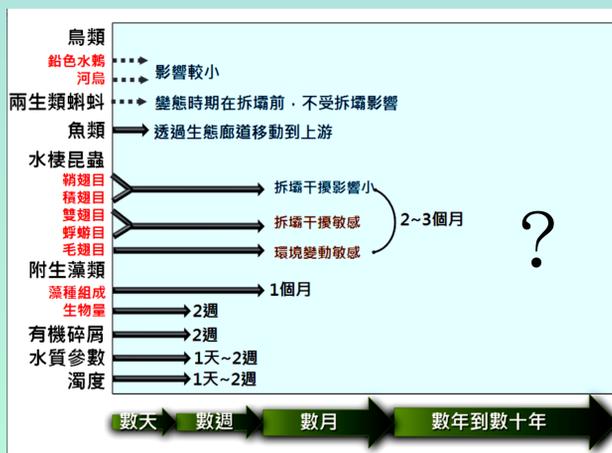
生態系統因結構複雜，許多生態過程與變遷緩慢，生物對環境的擾動反應有延遲效應，須通盤考量系統內的生物群集(食物網)與生態指標，才能更精準分析壩體拆除對系統的長期影響，繼而擬定更全面且完善的保育策略。

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

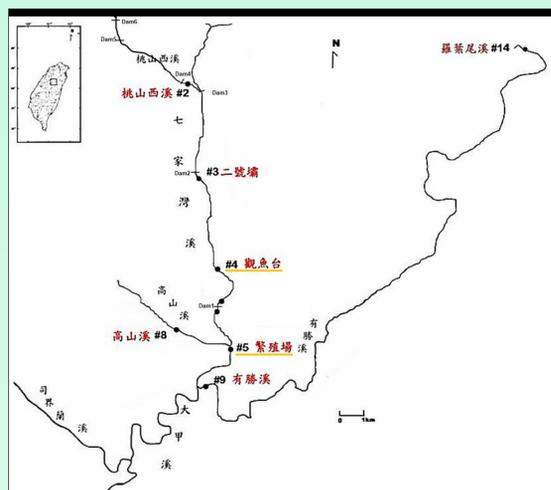
本計畫共同採樣時間設為1、4、7、10月，分析整合2009、2012、2013、2018與2019五年的採樣資料。

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:

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

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

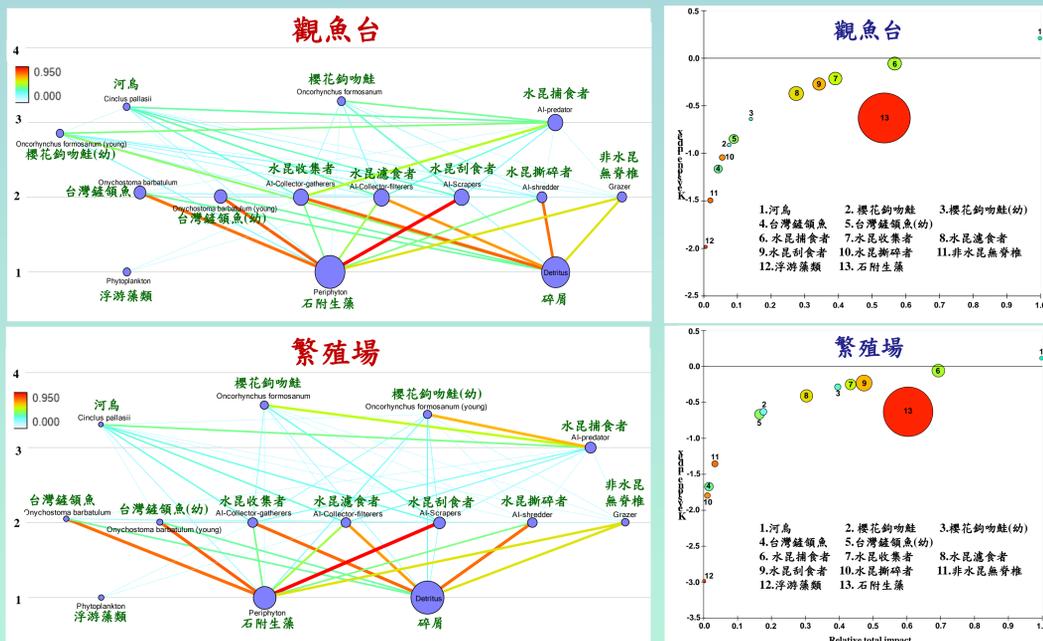


圖三、武陵長期生態監測共同測站。

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)。

測站	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)								
觀魚台(4) 一號壩上游	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	1386.5	4.39	2.21	2.26	0.31	0.08	0.89	60.98	2145.8	7.55	5.32	2.40	0.31	0.08	1.13	60.98	3435.9	10.52	4.28	2.30	0.31	0.07	0.84	56.17
繁殖場(5) 一號壩下游	587.5	5.24	1.61	2.21	0.29	0.07	0.84	53.57	1814.4	3.08	2.46	2.32	0.31	0.28	1.05	59.16	1436.2	7.22	0.96	2.14	0.28	0.14	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。