

# 「七家灣溪水文影像監測計畫」

委託單位：雪霸國家公園管理處

受委託者：財團法人成大研究發展基金會

研究主持人：王筱雯

執行單位：國立成功大學水利及海洋工程學系

## 雪霸國家公園管理處委託辦理報告

中華民國 104 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

## 目次

目次.....	I
圖目錄.....	III
表目錄.....	V
摘要.....	VI
第一章 前言.....	1
1.1 計畫緣起.....	1
1.2 工作內容.....	2
1.3 預期目標.....	2
第二章 文獻回顧.....	3
2.1 相關研究.....	3
2.2 拆壩與河道環境相關研究.....	15
第三章 研究區域基本資料.....	17
3-1 環境背景資料.....	17
3-2 基本資料蒐集.....	18
第四章 水文、影像監測與現地調查.....	23
4-1 定點監測.....	23
4-2 斷面測量.....	37
第五章 河道通洪能力與監測指標.....	42
5.1 河道通洪能力.....	42
5.2 監測指標.....	44
第六章 結論.....	48
6.1 結論.....	48

6.2 建議.....	48
附錄一 參考文獻.....	50
附錄二 期末審查意見回覆.....	54

## 圖目錄

圖 2-1 將 Marmot Dam 下游鮭魚撈起 .....	4
圖 2-2 壩體移除後即時影像圖 .....	5
圖 2-3 各階段時間序列泥砂含量圖 .....	5
圖 2-4 Marmot Dam 溯源侵蝕終點遷移歷程.....	6
圖 2-5 影像監測 .....	8
圖 2-6 水文泥砂監測 .....	9
圖 2-7 Condit Dam.....	11
圖 2-8 潰壩後上游之時間序列圖 .....	11
圖 2-9 壩體移除後河相演變時間示意圖 .....	15
圖 2-10 不同泥砂淤積高度與組成運移關係圖 .....	15
圖 2-11 七家灣溪河道演變模式 .....	16
圖 3-1 壩體拆除歷程 .....	18
圖 3-2 七家灣溪集水區 .....	19
圖 3-3 七家灣溪流域高程圖 .....	19
圖 3-4 七家灣溪流域坡度圖 .....	19
圖 3-5 七家灣溪流域地質圖 .....	19
圖 3-6 七家灣流域 2001、2002、2009 年崩塌地變遷 .....	20
圖 3-7 新舊崩塌地比對 .....	21
圖 4-1 萬壽橋水位測站之時水位資料 .....	24
圖 4-2 影像監測系統相關照片 .....	26
圖 4-3 S23 斷面左岸河道環境.....	37
圖 4-4 臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心河道環境.....	38
圖 4-5 S23 斷面(OK+48).....	39

圖 4-6 S18 斷面(OK-801).....	40
圖 4-7 S17-1 斷面(OK-880).....	41
圖 5-1 斷面最大可通洪流量 .....	42
圖 6-1 流量推估流程 .....	49

## 表目錄

表 2-1 高山溪與七家灣溪防砂壩興建及改善紀錄表 .....	13
表 2-2 高山溪攔砂壩興建及改善紀錄表 .....	14
表 4-1 梅雨事件七家灣溪一號壩測站監測影像 .....	27
表 4-2 蘇迪勒颱風期間七家灣溪一號壩測站監測影像 .....	28
表 4-2 蘇迪勒颱風期間七家灣溪一號壩測站監測影像(續).....	29
表 4-3 杜鵑颱風期間七家灣溪一號壩測站監測影像 .....	30
表 4-3 杜鵑颱風期間七家灣溪一號壩測站監測影像(續).....	31
表 4-4 梅雨事件臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心測站監測影像 .....	32
表 4-5 蘇迪勒颱風期間臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心測站監測 .....	33
表 4-5 蘇迪勒颱風期間臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心測站監測影像(續).....	34
表 4-6 杜鵑颱風期間臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心測站監測影像 .....	35
表 4-6 杜鵑颱風期間臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心測站監測影像(續).....	36
表 4-7 臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心周圍河道坡度 .....	41
表 5-1 七家灣溪一號壩壩體改善後河道變遷之監測指標 .....	46
表 5-2 七家灣溪一號壩壩體改善後河道變遷之作業方式 .....	47

## 摘要

七家灣溪一號壩於 2011 年 6 月初完成左側壩體移除工程，根據河道演變模式 (Channel Evolution Model)，由於拆壩形成的河川沖淤變化，包括大量泥砂運移、河床上下游型態改變，可能造成上游河道左右河岸坍塌，讓原始河道變寬，切割作用而改變斷面之形狀、淤積之泥砂輸送至下游，增加輸砂量，使得河床部分抬高，減少通洪面積，對下游環境造成影響，針對上述種種考量，實有必要持續性的監測水文及河相變化。

本委託計畫辦理七家灣溪萬壽橋水位、七家灣溪一號壩右岸及臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心周圍河道之影像監測，以瞭解洪水事件時河道之變遷，並透過河道通洪能力檢算評估臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心周圍河道淹水潛勢。根據最大可通洪流量評估結果顯示目前河道通洪能力可容納 20 年重現期距流量之颱風事件。

本委託辦理計畫依據七家灣溪一號壩壩體改善後監測之過去經驗(王筱雯 2011; 2012 2013; 2014)及本年度(2015)水文影像監測，針對壩體拆除後河道環境可能面臨之衝擊，以不同時間尺度及不同保全對象切入，規劃七家灣溪一號壩壩體改善後河道變遷之監測指標與作業方式，並提出供管理單位經營管理參考之建議，如下：

### (一) 水文監測儀器架設

萬壽橋水位測站於 2011 年 5 月 24 日架設雷達波水位計並開始記錄至今已逾五年，機器老舊與雨水滲入儀器導致損壞，因此水位資料僅記錄至 2015 年 8 月 15 日。水位記錄為洪災預警重要指標之一，本委託辦理計畫建議於萬壽橋重新架設雷達波水位計。同時，流量做為保護區經營管理各生物監測的重要環境因子參考，因此若能在預算許可情況下及保全鮭魚復育中心安全，儘量維持其監測性質的流量即時回報，或許該納入考量。據此，本委託辦理計畫另建議可增設微波雷達流速儀，進行表面流速紀錄，掌握颱風時期水位(H)及流速(Us)全時時序變

化，藉由斷面調查及 ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) 流量( $A*U$ ) 調查結果校正表面流速( $U_s$ ) 與平均流速( $U$ ) 之係數( $a$ ) 後，即可利用監測資料進行全時流量推估，此方法所估計之流量較面積權重法更為即時及準確，足供管理單位經營管理使用。

## (二) 保全區域例行性監測

### 1. 一號壩

針對一號壩上游 50 至 200 公尺之左岸側向侵蝕情形，以現地河床橫斷面高程調查輔以影像監測掌握河岸狀況，進一步評估保全措施。

### 2. 臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心

建議針對臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心周圍河道之淹水潛勢，以現地河床縱橫斷面高程調查輔以水文及影像監測掌握保全區域之河道狀況，以做立即性之應對。

## (三) 長期監測

七家灣溪河道在不同強度水文事件下之環境變動性與複雜性高，且拆壩至今已逾五年，因此針對河道環境現況整體了解有其必要。調查項目可參考本委託辦理計畫所提出之七家灣溪一號壩壩體改善後河道變遷指標，包含河道坡度、側向侵蝕、侵蝕土方量變化、崩塌地以及物理性棲地變遷等，另建議持續針對殘留壩體的安全性進行調查與了解，以進一步評估保全措施。



## 第一章 前言

### 1.1 計畫緣起

為了復育臺灣櫻花鉤吻鮭的棲地連續性，雪霸國家公園處於 2011 年五月底將七家灣溪主流上高度 13 m、庫區已淤滿的一號防砂壩進行左側壩體的拆除。一號壩拆除工程進行階段，為了施工安全的考量，施工單位先行對壩體上游之淤砂進行整理與篩選，並回填至壩體下游右岸處，待回填砂石與河道導引後甫以怪手與破碎機進行壩體拆除工程。

壩體移除後的數月內，溯源侵蝕以拋物面狀的方式向上游傳遞。根據王筱雯(2011)河道縱斷面調查監測結果，溯源侵蝕終點自拆壩後第一場洪水事件往上游延伸至壩上 200 m 處後，其侵蝕速度即減緩；而壩下游泥砂堆積範圍持續往下游延伸，壩下游 500 m 處的淤積形成平坦且緩慢的流況，且主深槽擺盪明顯並偏向右岸，而由於原本淤積於壩體後方之細顆粒被帶往下游，故下游粒徑較拆壩前細化。

根據河道演變模式(Channel Evolution Model)，由於拆壩形成的河川沖淤變化，包括大量泥砂運移、河床上下游型態改變，可能造成上游河道左右河岸坍塌，讓原始河道變寬，切割作用而改變斷面之形狀、淤積之泥砂輸送至下游，增加輸砂量，使得河床部分抬高，且鮭魚生存環境與水質等的重要之物理棲地條件可能會受到衝擊。

本委託辦理計畫針對壩體移除後上游河床下切與下游河床淤高之影響，進一步對七家灣溪河道環境中因河相改變而對保全區域之可能影響深入分析，期望藉由長期的環境調查與紀錄提供國內壩體改善河相變化之與環境衝擊之重要參考依據。

## 1.2 工作內容

### (一) 監測地點

本委託計畫辦理於七家灣溪一號壩右岸及臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心設置影像監測系統，並於七家灣溪一號壩下游 1.8 km 處設置水位測站於萬壽橋上。

### (二) 工作項目

1. 辦理七家灣溪萬壽橋水位紀錄。
2. 辦理七家灣溪一號壩右岸及臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心周圍河道之影像紀錄，並分析洪水事件所造成之河道環境變遷。
3. 計算汛期前後臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心周圍河道可通洪流量。
4. 規劃七家灣溪一號壩壩體改善後河道變遷之監測指標及作業方式，以作為經營管理參考。

## 1.3 預期目標

- (一) 藉由現地調查與評估，瞭解洪水期間河道之變遷
- (二) 透過評估，了解壩體改善後對下游保全區域淹水之潛勢
- (三) 依據監測評估資料，提出環境維護與適應性管理之建議，並規劃七家灣溪一號壩壩體改善後河道變遷之監測指標及作業方式

## 第二章 文獻回顧

### 2.1 相關研究

有關壩體移除的相關研究，國外至今已累積無數經驗，這些案例在不同環境背景下之目的，包括壩體老舊的安全顧慮，或原有功能喪失時之重新思考，以提供洄游性魚類通道或擴增魚類棲地之用等。國外的壩體拆除原因，除了生態層面的考量(如暢通魚類洄游通道、棲地與河流生態考量)之外，安全層面(如因壩體老舊或損壞而有安全顧慮)與經濟效益層面(壩體原興建功能已經喪失、原有功能被取代、或功能經評估不符經濟效益)的考量，皆是促成拆除壩體之可能原因(王筱雯等人，2013)。當壩體拆除後，大量的泥砂運移將使得河床上下游型態受到改變，進而可能對物理棲地環境、水文、水質以及人類活動造成影響，因此壩體拆除前後持續性的監測有其必要性。

#### (一) 國外案例

##### 1. Marmot Dam

Marmot Dam 位於美國奧勒岡州 Sandy River，因發電與供水需求而興建於 1909 年，集水區面積約 1316 km<sup>2</sup>，其壩高 15 m。根據 Stewart and Grant (2005)，Marmot Dam 於拆壩前攔蓄近 750,000 m<sup>3</sup> 的粗細粒徑的泥砂，淤砂坡度向上游延伸了近 3.5 km。由於 Marmot Dam 隔絕魚類往來的通道造成魚類洄游問題，且在 1989 年時已失去原本的功效，而在 1999 年時，波特蘭電力公司(Portland General Electric, PGE)開始評估將其移除的規畫，一方面為避免潰壩造成的危險，一方面也希望幫助野生鮭魚在 Sandy River 之復育。

Marmot Dam 拆除計劃於 2007 年 7 月 24 日開始。Marmot Dam 的拆除方式主要與建壩時相同。首先將水位降低，於原壩址上游設置以當地土石材質，所堆置成暫時性圍堰(coffer dam)將水導開後，再針對混凝土壩體以炸藥進行爆破，混

凝土壩體結構於九月底全數移除。同年 10 月，生物學家先行遷移數百條在影響河道範圍的魚類，移至相關養殖區放置，以免在壩體移除後，泥砂所造成河道濁度飆高，使得當地鮭魚的滅亡，如圖 2-1。在 Marmot Dam 壩體拆除後，隨著一場颱風事件後，上游所堆置成暫時性圍堰將會被侵蝕而倒塌，其歷經過程如圖 2-2 所示(王筱雯，2010)。

波特蘭電力公司、其他相關政府、學術單位及私人企業等為掌握拆壩前後河床演變特性與趨勢，於 2000 年開始進行相關監測，監測項目包含：(1)壩上下游流量、泥砂監測；(2)河道地形調查；(3)影像監測(壩體拆除期間)；(4)溯源侵蝕點遷移；(5)河床質調查。

根據 Cui et al. (2006)監測結果，由圖 2-3 各階段泥砂含量時間序列圖，可知圍堰被沖毀後的數小時內，泥砂濃度上升，但約 12 小時後，則趨於回穩。根據調查，魚類往上洄游多了近 150 km 的棲地可供利用，已在原壩址上游發現為數不少的鮭魚(王筱雯，2010)。Major et al. (2012)透過影像監測及地形量測，分析潰壩後溯源侵蝕點遷移(圖 2-4)及侵蝕土方量。潰壩後 60 小時，溯源侵蝕終點已上溯至壩上游 400 m，溯源侵蝕速率約 480~4800 m/day，總計約 125,000 m<sup>3</sup> 土方量(佔原庫區之 17%)被帶往下游。潰壩後 11 個月(2008 年 9 月)，溯源侵蝕終點上溯至壩上游 2 km，拆壩後累計約 373,000 m<sup>3</sup> 土方量(佔原庫區之 50%)被帶往下游。



圖 2-1 將 Marmot Dam 下游鮭魚撈起 (<http://www.marmotdam.com/>)



圖 2-2 壩體移除後即時影像圖 (<http://www.marmotdam.com/>)

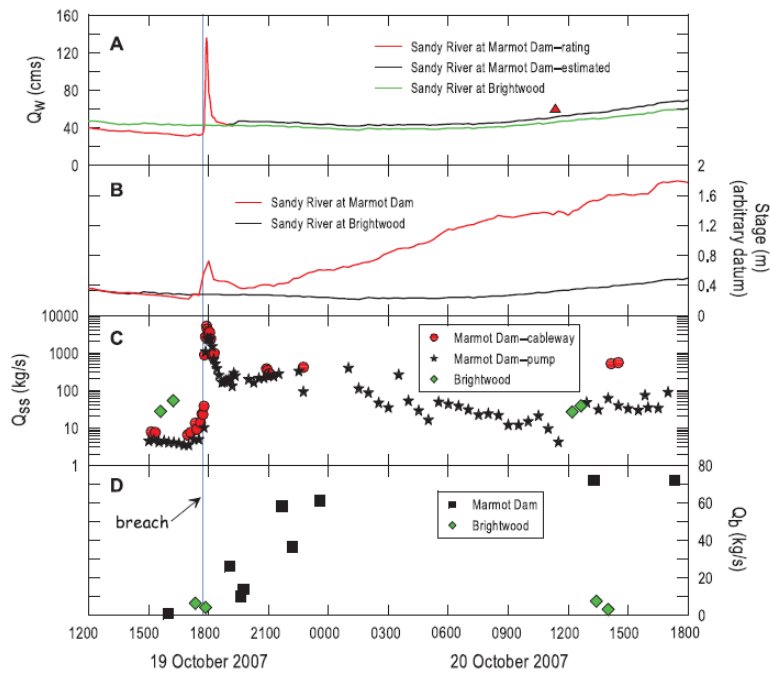
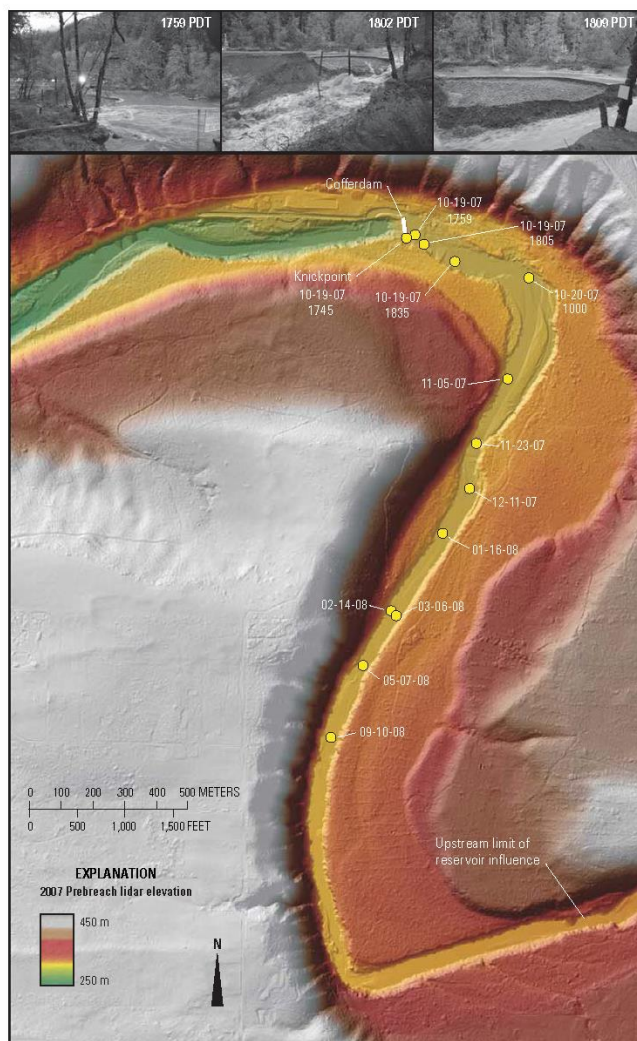


圖 2-3 各階段時間序列泥砂含量圖 (Cui et al., 2006)



Base map modified from Oregon Department of Geology and Mineral Industries 2007 digital data, 1-meter resolution. Lambert Conformal Conic projection. Horizontal datum: North American Datum of 1983.

圖 2-4 Marmot Dam 溯源侵蝕終點遷移歷程 (Major et al, 2012)

## 2. Elwha Dam 與 Glines Canyon Dam

Elwha Dam 位於美國華盛頓州 Elwha River 上、Strait of Juan de Fuca 出海口上游 7.4 km 處，因伐木業與造紙業之用电需求而興建於 1913 年，其壩體為混擬土重力壩，壩高 32 m，蓄水後形成容量約為 9.83 Mm<sup>3</sup> 的 Aldweel 湖。Glines Canyon Dam 位於 Elwha Dam 上游 14.2 km 處，同因用电需求而興建於 1927 年，其壩體為混擬土拱壩，壩高 64 m，蓄水後形成容量約 49.17 Mm<sup>3</sup> 的 Mills 湖。兩座大壩以發電為主要目的，須長年保持滿水位以達發電最大效益，因此不具有防洪與供水效益。根據 U.S. Department of Interior (1996) 調查，Elwha Dam 與 Glines Canyon

Dam 庫區影響上游超過 9 km 河段，因而減少洄游性鮭魚將近 90% 之棲息地，且由於攔阻上游泥砂與木材於庫區，減少了有機質傳輸且造成下游水溫升高 (Wunderlich et al., 1994)。Elwha Dam 於拆壩前攔蓄近  $5 \text{ Mm}^3$  的泥砂，泥砂組成為 47% 的泥、黏土與 53% 的粗粒徑泥砂；Glines Canyon Dam 於拆壩前攔蓄近  $16 \text{ Mm}^3$  的泥砂，泥砂組成為 44% 泥、黏土與 56% 粗粒徑泥砂 (Randle et al., 2014)。為恢復魚類洄游廊道並復育 Elwha River 生態系統，Olympic National Park 於 2011 年 9 月 17 日開始進行壩體拆除工程。Elwha Dam 與 Glines Canyon Dam 拆除工程係採用分段拆除的方式進行，考量魚類可能因工程所造成的濁度升高而無法溯產卵，拆除工程於每年 11 月 1 日至 12 月 31 日、5 月 1 日至 6 月 30 日以及 8 月 1 日至 9 月 15 日期間暫停，以降低拆壩過程對下游設施及生態系統的負面影響。至 2013 年 9 月中為止，Elwha Dam 已完全拆除完畢，Glines Canyon Dam 則於 2014 年夏天拆除完成。

美國地質調查所 (USGS) 與墾務局 (USBR) 等相關政府、學術單位等為掌握拆壩前後河道演變特性及建立河道泥砂收支系統，持續進行相關監測，監測項目包含：(1) 水位、泥砂監測；(2) 河道地形監測；(3) 影像監測；(4) 溯源侵蝕遷移監測；(5) 河床質調查；(6) 航照圖監測。

USGS 於 Glines Canyon Dam 下游共設置七處水文測站，其中三測站位於 Elwha Dam 下游，另於 Elwha Dam 下游設置一泥砂測站 (圖 2-6-A)。於 2011 年 9 月至 2013 年 9 月監測期間，由流量監測結果可知，拆壩期間發生多場小於兩年重現期距的降雨事件 (圖 2-6-E)，其中，最大強度事件發生於 2011 年 11 月 23 日，尖峰流量約為 291 cms。於 2012 年 10 月 31 日豪雨事件 (尖峰流量約 150 cms) 期間，輸砂率數日超過 1000 ton/day (Rkm 5.1，圖 2-6-D)，且大多數水位測站 (除 Rkm 12.4 外) 之記錄皆顯示發生 0.5 至 1.5 m 不等的淤積 (圖 2-6-B、圖 2-6-C)；2012 年 11 月 1 日至 14 日期間，位於 Aldwell 湖淤積三角洲上的 Rkm 12.4 的測站則因河道溯源侵蝕而下切 0.4m，指出溯源侵蝕終點在大流量時才開始遷移 (圖

2-6-B)。East et al. (2014)研究成果顯示，水位監測除反應水文事件外，亦可反應豪雨造成泥砂往下游傳遞過程。截至 2013 年 9 月中為止，兩壩庫區總計約 7.1 Mm<sup>3</sup> 的土方被帶往下游，造成河道普遍淤積高度約 1 m，河道型態由潭瀨演變為辮狀河道(East et al., 2014)

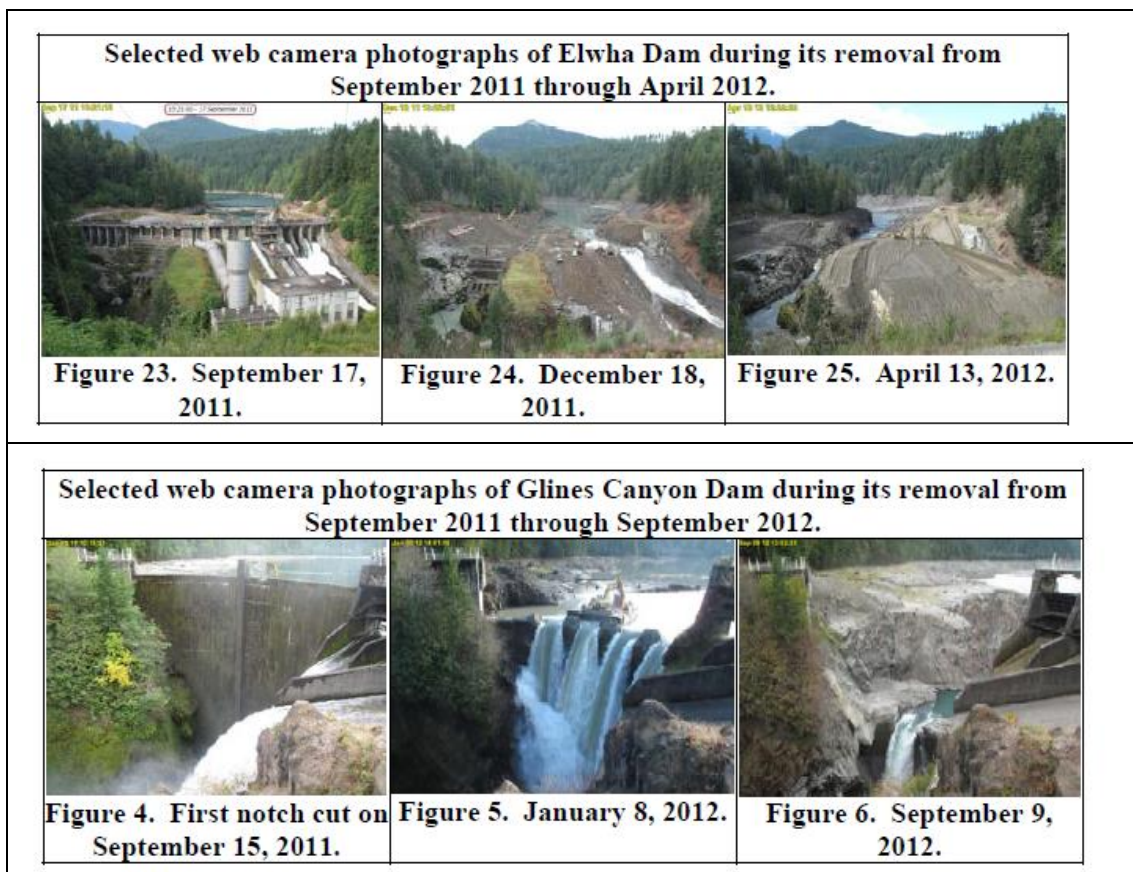


圖 2-5 影像監測 (Randle and Bountry, 2012)



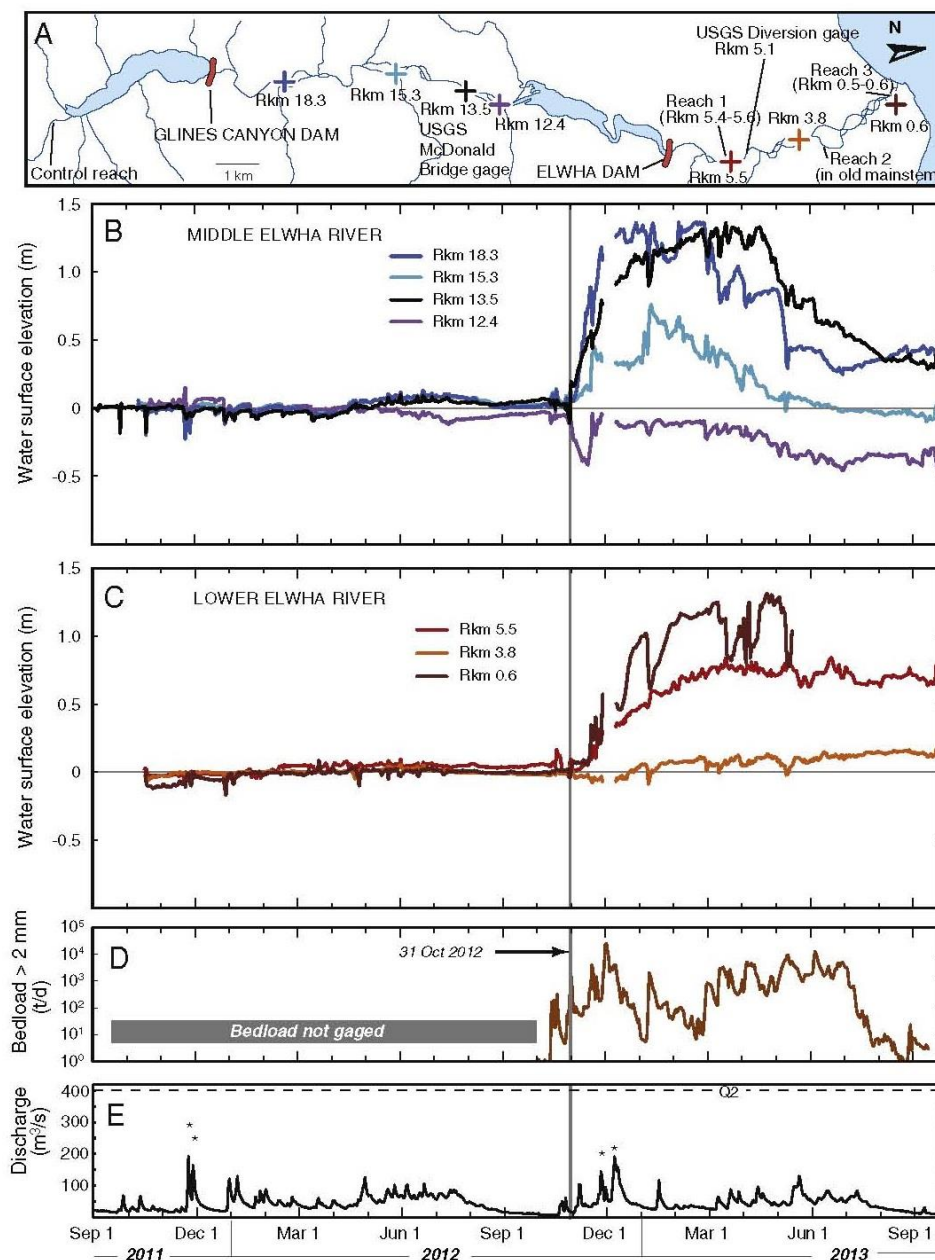


圖 2-6 水文泥砂監測 (East et al., 2014)

除了以上掌握長期監測的兩個拆壩案例之外，國外亦有些評估監測未竟完全的案例值得借鏡：美國紐約州 Hudson River 上的 Fort Edwards Dam 於 1973 年拆除時，工作人員發現下游魚類體內的多氯聯苯(PCBs)濃度開始增加，多年後仍居高不下，乃歸因拆壩時忽略藏在壩上游土砂中的污染物(Marks, 2007)。相關單位因此緊急掌握各面向的持續監測，時至今日，美國政府仍未開放捕撈條紋鱸魚，

就是因為魚體中的多氯聯苯濃度偏高之故；另一案例為美國加州 Clear Creek 上的 Saeltzer Dam，不若拆壩前根據約兩年現場調查與數值模擬結果(Stillwater Science, 1999)所評估之壩體拆除後將僅少量庫區泥砂會被帶往下游並對下游魚類之重要棲地影響不大，壩體於 2000 年秋季拆除後之第一年雖未有大型洪水事件(最大洪峰流量約為 35 cms)，僅約 4,500 m<sup>3</sup> 庫區泥砂被帶往下游(Stillwater Science, 2001)，但在氣候等不確定性下，2001 至 2003 年期間，共發生四場大事事件(尖峰流量>80cms)，約 40,000 m<sup>3</sup> 庫區泥砂被帶往下游，因而造成下游重要魚類棲地被覆蓋(Ferry and Miller, 2003; Miller and Vizcaino, 2004)。此兩案例突顯了環境條件變動下壩體拆除前後長期監測之重要性。

### 3. Condit Dam

Condit Dam 位於美國華盛頓的 White Salmon River，因水力發電需求而興建於 1912-1913 年，集水區面積約 990 km<sup>2</sup>，其壩高 38 m，設計蓄水量為 1.6 Mm<sup>3</sup> (Mead and Hunt et al., 2011)。水庫營運至今，庫區估計近 1.8 Mm<sup>3</sup> 泥砂淤積(Finley Engineering, 2006)，其泥砂組成為 60%砂土、35%淤泥和粘土，以及 5%砂礫(G & G Associates, 2004; Kleinfelder, 2007; Mead and Hunt et al., 2011)，泥砂供應主要來自於喀斯喀特山脈以及亞當斯山的層狀火山的土壤侵蝕量，年平均沖蝕量估計為 0.3 ton/ha-yr(Ambers, 2001; Roering et al., 2010; Czuba et al., 2011b)。

Condit Dam 於 2012 年被要求更新設備的經營許可證(美國聯邦能源監管委員會，2002)，因此相關單位決定在 2011 年以最低成本進行拆除工程，其拆壩方式為在水庫基礎中鑽掘一條寬 24 m 之隧道，以使水庫中的水砂迅速排空，於 2011 年 10 月 26 日進行爆破，潰後迅速造成水庫之水位下降，釋放水量約 160 Mm<sup>3</sup>，並將累積於水庫的泥砂順勢帶往下游，其餘之壩體結構分別在後續幾年內被拆除完。

相關單位在潰後持續進行河道地貌之監測工作，其監測結果顯示在潰壩 2 小時內約 10% 泥砂被帶往下游，24 小時內累積約達 20%，期間產生之高濃度含砂水流濃度高達 850000 mg/L，推移載則於數小時後往下游傳遞，如圖 2-7、2-8。

由上述監測結果顯示，控制潰壩後河道演變過程的條件，包含壩高、潰壩速率、泥砂組成等，其泥砂組成除影響下游流動條件及泥砂傳輸過程外，亦同時影響長期河道演變。

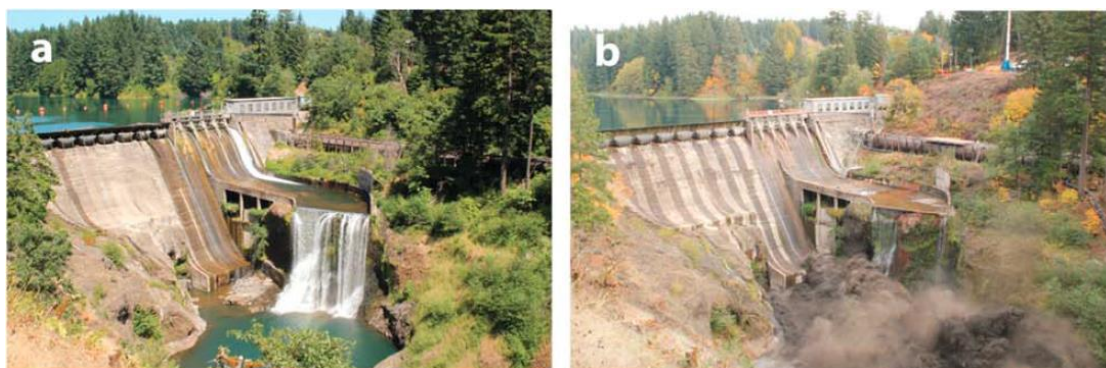


圖 2-7 Condit Dam (a)拆壩前(2011/08)；(b)爆破中(2011/10/26)

(Wilcox et al., 2013)



圖 2-8 潰壩後上游之時間序列圖 (從壩頂面向上游拍攝, Wilcox et al., 2013)

## (二) 國內案例

### 1. 高山溪一至四號防砂壩

自 1999 年起，雪霸國家公園針對防砂壩阻絕造成鮭魚族群洄游的屏障問題，開始著手評估壩體改善之研究。根據現場調查與水工模型試驗結果，並考量臺灣櫻花鉤吻鮭生態習性、當地氣候因素等，高山溪四座攔砂壩於 1999 年 4 月至 2001 年 10 月間陸續被拆除。高山溪四座防砂壩與七家灣溪一號壩壩體移除相關資訊如表 2-1 與表 2-2 所示。

為了了解壩體改善對於河道地形變化、棲地組成與鮭魚數量之影響，自壩體拆除之後，雪霸國家公園委託相關單位持續進行監測，魚類監測資料顯示，雖然施工期間對於鮭魚棲地產生衝擊，但於壩體改善 3 個月後已恢復以前狀況；且高山溪四號壩於 1999 年 4 月份完成改善後原本生存在三至四號壩河段的鮭魚，有通過四號壩口往上游動的現象。高山溪二至三號壩間河段已逐漸增加之鮭魚數量，顯示上游之族群亦有往下游動現象(王筱雯，2010)。葉昭憲、王永賢(2010)河道地形及棲地監測結果指出，由於壩體改善寬度不足，兩岸樹木由於暴雨及坡面崩塌而進入河道形成殘材壩，再次阻絕魚類洄游路徑，於汛期前先針對殘材予以處理裁切，並期望藉由洪水將殘材帶離壩址，此例突顯長期監測之重要性。

表 2-1 高山溪與七家灣溪防砂壩興建及改善紀錄表 (修改自王筱雯, 2010)

壩名	興建時間	壩高 (m)	改善年份 (施工期 20 天)	事項
高山溪 第四號	1978.01.15 ~ 1978.05.16	10	1999.04	族群調查發現高山溪鮭魚上溯至破壩上峽谷深潭河段棲息。尤以成鮭為主。(2000.06)
高山溪 第三號	1978.05.16 ~ 1978.06.19	10.5	2000.10	族群調查發現高山溪仍有一半數量的鮭魚棲息於高山溪上游，且已發現自然更新的幼鮭。
高山溪 第二號	1973.12.16 ~ 1974.07.21	14	2001.06	-
高山溪 第一號	1973.12.16 ~ 1974.07.21	14	2001.06	-
七家灣溪 一號壩	1972.04.21~ 1972.09.11	13	2011.06	因為河道窄縮、流速變快的關係，加劇下游兩岸沖刷，因此在一號壩的右側約 30 m 處設有蛇籠保護工程。

表 2-2 高山溪攔砂壩興建及改善紀錄表 (修改自王筱雯, 2010)

壩體名稱	改善前 廖林彥(2001) 王筱雯(2010)	改善後 廖林彥(2001) 王筱雯(2011)	現況 王筱雯(2010、2013)
高山溪 一號壩			
高山溪 二號壩			
高山溪 三號壩			
高山溪 四號壩			
七家灣溪 一號壩			

## 2.2 拆壩與河道環境相關研究

在河相演變方面，Pizzuto (2002)提出在壩體移除後的數個月內，經由河川劇烈的沖刷因而導致壩體上游區域的左右河岸坍塌，原始淤積之泥砂輸送至下游，隨著沖淤變化的演變，經過數月至數十年的時間後，河床形成新的平衡狀態。圖 2-9 為一簡化表示拆壩後歷經時間變化與各段的河相變化，明確指出壩體拆除後河相演變的時間尺度為至少十年，突顯了水文與泥砂長期監測之重要性。壩體移除造成河相的變化莫過於壩上游淤積的泥砂的運移情形，泥砂在將以不同的方式和過程逐漸往下游傳遞，其中淤積泥砂的厚度及河床底質粒徑組成，對於拆壩後河相的變化探討佔有很重要的影響力，而其中關鍵的影響因素即為壩高，如同圖 2-10 所示，當淤積泥砂的組成為細粒料泥砂時，溯源侵蝕為主要的侵蝕機制，在低流量的狀態即可以造成細粒料泥砂的沖刷，相反的粗顆粒在低流量的條件下不易被啟動，造成護甲現象的產生，也導致河床上坡度的不連續，形成一連串的跌水現象，若粒徑組成為偏大的礫石，則需有較大的洪水事件，才能造成顆粒的運移(王筱雯等人，2013)。

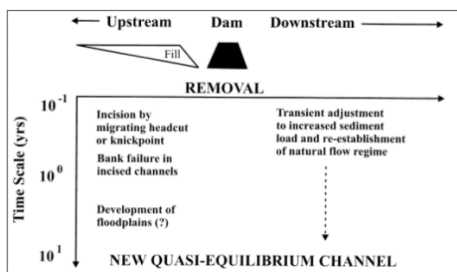


圖 2-9 壩體移除後河相演變時間示意圖 (Pizzuto, 2002)

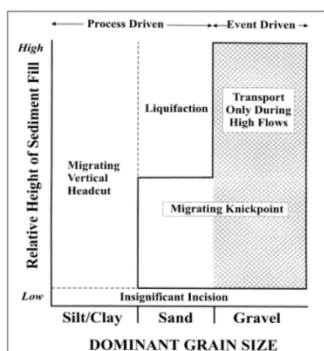


圖 2-10 不同泥砂淤積高度與組成運移關係圖 (Pizzuto, 2002)

為了解拆壩後河道演變的過程與影響機制、及各階段變化的時間尺度，國外雖已有些拆壩與河相觀點的河道演變模式已被發展與應用 (Pizzuto, 2002; Doyle et al., 2002, 2003; Evans, 2007)，但對於較高泥砂產量、陡坡之山區溪流河道演變之探討仍有限。王筱雯等人(2013)藉由七家灣溪一號壩壩體拆除前後水文、地形與影像監測紀錄，依據七家灣溪一號壩上游 48 m 處及下游 30 m 處斷面變化，修正 Doyle et al. (2002)與 Evans (2007)所提出之河道演變模式，分別定義上下游九個與六個河道演變階段，如圖 2-11。其中，上游階段 B'、階段 E1、E2、E3 與過去 Doyle et al.(2003)與 Evans (2007)所提概念有所不同，其原因乃在於壩體規模、河道岩盤、水文事件之時間點、河道泥砂粒徑組成、與河道坡度等因子之差異。據其研究，七家灣溪至今河相尚未達準平衡階段，持續觀察七家灣溪之後續演變與達到準平衡階段之過程有其必要性。

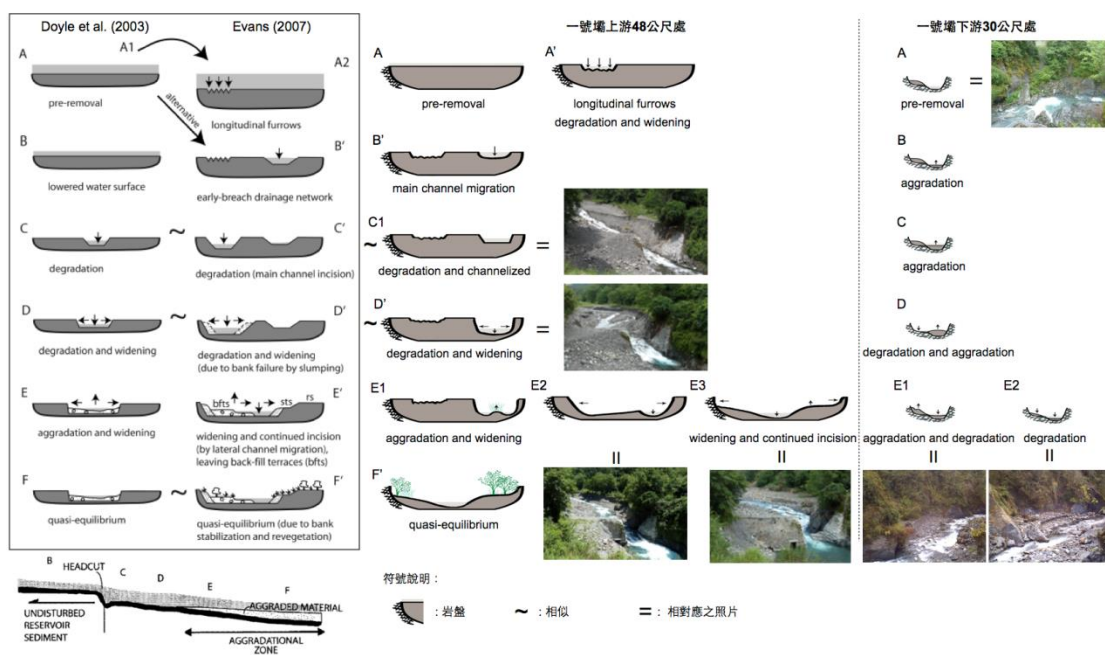


圖 2-11 七家灣溪河道演變模式 (王筱雯等人, 2013; Doyle et al., 2003; Evans, 2007)



### 第三章 研究區域基本資料

#### 3-1 環境背景資料

七家灣溪位於德基水庫上游集水區，為攔阻水庫集水區上游泥砂，自 1971 年起陸續興建 12 座大型防砂壩；七家灣溪一號壩為七家灣溪流最下游的壩體，興建於 1972 年，壩高 13 m，拆壩前攔砂量約達 200,000 m<sup>3</sup>(王筱雯，2010)。一號壩壩基因受水流衝擊掏刷已被破壞而有安全上的疑慮，加上此溪為臺灣櫻花鉤吻鮭唯一棲地，防砂壩的存在阻絕了鮭魚上溯的洄游路徑。基於上述理由，主管機關雪霸國家公園針對一號壩壩體改善的方式、時機、與可能衝擊，就水文與水理、泥砂與河相、生態與棲地、生態檢核評估及保育效益、民意調查等不同面向評估後，雪霸國家公園參考(王筱雯，2010)針對壩體改善後河道泥砂量、泥砂質、泥砂粒徑與河道主深槽等對河防安全與生態棲地之可能衝擊所建議之壩體改善方式，於 2011 年 5 月 25 日進行為期一週之壩體移除工程，壩體改善過程如圖 3-1。於壩體改善施工前先行遷移七家灣溪一號壩影響河段之櫻花鉤吻鮭上百隻並安置於種源庫，以避免壩體改善時河道內濁度過高而危及臺灣櫻花鉤吻鮭。為施工安全考量，施工單位先對壩體上游之淤砂進行整理與篩選，以作為右側壩體下方之回填材料，並將溪流導引至左岸(如圖 3-1-A)。隨後開始進行壩體左側 1/3 壩體之移除(圖 3-1-B)，壩體於 2011 年 6 月 1 日改善完成(圖 3-1-C)(王筱雯，2011)。

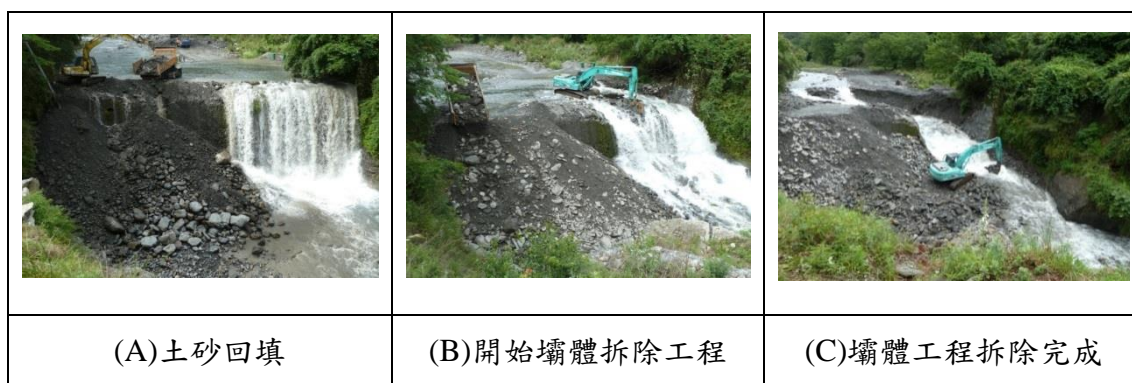


圖 3-1 壩體拆除歷程 (王筱雯, 2011)

壩體改善完成後，成功大學王筱雯團隊持續針對水文及河相進行監測。王筱雯(2013)斷面調查成果顯示，壩體改善後至 2012 年 2 月 13 日，由於米雷颱風及東北季風事件，使得溯源侵蝕終點約上溯至壩上游 200 m 處，侵蝕土方量約 20,000 m<sup>3</sup>。2012 年經歷梅雨、泰利颱風及蘇拉颱風後，於 2012 年 9 月 9 日調查發現溯源侵蝕終點已延伸至壩上游 800 m 處，侵蝕土方量約較上次測量增加 125,000 m<sup>3</sup>。2013 年經歷蘇力及潭美颱風，溯源侵蝕段終點於 2013 年 10 月 24 日調查並未持續向上延伸，上游侵蝕土方量約較上次測量增加 15,000 m<sup>3</sup>，總計壩上游河段約近 160,000 m<sup>3</sup> 之泥砂量被帶往至下游。

### 3-2 基本資料蒐集

#### (一) 地文資料

本計畫之研究範圍，係位於台灣中部地區之武陵農場(圖 3-2)，武陵地區海拔約 1,740~2,100 m，是一個由雪山山脈所圍繞而成的葫蘆形狹長谷地。區域中主要溪流為七家灣溪，與有勝溪、司界蘭溪等匯集後即成為大甲溪上游，屬於德基水庫集水區。七家灣河流域面積約為 72 km<sup>2</sup>，總長約 15.3 km，為大甲溪上游的主要發源地，發源於桃山(3325 m)、池有山(3301 m)、品田山(3524 m)、雪山北峰(3702 m)和雪山(又稱興隆山，海拔 3886 m)之南側面，各發源地高程皆超過 3000 m。西北側的品田溪與池有溪匯入桃山西溪(又稱無名溪)，於武陵吊橋附近與北來的桃山北溪匯集成七家灣溪主流；在武陵農場本部附近，有西側的雪山溪(又稱高山溪)匯入七家灣溪本流，在武陵國民賓館附近萬壽橋和迎賓橋間，與有

勝溪匯流形成大甲溪主流。七家灣溪平均河寬介於 30 至 150 m 之間、流域平均高程介於 1650 至 3000 m(圖 3-3)；受到各山脈環繞，其流域境內坡度大部份為 55% 以上(圖 3-4)；本區地質由始新世四稜砂岩層和漸新世水長流層及中新世廬山層所構成(圖 3-5)，七家灣溪沿岸之區域多屬侵蝕性河階，表層沖積層既淺且薄，可見裸露出之板岩岩盤。武陵農場靠山地帶屬砂岩地質，平緩地帶 2~4 m 以上的面層屬礫石、塊岩層，下方為灰、棕黃色的砂岩互層。七家灣溪流流域坡向分布十分平均(葉昭憲，2007、2008；王筱雯，2010)。

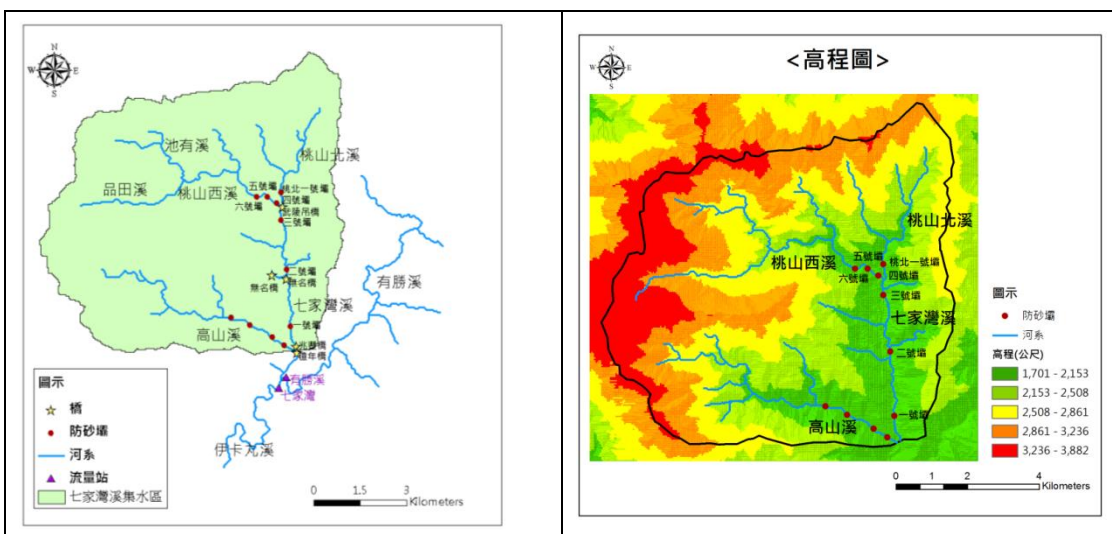


圖 3-2 七家灣溪集水區

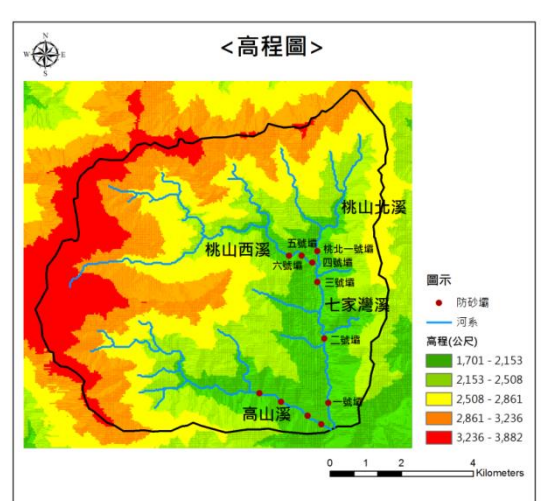


圖 3-3 七家灣溪流流域高程圖

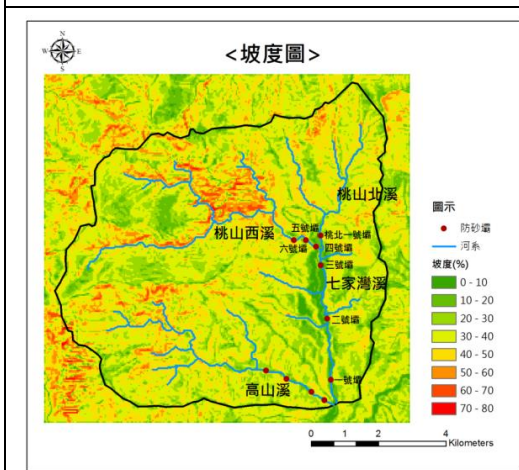


圖 3-4 七家灣溪流流域坡度圖



圖 3-5 七家灣溪流流域地質圖

資料來源: 王筱雯，2010

在土地利用方面，為配合臺灣櫻花鉤吻鮭保育計畫之實施，武陵遊憩區之規劃以武陵農場南谷為主，範圍內大部分為武陵農場管有土地，除遊憩區南側及七家灣溪岸，維持原始自然景觀外，皆為農場現有設施。武陵農場內土地除部分放領予場員私有外，其餘均屬國有(包括建地、農業用地及道路)。本區內除農業、遊憩外，無其他產業活動，社會、經濟活動非常有限(王筱雯，2010)。

王筱雯(2010)蒐集研究區域崩塌地相關資訊，根據成功大學防災中心利用衛星航照圖判釋 2001、2002、年與 2009 年莫拉克風災後崩塌情形可知，七家灣溪流域崩塌情形集中於集水區更上游源頭地區，且 2002 年崩塌地數量較 2001、2009 年多(如圖 3-6)。根據王筱雯(七家灣溪一號壩壩體改善後河道環境衝擊評估,2012)調查一號壩上游 500 m 及下游 200 m 內共 7 處崩塌。其中上游 115 m、250 m、310 m 及 425 m 等四處崩塌地為 2010 年(王筱雯，七家灣溪一號壩壩體及棲地改善工程—泥砂衝擊物理模型及數值分析，2010)即已調查之舊有崩塌地，因強降雨而持續崩塌，使得面積增大，其餘三處皆為新生崩塌地(圖 3-7)。

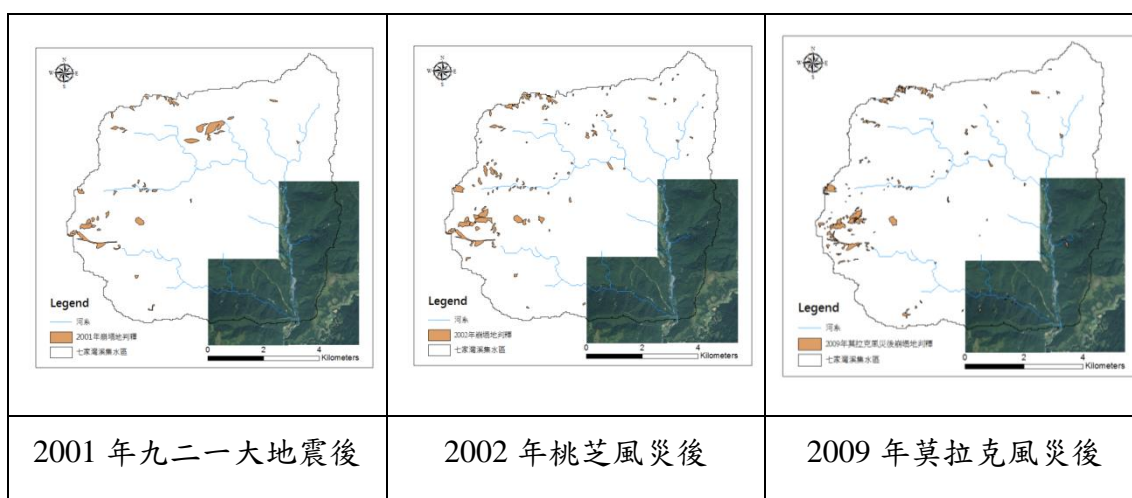


圖 3-6 七家灣流域 2001、2002、2009 年崩塌地變遷 (王筱雯，2010)

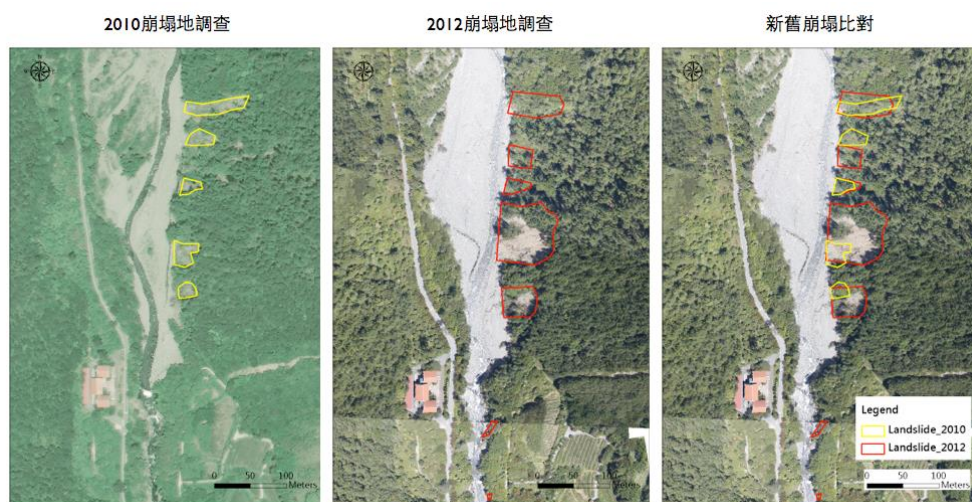


圖 3-7 新舊崩塌地比對 (王筱雯, 2010)

## (二) 水文資料

本區年平均氣溫為 15°C 左右；桃山雨量測站為氣象局所紀錄距七家灣溪之最近雨量站，於 1970 至 2012 年記錄期間，平均年降雨量為 1988.1 mm，最大累積降雨曾達 3250 mm (2008 年)，最小累積降雨為 767 mm (1969 年)。七家灣流域內設有流量站兩站，分別為台灣電力公司所設置之有勝溪流量站與七家灣流量站。有勝溪流量站位於有勝溪，流域面積為 31.12 km<sup>2</sup>，流量資料由 1994 年開始紀錄至今，最大瞬時流量為 233.95cms (2007/10/06)；七家灣流量站位於伊卡丸溪，流域面積 110.71 km<sup>2</sup>，流量資料由 1964 年開始紀錄至今，最大瞬時流量為 884.70cms (2005/07/18)。

由王筱雯(2011)所設置之萬壽橋水位測站紀錄可知，自 2011 年 5 月 24 日拆壩工程開始前至 2015 年月日期間七家灣溪共經歷十二次較大型之降雨事件(表 3-1)，造成水位大幅度變化，分別為九場颱風事件，米雷颱風(2011)、泰利颱風(2012)、蘇拉颱風(2012)、天平颱風(2012)、蘇力颱風(2013)、潭美颱風(2013)、麥德姆颱風(2014)、蘇迪勒(2015)、杜鵑(2015)與一場東北季風鋒面降雨(2011)，及兩場梅雨事件(2012 年 6 月 10 日與 2013 年 4 月 6 日)，於十二場事件之外其他時間亦有多次大小不一之小型降雨造成水位變化。萬壽橋水位測站所記錄之最高

水位發生於 2012 年蘇拉颱風，水位約為 4.75 m；次高水位發生於 2015 年蘇迪勒颱風，水位約為 3.90 m。

表 3-1 各事件最高水位值

降雨事件	日期	萬壽橋最大時水位(m)
米雷颱風	2011/6/23~25	1.46 (2011/6/25 11:00)
東北季風	2011/10/3	1.42 (2011/10/3 9:00)
梅雨	2012/6/12	2.79 (2012/6/12 12:00)
泰利颱風	2012/6/19~21	1.19 (2012/6/20 19:00)
蘇拉颱風	2012/7/30~8/3	4.75 (2012/8/2 4:00)
天秤颱風	2012/8/21~25	1.20 (2012/8/24 3:00)
梅雨	2013/4/6	1.36 (2013/4/6 2:00)
蘇力颱風	2013/7/11~13	3.59 (2013/7/13 5:00)
潭美颱風	2013/8/20~22	1.94 (2013/8/21 21:00)
麥德姆颱風	2014/7/21~23	2.21 (2014/7/23 6:00)
蘇迪勒颱風	2015/8/6~9	3.90(2015/8/8 15:00)
杜鵑颱風	2015/9/27~29	-

## 第四章 水文、影像監測與現地調查

本研究為探討拆壩後河相改變對臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心之可能影響，延續王筱雯(2011)於七家灣溪一號壩右岸設置影像監測系統進行監測，並於臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心新設置影像監測系統；另外，延續王筱雯(2011)在七家灣溪一號壩下游 1.8 km 處萬壽橋上所設置水位測站進行水位監測。除上述定點監測儀器外，本委託辦理計畫亦進行重點斷面調查，以了解一號壩及臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心周圍河道環境變遷。

本計畫之現地監測項目及目前之結果如下：

### 4-1 定點監測

#### (一) 水文監測

本委託辦理計畫於萬壽橋上所設置之水位測站，採用 Siemens Sitrans Probe LR 型非接觸式雷達波水位計，該型水位計頻率為 5.8GHz，最佳量測深度為 0.3 m 至 20 m，誤差為 0.1%，適用溫度由-40°C 至 80°C，可符合研究區域之現地環境條件要求。由於洪水事件可能造成底床的沖淤變化，但是雷達波水位計僅能測量水位計到水面的距離，為了校正誤差，本團隊以不定期之人工方式手動量測水位計正下方之水深，以計算出水位計到底床間的距離，再由計算結果扣除水位計測得的資料，即可求得校正後之水深，每次校正的範圍為前一次洪峰流量的下一小時到下一次洪峰流量的水位資料。萬壽橋測站於2011年5月24日開始紀錄至今，紀錄期間，水位計於2013年9月15日送回原廠進行儀器校正，直至2014年3月5日重新開始持續記錄，2014年11月3日至2014年11月18日期及2015年8月6日5:00至2015年8月8日3:00期間，因電力中斷而缺測。萬壽橋水位測站之雷達波水位計由於機器老舊與雨水滲入儀器導致損壞，因此水位資料僅記錄至2015年8月15日。圖4-1為2011年5月24日拆壩工程開始前至2015年8

月 15 日水位紀錄，由圖可知 2015 年 1 月 1 日至 2015 年 8 月 15 日期間，蘇迪勒 (2015/8/6~9) 造成水位大幅度變化，萬壽橋水位計所紀錄之最高水位約為 3.90 m(2015/8/8 15:00)，為近 5 年重現期距之事件。

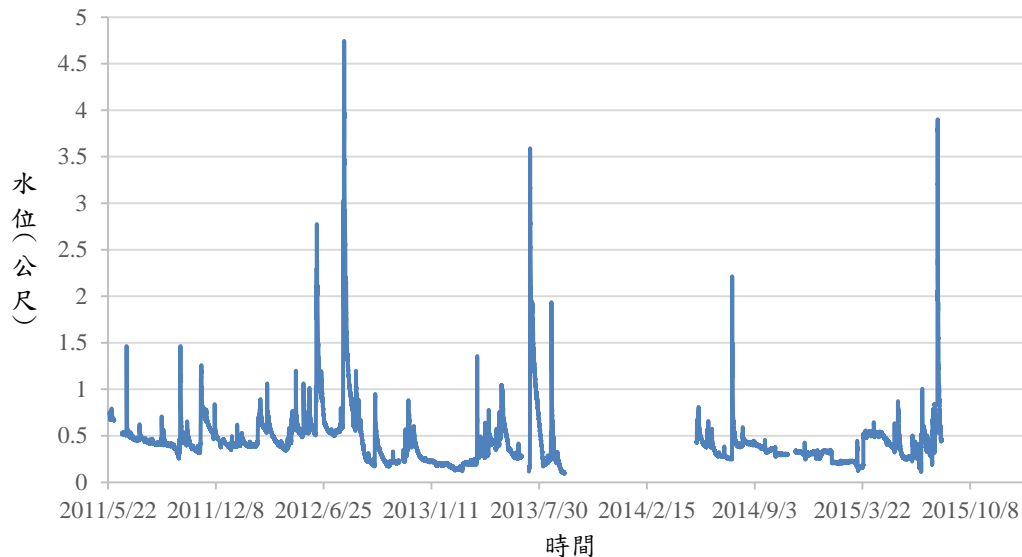


圖 4-1 萬壽橋水位測站之時水位資料

## (二) 影像監測

為掌握洪水期間一號壩及臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心周圍河道可能影響，本委託辦理計畫延續王筱雯(2011)2011 年 5 月 24 日於七家灣溪一號壩下游右岸位置(面向上游拍攝)之影像監測系統及王筱雯(2014)於臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心右岸位置(面向左岸拍攝)新設置之影像監測系統，藉以記錄洪水事件完整歷程，監測系統採用高解析度的 IP Camera(EV8781F IP Camera，Video:2592 x 1920)，影像監測系統相關照片如圖 4-2。

王筱雯(2012)指出壩體改善後，壩體上游河段於 2012 年經歷梅雨、泰利颱風以及蘇拉颱風，壩上游 50 m 內左右岸土砂幾乎已侵蝕至岸壁處，壩上游左岸 50 至 200 m 側向侵蝕則接近邊坡坡腳處，根據王筱雯(2014)監測成果指出 2014 年麥德姆颱風事件期間一號壩上游河段尚未達到滿岸流量且左岸河段未有明顯之河岸侵蝕情形發生。本委辦計畫根據水位監測記錄結果選取 2015 年 2015 年 5 月 26 日梅雨事件、2015 年 8 月 8 日蘇迪勒颱風)及 2015 年 9 月 28 日杜鵑颱風，



三場降雨事件於一號壩(表 4-1、表 4-2、表 4-3)及台灣櫻花鉤吻鮭復育中心(表 4-4、表 4-5、表 4-6)之影像紀錄。由水文及影像監測結果可知 2015 年 5 月降雨事件未超過麥德姆颱風帶來的流量，未對壩上游 50 m 至 200 m 左岸邊坡穩固及安全可能造成威脅；則 2015 年 8 月 8 日蘇迪勒颱風事件期間，因上游大量土砂運移，堆積於一號壩上游左岸 50 m 至 200 m，造成主深槽往右岸遷移，但左岸河段未有明顯之河岸侵蝕情形發生；2015 年 9 月 28 日杜鵑颱風事件期間，其帶來的流量未超過蘇迪勒颱風事件，對於左岸河段未有明顯河岸侵蝕情形發生。未來如經大型洪水事件，以及對台灣櫻花鉤吻鮭復育中心的通洪能力造成衝擊，須持續監測。



圖 4-2 影像監測系統相關照片

表 4-1 梅雨事件七家灣溪一號壩測站監測影像



表 4-2 蘇迪勒颱風期間七家灣溪一號壩測站監測影像



表 4-2 蘇迪勒颱風期間七家灣溪一號壩測站監測影像(續)



表 4-3 杜鵑颱風期間七家灣溪一號壩測站監測影像



表 4-3 杜鵑颱風期間七家灣溪一號壩測站監測影像(續)



表 4-4 梅雨事件臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心測站監測影像





表 4-5 蘇迪勒颱風期間臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心測站監測



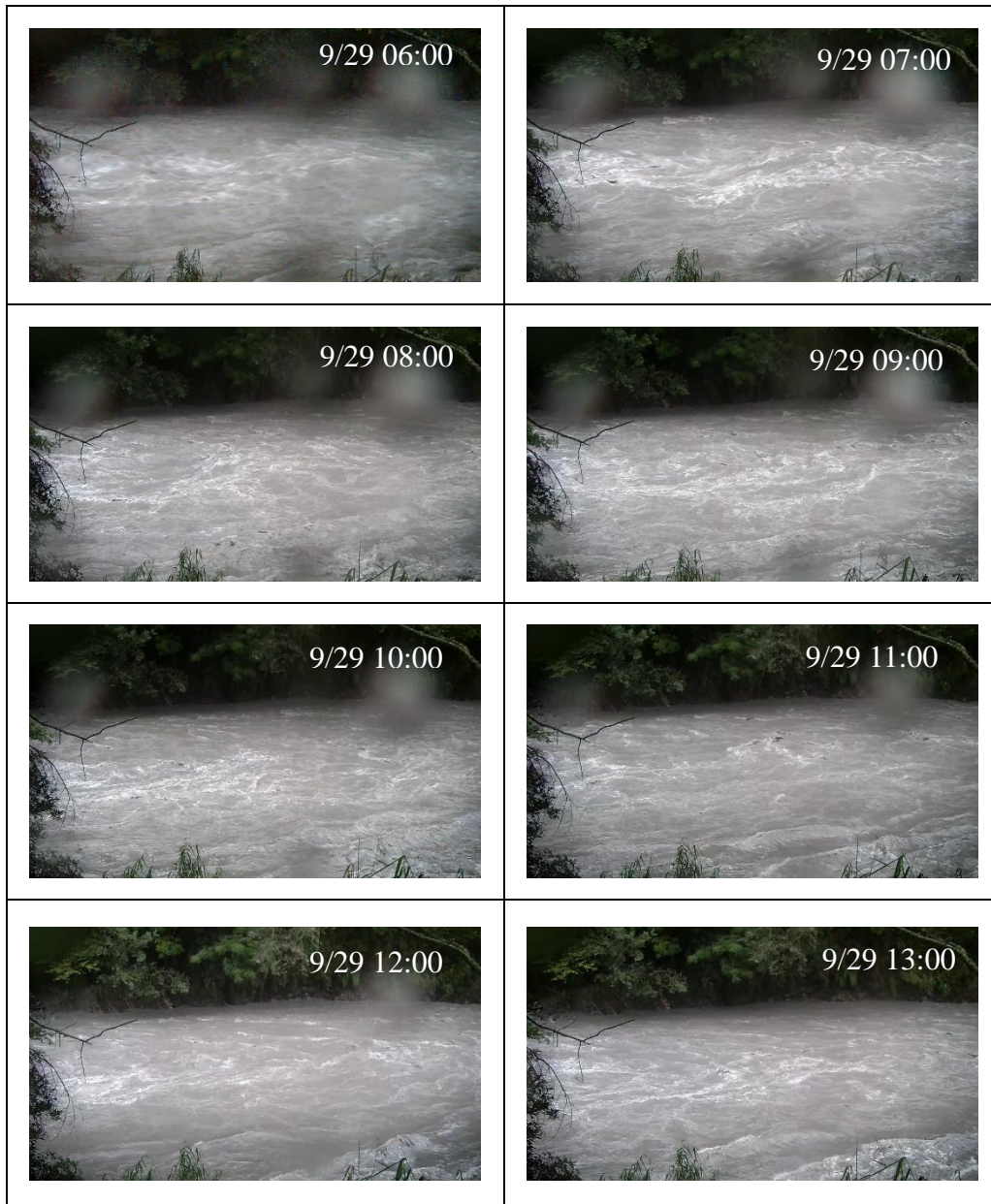
表 4-5 蘇迪勒颱風期間臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心測站監測影像(續)

 <p>8/8 14:00</p>	 <p>8/8 15:00</p>
 <p>8/8 16:00</p>	 <p>8/8 17:00</p>
 <p>8/8 18:00</p>	 <p>8/9 06:00</p>
 <p>8/9 10:00</p>	 <p>8/9 11:00</p>
 <p>8/9 12:00</p>	 <p>8/9 13:00</p>

表 4-6 杜鵑颱風期間臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心測站監測影像



表 4-6 杜鵑颱風期間臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心測站監測影像(續)



## 4-2 斷面測量

本委託辦理計畫採用電子全站儀(Leica FlexLine TS02)於一號壩及臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心周圍河道進行橫斷面量測，選擇斷面分別為壩上游約 50 m(斷面編號 S23)、壩下游約 800 m(斷面編號 S18)與壩下游約 880 m(斷面編號 S17-1)。S23 斷面，河寬約 70 m，右岸為岩盤地形緊鄰道路及武陵管理站，左岸為可侵蝕之河岸邊坡(圖 4-3)。S18 斷面位於高山溪與七家灣溪匯流口下游約 30 m 處，河寬約 33 m，右岸建築為臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心，左岸為連續岩盤(圖 4-4)。S17-1 位於 S18 斷面下游約 80 m 處，河寬約 43 m，兩岸皆為植生(圖 4-4)。本委託辦理計畫於 2010 年 4 月 11 日至 2015 年 11 月 24 日期間共進行十一次調查量測日期分別為 2010 年 4 月 11 日(僅 S23、S18 斷面)、2012 年 2 月 13 日、2012 年 9 月 9 日、2013 年 6 月 26 日、2013 年 10 月 24 日、2014 年 5 月 17 日(僅 S18、S17-1)、2014 年 10 月 30 日、2015 年 3 月 20 日(僅 S18、S17-1)、2015 年 6 月 30 日(僅 S18、S17-1 斷面)、2015 年 7 月 27 日(僅 S18、S17-1 斷面)及 2015 年 11 月 24 日。



圖 4-3 S23 斷面左岸河道環境(照片為本研究於 2015 年 1 月 28 日拍攝)

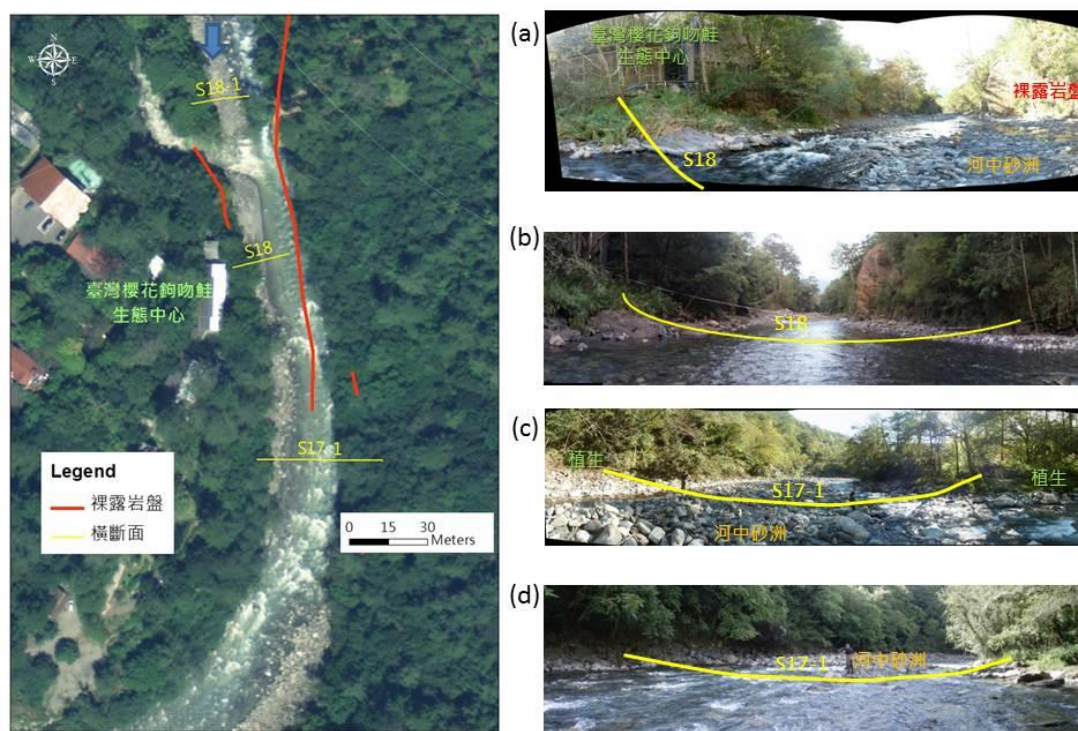


圖 4-4 臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心河道環境 (航照底圖為農林航空測量所於 2008 年 9 月 21 日拍攝；現場照片為本研究於 2012 年 11 月 12 日(a、c)及 2015 年 10 月 17 日(b、d)拍攝)

S23 斷面調查結果如圖 4-5。拆壩後一個月的米雷颱風造成大量泥砂縱向侵蝕，下刷深度約 5 m，而左右岸邊則僅有些微沖刷。底床繼續下刷至一定程度後，由現地的觀察可知未能被帶走之泥砂已屬大粒徑，導致後續的淘刷情形並未太嚴重。泰利颱風後，除主深槽向下刷深約 1.1 m 外，河道亦發生側向侵蝕，侵蝕距離右岸約 7 m，左岸約 2 m。蘇拉颱風後，於 2012 年 9 月 11 日量測結果可看出主深槽僅下刷 0.3 m，側向侵蝕致右岸岩盤出露，左岸側向侵蝕 14 m 引致河岸崩塌，崩塌土方堆積於原主深槽，造成主深槽向右岸移動(王筱雯，2012)。蘇力颱風後，2013 年 10 月 24 日調查結果顯示，主深槽往左岸移動 10 m 且進一步下刷約 0.6 m，原因蘇拉颱風而崩積於左岸的土方亦被帶往下游。於 2014 年 10 月 30 日量測結果，可知麥德姆颱風並未造成該斷面明顯沖淤。蘇迪勒颱風及杜鵑颱風

後，2015 年 11 月 24 日調查結果顯示，主深槽往右岸移動 20 m，則距右岸 25 m 至 45 m 處形成淤積，最大淤積深度約為 2 m。由 2013 年至 2015 年斷面調查資料顯示，主深槽高程及左岸側向侵蝕並無明顯變化，主深槽位置擺盪不定。

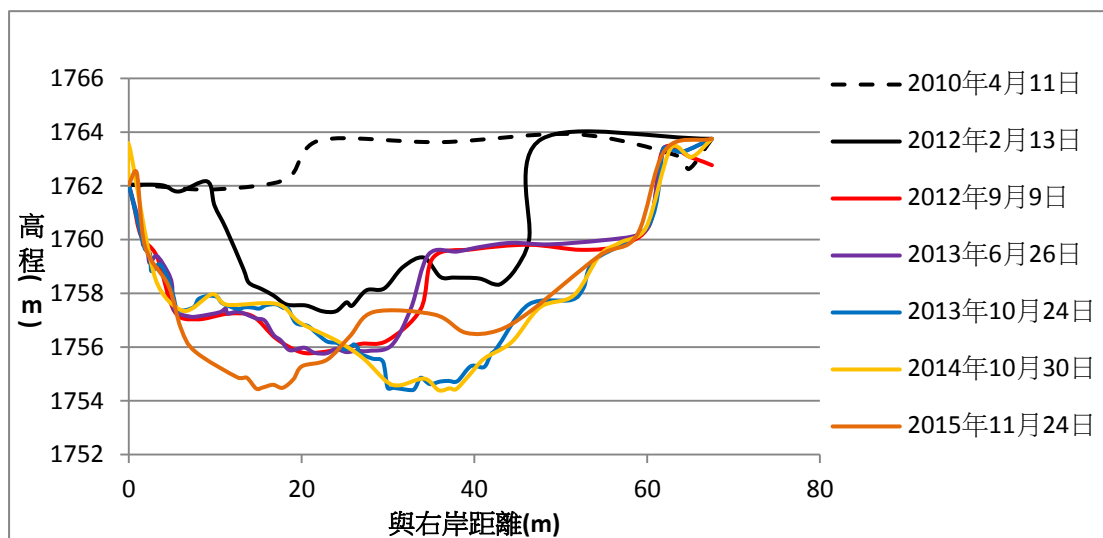


圖 4-5 S23 斷面(OK+48)

S18 斷面調查結果如圖 4-6。2010 年 4 月 11 日斷面量測因量測密度不足，雖無法充分描述河道形狀，但與壩體拆除後(2012 年 2 月 13 日)比較，兩次量測主深槽高程結果變化不明顯，可知上游河道下切尚未造成此處淤積，直至 2012 年梅雨、泰利颱風及蘇拉颱風後造成下游明顯淤積，由 2012 年 9 月 9 日量測結果可知主深槽抬高約 1.4 m，最大淤積深度約為 2 m，並形成河中砂洲。2013 年蘇力颱風前後，主深槽高程無明顯變化，河中砂洲先些微淤積(2013 年 6 月 26 日)後沖刷(2013 年 10 月 24 日)，最大沖刷深度約 0.9 m。2014 年 5 月 17 日調查與前次量測結果比較無明顯沖淤變化。麥德姆颱風後，由 2014 年 10 月 30 日量測結果可知主深槽抬高約 0.2 m。2015 年 3 月 20 日調查結果與前次測量結果(圖 4-6)可知主深槽抬升約 0.1 m，最大淤積深度為 0.5 m，整體而言，河道呈現淤積狀態。蘇迪勒颱風及杜鵑颱風後，由 2015 年 11 月 24 日調查結果得知，主深槽下刷約 1 m，河道呈現沖刷狀態。

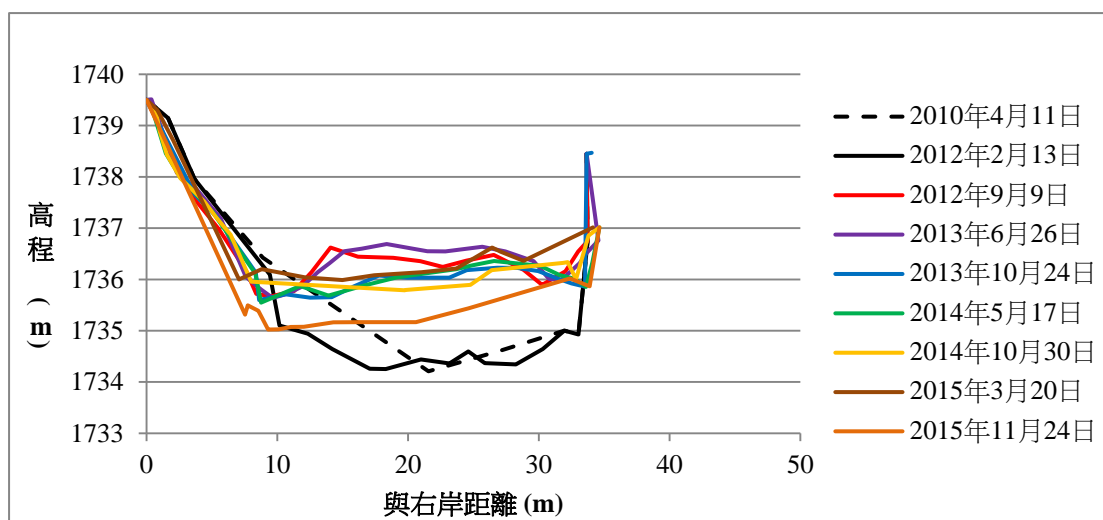


圖 4-6 S18 斷面(OK-801)

S17-1 斷面調查結果如圖 4-7。2012 年梅雨、泰利颱風及蘇拉颱風造成此處明顯淤積，由 2012 年 9 月 9 日量測結果可知主深槽抬高約 0.8 m，最大淤積深度約為 3 m，造成原主深槽位置形成河中砂洲，主深槽由距右岸 28 m 移至距右岸 12 m 處。2013 年蘇力颱風前(2013 年 6 月 26 日)調查結果顯示河道沖淤互現，蘇力颱風後(2013 年 10 月 24 日)，河道有沖刷情形發生，主深槽下刷約 0.3 m，河中砂洲最大沖刷深度約 2 m。2014 年 5 月 17 日調查結果與前次量測結果比較無明顯沖淤變化。麥德姆颱風後，由 2014 年 10 月 30 日量測結果可知距右岸 20 m 至 26 m 之河中砂洲並無明顯沖淤變化，河中砂洲兩側河槽則有沖刷情形發生，主深槽下刷約 0.4 m，距右岸 26 m 至 43 m 河槽之最大沖刷深度約 0.7 m。2015 年 3 月 20 日調查結果與前次測量結果比較，於右岸河道有淤積狀況，主深槽約抬升 0.3 m，最大淤積深度約 0.8 m。蘇迪勒颱風及杜鵑颱風後，由 2015 年 11 月 24 日調查結果得知，距右岸 20 m 至 26 m 之河中沙洲有明顯沖刷現象，最大沖刷深度約為 0.5 m，距右岸 30 m 至 36 m 處有明顯淤積現象、最大淤積深度為 0.6 m，整體而言，河道沖淤互現。



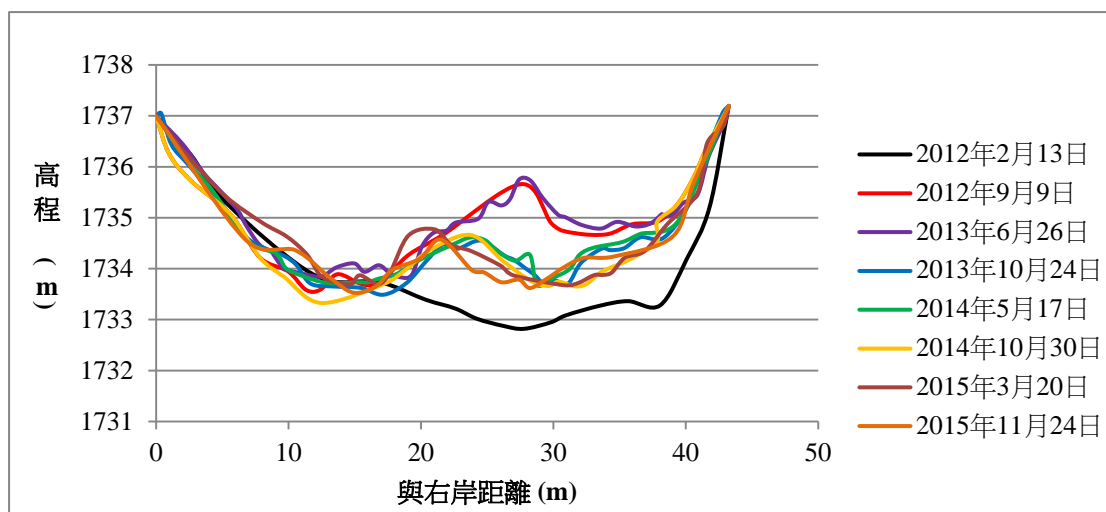


圖 4-7 S17-1 斷面(OK-880)

根據兩斷面調查結果之主深槽高程推算各時期河道坡度，如表 4-5 所示。由調查結果可知，洪水事件期間上游帶下來的大量泥砂造成下游河道淤積而使坡度變陡，如 2014 年麥德姆颱風後，S18 斷面(壩下游 801 m)之主深槽高程抬高 0.2 m，S17-1 斷面(壩下游 880 m)之主深槽下刷 0.4 m，造成該河段坡度由 0.023 增至 0.032，而汛期過後隨著上游來砂減少，原本淤積的泥砂漸漸被帶往下游而使坡度趨緩，於 2015 年蘇迪勒及杜鵑颱風後，S18 斷面(壩下游 801m)主深槽下刷 1m，而 S17-1 斷面(壩下游 880 m)之主深槽無明顯沖淤變化，造成河段坡度由 0.029 減緩至 0.024。

表 4-7 臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心周圍河道坡度

年度	2012		2013		2014		2015	
日期	2/13	9/9	6/26	10/24	5/17	10/30	3/20	11/24
坡度	0.018	0.026	0.022	0.026	0.023	0.032	0.029	0.024

## 第五章 河道通洪能力與監測指標

### 5.1 河道通洪能力

本委託辦理計畫利用七家灣流量站 1981 年至 2009 年各年年最大瞬時流量資料進行之流量頻率分析，並搭配集水區面積權重法推求得臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心各重現期距對應之流量。根據王筱雯(2014)檢算臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心周圍河道之曼寧 N 值為 0.056，本委託辦理計畫針對斷面調查結果，進一步計算 S18 與 S17-1 兩處斷面最大通洪流量(或稱過水容量(Water carrying capacity)，係指斷面在單位時間內能通過之最大流量)，以探討臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心洪水潛勢，兩斷面不同時期最大可通洪流量計算結果如圖 5-1。

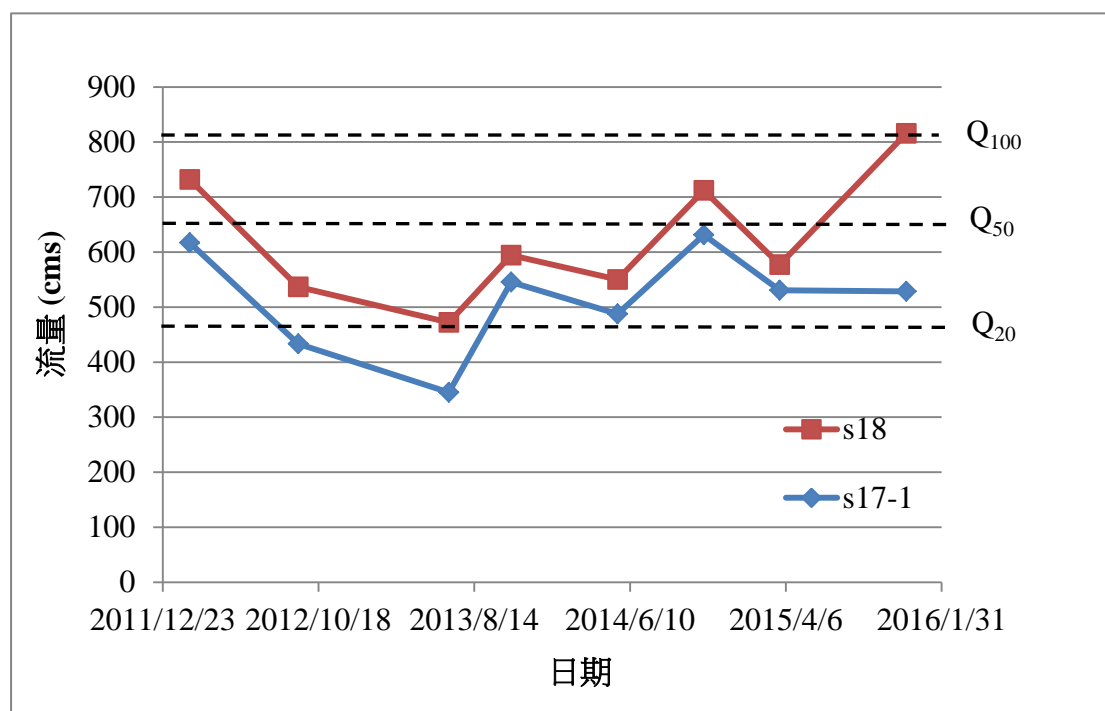


圖 5-1 斷面最大可通洪流量

王筱雯(2012)以斷面調查結果估算 2010 年 4 月 11 日至 2012 年 2 月 13 日期間庫區總計約 20,000 m<sup>3</sup> 侵蝕土方量被帶往下游，於臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心周圍河段並未發現明顯淤積，由圖 5-1 可知，2012 年 2 月 13 日 S18 與 S17-1 斷面

之最大可通洪流量分別為 745 cms 及 628 cms。根據 2012 年 9 月 9 日結果可知，S18 與 S17-1 斷面之最大可通洪流量分別減少至 546 cms 及 411 cms，主要原因為梅雨、泰利颱風及蘇拉颱風造成庫區總計約 125,000 m<sup>3</sup> 侵蝕土方量被帶往下游，並造成下游河道明顯淤積。隨著泥砂持續淤積，通洪面積持續減小，河段坡度由 0.026 降至 0.022，由 2013 年 6 月 26 日結果顯示，S18 與 S17-1 斷面之最大可通洪流量分別再減少至 481 cms 及 351 cms。然後於 2013 年 10 月 24 日結果發現 S18 與 S17-1 斷面之最大可通洪流量分別增加至 605 cms 及 555 cms，進一步比對王筱雯(2013)估算近 5 年重現期距蘇力颱風造成庫區總計約 10,000 m<sup>3</sup> 侵蝕土方量被帶往下游，推估應是由於上游泥砂來源不足，而使洪水將原本淤積在下游河道中的泥砂帶往更下游，使通洪面積增加。去年度麥德姆颱風前(2014 年 5 月 17 日)，S18 與 S17-1 可通洪流量分別減少至 560 cms 及 496 cms，由斷面調查結果可知兩次調查期間斷面雖無明顯沖淤變化，但河段坡度由 0.026 降至 0.023，以致斷面通洪能力降低。麥德姆颱風後(2014 年 10 月 30 日)，S18 與 S17-1 可通洪流量分別增加至 712 cms 及 631 cms，由斷面調查結果可知兩次調查期間斷面雖無明顯沖淤變化，但河段坡度由 0.023 升至 0.032，以致斷面通洪能力提高。根據本委託辦理計畫於 2015 年 3 月 20 日調查，結果顯示 S18 與 S17-1 可通洪流量減至 643 cms 及 531 cms，由斷面測量結果可知 S18 及 S17-1 斷面除主深槽均抬升 0.1 m 及 0.2 m 外，河段坡度從 0.032 降至 0.029，以致通洪斷面能力下降。於蘇迪勒颱風及杜鵑颱風後，S18 與 S17-1 可通洪流量分別為 816 cms 及 529 cms，由 2015 年 11 月 24 日斷面調查結果顯示，S18 斷面主深槽下刷約 1 m，S17-1 斷面為沖淤互現，主深槽無明顯沖淤變化，且河道坡度由 0.029 降至 0.024，以致 S18 斷面通洪能力上升，而 S17 斷面通洪能力無明顯增減。

本委託辦理計畫以河道通洪能力檢算評估臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心周圍河道淹水潛勢，目前河道通洪能力可容納 20 年重現期距流量之颱風事件。

## 5.2 監測指標

本委託辦理計畫依據七家灣溪一號壩壩體改善後監測之過去經驗(王筱雯 2011; 2012 2013; 2014)及本年度(2015)水文影像監測，針對壩體拆除後河道環境可能面臨之衝擊，以事件、年、長期(多年)之不同時間尺度及河道內水工設施、基礎設施等保全對象切入，規劃七家灣溪一號壩壩體改善後河道變遷之監測指標(表 5-1)與作業方式(表 5-2)。

河道變遷監測工作項目包含河道坡度、侵蝕土方量變化、側向侵蝕、崩塌地面積變遷、物理棲地類型變遷、溯源侵蝕終點遠離壩上游 800 m、坡地植被裸露及壩基掏空等指標，藉由各指標來評估河道環境變遷是否危及保全區域(道路、房屋、河道內水工設施)之可能，若有，視現地狀況及必要性擬定對策，如溯源侵蝕終點遠離壩上游 800 m，可能危害上游殘餘壩體，建議採取之應變措施為延長縱斷面之調查範圍並針對上游防砂壩進行壩體安全調查。

淹水潛勢監測工作項目包含保全區域之可通洪流量低於 20 年重現期距流量、24 小時內累積雨量大於 300 mm、萬壽橋水位站即時水位大於 4.75 m、河道變遷歷程等指標，其中 20 年可通洪流量與萬壽橋水位值是根據拆壩至今有紀錄之最大水文事件蘇拉颱風訂定，雨量警戒值訂定則是根據過去紀錄之七家灣溪重要歷史水文事件：2004 年艾利颱風(>Q10)、2005 年海棠颱風(Q50)及 2012 年蘇拉颱風(Q20)。艾利颱風，前 24 小時累積降雨量為 332 mm，尖峰流量為 510 cms；海棠颱風前 24 小時累積降雨量為 338 mm，尖峰流量 844cms；蘇拉颱風前 24 小時累積降雨量為 355.5 mm，尖峰流量 573 cms。由這三場歷史事件可知，24 小時內累積降雨高於 300 mm，有高機率發生 10 年以上洪水事件。另根據行政院農業委員會水土保持局公布之土石流警戒基準值簡表 (<http://246.swcb.gov.tw/Doc/DebrisAlertValueA4.jpg>)，台中市和平區之警戒值亦為 300 mm，未來台灣櫻花鉤吻鮭生態中心之緊急狀況亦可參考土石流防災資訊網之警戒資訊(<http://246.swcb.gov.tw/>)。於汛期前(4~6 月)透過淹水潛勢監測，掌握

河段坡度及斷面可通洪面積狀況，如河道通洪流量低於 20 年重現期距流量，可以清淤方式調整河道通洪面積及河段坡度，惟考慮重型機具可及性及重機械擾動影響，建議優先處理 S18 至 S17-1 河段間河中砂洲，可將環境衝擊降至最低。若 24 小時累積降雨量達 300 mm 以上，考量滿岸流量溢流之風險，視影響範圍決定人員疏散與交通管制，以及將生態中心前之野放生態池中之臺灣櫻花鉤吻鮭移置安全地方。

本委託辦理計畫僅提出監測指標，緊急應變措施仍需管理單位研擬並落實。

未來棲地改善(拆壩)將成為臺灣櫻花鉤吻鮭延續族群生存的重要工作，然而壩體改善期間可能引起短期的環境衝擊，包含了流量的瞬間改變、下游深潭為泥砂填滿、或增加水的濁度，與由於重機械的擾動所產生的影響，這些乃屬於短期暫時的衝擊，但仍需要選擇避開生物物種的關鍵時期，且需注意施工時間不要太長，並佐以泥砂監測，並可視必要性將下游鮭魚捕捉移置他處以確保其不受傷害(王筱雯，2010)。由於生態環境的不確定性與變動，在進行壩體改善工作時，需要考慮其評估階段的不確定性，泥砂方面的不確定性包含(1)泥砂運移與水文事件的關係 (2)泥砂侵蝕率 (3)侵蝕土方量；河相方面的不確定性包含(1)泥砂堆積位置 (2)掩埋下游潭瀨等水域型態 (3)保全區域洪災潛勢提高；生態方面的不確定性包含(1)下游河道粒徑組成的改變 (2)細粒料填縫。適應性管理(Adaptive Management)是面對具有不確定性之系統時，藉由長期監測的方式，動態性視實際狀況調整管理措施。由於生態環境雖具有知識與原則為科學基礎，但生態系統是動態且經常變化的，因此，任何的管理或人工施作方法皆應視為假設，有待進一步的研究與加以檢驗，並據以隨時修正調整管理做法，適應性管理的操作極為必要手段(王筱雯，2010)。

表 5-1 七家灣溪一號壩壩體改善後河道變遷之監測指標

時間尺度 (調查頻度)	颱洪事件 (每年多次)	年 (每年至少一次)	長期 (多年一次或每年一次)
河道內	<u>潰壩</u> : 壩基掏空	<u>潰壩潛勢</u> : 溯源侵蝕終點遠離壩上游 800 m	<u>河道變遷</u> : 1. 河道坡度 2. 側向侵蝕 3. 侵蝕土方量變化 4. 崩塌地變遷 5. 物理性棲地變遷
基礎設施	<u>洪災預警</u> : 1. 24 小時內累積雨量大於 300 mm 2. 萬壽橋水位站即時水位大於 4.75 m <u>保全區域安全</u> : 現場觀察是否有側向侵蝕、崩塌現象	<u>淹水潛勢</u> : 保全區域之可通洪流量低於 20 年重現期距流量 <u>崩塌潛勢</u> : 坡地植被裸露	

表 5-2 七家灣溪一號壩壩體改善後河道變遷之作業方式

監測工作項目	指標	作業方式	說明
河道變遷	河道坡度	縱斷面調查	七家灣溪河道坡度約介於 0.02~0.04 之間
	侵蝕土方量變化	七家灣溪一號壩上游橫斷面調查	蘇拉颱風後，溯源侵蝕之累積侵蝕土方量約 16 萬 m <sup>3</sup>
	側向侵蝕	橫斷面調查	
	崩塌地面積變遷	航照圖判釋	了解上游水土保持狀況及河道土砂來源
	物理棲地類型變遷	物理棲地繪製	包含流況及河床質變化
	溯源侵蝕終點遠離壩上游 800 m	七家灣溪一號壩上游縱斷面調查	
	坡地植被裸露	崩塌地調查	
	壩基掏空	結構物損壞情形現場調查	
淹水潛勢	保全區域之可通洪流量低於 20 年重現期距流量	通洪能力計算 1. 河道幾何(斷面調查) 2. 曼寧 n 值檢算 3. 流量頻率分析	
	24 小時內累積雨量大於 300 mm	參考土石流防災資訊網( <a href="http://246.swcb.gov.tw/">http://246.swcb.gov.tw/</a> )	
	萬壽橋水位站即時水位大於 4.75 m	於萬壽橋架設水文測站	
	河道變遷歷程	於保全區域(台灣櫻花鉤吻鮭生態中心、武陵管理站)附近河道架設影像監測系統	

## 第六章 結論

### 6.1 結論

王筱雯(2012)指出在大流量下，雖有滿岸流量溢流之風險，但因河床泥砂之啟動等劇烈泥砂運移行為，原本淤積於此處的泥砂將被再帶往下游，造成河道通洪面積增加，減緩溢淹風險。由 2013 年 6 月 26 日、2014 年 5 月 17 日及今年度 3 月 20 日三次調查可知，於非汛期期間，河道坡度皆由陡變緩，以致通洪斷面減少之情形。2013 及 2014 年隨後發生之蘇力颱風(近 5 年重現期距流量)、麥德姆颱風(近 2 年重現期距流量)之後，皆使下游河道可通洪流量增加。本委託辦理計畫以河道通洪能力檢算評估臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心周圍河道淹水潛勢，目前河道通洪能力可容納 20 年重現期距流量之颱風事件。

根據七家灣流量站之流量資料由 1964 年開始記錄至今，尚未發生 Q100 年之洪水事件，海棠颱風(Q50)為七家灣溪有紀錄以來最大水文事件，最大瞬時流量為 884.70 cms (2005/07/18)。然七家灣溪所記錄之流量為有勝溪與七家灣溪匯流後之流量，流量為未來管理單位經營決策重要參考指標，因此七家灣溪於有勝溪匯流前設置水文測站有其必要。

### 6.2 建議

本委託辦理計畫依據監測評估資料與河道變遷指標及作業方式提出供管理單位經營管理參考之建議，如下：

#### (一) 水文監測儀器架設

萬壽橋水位測站於 2011 年 5 月 24 日架設雷達波水位計並開始記錄至今已逾五年，機器老舊與雨水滲入儀器導致損壞，因此水位資料僅記錄至 2015 年 8 月 15 日。水位記錄為洪災預警重要指標之一，本委託辦理計畫建議於萬壽橋重新架設雷達波水位計。同時，流量做為保護區經營管理各生物監測的重要環境因子



參考，因此若能在預算許可情況下及保全鮭魚復育中心安全，儘量維持其監測性質的流量即時回報，或許該納入考量。據此，本委託辦理計畫另建議可增設微波雷達流速儀，進行表面流速紀錄，掌握颱風時期水位(H)及流速( $U_s$ )全時時序變化，藉由斷面調查及 ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) 流量( $A*U$ ) 調查結果校正表面流速( $U_s$ )與平均流速( $U$ )之係數( $a$ )後，即可利用監測資料進行全時流量推估，推估流程如圖 6-1，此方法所估計之流量較面積權重法更為即時及準確，足供管理單位經營管理使用。



圖 6-1 流量推估流程

## (二) 保全區域例行性監測

### 1. 一號壩

針對一號壩上游 50 至 200 公尺之左岸側向侵蝕情形，以現地河床橫斷面高程調查輔以影像監測掌握河岸狀況，進一步評估保全措施。

### 2. 臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心

建議針對臺灣櫻花鉤吻鮭生態中心周圍河道之淹水潛勢，以現地河床縱橫斷面高程調查輔以水文及影像監測掌握保全區域之河道狀況，以做立即性之應對。

## (三) 長期監測

七家灣溪河道在不同強度水文事件(表 3-1)下之環境變動性與複雜性高，且拆壩至今已逾五年，因此針對河道環境現況整體了解有其必要。調查項目可參考本委託辦理計畫所提出之七家灣溪一號壩壩體改善後河道變遷指標，包含河道坡度、側向侵蝕、侵蝕土方量變化、崩塌地以及物理性棲地變遷等，另建議持續針對殘留壩體的安全性進行調查與了解，以進一步評估保全措施。

# 附錄一

## 參考文獻

1. Cui, Y. and Wilcox, A., 2006. Numerical Modeling of Sediment Transport upon Dam Removal: Application to Marmot Dam in Sandy River, Oregon. In: Garcia, M.H. (ed), Sedimentation Engineering, ASCE Manual 110, ASCE, Reston VA.
2. Doyle, M.W., Stanley, E.H., and Harbor, J.M., 2002. Geomorphic analogies for assessing probable channel response to dam removal. *Journal of the American Water Resources Association* 38(6): 1567-1579.
3. Doyle, M.W., Stanley E.H., and Harbor J.M., 2003. Channel adjustments following two dam removals in Wisconsin.” *Water Resource Research*, 39(1), 1-15.
4. East, A.E., Pess, G.R., Bountry J.A., Magirl, C.S., Ritchie, A.C., Logan, J.B., Randle, T.J., Mastin, M.C., Minear, J.T., Duda, J.J., Liermann, M.C., McHenry, M.L., Beechie, T.J., Shafroth, P.B., 2014. Large-scale dam removal on Elwha River, Washington, USA: River channel and floodplain geomorphic change. *Geomorphology*, article in press.
5. Evans, J.E., 2007. Sediment Impacts of the 1994 Failure of IVEX Dam (Chagrin River, NE Ohio): A Test of Channel Evolution Models.” *Journal of Great Lakes Research*, 33(sp2), 90-102.
6. Ferry, M. and Miller, P., 2003. The removal of Saeltzer Dam on Clear Creek: An update. *Water Resources Library*, U.C. Berkeley.
7. Miller, P., and Vizcaino, P., 2004. Channel response to dam removal, Clear Creek, California. *Water Resources Library*, U.C. Berkeley.
8. Pizzuto, J., 2002. Effects of Dam Removal on River Form and Process, *BioScience* 52(8): 683 - 691.”

9. Stewart, G., Grant, G.E., 2005. Potential Geomorphic and Ecological Impacts of Marmot Dam Removal, Sandy River, OR: Final Report. Prepared for Portland General Electric, Portland, Oregon, July 2005.
10. Stillwater Sciences, 2001. Comparison of predicted and observed geomorphic changes following the removal of Saeltzer Dam: Task 6 Deliverable Report. Stillwater Science, Berkeley, CA.
11. Major, J.J., O'Connor, J.E., Podolak, C.J., Keith, M.K., Grant, G.E., Spicer, K.R., Pittman, S., Bragg, H.M., Wallick, J.R., Tanner, D.Q., Rhode, A., and Wilcock, P.R., 2012. Geomorphic response of the Sandy River, Oregon, to removal of Marmot Dam. USGS Professional Paper, 1792, 64.
12. Randle, T.J., Bountry, J.A., and Ritchie, A., Wille, K., 2014. Large-scale dam removal on Elwha River, Washington, USA: erosion of reservoir sediment. *Geomorphology*, article in press.
13. U.S. Department of Interior, 1996. Removal of Elwha and Glines Canyon Dams. U.S. Bureau of Reclamation. Elwha Technical Series PN-95-7: 86.
14. Wunderlich, R.C., Winter, B.D., and Meyer, J.H., 1994. Restoration of the Elwha River ecosystem. *Fisheries* 19(8):11-19.
15. Wilcox, A., O'Connor, J., and Major, J., 2013. Rapid reservoir erosion, hyperconcentrated flow, and downstream deposition triggered by breaching of 38m tall Condit Dam, White Salmon River, Washington. *Journal of Geophysical Research : Earth Surface* 10.1002/2013JF003073.
16. 廖林彥，2001，高山溪防砂壩改善前後棲地變之調查研究，內政部營建署雪霸國家公園管理處。
17. 王筱雯，2010，七家灣溪一號壩壩體及棲地改善工程－泥砂衝擊物理模型及數值分析，內政部營建署雪霸國家公園管理處。

18. 王筱雯，2011，武陵地區溪流生態系長期監測暨整合研究-七家灣溪一號壩壩體改善工程之水文與泥砂監測，內政部營建署雪霸國家公園管理處。
19. 王筱雯，2012，七家溪一號壩壩體改善後河道環境衝擊評估，內政部營建署雪霸國家公園管理處。
20. 王筱雯、郭偉丞、張家豪，2013，七家灣溪拆壩後之河道演變模式，中華水土保持學報, 44(4): 271-281.
21. 王筱雯，2013，武陵地區溪流生態系及七家灣溪一號防砂壩壩體改善後研究-物理棲地與水文泥砂研究，內政部營建署雪霸國家公園管理處。
22. 葉昭憲，2007，七家灣溪壩體改善研究評估，內政部營建署雪霸國家公園管理處。
23. 葉昭憲、王傳益，2008，七家灣溪一號防砂壩壩體改善之試驗研究，內政部營建署雪霸國家公園管理處。
24. 葉昭憲、王永賢，2010，武陵地區生態系長期監測與研究-物理棲地研究，內政部營建署雪霸國家公園管理處。

## 附錄二

### 期末審查意見回覆

104 年度七家灣溪水文影像監測

委託辦理期末簡報審查意見處理情形

日期：中華民國 104 年 12 月 22 日 上午 11 點 40 分

地點：雪霸國家公園管理處 第一會議室

主持人：許秘書 嘉祥

紀錄：潘振彰

審查意見	處理情形
曹先紹委員	
<p>1. 水文監測對河道棲地及魚類族群管理價值極高，建議除對河道內外人工構造物形成潛在影響外，對生物棲地型態之可能干擾，亦能補充說明。</p>	<p>感謝建議。水文監測的確河道棲地及魚類族群管理有其極高之價值。本計畫主持人王筱雯副教授曾參與”南化水庫防淤隧道工程對下游河道影響評估”，工作項目主要是探討排砂操作對下游河道物理棲地之影響。針對排砂操作前後之魚類棲地適合度進行評估，評估指標利用流速、水深及底質三種適合度進行棲地幾何平均適合度 (geometric mean of suitability) HSI 之計算 (Gillenwater, 2006)，並進一步計算魚類權重可用面積 (Weighted usable area; WUA) 及可用棲地面積百分比 (Percentage Usable Area, PUA)。惟對生物棲地型態之可能干擾仍有待後續研究進一步釐清。</p>
<p>2. 水文變化影響鮭魚棲地，除其品質可能受衝擊外，發生時間及底質穩定所需時間亦會影響其生存，或許可就鮭魚生活史的重要階段(如繁殖期、洪峰避難或度冬)所需棲地，於監測之預警作業中，納入必要評估。</p>	<p>感謝建議。本計畫重點在於水文監測，其為生態、水質、河相等領域之重要基本資料。建議管理單位可匯集水利、生態、環境、水土保持等專家學者，提出跨領域整合型計畫，針對水文變化對棲地環境影響做進一步探討，以作為後續相關預警作業之參考。</p>
<p>3. 淹水潛勢所衍生之預警，實牽動緊急應變作業之時程與可行性，建議後續可與生態中心及鮭魚族群監測專家群，進行必要研商。</p>	<p>感謝建議。本委託辦理計畫根據過去之經驗提出之監測指標及作業方式，惟緊急應變措施之時程與可行性，有必要與生態中心及鮭魚族群監測專家</p>

	群一同研商，以供未來管理單位落實。
楊正雄委員	
4. 對於研究團隊在有限經費下，仍努力達成目標，並提出具有建設性的建議，實為難能可靠，值得嘉許。	感謝委員肯定。
5. 雷達波水位計加微波雷達流速儀，所估計之流量準確度是否足夠經營管理使用？	感謝意見。除雷達波水位計加微波雷達流速儀外，仍須藉由 ADCP 現場流量調查校正表面流速與平均流速之係數，其所估計之流量較面積權重法更為即時且準確，足供管理單位經營管理使用。
6. 流量做為保護區經營管理各生物監測的重要環境因子參考，因此若能在預算許可情況下及保全鮭魚復育中心安全，儘量維持其監測性質的流量即時回報，或許該納入考量，另集水區洪水監測與水利署或德委會有關，或許可與這些機關洽談反映。	感謝建議。
7. 報告中針對櫻花鉤吻鮭生態中心通洪流量分析 Q100 是否是以前曾有氾濫現有生態中心位址或道路沖刷時的洪峰流量(颱風)?依據當地環境為具有高大針葉樹的高地來看，至少應該在 100~200 年前沒有發生過洪水才是，此訊息供參考。	感謝意見。根據七家灣流量站之流量資料由 1964 年開始記錄至今，尚未發生 Q100 年之洪水事件，海棠颱風(Q50)為七家灣溪有紀錄以來最大水文事件，最大瞬時流量為 884.70 cms (2005/07/18)。然七家灣溪所記錄之流量為有勝溪與七家灣溪匯流後之流量，流量為未來管理單位經營決策重要參考指標，因此七家灣溪於有勝溪匯流前設置水文測站有其必要。
8. 河床是否在一號壩拆除達到穩定狀態或許可以依照物種在評估是否監測族群呈現劇烈變動(fluctuation)定義，亦即在特定時間內不超過±10%算是「不劇烈變動」情況來參考，訂立水文的所謂穩定狀況。	感謝建議。評估河道在一號壩拆除後是否達到穩定狀態，除需仰賴河道環境長期監測資料，亦須針對水文變異與河道變動量進行深入研究探討，以訂定不劇烈變動之標準。
于淑芬課長	
9. 一號壩拆壩前原估計上游泥砂有 20 萬立方，現況是否已帶走？	根據 2013 年 10 月 24 日調查之溯源侵蝕段終點計算之壩上游河段約



	<p>160,000 m<sup>3</sup>之泥砂量被帶往至下游。目前侵蝕土方量現況仍需進行斷面調查並進一步估算方可得知。</p>
<p>10. 斷面 18 調查僅有往下沖刷未有明顯淤積，且其通洪能力經估算能容許 20 年的洪峰量，是否未來該區淹水機率變小？</p>	<p>七家灣溪河道在不同強度水文事件下之環境變動性與複雜性高，每次調查之通洪能力分析成果僅可代表當時之狀況，須藉由長期監測的方式，方能持續掌握未來之動態性。</p>
<p>11. 請問拆壩後是否達到相對穩定之狀態？</p>	<p>感謝意見。目前尚未有河道相對穩定狀態之明確定義，但可透過長期監測之方式，瞭解不同尺度水文事件下河道變遷程度及歷程。</p>