

花蓮地區集水區河川侵蝕速率之研究

The Study of Watershed Denudation Rates in the Hua Lien Area

國立臺南大學文化與自然資源學系
助理教授

沈 少 文*

Shaw Wen Sheen

摘 要

花蓮位於臺灣東部地區，時常發生颱風水患，因此探討當地水文變遷有助於花蓮地區永續經營與管理，本研究主要目的是分析花蓮溪與秀姑巒溪河川輸砂量與河川侵蝕速率。本研究使用 1970 年至 2008 年花蓮溪與秀姑巒溪河川流量—河川含砂量資料，建立迴歸模式以推測花蓮溪花蓮大橋測站、花蓮溪仁壽橋測站、秀姑巒溪瑞穗大橋測站與秀姑巒溪立山測站日平均含砂量。本研究計算河川輸砂量與河川侵蝕速率，花蓮溪花蓮大橋測站年輸砂量為 1,803 萬公噸，花蓮溪仁壽橋測站年輸砂量為 366 萬公噸，秀姑巒溪瑞穗大橋測站年輸砂量為 1,004 萬公噸，秀姑巒溪立山測站年輸砂量為 159 萬公噸。花蓮溪花蓮大橋測站侵蝕速率為 443 mm/年，花蓮溪仁壽橋測站侵蝕速率為 319 mm/年，秀姑巒溪瑞穗大橋測站侵蝕速率為 242 mm/年，秀姑巒溪立山測站侵蝕速率為 236 mm/年，花蓮溪花蓮大橋測站、花蓮溪仁壽橋測站、秀姑巒溪瑞穗大橋測站與秀姑巒溪立山測站四站平均侵蝕速率為 310 mm/年，研究結果可供相關水土保持單位參考，有助於花蓮地區水文環境永續經營與管理。

關鍵詞：河川輸砂量，河川侵蝕速率，花蓮。

ABSTRACT

Hua Lien is located in the eastern area of Taiwan. Typhoons and floods often occur in the Hua Lien area. Therefore, to examine hydrological changes of this area is helpful to the sustainable development and management of the Hua Lien area. The aim of this study is to analyze temporal changes in suspended load and denudation rates of Hua Lien Creek and Hsiu Ku Luan Creek. This study uses the rating equations to estimate daily average sediment content from daily mean discharge of the Hua Lien Creek and Hsiu Ku Luan

*通訊作者，國立臺南大學文化與自然資源學系助理教授，70005 台南市中西區樹林街 2 段 33 號，sheen@mail.nutn.edu.tw

Creek in the period of 1970 to 2008. Results show that the annual suspended load is 18.03 million tons at the Hua Lien Bridge station. The annual suspended load is 3.66 million tons at the Jen Shou Bridge station. The annual suspended load is 10.04 million tons at the Jui Sui Bridge station. The annual suspended load is 1.59 million tons at the Li Shan station. The annual denudation rate is 443 mm at the Hua Lien Bridge station. The annual denudation rate is 319 mm at the Jen Shou Bridge station. The annual denudation rate is 242 mm at the Jui Sui Bridge station. The annual denudation rate is 236 mm at the Li Shan station. The annual denudation rate is 310 mm at these 4 stations. The results are helpful to the sustainable development and management of the Hua Lien area.

Keywords: Suspended Load, Denudation Rate, Hua Lien.

一、前言

因為溫室效應的關係，全球氣溫正逐漸上升中，溫度升高會造成氣候系統的變異，進而對水文循環造成影響，如降雨的改變、蒸發散加強、逕流和土壤水分減少等，甚至極端的天氣事件如乾旱、洪水的發生頻率加大，全球勢將面臨極嚴苛的水資源及環境問題，全球暖化也造成平均海水面的上升，臺灣具有特殊之地理位置、地形與氣候，原本就是高淹水潛勢地區，尤其是河川下游沿岸與沿海低窪地帶，而這些地區又是人口聚集地，淹水災情也因此時有所聞，因此，水文研究對臺灣地區未來永續發展之影響非常重要。

近年來國內有許多水文變遷等相關研究(田維婷，2003；張明軒，2005；李亮廷，2008)，田維婷(2003)探討氣候變遷對於台灣地區的地表水文量的影響，其研究根據經濟部水利署之水資源分區，計算各分區內之降雨、逕流、蒸發散與地下水入滲等主要水文分量，模擬未來受氣候變遷影響下台灣地區之降雨量、逕流量、蒸發散量和入滲量之可能變化，研究結果發現目前台灣本島平均年降雨量約為 928 億噸，蒸發散量為 314 億噸，地表逕流量為 414 億噸，地下水入滲量為 200 億噸，大部分情境顯示降雨與逕流有極端化之現象，台灣地區之地下水入滲量以長時間來看有漸減的趨勢。

張明軒(2005)分析水利署高義、霞雲測站的日流量及日輸砂量資料，進行率定曲線的推定，

計算出高義、霞雲兩測站於 1965-2002 年間的歷年輸砂量，探討高義、霞雲測站歷年輸砂量的變化趨勢及可能影響其變化的因子，研究結果發現石門水庫集水區的治理，尤其是攔砂壩的興建，的確發揮其功能而使年輸砂量減少，集水區內的崩塌地面積及土地利用中的果園面積的增加，應該會造成下游輸砂量隨之增加，不過實際上下游的輸砂量卻是逐年減少，顯示增加的輸砂量可能貯存在集水區內。

李亮廷(2008)分析 1960 年至 2006 年陳有蘭溪流域鄰近玉山、阿里山以及日月潭氣象測站的雨量資料，探討降雨特性變異對溪流流量與輸砂量所造成的影響，研究結果顯示在降雨特性的趨勢分析上，研究區域內年降雨量並沒有太大的改變，但年降雨日數與年降雨時數有減少的趨勢，年平均日降雨強度與年平均時降雨強度則有增加的情況，而且年最大一日雨量及最大二日雨量在 1990 年以後也有明顯增多的現象，分析陳有蘭溪下游水利署內茅埔水文站 1972 年至 2005 年資料，流域內歷年之年逕流量變化趨勢是呈現下降的趨勢，而年最大日平均流量以及年最大瞬時流量有上升的趨勢，分析過程中發現各種降雨特性在 1990 年前後有明顯的變異，進行 1990 年前後流量-懸浮載輸砂量之率定曲線的分析，研究結果顯示在相同的流量下，1990 年以後懸浮載輸砂量明顯高於 1990 年以前，當流量範圍介於 10 至 1000 cms 時，1990 年以後所推估的懸浮載輸砂量約為 1990 年以前的 3 至 5 倍。

表 1 花蓮溪花蓮大橋測站、花蓮溪仁壽橋測站、秀姑巒溪瑞穗大橋測站與秀姑巒溪立山測站基本資料

測站名稱	花蓮大橋	仁壽橋	瑞穗大橋	立山
流域名稱	花蓮溪	花蓮溪	秀姑巒溪	秀姑巒溪
河流名稱	花蓮溪	木瓜溪	秀姑巒溪	豐坪溪
站址	花蓮縣壽豐鄉	花蓮縣秀林鄉	花蓮縣玉里鎮	花蓮縣卓溪鄉
標高(m)	5	119	63	171
集水面積(km ²)	1506	426	1539	249

資料來源：經濟部水利署，2009

花蓮位於臺灣東部地區，該地區時常發生颱風水患，因此探討當地水文環境有助於花蓮地區永續經營與管理，本研究主要目的是計算 1970 年至 2008 年花蓮地區花蓮溪與秀姑巒溪河川輸砂量與河川侵蝕速率。

貳、研究方法

2.1 研究地區

花蓮溪與秀姑巒溪為花蓮地區主要河流，花蓮溪起點標高 2,260 公尺，河流長度 57 公里，流域面積 1,507 平方公里，花蓮溪於花蓮縣吉安鄉進入太平洋，秀姑巒溪起點標高 2,360 公尺，河流長度 81 公里，流域面積 1,790 平方公里，秀姑巒溪於花蓮縣豐濱鄉進入太平洋。

本研究分析花蓮溪花蓮大橋流量測站、花蓮溪仁壽橋流量測站、秀姑巒溪瑞穗大橋流量測站與秀姑巒溪立山流量測站水文資料，花蓮溪花蓮大橋流量測站、花蓮溪仁壽橋流量測站、秀姑巒溪瑞穗大橋流量測站與秀姑巒溪立山流量測站地理位置如圖 1 所示，流量測站基本資料如表 1 所列，花蓮溪花蓮大橋流量測站標高 5 公尺，集水面積 1,506 平方公里，花蓮溪仁壽橋流量測站標高 119 公尺，集水面積 426 平方公里，秀姑巒溪瑞穗大橋流量測站標高 63 公尺，集水面積 1,539 平方公里，秀姑巒溪立山流量測站標高 171 公尺，集水面積 249 平方公里。

2.2 研究資料

本研究分析下列水文資料，資料來源為水利署水文年報：

- (1) 1970 年至 2008 年花蓮溪花蓮大橋流量測站日平均流量資料。

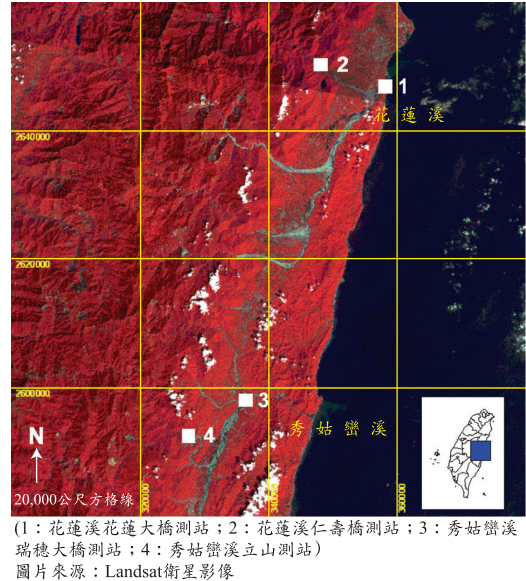


圖 1 花蓮地區水利署流量測站地理位置

- (2) 1970 年至 2008 年花蓮溪仁壽橋流量測站日平均流量資料。
- (3) 1970 年至 2008 年秀姑巒溪瑞穗大橋流量測站日平均流量資料。
- (4) 1970 年至 2008 年秀姑巒溪立山流量測站日平均流量資料。
- (5) 1970 年至 2008 年花蓮溪花蓮大橋流量測站、花蓮溪仁壽橋流量測站、秀姑巒溪瑞穗大橋流量測站與秀姑巒溪立山流量測站河川含砂量資料。

2.3 河川流量－河川含砂量迴歸分析

本研究分析 1970 年至 2008 年花蓮溪花蓮大橋流量測站、花蓮溪仁壽橋流量測站、秀姑巒溪瑞穗大橋流量測站與秀姑巒溪立山流量測站河

表 2 花蓮溪花蓮大橋測站、花蓮溪仁壽橋測站、秀姑巒溪瑞穗大橋測站與秀姑巒溪立山測站 1970 年至 2008 年河川流量-含砂量迴歸模式

測站名稱	花蓮大橋	仁壽橋	瑞穗大橋	立山
流域名稱	花蓮溪	花蓮溪	秀姑巒溪	秀姑巒溪
河流名稱	花蓮溪	木瓜溪	秀姑巒溪	豐坪溪
迴歸模式	$\log(\text{含砂量})$ $= a + b \times \log(\text{流量})$	$\log(\text{含砂量})$ $= a + b \times \log(\text{流量})$	$\log(\text{含砂量})$ $= a + b \times \log(\text{流量})$	$\log(\text{含砂量})$ $= a + b \times \log(\text{流量})$
迴歸係數	$a = 0.697$ $b = 1.074$	$a = 1.644$ $b = 0.910$	$a = 0.771$ $b = 0.948$	$a = 1.964$ $b = 0.647$
r	$r = 0.723$	$r = 0.692$	$r = 0.704$	$r = 0.481$
r ²	$r^2 = 0.523$	$r^2 = 0.479$	$r^2 = 0.496$	$r^2 = 0.231$
河川流量-含砂量樣本數	389	289	407	297
河川流量範圍	31-6,720 cms	4-1,540 cms	9-10,000 cms	3-2,800 cms
含砂量範圍	7-56,000 ppm	2-54,600 ppm	4-33,400 ppm	20-38,500 ppm
統計年份	1970-2008	1970-2008	1970-2008	1970-2008
統計年數	39	39	39	39

川流量－河川含砂量資料以建立花蓮溪花蓮大橋流量測站、花蓮溪仁壽橋流量測站、秀姑巒溪瑞穗大橋流量測站與秀姑巒溪立山流量測站河川流量－河川含砂量迴歸模式 (Knighton, 1998)，迴歸模式如下所示：

$$\log C = a + b \times \log Q \dots\dots\dots (1)$$

C：河川含砂量(ppm)，Q：河川流量(秒立方公尺)

本研究同時建立其他河川流量－河川含砂量迴歸模式，包括下列：

$$C = a + b \times Q$$

$$C = a + b \times \log Q$$

$$\log C = a + b \times Q$$

本研究採用迴歸模式 $\log C = a + b \times \log Q$ ，因為此迴歸模式的 r^2 為最佳的結果，本研究發現花蓮溪花蓮大橋測站、花蓮溪仁壽橋測站、秀姑巒溪瑞穗大橋測站與秀姑巒溪立山測站河川流量－河川含砂量迴歸模式 r^2 範圍為 0.231 至 0.523，秀姑巒溪立山測站 r^2 為最低值約 0.23，其餘三站 r^2 約為 0.52 (花蓮大橋測站)、0.48 (仁壽橋測站)與 0.50 (瑞穗大橋測站)，本研究認為立山測站河川含砂量估計值可能有較高的不確定性，其餘三站應該有較佳的河川含砂量估計值。

花蓮溪花蓮大橋流量測站、花蓮溪仁壽橋流量測站、秀姑巒溪瑞穗大橋流量測站與秀姑巒溪

立山流量測站河川流量－河川含砂量迴歸模式說明如下：

2.3.1 花蓮溪花蓮大橋測站

河川流量與河川含砂量樣本數為 389 個 (表 2)，本研究建立花蓮溪花蓮大橋測站河川流量－河川含砂量迴歸模式 (圖 2)， r^2 是 0.523， $p < .001$ 。

2.3.2 花蓮溪仁壽橋測站

河川流量與河川含砂量樣本數為 289 個 (表 2)，本研究建立花蓮溪仁壽橋測站河川流量－河川含砂量迴歸模式 (圖 2)， r^2 是 0.479， $p < .001$ 。

2.3.3 秀姑巒溪瑞穗大橋測站

河川流量與河川含砂量樣本數為 407 個 (表 2)，本研究建立秀姑巒溪瑞穗大橋測站河川流量－河川含砂量迴歸模式 (圖 2)， r^2 是 0.496， $p < .001$ 。

2.3.4 秀姑巒溪立山測站

河川流量與河川含砂量樣本數為 297 個 (表 2)，本研究建立秀姑巒溪瑞穗大橋測站河川流量－河川含砂量迴歸模式 (圖 2)， r^2 是 0.231， $p < .001$ 。

本研究先建立河川流量－河川含砂量迴歸模式，之後本研究使用 1970 年至 2008 年花蓮溪花蓮大橋流量測站、花蓮溪仁壽橋流量測站、秀姑巒溪瑞穗大橋流量測站與秀姑巒溪立山流量測

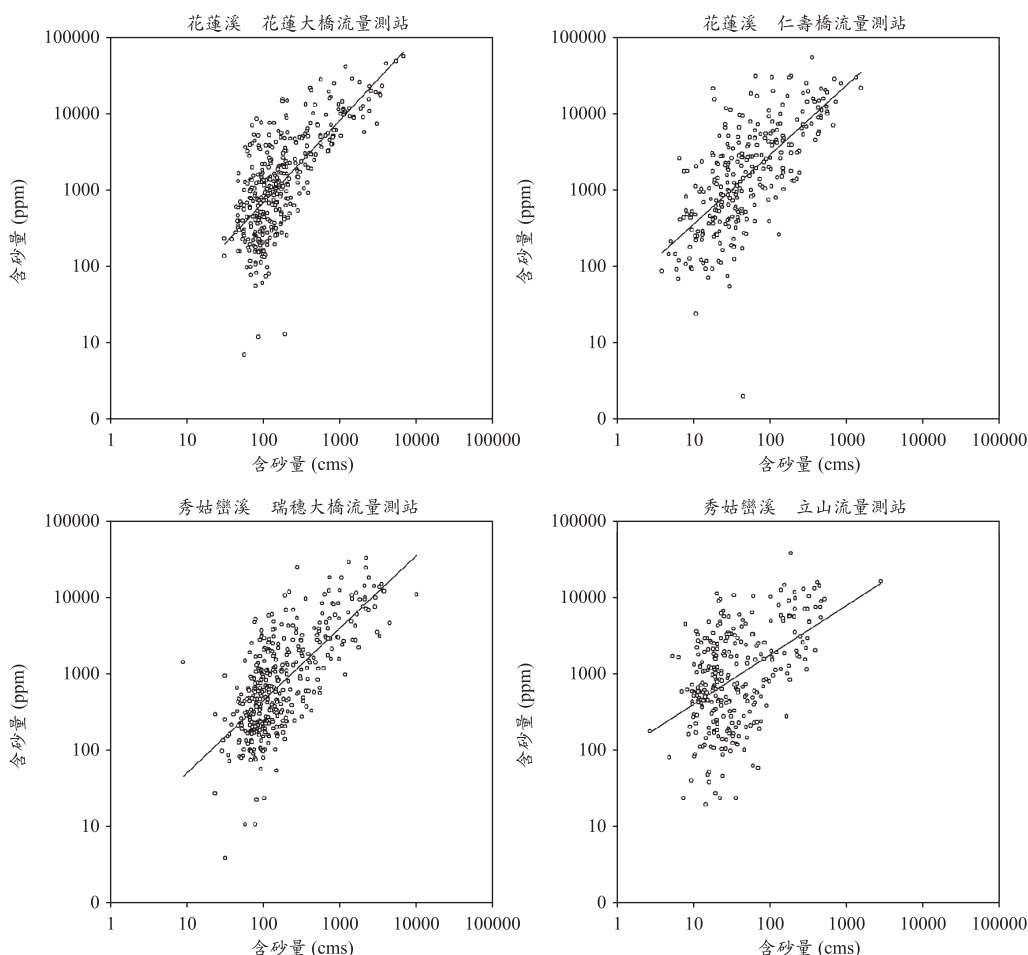


圖 2 花蓮溪花蓮大橋測站、花蓮溪仁壽橋測站、秀姑巒溪瑞穗大橋測站與秀姑巒溪立山測站 1970 年至 2008 年流量-含砂量迴歸分析

站日平均河川流量資料去計算推測 1970 年至 2008 年花蓮溪花蓮大橋流量測站、花蓮溪仁壽橋流量測站、秀姑巒溪瑞穗大橋流量測站與秀姑巒溪立山流量測站日平均河川含砂量。

2.4 河川輸砂量與河川侵蝕速率

本研究計算 1970 年至 2008 年花蓮溪花蓮大橋流量測站、花蓮溪仁壽橋流量測站、秀姑巒溪瑞穗大橋流量測站與秀姑巒溪立山流量測站河川輸砂量與河川侵蝕速率，河川輸砂量計算公式如下所示：

$$L = Q \times C \quad \dots\dots\dots(2)$$

L：日輸砂量(公噸/日)，Q：日平均流量(秒立方公尺)，C：日平均河川含砂量(ppm)

本研究計算 1970 年至 2008 年花蓮溪花蓮大橋流量測站、花蓮溪仁壽橋流量測站、秀姑巒溪瑞穗大橋流量測站與秀姑巒溪立山流量測站河川侵蝕速率，河川侵蝕速率(Ritter, Kochel, and Miller, 2002)計算公式如下所示：

$$DR = \frac{L}{d \times A} \quad \dots\dots\dots(3)$$

DR：侵蝕速率(mm/日)，L：日輸砂量(公噸/日)，d：岩石密度(2.7 g/cm³)，A：面積(平方公里)。

本研究計算推測下列水文資料：

表 3 花蓮溪花蓮大橋測站 1970 年至 2008 年各年輸砂量估計值

年份	年輸砂量 (公噸/年)	年份	年輸砂量 (公噸/年)	年份	年輸砂量 (公噸/年)	年份	年輸砂量 (公噸/年)
1970	3,184,877	1980	7,952,801	1990	30,648,317	2000	50,239,010
1971	23,966,954	1981	17,048,444	1991	6,174,066	2001	41,883,258
1972	4,860,903	1982	37,533,663	1992	4,551,919	2002	588,832
1973	87,636,810	1983	1,739,209	1993	436,625	2003	16,697,059
1974	45,222,659	1984	6,602,030	1994	9,727,727	2004	23,897,520
1975	24,410,576	1985	13,386,908	1995	2,916,305	2005	34,903,606
1976	2,001,960	1986	3,236,555	1996	6,790,420	2006	15,599,209
1977	13,350,954	1987	15,725,064	1997	2,875,730	2007	57,012,164
1978	3,011,175	1988	3,305,936	1998	33,284,652	2008	24,979,104
1979	12,282,760	1989	7,814,966	1999	5,536,023		

- (1) 1970 年至 2008 年花蓮溪花蓮大橋測站、花蓮溪仁壽橋測站、秀姑巒溪瑞穗大橋測站與秀姑巒溪立山測站年輸砂量。
- (2) 1970 年至 2008 年花蓮溪花蓮大橋測站、花蓮溪仁壽橋測站、秀姑巒溪瑞穗大橋測站與秀姑巒溪立山測站月侵蝕速率與年侵蝕速率。

參、研究結果

3.1 1970 年到 2008 年河川輸砂量

本研究計算 1970 年至 2008 年花蓮溪花蓮大橋測站、花蓮溪仁壽橋測站、秀姑巒溪瑞穗大橋測站與秀姑巒溪立山測站之年輸砂量(圖 3)，表 3 顯示花蓮溪花蓮大橋測站各年輸砂量估計值，年輸砂量估計值平均數為 1,803 萬公噸，50 百分位數為 1,228 萬公噸，花蓮大橋測站在 1970 年至 2008 年中最大年輸砂量估計值是 8,764 萬公噸(1973 年)，最小年輸砂量估計值是 44 萬公噸(1993 年)，最大年輸砂量(1973 年)是最小年輸砂量(1993 年)的 201 倍。

表 4 顯示花蓮溪仁壽橋測站各年輸砂量估計值，年輸砂量估計值平均數為 366 萬公噸，50 百分位數為 204 萬公噸，仁壽橋測站在 1970 年至 2008 年中最大年輸砂量估計值是 2,313 萬公噸(1973 年)，最小年輸砂量估計值是 4 萬公噸(2002 年)，最大年輸砂量(1973 年)是最小年輸砂量(2002 年)的 601 倍。

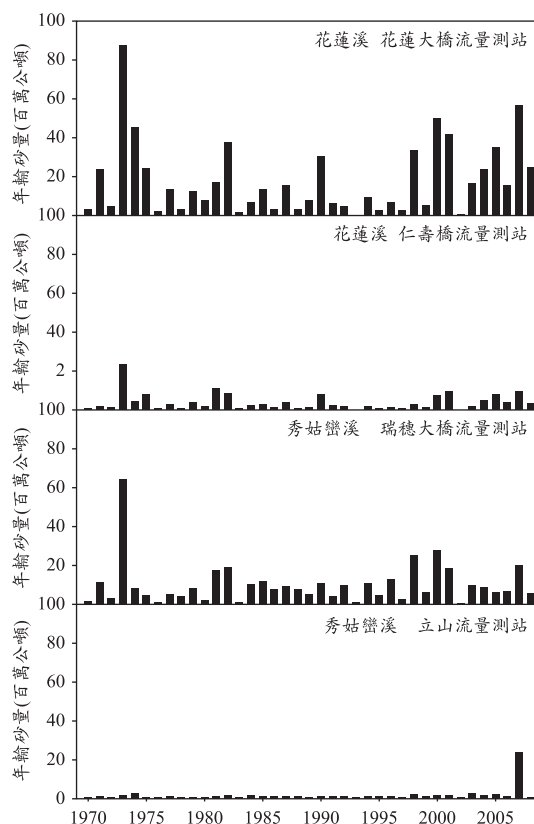


圖 3 花蓮溪花蓮大橋測站、花蓮溪仁壽橋測站、秀姑巒溪瑞穗大橋測站與秀姑巒溪立山測站 1970 年至 2008 年輸砂量估計值

秀姑巒溪瑞穗大橋測站各年輸砂量估計值如表 5 顯示，年輸砂量估計值平均數為 1,004 萬

表 4 花蓮溪仁壽橋測站 1970 年至 2008 年各年輸砂量估計值

年份	年輸砂量 (公噸/年)	年份	年輸砂量 (公噸/年)	年份	年輸砂量 (公噸/年)	年份	年輸砂量 (公噸/年)
1970	411,732	1980	1,636,489	1990	7,625,265	2000	7,083,163
1971	1,663,041	1981	11,079,177	1991	2,046,403	2001	9,199,395
1972	1,079,669	1982	8,047,756	1992	1,344,631	2002	38,481
1973	23,128,616	1983	620,863	1993	150,580	2003	1,672,376
1974	3,988,237	1984	2,167,157	1994	1,373,652	2004	4,552,997
1975	7,813,581	1985	2,701,051	1995	795,913	2005	7,716,014
1976	707,963	1986	856,688	1996	1,028,216	2006	3,574,541
1977	2,455,865	1987	3,364,471	1997	696,963	2007	9,565,736
1978	536,649	1988	377,106	1998	2,720,857	2008	3,255,066
1979	3,667,924	1989	878,721	1999	1,311,339		

表 5 秀姑巒溪瑞穗大橋測站 1970 年至 2008 年各年輸砂量估計值

年份	年輸砂量 (公噸/年)	年份	年輸砂量 (公噸/年)	年份	年輸砂量 (公噸/年)	年份	年輸砂量 (公噸/年)
1970	1,787,141	1980	1,790,123	1990	10,591,777	2000	27,678,382
1971	11,130,448	1981	17,252,841	1991	3,849,056	2001	18,200,718
1972	2,857,881	1982	19,153,828	1992	9,571,935	2002	746,225
1973	64,148,715	1983	793,403	1993	925,707	2003	9,672,793
1974	7,966,671	1984	10,242,959	1994	10,973,765	2004	8,842,414
1975	4,350,046	1985	11,856,154	1995	4,462,854	2005	5,940,047
1976	1,166,095	1986	7,380,298	1996	12,868,313	2006	6,760,358
1977	5,163,885	1987	9,086,402	1997	2,539,042	2007	20,206,109
1978	3,972,209	1988	7,406,920	1998	25,189,580	2008	5,604,027
1979	7,906,391	1989	5,270,415	1999	6,232,010		

公噸，50 百分位數為 741 萬公噸，瑞穗大橋測站在 1970 年至 2008 年中最大年輸砂量估計值是 6,415 萬公噸(1973 年)，最小年輸砂量估計值是 75 萬公噸(2002 年)，最大年輸砂量(1973 年)是最小年輸砂量(2002 年)的 86 倍。

秀姑巒溪立山測站各年輸砂量估計值如表 6 顯示，年輸砂量估計值平均數為 159 萬公噸，50 百分位數為 101 萬公噸，立山測站在 1970 年至 2008 年中最大年輸砂量估計值是 2,381 萬公噸(2007 年)，最小年輸砂量估計值是 19 萬公噸(2002 年)，最大年輸砂量(2007 年)是最小年輸砂量(2002 年)的 123 倍。

表 7 顯示 1970 年至 1979 年，1980 年至 1989 年，1990 年至 1999 年，2000 年至 2008 年及 1970

年至 2008 年花蓮溪花蓮大橋測站、花蓮溪仁壽橋測站、秀姑巒溪瑞穗大橋測站與秀姑巒溪立山測站年平均輸砂量，花蓮溪花蓮大橋測站 1970 年至 1979 年，1980 年至 1989 年，1990 年至 1999 年及 2000 年至 2008 年平均輸砂量為 2,199 萬公噸、1,143 萬公噸、1,029 萬公噸及 2,953 萬公噸，1970 年至 2008 年平均輸砂量為 1,803 萬公噸。

花蓮溪仁壽橋花蓮大橋測站 1970 年－1979 年，1980 年至 1989 年，1990 年至 1999 年及 2000 年－2008 年平均輸砂量為 455 萬公噸、317 萬公噸、191 萬公噸及 518 萬公噸，1970 年至 2008 年平均輸砂量為 366 萬公噸。

秀姑巒溪瑞穗大橋測站 1970 年至 1979 年，1980 年至 1989 年，1990 年至 1999 年及 2000

表 6 秀姑巒溪立山測站 1970 年至 2008 年各年輸砂量估計值

年份	年輸砂量 (公噸/年)	年份	年輸砂量 (公噸/年)	年份	年輸砂量 (公噸/年)	年份	年輸砂量 (公噸/年)
1970	342,634	1980	364,676	1990	1,197,601	2000	1,376,223
1971	984,465	1981	665,644	1991	699,894	2001	1,557,095
1972	341,275	1982	1,288,909	1992	1,184,512	2002	194,190
1973	1,288,853	1983	255,374	1993	224,022	2003	2,389,530
1974	2,439,127	1984	1,337,736	1994	1,011,545	2004	1,386,596
1975	604,823	1985	997,297	1995	884,973	2005	2,275,629
1976	436,044	1986	1,154,699	1996	1,222,236	2006	1,069,582
1977	711,160	1987	1,045,503	1997	225,181	2007	23,809,586
1978	593,208	1988	1,183,137	1998	2,236,902	2008	695,094
1979	574,385	1989	757,122	1999	1,036,137		

表 7 花蓮溪花蓮大橋測站、花蓮溪仁壽橋測站、秀姑巒溪瑞穗大橋測站與秀姑巒溪立山測站 1970 年至 2008 年平均輸砂量估計值

年份	花蓮大橋測站 年平均輸砂量 (公噸/年)	仁壽橋測站 年平均輸砂量 (公噸/年)	瑞穗大橋測站 年平均輸砂量 (公噸/年)	立山測站 年平均輸砂量 (公噸/年)
1970-1979	21,992,963	4,545,328	11,044,948	831,597
1980-1989	11,434,558	3,172,948	9,023,334	905,010
1990-1999	10,294,178	1,909,382	8,720,404	992,300
2000-2008	29,533,307	5,184,197	11,516,786	3,861,503
1970-2008	18,026,070	3,664,983	10,039,434	1,590,836

年至 2008 年平均輸砂量為 1,104 萬公噸、902 萬公噸、872 萬公噸及 1,152 萬公噸，1970 年至 2008 年平均輸砂量為 1,004 萬公噸。

秀姑巒溪立山測站 1970 年至 1979 年，1980 年至 1989 年，1990 年至 1999 年及 2000 年至 2008 年平均輸砂量為 83 萬公噸、91 萬公噸、99 萬公噸及 386 萬公噸，1970 年—2008 年平均輸砂量為 159 萬公噸。

3.2 1970 年到 2008 年河川侵蝕速率

3.2.1 1970 年到 2008 年月侵蝕速率

本研究計算 1970 年至 2008 年花蓮溪花蓮大橋測站、花蓮溪仁壽橋測站、秀姑巒溪瑞穗大橋測站與秀姑巒溪立山測站之月侵蝕速率(圖 4)，花蓮溪花蓮大橋測站月侵蝕速率估計值範圍從 1 月侵蝕速率最小每日 0.04 mm 到 9 月侵蝕速率最大每日 3.49 mm，9 月侵蝕速率是 1 月的 79 倍，日侵蝕速率大於 1 mm 有 5 個月，分別為 9 月、

10 月、8 月、7 月及 11 月。

花蓮溪仁壽橋測站月侵蝕速率估計值範圍從 1 月侵蝕速率最小每日 0.01 mm 到 9 月侵蝕速率最大每日 2.61 mm，9 月侵蝕速率是 1 月的 269 倍，日侵蝕速率大於 1 mm 有 4 個月，分別為 9 月、10 月、8 月及 7 月。

秀姑巒溪瑞穗大橋測站月侵蝕速率估計值範圍從 4 月侵蝕速率最小每日 0.02 mm 到 10 月侵蝕速率最大每日 2.07 mm，10 月侵蝕速率是 4 月的 96 倍，日侵蝕速率大於 1 mm 有 4 個月，分別為 10 月、9 月、8 月及 7 月。

秀姑巒溪立山測站月侵蝕速率估計值範圍從 4 月侵蝕速率最小每日 0.04 mm 到 8 月侵蝕速率最大每日 3.54 mm，8 月侵蝕速率是 4 月的 86 倍，日侵蝕速率大於 1 mm 有 2 個月，分別為 8 月及 9 月。

3.2.2 1970 年到 2008 年年侵蝕速率

本研究計算 1970 年至 2008 年花蓮溪花蓮大

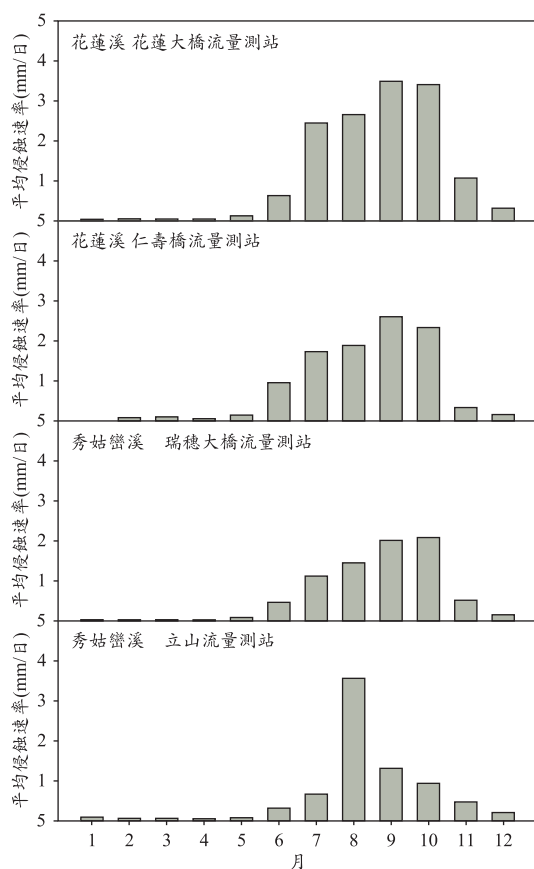


圖 4 花蓮溪花蓮大橋測站、花蓮溪仁壽橋測站、秀姑巒溪瑞穗大橋測站與秀姑巒溪立山測站 1970 年至 2008 年月侵蝕速率估計值

橋測站、花蓮溪仁壽橋測站、秀姑巒溪瑞穗大橋測站與秀姑巒溪立山測站之年侵蝕速率(圖 5)，花蓮溪花蓮大橋測站年侵蝕速率估計值如表 8 所示，花蓮溪花蓮大橋測站年侵蝕速率估計值平均數為 443 mm，年侵蝕速率 50 百分位數為 302 mm，花蓮大橋測站在 1970 年至 2008 年中最大年侵蝕速率估計值是 2,155 mm (1973 年)，最小年侵蝕速率估計值是 11 mm (1993 年)，最大年侵蝕速率(1973 年)是最小年侵蝕速率(1993 年)的 201 倍。

花蓮溪仁壽橋測站年侵蝕速率估計值如表 9 所示，花蓮溪仁壽橋測站年侵蝕速率估計值平均數為 319 mm，年侵蝕速率 50 百分位數為 178 mm，仁壽橋測站在 1970 年至 2008 年中最大

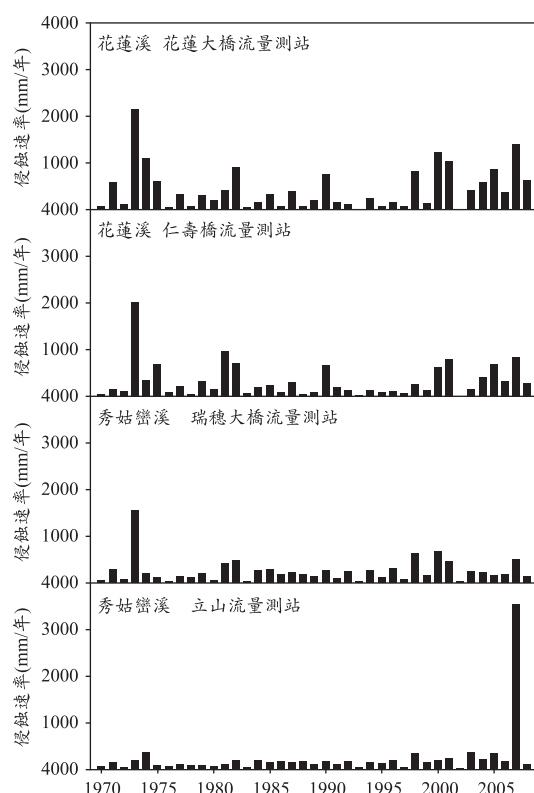


圖 5 花蓮溪花蓮大橋測站、花蓮溪仁壽橋測站、秀姑巒溪瑞穗大橋測站與秀姑巒溪立山測站 1970 年至 2008 年年侵蝕速率估計值

年侵蝕速率估計值是 2,011 mm (1973 年)，最小年侵蝕速率估計值是 3mm (2002 年)，最大年侵蝕速率(1973 年)是最小年侵蝕速率(2002 年)的 601 倍。

秀姑巒溪瑞穗大橋測站年侵蝕速率估計值如表 10 所示，秀姑巒溪瑞穗大橋測站年侵蝕速率估計值平均數為 242 mm，年侵蝕速率 50 百分位數為 178 mm，瑞穗大橋測站在 1970 年至 2008 年中最大年侵蝕速率估計值是 1,544 mm (1973 年)，最小年侵蝕速率估計值是 18 mm (2002 年)，最大年侵蝕速率(1973 年)是最小年侵蝕速率(2002 年)的 86 倍。

秀姑巒溪立山測站年侵蝕速率估計值如表 11 所示，秀姑巒溪立山測站年侵蝕速率估計值平均數為 236 mm，年侵蝕速率 50 百分位數為 150 mm，立山測站在 1970 年至 2008 年中最大

表 8 花蓮溪花蓮大橋測站 1970 年至 2008 年年侵蝕速率估計值

年份	侵蝕速率 (mm/年)	年份	侵蝕速率 (mm/年)	年份	侵蝕速率 (mm/年)	年份	侵蝕速率 (mm/年)
1970	78.3256	1980	195.5831	1990	753.7336	2000	1,235.5273
1971	589.4190	1981	419.2722	1991	151.8387	2001	1,030.0344
1972	119.5441	1982	923.0648	1992	111.9453	2002	14.4811
1973	2,155.2509	1983	42.7724	1993	10.7379	2003	410.6305
1974	1,112.1602	1984	162.3636	1994	239.2338	2004	587.7114
1975	600.3289	1985	329.2240	1995	71.7207	2005	858.3839
1976	49.2342	1986	79.5965	1996	166.9967	2006	383.6311
1977	328.3398	1987	386.7263	1997	70.7228	2007	1,402.0993
1978	74.0538	1988	81.3028	1998	818.5690	2008	614.3108
1979	302.0697	1989	192.1933	1999	136.1473		

表 9 花蓮溪仁壽橋測站 1970 年至 2008 年年侵蝕速率估計值

年份	侵蝕速率 (mm/年)	年份	侵蝕速率 (mm/年)	年份	侵蝕速率 (mm/年)	年份	侵蝕速率 (mm/年)
1970	35.8033	1980	142.3053	1990	663.0758	2000	615.9358
1971	144.6143	1981	963.4201	1991	177.9506	2001	799.9585
1972	93.8856	1982	699.8146	1992	116.9260	2002	3.3462
1973	2,011.2120	1983	53.9888	1993	13.0941	2003	145.4260
1974	346.8081	1984	188.4511	1994	119.4497	2004	395.9183
1975	679.4513	1985	234.8773	1995	69.2108	2005	670.9671
1976	61.5629	1986	74.4957	1996	89.4113	2006	310.8340
1977	213.5565	1987	292.5668	1997	60.6063	2007	831.8147
1978	46.6658	1988	32.7923	1998	236.5995	2008	283.0532
1979	318.9544	1989	76.4116	1999	114.0311		

表 10 秀姑巒溪瑞穗大橋測站 1970 年至 2008 年年侵蝕速率估計值

年份	侵蝕速率 (mm/年)	年份	侵蝕速率 (mm/年)	年份	侵蝕速率 (mm/年)	年份	侵蝕速率 (mm/年)
1970	43.0140	1980	43.0858	1990	254.9295	2000	666.1805
1971	267.8946	1981	415.2521	1991	92.6415	2001	438.0662
1972	68.7853	1982	461.0062	1992	230.3833	2002	17.9606
1973	1,543.9712	1983	19.0961	1993	22.2805	2003	232.8108
1974	191.7468	1984	246.5339	1994	264.1234	2004	212.8247
1975	104.6996	1985	285.3613	1995	107.4147	2005	142.9688
1976	28.0663	1986	177.6336	1996	309.7226	2006	162.7125
1977	124.2876	1987	218.6972	1997	61.1112	2007	486.3332
1978	95.6056	1988	178.2744	1998	606.2785	2008	134.8812
1979	190.2959	1989	126.8516	1999	149.9959		

表 11 秀姑巒溪立山測站 1970 年至 2008 年年侵蝕速率估計值

年份	侵蝕速率 (mm/年)	年份	侵蝕速率 (mm/年)	年份	侵蝕速率 (mm/年)	年份	侵蝕速率 (mm/年)
1970	50.8827	1980	54.1561	1990	177.8492	2000	204.3753
1971	146.1975	1981	98.8511	1991	103.9374	2001	231.2357
1972	50.6809	1982	191.4088	1992	175.9054	2002	28.8381
1973	191.4006	1983	37.9241	1993	33.2683	2003	354.8560
1974	362.2214	1984	198.6599	1994	150.2191	2004	205.9159
1975	89.8190	1985	148.1032	1995	131.4225	2005	337.9413
1976	64.7545	1986	171.4781	1996	181.5076	2006	158.8378
1977	105.6105	1987	155.2620	1997	33.4404	2007	3,535.8321
1978	88.0940	1988	175.7012	1998	332.1902	2008	103.2246
1979	85.2988	1989	112.4360	1999	153.8711		

表 12 花蓮溪花蓮大橋測站、花蓮溪仁壽橋測站、秀姑巒溪瑞穗大橋測站與秀姑巒溪立山測站 1970 年至 2008 年平均侵蝕速率

年份	花蓮大橋測站 平均侵蝕速率 (mm/年)	仁壽橋測站 平均侵蝕速率 (mm/年)	瑞穗大橋測站 平均侵蝕速率 (mm/年)	立山測站 平均侵蝕速率 (mm/年)
1970-1979	540.8726	395.2514	265.8367	123.4960
1980-1989	281.2099	275.9124	217.1792	134.3981
1990-1999	253.1646	166.0355	209.8881	147.3611
2000-2008	726.3122	450.8060	277.1932	573.4507
1970-2008	443.3149	318.6986	241.6354	236.2464

大年侵蝕速率估計值是 3,536 mm (2007 年)，最小年侵蝕速率估計值是 29 mm (2002 年)，最大年侵蝕速率(2007 年)是最小年侵蝕速率(2002 年)的 123 倍。

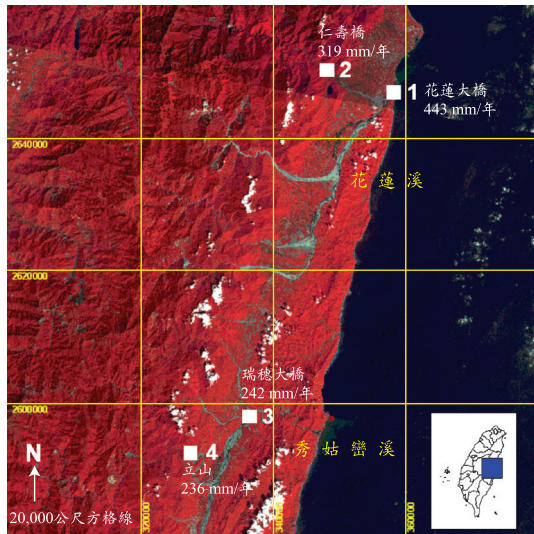
表 12 顯示 1970 年至 1979 年，1980 年至 1989 年，1990 年至 1999 年，2000 年至 2008 年及 1970 年至 2008 年花蓮溪花蓮大橋測站、花蓮溪仁壽橋測站、秀姑巒溪瑞穗大橋測站與秀姑巒溪立山測站平均侵蝕速率，花蓮溪花蓮大橋測站 1970 年至 1979 年，1980 年至 1989 年，1990 年至 1999 年及 2000 年至 2008 年平均侵蝕速率為 541 mm、281 mm、253 mm 及 726 mm，1970 年至 2008 年平均侵蝕速率為 443 mm (圖 6)。花蓮溪仁壽橋測站 1970 年至 1979 年，1980 年至 1989 年，1990 年至 1999 年及 2000 年至 2008 年平均侵蝕速率為 395 mm、276 mm、166 mm 及 451 mm，1970 年至 2008 年平均侵蝕

速率為 319 mm (圖 6)。

秀姑巒溪瑞穗大橋測站 1970 年至 1979 年，1980 年至 1989 年，1990 年至 1999 年及 2000 年至 2008 年平均侵蝕速率為 266 mm、217 mm、210 mm 及 277 mm，1970 年至 2008 年平均侵蝕速率為 242 mm (圖 6)。秀姑巒溪立山測站 1970 年至 1979 年，1980 年至 1989 年，1990 年至 1999 年及 2000 年至 2008 年平均侵蝕速率為 123 mm、134 mm、147 mm 及 573 mm，1970 年至 2008 年平均侵蝕速率為 236 mm (圖 6)。

1970 年至 2008 年花蓮溪花蓮大橋測站與仁壽橋測站兩站平均侵蝕速率為 381 mm/年，秀姑巒溪瑞穗大橋測站與立山測站兩站平均侵蝕速率為 239 mm/年，本研究發現花蓮溪兩站侵蝕速率高於秀姑巒溪兩站侵蝕速率，影響因子有待後續進一步探討。

花蓮溪花蓮大橋測站、花蓮溪仁壽橋測站、



(1：花蓮溪花蓮大橋測站；2：花蓮溪仁壽橋測站；3：秀姑巒溪瑞穗大橋測站；4：秀姑巒溪立山測站)
圖片來源：Landsat衛星影像

圖 6 花蓮溪與秀姑巒溪年侵蝕速率估計值

秀姑巒溪瑞穗大橋測站與秀姑巒溪立山測站四站平均侵蝕速率為 310 mm/年，本研究建議可以後續分析並比較臺灣其他地區河川侵蝕速率。

肆、結 論

本研究有下列幾點結論：

- (1) 本研究計算估計花蓮溪花蓮大橋測站年平均輸砂量為 1,803 萬公噸，花蓮溪仁壽橋測站年平均輸砂量為 366 萬公噸，秀姑巒溪瑞穗大橋測站年平均輸砂量為 1,004 萬公噸，秀姑巒溪立山測站年平均輸砂量為 159 萬公噸。本研究發現花蓮溪花蓮大橋測站河川輸砂量為最大值(1,803 萬公噸/年)，秀姑巒溪立山測站河川輸砂量為最小值(159 萬公噸/年)。
- (2) 本研究計算估計花蓮溪花蓮大橋測站年平均侵蝕速率為 443 mm，花蓮溪仁壽橋測站年平均侵蝕速率為 319 mm，秀姑巒溪瑞穗大橋測站年平均侵蝕速率為 242 mm，秀姑巒溪立山測站年平均侵蝕速率為 236 mm。本研究發現

花蓮溪花蓮大橋測站河川侵蝕速率為最大值(443 mm/年)，秀姑巒溪立山測站河川侵蝕速率為最小值(236 mm/年)。

- (3) 本研究計算估計花蓮溪花蓮大橋測站與仁壽橋測站兩站平均侵蝕速率為 381 mm/年，秀姑巒溪瑞穗大橋測站與立山測站兩站平均侵蝕速率為 239 mm/年，花蓮溪花蓮大橋測站、花蓮溪仁壽橋測站、秀姑巒溪瑞穗大橋測站與秀姑巒溪立山測站四站平均侵蝕速率為 310 mm/年。
- (4) 本研究分析計算花蓮溪花蓮大橋測站、花蓮溪仁壽橋測站、秀姑巒溪瑞穗大橋測站與秀姑巒溪立山測站輸砂量與侵蝕速率，研究結果可供相關單位參考，期望有助於花蓮地區水文環境永續經營與管理。

伍、參考文獻

1. 田維婷(2003)氣候變遷對台灣地區地表水水量之影響，國立中央大學碩士論文。
2. 張明軒(2005)集水區輸砂量變化與沖積物預算之分析，國立臺灣大學碩士論文。
3. 李亮廷(2008)集水區降雨特性、溪流流量及輸砂量變異分析-以陳有蘭溪流域為例，國立成功大學碩士。
4. 經濟部水利署(2009)中華民國九十七年臺灣水文年報。
5. Knighton David (1998) Fluvial Forms and Processes. Arnold, London.
6. Ritter Dale F., Kochel R. Craig, and Miller Jerry R. (2002) Process Geomorphology 4th ed.. Waveland Press, Illinois, USA.

收稿日期：民國 99 年 3 月 3 日

修正日期：民國 100 年 4 月 8 日

接受日期：民國 100 年 4 月 12 日