

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 全球變遷：福山森林生態系研究 -哈盆溪集水區風化與土壤沖蝕觀測研究

計畫編號：NSC 89-2621-B-002-056-A10

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

主持人：林俊全 執行機構及單位名稱：台大地理環境資源學系

### 一、中英文摘要

在本年度的研究中，主要是觀測哈盆溪一號與二號量水堰上游集水區的降雨以及沖蝕。除了過去的觀測之外，本年度的計畫重點在於風化與集水區剝蝕速率之推算。在1998至2000年的觀測期之中，以哈盆西溪集水區（一號量水堰）為例，整體的河川搬運量約為738公噸，集水區面積為37公頃，剝蝕量約為1.0347公釐，平均的年剝蝕速率為0.3449公釐。而哈盆東溪集水區（二號量水堰）的整體的河川搬運量約為3649公噸，集水區面積為100公頃，剝蝕量約為1.8938公釐，平均的年剝蝕速率為0.6313公釐。哈盆東溪集水區的平均剝蝕速率約為哈盆西溪集水區的1.83倍。

**關鍵詞：**剝蝕速率、土壤沖蝕

### Abstract

The main works of this year are monitoring the erosion and rainfall conditions in drainage area of weir NO1 and NO2. In the study of this, we not only do the monitoring of soil erosion, but also calculate the denudation rate from 1998 to 2000, both weir NO1 and NO2. The total load in the drainage basin of weir NO1 is 738 ton and 3649 ton for weir NO2. The average denudation rate is 0.3449 mm/ yr and 0.6313 mm/ yr for weir NO1 and NO2 respectively.

**Keywords:** Denudation rate, Soil erosion

### 二、緣由與目的

本年度研究是以哈盆溪集水區為研究區來進行集水區的沖蝕觀測。主要的研究區為南勢溪上游哈盆溪支流的一號與二號量水堰之上游集水區。觀測的項目包含：降雨量、河川基流的輸送物質（包含推移質、懸移質與溶解質）、暴雨時河川輸送物質（包含推移質、懸移質與溶解質）。在觀測之中，主要是將河川所搬運的物質分為推移質、懸移質與溶解質三類，分開進行觀測。在計算整體的剝蝕速率時，是將三種物質總和，除以集水區的面積。下面就本研究所收集的三種，分別進行討論。主要的觀測期為1998年至2000年。

在觀測河川沈積物的生產量之後，可以配合總體面積來推算整個集水區的剝蝕速率，其方法是將沈積物的總量除以比重、觀測期與集水區面積，單位是以每年的剝蝕厚度來表示（mm/ yr）。由集水區的河川搬運速率與剝蝕速率可以瞭解河川中地形作用的速度。

本研究希望達成以下之目的：

1. 以河川的懸移質、溶解質與推移質總量來推算整個集水區的剝蝕速率。
2. 比較與建立兩個不同集水區的沖蝕特性及其差異。
3. 以推算集水區剝蝕速率來探討整個集水區的地形作用，並且加以比較。

### 三、結果與討論

本年度觀測期自1998年起至2000年止。以下就相關的結果進行分析與討論。

以地形的角度而言，在潮濕氣候區，地表受到外營力作用，產生風化、侵蝕、搬運與堆積等作用，形塑出各式各樣的地形。其中，由系統（集水區）外輸入的主要是降雨。而集水區系統主要的輸出則包括：河水、各種溶解於河水的物質與不溶於水的沈積物等。在系統之中則是包含了入滲、蒸發、棲止、風化、侵蝕、搬運、堆積、片洗、濺蝕、溝蝕、塊體運動、土石流、地滑與土壤潛移等等各種形式的作用。若將集水區系統視為黑箱（black box），只考慮外界的輸入與系統的反應，則焦點聚集在兩個項目，也就是外界的降雨以及集水區的輸出。在輸出方面，除了河水之外，還有由河水所搬運的溶解與非溶解物質。這些物質分別是：推移質（bed load）、懸移質（suspended load）與溶解質（dissolved load）。

這三種物質是集水區系統輸出的主要組成，也是集水區中地形作用所生成的產物，因此，可以利用這些集水區系統的輸出物質來評估其中所進行的地形作用。（Avila & Roda, 1988）

#### 1. 哈盆溪集水區的推移質

由過去的紀錄分析，可發現在福山地區的沈積物搬運模式是颱風將堆積在河道中的沈積物一次都搬走，屬於暴雨後產生大量逕流與推移質的形式。因此，只要有颱風或豪雨發生，就會產生大量的推移質，隨著滾滾河水向下搬運。當暴雨過後，河川水位降低，河水流速下降，搬運能力也隨之下降時，推移質便會沈積下來，在整個觀測集水區中，最容易堆積在量水堰上方。

在本計畫的觀測之中，一號量水堰推移質的計算是以每隔一段時間所收集停留在量水堰上方推移質加上林業試驗所福山分所每隔一、兩年清理量水堰裡所堆積的沈積物加總的量。而二號量水

堰集水區的推移質量則是以清理量水堰中沈積物的量為準。

表一 福山測站推移質生產量統計表

測站 收集日期	福山1號站	福山2號站
1998	239.13	
1999	49972.97	
2000	98.94	
總和	50311.04	1786222.62

單位：公斤

以這三年間的紀錄來看，一號量水堰集水區一共有約50公噸的推移質，二號量水堰集水區約有1786公噸的推移質，在兩個集水區之中，推移質的生產量有很明顯的差異，顯示兩者的推移質搬運與堆積作用有所不同。

推移質搬運是由河道微地形與河川水文所控制。以水文條件與地形條件而言，二號量水堰集水區為一號量水堰集水區的三倍，河道特性明顯不同。再加上流量的差異，造成推移質生產量有明顯差異。根據過去記錄，在平時二號量水堰的河川流量為0.09cms，一號量水堰的河川流量為0.02cms，也就是河川流量在平時就有將近4.5倍的差異。在1997年賀伯颱風期間，二號量水堰的河川瞬間最大流量為7cms，一號量水堰的河川瞬間最大流量為2cms，也就是河川瞬間最大流量也有將近3.5倍的差異。反映到推移質的搬運量差異上。兩者的推移質總量有將近35倍的差異。在颱風與豪雨過後，往往有大量的推移質堆積在量水堰的上方地區，造成觀測與實驗的困難。

#### 2. 懸移質與溶解質

在本研究中，河川懸移質的搬運量主要是以含沙量的平均濃度乘以河川流量在乘以時間來計算，所獲取的懸移質量換算成重量，併入沈積物總量之中計算。溶解質的計算方式與懸移質相似，只是其中的乘值由

懸移質濃度換成溶解質濃度。兩個集水區的懸移質與溶解質的平均濃度如下表。

表二 兩測站的推移質與懸移質統計表

集水區 觀測項目	一號量水堰	二號量水堰
懸移質	0.002859685	0.002868537
溶解質	0.0805	0.1304

降雨量單位：公斤／立方公尺

在表二之中是兩個觀測集水區的懸移質與溶解質資料。在溶解質方面，兩個集水區的數值很接近，大約為每立方公尺的河水含有2.85公克的懸移質，這樣的懸移質含量是相當低的。這也可以反映在一般的觀察之中，在沒有降雨的狀況下，哈盆溪集水區的河流當相當清澈，所攜帶的懸移質相當低，只有在暴雨時才會有懸移質濃度較高的情況出現。

然而，溶解質的數值便有所不同，二號量水堰上方集水區的河水溶解質含量為每立方公尺河水有130公克，遠大於一號量水堰上方集水區的每立方公尺河水80公克溶解質。因為溶解質的來源是集水區中由風化作用所產生的離子的總量，因此河水中溶解質含量的差異代表兩個集水區中所進行的風化作用有所不同。

這樣的差異主要是來自兩個集水區所經過地質區的不同所造成的。一號量水堰上游集水區所經過的地曾是乾溝層，主要由硬頁岩、板岩與千枚岩為主。而二號量水堰上方集水區則是經過乾溝層與粗窟砂岩層，除了硬頁岩、板岩與千枚岩之外，還有部分的砂岩，因此在特性上有所不同，所產生的風化速率與風化產物也有所不同，這就是造成兩者溶解質有所差異的原因之一。

此外，河川流量的差異也有影響，因為在整體剝蝕速率統計上，是要將濃度乘上流量，以獲取最後的結果，因此河川流量對整體的剝蝕速率的計算也會產生影響。

表三 各測站之沈積物量

集水區 觀測項目	一號量水堰	二號量水堰
懸移質與溶解質總量	687520.82	1862915.79
推移質總量	50311.04	1786222.62
沈積物總量	737831.86	3649138.41

降雨量單位：公斤

在1998年至2000年的觀測期間之內，以哈盆西溪集水區（一號量水堰）為例，整體的河川搬運量約為738公噸，集水區面積為37公頃，剝蝕量約為1.0347公釐，平均的年剝蝕速率為0.3449公釐。而哈盆東溪集水區（二號量水堰）的整體的河川搬運量約為3649公噸，集水區面積為100公頃，剝蝕量約為1.8938公釐，平均的年剝蝕速率為0.6313公釐。哈盆東溪集水區的平均剝蝕速率約為哈盆西溪集水區的1.83倍。

## 討論

本年度對目前與過去於福山一號與二號量水堰上方集水區進行的資料收集與分析及實地量測作業，有以下的幾點初步結論：

1. 在觀測期之中，兩個小型集水區的沈積物經過仔細的量測與分析，再加上流量的資料，分別計算出懸移質、溶解質與推移質的總量。
2. 在統計的結果之中，一號量水堰的懸移質與溶解質佔93%，推移質只佔7%。二號量水堰的懸移質與溶解質佔51%，推移質佔49%。顯示兩個集水區的沈積物生產與搬運特性有明顯差別。
3. 以推移質為例，上游集水區河川的推移質模式屬於脈衝式，當降雨超過閾值，河水暴增、流速增加，相對的搬運能力也上升，可以攜帶較多的推移質，並且堆積在觀測區中。
4. 以整體剝蝕速率而言，二號量水堰上游集水區平均每年剝蝕0.6313公釐，一號量水堰上游集水區平均每

年剝蝕0.3449公釐。二號量水堰上方集水區的平均剝蝕速率約為一號量水堰上方集水區的1.83倍。顯示兩個相鄰集水區的地形作用有很顯的差異。

5. 由推移質、懸移質與溶解質的資料來看，造成兩個集水區地形作用差異的原因是水文、地質與地形作用。

#### 四、研究者自評

1. 對地形作用（外營力：降雨）與變化（沖蝕）的觀測，是整個集水區研究中重要的一環。在本年度的研究中，除了持續進行地形作用觀測外，也嘗試運用河川的推移質、懸移質、溶解質與水文資料來計算兩個集水區中的地形作用速度，並且比較期間的差異。
2. 以河川所搬運的推移質、懸移質與溶解質來推估整個河川集水區的地形作用，主要包含了集水區種所進行的風化、侵蝕、搬運與堆積。也可以瞭解期間的異同以及地形作用的速率，最終可以運用整體的剝蝕速率來代表。
3. 在未來的觀測中，一方面要進行推移質、懸移質與溶解質的觀測工作，還要繼續進行河道的地形調查與測量，來瞭解地形的變動與系統的反應。
4. 在哈盆溪上游這樣植被覆蓋密集區域，地表少有裸露。因此，推移質的來源主要是河道與河岸侵蝕，這也是未來研究工作的重點。

#### 五、參考文獻

- [1] Avila, A. & Roda, F., 1988, Export of dissolved elements in an evergreen-oak forested watershed in the montseny mountains ( NE Spain), in "Geomorphic processes, environments with strong seasonal controls, Vol. 1, Hillslope processes, edited by Imeson & Sala, Catena supplement 12, 1-11.
- [2] Branski, J., 1981, Accuracy of estimating basin denudation processes from suspended sediment measurements, IAHS Publ. 133, 213-218.
- [3] D'Agostino, V., Lenzi, M.A. & Marchi, L., 1994, Sediment Transport and Discharge During High Flows in an Instrumented Watershed, In : Ergenzinger, P. & Schmidt, K.-H. (editors), Dynamics and Geomorphology of Mountain Rivers, pp67-81.
- [4] Eisma, D., 1992, Suspended matter in the aquatic environment, Springer-Verlag, pp9-13.
- [5] Gole, S.P. & McManus, J., 1988, Sediment Yield in the Upper Krishna Basin, Maharashtra, India, Earth Surface Processes and Landforms, 13, pp19-25.
- [6] Lane, S.N., Richards, K. S. & Chandler, J. H., 1996, Discharge and sediment supply controls on erosion and deposition in a dynamic alluvial channel, Geomorphology, 15:1-15.
- [7] Richards, K., 1984, Some Observations on Sediment Dynamics in Storbregrova, Jotunheimen, Earth Surface Processes and Landforms, 9, pp101-112.
- [8] Richard, K., 1982, Rivers: Form and process in alluvial channels, Methuen, pp92-111.
- [9] Rickenmann, D., 1994, Bedload Transport and Discharge in the Erlenbach Stream, In : Ergenzinger, P. & Schmidt, K.-H. (editors), Dynamics and Geomorphology of Mountain Rivers, pp52-66.
- [10] Scrivener, O., Belibel, C., Hazzab, A. & Reitzer, H., 1985, Flow measurements in a solid-liquid suspension by use of ultrasound and light techniques, in "Transport of suspended solids in open channels", edited by Bechteler, W., 239-242.
- [11] Stott, T. A., Ferguson, R. I., Johnson, R. C. & Newson, M. D., 1986, Sediment budgets in forested and unforested basins in Upland Scotland, IAHS Publ., 159, 57-68.