

大埔水庫集水區泥砂產量推估及濱水區緩衝帶效益之研究

陳光政⁽¹⁾ 林文賜⁽²⁾ 林昭遠⁽³⁾

摘要

大埔水庫供應竹苗地區灌溉及工業用水，其集水區之經營管理及保育措施，悠關水庫之使用壽命。本研究以通用土壤流失公式（Universal Soil Loss Equation, USLE）配合泥砂遞移率概念推估水庫集水區泥砂產量，並模擬濱水區植生緩衝帶之配置，推估植生緩衝帶寬度 40 及 80 公尺之攔蓄效益，以供集水區管理決策階層之參考。分析結果顯示，集水區泥砂產量較大者為大坪溪（No.4）及石子溪（No.6）子集水區，其沖蝕深度分別為 0.37cm 及 0.28cm；兩子集水區除坡度較陡峭外，區內旅遊景點之開發應為泥砂來源之主因，值得相關單位重視。此外，由植生緩衝帶配置分析結果，當 C 值分別等於 0.1 及 0.01 時，40 公尺寬植生緩衝帶約可減少 24.04% 及 36.83% 之泥砂產量；80 公尺寬則可減少 55.12% 及 55.14%。

（關鍵詞：通用土壤流失公式、泥砂遞移率、植生緩衝帶）

A Study on Estimation of Sediment Yield and Effectiveness of Riparian Buffer Strips

Kuang-Cheng Chen

Graduate Student, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C.

Wen-Tzu Lin

Graduate Student, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C.

Chao-Yuan Lin

Professor, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C.

ABSTRACT

Da-Pu reservoir provides water for the use of irrigation and/or industry in Hsin-Chu and Miao-Li areas. Reservoir's life span varies with the conservation practices at the watershed. This study applied Universal Soil Loss Equation (USLE) coupled with sediment delivery ratio to determine the watershed sediment yield and the placement efficiency of vegetated buffer strips at the

(1)國立中興大學水土保持學系碩士班研究生

(2)國立中興大學水土保持學系博士班研究生

(3)國立中興大學水土保持學系教授

riparian. Results show that sediment yield in Da-Ping and Shi-Zi creek watershed is higher than the other sub-watersheds due to steeper slope and improper land use, and the annual erosion depth is 0.37cm and 0.28cm, respectively. Placement efficiency of vegetated buffer strips for a 40-m width along the stream can reduce sediment yield about 24.04% ($C=0.1$) and 36.83% ($C=0.01$), while showing about 55.12% ($C=0.1$) and 55.14% ($C=0.01$) sediment reduction for the placement of 80-m width.

(Keywords: Universal Soil Loss Equation, Sediment Delivery Ratio, Vegetated Buffer Strips)

前言

台灣位處亞熱帶地區，高溫多雨，年平均降雨量約 2510 公厘，為世界平均降雨量之 3.44 倍。但因山高坡陡，降雨多集中於夏、秋兩季（5 月～10 月），約有 55% 之雨水流入大海不能被利用，每人能分到的水量僅有世界平均值之六分之一，仍屬嚴重缺水地區，故興建水庫係台灣地區利用空間換取供水效能最佳政策。然目前因適當之壩址已逐漸減少，加上興建新水庫對環境的衝擊難以估算亦緩不濟急。因此，如何做好集水區管理以增加水資源涵養、減少水庫淤積、延續水庫壽命，已成為開發水資源重要課題。

大埔水庫集水區位於新竹縣境內，為供應農業及工業用水之水庫，其面積約為 104 平方公里，由興建至民國 88 年止，水庫總庫容僅剩 59.50%，年平均淤積量（民國 60～88 年）約為 43114m³（經濟部水資源局，2000）。因此水庫淤積之改善，實為大埔水庫集水區管理之重點，尤其近年來國人休閒旅遊風氣日盛，集水區內之北埔冷泉觀光帶每逢假日動輒湧入數萬人潮，沿大坪溪兩側蠶食鯨吞之大小型坡地開發，已形成大埔水庫集水區水質水源管理之一大隱憂。

本研究以通用土壤流失公式（Universal Soil Loss Equation, USLE）結合泥砂遞移率（Sediment Delivery Ratio, SDR）概念，推估集水區之坡面泥砂產量，以瞭解集水區內之

泥砂敏感或過度開發區位，並模擬濱水區植生緩衝帶之配置（40 及 80 公尺），推估其攔蓄之泥砂產量，評估其攔砂效益，以供決策者對集水區經營管理之參考。

研究材料與方法

一、研究地區概述

（一）位置、行政區域

大埔水庫位於新竹縣峨眉鄉西河排中港溪水系支流峨嵋溪之中下游，隸屬苗栗農田水利會，於民國 45 年 7 月動工，49 年 6 月竣工，係一供應灌溉及工業用水之中小型水庫，集水面積約為 104 平方公里，水庫之相關資料說明如下：1.集水面積：104 平方公里；2.滿水位面積：135 公頃；3.滿水位標高：69.6 公尺；4.呆水位標高：60.40 公尺；5.總容量：550.54 萬立方公尺（民國 88 年實測容量）；7.有效容量：541.82 萬立方公尺（民國 88 年實測容量）。大埔水庫集水區之位置如圖 1 所示，行政區域包括新竹縣峨眉鄉、北埔鄉、寶山鄉及五峰鄉，人口約 2 萬多人，主要聚集於北埔鄉。交通以貫通南北之台三線（已於民國 82 年完成拓寬為 20m）為主，另一重要道路為竹市三號道路（即寶山路）可通達新竹市區，其餘鄉縣道則密佈全區。

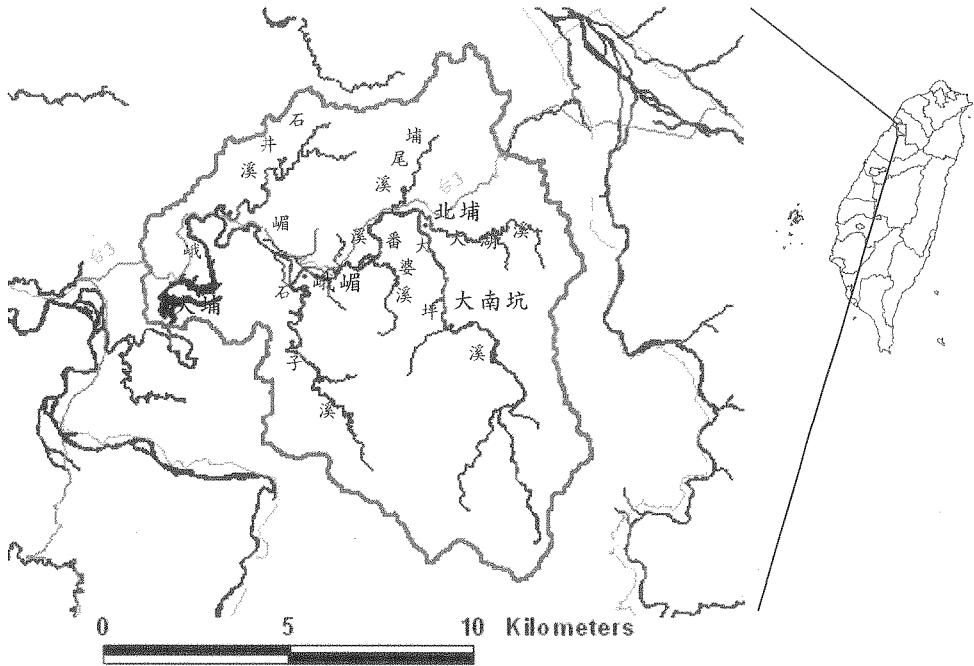


圖 1 研究地區位置

Figure 1. Location of study area

(二) 地形、水系

大埔水庫集水區地勢由東南向西北傾斜，標高介於 70~1579 公尺之間，平均標高為 824 公尺，平均坡度為 32.58%。集水區有主流共 8 條，最上游支流大坪溪發源於集水區東南角之鵝公髻山，該溪自源頭往北流先後匯入雨坑溪及大湖溪後而為峨嵋溪，折而往西，再依次匯入埔尾溪、番婆坑溪、石子溪及石井溪，再往南流至大埔壩址。

(三) 氣象、水文

氣象與水文分析係採用集水區內之大埔水庫、峨嵋、北埔及大南坑等站之雨量資料與鄰近新竹站之蒸發量資料（表 1），再依據 C.W. Thornthwaite 與 J.R. Mather(1955) 之氣候分類法，分析集水區之氣候型態（表 2）。

表 1 大埔水庫集水區之氣象資料表

Table 1. Meteorological data of Da-Pu reservoir watershed

項 目	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	合計
降水量	68.8	180.9	157.5	121.2	231.8	297.5	233.5	308.4	114.8	54.6	26.8	47.7	1843.7
蒸發量	69.2	73.9	78.7	94.1	118.8	175.7	196.1	168.6	166.3	146.7	102.1	100.1	1490.3
平均氣溫	15.0	14.9	17.1	21.1	24.0	27.7	28.5	28.1	26.9	23.8	20.5	17.2	-
平均相對濕度	77	77	81	80	78	77	75	77	74	76	76	74	-

資料來源：中央氣象局氣候資料年報

降水量(mm)：大埔水庫站、峨嵋站、北埔站、大南坑站降水量(1993~2000)之平均值

蒸發量(mm)：新竹站(1993~2000)之平均值

平均氣溫(℃)、平均相對濕度(%)：新竹站(1992~2000)之平均值

表 2 大埔水庫集水區之氣候分類表

Table 2. Weather classification of Da-Pu reservoir watershed

需水量 (mm)	降水量 (mm)	剩水量 (mm)	缺水 (mm)	濕度指數 (Ih)	乾燥指數 (Ia)	潤濕指數 (Im)	氣候型
1239.3	1843.5	686.0	81.8	55.4	6.6	51.4	B2A'ra'

註：B2：濕潤，A'：亞熱帶，r：冬季少量缺水，a'：有效溫度不集中於夏季

集水區年平均降雨量為 1843.7 公厘，其月平均降雨量如圖 2 所示。

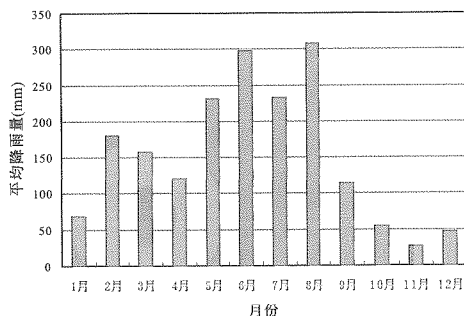


圖 2 大埔水庫集水區月平均降雨量

Figure 2. Monthly rainfall in Da-Pu reservoir watershed

由圖 2 可知雨量之豐枯異常明顯，10 月至翌年 1 月為枯水期，2 月至 9 月之降雨量約佔全年之 89.3%；平均氣溫為 22.1℃，以七月之 28.5℃ 最高；平均濕度為 77%，春夏交替時節最大可達 81%；平均年蒸發量為 1490.3mm，月平均值則介於 1 月之 69.2mm 與 7 月之 196.1mm 之間，其氣候型態屬亞熱帶濕潤氣候，冬季少量缺水，有效溫度不集中於夏季。

(四) 土地利用狀況

根據民國 67~76 年之統計，區內 90% 為私有地，10% 為林班地及公有地。集水區中地勢較平坦者多被墾殖，主要分佈於峨嵋溪中下游地帶，且多在峨嵋鄉內，地勢較陡之宜林地則多為人造林或竹林，超限用地僅

佔宜林地之 1.43%。根據新竹縣政府民國 83 年之調查結果，峨嵋鄉及北埔鄉之土地利用主要為柑橘類、茶葉及蓬萊米，分別佔全部農作物之 33.5%、29.4%及 21.8%，農作物

主要分佈於峨嵋溪中下游兩岸淺山地帶，林作則以人工闊葉林為主，其餘依次為人工針葉林、天然林及竹林（經濟部水資源局，2000），圖 3 為集水區之土地利用圖。

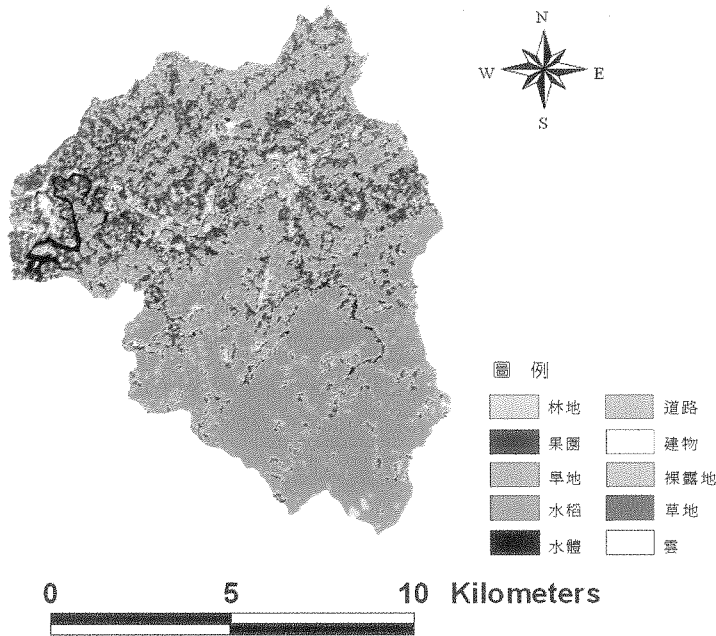


圖 3 大埔水庫集水區土地利用圖
Figure 3. Spatial distribution of land use in Da-Pu reservoir watershed

（五）土壤與地質

大埔水庫集水區內土壤多為崩積土，其次為沖積土及黃壤，而集水區內農業用地之土壤多屬於沖積土與黃壤。集水區之地質分區屬於台灣西部麓山帶地質區，區內所出露之岩層以中新世、上新世至更新世沉積岩為主，沿著河流兩岸並有更新世或全新世之台地堆積層堆積。本地區之構造線以東北—西南走向為主，亦有東西走向之斷層橫切本區

域。中新世的地層由於受到來自東南方構造應力之影響，在更新世的造山運動中，形成了褶皺與低角度的斷層，其中在本地區之東南側斷層多且褶皺較緊密，西北側則斷層較少且褶皺較平緩（經濟部水資源局，2000）。

二、研究流程

研究流程如圖 4：

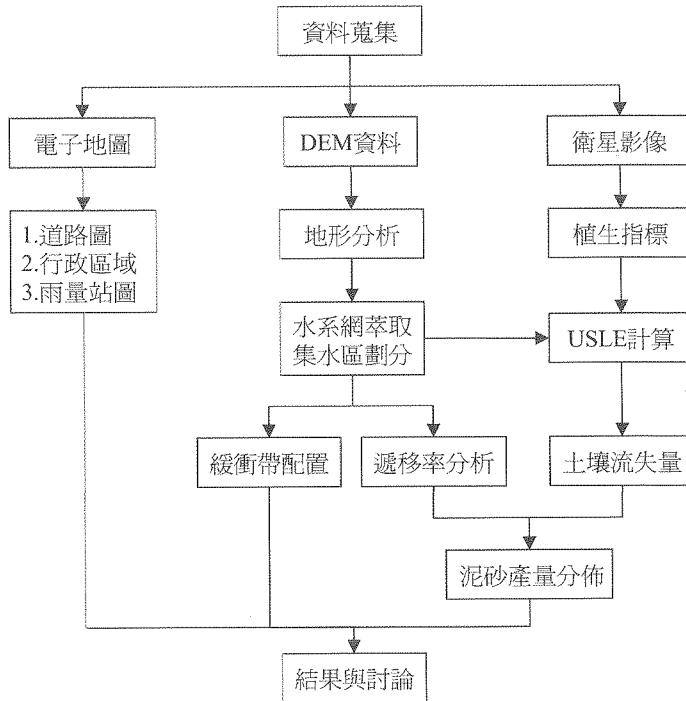


圖 4 研究流程圖

Figure 4. Flow chart of study

三、研究材料

(一) SPOT 衛星影像

購自中央大學太空及遙測研究中心之法國 SPOT 衛星 Level 10 影像，由綠光 ($0.5\mu\text{m}\sim0.59\mu\text{m}$)、紅光 ($0.61\mu\text{m}\sim0.68\mu\text{m}$) 及近紅外光 ($0.79\mu\text{m}\sim0.89\mu\text{m}$) 三個波段組成，像元解像力為 $12.5\text{m} \times 12.5\text{m}$ ，拍攝日期為 1997 年 11 月 19 日 (圖 5)。

(二) 數值高程模型 (Digital Elevation Model, DEM)

DEM 資料為農航所製作，像元解析度為 $40\text{m} \times 40\text{m}$ ，可用來分析坡度、坡向、劃

分集水區及萃取水系網等。

四、研究方法

(一) 地形分析

將數值高程模型進行地形分析，可得坡度、坡向及水系網等資料。

(二) 集水區劃分

利用林昭遠及林文賜 (2000) 所提出之動態集水區劃分理論，分別以石井溪、埔尾溪、大湖溪、大坪溪、番婆溪及石子溪等支流與峨嵋溪之匯流處，萃取各子集水區範圍 (圖 6)，其地文因子特性如表 3。

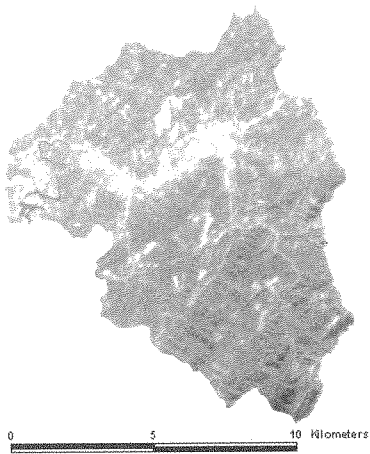


圖 5 SPOT 衛星影像圖
Figure 5. SPOT image of study area

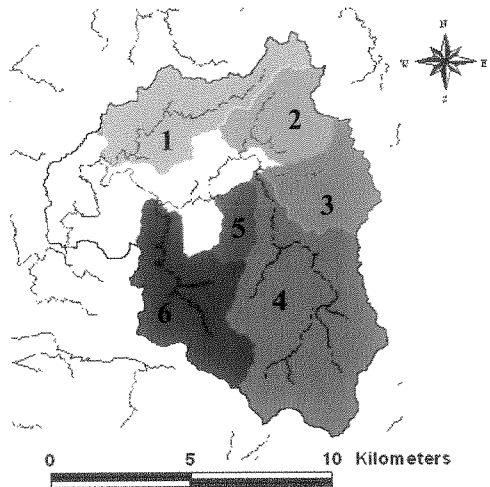


圖 6 子集水區分佈圖
Figure 6. Spatial distribution of sub-watersheds

表 3 數量化之集水區地文特性
Table 3. Quantitative topographic characteristics of watersheds

子集水區 編號	集水區 面積 (km ²)	集水區 周長 (km)	集水區 長度 (km)	平均坡度 (%)	平均高程 (m)	起伏量 (m)	起伏比	密集度	圓比值	細長比
1(石井溪)	14.68	32.16	8.39	25.99	128.15	180	0.02	0.42	0.18	0.52
2(埔尾溪)	8.90	19.44	4.45	22.09	159.74	192	0.04	0.54	0.3	0.76
3(大湖溪)	9.29	19.20	4.06	30.25	233.25	561	0.14	0.56	0.32	0.85
4(大坪溪)	31.84	37.52	9.63	45.06	506.85	1452	0.15	0.53	0.28	0.66
5(番婆溪)	3.28	10.80	1.84	33.49	182.82	265	0.13	0.59	0.35	1.11
6(石子溪)	15.95	28.16	6.81	37.91	259.55	736	0.11	0.5	0.25	0.66
大埔水庫 集水區	104.22	68.96	11.32	32.58	274.21	1504	0.13	0.52	0.28	1.02

(三) 土壤流失量估算
依據水土保持技術規範(2000)第 62 條第三款之規定，山坡地土壤流失之估算，

得採用通用土壤流失公式(USLE)，其公式如下：

$$Am = Rm \times Km \times L \times S \times C \times P$$

上式中：

Am：土壤流失量 (tons/ha/yr)

Rm：降雨沖蝕指數 (Mj-mm/ha-hr-yr)

Km：土壤沖蝕指數
(tons-ha-hr-yr/Mj-mm-ha-yr)

L：坡長因子

S：坡度因子

C：覆蓋與管理因子

P：水土保持處理因子

1. Rm、Km 因子

降雨沖蝕指數 (Rm) 係由黃俊德 (1979) 分析基隆、新竹、台中、日月潭、高雄、恆春、台東及花蓮等八個氣象站之 20 年自記雨量記錄，並以全台灣 200 個雨量站的月雨量資料為輔，利用這些氣象站之記錄以非線性迴歸方程式求算各地雨量與年降沖蝕指數的關係，建立台灣本島年平均降雨沖蝕指數等值圖。土壤沖蝕指數 (Km) 係採用萬鑫森、黃俊義 (1981、1989) 所調查之台灣坡地土壤沖蝕指數值，利用地理統計求算台灣地區土壤沖蝕指數等值圖 (林昭遠、林文賜，1999)。

2. L、S 因子

坡長因子 (L) 係以 Wischmeier 及 Smith (1965) 對坡長因子 L 之建議，計算式為： $L = (l / 22.13)^m$ ，式中 l 為地表漫地流之流長 (公尺)，m 隨著坡地的坡度而改變，Wischmeier And Smith (1978) 分析指出：當坡地坡度小於 1% 時，m=0.2；當坡度介於 1% 與 3% 之間時，m=0.3；當坡度介於 3% 與 5% 之間時，m=0.4；當坡度大於 5% 時，m=0.5。地表漫地流之流長之流長 L 乃是自地表逕流開始發生的地點量起，至地面坡度

減緩至沖蝕的土壤發生明顯淤積或至排放匯集逕流水之渠道為止，其間的水平投影距離。由於受到自然或人為之地面窪蓄、入滲等作用以及山溝、道路排水側溝等之截流，地表漫地流之流長甚少超過 100 公尺。為安全與方便計算，地表水之流長若超過 100 公尺時，可視為渠道流。坡度因子係計算各網格 (40m × 40m) 之平均坡度 (θ)，Wischmeier 及 Smith (1978) 所提出之坡度因子公式： $S = 65.40 \sin^2 \theta + 4.56 \sin \theta + 0.0654$ 求算而得。

3. C、P 因子

綠色植物因有吸收藍光、紅光及反射紅外光之特性，故應用多譜資訊於植物資源之探測，使用可見光與近紅外光之比值或差值，即所謂的植生指標。常態化差異植生指標 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) 已被廣泛應用於測定綠色植物之光合作用、植物之覆蓋率及生物量等，如 Prasad (1994) 等利用植生指標來推算農作物收穫、葉面積指標、溼重生物量、乾重生物量、植物高度等；黃國楨 (1996) 採用法國 SPOT 衛星影像來推得植生指標之變化，進而分析、評估 SPOT 衛星影像前後兩期綠色植生量之變遷。常態化差異植生指標之計算方法如下所示：

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

上式中之 NIR 為近紅外光，R 為紅光；所求得 NDVI 值愈大，顯示地表植生生育愈旺盛、植被覆蓋佳。

由於台灣地區之 C 值尚無資料庫可資利用，集水區之植生覆蓋因子 (C) 係以常態化差異植生指標經線性反向配置後產生。由不同時期之影像可分別求得集水區植生覆蓋因子，其分佈情形如圖 7。

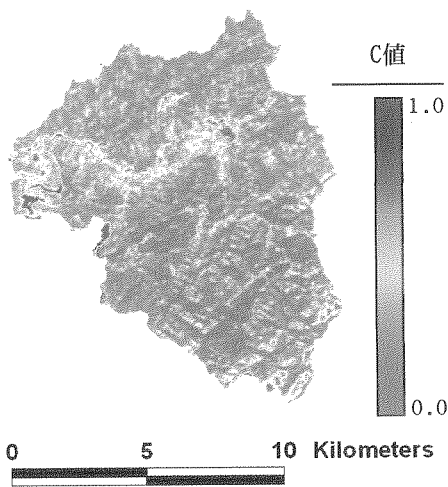


圖 7 大埔水庫集水區 C 值分佈圖
Figure 7. Distribution of C factor in Da-Pu
reservoir watershed

4.坡面泥砂遞移率分析與坡面泥砂產量計算
集水區泥砂經由沖蝕傳輸至下游出口
處者，謂之集水區泥砂產量，此與集水區總

沖蝕量不同。在某一時期內通過溝渠或河流
某一斷面之輸砂量與該斷面以上之集水區
總沖蝕量之比，稱為泥砂遞移率（SDR）。
因河岸崩塌量與河床輸砂量不易量測；加上
泥砂遞移率牽涉到時間與空間的尺度，河床
質之遞移需以較大頻率年之逕流水方能將
其帶動，致集水區渠道沖蝕量無法如坡面土
壤流失量可用 USLE 公式簡易的以年平均値
來加以評估。而坡面泥砂遞移率受到降雨、
土壤、地形、植生與人為等因子之影響極
大，因子間亦存在著交感效應，實用上並無
法逐一考量。為簡易計算坡面泥砂之遞移
率，假設坡面泥砂主要係由坡面地表水所
動，運移至渠道（常流水）而流失，所以集
水區坡面上任一格點之泥砂遞移率可定義
為流入該格點之地表水流長度總和（ L_u ）與
總地表水流長度（ L ）的比值（ $SDR=L_u/L$ ；
 $L_u=\sum L_i$ ； $L=L_u+L_d$ ），如圖 8 所示；集水
區之坡面泥砂產量（ Y_s ）可由集水區坡面土
壤流失量（ A_m ）與坡面泥砂遞移率（SDR）
之乘積（ $Y_s=A_m \times SDR$ ）來推算（林昭遠、
林文賜，1999）。

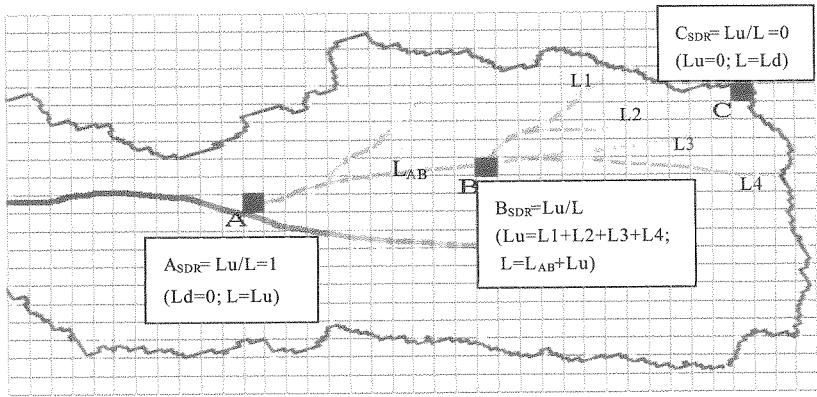


圖 8 坡面泥砂遞移率示意圖
Figure 8. Diagram of calculated SDR for each grid of a watershed

結果與討論

一、泥砂產量分析

大埔水庫集水區及各子集水區之泥砂產量如表 4，推估之全集水區坡面泥砂產量為 345697.41 tons/yr，沖蝕深度約為 0.24cm。分析上游之泥砂來源，全集水區可分為 6 個子集水區與邊坡型集水區，其中以大坪溪 (No.4) 集水區之沖蝕深度 0.37cm 最大，石子溪 (No.6) 集水區 0.28cm 次之，兩者皆較全集水區之 0.24cm 為高。在地形特性方面，兩個集水區平均坡度分別為 45.06%

及 37.91%，皆高於其他子集水區，顯示地形較為陡峭。在土地利用方面，大坪溪集水區兩岸沿線為著名北埔冷泉風景區，假日湧入北埔休憩民眾可達上萬人，而石子溪集水區位於參山國家公園之獅頭山風景區內，區內近年來之道路開闢增多，可知土地開發亦為水庫泥砂淤積之主因。而邊坡型集水區之沖蝕深度 0.15cm 較 No.1、4、5 及 6 子集水區為少，係因該地區之地形較為平坦，其土地利用型態多為旱田或稻田。

表 4 集水區泥砂產量及沖蝕深度表

Table 4. Sediment yield and soil erosion depth in watersheds

集水區 編號	大埔水庫 集水區	1 號 子集水區 (石井溪)	2 號 子集水區 (埔尾溪)	3 號 子集水區 (大湖溪)	4 號 子集水區 (大坪溪)	5 號 子集水區 (番婆溪)	6 號 子集水區 (石子溪)	邊坡型 集水區
泥砂產量 (tons/yr)	345697.41	35709.94	12196.55	17092.19	166523.83	8119.18	63549.84	42505.88
沖蝕深度(cm/yr)	0.24	0.17	0.10	0.13	0.37	0.18	0.28	0.15

二、植生緩衝帶配置

濱水區兩側配置植生緩衝帶寬度各為 40 及 80 公尺 (圖 9)，表 5 顯示，未設置植生緩衝帶集水區之泥砂產量為 345697.41 tons/yr，40 公尺寬植生緩衝帶 C 值分別為 0.1 及 0.01 時，集水區之泥砂產量分別為 262608.01 tons/yr 及 218386.80 tons/yr，而配置 80 公尺寬之植生緩衝帶之泥砂產量則為 155158.80 tons/yr 及 155082.00 tons/yr，40 公尺寬植生緩衝帶泥砂量減少約 24.04% 及 36.83%，80 公尺寬則為 55.12% 及 55.14%。顯見合理的植生緩衝帶對減少土壤沖蝕、淨化逕流水質，仍具有相當程度的效果。

結論與建議

大埔水庫集水區之坡面泥砂產量以大坪溪及石子溪集水區較多，兩者皆位於著名風景區，土地利用開發難以避免，然不當開發易造成下游地區之災害，因此適當地管制集水區之開發確有其必要性。植生緩衝帶具有淨化水質、攔蓄泥砂之功能，集水區中下游河道兩側坡度平坦，已開墾之土地 C 值較低稍具緩衝功能，但上游河岸兩側大都為道路或陡峭坡地，植生緩衝帶之配置受限，若能穩定上邊坡，改善公路排水系統，增加截蓄土砂能力，方可減少水庫之淤砂量。

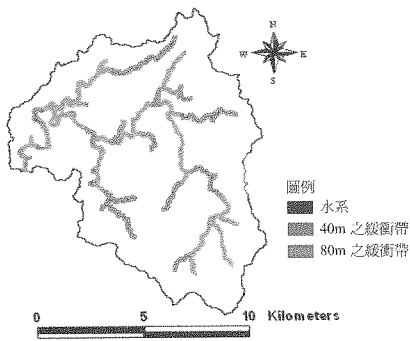


圖 9 植生緩衝帶配置圖

Fig.9 Placement of vegetated buffer strips

表 5 植生緩衝帶攔砂效益比較

Table 5. Placement efficiency of vegetated
buffer strips

植生緩衝帶 配置寬度		泥砂產量 (tons/yr)	攔砂效益 (%)
無		345697.4	-
40m	C 值=0.1	262608.0	24.04
	C 值=0.01	218386.8	36.83
80m	C 值=0.1	155158.8	55.12
	C 值=0.01	155082.0	55.14

參考文獻

1. 行政院農委會（2000），「水土保持技術規範」。

2. 林昭遠、林文賜（1999），「集水區坡長因子自動萃取之研究」，中華水土保持學報，第三十卷，第四期，第 313～320 頁。

3. 林昭遠、林文賜（2000），「集水區地文水文因子自動萃取之研究」，中華水土保持學報，第三十一卷，第三期，第 247～256 頁。

4. 黃俊德（1979），「台灣降雨沖蝕指數之研究」，中華水土保持學報，第十

卷，第一期，第 127～144 頁。

5. 黃國楨、王韻皓、焦國模（1996），「植生指標 SPOT 衛星影像之研究」，台灣林業，第二十二卷，第一期，第 45～52 頁。

6. 經濟部水資源局（2000），「土地利用變遷對水庫集水區水源涵養影響之評估計畫（一）」。

7. 經濟部水資源局（2000），「中小型水庫集水區治理規劃及成效評估研究」。

8. 萬鑫森、黃俊義（1981），「台灣西北部土壤沖蝕性及流失量之估算」，中華水土保持學報，第十二卷，第一期，第 57～67 頁。

9. 萬鑫森、黃俊義（1989），「台灣東部土壤沖蝕性及流失量之估算」，農林學報，第三十八卷，第二期，第 37～48 頁。

10. Prasad, S. T., D. W. Andrew, G. L. John and J. M. Garolyn (1994), "Thematic mapper vegetation indices for determining soybean and corn growth parameters," *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol.60, No.4, pp.437~442.

11. Thornthwaite, C. W. and J. R. Mather (1955), "The water balance, Publications in climatology," Drexel institute of technology, laboratory of climatology, Vol.8, No.1, pp.1~76.

12. Wischmeier, W. H., and D. D. Smith (1965), "Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky mountains," *Agricultural Handbook* 282, Agricultural Research Service, U.S. Dept. of agriculture.

13. Wischmeier, W. H., and D. D. Smith (1978), "Predicting rainfall erosion

losses," Agricultural Handbook 537,
Agricultural Research Service, United
States Department of Agriculture.

91年5月 6日 收稿
91年5月25日 修正
91年6月 5日 接受