

集水區土地利用與水質關係之研究 - 以頭汴坑溪為例

蔡志偉⁽¹⁾ 林信輝⁽²⁾ 李明儒⁽³⁾

摘 要

水是環境中主要的介質，是維持人類及其他生物生命的主要物質，世界各國均制訂各種水質標準來保護與管理水源。集水區管理為水土保持的主要工作之一，除了治山防災之外，近年來也越來越重視整治地區的環境與水質監測。許多研究指出不同的土地利用會影響集水區的水質，因此本研究以頭汴坑溪上游集水區為研究區，利用皮爾森(Pearson)相關分析，探討區內土地利用型態與其水質間的關係。研究結果發現水溫與人工地盤、草地、空地呈正相關，與林地呈負相關；導電度與人工地盤、高爾夫球場呈正相關，與水體、農地呈負相關；pH 值與林地呈正相關，與人工地盤呈負相關；COD 則跟水體與農地呈負相關。結果印證了不同的土地利用型態，確實與水質因子有顯著的相關，也符合其他研究的論述。

(關鍵字：集水區、土地利用，水質)

Relationship between Land Use and Water Quality in Watershed - The Case Study of Tou-Bian-Keng Creek

Chih-Wei Tsai

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

Shin-Hwei Lin

Professor, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan

(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教授

(3) 國立澎湖技術學院休閒事業管理系講師

Ming-Ju Lee

Instructor and Corresponding Author. Department of Leisure Management,
National Penghu Institute of Technology, Penghu 880, Taiwan.

ABSTRACT

Water is the main medium and matter to maintain human and other creature's life in environment. There were many standards have been established by countries to protect and manage water resource. Watershed management was a main work of soil and water conservation. The environmental and water quality's monitors have been paid more and more attention except precaution in rebuilt area recently. The effects from different land-use to water quality have been indicated in many studies. Therefore, the relationships between land use and water quality were explored and tested in this study on Tou-Bian-Keng creek watershed. Pearson correlation analysis is used to consider the relation between land-use type and water quality in this study. The results indicate that water temperature has positive correlation with artificial field, grassland and vacant land, and has negative correlation with woodland. Electrical conductivity has positive correlation with artificial field, golf course, and has negative correlation with water field and farm. pH value has positive correlation with woodland, and has negative correlation with artificial field; COD has negative correlation with water field and farm. The conclusion proved that some factors of water quality have significant correlation with different land uses, and conform to the discussers by other research were been proved also.

(Keywords : Watershed, Land use, Water Quality)

前言

全世界的水資源約為 13.5 億 km³，其中 96.5% 為海水，2.8% 為淡水，扣除冰川與冰山後，可利用的淡水少於 1%。50 年代以後，水環境污染問題日益嚴重，國內外許多學者發展各種指標監測水質，水土保持除了治山防災之外，近年來也越來越重視整治地區的環境與水質監測(林，2002)。

水是環境中主要的介質，是維持人類及其他生物生命的主要物質之一(江，1996)。世界各國均訂定各種水質標準來保護與管理水源，而目前大多以物理及化學因子作為監

測的對象，例如：酸鹼度(pH)、導電度(EC; Electric conductivity)、透明度、陽離子含量... 等等，提供給管理者作為決策的參考(陳，2000)。

前人研究

一、河川污染等級

依據水污染防治法施行細則第 15 條之規定，河川水質測定之項目包含：水溫、氫離子濃度指數、溶氧量、總氮、總磷、生化需氧量、化學需氧量、懸浮固體、重金屬、導電度、及其他上級主管機關指定項目。上述分析項目具有容易操作、分析、評估等優

點，雖所得之測值均為採樣時瞬間淨值，且對於水體中營養物的由來、分布、以及營養物在水體中的動態變化等無法得知與預測，但卻可以做為評估河川水質狀況的參考數值。

依行政院環境保護署公告的河川污染等級表(表 1)可以發現，當溶氧量大於 6.5mg/L 時，河川為未受污染或稍受污染；當溶氧量小於 2.0mg/L 時，河川為嚴重污染；當生化需氧量小於 3.0mg/L 為未受污染或稍受污染；當生化需量大於 15.0mg/L 為嚴重污染...等。

二、水質評估因子

水質的評估因子有許多，依行政院環境保護署網站上的公告，可分為化學因子與物理因子兩類，化學因子主要包括有酸鹼值(pH)、溶氧(DO)、生化需氧量(BOD)、懸浮固體(SS)與氨氮(NH₃-N)等 5 種；而物理因子則主要有外觀、水溫、臭味、色度、濁度等 5 項，其主要內容如表 2、3 所示。

其中化學因子較重要者，如 pH 值會影響生物的生長、物質的沉澱與溶解、水及廢水的處理等，一般自然水之 pH 值多在中性或略鹼性；溶氧(DO)對於河川的自淨作用、魚類的生長、水的利用影響極大；氨氮(NH₃-N)若存在湖泊、水庫會造成優養，促使藻類過度繁殖，造成污染。

物理因子較重要者，例如水溫會影響水中的溶氧，即溫度越高，水中飽和溶氧濃度越低；水溫度越高，水中生物的活性越高，大約每增加 10℃，生物生化反應速率約增加 1 倍；濁度會影響外觀，阻止光的滲透而影響水生植物的光合作用、魚類的生長與繁殖，並且干擾消毒作用...等，茲將本研究調查的主要水質變項分述如下：

(一)酸鹼值

酸鹼值常以 pH 來表示，pH 一詞被廣泛地用來表示溶液的酸鹼程度，它可用來表示氫離子濃度。更正確地說，是可以表示氫離子活性。pH 值在環工上的應用是相當的重要。在給水方面，包括化學混凝，消毒、水的軟化及腐蝕的控制等，pH 都是要被考的重要因素。而在用生物程序處理廢水時，pH 必須控制在適合特殊微生物生長的範圍內(蕭等，1995)。

(二)溶氧

所有的生物都需要依靠氧來維持代謝程序，並產生能量來生長及繁殖。水中溶氧濃度經常受系統中生物、物理及化學程序之影響，隨之改變。由於所有生物，均仰賴氧氣維持代謝程序，並產生能量來生長與再生細胞，水中溶氧濃度對水中生物相當重要(江，1996)。

氧溶解度隨溫度及大氣中氧之分壓而改變，遵循亨利(Henry)定律，溶氧在夏季時溫度偏高，水中溶氧值偏低，在冬季時，水中之溶氧值就會偏高。其次，水中鹽分含量亦會影響氧之溶解度，一般鹽分越高，則溶氧量越低(江，1996)。

溶氧的測定，其應用的範圍極廣，它是環境工程師所用的最重要測試方法之一。它可用來控制河川的污染，以維持魚類及其他水生生物正常的生長及繁殖。而水中所需保持溶氧量的程度，以使水生生物在任何時間下，均能有健康的狀況為原則(蕭等，1995)。

(三)導電度

導電度(Electrical conductivity, E.C.)是測量水樣導電能力之強弱，為將電流通過 1cm² 斷面積，長 1 之液柱時電阻(resistance)時之倒數，單位為 u/cm 或 mho/cm。導電度之大

小與水中解離之離子含量之多寡以及溫度有關，一般物質在水中解離產生電流，陽離子跑向陰極，陰離子跑向陽極，大多數之無機酸、鹼以及鹽類均是很好之導電體，但是某些有機分子如蔗糖及苯在水中不易解離，導電度相當小(江，1996)。

導電度(EC; Electric conductivity)根據灌溉水的研究，導電度若大於 750 μ s/cm 之水質，長期施灌於土質粘重、排水不良之土壤，農田便有發生鹽化之可能，將會妨礙作物之正常生長。各種溶解物質之性質、離子強度等均能影響導電度。污水中的導電度與該地之給水有關，有些工業廢水則會造成較高之導電度。一般而言，導電度愈高，表示水中的鹽分也愈高，較不利於淡水生物之生存環境。

(四)化學需氧量

水中化學需氧量 (Chemical Oxygen Demand, COD)指水中有機物氧化成 CO₂ 及 H₂O 時所需的總需氧量。以 COD 為有機物污染指標之主要限制為，它無法區分有機物是否具有生物可氧化性，亦無法說明在何種速率下有機物可自然被穩定。但 COD 試驗和 BOD(生化需氧量)相較時其優點為實驗所需時間短，約三或四小時，遠較 BOD 試驗需時五天小。

國內現行之放流水標準對各事業單位之管制，均將 COD 納入為主要管制項目之一，而環保單位對各事業單位之稽查監測大多以化學需氧量(COD)、生化需氧量(BOD)、懸浮固體(SS)等檢測項目為主。其中 COD 管制標準已漸趨嚴格，大多數產業之 COD 限值為 100 mg/L。因此，各業界無不致力去除排放水中之有機物，以期符合環保標準。

(五)濁度

濁度的成因，依據水的混亂程度的不同，而由不同的懸浮物質所引起。它們的尺寸範圍由極小的膠體至極粗之分散物皆有可能。對湖泊或其他平靜無浪之水體而言，濁度大部分是由膠體及極細小的分散物所引起；而對洪水期的河水而言，濁度則大部分是由相當粗的分散物所引起。在洪水氾濫的狀況下，大量的表土會被沖刷進河流中，而這些表土所含的物質包括大部分的無機物及可觀的有機物(蕭等，1995)。

濁度在公共給水中之重要性，是基於下面三個主要原因：1.外觀上之要求，消費者希望且有權要求不含濁度的公共給水；2.可過濾性，當水中之濁度增加，水的過濾會愈困難而且愈費錢；3.消毒，公共給水通常用氯或臭氧來消毒。為達有效的消毒，必須使消毒劑與微生物接觸，才能殺死微生物(蕭等，1995)。

混水中大部分有害的微生物都可以暴露在消毒劑之作用之下，但由於下水中固體物所引起之濁度，許多致病菌會被包在顆粒中，使消毒劑無法殺死。美國環保署(EPA)基於這個理由及美觀上之要求，並根據淨水的處理流程，規定公共給水中濁度所容許的最大值為 0.5~1.0 個濁度單位(蕭等，1995)。

(六)小結

上述水質評估因子為了解集水區水質之主要因子，但是評估的因子甚多，本研究限於人力與經費，無法進行全部的調查與探討，因此僅選擇對於水生生態具有參考指標價值之因子加以調查，本研究將溶氧、濁度、導電度、酸鹼度、水溫與化學需氧量均列為研究之變項，以做為比較驗證之基本資料 (data)，並探討因子間之相互關係。

表 1. 河川污染等級表

Table 1. The class of river pollution.

污 染 等 級(mg/L)	A:未(稍)受污染	B:輕度污染	C:中度污染	D:嚴重污染
溶氧量 (DO)	大於 6.5	4.6~6.5	2.0~4.5	小於 2.0
生化需氧量(BOD ₅)	小於 3.0	3.0~4.9	5.0~15.0	大於 15.0
懸浮固體 (SS)	小於 20	20~49	50~100	大於 100
氨氮 (NH ₃ -N)	小於 0.5	0.5~0.99	1.0~3.0	大於 3.0
點 數	1	3	6	10
積 分	不及 2.0	2.0~3.0	3.1~6.0	大於 6.0

資料來源：行政院環境保護署，2003。

表 2. 河川水質的化學因子

Table 2. Chemical factors of river water quality.

項目	說 明
酸鹼值 (pH)	水中氫離子濃度倒數的對數值。一般自然水之 pH 值多在中性或略鹼性範圍，若受工業廢水、礦場廢水污染時，其 pH 值可能相差很大。pH 值會影響生物的生長、物質的沈澱與溶解、水及廢水的處理等。
溶氧 (DO)	水中的溶氧來自大氣的溶解、人為的曝氣以及水生植物的光合作用。實際水中的溶氧，因受種種因素的控制，非但不能達到飽和，甚至由於受水污染細菌分解有機物質，需要耗用水中的溶氧，而造成水中缺氧狀態。對於河川的自淨作用、魚類的生長、水的利用影響極大。
生化需氧量 (BOD)	一般的 BOD 指五天 20℃ 情況下，試驗由好氧性微生物化學作用所消耗的氧量。BOD 的大小可表示生物可分解有機物的指量，有機物的含量越多，所耗的氧氣也就越多。如果廢水的 BOD 高，排入河川後，容易造成缺氧的狀況。
懸浮固體 (SS)	水中固體來自砂粒、粘土、有機物及廢水，固體可能影響外觀使地表水呈現混濁狀態，有機懸浮固體也可能消耗氧，或是無機顆粒，發生沈澱，減少水庫功能或破壞水中生物棲息地。
氨氮(NH ₃ -N)	氨氮是生物活動及含氮有機物分解的產物，可指示污染。硝酸鹽是有機氮好氧穩定的最終產物，自然水中很少，但受肥料或廢水、污水污染時，含量可能很高。若存在湖泊、水庫會造成優養，促使藻類過度繁殖，造成污染。

資料來源：行政院環境保護署，2003。

表 3. 河川水質的物理因子

Table 3. Physical factors of river water quality.

項目	說明
外觀	憑感官直覺對於水樣的物理特性所作的描述，包括沈澱物、渾濁、顏色、懸浮固體、微生物、臭味等。
水溫	水溫會影響水的密度、黏度、蒸氣壓、表面張力；微生物的活性、生化反應的速率及氣體的溶解度等。溫度越高，水中生物的活性越高，大約每增加 10℃，生物生化反應速率約增加 1 倍；但溫度越高，水中飽和溶氧濃度越低。
臭味	臭味可能來自有機物質及無機物質，各類污水及工業廢水的排入、自然界植物的分解、微生物的作用，都可能使水產生臭味。臭氣會造成附近居民的困擾，並成為反對廢水處理廠興建的最大理由。臭度一般以初嗅數來表示。初嗅數乃水樣以無臭水作系列稀釋後，檢驗員仍可偵測到臭度之水樣的最高稀釋比率。
色度	色度可分為真色度及視色度，前者是除去水中懸浮固體後所測得的色度，後者則是水樣直接測得的色度。色度來自自然界的金屬離子、腐植土、泥、炭、浮游生物、微生物、水草及工業廢水等。工業廢水常有異色，影響水的觀瞻、光的滲入、水的利用及處理。
濁度	濁度之來源為粘土、矽土、淤泥、有機及無機微粒、浮游生物細菌等。濁度會影響外觀，阻止光的滲透而影響水生植物的光合作用、魚類的生長與繁殖，並且干擾消毒作用。若濁度越高，水的過濾越困難且費錢。下雨過後，地下水混濁度的變化可視為地表污染或其他污染的指標。

資料來源：行政院環境保護署，2003。

三、土地利用與水質

集水區的土地因利用型態的不同，形成不同的鑲嵌體，就像肖(1992)所指：地景本身是一種鑲嵌體，有如被不同碎片所組成的圖形一樣，每一嵌塊狀的單元都稱為嵌塊體，而包含著一定面積下有機與無機的同質區域(生態系統)。有研究指出：河川水質改變的測定可以反應出陸域、水域和河道生態系統之改變(Perry & Vanderklein, 1996)。也有研究指出：鄰接河川的土地使用對於河川水質的影響大於全集水區之影響(Osborne & Wiley, 1983)；其次，鄰近河川的土地使用型態中，面積最大的土地使用型態是影響河川水質的主要因子(Hunsacker & Levine, 1995)。

Steinblums 等(1984)的研究指出，河川水體溫度有 60-80% 依賴河流廊道上植被的遮蔭。林(1997)和陳(1998)認為擁有適當寬度植被的河川廊道能有效改善水質。另外，土壤和河川水體的溫度會受到不同植生狀況(草地、針葉、闊葉林和農地)所影響(Flerchinger & Pierson, 1997)。從土地使用的觀點來看，農業生產活動是最主要的非點污染源會影響河川水質，且不同土地使用型態所釋放出來之污染物，也會使得河川中的溶氧量(DO)降低(Perry & Vanderklein, 1996)。水、土壤和植物是決定土地生產量的基本元素，人口急劇增加，使森林面積大規模減少，都市化及人為開發的快速擴張，常超過淡水生態系的容忍力而造成衝擊(Zalewski, 1992)。

材料與方法

一、樣區概述

頭汴坑溪位於台中盆地東南方，東起大橫屏山山麓，西以大里溪為界，南鄰南投縣國姓鄉，北達台中縣新社鄉南部，集水區面積約 8725 公頃。為烏溪的支流之一。集水區最高點為海拔 1300 公尺，地勢由西往東增，高程 400 公尺以下者約佔 65%，主要分布於集水區西方；而高程大於 1000 公尺只佔 0.6%。

(一)氣象概況

由頭汴坑溪集水區鄰近之氣象觀測站，氣象資料加以統計，本區年平均氣溫為 23.1℃，歷年平均月氣溫以 1 月最冷為 16.5℃，夏季 6 至 8 月為最熱，以 7 月份之 28.3℃ 為最高。年平均相對濕度以 4 月最高為 79.1%，12 月份之 73.1% 最低，歷年平均相對濕度為 76.49%。月平均蒸發量以 7 月最大為 175.43 公釐，2 月份之 91.4 公釐為最低，歷年月平均蒸發量為 133 公釐。頭汴坑

集水區全年分為乾濕、兩季，年平均雨量約 1562.9 公釐，雨量多集中在 5 至 8 月約 999.8 公釐。

(二)支流概況

頭汴坑溪集水區有 15 條小支流，主要可以區分成三大支流，位於集水區北方的為北坑溪、中央則為頭汴坑溪、其南端則為東汴坑溪。頭汴坑溪集水區長度為 14.3km，集水區周長為 62.96km，河川主流長度為 25.51km，河川總長度為 64.15km，平均高程 370.46m，平均坡度 35.51%。

二、樣區設置

本研究以頭汴坑溪集水區為調查樣區，分別於適合地點選擇長 50m 的河段設置調查站，其中北坑溪設置 6 個調查站(編號 T1~T6)、東汴坑設置 6 個調查站(編號 T13~T18)、頭汴坑溪主流則設置 8 個調查站(編號 T7~T12、T19~T20)，總計設置 20 個調查站(詳圖 1、表 4)。

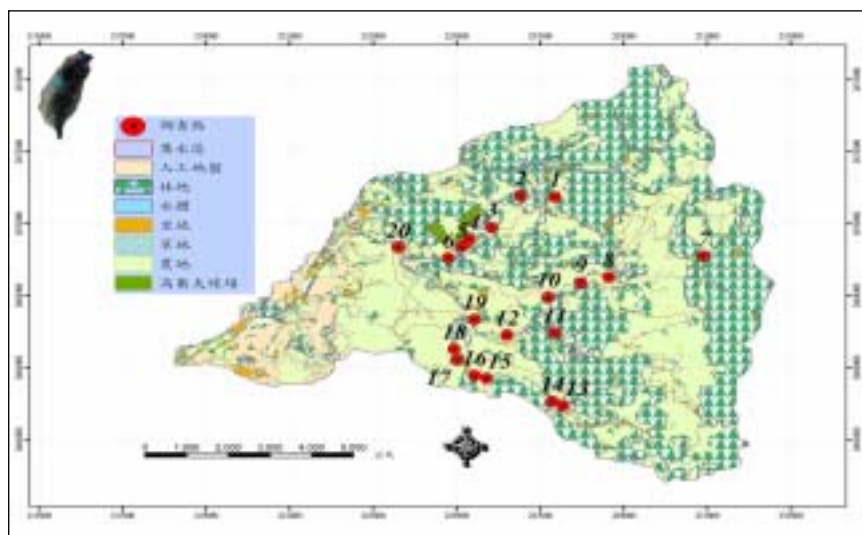


圖 1. 樣區土地利用與調查測站

Figure 1. The land uses and sample sites in Tou-Bian-Keng stream.

表 4. 頭汴坑溪調查地點與座標

Table 4. The GPS of study areas.

編號	支流	調查樣點位置	座標位置(TM2)	
T01	北坑溪	最上游端	227354	2670743
T02	北坑溪	清泉橋	226526	2670776
T03	北坑溪	漿砌石、箱籠護岸	225839	2669893
T04	北坑溪	北田三號橋	225306	2669561
T05	北坑溪	玄聖宮	225123	2669351
T06	北坑溪	北田大橋	224801	2669048
T07	頭汴坑溪	仙女瀑布	230904	2669092
T08	頭汴坑溪	茅埔二號橋	228643	2668514
T09	頭汴坑溪	長興橋	227972	2668357
T10	頭汴坑溪	懷恩堂	227190	2667955
T11	頭汴坑溪	中埔橋	227346	2666956
T12	頭汴坑溪	中埔四橋	226202	2666900
T13	東汴坑溪	乾溪土地公廟上方	227457	2664995
T14	東汴坑溪	乾溪土地公廟下方	227384	2665026
T15	東汴坑溪	混凝土潛壩上方	225571	2665728
T16	東汴坑溪	混凝土潛壩下方	225554	2665784
T17	東汴坑溪	混凝土護岸上方	225006	2666339
T18	東汴坑溪	混凝土護岸下方	224993	2666434
T19	頭汴坑溪	草嶺橋	225430	2667339
T20	頭汴坑溪	內城橋	223595	2669340

三、水質採樣

在調查樣點選擇具代表性水域，每個測站採樣三點，其數值加以平均。採樣設備分別使用 Cyberscan DO100 攜帶型溶氧度計量測調查樣點溶氧含量(DO)、Cyberscan PC10 攜帶型鹼度/電導度計量測調查點之導電度、酸鹼值、水溫等變化。樣點之 COD 與濁度，則採取水樣帶回實驗室，利用 AL282、AL32 化學需氧量(COD)量測儀器量測 COD，以及利用 2100P 攜帶型濁度計量測濁度。

四、土地利用數化

本研究依相片基本圖及現地調查的結

果，將土地利用分成：1.人工地盤(人為建構的土地面，包含建築物、工廠、農舍、豬舍、道路...等均歸納為人工地盤。) 2.林地(為人類活動較少涉入的空間，包含森林、雜木林、灌木林...等。) 3.水體(為空間上為水所佔據的區域，包含魚池、養殖區、溪流、埤塘...等。) 4.空地(空地、崩場地、裸露地...等。) 5.草地(包含草生地、草地類) 6.農地(包含農田、旱田、菜園、果園等。) 7.高爾夫球場(由於高爾夫球場的使用率遠高於草生地，而介於人工地盤之間，因此單獨列為一類。) 等 7 種。數化以農林航空測量所繪製的第五版(1999 年末至 2000 年初，於九二一大地震後所製作)已經定位的相片基本圖為底圖，再以人工點圖方式完成數化工作。子集水區的

區劃以調查測站為出水口，依分水嶺劃設而成。

五、調查時間

本研究於 20 個調查測站，每月調查一次，每個測站採樣三點，其數值加以平均。調查時間由 2003 年 7 月至 2004 年 2 月止，合計調查 8 個月，各測站水質調查結果如表 5 所示。

結果與討論

一、水質分析

(一)水溫

頭汴坑溪的水溫大抵以上游測站的較低，下游地區則略高，但溫度仍介於 20~26 之間。河川水溫由於水量、水深不大的情況，應受氣溫之影響較大。

(二)導電度

頭汴坑溪各測站的導電度值並沒有超過 750 μ s/cm，大抵不會造成土壤鹽化的趨勢。其值有由上游向下游遞增的趨勢，尤其北坑溪測站(T01~T06)最為明顯，其中 T06 為北田大橋，附近有工廠排放廢水，其導電度值均遠較其他測站為高，尤其冬季河川的水量減少，廢水無法充分稀釋，其導電度呈現與水量反比的趨勢。下游 T19 測站為草嶺橋，位於頭汴坑溪與東汴坑溪的匯流處，其導電度較下游 T20 測站內城橋測值高。

(三)酸鹼值

本研究各測站的水中 pH 值均居於 8.0 左右，呈現弱鹼性。依『地面水體分類及水質標準』中規定，pH 值在 6.5-8.5 間為甲類水，可以做為一級公共用水(指經消毒處理即可供公共給水之水源)及游泳，依『自來水水質標準』中規定，自來水水質化學性物質最

大容許量或容許範圍，pH 值也是 6.5-8.5 間。由數值來看，本研究各測站之 pH 值均符合上述標準。

(四)溶氧

本區各測站的平均溶氧量除了 T07、T13、T17、T18、T19 低於 8.0mg/L 之外，其餘地點均高於 8.0mg/L，顯示頭汴坑溪整體水中的溶氧度相當優異。依行政院環境保護署公告的『河川污染等級表計算方法』中規定，水中溶氧大於 6.5mg/L，則水體為未(稍)受污染；若溶氧介於 4.6~6.5mg/L 之間，則水體為輕度污染，本集水區除了 T19 測站水質為輕度污染外，其餘均是未(稍)受污染。依『地面水體分類及水質標準』中規定，溶氧量大於 6.5mg/L 為甲類水，可以做為一級公共用水(指經消毒處理即可供公共給水之水源)及游泳。T19 測站水質則屬於丙類水，僅適用三級公共用水、二級水產用水、一級工業用水及其他要求較低用水。

(五)化學需氧量

本研究之各測站化學需氧量均遠低於 100mg/L，符合國內現行之放流水標準，以『飲用水水源水質標準』的規定，其 COD 的最大限值為 25mg/L，則各測站也符合該項標準。

(六)濁度

本研究之各測站濁度值除部份測站的濁度值大於 100 外，大部份濁度值均低於 10。但若以美國環保署(EPA)規定公共給水中濁度所容許的最大值為 0.5~1.0 個濁度單位為標準時，顯然僅有 T7(仙女瀑布)、T8(茅埔二號橋)及 T13(乾溪土地公廟上方)測站符合相關規定，而這些測站 T7、T8 為頭汴坑溪主流最上游的測站；而 T13 則是東汴坑溪最上游的測站。

表 5. 調查樣站水質實測平均值(2003 年 7 月至 2004 年 2 月)

Table 5. The investigative average data for water quality in sample stations.

編號	水溫	導電度 $\mu\text{s}/\text{cm}$	pH 值	溶氧 mg/L	COD mg/L	濁度 NTU
T01	20.19	569.25	8.23	8.82	5.25	1.54
T02	20.67	666.63	8.25	9.28	12.75	2.60
T03	24.06	522.63	8.51	9.82	9.25	2.81
T04	23.90	545.25	8.40	9.54	17.04	1.28
T05	23.60	590.63	8.38	9.09	7.75	1.93
T06	23.96	653.69	8.41	9.22	10.94	6.67
T07	20.24	371.88	8.23	7.65	2.75	0.86
T08	23.05	445.88	8.49	9.10	2.00	0.99
T09	26.09	416.50	8.55	8.89	4.00	1.75
T10	25.49	450.13	8.34	8.35	4.50	37.76
T11	24.38	604.38	8.32	8.17	5.38	125.42
T12	24.20	521.63	8.42	8.84	2.88	1.63
T13	24.74	554.25	8.18	7.83	2.00	0.88
T14	24.83	546.13	8.12	8.06	3.88	2.16
T15	24.54	534.38	8.30	8.70	3.25	1.64
T16	24.15	535.63	8.33	8.33	3.00	1.91
T17	25.83	537.50	8.34	7.70	3.50	154.65
T18	26.05	531.50	8.27	7.81	3.88	15.42
T19	25.08	582.75	8.06	5.11	6.25	2.58
T20	24.64	594.50	8.26	8.80	6.46	6.39

二、土地利用型態

本研究將集水區內土地利用分成人工地盤、林地、水體、空地、草地、農地、高爾夫球場等 7 種。由土地利用的比例(表 6)看來,林地的佔有比例均在 82% 以上,顯示野溪上游地區的林地較為普遍。若由支流的情形加以探討,則林地佔有比例有由上游漸次向下游遞減的趨勢,例如北坑溪段測站由 T01 至 T06 共 6 站,其林地比例由 99.8967% 漸次遞減至 90.6298%,而人工地盤則由 0.0712% 漸次遞增至 9.2965%,顯示北坑溪上游較為原始,人為開發較少,但隨著越往下游,則人為開發的比例越來越高,由原先的 0.0712% 成長至 9.2965%,成長了近 130 倍。頭汴坑溪主流亦有類似的現象,其測站

代號為 T07 至 T12,其林地比例由 98.7768% 遞減至 89.2036%(T11 測站)又增至 93.2528%,其原因為下游測站的集水區範圍較為擴大之故。而人工地盤則由 0.1932% 增至 10.7419%(T11 測站)再減為 5.7862%(T12 測站)。若比較人工地盤最高與最低的比例,則兩者相距近 56 倍之多。東汴坑溪其測站代號為 T13 至 T18,其林地比例由 89.9064% 遞減至 82.7040%,整體面積少了 7.2%,但人工地盤的比例由 8.5157% 遞增至 14.2225%,成長近 1.7 倍。整體而言,就人為開發的程度而言,東汴坑溪的人為開發比例高於頭汴坑溪主流上游,而頭汴坑溪主流上游又高於北坑溪支流。

表 6. 調查樣站土地利用型態比率(%)

Table 6. The proportion(%) of land use type in sample stations.

測站	人工地盤	林地	農地	草地	水體	空地	高爾夫球場
T01	0.0712	99.8967	0.0165	0.0055	0.0029	0.0071	0.0000
T02	0.0713	99.8941	0.0165	0.0055	0.0029	0.0097	0.0000
T03	0.1180	99.5944	0.0587	0.0234	0.0229	0.1827	0.0000
T04	0.1999	99.4664	0.0717	0.0269	0.0292	0.2058	0.0000
T05	0.2351	99.2982	0.0690	0.0259	0.0290	0.1983	0.1445
T06	9.2965	90.6298	0.0081	0.0025	0.0215	0.0417	0.0000
T07	0.1932	98.7768	0.5498	0.0448	0.3615	0.0739	0.0000
T08	0.7392	98.0281	0.8666	0.0191	0.1542	0.1927	0.0000
T09	0.4094	98.5972	0.6755	0.0232	0.1267	0.1680	0.0000
T10	0.8011	97.7764	0.9094	0.0589	0.1903	0.2640	0.0000
T11	10.7419	89.2036	0.0000	0.0231	0.0261	0.0053	0.0000
T12	5.7862	93.2528	0.5583	0.0292	0.0935	0.2800	0.0000
T13	8.5157	89.9064	0.5201	0.0550	0.1566	0.8462	0.0000
T14	9.4801	88.7000	0.5994	0.0633	0.1805	0.9766	0.0000
T15	14.3501	82.7424	0.8957	0.1116	0.3097	1.5904	0.0000
T16	14.2352	82.8465	0.8968	0.1117	0.3101	1.5996	0.0000
T17	14.2218	82.7080	0.8953	0.1791	0.3471	1.6487	0.0000
T18	14.2225	82.7040	0.8953	0.1791	0.3471	1.6520	0.0000
T19	13.6893	85.0865	0.3193	0.0897	0.1686	0.6466	0.0000
T20	7.6491	91.5767	0.1163	0.0702	0.0882	0.3900	0.1095

表 7. 水質與集水區內土地利用相關分析

Table 7. Pearson Correlate analysis between water quality and land uses.

變項	相關係數	水溫	導電度	pH 值	溶氧	COD	濁度
人工地盤	Pearson 相關	0.1829	0.1964	-0.2090	-0.3441	-0.1036	0.1176
	顯著性	0.0206*	0.0128*	0.0080**	0.0000***	0.1924	0.1385
林地	Pearson 相關	-0.1893	-0.1442	0.2006	0.3424	0.1189	-0.1142
	顯著性	0.0165*	0.0688	0.0110*	0.0000***	0.1344	0.1503
農地	Pearson 相關	0.1491	-0.4070	0.0139	-0.1740	-0.2086	0.0345
	顯著性	0.0599	0.0000***	0.8611	0.0277*	0.0081**	0.6651
草地	Pearson 相關	0.1833	-0.0643	-0.1532	-0.3098	-0.1188	0.1232
	顯著性	0.0203*	0.4193	0.0531	0.0001***	0.1347	0.1208
水體	Pearson 相關	0.0934	-0.3431	-0.1240	-0.3037	-0.1849	0.0589
	顯著性	0.2399	0.0000***	0.1183	0.0001***	0.0193*	0.4594
空地	Pearson 相關	0.1733	-0.0149	-0.1401	-0.2248	-0.1252	0.0688
	顯著性	0.0285*	0.8519	0.0773	0.0043**	0.1146	0.3873
高爾夫球場	Pearson 相關	0.0044	0.1628	0.0082	0.1061	0.0347	-0.0387
	顯著性	0.9561	0.0396*	0.9177	0.1818	0.6629	0.6273

註：*代表顯著性 < 0.05；**代表顯著性 < 0.01；***代表顯著性 < 0.001。

三、土地利用與水質之關係

本研究以 8 個月 20 個測站的水質資料與子集水區內不同土地利用，在該子集水區內所佔的比例，進行皮爾森(Pearson)積差相關分析(表 7)。皮爾森積差相關係數分析二個等距變項的關係時，可用積差相關係數(r)來測量相關的程度與方向， r 係數要求二個變項呈直線相關， r 係數假設 X 與 Y 的關係是對稱的，且 $-1 < r < +1$ ，同時 r 的平方值具有消滅誤差的意義，亦即 X 與 Y 可利用該係數來進行彼此的預測。經過 SPSS 套裝軟體的運算，結果發現：水溫與人工地盤、草地、空地呈顯著正相關，而與林地呈現負相關。亦即集水區內人工地盤、草地與空地的比例越高時，水溫也會越高，而林地的比例越高時，水溫會越低。這項結果與林(1997)、陳(1998)、Steinblums 等(1984)、Flerchinger & Pierson (1997) 的研究相吻合。導電度則與人工地盤、高爾夫球場呈顯著正相關，亦即人工地盤與高爾夫球場佔有較高比例時，其排放的鹽類也會相對增加，這與 Zalewski (1992) 的研究相仿；導電度也與農地與水體的佔有比例呈現顯著負相關，這與 Perry & Vanderklein (1996) 的論述亦相近；pH 值方面與人工地盤呈顯著負相關，而與林地呈顯著正相關，亦即集水區內人工地盤的比例較高時，pH 值較低，水質較為酸性；而集水區內林地的比例較高時，其水質較為鹼性，這與一般認知相吻合，人工地盤多，代表人類聚落較多，污染物的排放較多，水質較傾向酸性，而林地有淨化水質的功能，排放水較具鹼性；溶氧與人工地盤、農地、草地、水體、空地成顯著負相關，而與林地成顯著正相關，其意義代表人為開發的過程所產生的污染物對於水體產生改變，使得水中溶氧量降低，這結果與 Perry & Vanderklein (1996) 的研究相吻合；COD 則與農地與水體呈現顯著負相關，亦即農地與水體的比例越高 COD 越

低；濁度則與土地利用的比例，沒有顯著相關。

上述的結果可以轉化為土地管理參考的依據，亦即可透過管理集水區內不同土地利用型態，而得到較佳的水質。例如一份 1988 年在「加拿大南安大略(Ontario)的研究」，曾以溪流的一種水質指數，應用於都市利用與河岸森林保育的相關分析上，作者利用該水質指數等級的分布，來進行集水區管理的建議。例如一個集水區如果有 25% 土地利用為都市，則其溪流至少應保存 50% 的河岸森林，如此才能維持一個好的水質等級(Smith & Hellmund, 1993)。

結論與建議

經調查顯示頭汴坑溪上游水質，除少數測站顯示有輕微的污染之外，基本上相當良好。本研究發現水溫與人工地盤、草地、空地、林地呈顯著相關，這項結果與林(1997)、陳(1998)、Steinblums 等(1984)、Flerchinger & Pierson(1997)的研究相吻合。導電度則與人工地盤、高爾夫球場、農地與水體呈顯著相關，這與 Zalewski (1992) 及 Perry & Vanderklein (1996) 的論述亦相近。溶氧與林地成顯著相關，結果與 Perry & Vanderklein (1996) 的研究吻合。其他水質因子如 pH 值與人工地盤、林地呈顯著相關；COD 則與農地與水體呈現顯著相關；濁度則與土地利用的比例，沒有顯著相關。

本研究的結論可以提供相似於「加拿大南安大略(Ontario)研究」的管理建議，惟本研究僅為部份水質因子與土地利用關係的探討，在推論上尚不嚴謹，建議有興趣的研究者能繼續深入探討，並建立類似上述的管理方式，則對於集水區的管理會有較明確且可以遵循的標準。

誌謝

本研究特別感謝行政院農業委員會水土保持局補助經費，並感謝中興大學水土保持學系植生工程暨生態環境系統研究室碩士班研究生簡明正、劉儀如、楊敬戎、王凱立、吳盈政等人協助野外調查與資料彙整。

參考文獻

1. 江漢全 (1996)「水質分析」, 三民書局, 台北。
2. 肖篤寧 (1992)「景觀生態學理論、方法與運用」, 地景企業有限公司, 台北。
3. 林信輝 (2002)「野溪自然生態工法評估指標及設計參考圖冊之建立期末報告書」, 行政院農業委員會水土保持局、國立中興大學水土保持學系。
4. 林昭遠 (1997)「集水區植生緩衝帶配置之研究」, 跨世紀水土保持技術之走向研討會論文集, 中華水土保持學會, pp.55-65。
5. 陳秋楊、林裕彬、郭瓊瑩 (2000)「集水區保育」, 中國文化大學環境設計學院景觀學系, 台北。
6. 陳萱蓉 (1998)「以農業非點源污染模式評估河川保護帶的配置」, 碩士論文, 東華大學自然資源管理研究所, 花蓮。
7. 蕭蘊華、傅崇德、許鼎居譯 (1995)「環境工程化學」, Sawyer, C. N. McCarty, P. L. and Parkin G. F.原著, 台北: 美商麥格羅·希爾國際股份有限公司, 第四版下冊。
8. 環境保護署 (2003)「河川污染等級表」, <http://ww2.epa.gov.tw/wq/ewmain.htm>。
9. 環境保護署 (2003)「河川水質的化學因子」, <http://ww2.epa.gov.tw/wq/ewmain.htm>。
10. 環境保護署 (2003)「河川水質的物理因子」, <http://ww2.epa.gov.tw/wq/ewmain.htm>。
11. Flerchinger, G. N. & Pierson, F. B. (1997) Modelling plant canopy effect on variability of soil temperature and water: model calibration and validation. , *Journal of Arid Environments*. 35: 641-653.
12. Osborne, L.L. & Wiley, M. J. (1983) Empirical relationship between land use cover and stream water quality in an agricultural watershed. *J. Environ. Manage.* 26: 9-57.
13. Perry, J., Vanderklein, E. (1996) *Water Quality Management of a Natural Resource*. Blackwell Science. Cambridge, USA, 639pp.
14. Smith D.S. and P.C. Hellmund (1993) "Ecology of greenways", University of Minnesota, U.S.A. pp87-88.
15. Steinblums, I. J., Froehlich, H. A. & Lyons, J. K. (1984) Designing stable buffer strips for stream protection. *Journal of Forestry*, 82:49-52.
16. Zalewski, M. (1992) "Ecotones at the river basin scale: global land/water interactions", *Proceedings of Ecotones Regional Workshop*, Burmera, South Australia, pp.13-17.

93年05月08日 收稿

93年05月20日 修改

93年06月02日 接受

