

093 - 301020500G - 017

七家灣溪濱水區植生緩衝帶配置之 研究

受委託者：	國立中興大學水土保持學系
研究主持人：	林昭遠
研究生：	林承漢
研究助理：	林淑玲

內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十三年十二月

目次

目次

表次

圖次

摘要

第一章	緒論	1
	第一節 研究緣起與背景	1
	第二節 計畫目標	2
	第三節 前人研究	3
第二章	研究地區與方法	9
	第一節 研究地區概述	9
	第二節 研究材料與方法	11
第三章	結果與討論	25
	第一節 土層營養鹽之衰減	25
	第二節 安全土深之推估	31
	第三節 地層影響	32
	第四節 濱水區植生緩衝帶之配置	34
第四章	結論	39

	目次
附錄 1 期中報告審查意見改善表	41
附錄 2 期中報告審查意見改善表	43
附錄 3 地質鑽探報告	45
參考書目	59

表次

表次

表 3-1 林地土層營養鹽分布情形	26
表 3-2 蔬菜區土層營養鹽分布情形	27
表 3-3 回收區土層營養鹽分布情形	28
表 3-4 林地各類營養鹽之衰減曲線	31
表 3-5 蔬菜區各類營養鹽之安全土深	31
表 3-6 AA' 剖面安全土深之估算	33
表 3-7 BB' 剖面安全土深之估算	34
表 3-8 CC' 剖面安全土深之估算	34

圖次

圖 2-1 研究地區圖	9
圖 2-2 土樣孔位分布圖	11
圖 2-3 剖面線位置圖	13
圖 2-4 AA'剖面地層分布圖	14
圖 2-5 BB'剖面地層分布圖	14
圖 2-6 CC'剖面地層分布圖	15
圖 2-7 七家灣溪數值等高線圖	21
圖 2-8 七家灣溪高程分布圖	22
圖 2-9 七家灣溪坡度分布圖	22
圖 2-10 七家灣溪坡向分布圖	23
圖 2-11 高入? 區緩衝帶配置模組	24
圖 2-12 濱水區植生緩衝帶配置圖	24
圖 3-1 鉀離子濃度衰減圖	29
圖 3-2 鈉離子濃度衰減圖	29
圖 3-3 鈣離子濃度衰減圖	30
圖 3-4 鎂離子濃度衰減圖	30
圖 3-5 七家灣溪濱水區植生緩衝帶配置圖	35
圖 3-6 植生緩衝帶配置比較圖	36
圖 3-7 現地照片	37
圖 3-8 現地照片	37
圖 3-9 現地照片	37

摘 要

關鍵詞：農業非點源污染、濱水區、植生緩衝帶、七家灣溪、地理資訊系統

一、研究緣起

七家灣溪為國寶魚櫻花鉤吻鮭之棲地，溪岸農業非點源污染之防治極為重要。植生緩衝帶具有緩衝污染物、安定河岸等多項功能，為有效解決坡地農業所產生之非點源污染。在溪流兩旁設置適當綠帶，嚴禁開發利用，不僅能有效控制非點源污染，增加水資源之使用，且對於河川之生態保育助益良多。台灣目前僅有翡翠、德基水庫依法設置植生保護帶，有關溪流兩岸植生緩衝帶之規範尚未出爐，為有效防止農業非點源污染對河川水質所造成之衝擊，宜儘早規範溪流濱水區植生緩衝帶之設置標準。

二、研究方法及過程

以林地土壤營養鹽之含量為環境背景值，利用營養鹽衰減曲線，求算樣區不同土地利用類別，土層營養鹽類所需之安全深度，結合水系、坡向及高程等資料，以河道為基準線，計算河道兩側與河道之高程差，其差值若小於河道滿水位加上安全土深之處，宜配置緩衝帶，不得開發利用，以免滲流水污染河川。

三、重要發現

七家灣溪岸濱水區植生緩衝帶寬度之配置，係隨各類營養鹽在土層中之衰減率而異，所測定之營養鹽類中以鉀之移動性較大，以武陵農場蔬菜區土層中鉀之衰減率作為該區溪流緩衝帶寬度之推估，其配置寬度方能有效防止各類營養鹽在七家灣溪之污染。依據蔬菜區鉀肥之衰減曲線所推求之安全土深，配合樣區的地形分析，於河道設計水位 5m 高之條件下，推求七家灣溪濱水區植生緩衝帶配置寬度。將植生緩衝帶配置圖與航照圖或土地利用圖相疊合，即可明瞭植生緩衝

帶之配置寬度是否足夠。為了保護七家灣溪之水質，武陵農場已決定將武陵路以東之地區全數劃定為緩衝帶；惟其緩衝帶之配置並未考量七家灣溪之支流或野溪，雪山登山口北側野溪兩岸之農業開發，仍會嚴重污染七家灣溪之水質。

四、主要建議事項

除了植生緩衝帶之配置外，集水區主要潛在污染源之農作區內，應落實耕地保育措施，避免非點源污染物之匯集，形成點源污染而危及溪流之生態環境。植生緩衝帶之功效與植生種類、緩衝帶寬度、配置地點、及降雨特性有很大之關係。應以集水區為單元，以地理資訊系統配合模式，探討集水區內植生緩衝帶規劃後之整體成效。除了植生緩衝帶之配置外，集水區主要潛在污染源之農作區內，應落實草生栽培、草溝及農地沉砂池之設計。

第一章 緒 論

第一節 研究緣起與背景

集水區範圍內土地之使用情形對集水區經營管理是一項重要的課題，在國內外眾多研究中顯示集水區土地使用對水質有明顯的影響，而濱水區植生緩衝帶具有緩衝污染物、安定河岸等多項功能，為有效解決坡地農業所產生非點源污染之措施。在溪流兩旁設置適當綠帶，嚴禁開發利用，不僅能有效控制非點源污染，增加水資源之使用，且對於河川之生態保育助益良多。台灣目前僅有翡翠、德基水庫依法設置植生保護帶，有關溪流兩岸植生緩衝帶之規範尚未出爐，為有效防止農業非點源污染對河川水質所造成之衝擊，宜儘早規範溪流濱水區植生緩衝帶之設置標準。

自民國五十年以來，梨山地區與武陵農場的農業開發，帶動了大甲溪上游各支流沿岸山坡地的開發，大量的種植果樹、蔬菜，對生態環境產生了負面影響；又由於受到水果開放進口之影響，集水區內果樹之栽植利潤大不如前，農民紛紛將果園轉作高冷蔬菜。高冷蔬菜為短期性作物，一年可栽種 2 至 3 期，中耕除草頻仍，農藥及肥料的用量遠大於果樹，山區豐富的雨量及

旱季密集的灌溉，加速農地肥料在土層之傳輸，因此有關蔬菜區滲流水對於溪流水質所造成的影響將更為嚴重。

集水區中若有農藥與肥料等污染物的注入，於環境累積至某一程度後，配合水溫、pH、日照等環境因素，將導致自營性生物(autotrophic organism) 或藻類大量異常繁殖，此種累積營養鹽之過程稱為優養化，將對於櫻花鉤吻鮭魚之棲地造成嚴重破壞，若不及時挽救，恐有滅絕的可能性。因此找出合適的緩衝帶寬度是吾人應該努力之目標。

第二節 計畫目標

河川濱水區配置適當寬度之植生緩衝帶可截蓄逕流、減緩河川兩岸土壤所受之沖蝕，並吸收果園及蔬菜園所留失的肥料與農藥，以此過濾水質，減少河流所受來自於家庭與農業等來源排出之營養鹽或各式污染物質所造成之破壞。本研究以七家灣溪畔之武陵農場為試驗地點，經現地調查，分析污染物在土層中之傳輸行為，利用地理資訊系統，結合試區之地文因子，探討濱水區植生緩衝帶之適宜寬度，俾減少集水區坡地農業對河川與水庫水質之衝擊。

第三節 前人研究

近年來台灣逐漸面臨水資源枯竭的問題，因此如何維護台灣水資源是目前國人應該重視的問題。造成水資源匱乏的主要原因在於集水區土地利用不當，而導致溪岸環境品質降低、地下水質惡化、水流型態改變與水生及濱水區動物棲地破壞等。集水區的農業活動，雖可帶來經濟上的收穫，但若忽略對於生態環境上的影響，將會衝擊到人類和其他生物所必須賴以維生的水資源。因此人類在集水區的許多農業活動，諸如伐木、抽排水、整地、施用農化藥物等，若未在適宜的保護措施下進行，將會導致河川生態系的重大改變及魚類資源的枯竭。

山坡地的開發，不僅破壞原有之地表植被，擾動表層土壤，雨滴打擊裸露地表，造成泥砂顆粒堵塞入滲孔道，減少水流之入滲機會，降低土壤之入滲率及增加地表逕流量，地表逕流易挾帶泥砂氾濫成災(汪正忠，1988)。Jay & George(1995)指出淤泥為水體水質惡化主要污染源之一，在美國水體中之淤泥其最大來源乃每年平均四兆噸由農地沖蝕所產生。淤泥不僅攜帶肥料及殺蟲劑污染水源，且減少河道儲水增加洪水氾濫。並能對水生生態產生嚴重之影響，如魚卵不能呼吸，魚類因淤泥而無法產卵等。

而對於濱水區坡地農業肥料的使用，雖可促進植物的生長，得到較高的經濟利益，但農用化學品必須適時、適量、適用方可達到上述之目的，若過量施肥將會對環境造成傷害。過量之營養鹽經由地表逕流或地下水進入河川、湖泊亦造成水污染或優養化(李國欽，1992)。羅清端(1995)指出農作區大量施用肥料，土壤中磷的含量約為非農作區之三十到五十倍，農作區土壤對磷的吸附力明顯地較非農作區為低。土壤對磷的吸附若未達飽和，農作區所施用之磷肥尚能被土壤吸附，俟土壤對磷等營養鹽之吸附達飽和後，多餘之營養鹽易被淋洗而污染水源。

植生緩衝帶在坡地保育措施中所扮演之角色有逐漸被重視的趨勢，農委會與美國農部所規劃之合作計畫，有關植生緩衝帶的研究即列為優先項目之一。而有關溪流兩岸及其植生綠帶有多種名詞描述。Clinnick(1985)曾對林業上常用的名詞解釋有下列的闡述：1)溪岸區(riparian)係指溪流或水體兩岸的區域，因為其土壤含水量與離岸較遠的地區不同，常常會呈現差異相當大的生態特徵。2)緩衝帶(buffer strip)或溪岸保護區(stream protection zone)，指的是植生完全未被破壞的溪岸地區。3)過濾帶(filter strip)，所指的是溪岸區，其上層林木已被砍伐，地被植生則保留未破壞，其目的只要是在防止泥砂及污染物進入溪流。

植生緩衝帶係指位於潛在污染源與地表水體間之人工栽植或天然植被，主要用以減緩漫地水流並能從逕流水中去除部分之泥砂、營養鹽、及農藥。國內外有關植生緩衝帶之研究分述如下：

丁昭義及陳信雄(1979、1981)研究顯示，對於短效性及不溶性農藥(四氯丹)，10m寬的緩衝帶即已足夠；而對於水溶性農藥，則需將寬度增加至30m以上，甚至需達60m方能見效。夏禹九等人(1990)於六龜試驗所所作之調查，建議在本省南部類似該調查區的林地，其緩衝帶寬度之下限可依下列公式求算： $F=10+0.03s^2$ ，式中F為緩衝帶之寬度，s為坡度。

在美國已有多位學者指出植生緩衝帶為農地最佳管理措施之一，對非點源污染的控制極為有效(Barfield et al. 1979; Magette et al. 1989; Dillaha et al. 1989; Dillaha 1989; Smith 1989). Thompson 等學者於 1978 年實驗指出 12m 寬的緩衝草帶可有效地由逕流水中減少總氮與總磷量分別是 45%及 55%。利用人工或天然降雨，其它小規模之樣區或田間試驗結果亦顯示植生緩衝帶能有效的去除逕流水中的非點源污染源。

在樣區或田間尺度下，許多模式已被用來模擬植生緩衝帶的功效，Flanagan 等(1986,1989)利用 CREAMS 模式(Knise1 1980)說明植生緩衝帶由漫地流中去除泥砂之功效。Williams and Nicks(1988)在美國各地選用小尺度樣區，以 CREAMS 模式來評估植生緩衝帶對土壤沖蝕、泥砂與營養鹽傳輸之控制效果。Lee 等(1989)發展以單場暴雨分析緩衝草帶中逕流與磷肥傳輸之數學模式(GRAPH 模式)。GRAPH 模式亦可用以模擬緩衝草帶中隨時間變化之入滲、逕流體積、水溶性與泥砂束縛之磷的傳輸。Hayes 及 Dillaha(1992)利用 WEPP 模式(Laflen et al. 1991)和 GRASSF 模式(Hayes and Hairston 1983)，提出評估緩衝草帶載負逕流與泥砂量以及泥砂阻攔效果之分析程序。Munoz-Carpena 等(1991)發展評估通過緩衝草帶漫地流之數學模式。

Nikolaidis 等(1993)利用分佈模式(distributed modeling)預測濱水帶(riparian zone)氮肥之水文與生物地質化學循環(biogeochemical cycling)，此模式也被用來評估林地濱水帶之功效及植生緩衝帶對農地逕流水中氮肥之衰減效果。Phillips(1989)發展逕流遲滯時間模式(runoff detention-time model)，評估濱水緩衝帶對非點源污染之防制。Xiang(1993)利用地理資訊系統結合 Phillips 之遲滯時間模式，描繪農地集水區內的濱水緩衝區。綜合以上之文獻回顧，可將植生緩衝帶之研究趨勢大概分為：1.樣區觀測與分析，2.數學模式評估，以及 3.數學模式配合地理資訊系統技術(GIS)之應用等三個時期。

植生緩衝帶之功效與植生種類、緩衝帶寬度、配置地點、及降雨特性有很大之關係，前人研究已顯示植生緩衝帶對非點源污染之控制有其正面之評價。有關植生緩衝帶之功效，若繼續再作小規模區域性之樣區或田間試驗已

無多大義意，除了植生種類之篩選試驗外，地域性之資訊在應用上並不大。由前人研究之趨勢，可知地理資訊系統(GIS)連結農業非點源污染模式之技術應用，為今後評估集水區植生緩衝帶寬度與配置之主流。

而有關於地理資訊系統(GIS)其全稱為 Geographic Information System, 約自 1970 年代中期開始，各學術領域為了特定研究之需，分別發展出許多處理地理相關資料之電腦系統。地理資訊系統是幫助處理地理資料及空間決策的電腦系統，具備地理資料輸入、處理、管理、分析及展示等功能。系統架構主要以電腦輔助製圖(Computer Assisted Cartography, CAC)與資料庫技術(Database Technology)為主軸結合後所成。孫志鴻於 1997 年指出，地理資料庫之空間資料的展示及查詢是最常被使用的功能，一幅 GIS 地圖所能傳達的資料量，效率與功能遠超過語言與文字所提供。GIS 所產生的向量式資料檔對於需要精確度較高的圖層如：土地利用、地籍、道路、地形、地質及水系等圖層製作相當適用，因此近年來普遍被應用於區域土地使用及各種模式之分析。目前 GIS 相關軟體甚多，其系統架構有資料輸入、資料儲存、資料庫管理、資料輸出與展示等五大項基本功能。

近年來數值地形模型 (Digital Terrain Model, DTM) 在測量、製圖、軍事與資源探測上應用日益廣泛。數值地形模型係以數值方式，來表現地表的資料或模型，亦為一結構化資料庫，以 X、Y、Z 三維座標來表現地表面型。隨著 neighborhood analysis 的廣泛發展與運用，各種數值水系、坡度、坡向、坡形、山脊、谷地、河流，都可以網格萃取方式產生 (Gradner et al. 1990)。

陳文福 (1997) 指出數值地形模型係利用航測、遙測、地面測量或現有地形圖數化資料，以有限具 X、Y、Z 座標之地形點內差計算處理加密後，成為具有個別高程值之規則網格，此種以數學數值表示之地形模型，因其所表示之地形特徵為高程，故稱為 DEM，而 DTM 則除了高程外更包含了坡度及坡向。

林昭遠等(1999)以數值地形模型為材料,從流向觀念切入,利用C語言發展出Overlap Mapping 30 軟體,萃取集水區稜線與水系,提供各種屬性資料之計算與查詢。以上種種 GIS 系統的開發,都可以配合運用在植生緩衝帶的配置方面,以期達到之效果。

再者,吾人對於國內植生緩衝帶的相關法令也需要多加了解。依據水土保持法規第二十三條規定:經劃定為特定水土保持區之水庫集水區,其管理機關應於水庫滿水位線起算至水平距離 30 公尺至 50 公尺範圍內設置保護帶。其他特定水土保持區由管理機關視實際需要報請中央主管機關核准設置之。植生緩衝帶之寬度若設計不足,則無法達到淨化逕流水質的預期效果。反之,若寬度大於實際需要,將造成農地或其它用地的損失,人民配合的意願不高。因此合理的寬度範圍對坡地保育計劃之推行相當重要。美國農部在其耕地保育計劃內所推薦之植生緩衝帶寬度為 20-30m,而在森林集水區內,沿著溪流兩旁之保護帶最少需有 30m。截至目前為止尚無法將緩衝帶的寬度與過濾後水質受改善之情形予以量化。農民抱怨不適宜的規定寬度減少了生產用地,而環境學家卻爭論現存的規定寬度尚嫌不足,其改善農地集水區排放水之品質未達理想(Puvis et al.1989)。美國農部所推薦的緩衝帶寬度雖可供我們參考利用,但此種齊頭式之寬度在地幅廣大的美國尚有所爭議,在寸土寸金之台灣,若據此推行,其阻力可想而知。因此有必要建立本土化的植生緩衝帶合理寬度。

而對於緩衝帶之植生種類,Murielle & Bercovoco(1994)建議使用複層林來設計河岸緩衝帶,雖然是以喬木為主要構成,若加入灌木和草類則可增加控制溪岸之安定。Smith(1992)則建議選擇河岸草種,應先了解河岸緩衝帶之目地,若緩衝帶之設計主要注重於能在最短期間內減少最大非點源污染,則可引進較為有效且能快速建立植生緩衝帶之草種;若為長期適應當地氣候條件且較不需要耗費人力照顧,本土植物應為第一選擇。

第二章 研究地區與方法

第一節 研究地區概述

本研究之樣區為雪霸國家公園東邊武陵地區(如圖 2-1)，雪霸國家公園於民國八十一年七月一日成立，是台灣地區第五個國家公園，位於台灣本島中北部，由雪山山脈圍繞，是為南北走向呈葫蘆形的狹長谷地，境內高山林立，景觀麗緻，由大安溪河谷海拔 760 公尺至 3886 公尺的雪山主峰，屬高山型國家公園，境內高山峰巒競起，東起羅葉尾山，西至東洗水山，南起宇羅尾山，北抵境界山，總面積達 76,850 公頃，包括新竹縣五峰鄉和尖石鄉、苗栗縣泰安鄉、台中縣和平鄉；武陵農場隸屬於臺中縣和平鄉，位於七家灣溪畔，座落於山谷之間，海拔 1740 2100 公尺，平均溫度約在 15oc 左右，四週林木蒼鬱，桃山溪、七家灣溪、雪山溪及有勝溪橫貫其間。

圖 2-1 研究地區圖



根據中央地調所五萬分之一台灣地質分布圖顯示，樣區的地質為佳陽層，本層主要由厚層板岩組成，夾有少量細粒砂岩或粉砂岩。佳陽層為陳肇夏（1977）所命名，其標準地點佳陽位於臺中縣中部橫貫公路達見水壩和梨山之間。佳陽層的底部為黑色板岩和變質砂岩的互層，砂岩為淺灰色，細粒至中粒，層厚數公分到一公尺半。玉山主峰層位於達見砂岩和佳陽層之間，李春生（1979）曾將佳陽層的下部另命為玉山主峰層。在相當玉山主峰層的岩層內均曾發現 *Assillina* 化石，其時代應屬於始新世，故佳陽層的地質時代暫定為漸新—始新世。而溪岸兩側之平坦地帶土壤深厚，係由充實或崩落而來，部分母岩呈半風化之塊狀破碎片，為極不穩定之土質結構，一但植生被覆受到破壞，易發生沖蝕與滑動。

本地區之植群分布可以將之分為林地區、蔬菜區與耕地回收區三大類，其中各區植群之種類如下：

林地區：台灣二葉松、鐵掃帚、咬人貓、虎杖和五節芒等。

蔬菜區：主要位於平台階段之邊坡，以火炭母草、台灣何首烏、五節芒、冬寒菜、苦苣草、大扁雀麥、義大利黑麥草、高狐草、加拿大蓬和細葉碎米薺等。

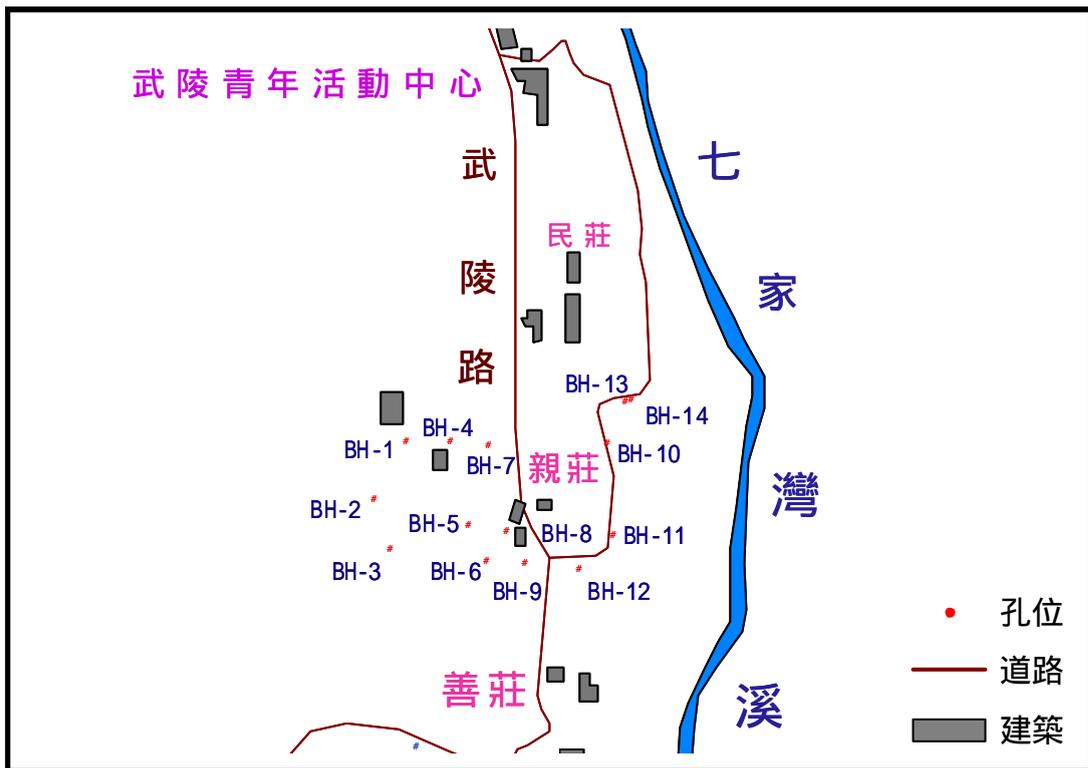
回收區：主要覆蓋草種有義大利黑麥草、冬寒草、白花三葉草、加拿大蓬和大扁雀麥等。

第二節 研究材料與方法

一、研究材料

於七家灣溪河岸濱水區依據林地、蔬菜區和耕地回收區三種不同的土地利用型態，利用地質鑽探的方法採取各區土樣，三個區位總計 14 個孔位，其分別為林地土層(BH 1~3)、蔬菜土層(BH 4~9)、耕地回收區土層(BH 10~14)。鑽探工程採用 KC804L 旋轉油壓式鑽機並利用螺旋法(AUGER BORING)進行鑽探以及採樣，取得垂直深度約 10 公尺之未擾動土層樣本，鑽孔位置如圖 2-2 所示。

圖 2-2 土樣孔位分布圖



二、研究方法

本研究主要可以分為土壤理化性質分析、地質剖面線繪製、植生緩衝帶寬度推估和 GIS 地形分析四大類。

(一) 土壤理化性質分析

以垂直分層取得各鑽孔之供試土壤，將其陰乾、壓碎，使用#10 之篩網過篩。本研究主要在於分析污染物於各不同土層中垂直傳輸之情形，除依據不同土地利用型態去分類，亦將試驗土樣依垂直深度每 50cm 細分，期能進一步探討各土層深度與污染物濃度之關係。分類為完成後再依據美國農藝學會 (American Society of Agronomy) 所出版之土壤分析方法 (Klute, 1986; Page, 1982)，分析項目如下：

1. pH 值：採水與土 1：1 (重量比) 之混合液，用 pH 計測定。
2. 電導度：採水與土 1：1 (重量比) 之混合液，振盪後過濾以電導度計測定。
3. 交換性陽離子 (K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{+2} 、 Mg^{+2})：用中性醋酸銨溶提後， K^+ 、 Na^+ 以火焰光度計測定， Ca^{+2} 、 Mg^{+2} 則以原子吸收光譜儀測定。

分析後之數據以土地利用型態加以分類，個別推算出林地土層、蔬菜土層與耕地回收區土層之平均濃度與垂直深度之關係，進一步繪出各離子濃度衰減圖，利用統計方法推算各離子之衰減曲線方程式，並計算各離子所須之安全土深。

(二) 地質剖面線之繪製

選定樣區內三條剖面線(圖 2-3)，利用地質鑽探柱狀圖所提供的垂直土層資料，依據已知土層之資料並使用內插法推估孔位間土層分布情形(圖 2-4 圖 2-6)，由此地質剖面圖可以深入探討地層的分布對於土層中營養鹽類傳輸行為之影響。

由於已選定三條剖面線探討，可以將研究範圍縮小至通過此三條剖面線之孔位。AA'剖面線通過 1、4、7 與 10 號孔，因此在對於 AA'剖面濃度衰減曲線的計算上面，林地區的計算只採用 1 號孔的實驗數據來推估，而蔬菜區則是採用 4 號與 7 號孔的平均濃度來推算衰減曲線。比照同樣方法，計算出 BB'與 CC'剖面之衰減情形，將研究結果與未考慮地層因素比較，可以加以評估地層分布對於植生緩衝帶配置之影響。

圖 2-3 剖面線位置圖

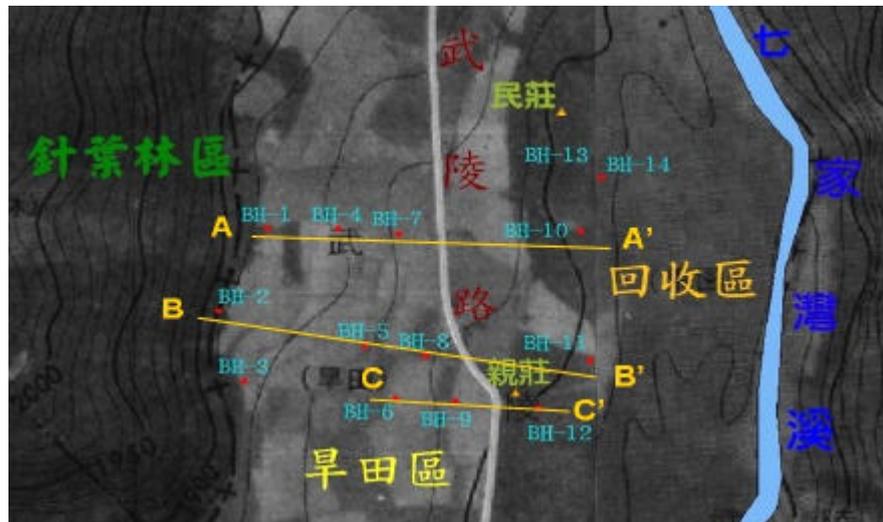


圖 2-4 AA' 剖面地層分布圖

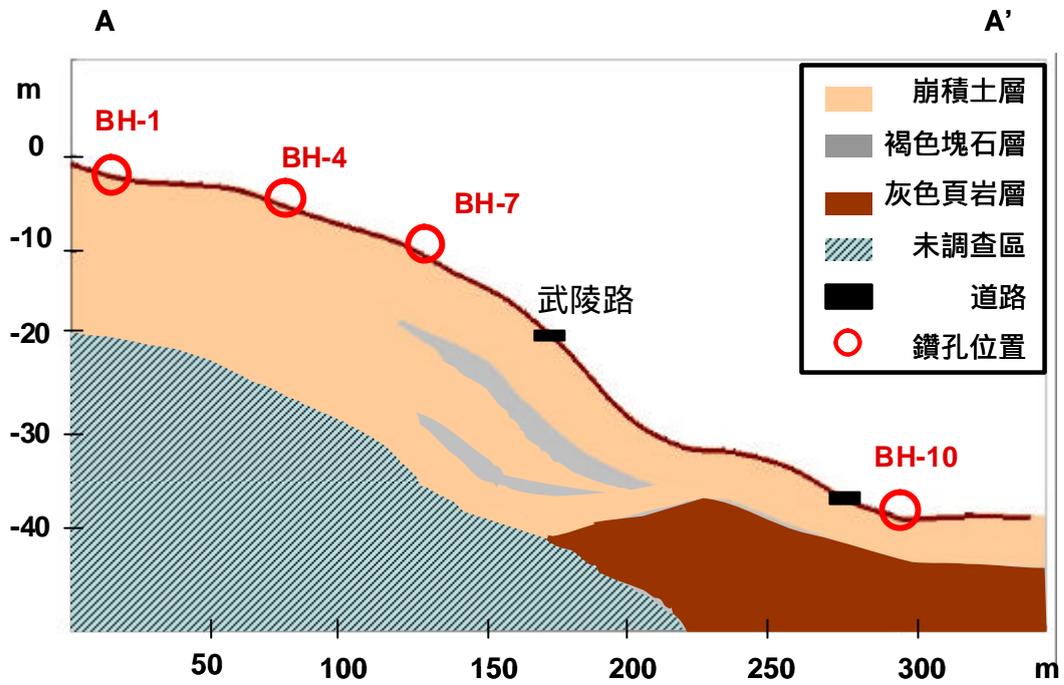


圖 2-5 BB' 剖面地層分布圖

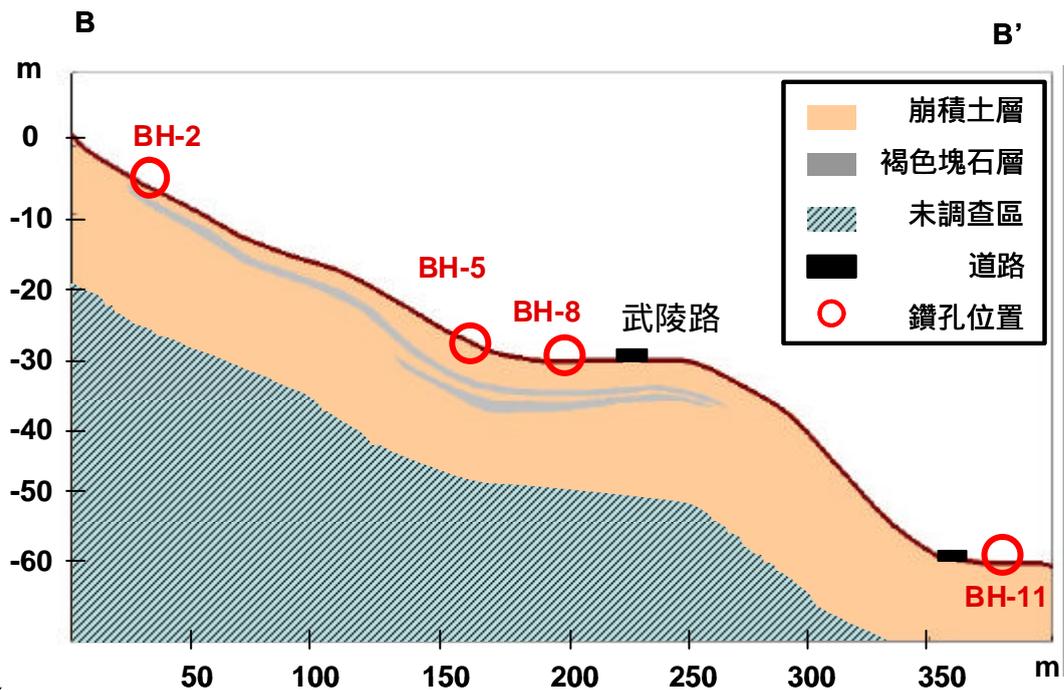
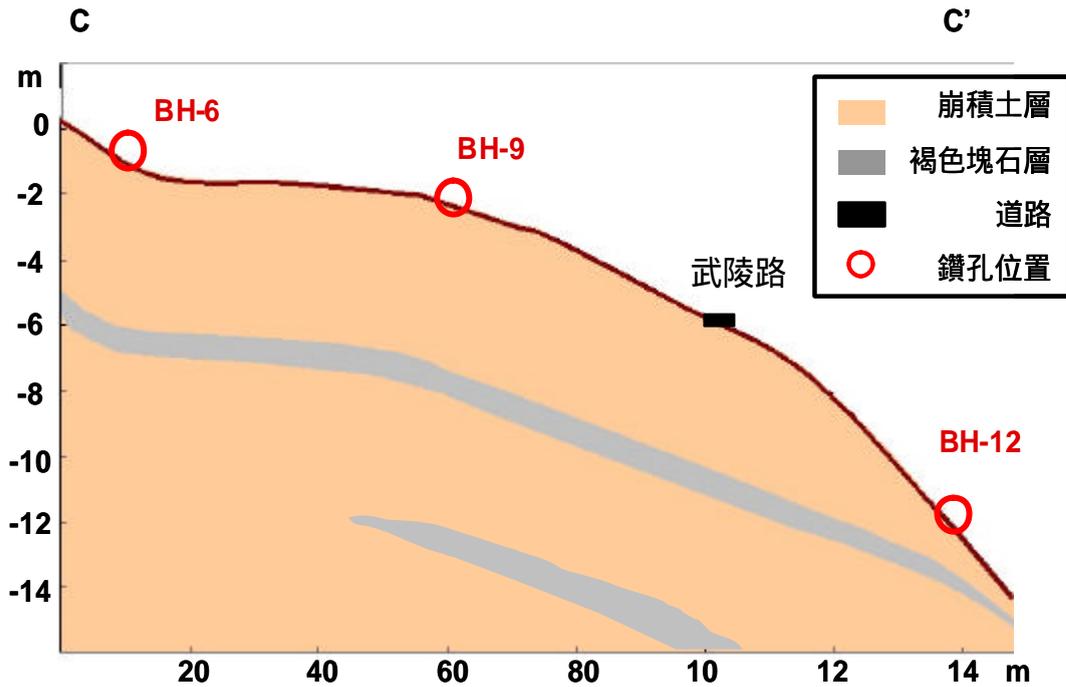


圖 2-6 CC' 剖面地層分布圖



(三) 植生緩衝帶寬度之推估

高入滲區河岸濱水區緩衝帶的寬度可由現地量測污染源之衰減曲線，或利用指標模式推算出安全的土層深度，河岸兩旁低於安全土深之地區，應全部劃入植生緩衝帶，嚴禁開發利用，以免滲流水污染河川。

(1) 由營養鹽衰減曲線推估

因土壤本身具有緩衝與過濾污染物的能力，故在高入滲率的土壤環境下，污染物的濃度將會隨著土層的深度而遞減。使用衰減曲線推估的方法即是依據此原理，必須先求得未受污染之土壤中各污染物之濃度，並以此來

當作一基準值，即在受污染的土壤中若污染物濃度遞減到此一基準值，則視為此污染物已被土層過率至一安全不會污染環境的濃度，此一濃度基準則稱為環境背景值。而土壤中污染物濃度在遞減至環境背景值所需的深度，即為土壤本身將污染物過濾至正常濃度所需的深度，亦是吾人所求之安全土深。

依據土壤理化性質分析所測之濃度與土壤深度之關係，利用統計回歸的方法求出土層中各類營養鹽之衰減曲線，並以未受污染林地土層中污染物之濃度衰減曲線為環境背景值，求出蔬菜區衰減曲線與之濃度相同點，此對應之垂直深度即為此污染物之安全土深，而安全土深之數據即可配合地理資訊系統計算並配置適當之緩衝帶寬度。

(2)由指標模式推估

目前常用土壤中化學物傳輸模式有以下三種：即表土層的農藥傳輸模式(PRZM,Pesticide Root Zone Model)、線性系統模式和指標模式(Index Method)三種，PRZM 模式、線性系統模式或其他類似模式中化學物在土壤中的傳輸機制，在應用上因所需參數較多，模擬時資料不足，故應用上常受到限制；尤其在大面積模擬時，實地資料的不足常導致模式係數無法正確地估算。而指標模式較簡單，所需參數較少，故使用指標模式進行估算與預測。指標模式之推估過程分述如下：

A、溶質之對流輸送

土壤水份之對流有時稱為 Darcian 流，對流量 J_c 與其濃度成正比

$$J_c = q C \text{-----}(1)$$

J_c ：對流量[M/TL²]

q ：流束[L/T]

C ：濃度[M/L³]

$$\bar{v} = q / \theta \text{-----} (2)$$

\bar{v} : 平均流速[L/T]

θ : 體積濕度[L³/L³]

由(1), (2)得公式(3)

$$J_c = \bar{v} \theta C \text{-----} (3)$$

B、溶質之擴散

如果溶液中溶質出現不均勻，便有濃度梯度存在，致使溶質自濃度高處向低處擴散。於靜止水中，根據 Fick 定律，擴散率 J_d 與濃度梯度有關：

$$J_d = -D_0 \frac{dC}{dx} \text{-----} (4)$$

J_d : 擴散率[M/TL²]

D_0 : 擴散係數[L²/T]

dC/dx : 濃度梯度[M/L⁴]

由於液相只佔土壤體積之一部分，且土壤孔隙之孔道是曲折的，有效擴散係數通常小於 D_0 ，故改寫成：

$$D_s = D_0 \theta \zeta \text{-----} (5)$$

D_s : 有效擴散係數[L²/T]

θ : 體積濕度[L³/L³]

ζ : 曲折係數

ζ 本身為 θ 之函數，為表示其相依性，可寫為 $D_s(\theta)$

將不飽和土壤液相中擴散公式(4)重寫如下

$$J_c = -D_s(\theta) \frac{dC}{dx} \text{-----} (6)$$

C、動力流散

動力流散公式類似擴散公式，流散係數與平均流速有線性關係：

$$D_h = a \bar{v} \text{-----} (7)$$

D_h ：流散係數[L²/T]

\bar{v} ：平均流速[L/T]

a ：試驗參數[L]

$$J_\beta = -D_h(\bar{v}) dC/dx \text{-----} (8)$$

D、溶質之聯合輸送

溶質之輸送(J)包括對流(J_c)、擴散(J_d)及流散(J_β)三種現象。將公式(3)(6)(8)聯合得公式(9)

$$J = \bar{v} \theta C - [D_s(\theta) \partial C / \partial x + D_h(\bar{v}) \partial C / \partial x] \text{-----} (9)$$

由於實際上擴散與流散現象不能分開，所以上式改寫成：

$$J = \bar{v} \theta C - D_{sh}(\theta, \bar{v}) \partial C / \partial x \text{-----} (10)$$

D_{sh} ：延散係數[L²/T]

由於流束及濃度隨時間及空間而變異

$$\frac{\partial(C\theta)}{\partial t} = -\frac{\partial J}{\partial x} \text{-----} (11)$$

聯合(10)(11)公式得公式(12)

$$\frac{\partial(C\theta)}{\partial t} = -\frac{\partial(\bar{v}\theta C)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} (D_{sh} \frac{\partial C}{\partial x}) \text{-----} (12)$$

在穩定水分流動中， θ ， \bar{v} ， D_{sh} 可視為常數

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\bar{v} \frac{\partial C}{\partial x} + \frac{D_{sh}}{\theta} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \text{-----} (13)$$

E、土體的吸附作用

方程式(13)描述溶質之移動，只涉及對流、擴散和流散過程，溶質不與土體發生作用。若土體可吸附部分的溶質，則以(14)式描述

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{D_{sk}}{\theta} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \bar{v} \frac{\partial C}{\partial x} - \frac{\rho}{\theta} \frac{\partial S}{\partial t} \quad (14)$$

S ：吸附溶質[M/L³]

ρ ：總體密度[M/L³]

吸附過程以 Freundlich 等溫吸附方程式描述

$$S = \kappa C^N \quad (15)$$

N 、 N 為 Freundlich 常數

$$\therefore \frac{\partial S}{\partial t} = \kappa N C^{N-1} \frac{\partial C}{\partial t} \quad (16)$$

將(16)式代入(14)式中得公式(17)

$$\left(1 + \frac{\rho \kappa N C^{N-1}}{\theta}\right) \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{D_{sk}}{\theta} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \bar{v} \frac{\partial C}{\partial x} \quad (17)$$

$$1 + \rho \kappa N C^{N-1} = R_f \quad (18)$$

R_f ：Freundlich 吸附的滯流因子

將(18)式代入(17)式中得公式(19)

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{D_{sk}}{\theta R_f} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \frac{\bar{v}}{R_f} \frac{\partial C}{\partial x} \quad (19)$$

F、指標模式

指標模式 (Index Method) 利用衰減 (Attenuation) 與延滯 (Retardation) 兩個指標來模擬化學物在土壤之傳輸。這兩個指標由公式(19)推導得到。

其假設條件：

- (1) 在均勻性土壤
- (2) 化學濃度只隨土壤深度變化而不隨時間變化
- (3) 土壤水分為一常數，故流散作用可省略

$$\lambda C = -\frac{\bar{v}}{R_f} \frac{\partial C}{\partial x} \text{----- (20)}$$

λ : 污染物在土壤中的一階分解係數[1/T]

$$\frac{\partial C}{\partial x} = -\frac{\lambda R_f}{\bar{v}} C \text{----- (21)}$$

將(21)式積分之

$$\frac{C}{C_0} = \exp\left(-\frac{\lambda R_f}{\bar{v}} H\right) \text{----- (22)}$$

C_0 : 土壤表土化學濃度

C : 到達土層深度(H)之濃度

H : 土層深度[L]

$$\lambda : \left(\lambda = \frac{\log_e(2)}{t_{1/2}}\right), \quad t_{1/2} : \text{半衰期}$$

$$R_f : R_f = 1 + \rho \kappa N C^{M-1}$$

(四)GIS 地形分析

(1)數值高程模型定義與用途

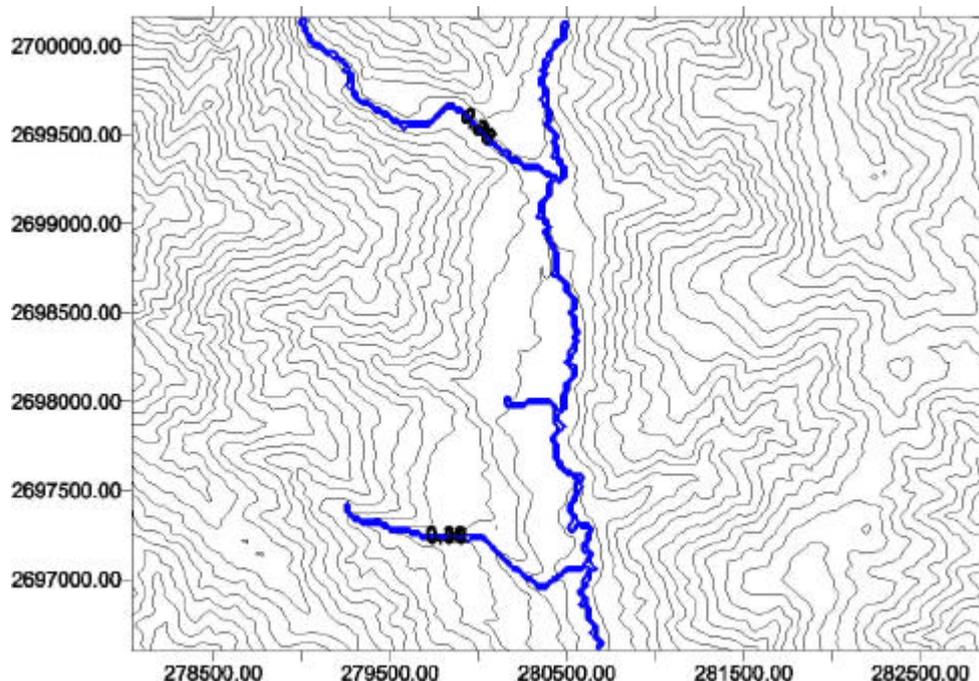
「數值高程模型 (Digital Elevation Model, DEM) 」一詞常與工程界常用的名詞「數值地形模型 (Digital Terrain Model, DTM) 」一起使用，在自

然資源的領域以 DEM 為主，所謂的數值高程模型係指任何以數位 (Digital) 或數值 (numerical) 的方式，來表現地球表面的資料模式(Mark, 1984；Weibel et al., 1991)。近年來，美國地質調查所 (U.S.Geological Survey, USGS) 生產一種規則網格式的地形資料被命名為 Digital Elevation Model，亦稱作 DEM (USGS, 1983)，因此也有學者習慣以 DTM 來泛指各種儲存成電腦格式的數值地形資料，而以 DTM 與 DEM 之差別在於 DTM 除包含高程外，尚隱含地形、地表上景觀的屬性及地表高度，如水細、流域或山谷等他項資訊。DTM 的用途非常廣泛，在本研究則是利用 DTM 資料配合其他 GIS 應用軟體，例如 WinGrid、ArcView 和 Surfer 等，來做地形分析的工作。

(2)數值等高線

數值等高線 (Digital Contour) 是以地面垂直方向的固定高差作為取樣的依據，類似傳統地圖中的等高線，但其不是由連續曲線所組成，而是由一連串的離散點 (Discrete Point) 所組成。利用 DTM 資料來繪製研究樣區的數值等高線，如圖 2-7。

圖 2-7 七家灣溪數值等高線圖



(3)高程、坡度、坡向分析

利用中央大學太空及遙測中心所提供之 40 公尺 x 40 公尺的數值地形模型(DTM)，以及購置農林航測所之航空相片圖及像片基本圖，應用 WinGrid 軟體，將試區地形資料加以網格處理，產生高程、坡度、坡向和水系等數位圖檔。如圖 2-8、2-9、2-10。

圖 2-8 七家灣溪高程分布圖

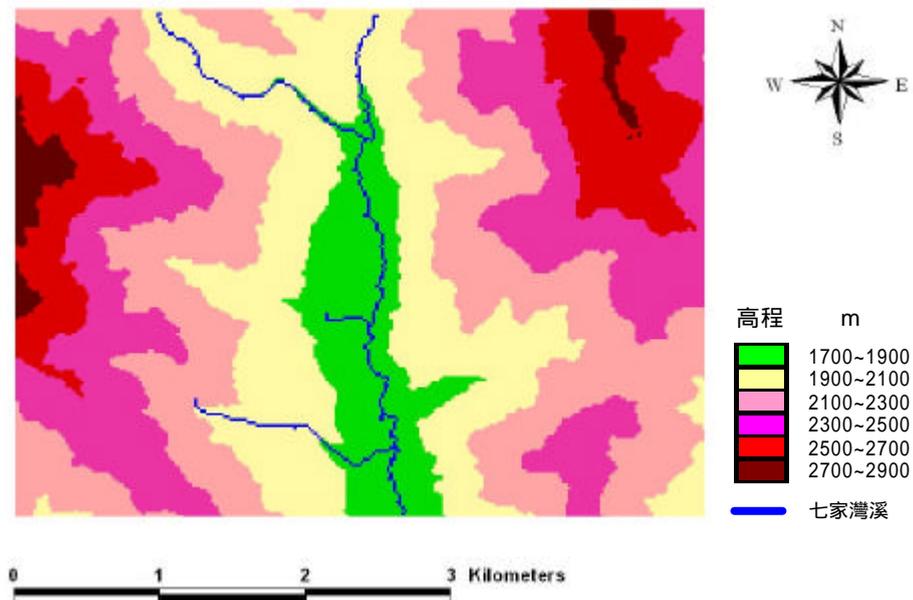


圖 2-9 七家灣溪坡度分布圖

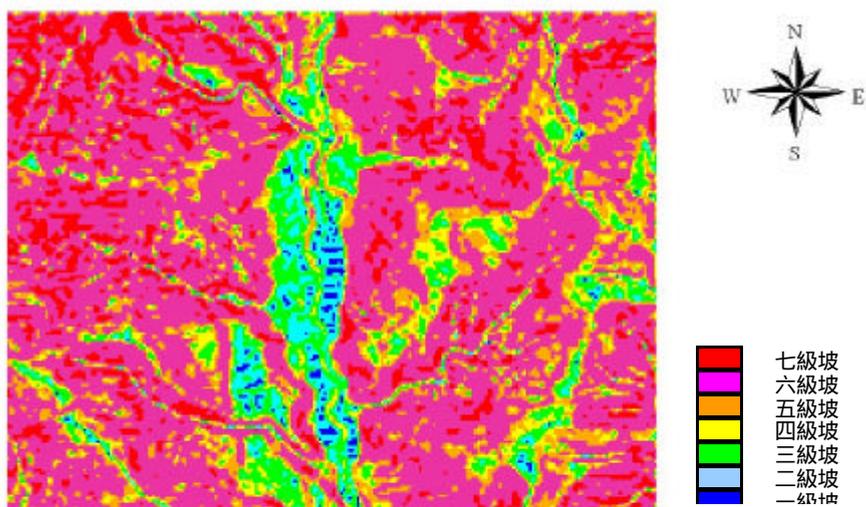
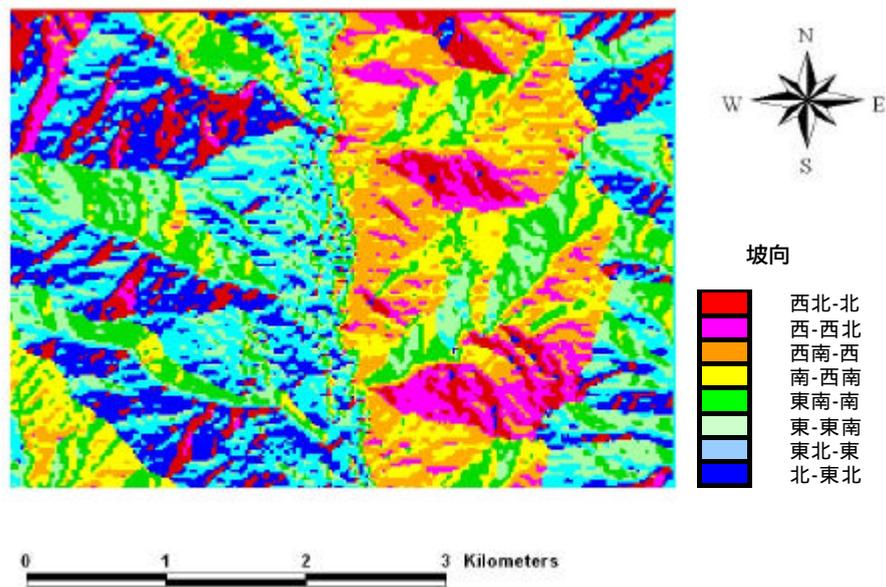


圖 2-10 七家灣溪坡向分布圖



(4)結合 WinGrid 系統配置緩衝帶寬度

集水區資訊系統(WinGrid)為結合 GIS 及遙測影像處理之套裝系統，以集水區自動劃分理論為基礎，整合水土保持領域之相關模組所開發，是為一具本土化特性之集水區分析系統。(林昭遠、林文賜，2001)

在 WinGrid 系統下撰寫程式建置高入滲區緩衝帶配置模組(圖 2-11)，模式計算原理為結合水系、坡向及高程等網格資料，以河道中心為基準線，計算河道兩側與河道之高程差，其差值若小於河道滿水位加上安全土深之處，宜配置緩衝帶，不得開發利用，濱水區植生緩衝帶配置如圖 2-12。

研究係以鄰近林地土壤營養鹽之平均濃度為環境背景值，利用營養鹽衰減曲線，求算樣區不同土地利用現況，土層營養鹽類所需之安全土深(土壤自淨深度)，再配合模式計算並且展示高入滲區植生緩衝帶之動態配置，方

便相關單位參考。對於地層之影響的探討，在安全土深方面可以利用受到地層影響之數據加以計算，並利用 GIS 系統疊圖展示之功能與未受影響之結果比較，可以清楚的展現地層對於濱水區植生緩衝帶配置之影響。

圖 2-11 高入滲區緩衝帶配置模組

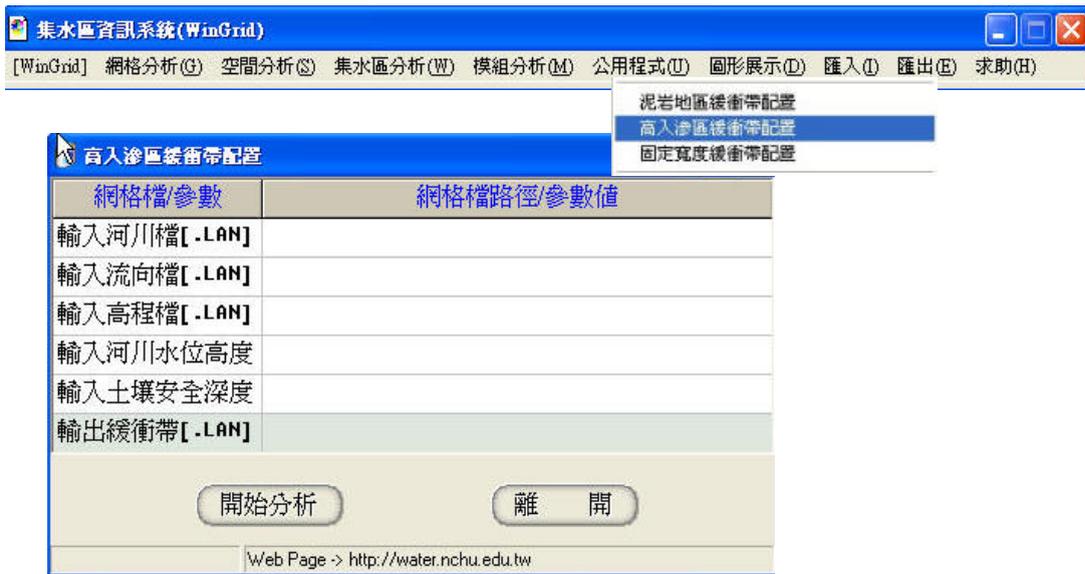
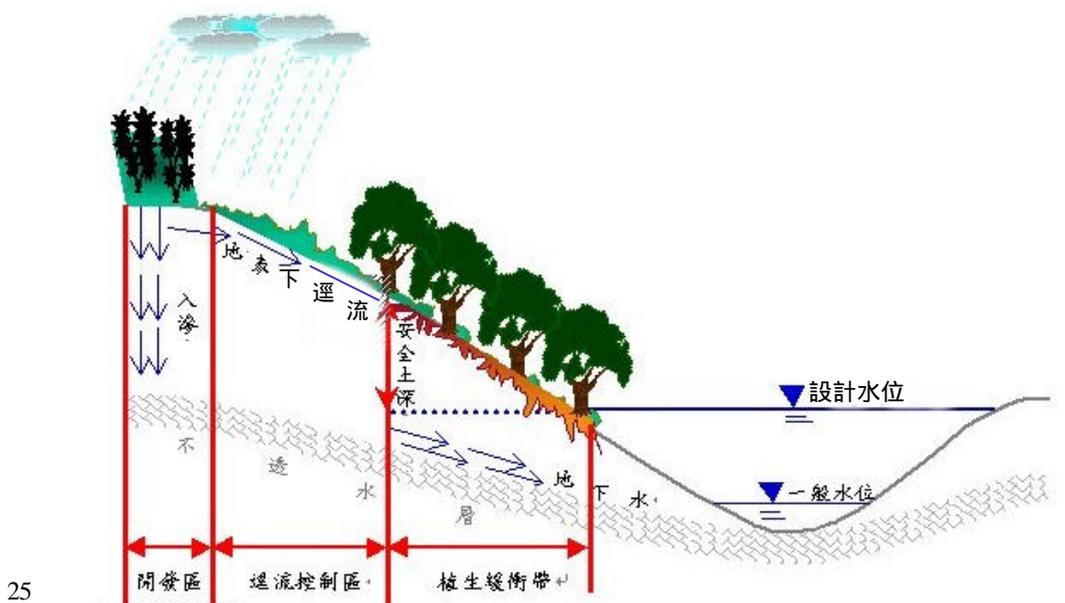


圖 2-12 濱水區植生緩衝帶配置圖



第二章 研究地區與方法

第三章 結果與討論

第一節 土層營養鹽之衰減

武陵農場表土層土壤飽和水力傳導度極高 ($>4000\text{mm/hr}$)，地表水極易往下層土壤運移，營養鹽的移動方向與水分之向下移動有極大關係(林昭遠，1998)。因此由土壤理化性質試驗結果，得到各孔位深度與營養鹽濃度之關係，再依地表土地利用型態可得營養鹽 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{+2} 、 Mg^{+2} 之平均濃度分布如表 3-1 表 3-3。依據試驗結果，描繪各類營養鹽之土層深度-平均濃度分布圖，再依具統計分析之方法求得各類營養鹽衰減方程式，繪製各類營養鹽在土層中之衰減趨勢(圖 3-1 圖 3-4)。

各離子之衰減趨勢圖顯示營養鹽在土層中之移動與地表土地利用之關係，其中因為蔬菜區地表施肥之行為，可說明圖中蔬菜區地表之營養鹽濃度皆高於其他地區，且土壤中所含之濃度隨著深度的增加而下降。此外，由於地表腐植質之影響，林地土層中營養鹽之衰減由地表向下平緩降低，地表因腐植質累積造成營養鹽濃度較高，此影響於 Ca^{+2} 、 Mg^{+2} 較為明顯(圖 3-3、圖 3-4)。對於已規劃為植生緩衝帶的耕地回收區衰減曲線，由於地表已無施肥耕作等農業行為，故曲線無明顯起伏，但對於鈣、鎂離子來說，其平均濃度較林地與蔬菜區稍高，可能是回收前因種植果樹大量施用鈣、鎂肥以及地層母岩含量之影響所致。對於 K^+ 、 Na^+ 而言，回收區與林地環境背景值之衰減曲線幾乎重疊，可知蔬菜區之營養鹽經由緩衝帶中適當厚度土層的過濾，確有達到預期之功效。

表 3-1 林地土層營養鹽分布情形

深度 (m)	pH	EC (μ s/cm)	K	Na	Ca (ppm)	Mg
0.02	6.10	170.00	186.00	733.00	158.00	243.00
0.10	5.51	150.00	149.00	483.00	163.00	224.00
0.20	5.07	110.00	141.00	429.00	170.00	243.00
0.45	4.95	210.00	142.00	603.00	198.00	252.00
1.00	7.04	560.27	133.11	100.24	489.00	38.77
1.50	6.34	463.87	124.06	88.67	588.71	26.56
2.00	6.86	530.27	158.97	118.55	453.50	34.55
2.50	6.45	449.20	149.04	109.83	475.97	29.67
3.00	6.75	292.13	112.48	84.76	381.32	33.84
3.50	6.83	335.47	121.79	94.22	450.45	36.21
4.00	5.62	364.27	145.75	106.87	355.31	31.64
4.50	5.77	348.00	151.20	109.02	282.02	35.65
5.00	5.74	293.87	136.07	102.91	520.00	36.73
5.50	5.58	435.73	150.64	115.03	508.29	33.71
6.00	5.46	273.87	89.54	75.91	468.29	27.18
6.50	5.53	277.20	82.87	72.79	202.96	28.80
7.00	5.49	281.07	86.06	68.89	198.76	28.80
7.50	5.51	262.93	88.74	74.58	174.20	27.14
8.00	5.61	204.40	67.67	59.87	167.78	27.10
8.50	5.58	206.53	88.67	70.83	121.91	25.50
9.00	5.61	195.33	82.00	74.32	162.49	25.57
9.50	5.62	196.80	71.00	63.21	133.69	29.43
10.00	5.64	171.60	74.33	62.65	85.80	21.67

表 3-2 蔬菜區土層營養鹽分布情形

深度 (m)	pH	EC (μ s/cm)	K	Na	Ca (ppm)	Mg
0.02	7.20	22380.00	5743.00	10337.00	8414.00	254.00
0.05	7.39	13860.00	1048.00	5705.00	8414.00	257.00
0.10	7.43	10970.00	949.00	4963.00	8414.00	250.00
0.30	6.67	2470.00	872.00	2016.00	6982.00	103.00
0.45	6.78	990.00	783.00	1670.00	2194.00	56.00
1.00	6.39	482.33	186.61	127.13	1419.77	47.67
1.50	6.47	464.20	189.18	128.29	1233.07	46.86
2.00	6.52	493.07	127.90	83.29	1533.07	44.41
2.50	6.62	467.87	127.14	84.48	737.98	42.90
3.00	6.61	474.93	127.45	85.66	730.77	43.55
3.50	6.85	427.07	118.64	82.17	714.00	42.33
4.00	6.37	464.47	136.07	95.31	488.19	38.03
4.50	6.50	415.07	124.59	86.77	472.75	32.89
5.00	6.64	464.47	133.31	94.21	536.48	39.67
5.50	6.70	434.60	111.94	84.81	1294.10	48.57
6.00	6.74	456.13	113.59	84.85	1219.08	42.80
6.50	6.53	388.80	124.54	88.36	162.49	21.67
7.00	6.54	369.60	123.84	90.66	483.97	19.55
7.50	6.72	373.20	108.50	78.49	468.29	18.70
8.00	6.31	680.07	108.91	79.58	496.61	56.92
8.50	7.00	387.87	98.85	73.35	622.69	55.06
9.00	7.12	454.53	98.71	72.02	656.70	52.12
9.50	6.99	413.27	100.67	75.61	620.19	50.18
10.00	6.94	293.27	104.49	78.45	529.17	52.86

表 3-3 回收區土層營養鹽分布情形

深度 (m)	pH	EC (μ s/cm)	K	Na	Ca (ppm)	Mg
1.00	6.72	491.08	79.29	60.10	1502.71	96.04
1.50	6.71	439.20	79.60	60.48	1208.12	72.09
2.00	7.25	594.48	96.31	71.71	1497.86	103.82
2.50	7.23	480.64	95.47	74.26	1043.02	84.51
3.00	7.25	490.40	93.03	68.16	979.94	69.68
3.50	7.21	581.28	89.23	68.42	1183.95	87.60
4.00	7.65	502.40	65.86	53.61	1087.18	79.74
4.50	7.67	510.00	79.58	63.25	963.12	74.91
5.00	7.78	520.88	66.12	55.82	1147.81	76.29
5.50	7.51	793.04	62.07	49.54	872.25	90.14
6.00	7.74	571.36	65.60	52.38	848.18	82.66
6.50	7.73	551.84	78.09	61.37	894.33	91.60
7.00	7.69	757.36	77.34	60.22	949.62	94.49
7.50	7.71	707.60	77.93	62.82	901.66	94.57
8.00	7.74	822.56	69.00	57.57	1017.13	97.53
8.50	7.73	815.44	75.25	61.09	973.68	98.09
9.00	7.71	887.60	80.66	63.92	990.72	94.14
9.50	7.76	821.76	77.09	61.91	879.00	87.40
10.00	7.35	1028.16	64.06	51.22	808.17	91.53

圖 3-1 鉀離子濃度衰減趨勢圖

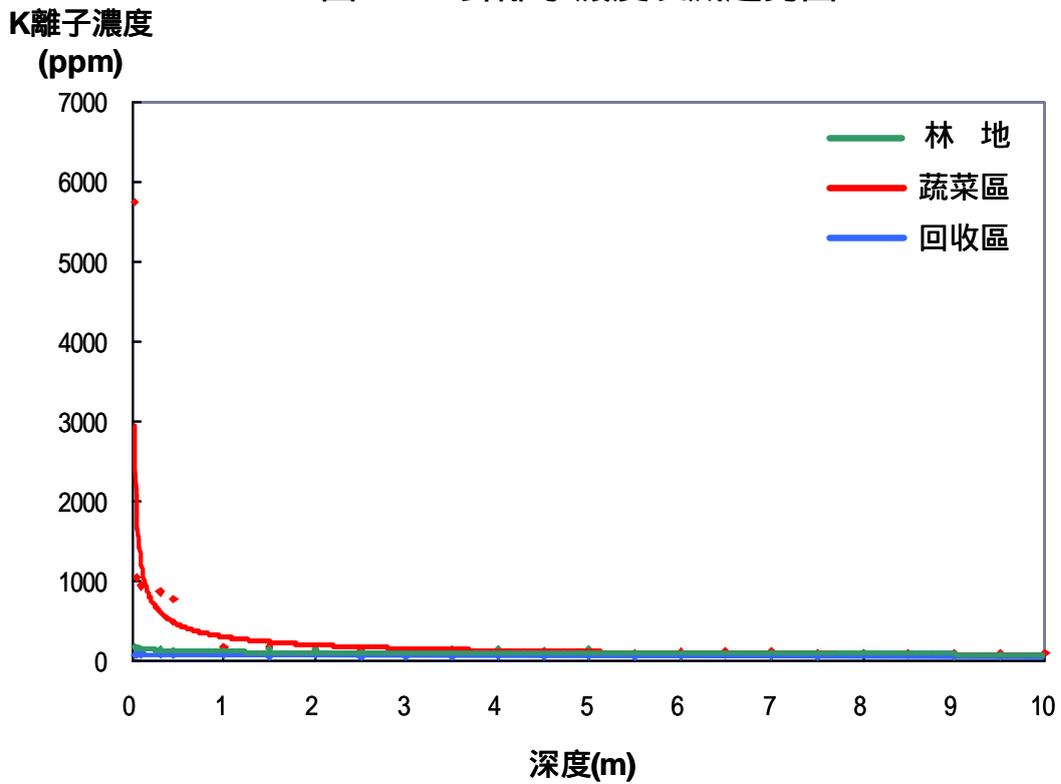


圖 3-2 鈉離子濃度衰減趨勢圖

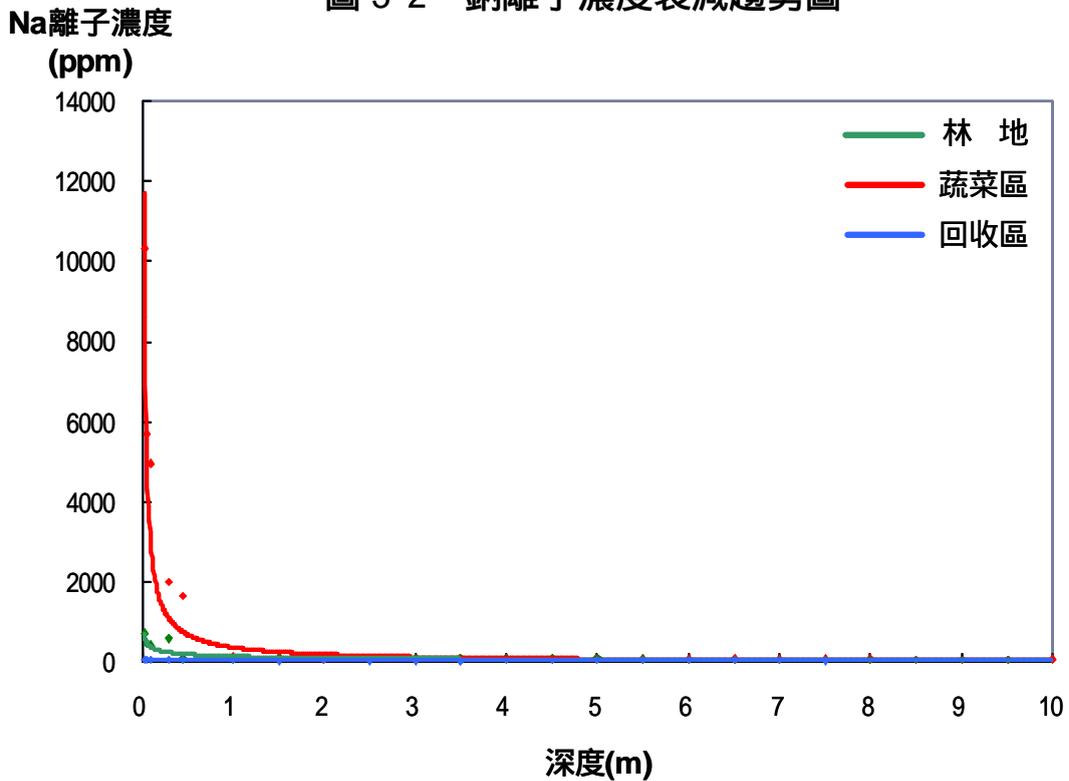


圖 3-3 鈣離子濃度衰減趨勢圖

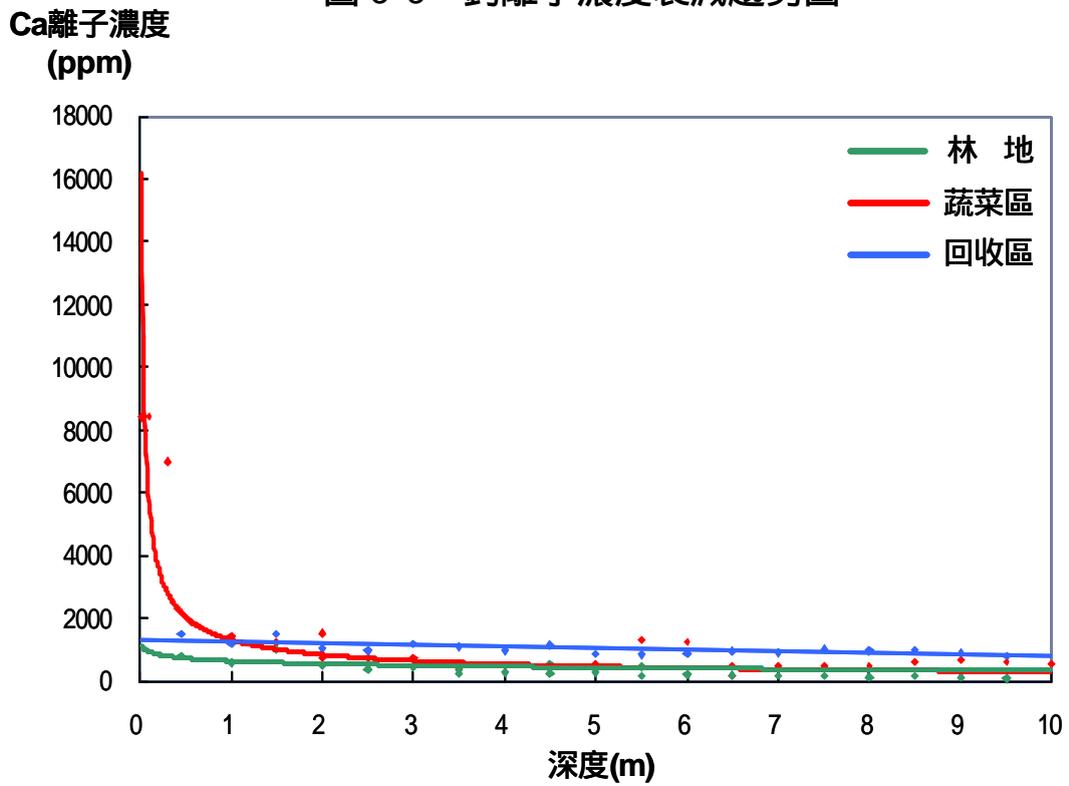
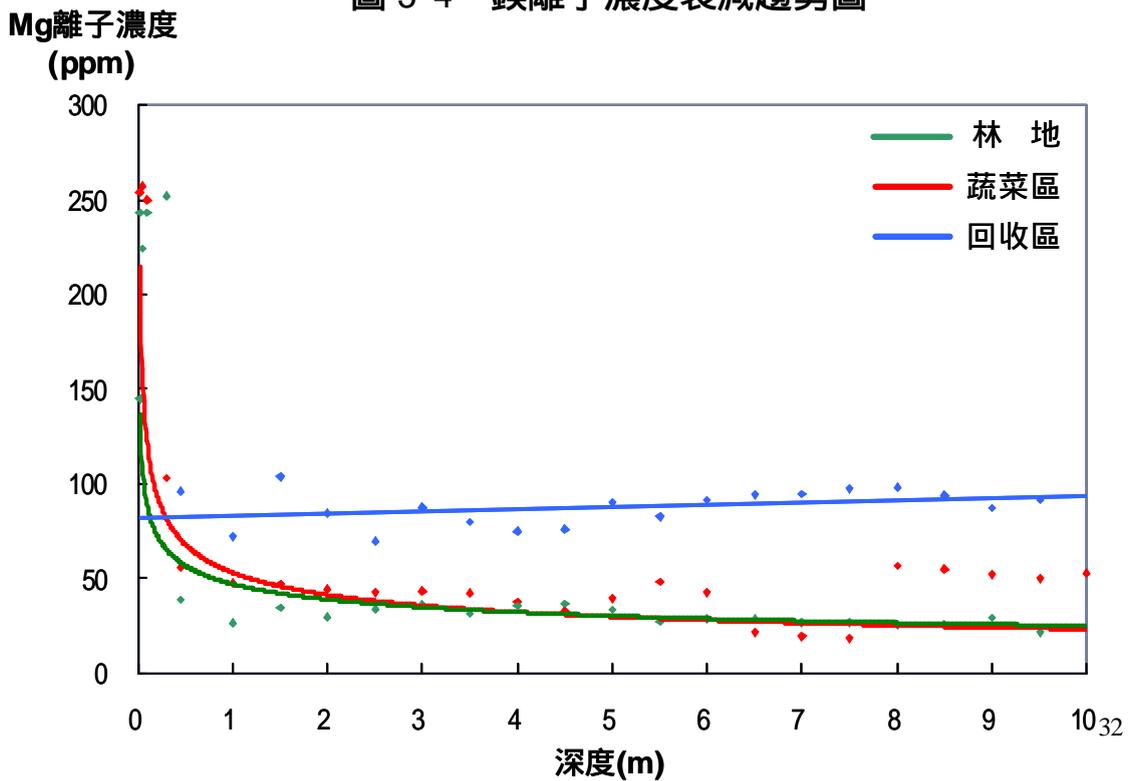


圖 3-4 鎂離子濃度衰減趨勢圖



第二節 安全土深之推估

高入滲地區營養鹽主要是藉由入滲而污染地下水源，必須了解營養鹽在土層之分布情形，找出土壤之自淨深度，方能確保地下水源不受污染。蔬菜區由於大量施肥結果，表土層各類營養鹽之濃度均高。利用統計迴歸推算不同土地利用，各類營養鹽之衰減曲線方程式(表 3-4、表 3-5)，再以林地土壤之營養鹽濃度為未污染之環境背景值，求出林地與蔬菜區兩曲線方程式之交點，即代表離子受土壤過濾所需之安全土深。蔬菜區各類營養鹽所需之安全土深分別為鉀(7.39m)、鈉(6.15m)、鈣(6.33m)、鎂(4.11m)與 EC(1.58m)。由於營養鹽類中以鉀在土層中之移動性最強，故所需之安全土深為最，因此須以蔬菜區鉀肥之衰減曲線所推算之安全土深為七家灣濱水區植生緩衝帶寬度之計算基準，其配置寬度方能有效防止其他鹽類之污染。

表 3-4 林地各類營養鹽之衰減曲線

項目	林地衰減曲線	R ²
K	$y=-8.9764x+156.01$	0.70 **
Na	$y=153.73x^{-0.3941}$	0.84 **
Ca	$y=-129.91\ln(x)+639.54$	0.60
Mg	$y=47.12x^{-0.2725}$	0.97 **
EC	$y=-127.24\ln(x)+497.86$	0.81

* , ** : 分別為達 5% 及 1% 顯著水準

表 3-5 蔬菜區各類營養鹽之安全土深

項目	蔬菜區平均衰減曲線	R ²	交點濃度(ppm)	安全土深(m)
K	$y=308.81x^{-0.5762}$	0.92 *	97.48	7.39
Na	$y=372.75x^{-0.881}$	0.91 **	75.23	6.15
Ca	$y=1310.6x^{-0.643}$	0.80 **	399.90	6.33
Mg	$y=53.126x^{-0.3573}$	0.81 **	32.06	4.11
EC	$y=1234.9x^{-0.6564}$	0.89 **	914.604 (μs/cm)	1.58

* ** : 分別為達 5% 及 1% 顯著水準

第三節 地層影響

一、區域地質

根據中央地調所五萬分之一台灣地質分布圖顯示，本基地的地質為佳陽層，本層主要由厚層板岩組成，夾有少量細粒砂岩或粉砂岩。

佳陽層為陳肇夏（1977）所命名，其標準地點佳陽位於臺中縣中部橫貫公路達見水壩和梨山之間。佳陽層的底部為黑色板岩和變質砂岩的互層，砂岩為淺灰色，細粒至中粒，層厚數公分到一公尺半。玉山主峰層位於達見砂岩和佳陽層之間，李春生（1979）曾將佳陽層的下部另命為玉山主峰層。在相當玉山主峰層的岩層內均曾發現 *Assillina* 化石，其時代應屬於始新世，故佳陽層的地質時代暫定為漸新—始新世。

二、地層分布之探討

由地質鑽探所提供之地質鑽探報告指出，各孔位由地表至鑽探最大深度（20m）內可歸納為二個主要層次：1. 崩積層、2. 岩層。

利用地質鑽探柱狀圖所提供的垂直地層資料，選定樣區內三條剖面線(如圖 2-3)，分別通過樣區內若干孔位，並利用內插法推估孔位間土層之分布情形(如圖 2-4、2-5、2-6)，進而探討地層的分布是否對於估算營養鹽之安全土深造成影響。

其主要影響由圖 2-5 可知，BB'剖面線之地層有 2 層較明顯的褐色塊石層分布於地表下，由林地持續延伸至蔬菜區末端，可由實驗結果得之其 Ca^{+2} 、 Mg^{+2} 含量較高；且兩層褐色塊石層間隔相當緊密，因此形成一不透水層，對

於營養鹽的垂直傳輸行為造成累積之效果，故在估算蔬菜區 5 號與 8 號孔之營養鹽衰減方程式時，將會使得衰減曲線下降之斜率趨於平緩，再以林地 2 號孔之平均濃度為環境背景值推算安全土深，對於 Ca^{+2} 、 Mg^{+2} 的安全土深將會明顯加深至 16.01m、19.26m，如表 3-6、3-7、3-8。由此顯示之前所推估之安全土深尚有不足之虞，若是過高濃度的營養鹽類隨此地下水分移動至溪流水體中，則所配置之植生緩衝帶即失去其作用。

綜合比較由三條剖面線推估安全土深之結果，由圖 2-4 知 AA' 剖面線蔬菜區較無受到土層之影響，所估算之安全土深相較於前者以蔬菜區平均方式所推估之結果差距較小；對於 BB' 剖面線來說，因蔬菜區 5 號與 8 號孔位下分布有二層緊密的褐色塊石層，造成一緊密不透水層，因此蔬菜區的營養鹽衰減曲線則明顯有受到地層分布之影響，且由於該剖面線的環境背景值也較低，交互影響之下使得 BB' 剖面線之安全土深加深許多，如表 3-7。由各孔位的土壤理化性質分析結果顯示，分布於崩積土層中的褐色塊石層本身 Ca^{+2} 、 Mg^{+2} 含量較高，因此對安全土深之加大也有其影響。而 CC' 剖面線蔬菜區底下亦有地層分布，因此同樣造成安全土深的加深，甚至對於 Ca^{+2} 來說，衰減曲線受到底部地層之影響而整條曲線有抬高的趨勢，因此與林地之衰減曲線沒有交點的情形。

由研究結果顯示，地層之分布對於 Ca^{+2} 、 Mg^{+2} 推估影響極大，但對於 K^+ 、 Na^+ 卻似乎影響有限，即有可能因一價離子的高移動性，已隨地下水進入回收區甚至河流內。因此日後在估算安全土深時，應謹慎考慮地層之影響，儘量避免造成植生緩衝帶配置上的瑕疵。

表 3-6 AA' 剖面安全土深之估

項目	林地1號孔衰減曲線	R ²	蔬菜區4、7號平均衰減曲線	R ²	交點濃度(ppm)	安全土深(m)
K	$y=-11.101x+176.34$	0.34 **	$y=327.69x^{-0.535}$	0.88 *	98.62	7.25
Na	$y=162.92x^{-0.4723}$	0.75 **	$y=382.83x^{-0.8555}$	0.80 **	56.82	9.30
Ca	$y=712.8x^{-0.5992}$	0.69 **	$y=-1345\ln(x)+2841.6$	0.83 **	223.85	6.91
Mg ²⁵	$y=78.678x^{-0.3406}$	0.63 **	$y=-36.71\ln(x)+95.709$	0.77 **	52.82	3.22

*, **: 分別為達 5% 及 1% 顯著水準

表 3-7 BB' 剖面安全土深之估算

項目	林地2號孔衰減曲線	R ²	蔬菜區5、8號平均衰減曲線	R ²	交點濃度(ppm)	安全土深(m)
K	$y=130.46x^{-0.1101}$	0.53 **	$y=279.3x^{-0.6075}$	0.89 *	110.23	4.62
Na	$y=160.41x^{-0.4624}$	0.87 **	$y=352.79x^{-0.8948}$	0.81 **	69.05	6.19
Ca	$y=949.98x^{-0.691}$	0.82 **	$y=1055.6x^{-0.721}$	0.88 **	139.80	16.01
Mg	$y=52.261x^{-0.5527}$	0.78 **	$y=-33.262\ln(x)+108.58$	0.76 **	10.19	19.26

*, **: 分別為達 5% 及 1% 顯著水準

表 3-8 CC' 剖面安全土深之估

項目	林地3號孔衰減曲線	R ²	蔬菜區6、9號平均衰減曲線	R ²	交點濃度(ppm)	安全土深(m)
K	$y=-16.548\ln(x)+123.39$	0.81 **	$y=311.62x^{-0.5972}$	0.94 *	88.57	8.22
Na	$y=177.06x^{-0.4263}$	0.85 *	$y=375.63x^{-0.899}$	0.93 **	89.84	4.91
Ca	$y=-814.18\ln(x)+1715.9$	0.64 **	$y=-1348\ln(x)+3042$	0.83 **	-	-
Mg	$y=56.845x^{-0.5384}$	0.87 **	$y=-36.394\ln(x)+96.529$	0.76 **	17.72	8.72

*, **: 分別為達 5% 及 1% 顯著水準

第四節 濱水區植生緩衝帶之配置

如何考量溪流濱水區地形之變化建立合理緩衝帶寬度，在過去地理資訊系統未臻成熟發展以前是很難達成。地理資訊系統近年來已成為相當熱門的學科，其不僅具有將地理空間與屬性資料結合的特性，更能對空間資料做管理、分析、查詢、展示等功能。以地理資訊系統結合模式，繪製溪岸植生緩衝帶之配置寬度為本研究之重點。

依據蔬菜區鉀肥之衰減曲線所推求之安全土深(7.39m)，配合樣區的地形分析，利用 WinGrid 高入滲區緩衝帶配置模組，於河道設計水位 5m 高之條件下，推求七家灣溪濱水區植生緩衝帶配置寬度(圖 3-5)。將植生緩衝帶配置圖與航照圖或土地利用圖相疊合，即可明瞭植生緩衝帶之配置寬度是否足夠。圖中可顯示植生緩衝帶動態配置之成果，因河岸兩旁坡度的不同，而有不同的配置寬度。為了保護七家灣溪之水質，武陵農場已決定將武陵路以東之地區全數劃定為緩衝帶；惟其緩衝帶之配置並未考量七家灣溪之支流或野溪，雪山登山口北側野溪兩岸之農業開發，仍會嚴重污染七家灣溪之水質。

對於考慮地層影響之後，採用安全土深為 19.26m 來加以配置植生緩衝帶，如圖 3-6 所示。其中黃色部分為考慮地層影響之配置結果，兩相比較可顯示出未考慮地層影響所配置之不足。

圖 3-5 七家灣溪濱水區植生緩衝帶配置圖

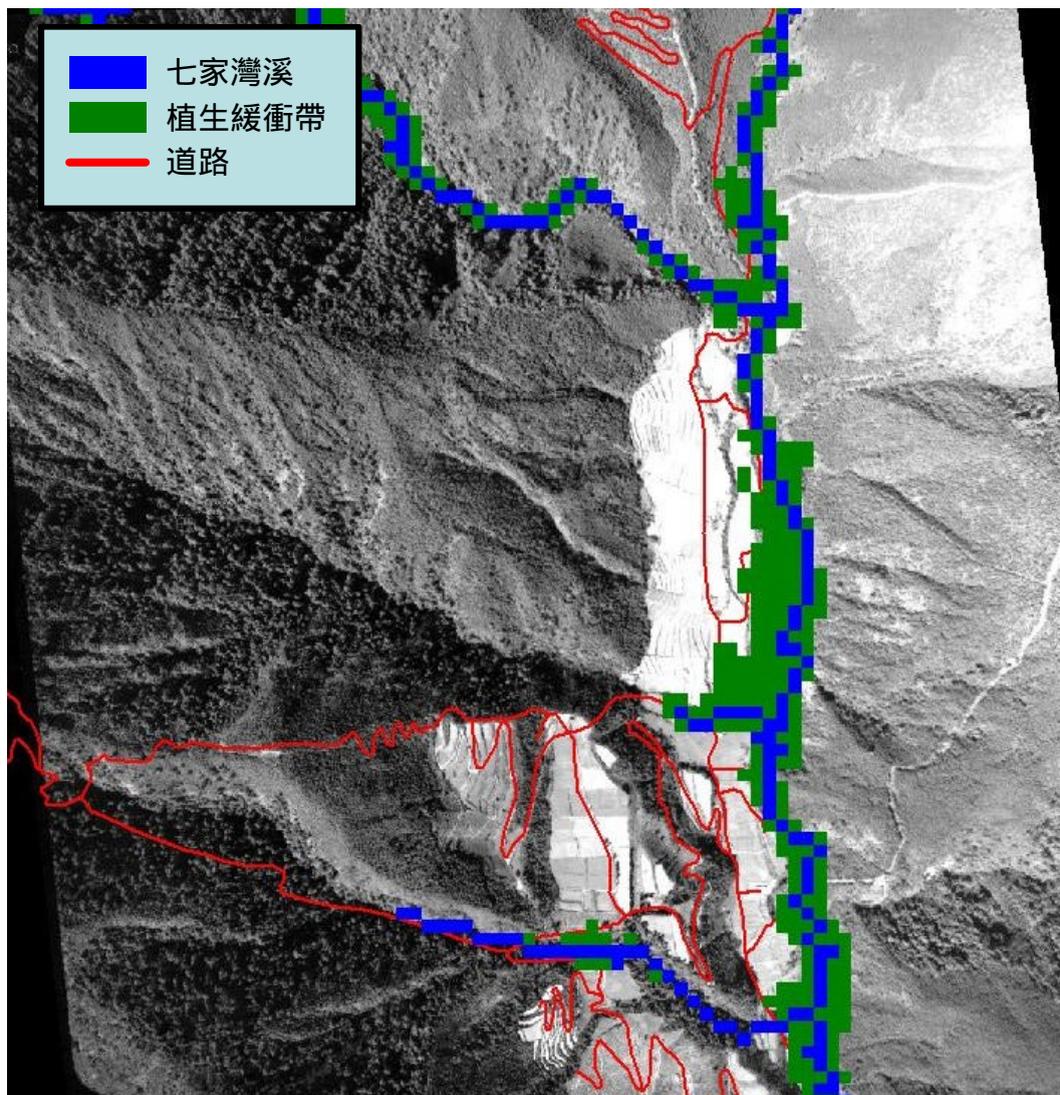


圖 3-6 植生緩衝帶配置比較圖

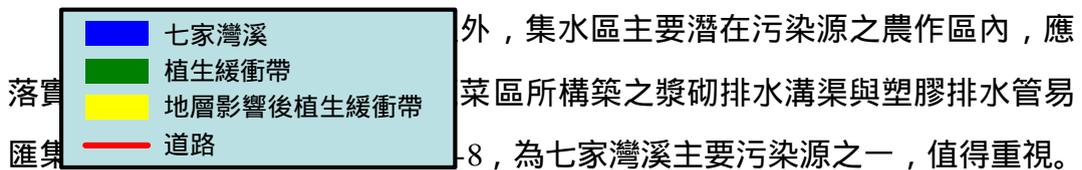
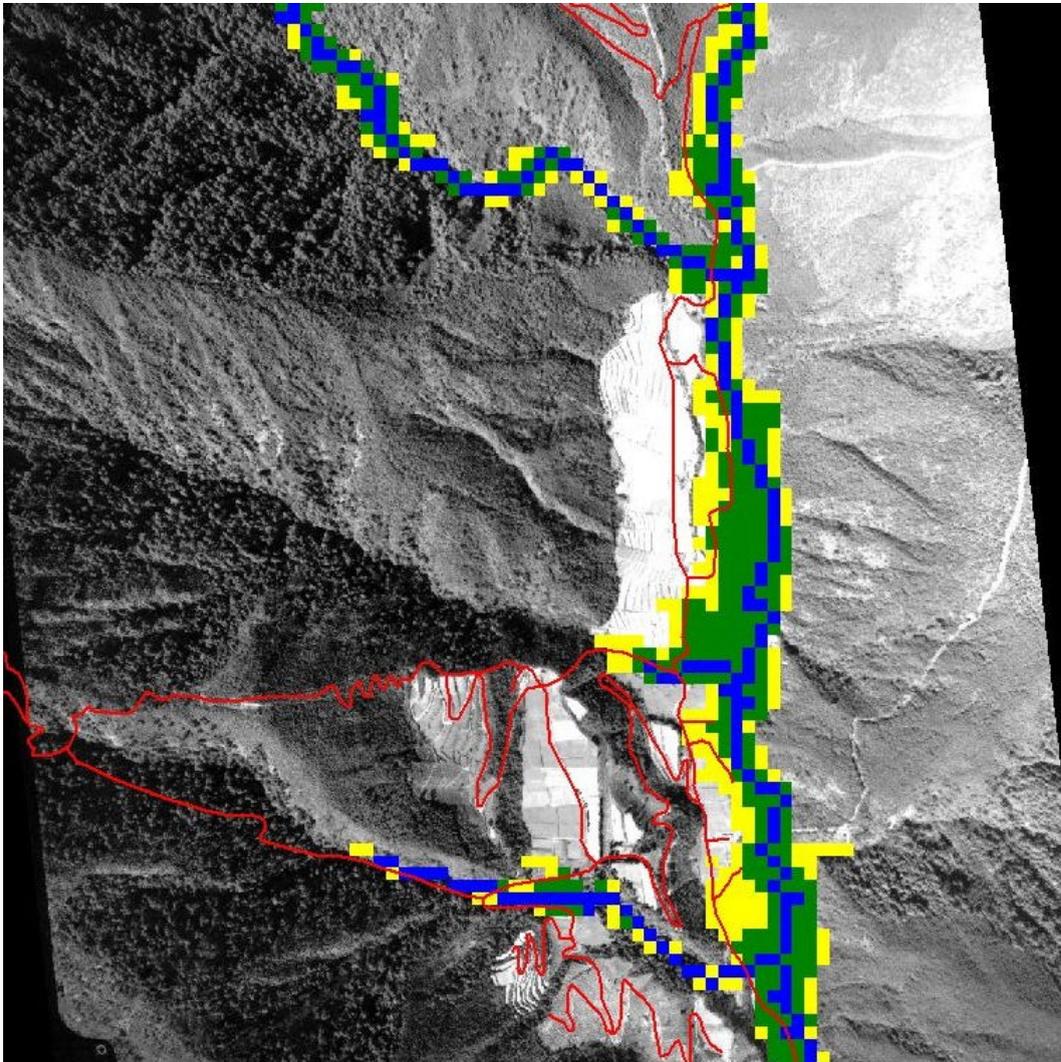
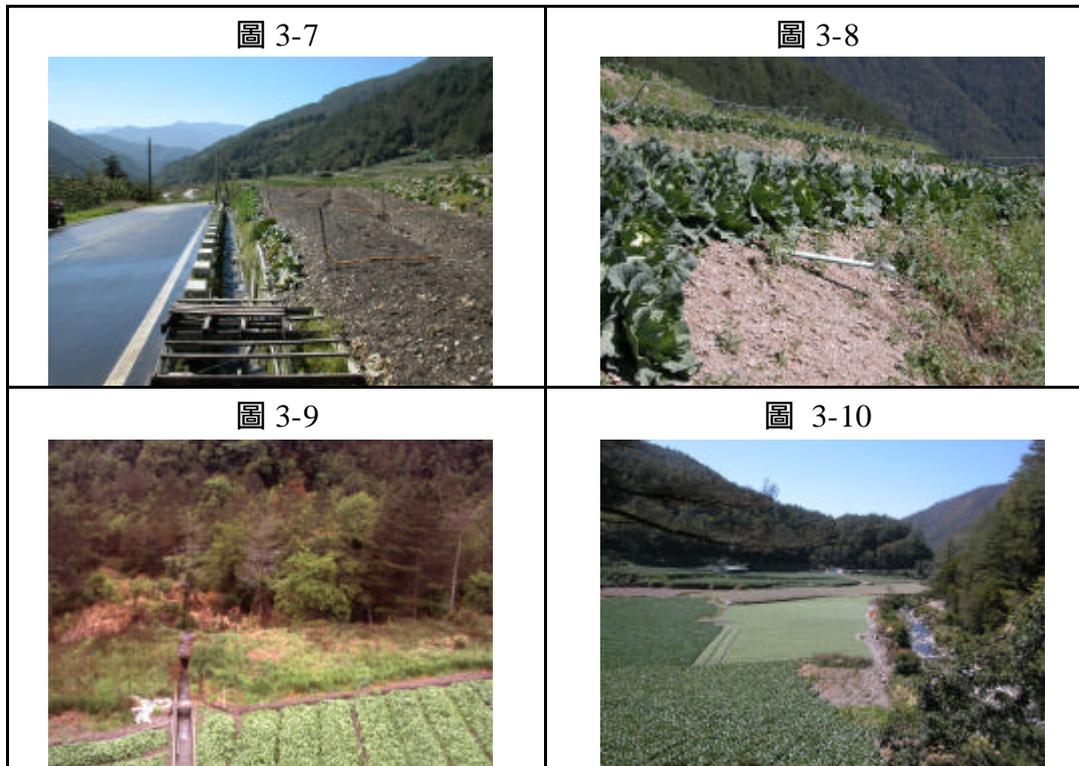


圖 3-9 顯示溝渠排放口處多數植群已嚴重枯萎，混凝土溝渠所匯集之污染物易形成點源污染而危及溪流之生態環境。建議宜利用草溝匯集農業或家庭廢水，方能有效的吸收污水中之營養鹽，其排放口再配合緩衝林帶之佈置，即能疏緩集水區上游農業或家庭廢水污染河川水質。

對於七家灣溪所配置之植生緩衝帶，其最終目的是在於維護大自然的資源使其不受到人類開發的污染，然而對於河岸兩旁之進行農業行為須設置緩衝帶的保育概念，其宣導應該普及化，而對於違規開發的行為也須有效的制止並且宣導，如此一來才不會使我國的自然保育趨於形式化，僅止於點的防範而疏於面的落實。對於七家灣溪下游的農業行為並無配置任何緩衝帶即濱水而作(圖 3-10)，此之於大自然之破壞又豈是上游做再完善之防治所能彌補的，值得有關單位深思。



第三章 結果與討論

第四章 結論

坡地農業所產生之泥砂、營養鹽與農藥等非點源污染物是引起水質劣化主因之一。植生緩衝帶具有緩衝污染物、安定河岸等多項功能，為有效解決坡地農業所產生之非點源污染。由於地表土壤入滲率之差異，緩衝帶寬度之設計理念有所不同，台灣山區多石質土，常混有石片或礫石，粗孔隙多，土壤飽和入滲率極高，地表逕流水發生之機率甚低。坡地農業非點源污染源之防治，在高入滲區主要是藉由土層中之吸附、生物固定、分解、及化學反應等自淨作用來去除滲流水之污染源，所以高入滲區須保有相當深厚的土層以行土壤自淨作用，避免地下水源被污染。

高入滲區河岸濱水區緩衝帶的寬度可由現地量測污染源之衰減曲線推算出安全的土層深度，河岸兩旁低於安全土深之地區，應全部劃入植生緩衝帶，嚴禁開發利用，以免滲流水污染河川。植生緩衝帶之功效與植生種類、緩衝帶寬度、配置地點、及降雨特性有很大之關係。應以集水區為單元，以地理資訊系統配合模式，探討集水區內植生緩衝帶規劃後之整體成效，依排放水標準，分年分期建立各主要河川上游集水區植生緩衝帶的合理寬度及其配置區位，供有關單位推廣及管理參考，為今後研究之方向。

除了植生緩衝帶之配置外，集水區主要潛在污染源之農作區內，應落實草生栽培、草溝及農地沉砂池之設計。若能將泥砂、營養鹽等非點源污染源留在自己的農地，此即永續農業的精神，「源頭防治重於下游防堵」為植生緩衝帶規劃設計所應有的理念。

附錄 1

期中報告審查意見改善表

項次	審查意見	改善內容	於報告書之 頁次
1	緩衝帶寬度與配置除考量營養鹽之觀點外，尚有水溫、水岸植生、水棲昆蟲等不同觀點，請受託單位期末報告中一併考量。	植生緩衝帶主要效果在於攔阻污染物進入水體，有足夠的寬度配置即可收其成效。本年度係以配置寬度為主要考量，若尚須考慮水溫、水岸植生、水棲昆蟲等因素，則尚須視緩衝帶內植生資材之選用，以求達到不同觀點之需要。	
2	有關以林地土壤做為環境背景值部份，請多加說明。	因土壤本身具有緩衝與過濾污染物的能力，因此必須先求得未受污染之土壤中各污染物之濃度，並以此來當作一基準值，即在受污染的土壤中若污染物濃度遞減到此一基準值，則視為此污染	p.14~15

物已被土層過濾至一安全不會污染環境的程度。

因此以鄰近未受污染林地土層中污染物之濃度為環境背景值。

- 3 本研究區相關的水質檢驗結果，請保育課提供給受託單位參考。 惠請提供。

附錄 2

期末簡報審查意見整理

項次	審查意見	改善內容	於報告書之 頁次
1	請將本年度颱風影響相關分析加入成果報告書中。	颱風之影響在於增加地表逕流與沖刷，而入滲行為則是相對減少，但由於颱風暴雨時具有相當大量的雨量，因此對於污染物之濃度也會相對降低，有稀釋的作用，而不至於對河川造成影響。	
2	請提供植生帶配置相關資料以建於本處資料庫中。	有關本研究之相關植生緩衝帶配置之資料已附於資料光碟中，一併寄出。	

參考書目

丁昭義、陳信雄 (1979). 森林緩衝帶對農藥之過濾作用，中華水土保持學報 10(3)：115-126。

丁昭義、陳信雄 (1981). 梨山果園使用之農藥對德基水庫上下游水質之影響，中華林學季刊 14(2)。

夏禹九、黃正良、王立志、黃良鑫 (1990). 林道緩衝帶的適當寬度，林業試驗所研究報告季刊 5(3)：201-208。

林昭遠(1998). 濱水區植生緩衝帶配置之研究，中華水土保持學報 29(3):261-272。

莊佳慧(1998). 指標模式應用於植生緩衝帶寬度之研究，國立中興大學水土保持系碩士論文。

Barfield, B.J., Tollner, E.W., and Hayes, J.C. (1979). "Filtration of sediment by simulated vegetation:1. Steady-state flow with homogenous sediment". Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 22, 540-545, 548

Dillaha, T.A., Reneau, R.B., Mostagnimi, S., and Lee, D. (1989). "Vegetative filter strips for agricultural nonpoint source pollution control". Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 32,513-519.

Dillaha, T.A. (1989). "Water quality impacts of vegetative filter strips". Paper No. 89-2043. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, 14 pp.

- Dillaha, T.A., Sherrard, J.H., and Lee, J.D. (1986). "Long-term effectiveness and maintenance of vegetative filter strips". Bulletin -, Water Resources Research Center, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, 39 pp.
- Doyle, R.C., Stanton, G.C., and Wolf, D. C. (1977). "Effectiveness of forest and grass buffer strips in improving the water quality of manure polluted runoff". Paper No. 77-2501. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, 11 pp.
- Edwards, W.M., Owens, L.K., and White, R.K. (1983). "Managing runoff from a small paved beef feedlot". Journal of Environmental Quality 12, 281-286.
- Flanagan, D.C., Foster, G.R., Neibling, W.H., and Burt, J.P. (1989). "Simplified equations for filter strip design". Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 32, 2001-2007.
- Flanagan, D.C., Neibling, W.H., Foster, G.R., and Hurt, J.P. (1986). "Application of CREAMS in filter strip design". Paper No. 86-2043. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, 12 pp.
- Hayes, J.C., and Dillaha, T.A. (1992). "Vegetative filter strips application of design procedure". Paper No. 92-2103. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, 17 pp.
- Hayes, J.C., and Hairston, J.E. (1983). "Modeling the long term effectiveness of vegetative filter strips on on-site sediment controls". Paper No. 83-2081. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, 14 pp.
- Klute, A. (ed.). (1986). Method of Soil Analysis: Part 1-Physical and Mineralogical Methods. American Society of agronomy. p23~40.

Knisel, W.G. (ed.). (1980). CREAMS: A field-scale model for Chemicals, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems. Conservation Research Report 20, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., 643 pp.

Lafren, J.M., Lane, L.J., and Foster, G.R. (1991). "WEPP, a new generation of erosion prediction technology". *Journal of Soil and Water Conservation* 46, 34-38.

Lee, D., Dillaha, T.A. and Sherrard, J.H. (1989). "Modeling phosphorus transport in grass buffer strips". *Journal of Environmental Engineering Division, ASCE* 115, 408-426.

Magette, W.L., Brinsfield, R.B., Palmer, R.E., and Wood, J.D. (1989). "Nutrient and sediment removal by vegetated filter strips". *Transactions of American Society of Agricultural Engineers* 32, 663-667.

Munoz-Carpena, R., Parsons, J.E., and Gilliam, J.W. (1991). "Numerical approach to the vegetative filter strip problem: 1. Overland flow". Paper No. 91-2573. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, 21 pp.

Nikolaidis, N.P., Shen, H., Heng, H., Hu, H., and Clausen, J.C. (1993). "Movement of nitrogen through an agricultural riparian zone: distributed modeling". *Water Science and Technology* 28, 13-23.

Page, A.L., (editor). (1982). *Method of Soil Analysis: Part2-Chemical and Microbiological properties*. American Society of Agronomy. p20~43.

Puvis, A., Hoehn, J.P., Sorenson, V.L., and Pierce, F.J. (1989). "Farmers' response to a filter strip program: results of a contingent valuation survey". *Journal of Soil and water Conservation* 44,501-504.

Phillips, J.D., (1989). "Nonpoint source pollution control effectiveness of riparian forests along a coastal plain river". *Journal of Hydrology* 110, 221-237.

Smith, C.M. (1989). "Riparian pasture retirement effects on sediment, phosphorus and nitrogen in channelized surface runoff from pastures". *New Zealand Journal of Marine Freshwater Research* 23, 139-146.

Thompson, D.B., Loudon, T.L., and Gerrish, J.B. (1978). "Winter and spring runoff from manure application plots". Paper No. 78-2032. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, 19 pp.

Williams, R.D., and Nicks, A.D. (1988). "Using CREAMS to simulate filter strip effectiveness in erosion control". *Journal of Soil and Water Conservation* 43, 108-112.

Xiang, W. (1993). "Application of a GIS-based stream buffer generation model to environmental policy evaluation". *Environmental Management* 17:817-827.

Young, R.A., Huntrods, T., and Anderson, W.P. (1980). "Effectiveness of vegetated buffer strips in controlling pollution from feedlot runoff". *Journal of Environmental Quality* 9,485-487.