

水庫保護帶土地利用變遷分析之研究

陳錦嫣⁽¹⁾ 陳子晴⁽²⁾

摘要

水庫保護帶劃定之主要目的是為防止因水庫集水區內土地遭受不當開發而造成水庫泥沙淤積及水質惡化，以確保用水品質安全及延長水庫壽命，促進永續水庫功能。運用地理資訊系統與衛星遙測技術能有效監控水庫保護帶內之土地利用變化情形，可提供水庫管理單位瞭解水庫集水區治理之成效。藉由即時之土地資訊，有助於提昇水庫集水區土地之管理績效，達到確保水資源永續利用之目的。

本研究以仁義潭水庫為對象，(一)利用 GIS ARC/INFO 軟體，數化台灣省農林航測所出版之五千分之一地形圖，萃取水庫水體資料，定出水庫集水區及水庫保護帶之面積。(二)應用 1990、1994 及 1999 年之 SPOT 衛星影像，分析研判十年間水庫保護帶內之土地利用變化情形。本研究發現於 1990 年至 1999 年間水庫保護帶內之林地面積有逐年減少的趨勢，林地面積由占保護帶總面積之 87.24%減少至 86.08%，而裸露地卻有逐年增加的趨勢，由占保護帶總面積之 0.29%增加至 1.22%。其增減幅度雖不大，但相關管理單位應提高警覺，做好防範措施防止保護帶林地減少現象繼續惡化，以維護水庫保護帶原有功能。

A Study on Land Use Changes of Reservoir Buffer Zone

C.Y.Chen⁽¹⁾

Lecturer,Civil and Water Resource Engineering ,National Chia-Yi University,Chia-Yi,Taiwan

Zi-Qing Chen⁽²⁾

Graduate Student,Department of Land Mangement, Feng Chia University,Taichung,Taiwan

ABSTRACT

The main purpose of designating reservoir buffer zone is to prevent improper land uses for reducing sediment deposition and water quality deterioration. With integration of remote sensing and GIS techniques, the land use pattern changes of reservoir buffer zones can be monitored accurately and instantaneously.

(1) 國立嘉義大學土木及水資源工程學系講師

(2) 逢甲大學土地管理學系碩士在職專班研究生

In this study the GIS techniques and SPOT satellite images are used for determining the areas of reservoir watershed and buffer zones as well as monitoring land use changes on slope-land immediately above the Jen-Yi reservoir near Chia-Yi city in southern Taiwan . Satellites images for years 1990,1994 and 1999 were analyzed and compared to evaluate the land use pattern changes of reservoir buffer zones. The results show that during the period 1990 -1999 the land areas without vegetation cover increased from 0.29% to 1.22%of the total buffer zone area and the forested areas decreased from 87.24% to 86.08%. Therefore, the government has to pay special attention and adopt proper precaution measures to ensure desirable vegetation cover of the reservoir buffer zone for minimizing reservoir sedimentation and protecting water quality.

前 言

台灣地區平均降雨量為世界平均值之 2.6 倍，屬於降雨量豐富地區，但由於特殊地理環境之影響，如地勢陡峭、地質脆弱、降雨季節與區域分佈不均等天然因素，使得每人每年可分配之雨水資源，反而僅約世界平均值的六分之一。在這不利的天然環境下，加上台灣近年來人口快速的成長，生活水準持續提昇以及經濟活動增多，迫使山坡地遭受不當的開發與利用，嚴重影響水土環境、降低集水區水源涵養能力，因此為永續水資源利用，達到涵養水源、維護優良水質以及水土保持工作之效益，因此對水庫集水區、水源保護區之劃定與對其區域內之土地使用與開發行為加以限制的工作為當前迫切解決的重要課題。

由於天然地形、地質之限制，可供建水庫之優良壩址越來越少，且有一定之限度可供開發，況且水庫興建所費不貲，如果水庫集水區內之土地復因人口之聚集及土地的不當開發，勢將助長原本極為嚴重之自然崩塌、沖蝕及淤積，亦會造成水量不足及水質惡化的問題，而危及水庫之壽命及安全。有鑑於此，於是如何增加水庫集水區涵養水源的功能，成為水資源保育與利用之重要工作。

1.1 研究動機

依水土保持法第三章特定水土保持區之處理與維護第二十條規定，「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三十公尺或至五十公尺範圍內，設置保護帶。…」此條款之目的乃在藉由水庫保護帶的設置來保護水庫集水區之正常營運，如果保護帶之寬度設計不足，則將無法達到保護水庫之預期效果。反之，若寬度大於實際需求，將造成農地或其他用地之損失，人民的配合意願相對的降低，政府所應徵收土地之經費亦相對地增加，且易造成民怨與抗爭事件不斷，如民國 84 年 10 月 5 日中國時報第 13 版提到「位於水源保護區卻無自來水，土地利用受限多，造成人口外移，雙溪太平村，面臨廢村危機」。但從另一角度來看，如果水庫集水區內的土地如遭受不當的開發以及土地利用型態改變，亦會形成覆蓋不良之裸露地，且由於整地壓平，使得土壤中孔隙度大減，滲透能力降低，如此不僅破壞水土環境、降低水源涵養能力、增加土壤沖蝕量，且亦會污染水源水質，除了降低水庫之壽命外，更可能危及人類之健康、破壞生態資源平衡與水體之正常用途。面對諸多不利因素，更顯現出水庫集水區保護帶之劃定這項工作的重要性。因此對水庫保護帶範圍內土地利用型態須長期監測，以確保水庫集水區水質之安全，減少水庫泥沙淤積，延長水庫壽命，及永續水庫功能，並兼顧環境與生態之保育，進而維

護國土資源。

1.2 研究目的

蘭潭、仁義潭水庫主要為供給民生用水，而仁義潭為一離槽水庫，主要水源需先經過沉砂後再引入水庫，故水源乾淨，含砂量少，水庫可維持較好的水質，符合民生用水之需求，故以仁義潭為研究區域。因此如有效地掌握離槽水庫保護帶內土地利用之現況，並對其區域內之土地利用長期施行水土保持計劃，即可達到水庫涵養水源功能及延長水庫壽命，因此本研究之目的在於：

1. 利用地理資訊系統技術，並依據相關管理單位及法規之規定，劃定水庫保護帶特定水土保持區之範圍。
2. 利用不同年份相同季節之 SPOT 衛星影像進行地表覆蓋分類之分析結果，瞭解仁義潭水庫保護帶內之土地利用變遷情形。
3. 藉由地理資訊系統與遙測技術結合之分析結果，可了解水庫集水區治理成效，進而提供相關單位即時之土地相關資訊，以利進行對區域內土地利用型態之即時監控，並有效支援水庫集水區之治理規劃與區域內土地管理制度之制定。
4. 建立仁義潭水庫之地理資料庫，提供日後相關或不同研究領域之單位機關，以達資料共享原則。

1.3 前人研究

由前人研究得知，在應用遙測技術對土地利用變遷分析與保護帶寬度之配置的研究領域中，皆分別有學者提出過相當之成果，但未見將遙測技術應用於水庫保護帶內土地利用之變遷分析之研究，故本研究以水庫保護帶為研究區域，應用遙測技術對其區域內地表覆蓋分類，瞭解土地變遷之情形，進而提供相關管理單位作為管理之依據。土地利用變遷分析及集水區保護帶寬度之配置文獻

之內容如下：

1. 林文傑（1995）在國立中興大學水土保持學研究所碩士論文「應用 SPOT 衛星影像進行山坡地土地利用分類之研究」中提到以 SPOT 衛星影像進行土地利用分類時，若能加入坡向將影像切成九幅坡影並進行分類，可消除因地形因子所造成部份分類混淆，並可提高其準確度。
2. 周天穎等（1996）於「德基水庫集水區數值地籍資料庫及遙測監測系統建立計畫」中之研究指在透過地理資訊系統（GIS）、衛星定位系統（GPS）以及遙測影像（RS）等相關技術的應用，藉由地籍資料之數化建檔，衛星影像之處理分類，分析研究區內土地利用現況以及瞭解土地使用變遷情況，建立農用地擴墾之相關資訊系統。
3. 孫志鴻（1997）於「利用遙測及地理資訊系統技術輔助坡地利用管理監測」中，研究指出：由於山坡地違規查報工作面臨人手不足、工作量繁重、地方人情壓力等問題，造成山坡地違規開發事件層出不窮，對於國土保安之破壞甚為嚴重。解決辦法為利用現代化的遙測技術、衛星定位系統及地理資訊系統技術，有效地監測山坡地之開發，以遏止違法開發之繼續不斷發生。農委會委託臺大地理系開發的山坡地違規開發監測系統，利用法國的 SPOT 衛星影像，配合數值化地籍圖之套疊且利用衛星定位系統，以找出違規開發之地點。
4. 林新岳（1997）於私立逢甲大學土地管理研究所第五屆碩士論文「東埔、梅山地區航照圖、衛星影像應用於土地變遷監測分析之研究」中針對東埔、梅山地區進行土地利用監測，收集拍攝季節適當與拍攝角度良好之衛星影像，利用重組後之新影像（R、IR、IR/R 等三波段）替代原影像（G、R、IR 等三波段），進行其土地利用／覆蓋之分類，獲得良好的分類結果。

5. 陳文福 (1997) 於「遙測與 GIS 應用於集水區大型坡地開發之變遷分析」中利用鳳山溪集水區於不同時期拍攝之 SPOT 衛星影像，結合 GIS 資料、像片基本圖、航空照片及赴現場查核並加以分析比較，期能探討及獲取近年來集水區內大型坡地開發之快速變遷資訊，以有效地監測集水區內土地利用／覆蓋之變遷情形。
6. 陳美心 (1998) 於「土地利用變遷對水源涵養效益之影響--以大埔水庫集水區為例」中，應用遙感探測技術(RS)取得集水區內不同年代土地利用變遷資訊，並應用地理資訊系統(GIS)建立完整水庫集水區地形資料，透過地理資訊系統與遙測技術及水文模式的結合，研究中發現當土地利用變遷時，其地表逕流量會隨著林地減少而增加，且受土地利用不同而有所影響，結果顯示當土地開發時，其對集水區之水源涵養效益之影響頗大，故於水庫集水區土地使用之管理更不容忽視。
7. 逢甲大學地理資訊系統研究中心 (1998) 於「曾文水庫集水區土地利用變遷分析及資訊系統建立」中，計畫之工作內容為利用 GIS 系統建置曾文水庫集水區內相關之基本圖形及屬性資料，並結合 GPS 實地定位測量點位資料，及應用遙測技術建置集水區內土地利用／覆蓋、土地利用變遷分析等相關資訊，以建立完善之土地資料庫。此外依據已建置之相關土地資料及由土壤沖蝕模式推估該集水區之土壤沖蝕量，並開發土地管理資訊系統，以提供管理單位查詢集水區內土地相關資訊。
8. 林昭遠 (1998) 於「濱水區植生緩衝帶配置之研究」中，內容主要說明是以七家灣溪為研究對象，由土壤中污染物含量之衰減，探討營養鹽在土層之傳輸潛勢，再整合集水區內之土地利用型態、土壤及地形等資料，探討河川濱水區植生緩衝帶之配

置寬度，最後再利用 GIS 系統建置集水區內之相關濱水區植生緩衝帶範圍及主要潛在污染源之區域，以提供管理單位制定緩衝區範圍之用。

研究區域簡介

2.1 地理位置

仁義潭位居於嘉義市東南方約 6 公里處，全區屬於嘉義縣番路鄉內甕村。仁義潭水庫北以 159 甲號縣道為界，東至番路鄉西湖村界，南距八掌溪約 250 公尺，西與嘉義市為界，面積約 3.66 平方公里，為一公共給水單目標離槽水庫。仁義潭水庫之地理位置如圖一所示。

2.2 地形

仁義潭水庫位於八掌溪右岸之河谷窪地，地勢低陷類似盆地。水庫之地勢則由北向南傾斜，最高點位於北邊之土地公崎頂約 208 公尺，最低點位於河床底約 82 公尺，集水區平均坡度約為 0.21，略成圓形，係屬丘陵地形，地形如圖二所示。圖三為衛星影像與 DTM 資料套疊後之結果，可能更清楚實際地形之起伏變化。

2.3 地質

仁義潭水庫集水區地層構造差異不大，包含上新世至更新世之料山層、沖積層、表土層、及風化層。集水區地層中之料山層以粉砂岩為主及部份之砂岩與礫石層，其中砂岩主要分佈在集水區中部，粉砂岩則分佈在集水區東部與西部，礫石層則主要分佈在集水區北部，而集水區內其餘之沖積層則分佈在集水區之淹沒區，表土層級風化層岩層較鬆軟，易受侵蝕，零星散佈在全區。仁義潭水庫集水區之地質分佈如圖四。

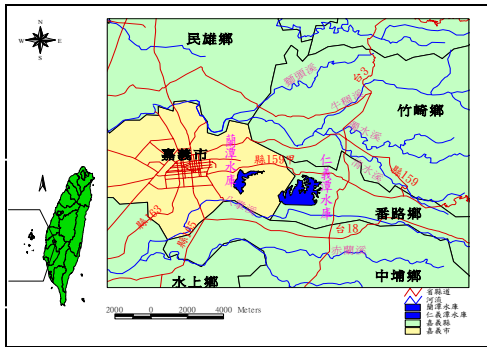


圖 1. 仁義潭水庫集水區地理位置圖
Figure 1. Location map of Zen-Yi reservoir near Chia-Yi in southern Taiwan.

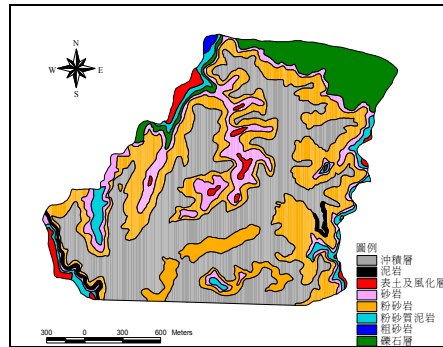


圖 4. 仁義潭水庫集水區地質圖
Figure 4. The geology map of the Zen-Yi reservoir watershed.

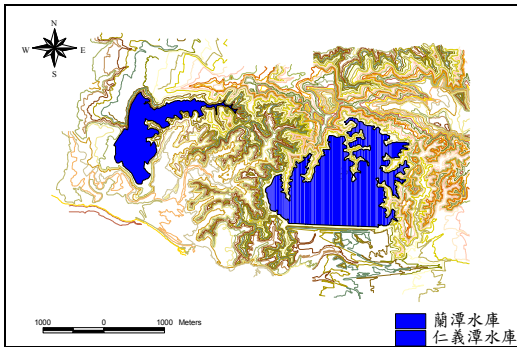


圖 2. 仁義潭水庫集水區地形圖
Figure 2. The topography of map the Zen-Yi reservoir watershed.

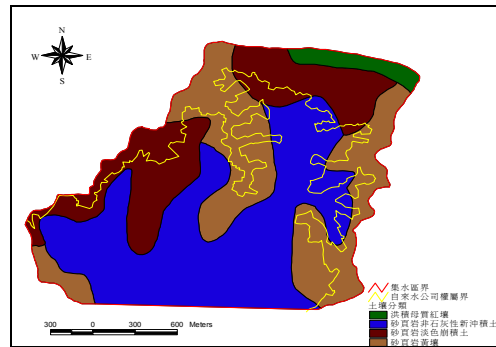


圖 5. 仁義潭水庫集水區土壤圖
Figure 5. The soil map of the Zen-Yi reservoir watershed.

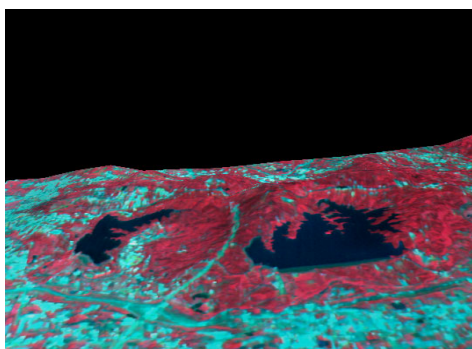


圖 3. 衛星影像及 DTM 轉繪之立體圖
Figure 3. 3-D map of Zen-Yi reservoir based on satellite images and DTM.

2.4 土壤

仁義潭水庫集水區內土壤種類包括砂頁岩淡色崩積土、砂頁岩黃壤、洪積母質紅壤及砂頁岩非石灰性新沖積土。土壤之 pH 值多在 3.8 至 5.5 間，屬強酸性土壤。其分佈如圖五所示。

2.5 土地利用

茲將仁義潭水庫集水區之土地利用權屬、土地區分、土地利用限度、及山坡地土地利用現況分述如下：

2.5.1 土地權屬

仁義潭水庫集水區內之土地權屬區分為

國有地、省有地、縣有地、台灣省自來水公司用地、台鳳公司用地、及私有地等，茲將集水區內土地權屬依土地權別及面積統計如表一。由表一中所示，自來水公司用地約有 254.19 公頃，佔集水區面積之 69.4%，其次為私有地 90.85 公頃佔集水區地面積之 24.8%。集水區內之土地權屬分佈如圖六所示。

2.5.2 土地使用區分

仁義潭水庫集水區內之土地使用區分，於民國 71 年經省府公告「仁義潭風景特定區計畫」時變更為都市計畫用地，並於民國 76 年辦理「都市計畫定期通盤檢討」時予以修正。依都市計畫法，本集水區內之土地使用區分劃分為保護區、農業區、住宅區、停車場、水庫用地及其他用地。如圖七所示。

表 1. 仁義潭水庫集水區土地權屬統計表

Table 1. Landownership distribution of the Zen-Yi reservoir watershed.

權屬	國有	省有	縣有	單位： 公頃
筆數	9	11	63	
面積	0.52	0.56	2.57	
權屬	台鳳公司	自來水公司	私有	合計
筆數	20	1,069	332	1,504
面積	17.54	254.19	90.85	366.23

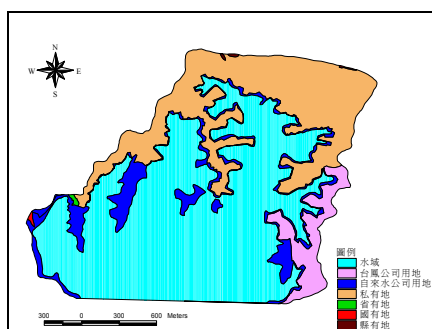


圖 6. 仁義潭水庫集水區土地權屬圖
 Figure 6. The land ownership map of the

Zen-Yi reservoir watershed.

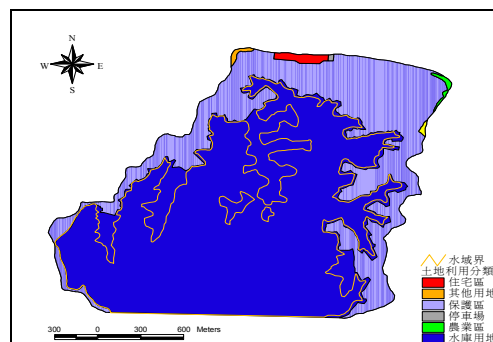


圖 7. 仁義潭水庫集水區土地使用區分圖
 Figure 7. The classification of major land use type for Zen-Yi reservoir watershed.

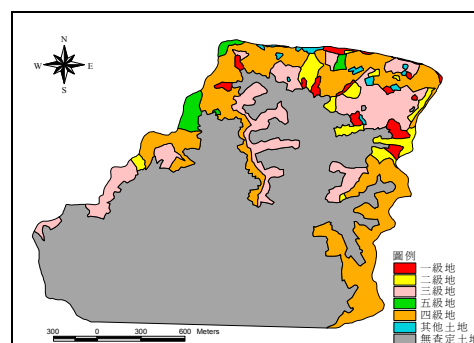


圖 8. 仁義潭水庫集水區土地利用限度圖
 Figure 8. The land capability of Zen-Yi reservoir watershed.

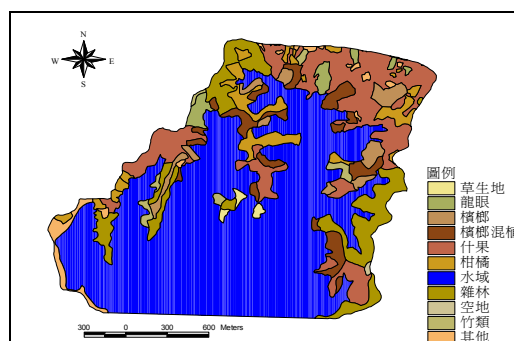


圖 9. 仁義潭水庫集水區土地利用現況圖
 Figure 9. The current land use of Zen-Yi

reservoir watershed.

2.5.3 山坡地土地利用限度

水土保持局於民國七十年依山坡地可利用限度分類標準，係按照土地固定特徵，將土地分成等級，用以表示土地之可利用限度，分為宜農牧地、宜林地等，係依據台灣省山坡地可利用限度分類標準予以分類，經查定結果，仁義潭水庫集水區於民國 70 年時，水庫用地為 254.19 公頃，但於民國 71 年將本集水區劃入仁義潭風景特定區時，水庫用地變更為 270.83 公頃，其差別之 16.64 公頃已劃定為水庫用地，但區域內尚有私有地，原因為這些私有地尚未辦妥徵收手續。集水區內土地屬 I-IV 級之宜農牧地面積 103.39 公頃，佔 38.18%，屬 V 級地之宜林地 3.78 公頃佔 1.40%，不分級土地 4.87 公頃，佔 1.80%。如圖八所示。

2.5.4 土地利用現況

仁義潭集水區內非水庫用地中，宜農牧地約為 103.39 公頃，宜林地約 3.78 公頃，其他用地係指建地道路等，約為 4.87 公頃。宜農地以種植雜木林及什果為主分別為 26.44 公頃及 47.96 公頃，宜林地種植什果為主，約 2.73 公頃。水庫用地中未徵收之 16.64 公頃之土地中以種植什果為主約 8.08 公頃，其次為柑橘 5.33 公頃及檳榔與果樹混合林 3.23 公頃。水庫淹沒區之範圍約有 232.18 公頃，其與民國 70 年之自來水公司用地之 254.14 公頃有 22.01 公頃之差別，為水庫之緩衝帶。緩衝帶中除 1.71 公頃為其他用地外，其他 20.3 公頃均有作物，根據現場調查所悉，地上物為主要水庫徵收前之原有果園。仁義潭集水區之土地利用現況如圖九所示。

2.6 溪流情形

仁義潭水庫集水區面積約為 3.66 平方公

里，淹沒區約為 2.32 平方公里，目前集水區內無河川存在，僅有少數之自然流路及溝渠，水庫蓄水後，原有之流路與溝渠大部份遭受淹沒，水庫未受淹沒之上游源頭皆有良好的植生覆蓋。

2.7 氣象與水文

2.7.1 雨量站及水位流量站

仁義潭水庫集水區內設有一雨量站，惟其觀測年限起自民國 70 年，僅有少許幾年之紀錄，不足用於降雨量之分析研究。仁義潭附近之雨量站計有奮起湖、大湖山、觸口、牛埔子、和小公田等五站，其中奮起湖、觸口、及牛埔子已終斷，目前僅有大湖山及小公田雨量站繼續觀測。本集水區內無水位流量站，但因仁義潭係一離槽水庫，水庫之引蓄水源為八掌溪，因此水庫入流量隨八掌溪之引水量而變化。八掌溪在仁義潭水庫進水口附近之流量站計有觸口、吳鳳橋及軍輝橋三站，其中吳鳳橋站之資料於民國 75 年因攔河堰之興建而終斷，僅觸口及軍輝橋水位流量站之資料可供參考。

2.7.2 雨量

仁義潭暨其附近之雨量站共計有仁義潭、奮起湖、大湖山、觸口、牛埔子、小公田等六站，其中紀錄較完整，而迄今仍持續有紀錄者僅大湖山與小公田兩站，仁義潭站為水庫興建而設置之雨量觀測站，測站年限較短。於仁義潭站紀錄年限內大湖山與小公田兩站雨量紀錄均較仁義潭站高出甚多，其中大湖山站又較小公田站之平均年雨量高出 5%。本研究則擇中，選用小公田站之雨量資料為依據，推求出仁義潭月平均雨量資料以做分析，結果如表二所示，月平均雨量以 8 月最高為 426.6 公釐，佔年平均雨量之 21.5%，11 月最低為 16.4 公釐。本區之雨量集中在 5 月至 9 月，合計佔年雨量之 86.1%。

表 2. 仁義潭水庫水文站月平均雨量統計表
Table 2. Monthly rainfalls for the Zin-Yi reservoir station.

月 項目	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	合計
月平均 雨量	22.1	29.9	55.1	80.1	288.6	375.2	353.4	426.6	267.1	55.0	16.4	17.3	1986.8
%	1.1	1.5	2.8	4.0	14.5	18.9	17.8	21.5	13.4	2.8	0.8	0.9	100.00

(單位：mm)

2.7.3 含砂量

仁義潭水庫集水區之集水區面積為 3.66km²，其中 2.32km² 為淹沒區，實際受降雨沖刷而泥砂入庫之面積僅 1.34km²，因集水區內無砂源之實測紀錄，故而引用鄰近蘭潭水庫之年沖刷深度 7.1mm 為依據，並考慮集水區內人為因素而增加之泥砂產量（以提高 15%估計），則推估求得集水區內之年泥砂量約為 10,000m³。

2.7.4 地震

台灣位於環太平洋地震帶之西側，受歐亞大陸板塊與菲律賓海洋板塊間的擠壓作用，經常發生地震，每年規模大於 2 級之地震約發生 2000 次。嘉義地區為本省之強震區，根據中央研究院地球科學研究所之資料，台灣地區活動斷層分佈對仁義潭水庫壩址有直接影響的是嘉義北部梅山地震斷層及觸口斷層。

在 1999 年 10 月 22 日嘉義大地震時，仁義潭水庫壩體精檢查後未有破壞發生，唯有附近道路路面產生裂縫，經過調查證實無礙，故仁義潭水庫壩體應可承受六級大地震。

2.8 人文

仁義潭水庫集水區隸屬嘉義縣番路鄉內甕村，區內於民國 71 年因水庫之規劃興建而部份人口遷出，而民國 75 年人口銳減乃係水

庫興建部份遷村所致，民國 75 年後，區內之人口大致穩定。集水區內土地肥沃，居民大多果農。

水庫保護帶

3.1 定義

依中華民國八十五年所頒佈之水土保持法第一章第三條規定，保護帶之定義為：係指特定水土保持區內應依法定林木造林或維持自然林木或植生覆蓋而不宜農耕之土地。又第三章第二十一條第一項規定，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水平距離三十公尺或至五十公尺範圍內，設置保護帶。

保護帶亦可稱為緩衝帶，而緩衝帶之定義如下：

1. 圍繞某區域外界之水域或地域，用以防止不需要的發育或其他的干擾等侵入。
2. 在栽植帶之間或下方，為減少土壤沖蝕，而帶狀種植的禾草帶或其他抗沖蝕之植被帶。

3.2 水庫保護帶設置相關規範

本研究為探討水庫保護帶設置範圍內土地變遷之情形，進而提供相關管理單位作為土地管理之依據，故水庫保護帶之設置須根據相關法規所規定。本研究所以依據之法規主要以水土保持法為主，其內容分述如下：

1. 水土保持法：

- (1) 依水土保持法第一章總則第三條第七項規定，水土保持法專用名詞定義如下；保護帶：係指特定水土保持區內應依法定林木造林或維持自然林木或植生覆蓋而不宜農耕之土地。
- (2) 依水土保持法第三章特定水土保持區之處理與維護第二十一條第一項規定，保護帶內之土地，未經徵收或收回者，管理機關得限制或禁止其使用收益，或指定其經營及保護之方法。
- (3) 依水土保持法第三章特定水土保持區之處理與維護第二十一條第一項規定前項保護帶屬森林者，應編為保安林，依森林法有關規定辦理。
- (4) 依水土保持法第三章特定水土保持區之處理與維護第二十條第一項規定，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三十公尺或至五十公尺範圍內，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。
- (5) 依水土保持法第三章特定水土保持區之處理與維護第二十條第二項規定，保護帶之私有土地得辦理徵收，公有土地得辦理撥用，其已放租之土地應終止租約收回。第一項水庫集水區保護帶以上之區域屬森林者，應編為保安林，依森林法有關規定辦理。

2. 水土保持法施行細則：

- (1) 依水土保持法施行細則第三章特定水土保持之處理與維護第二十一條規定，特定水土保持區管理機關依水土保持法第二十條第一項規定設置保護帶時，應實施測量、埋設明顯界樁或植界木，並檢

具下列資料，報請省（市）主管機關層轉或逕送中央主管機關核准：

- 一、設置依據。
 - 二、設置目的。
 - 三、保護帶範圍（包括位置圖及範圍圖，其比例尺不得小於一萬分之一）及面積。
 - 四、水土保持法施行細則第三章第二十一條第一項第三款所述之各宗土地，其地號、面積、所有權人及公有土地合法使用人姓名、住所、土地使用現狀及管制事項。
 - 五、實施之日期。
- (2) 依水土保持法施行細則第三章特定水土保持之處理與維護第二十二條規定，依水土保持法第二十九條興建水庫時，應將水庫保護帶列為水庫興建計畫之重要項目，同時辦理。
 - (3) 依水土保持法施行細則第三章特定水土保持之處理與維護第二十三條規定，特定水土保持區內經劃定為保護帶，其屬山坡地者，特定水土保持區管理機關應主動向省（市）主管機關申請變更查定為宜林地或加強保育地後，造冊轉請地政主管機關依規定變更編定為林業用地或國土保安用地。

水土保持法施行細則第三章第二十三條第一項之特定水土保持區管理機關得加成獎勵水土保持義務人完成造林。

水土保持法施行細則第三章第二十三條第一項變更結果，特定水土保持區管理機關應通知土地經營人、使用人或所有人；土地屬公有者，並應通知土地管理機關。
 - (4) 依水土保持法施行細則第三章特定水土

保持之處理與維護第二十三條規定，依水土保持法第二十一條第二項規定保護帶內之土地屬森林之區域者，除水土保持法施行細則之二十二條所規定外，特定水土保持區管理機關應造冊送請省（市）主管機關轉請中央林業主管機關依森林法編為保安林。

3. 山坡地保育利用條例施行細則：

依山坡地保育利用條例施行細則第二十條規定，水庫管理機關依山坡地保育利用條例第三十一條規定實施水土保持處理及維護，應於水庫滿水位水平距離十五公尺至五十公尺範圍設置保護帶，限制為植生、造林或防砂工程使用，以維護水庫之安全。其土地得依法徵收、撥用或限制使用，並依法補償之。前項水庫保護帶於興建水庫，應列為水庫興建計畫之重要項目，同時辦理。已建水庫有設置保護帶之必要者，依前項規定辦理。

研究方法

4.1 研究架構及方法

本研究係結合地理資訊系統軟體 Arc View 及 ARC/INFO 建立研究區域地理環境資料庫及空間分析，配合影像處理軟體 ERDAS Imagine 處理衛星影像資料，以了解保護帶內土地利用狀況，其研究流程如圖十所示。

4.2 研究步驟

(一) 不同年度相同季節之 SPOT 衛星影像

本研究所選用之影像為 SPOT 衛星影像，係由中央大學太空及遙測中心所購得，影像之像元大小 (pixel size) 為 12.5 公尺×12.5 公尺，影像處理等級為 Level 10，採用二度 TM 座標系統，經由網際網路查詢影像資料庫

後，選擇符合條件之影像而訂購。於選取衛星影像時，除考慮須與水庫滿水位日期相近者之外，且為提昇影像處理與土地利用之分類結果，對於雲量與拍攝角度亦應列入考慮。由於 SPOT 衛星之波長皆無法穿透雲層，故雲量過多或覆蓋區域過大，或其雲層產生之陰影過多，皆無法完全反應地面之真實性，且拍攝角度如過大，亦會造成影像地形之失真，最好是選擇正視之影像為佳。本研究選用之符合條件之影像分別為 1990 年 12 月 18 日、1994 年 01 月 03 日以及 1999 年 12 月 15 日所拍攝的影像，衛星影像圖如圖十一、圖十二及圖十三所示。

(二) 向量式基本資料建立

研究過程須利用向量式圖層資料來輔助判釋，本研究之向量基本圖層，是利用 1/5000 之像片基本圖及由相關單位取得的基本圖層，以萃取所需之資訊建立各類主題資料圖層，包括集水區邊界圖、水庫滿水位界圖、地質圖、土壤圖、土地利用圖、土地利用限度圖及等高線圖。

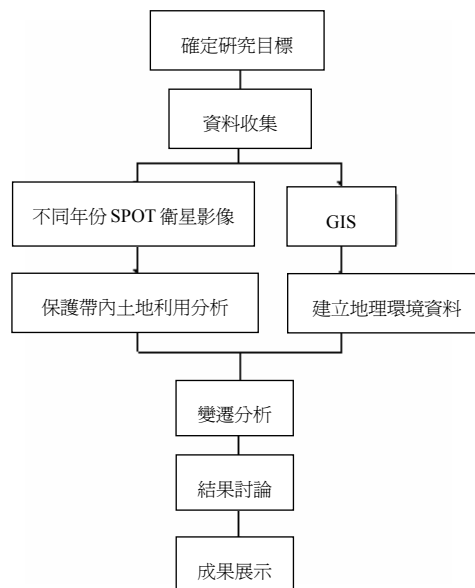


圖 10. 研究流程圖

Figure 10. The study flow chart.

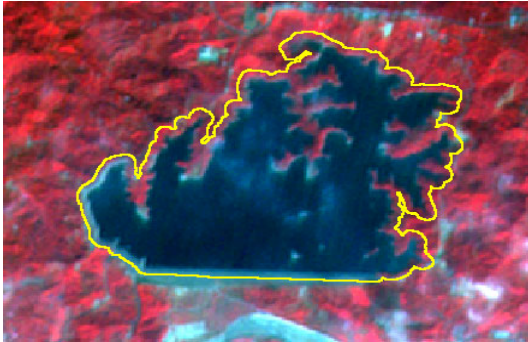


圖 11. 仁義潭衛星影像 (1990-12-18 拍攝)
Figure 11. The satellite images of Zen-Yi reservoir. (1990-12-18)

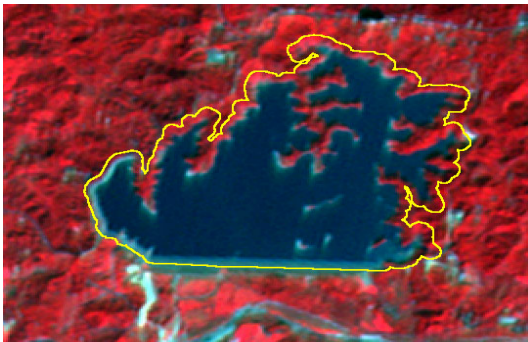


圖 12. 仁義潭衛星影像圖 (1994-01-03)
Figure 12. The satellite images of Zen-Yi reservoir. (1994-01-03)

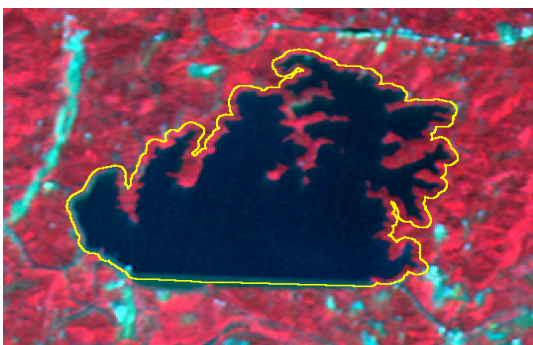


圖 13. 仁義潭衛星影像圖 (1999-10-01)
Figure 13. The satellite images of Zen-Yi

reservoir. (1994-10-01)

(三) 衛星影像分類之方法

衛星影像資料的分析步驟大致上包括：一為影像前期處理，二為試區現地調查，三為影像分類，最後是分析評估等四大項步驟。茲將其分述如下。

1. 衛星影像前期處理作業

目前國內所取得之衛星遙測影像皆是購自於中央大學太空及遙測研究中心，因此，在影像前期處理部份皆由太遙中心代為處理，影像使用者僅需對增揚部份再視需要而作些許調整即可。

2. 試區現地調查

應用衛星影像資料作為土地利用變遷分析監測，對於現地調查的人力可以大幅減縮，但是，為增加分析結果之正確性，仍須藉助現地的採樣調查，在影像分類判讀的過程中，常遇到光譜反應相似的情形，致使分類工作困難，因此，在分類後須至現地作採樣調查，則可輔助分類時之判斷，提高分類判讀之正確性。

3. 影像分類方法

影像資料實際應用在土地利用或覆蓋之分類以十分普遍，其分類方法都是以影像資料中所代表地物像元之波譜反射值的數值大小作為資料統計之依據，在根據統計結果所顯示的意義判別地物種類。一般來說可分為兩類，監督性分類 (supervised classification) 與非監督性分類 (unsupervised classification)，由於地表覆蓋表現有複雜多變的特點，再加上自然與人為的因素，更增加影像分類的複雜性，如陰影、土地開發等。為明白區別不同的地表覆蓋，歐陽鐘裕 (1986) 提出分層分類的方法，其步驟如下：

- (1) 根據對地物規律、內在關係的認識來建立樹型結構圖，根據樹型結構圖所描述的景物，進行逐級分類。
- (2) 在分層分類的過程中不斷加入專家知識、分類參數及相關資料作為判斷之依據。

不同地表覆蓋或土地利用，對各種光譜波段有不同程度之能量反射率，分類之基本原理即是利用此種地物相異的反射率或獨特的空間分佈位置，選取適當之光譜特徵 (spectral feature) 或組織特徵 (textural feature) 作為分類依據，並配合統計理論，以區別各種不同土地利用類別。分類方法分述如下：

(1) 監督性分類

係先利用波譜型式識別及地面真實資料，決定符合使用者需求之類別，及其在特徵空間之位置，即先決定分類的樣本，然後在進行波譜的分隔，並利用其統計特性，將影像光譜質與此樣本光譜特性相似者，歸為同一種土地利用分類。本研究所使用之應用軟體 (ERDAS IMAGINE) 中應用於分類之統計方程式有下列幾種(15)：

A. Minimum Distance

$$SD_{.xyc} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\mu_{ci} - X_{xyi})^2}$$
 式中：

- n = number of bands(dimensions)
- i = a particular band
- c = a particular class
- X_{xyi} = data file value of pixel x,y in band I for the sample for class c
- SD_{xyi} = spectral distance from pixel x,y to the mean of class c ,

B. Mahalanobis Distance

$$D = (X - M_c)^T (Cov_c^{-1}) (X - M_c)$$
 式中：
 D = Mahalanobis distance

- c = a particular class
- X = the measurement vector of the candidate pixel ,
- M_c = the mean vector of the signature of class c ,
- Cov_c = the covariance matrix of the pixels in the signature of class c ,
- Cov_c⁻¹ = inverse of Cov_c
- T = transposition function

C. Maximum Likelihood

$$D = \ln(a_c) - [0.5 \ln(|Cov_c|)] - [0.5 (X - M_c)^T (Cov_c^{-1}) (X - M_c)]$$
 式中：

- D = weighted distance (likelihood)
- c = a particular class
- X = the measurement vector of the candidate pixel ,
- M_c = the mean vector of the sample of class c
- a_c = percent probability that any candidate pixel is a member of class c
- Cov_c = the covariance matrix of the pixel in the sample of class c |Cov_c| = determinant of Cov_c (matrix algebra)
- Cov_c⁻¹ = inverse of Cov_c (matrix algebra)
- ln = natural logarithm function
- T = transposition function (matrix algebra)

本研究所使用之軟體是根據 Maximum Likelihood 的公式來運算分類。

(2) 非監督性分類

在進行分類之前，因尚未具有地面實際資料，而由電腦自行依所有資料的波譜反應與特徵空間的分佈且根據前述之統計公式去分類，即先決定波譜的分隔分類，然後再決定對應的實際覆蓋物，由於這是依據影像之自然群集，分析者必須知道類別的資料，與一些數值化的座標，以決定波譜分類所代表的土地覆蓋物。

(3) 混合分類法

混合分類法可說是上述兩種方法之結合，應用非監督性方法與監督性方法交互使

用而得一最佳結果。

根據過去研究成果顯示，監督性分類對於土地利用變遷分析的準確度較非監督性分類高，本研究採用之方法係以非監督性方法為主，再輔以監督性分類法之混合分類法為影像分類之方法。首先將取得之影像經由影像處理軟體，為達分析之方便，經由向量式資料切割出距水庫滿水位水平距離三百公尺之水庫保護帶範圍（如圖十四所示），後將其利用非監督性分類法將影像分為 50 類，非監督性分類結果如圖十五所示，再由 50 公尺之向量式資料來切割此非監督性分類後之影像，所得為根據水土保持法所定之 50 公尺的水庫保護帶範圍，結果如圖十六所示。並透過向量式資料之水庫滿水位界圖萃取各影像中水體資料。

分類後便進行判釋之工作，判釋工作需依據現地踏勘以及相關輔助資料，以決定地表覆蓋類別，於經過現地勘查與參考相關文獻，且由於水土保持法規亦有規定保護帶內應設置保安林，故本研究將仁義潭水庫保護帶之地表覆蓋類別分為大壩、道路、非林地以及林地等四大類別，其中非林地包括裸露地、建地以及混凝土設施等，而林地包括草地、一般林地、果樹及檳榔樹等。

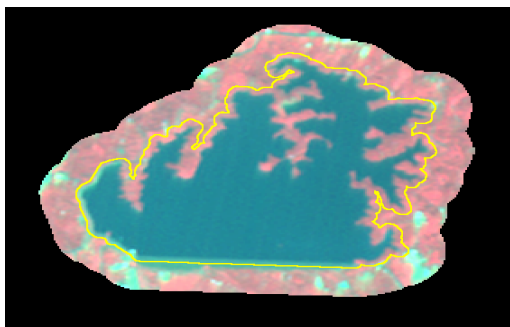


圖 14. 300 m 保護帶邊界向量式資料切割影像
Figure 14. The satellite image showing of the 300-meter buffer zone with vector information partition.

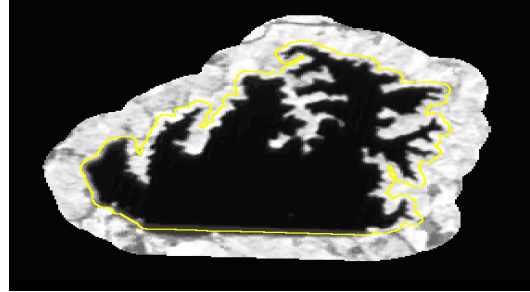


圖 15. 300 m 保護帶非監督性分類結果
Figure 15. The 300m buffer zone with unsupervised classification.

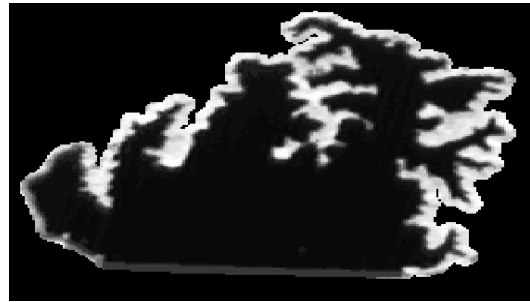


圖 16. 50 m 保護帶非監督性分類結果
Figure 16. The 50m buffer zone with unsupervised classification.

(四)變遷分析方法

土地利用型態之改變是長時間慢慢累積的，小面積變遷分析可利用航空照片或現地查核比對，然而對於大面積的土地利用改變或欲快速得到變遷結果者，則需仰賴遙測影像數值資料，再根據同地區，前後不同時期光譜特性之異同來顯示其土地利用的變化。其變遷分析判釋乃是取兩個幾何位置完全對位的影像加以比對或重疊，利用影像處理技術將變遷地區判釋分析(6)目前遙測影像變遷分析採用的方法計有六種：

- (1)重疊法 (overlapping)
- (2)影像相減法 (image differencing)

- (3)影像比例法 (image ratioing)
- (4)分類後比較法 (classification comparing)
- (5)主軸成份分析法(principal component analysis)
- (6)常態化差異植生指標比較法 (Normalized Difference Vegetation Index ; NDVI)

本研究採用的方法係屬於分類後比較法，分類後比較法乃是為避免大氣、太陽角及植物生長差異之影響，由各其影像先行分類後再比較其變遷情形之方法（周朝富，1986）。此法是將兩時期的影像先各自進行分類，根據地物不同的特性加以適當的歸類，根據這兩張影像分類後地物的類別，可找出類別變遷的型態圖（change map）。由於分類的類別具有選擇性，所以可以針對某些類別進行分析；此外，由於是多時資料個別進行分類，故可將大氣以及感測器的影響減低（常健行，1995）。各年度分類後之結果如圖十七、圖十八及圖十九所示。

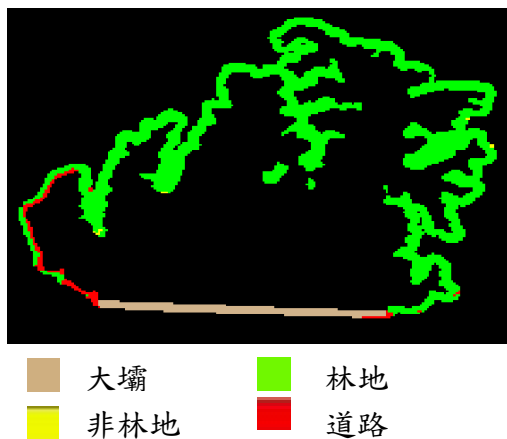


圖 17. 1990 年影像非監督性分類結果
Figure 17. The 1990 satellite image with unsupervised classification.

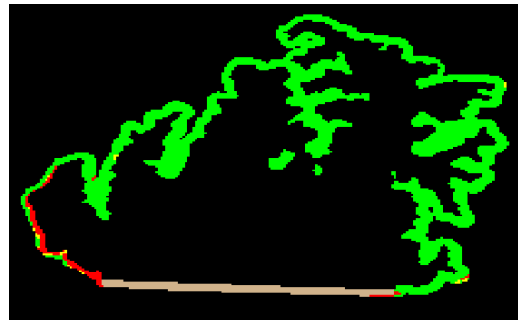


圖 18. 1994 年影像非監督性分類結果
Figure 18. The 1994 satellite image with unsupervised classification.

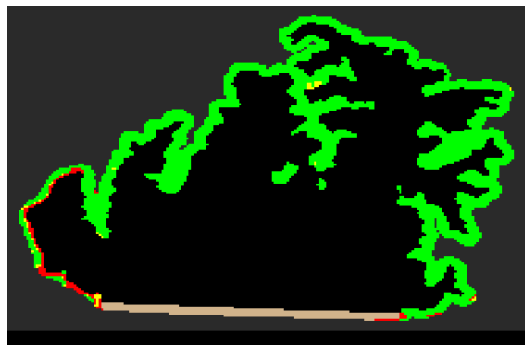


圖 19. 1999 年影像非監督性分類結果
Figure 19. The 1999 satellite image with unsupervised classification.

(五)影像分類準確度評估

影像分類準確度之評估，係利用影像處理軟體所提供之 Accuracy Assessment 功能，其評估方法係在已分類完成之影像上以亂數之方法產生隨機之採樣點，藉由這些採樣點之點位座標與現地之地表覆蓋情形核對，即其所代表之分類後的結果與實地調查之類別結果作一比較，1990 年之準確度 81.76%，1994 年之準確度為 86.51%，1999 年之準確度 87.04%，可得各年度之精度表如表三、表四及表五所示。

表 3. 1990 年影像分類精度表

Table 3. The classification precision for 1990 satellite image.

	大壩	道路	非林地	林地	合計	漏授	準確度
大壩	10	0	0	0	10	0.00%	100.00%
道路	0	8	1	3	12	33.33%	66.67%
非林地	0	1	5	1	7	28.57%	71.43%
林地	0	2	1	13	16	18.75%	81.25%
合計	10	11	7	17	45		
誤授	0.00%	27.27%	28.57%	23.53%			
準確度	100.00%	72.73%	71.43%	76.47%			

全區分類準確度：79.83%

表 4. 1994 年影像分類精度表

Table 4. The classification precision for 1994 satellite image.

	大壩	道路	非林地	林地	合計	漏授	準確度
大壩	10	0	0	0	10	0.00%	100.00%
道路	0	9	1	2	12	25.00%	75.00%
非林地	0	1	3	1	5	40.00%	60.00%
林地	0	2	1	13	16	18.75%	81.25%
合計	10	12	5	16	43		
誤授	0.00%	25.00%	40.00%	18.75%			
準確度	100.00%	75.00%	60.00%	81.25%			

全區分類準確度：80.18%

表 5. 1999 年影像分類精度表

Table 5. The classification precision for 1999 satellite image.

	大壩	道路	非林地	林地	合計	漏授	準確度
大壩	10	0	0	0	10	0.00%	100.00%
道路	0	7	0	3	10	30.00%	70.00%
非林地	0	2	2	0	4	50.00%	50.00%
林地	0	1	1	13	15	13.33%	86.67%
合計	10	10	3	16	39		
誤授	0.00%	30.00%	33.33%	18.75%			
準確度	100.00%	70.00%	66.67%	81.25%			

全區分類準確度：87.04%

表 6. 仁義潭水庫 50m 水庫保護帶土地利用面積增減統計 (1990~1999)
Table 6. The area change for various land for the 50-m reservoir buffer zone. (1990~1999)

年度 土地利用 用型態	1990		1994		1999		面積增減 (`90 ~ `99)	%
	面積	(%)	面積	(%)	面積	(%)		
道路	29,687.50	3.64	27,343.80	3.42	25,468.80	3.16	-4,218.70	-0.48
非林地	2,343.75	0.29	5,625.00	0.70	9,843.75	1.22	7,500.00	0.93
林地	711,563.00	87.24	693,594.00	86.85	698,594.00	86.60	-12,969.00	-0.56

※大壩於保護帶範圍中之面積約 72,000 平方公尺

仁義潭水庫水庫保護帶總面積約 806,700 平方公尺

研究成果與討論

5.1 研究成果

經由相同季節之衛星影像分析仁義潭水庫保護帶地表覆蓋結果如表六所示，可得仁義潭水庫保護帶自 1990 年到 1999 年地表覆蓋變遷情形如后：道路面積率減少 0.48%，約減少 4,200 m²、非林地面積率增加 0.93%，增加之面積約為 7500 m² 及林地面積減少 0.56%，減少面積約為 13000 m²。由結果顯示林地之面積有逐年減少之跡象，而非林地的面積正逐年的增加。圖二十與圖二十一為利用表六所繪出之林地以及非林地之變遷趨勢圖。

5.2 討論

(1) 道路減少原因

經變遷分析後結果發現，區域內之道路面積有減少之現象，探討後發現，仁義潭水庫完工初期，土地未徵收完全，導致農民尚會至區域內種植及採收農作物，以致尚存留一些產業道路，而隨著土地的徵收，這些產業道路就逐漸地減少，此情形與分析後之結果相符。

(2) 非林地區域

如圖二十二所示為非林地之分佈情形，藍色所圈選之地區，如停車場、涼亭…等，因地處下游，對於水庫之影響將不至於過大，但紫色所圈選之區域則為裸露地，因地處上游端，將會影響水庫之正常運作，且依水土保持法第二十一條規定，保護帶應編為保安林，此現象值得相關單位加以注意。

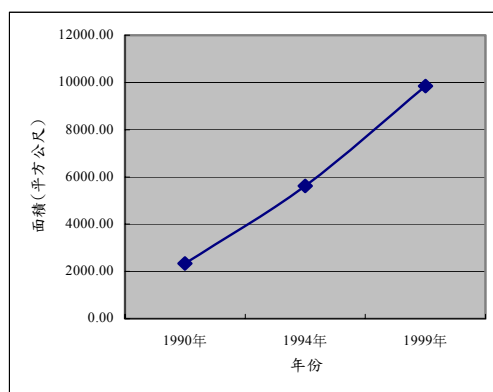


圖 20. 仁義潭保護帶非林地變化趨勢圖
Figure 20. The trend of non-forested area changes for the Zen-Yi reservoir buffer zone.

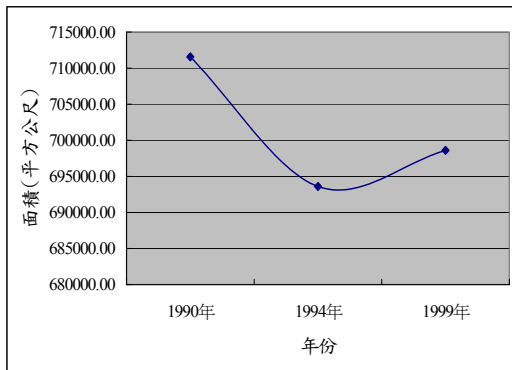


圖 21. 仁義潭保護帶林地變化趨勢圖

Figure 21. The trend of forested area changes for the Zen-Yi reservoir buffer zone.

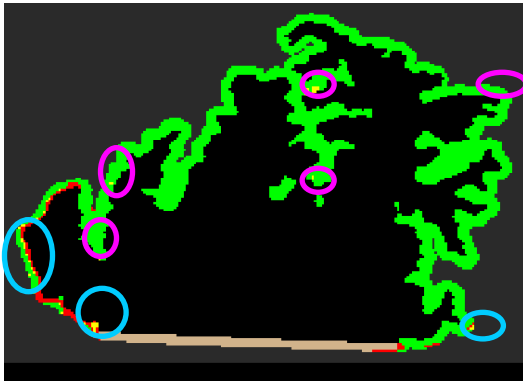


圖 22. 保護帶內非林地分佈情形

Figure 22. The distribution of non-forest land within the buffer zone.

(3) 林地與檳榔、果樹植被混淆不清

根據現地查勘及相關輔助資料顯示，仁義潭水庫保護帶內之地表覆蓋情形多為林地，但區域內尚包含大面積之檳榔樹以及果樹，除不合法規外，更直接影響水庫之正常營運。但在影像分類時，林地與檳榔、果樹之光譜反應幾乎相同，不易判釋。

(4) 像元大小對判釋之影響

由以上分析結果顯示，林地以及非林地面積在影像分類判釋過程中，往往會受到影像之解析度所限制。本研究所應用之影像為 SPOT 衛星影像，其影像資料之像元大小為

12.5m ×12.5m，換言之，地表面積大於 156.25 m² 才有一個光譜反應值，在 156.25 m² 內所包含的地表類別常不只一種，因此會產生判釋的誤差，而在此情形下就必須以監督性分類方法加以驗證其正確性。

結論與建議

6.1 結論

- (1) GIS 與遙測技術的結合為土地利用監測之最佳工具，由於衛星影像對於綠色植生之反應非常敏感，且水土保持法亦有規定，水庫保護帶範圍內應種植保安林，所以衛星影像很適合用於水庫保護帶之地表變遷調查之工作。
- (2) 水庫保護帶為特定水土保持區，仁義潭水庫之保護帶面積約為 806,700 平方公尺，區域內除涼亭、停車場、人行道...外，尚有五處明顯之裸露地，以及多處果樹、檳榔園，管理機關應盡速至現場勘查，施行水土保持措施，以及造林之工作。
- (3) 仁義潭為一離槽水庫，由於進水口之沉砂作用，因此來自集水區上游的泥砂較少，但仁義潭水庫的淤砂量，已經達三百萬立方公尺，約為總蓄水量的八分之一，其主要原因如下：
 1. 仁義潭水庫集水區尚未劃定特定水土保持區，所應劃定區域包括水庫集水區邊界、保護帶範圍、土石流危險區、崩場地危險區等。唯有劃定工作之完成，經中央主管機關核定後，始可行使公權力，實施長期水土保持措施。
 2. 仁義潭水庫區域內尚有未完全徵收之土地，以致區域內尚存有果樹及檳榔園等，除此之外，集水區中尚有大型之住宅、廟宇及烤肉區等開發行為，這將會破壞水庫之水土保持工作，增

加水庫之淤砂情形。

- 經由不同年份之影像分析結果，所得之仁義潭水庫保護帶土地利用面積變化，可看出非林地逐年地增加，而林地卻逐年地減少趨勢。其面積之增減幅度雖不大，非林地約增加 1.0%，林地減少約 1.2%，但經實地勘查結果發現，區域內有種植大面積檳榔樹及果樹之地表覆蓋情形，此種情形值得相關管理單位加以注意，以做好事前之防範措施。

6.2 建議

- (1)劃定水土保持區，以實施長期水土保持措施，永續水庫之功能。

- (2)確切落實土地徵收後之造林工作

由於區域內尚種植大面積之檳榔與果樹，對水庫將造成嚴重之威脅，且對於水庫保護帶之範圍，並無設立明顯之界樁，以致會有民眾至區域內採收農作物之情形，且土地之徵收尚有問題存在，若能在土地完全徵收後，確切執行區域內土地之造林工作，對水庫之保護將是一大助益。

- (3)水庫保護帶法規設置條件之缺失

依據水土保持法第二十條規定水庫滿水位線起算水平距離 30 公尺或 50 公尺範圍內設置保護帶，但水土保持法似乎忽略每個水庫保護帶的寬度會受到區域的地形、地質、土壤、地籍、波浪湧高等因素的影響而有所不同，因此建議每個水庫管理單位在設置保護帶時，能針對當地之地理環境，實施量測，以劃定適合該水庫之保護帶範圍，並檢具相關資料，報請省（市）主管機關層轉或逕送中央主管機關核准。通過後則埋設明顯界樁或植界木。而經現地勘查結果，現地尚無設立有關之明顯界樁。建

議管理機關應設立相關明顯之界樁，並公告之。

- (4)影像解析度之提昇

建議未來在衛星影像解析度發展方面能朝向較細之解析度發展，如利用以色列 EROS-A 之衛星資料，其空間解析力為 2 公尺，即一像元之地面面積為 4 m²，或者利用 SAR 之影像資料，其除具有更高之空間解析力外，且於拍攝過程不受天候之影響，甚至於夜晚亦可拍攝。此種情形下，將較易分辨出地表之覆蓋植生情形，更能提高分類之準確度。

參考文獻

1. 巨廷工程顧問股份有限公司(1991)，「仁義潭水庫集水區調查治理規劃報告」，經濟部水利司。
2. 陳述彭、趙英時(1992)，遙感地學分析，中國文化大學出版部。
3. 楊龍士、周天穎、白金城、杜昌柏(1992)，「衛星遙測技術應用於大面積土地使用變遷之探討」。
4. 黎明水利工程顧問有限公司(1993)，「蘭潭水庫集水區調查治理規劃報告」，經濟部水利司。
5. 太遙中心（1994），「運用衛星影像遙測資料進行土地利用監測」，太遙中心（國立中央大學太空及遙測中心）。
6. 林文傑(1995)，「應用 SPOT 衛星影像進行山坡地土地利用分類之研究」，國立中興大學水土保持研究所碩士論文。
7. 水土保持法暨相關法規(1996)，行政院農業委員會。
8. 許淑鶯(1996)，「永續性水源區土地利用管理制度之研究」，國立政治大學地政研究所碩士論文。
9. 孫志鴻(1997)，「利用遙測及地理資訊系統技術輔助坡地利用管理監測」，海峽兩

- 岸及海外華人地理資訊學術研討會。
10. 林新岳(1997)，「東埔、梅山地區航照圖、衛星影像應用於土地變遷分析之研究」，私立逢甲大學土地管理研究所第五屆碩士論文。
 11. 陳文福(1998)，「衛星遙測影像應用於山坡地土地利用變遷之偵測與水土保持管理」，第五次資源衛星應用研討會。
 12. 逢甲大學地理資訊系統研究中心，「曾文水庫集水區土地利用變遷分析及資訊系統建立」，台灣省南區水資源局。
 13. 林昭遠(1998)，「濱水區植生緩衝帶配置之研究」，中華水土保持學報第二十九卷第三期，頁 261-272。
 14. 陳美心(1998)，「土地利用變遷對水源涵養效益之影響--以大埔水庫集水區為例」，私立逢甲大學土地管理研究所碩士論文。
 15. EDRAS, Inc. (1997), "EDRAS IMAGINE Field Guide", Atlanta, Georgia, USA.
 16. EDRAS, Inc. (1997), "EDRAS IMAGINE ADVANTAGE Training Reference Manual", Atlanta, Georgia, USA.
 17. EDRAS, Inc. (1997), "EDRAS IMAGINE PROFESSIONAL Training Reference Manual", Atlanta, Georgia, USA.

95年11月08日 收稿

95年11月18日 修改

95年12月23日 接受

水土保持學報 38(3) : 399-418 (2006)
Journal of Soil and Water Conservation, 38(3) : 399-418 (2006)