國立臺灣師範大學

地理學系第二十六屆博士論文

整合環境保育與地景生態之土地利用變遷評估模式建構：以大肚臺地為例

指導教授:張國楨、郭乃文

研究生:田應平

中華民國 107 年 7 月

中文摘要

本研究的主要目的，係在研究如何建構一個整合環境保育與地景生態之土地利用變遷評估模式。研究技術運用數值地理資料與地理資訊系統工具設計一個經驗研究，分析並詮釋大肚臺地在 2003 年至 2014 年土地利用變遷的過程，並進一步建立其評估模式。以地形學為自然舞台的基石，以此作為切入的觀點來整合探討都市發展的介入，研究中發現人工建物的嵌塊體、形狀指標等地景生態指標與水文系統具高度的相關性，並印證呈現在實際的淹水地點。本研究進一步論證，大肚臺地緩坡段的都市發展對於地景結構的擾動持續進行，逐漸改變水文系統的特性，在淹水地區的次集水生態域超過了保水流失的門檻值。而本研究亦提供保育介入的時間空間方法，因地景生態指標、水文指標均提供空間結構變化的資訊，以及生態系統服務功能量化改變的呈現，使得適時適地的保育得以介入，避免地景被過度擾動及利用。

本研究對台中市大肚臺地未來相關生態保育與截蓄保水優先管制處理地區，可提供後續棲地監測與洪災預警之參考。最後強調一種保育化的地景生態學研究實踐。做為經驗研究的設計，即是嘗試以此一新的土地利用變遷評估模式描繪出可操作的空間保育研究模式。

關鍵字：環境保育、地景生態、土地利用變遷評估模式、大肚臺地

目錄

壹、 前言

1.1研究背景

人為改變所造成的人造空間對當地環境所造成的衝擊，在近年來引起人們極大的關注與探討(Helmschrot and Flugel, 2002; Shereif and Tang, 2015; Zita *et al.*, 2018)。人為活動和生態環境的更迭對於地景會造成積累的效應，通常土地利用的改變是一連串小尺度的變遷累積，地景的變化與效應是緩慢而不易被觀察的，導致土地變遷的管理往往為人忽略，直到變遷嚴重的影響生物群落、大氣與水等與人息息相關的生態元素時才會受到珍視（林裕彬，2004；De Groot *et al.*, 2010)。除此之外，人類活動所造成的地景變遷對維持生態系統與其產生之服務功能有著決定性的作用，其變化也必然影響原有的生態系統（Enrique *et al.*, 2014; Zita *et al.*, 2018)。在面對今日人與土地互融所產生的第二自然空間，地景生態學的逐漸走出單純分析土地利用變遷的地景生態指標數值分析搭配歷史觀的研究領域，保育理論與政策實踐也因日益嚴重的環境議題而需考慮地景環境尺度。本研究也觀察出，既有保育理論與分析技術，缺乏將人與自然共存的第二自然空間，納入一整體論述分析中。

1.2研究目的與重點

在地景生態學界過去研究土地利用的變遷造成地區水文效應的改變，前人研究多有詳述，且多以流域作為分析的整體(Hernandez *et al.*, 2000; Sharma *et al.*, 2001; 楊沛儒，2001；Kepner *et al.*, 2008)，抑或討論個別土地覆蓋類別改變所造成的生態與水文特徵的改變（Savary *et al.*, 2009)，卻少有以地形單元作為一整合分析的平台。完整的地形單元特性在探討人為土地利用改變對當地環境所造成之衝擊，具有珍貴的意義，其地形特徵、坡度、坡向條件，構造地質分布，以及土壤特性，左右水文環境的生成。一旦地形單元內的土地覆蓋改變，受控於地形特徵對土地覆蓋的影響，也改變了原有水文項目的狀態。此外，在前人研究時較少探究如何建立一個整合地景生

態學與環境保育學的土地利用變遷評估機制，探討地區生態系統服務功能的量化項目，與環境保育指標的建立，並進一步與地表地景類型作連結。是故，本研究提出下列研究問題:

1、如何以地形單元作為一整合分析的基礎，界定出研究分區，表現出地形特徵、坡度、坡向條件，構造地質分布，以及土壤特性，將之與地景格局、尺度、與過程連結，解釋其影響水文環境的生成？並進一步發展保育方案？

2、如何建立一個整合地景生態學與環境保育學的土地利用變遷評估機制，探討地區生態系統服務功能的量化項目與空間化環境保育指標的建立，並進一步與地表地景類型作連結？

為了回應經驗研究的問題，本研究可以條列出分析重點如下：

1、以大肚臺地此一完整地形單元作為一整合分析的基礎，界定出不同空間尺度研究分區，表現出地形特徵、坡度、坡向條件，構造地質分布，以及土壤特性，將之與地景鑲嵌體結構變化、時空尺度、與作用驅力連結，分析地形單元在保育方案上可依據發展的行動建議。

2、透過 2002 年~2003 年、2004 年、2008 年、以及 2014 年遙測影像，歸納三個時期時間斷面（2002~2003 年、2008 年、2014 年），瞭解大肚臺地近十五年地景變遷的趨勢；

3、利用以 DEM、土壤圖、以及前述三個時期時間斷面地景資料，計算瞭解大肚臺地三個時期不同空間尺度下最大可能保水量變化；

4、評估地景格局變化對於水文特徵的影響；

5、模擬在地形區以及分區空間單元內，相同氣候條件下土地利用改變後，水文特徵的反應；

6、透過長時間尺度各集水單元及全區地形單元，地景生態指標之比較，可作為臺地上生態保育監測數值之參考。

本研究一方面可印證本文提出之「地景生態取向的保育論述」，構築出一人與自然同在的第二自然空間，並了解其演變的時空歷程，將此「自然」看待成一動態的過程，指標出其時空尺度變化，並將之與其所造成的生態影響匯集成一整體；另一方面提供地景生態研究上另一研究之路徑，即以地形單元作為地景變遷與保育研究切入的觀點，並對台中市區域土地資源管理以及保育空間化的決策尚有所助益。

貳、 文獻探討

2.1 理論的引用

本研究參考地景生態學中由 Forman 教授提出來的土地鑲嵌體理論（land mosaic）(Forman, 1995)，以及環境保育學於 1960 年代發展出來的疊圖分析技術，與近幾年來的生態系統服務功能理論，來提出一整合地形、地景變遷與水文效應的研究架構。

在本研究中，如何將各個地景之生態系統服務功能加以指標量化並且空間化，並且可以使各地景的量化指標在時空尺度下可交叉比較，本研究必須定義出一環境保育指標可滿足上述的提問，可表徵各個地景生態系統共有的、可量化的生態系統服務功能指標。

最大可能保水量（Potential Maximum Retention）最終被用來代表各個地景共有的生態系統服務功能指標，因每個地景皆具有不同程度的保水功能，保水屬性可同時表現出不同地景生態系統所提供的四個面向服務特性。

2.2 大肚台地相關文獻探討

2.2.1 大肚臺地的形成與聚落的發展

圖 2-1 為研究區活動構造與地形面分布圖。在距今約一百萬年前的中更新世地質年代，古大甲溪與古大肚溪在今天大肚臺地的位址形成廣大的聯合沖積扇，而後地形階面抬升形成較古老的 LH 面，也就是高位紅土階面。在地層抬升前，此聯合沖積扇廣布大肚溪和大甲溪的舊流路河網，後因來自東南東方地質應力和西南側北港基盤高區阻擋的影響，板塊受到擠壓而地層向西抬升突出，在地表形成弧狀構造。大肚臺地西緣，清水主斷層以及斷層東側的背斜向斜構造接連形成，數個背衝斷層也呈平行狀發生。不均衡隆起的背斜軸部，和背斜高區與鞍部的形成，也使得大肚溪與大甲溪向西切過相對低處的背斜，公明、舊莊和成功嶺等 LT1 地形面，即低位紅土階面因此演育。另一方面，在東側因斷層陷落的台中盆地促使古大甲溪流向西南，同時於北側臺中盆地演育出大甲溪古沖積扇，隨著沖積扇扇端岩屑積累的高度

超過后里臺地和大肚臺地間鞍部時，古大甲溪又復而向西，下切大甲溪古沖積扇，也就是 FT1 面，今日大甲溪河道邊緣的階崖地形面因而形成。(楊貴三、沈淑敏，2010)。

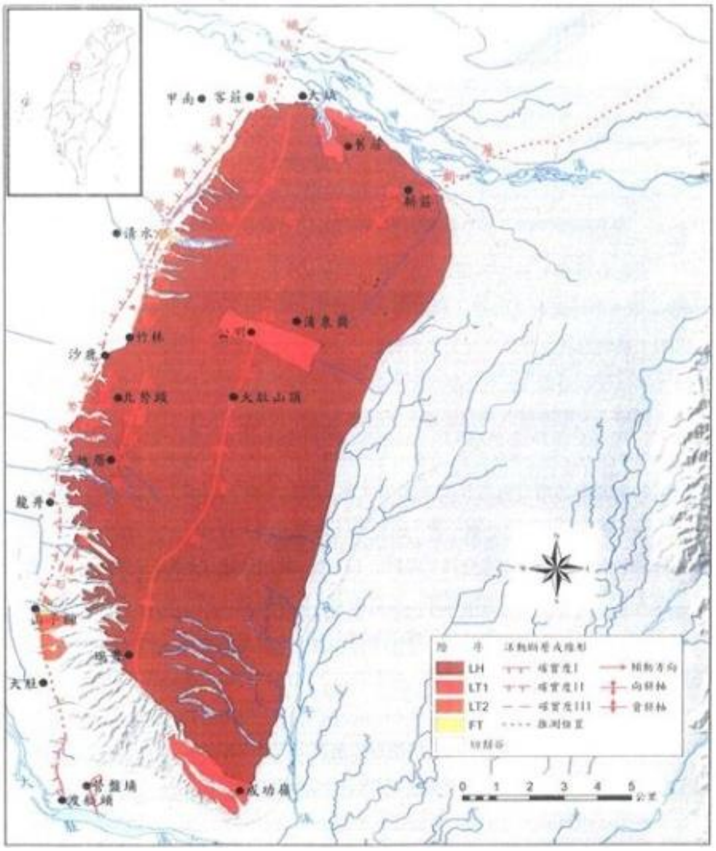


圖 2-1 研究區活動構造與地形面分布圖
（節錄自楊貴三、沈淑敏，2010）

盧彥克（2008）以七個時間分期：清領時期、日治始政時期（1895-1915）、日治同化時期（1915-1937）、日治皇民化運動時期（1937-1945）、台灣戰後初期(1945-1949)、台灣戒嚴時期(1949-1987)以及台灣解嚴至今（1987-2007）等分別檢視大肚山臺地的地景變遷過程。結果指出大肚山臺地的發展，由於地形上的因素對於生活條件而產生一定的限制，也造成發展較鄰近市鎮中心為緩慢，因此，歷來的空間定位總是以邊緣地帶作為處理，或是作為都市未來的發展腹地，而使「鄰避性」的地景有落腳於此的機會，隨著科技生產中心的發展走向逐漸明確後，加上都市發展的擴張下，大肚山臺地在地理空間上逐漸變成台中縣、市之間的核心發展地區，加上南北兩端的對外門戶設置，更確立了其地位的重要性，從邊緣走向核心，大肚山的發展定

位有了極大的轉換。

2.2.2 臺地地形地景生態分析與水文變遷相關文獻

總結林裕彬（2000）、蔡智豪（2005）、林昭遠等（2009）、嚴烽彰（2012）、邱祈榮等（2012）、鄧繼聖（2015）、林昭遠等（2016）針對大肚臺地地景變遷與水文效應之相關研究，可以得出以下幾個重點，在進行本研究的保育方案時，可供進行地景生態保育規劃之操作：

1. 大肚山臺地的地景發展，由於地形上的因素對於生活條件而產生一定的限制，也造成發展較鄰近市鎮中心為緩慢，因此過去歷史的空間定位總是以邊緣地帶作為處理，缺乏整合規劃的空間治理與嚴謹的土地使用管制系統；
2. 地地景變遷由1977至2008逐漸由森林與農地轉為建地與草生地；「森林→草生地」及「農耕地→開發地」，是為大肚山地區的兩大變遷；
3. 森林、疏林、草生地與農耕地容易受到相鄰嵌塊體的變遷影響，而跟著一起變遷；
4. 臺地地景的變化會影響水文特徵之變化，若以CN（curve number）法進行臺地最大可能保水量之估算與其他進一步的保育區位分析為環境保育可行的操作技術；
5. 輔以增加林並蔭面積可減少野火發生次數，善用植被演替自然法則可增加天然林面積。

參、 研究設計

3.1 研究架構與流程

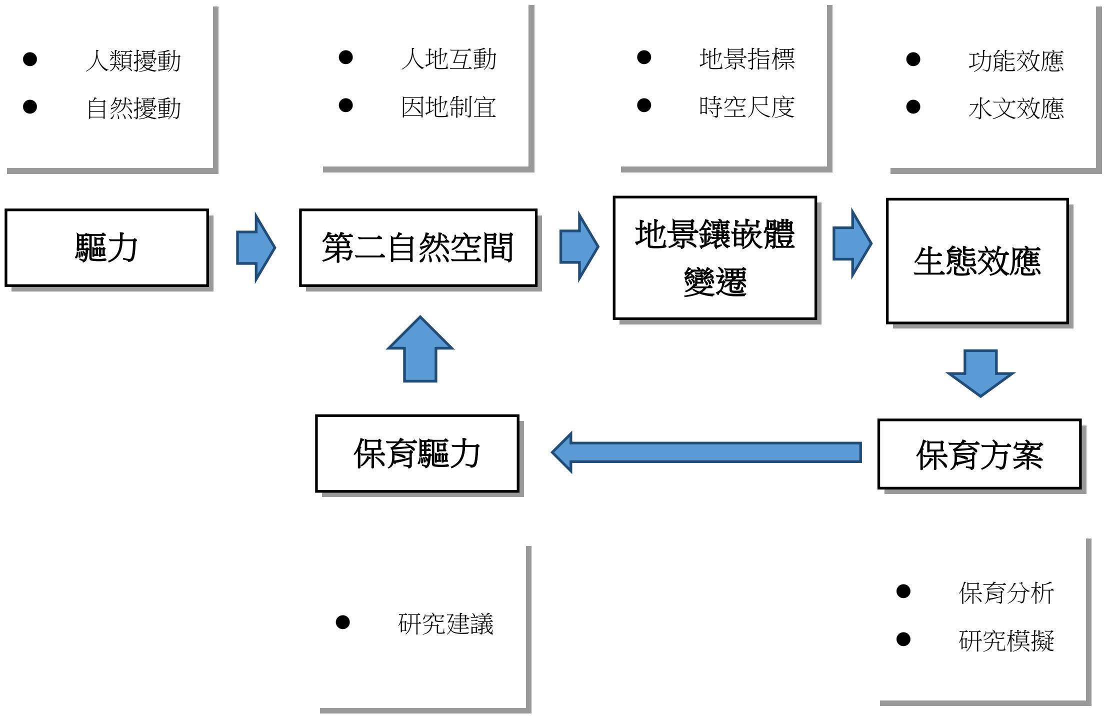


圖 3-1 經驗研究架構圖

為了達成上述研究架構的意圖，進一步設計本研究經驗研究的研究流程，如圖 3-2 所示：

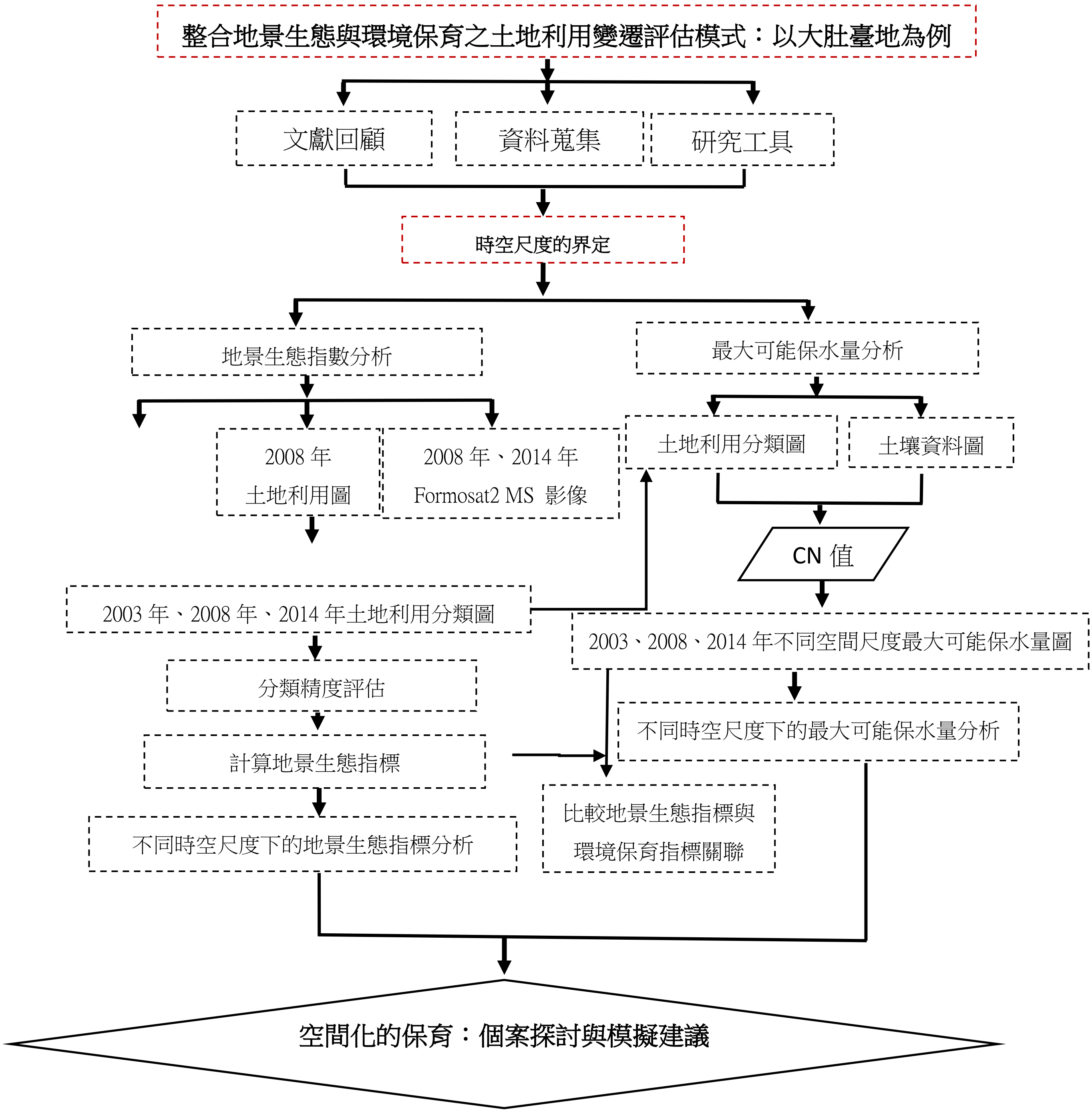


圖 3-2 研究流程圖

上圖研究流程首先以研究論題作為延伸，其一探討前人文獻，來獲得在大肚臺地與類似研究上可供學習的方法、技術與觀點與指標，並分析缺失，以作為本研究借鏡，並找到本研究可貢獻的研究方向；其二為資料蒐集，盡可能蒐集可供經驗研究區分析及參考的地文資料與文本資料，並加以再確認資料應用於研究的分類界定與精度探討；其三為研究工具，多平台工具軟體的轉換使用，透過學習並加以檢討

運用侷限。

3.2 地景類型與指標的選擇

本研究回顧前人以地景生態學為基礎發展之地景生態指標，作為建立地景生態指標與水文特徵項目的連結。透過參考前人研究，將大肚臺地面上的土地嵌塊體，以土地利用圖歸納為林地，包括闊葉林、針葉林、以及其他混合林等三類；草地，包括公園與墓地一類；農地，包括果園、旱田與水田三類；以及水體（埤塘及河川合為一類）、荒地與建成地等。上述地景嵌塊體共計十類。

3.2.1地景生態指標

本研究欲求取臺地面上各子水文單元內相關地景生態指標，因各土地利用類別的指標特徵，可推定其具有之生態系統服務功能，故採納較普遍使用與具代表性的地景生態指標，採用文獻回顧，歸納整理過往相關研究普遍共有之指標，最終選擇出合適的地景生態指標。綜上，本研究使用下列七項地景指標：地景比例 （Percentage of landscape, PLAND）、嵌塊體數量（Number of patches, NP）、嵌塊體密度 （Patch density, PD）、邊緣密度（Edge density, ED）、最大嵌塊體指數（Largest patch index, LPI）、平均形狀指數（Mean shape index, MSI）、平均碎形維度指數（Mean patch fractal dimension, MPFD）（林昭遠等，2006；葉春國等，2012）。地景生態指標公式表如下表 3-1：

地景生態指標	英文名稱	英文縮寫	公式	描述	單位
地景比例	Percentage of landscape	PLAND	$PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}}{A}(100)$	P_i= 類型 i 區塊所佔之地景比例。 a_{ij}= 區塊 ij 的面積（m^2）。 A = 總地景面積(m^2)。	%
區塊數量	Number of patches	NP	$NP = n_i$	n_i= 地景中類型 i 區塊總數。	無
區塊密度	Patch density	PD	$PD = \frac{n_i}{A}(10000)(100)$	n_i= 地景中類型 i 區塊總數。 A =總地景面積(m^2)。	N/100ha
邊緣密度	Edge density	ED	$ED = \frac{\sum_{k=1}^{m} e_{ik}}{A}(10000)$	e_{ik}= 類型 i 區塊總邊緣長度。 A =總地景面積(m^2)。	m /ha
最大嵌塊體指數	Largest patch index	LPI	$LPI = \frac{\left[Max\binom{n}{a_{ij}}_{j=1}\right]}{A} \times 100\%$	$Max\binom{n}{a_{ij}}_{1}$為類型 i 所占最大面積	%
平均形狀指數	Mean shape index	MSI	$MSI = \frac{\sum_{j=1}^{n} \frac{0.25 p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}}}{n_i}$	同上述參數	無
平均碎形維度指數	Mean patch fractal dimension	MPFD	$MPFD = \frac{\sum_{j=1}^{n} \frac{2\ln p_{ij}}{\ln a_{ij}}}{n_i}$	同上述參數	無

表 3-1 地景生態指標公式表

註：各指標計算公式依據 FRAGSTATS version 3.3 （McGarigal *et al.*, 2002; 葉春國等，2012）

3.2.2最大可能保水量指標

一地最大可能保水量（S）前後期差異，常用來表示地景變遷後地表所產生之逕流量，地表逕流量的增減則直接造成洪患發生與坡地崩塌的危險程度（林昭遠等，2016；朱志民、林政侑，2016）。廖朝軒（2007）表示，基地保水能力的高低同時影響水質淨化能力的良莠，若土壤保水量多，則可對於水質進行淨化的功能。林昭遠等（2016）與朱志民、林政侑（2016）利用上述方法與未開發前（假設大肚山皆為林地）之最大蓄水量進行比較，若最大蓄水量減少區位則為地表逕流產生之重點區位。綜上，本研究以最大可能保水量（potential maximum retention amount）作為可提供生態系統服務功能、各地景類型共有之環境保育指標。其值推估乃採美國土壤保育中心（Soil Conservation Service, SCS）所建置之曲線值（curve number, CN），CN 值可藉由土壤及土地利用圖決定，如表 3-2、表 3-3 SCS 曲線值、圖 3-3 所示；再加以轉換計算最大可能保水量（S），如圖 3-4。

表 3-2 水土保持局土壤分類及對應之 SCS 土壤分類

分類	水土保持局土壤質地分類	SCS 土壤分類
0	砂土、粗砂土	A
1	壤質粗砂土、壤質砂土、細砂土	
2	細砂質壤土、砂質壤土、粗砂質壤土、壤質細砂土	
3	極細砂質壤土、壤質極細砂土、極細砂土	
4	坋土、坋質壤土	B
5	壤土	
6	砂質黏壤土	C
7	坋質黏壤土、黏質壤土	D
8	砂質黏土、坋質黏土	
9	黏土	

註：表摘錄自林昭遠等（2016），原資料摘自水土保持局（1995）

表 3-3 SCS 曲線值

土地使用 \ SCS 土壤分類	A	B	C	D
建地	74	84	90	92
針葉林	25	55	77	77
地表水	94	93	95	96
旱田	62	71	78	81
公園、墓地	39	61	74	80
保安林	25	55	70	77
荒地	77	86	91	94
濕地	92	93	94	95
闊葉林	36	60	73	79
水田（稻作）	70	79	84	88
果園（果樹）	45	66	77	83
其它林地	38	62	74	80

註：表摘錄自林昭遠等（2016）

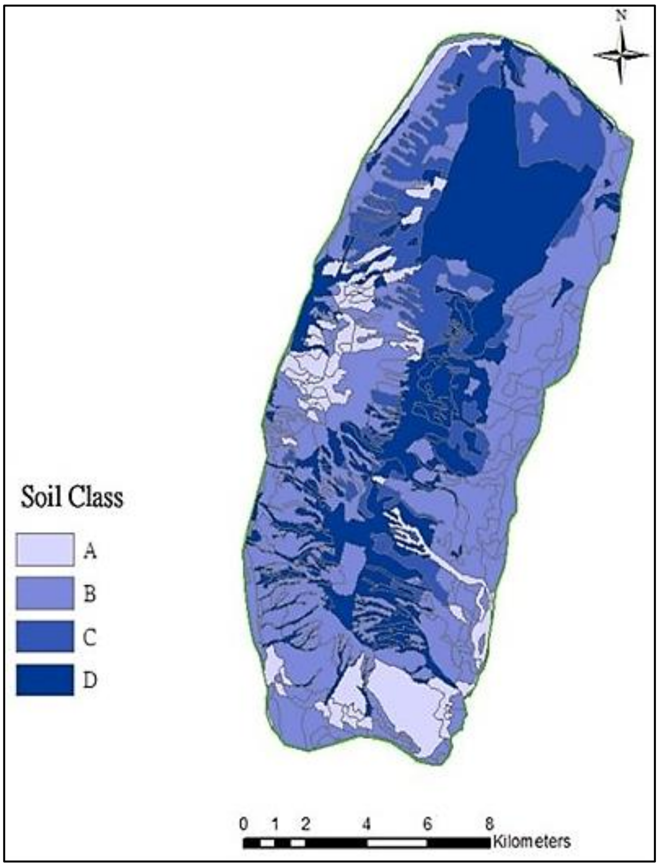


圖 3-3 研究區土壤分類圖

各時期不同土壤類別下的土地使用類型 CN 值

↓

$$S_{(mm)} = \frac{25400}{CN} - 254$$

↓

2003、2008、2014 各時期 S 分布圖

圖 3-4 最大可能保水量計算流程圖

3.2.3研究區域與劃分之次集水生態域

大肚臺地位於台灣中部台中市內，西側緊鄰清水海岸平原，東側與台中盆地相接，本計畫研究區範圍面積約 168 平方公里，利用 ARCSWAT Delineator 劃分之次集水生態域參見圖 3-5，在同時考量地形坡向及模擬的最小集水域及水系條件，將各個獨立模擬出來的水系其集水區劃定成次集水域，結合不能模擬出集水單元的最小生態單元，如圖 3-6，定義成第三級地景單元，稱之「次集水生態域」。「次集水生態域」共分成 90 個分區，文中以數字代碼表示。

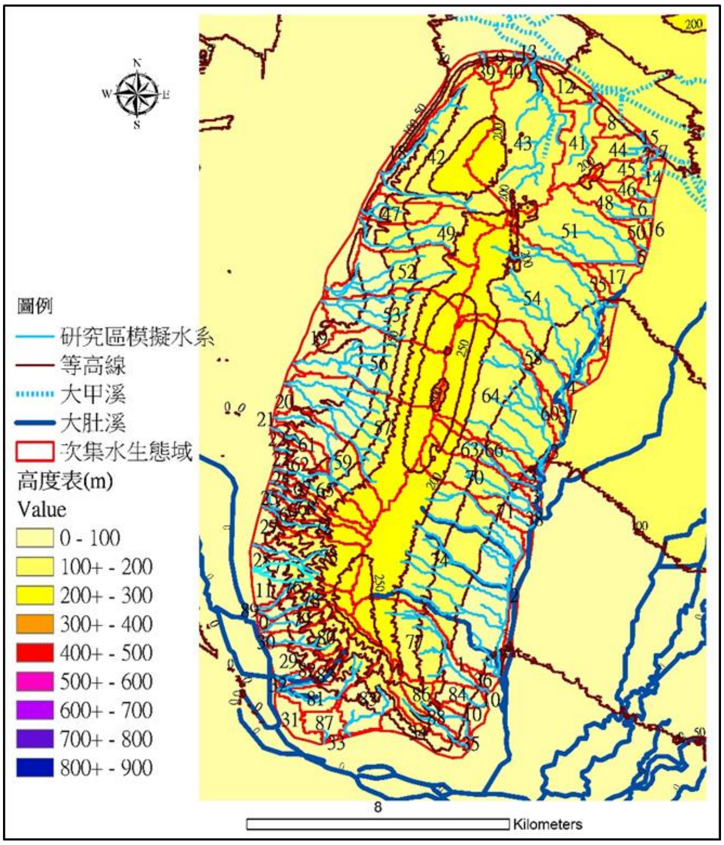


圖 3-5 次集水生態域地景單元

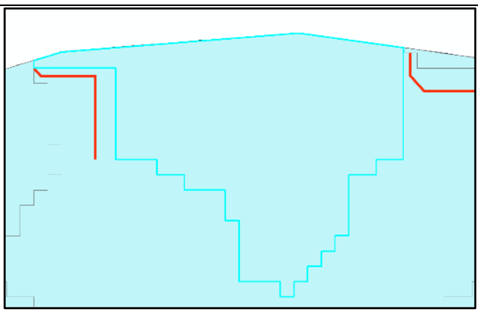
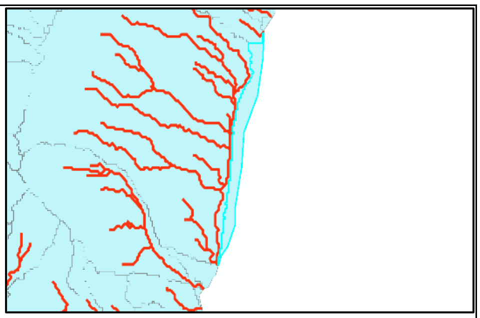
	
a. 北側陡坡面區塊	b.東南側河床區塊

圖 3-6 最小生態集水單元非模擬集水區塊劃分舉例

肆、 分析結果與研究發現

*4.1*淹水事件與次集水生態域 S 之比對

本研究以次集水生態域進一步審視認定此一等級是否為一適當的地景單元，可適當表現生態系統服務功能的變化，並與近年淹水地點作比對，比較其 S 流失較大的次集水生態域下游低處是否也為淹水地點。

1. 總量與變異分析

由表 4-1 可知 S 累計最大值在 2003 年約為 1104707㎥，位於 74 區，2008 年約為 1088935 ㎥，2014 年約為 1070498 ㎥，皆位於 74 區，代表其提供總涵養水源、淨化水質功能、植物與動物棲地供水等生態系統服務功能總量為最高者，在圖 4-1 (A)(B)(C)皆為最深藍區塊。2003 年至 2008 年間流失-15772 ㎥，衰退幅度 1.43%，2008 年至 2014 年間流失-1843 ㎥，衰退幅度-1.69%；2003 年至 2014 年間共流失-34209 ㎥，衰退幅度-3.10%。74 區流失總量也是最高區塊，在圖 4-2(A)(B)(C)各時期皆呈現橘紅、深紅色塊，為最需要進行水源保育的區塊。

在 90 個區塊中，就保水總量而言最高總量前三名依序為:74 區、56 區、57 區，這三區也是流失量最大的三區，見表 4-1，在圖 4-2 各時期中呈現橘色、橘紅色及紅色區塊，應針對這三區進行立即性的保水復育措施。

74 區為前述中工以及中精工業區所在地，2003~2014 年中精工業區及其周邊土地的開發，在前述的地景生態分析中提及，土地利用變化造成流失量持續增加，政府單位應對於該區進行積極有效作為。

56 區 S 累計在 2003 年約為 724076 ㎥， 2008 年約為 711146 ㎥，2014 年約為 698044 ㎥，為各區保水能力第二高者，代表其提供總涵養水源、淨化水質功能、植物與動物棲地供水服務功能總量為次高，在圖 4-1 (A)(B)(C)皆為次深藍區塊。2003 年至 2008 年間流失-12930 ㎥，衰退幅度-1.79%，2008 年至 2014 年間流失-13102 ㎥，衰退幅度-1.84%；2003 年至 2014 年間共流失-26032 ㎥，衰退幅度-3.60%。56 區為北勢溪流域區塊，在北起靜宜大學、南至弘光大學、東起台中都

會公園西側、西至沙田路間，十餘年間該區旱田與果樹大多經歷過轉變成開發荒地到建地的過程而使得 S 流失量增加，在前期的流失量較後期為多，顯示在 2003~2008 年間該區的土地利用轉向保水較差的地景，如果樹轉變成建地，抑或是旱田變成荒地等，在台地西側該區為流失總量最多的一區，應優先進行森林保水復育。

57 區 S 累計在 2003 年約為 626044 m^3， 2008 年約為 618382 m^3，2014 年約為 607184 m^3，為各區保水能力第三高者，代表其提供服務功能總量為第三高，在圖 4-1 (A)(B)(C)皆為次深藍區塊。2003 年至 2008 年間流失-7662 立方公尺，衰退幅度-1.22%，2008 年至 2014 年間流失-11198 立方公尺，衰退幅度-1.81%；2003 年至 2014 年間共流失-18860 立方公尺，衰退幅度-3.01%。57 區為龍井交流道北側南勢溪流域區塊，在交流道開闢的數十年間，北側旱田與果樹大多經歷過轉變成開發荒地到建地的過程而使得 S 流失量增加，在前期的流失量較後期為多，顯示在 2003~2008 年間該區的土地利用轉向保水較差的地景，如果樹轉變成建地，抑或是旱田變成荒地等。

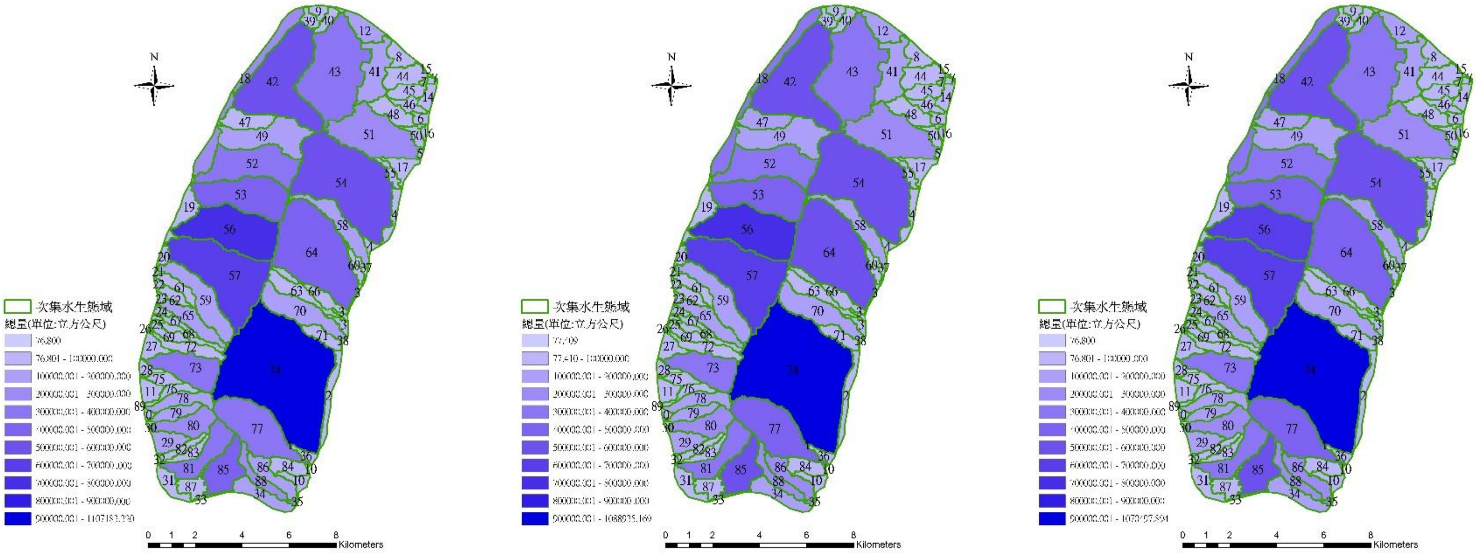
表 4-1 2003 年、2008 年與 2014 年次集水生態域 S 數值資訊

編號	2003 年 (m^3)	2008 年 (m^3)	2014 年 (m^3)	2008 年減 2003 年差值(m^3)	2014 年減 2008 年差值(m^3)	2014 年減 2003 年差值(m^3)	2008~2003 變化幅度	2014~2008 變化幅度	2014~2003 變化幅度
0	8435	8324	8266	-111	-58	-169	-1.32%	-0.70%	-2.00%
1	77	77	77	0	0	0	0.00%	0.00%	0.00%
2	62269	62544	61577	275	-967	-692	0.44%	-1.55%	-1.11%
3	29227	29302	26855	75	-2447	-2372	0.26%	-8.35%	-8.12%
4	55172	57479	56122	2307	-1357	950	4.18%	-2.36%	1.72%
5	6084	6154	5536	70	-618	-548	1.15%	-10.04%	-9.01%
6	16893	16255	16134	-638	-121	-759	-3.78%	-0.74%	-4.49%
7	6589	6313	6209	-276	-104	-380	-4.19%	-1.65%	-5.77%
8	59809	59956	57331	147	-2625	-2478	0.25%	-4.38%	-4.14%
9	76331	74816	76329	-1515	1513	-2	-1.98%	2.02%	0.00%
10	51420	51393	49219	-27	-2174	-2201	-0.05%	-4.23%	-4.28%
11	60181	59296	57587	-885	-1709	-2594	-1.47%	-2.88%	-4.31%
12	114330	114622	110129	292	-4493	-4201	0.26%	-3.92%	-3.67%
13	4974	4993	4972	19	-21	-2	0.38%	-0.42%	-0.04%
14	39914	42820	42142	2906	-678	2228	7.28%	-1.58%	5.58%
15	4266	4734	4714	468	-20	448	10.97%	-0.42%	10.50%
16	8756	8761	8701	5	-60	-55	0.06%	-0.68%	-0.63%
17	63289	64424	63932	1135	-492	643	1.79%	-0.76%	1.02%
18	299505	327943	326469	28438	-1474	26964	9.50%	-0.45%	9.00%
19	73479	68842	68271	-4637	-571	-5208	-6.31%	-0.83%	-7.09%
20	13856	15070	15014	1214	-56	1158	8.76%	-0.37%	8.36%
21	5292	5323	5289	31	-34	-3	0.59%	-0.64%	-0.06%
22	11141	11215	11146	74	-69	5	0.66%	-0.62%	0.04%
23	15160	15063	15005	-97	-58	-155	-0.64%	-0.39%	-1.02%
24	14487	14352	14269	-135	-83	-218	-0.93%	-0.58%	-1.50%
25	10481	10129	10086	-352	-43	-395	-3.36%	-0.42%	-3.77%
26	1336	1346	1320	10	-26	-16	0.75%	-1.93%	-1.20%
27	52902	50222	49557	-2680	-665	-3345	-5.07%	-1.32%	-6.32%
28	33294	34793	34615	1499	-178	1321	4.50%	-0.51%	3.97%
29	127305	126874	126323	-431	-551	-982	-0.34%	-0.43%	-0.77%
30	2751	2772	2752	21	-20	1	0.76%	-0.72%	0.04%
31	68551	67883	64924	-668	-2959	-3627	-0.97%	-4.36%	-5.29%
32	2888	2914	2893	26	-21	5	0.90%	-0.72%	0.17%

33	5249	5166	5038	-83	-128	-211	-1.58%	-2.48%	-4.02%
34	149605	150010	148657	405	-1353	-948	0.27%	-0.90%	-0.63%
35	1782	1739	1580	-43	-159	-202	-2.41%	-9.14%	-11.34%
36	29669	29644	28978	-25	-666	-691	-0.08%	-2.25%	-2.33%
37	15266	15467	13823	201	-1644	-1443	1.32%	-10.63%	-9.45%
38	1515	1527	1507	12	-20	-8	0.79%	-1.31%	-0.53%
39	59164	57752	58645	-1412	893	-519	-2.39%	1.55%	-0.88%
40	52242	52382	52439	140	57	197	0.27%	0.11%	0.38%
41	173902	171426	161602	-2476	-9824	-12300	-1.42%	-5.73%	-7.07%
42	573574	572790	569117	-784	-3673	-4457	-0.14%	-0.64%	-0.78%
43	340843	338312	331028	-2531	-7284	-9815	-0.74%	-2.15%	-2.88%
44	90550	91006	89669	456	-1337	-881	0.50%	-1.47%	-0.97%
45	54735	55252	53791	517	-1461	-944	0.94%	-2.64%	-1.72%
46	29401	29591	28837	190	-754	-564	0.65%	-2.55%	-1.92%
47	94694	105580	103963	10886	-1617	9269	11.50%	-1.53%	9.79%
48	52682	52224	51320	-458	-904	-1362	-0.87%	-1.73%	-2.59%
49	176706	178301	177243	1595	-1058	537	0.90%	-0.59%	0.30%
50	29065	29375	29142	310	-233	77	1.07%	-0.79%	0.26%
51	214323	218871	216205	4548	-2666	1882	2.12%	-1.22%	0.88%
52	369150	359413	352224	-9737	-7189	-16926	-2.64%	-2.00%	-4.59%
53	469297	452359	456557	-16938	4198	-12740	-3.61%	0.93%	-2.71%
54	596425	587708	578284	-8717	-9424	-18141	-1.46%	-1.60%	-3.04%
55	35109	36530	36296	1421	-234	1187	4.05%	-0.64%	3.38%
56	724076	711146	698044	-12930	-13102	-26032	-1.79%	-1.84%	-3.60%
57	626044	618382	607184	-7662	-11198	-18860	-1.22%	-1.81%	-3.01%
58	122304	111777	110121	-10527	-1656	-12183	-8.61%	-1.48%	-9.96%
59	166342	165870	164194	-472	-1676	-2148	-0.28%	-1.01%	-1.29%
60	29063	31329	29590	2266	-1739	527	7.80%	-5.55%	1.81%
61	57225	56529	57144	-696	615	-81	-1.22%	1.09%	-0.14%
62	30298	30137	30480	-161	343	182	-0.53%	1.14%	0.60%
63	62978	71457	70737	8479	-720	7759	13.46%	-1.01%	12.32%
64	494353	500630	491072	6277	-9558	-3281	1.27%	-1.91%	-0.66%
65	102761	101104	104194	-1657	3090	1433	-1.61%	3.06%	1.39%
66	50218	54725	53207	4507	-1518	2989	8.97%	-2.77%	5.95%
67	23438	23441	23266	3	-175	-172	0.01%	-0.75%	-0.73%
68	37342	34024	33876	-3318	-148	-3466	-8.89%	-0.43%	-9.28%
69	27937	27907	27693	-30	-214	-244	-0.11%	-0.77%	-0.87%

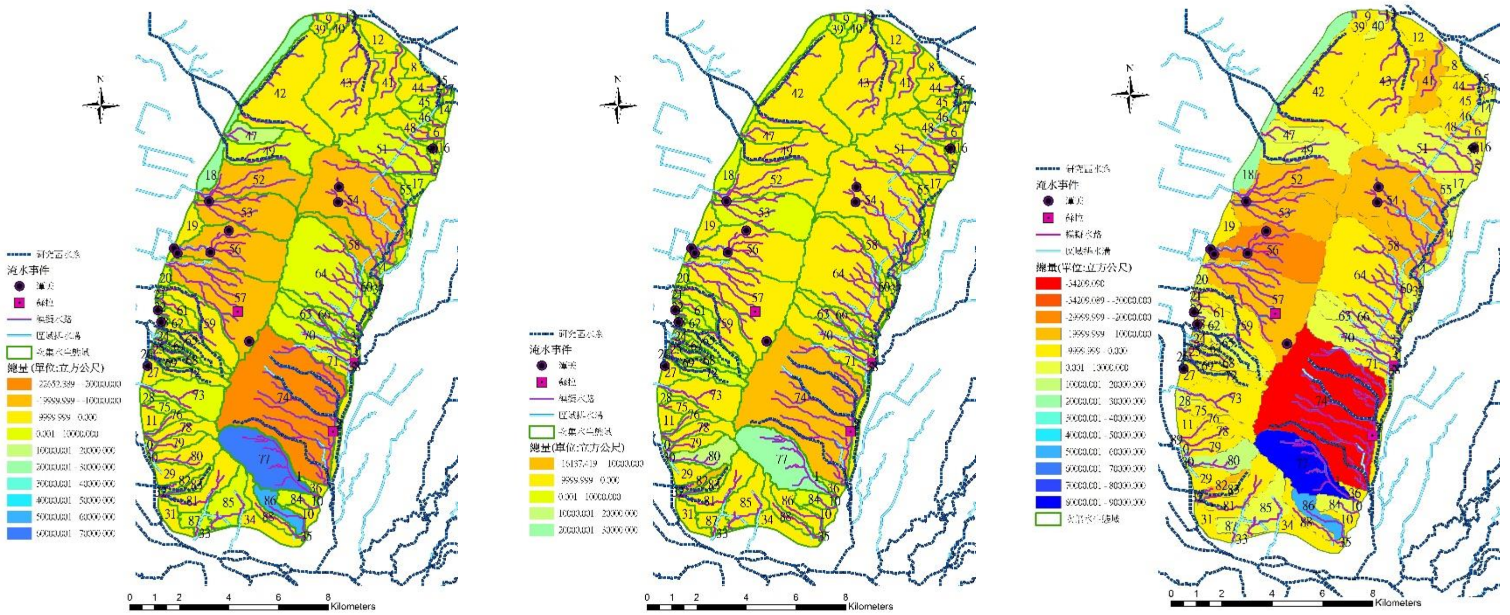
70	147771	150223	149021	2452	-1202	1250	1.66%	-0.80%	0.85%
71	47775	43586	42534	-4189	-1052	-5241	-8.77%	-2.41%	-10.97%
72	46937	44363	44017	-2574	-346	-2920	-5.48%	-0.78%	-6.22%
73	323364	328218	323258	4854	-4960	-106	1.50%	-1.51%	-0.03%
74	1104707	1088935	1070498	-15772	-18437	-34209	-1.43%	-1.69%	-3.10%
75	56884	57274	56802	390	-472	-82	0.69%	-0.82%	-0.14%
76	87407	87674	84640	267	-3034	-2767	0.31%	-3.46%	-3.17%
77	345869	414697	435389	68828	20692	89520	19.90%	4.99%	25.88%
78	156179	156362	155039	183	-1323	-1140	0.12%	-0.85%	-0.73%
79	114102	114452	113405	350	-1047	-697	0.31%	-0.91%	-0.61%
80	252591	253289	263848	698	10559	11257	0.28%	4.17%	4.46%
81	348888	348520	346632	-368	-1888	-2256	-0.11%	-0.54%	-0.65%
82	75777	76009	59626	232	-16383	-16151	0.31%	-21.55%	-21.31%
83	77247	77388	71610	141	-5778	-5637	0.18%	-7.47%	-7.30%
84	78470	78971	78634	501	-337	164	0.64%	-0.43%	0.21%
85	497248	502781	501413	5533	-1368	4165	1.11%	-0.27%	0.84%
86	196391	250268	249655	53877	-613	53264	27.43%	-0.24%	27.12%
87	61157	62536	61498	1379	-1038	341	2.25%	-1.66%	0.56%
88	247820	247517	246704	-303	-813	-1116	-0.12%	-0.33%	-0.45%
89	235	236	235	1	-1	0	0.43%	-0.42%	0.00%

註：表中 S 變動量、S 變動幅度、 S /m^2 變動量正號代表較之前年段增加，負號代表較前一年段減少。



(A) 2003 年　　(B)2008　　(C)2014 年

圖 4-1 各時期次集水生態域 S 分布



(A) 2008 年減 2003 年　　(B) 2014 年減 2008 年　　(C)2014 年減 2003 年

圖 4-2 各時期集水生態域 S 差值分布圖

2. 單位面積S增減量與變化幅度

單位面積S值、單位面積S變動量、單位面積變動幅度,如表4-2、圖4-3、圖4-4、圖4-5。若就單位面積保水能力分析，在2003~2014年88區、9區、85區依序皆為保水能力前三高者。若就單位面積保水能力分析，88區為單位面積保水能力最佳者，區內平均S值2003年為204.07mm，2008年為203.82mm，2014年為203.15mm，該區位於成功嶺西側保安林地,陡坡下開發日漸劇烈,相關單位應特別注意;9區為單位面積保水能力次佳者，S值2003年為195.66mm，2008年為191.76mm，2014年為195.64mm，該區位於台地東北側陡坡保安林地，屬大甲溪集水域，該區南側長年為旱田區，應確保其農地農用，禁止違法工廠增建，避免水土流失。85區為單位面積保水能力第三佳者，S值2003年為187.33mm，2008年為189.41 mm，2014年為188.90mm，該區位於台地南側陡坡保安林地，屬大肚溪集水域，該區北側長年為軍事管制區，軍方應確保其保安林開發後復育植被，避免產生明顯水土流失，南側多為水田以及建地，應禁止違法工廠增建。

此外單位面積保水能力最差者,2003~2014年三時期皆為26區、72區、43區，依序為保水能力前三差者。若就單位面積保水能力分析，26區為單位面積保水能力最差者，區內平均S值2003年為29.17mm，2008年為29.39mm，2014年為28.82mm，該區位於龍井幼稚園竹坑分班附近，陡坡且開發多為建地及少快處荒地，相關單位應特別注意;72區為單位面積保水能力次差者,S值2003年為36.81 mm，2008年為34.79mm，2014年為34.52mm，該區位於26區南側竹坑北坑陡坡，屬西側荒溪集水域，該區東側高處長年為旱田及建地區，應確保其農地農用，禁止違法工廠增建，避免水土流失；中段為草生荒地，政府單位應針對該處積極復育保安林地，而西側則至沙田路建地段，南側27區有淹水紀錄，且經高程分析72區最低處匯集點較27區為高，山腳大排雖有排水功能，若道路小排水溝無法有效排入大排或時雨量過大，很容易因排水功能不佳使西側低窪地再度淹水。43區為單位面積保水能力第三差者，S值2003年為38.55mm，2008年為38.26mm，2014年為37.44mm，該區位於台地北側緩坡清泉崗機場北側，屬大甲溪集水域，該區南側長年為軍事管制區，軍方應確保其保水復育植被能有所增加，避免產生明顯水土流失，北側多為旱田以及工廠建地，應禁止違法工廠增建。

若就單位面積S值增加量分析，86區為單位面積保水增加量最佳者，區內平均S值2003年為136.69mm，2008年為174.18mm，2014年為173.76mm，2003~2014年增加37.07 mm，該區東南側低處乃成功嶺軍事區南，因西北側高地2003年為荒地後改為其它林地，且面積甚廣，對保水貢獻良多；77 區為單位面積保水增量次佳者，S 值2003年為64.93 mm，2008年為77.86mm，2014年為81.74 mm，該區增加原因與86區相類似，東南側低處乃成功嶺軍事區北，因西北側高地2003年為荒地後改為其它林地，對該區保水有所貢獻。15區為單位面積保水增量第三佳者，S 值 2003 年為 107.89mm，2008 年為119.35mm，2014 年為 118.82mm，該區位於台地北側國道四號神岡交流道西側大甲溪河床，該區面積不大，卻是河床地景變化下，保水量增加的參考，區塊內因旱田改為果樹而使得單位面積保水量增加。

若就單位面積S值衰退量分析，82區、83區、35區，依序為單位面積保水衰退量前三高者，如表4-2。82區為單位面積S值衰退量最高者， S值2003年為126.29mm，2008年為126.68mm，2014年為99.38mm，2003~2014年衰退-26.92 mm。該區位於大忠國小附近，東側陡坡現正開發為建而有多處荒地，相關單位應特別注意，極有可能造成西側低窪處排水宣洩不易而淹水；83 區為單位面積 S 值衰退量次高者，S值2003 年為116.90 mm，2008 年為117.11 mm，2014 年為108.37 mm，2003~2014年衰退-8.53mm。該區位於大肚區福山里附近，屬西側荒溪集水域，該區東側高處長年為墓地，西側低地平緩水田及農地，有違法工廠增建，恐造成西側最低漥處雨季來時排水不及，社子腳坑支線大排雖有排水功能，但其位置在最西側，若道路小排水溝無法有效排入大排或時雨量過大，很容易因東側陡坡進入西側住宅建地區時，地表逕流累積排水功能不佳使西側低窪地再度淹水。35區為單位面積衰退量第三高者，S值2003年為67.90mm，2008年為66.15 mm，2014年為60.11 mm，2003~2014年衰退-7.79mm。該區位於台地東南側南灣中油加油站三合分站，鄰近王田圳，該區面積僅2.6公頃，衰退原因為有近半水田改為工廠用地，該區塊是典型台地東側隨經濟發展下，優良農地變遷為工廠用地地代表。

若就單位面積S值流失率分析，82區、35區、71區依序為2003年~2014年流失變化率前三高。82區為單位面積S值流失率最高者，區內平均S值2003年為126.29mm，2008年為126.68 mm，2014年為99.38 mm，2003~2014年衰退-21.31%。該區也是S值衰退量最高者，

於大忠國小附近，東側陡坡現正開發為建而有多處荒地，相關單位應特別注意，極有可能造成西側低窪處排水宣洩不易而淹水；35 區為單位面積流失率次高者，位於台地東南側南灣中油加油站三合分站，鄰近王田圳，其單位面積流失量如前所述也是第三高。71 區為單位面積流失率第三高者，S 值 2003 年為 55.33 mm，2008 年為 50.48 mm，2014 年為 49.26 mm，該區位於台灣大道南側烏溪沿岸，西起東海牧場，東至虹揚橋，南臨 74 區，屬大肚溪集水域，該區十餘年間由水田快速的都市開發，形成大區塊人為建地，中市政府應確保其保水復育植被能有所增加，抑或建置有效道路排水，避免產生排水不良而積水成災。

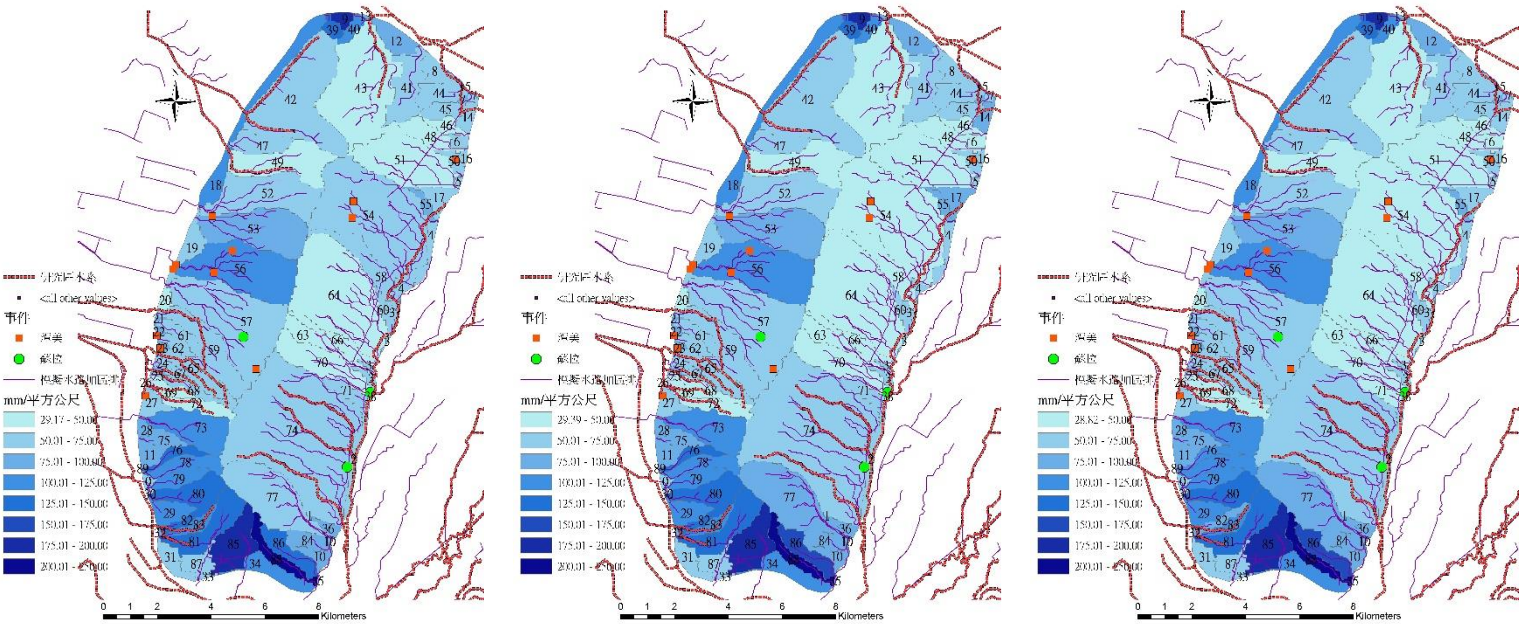
若就單位面積 S 值增加率分析，86 區、77 區、63 區依序為 2003 年~2014 年增加變化率前三高，86 區、77 區單位面積 S 值增加量前二名最高者。86 區 2003~2014 年增加 27.12%，77 區增加 25.88%，63 區 S 值 2003 年為 43.41 mm，2008 年為 49.26 mm，2014 年為 48.76 mm，增加幅度 12.32%，位於同安坑排水幹線的集水區，東南起成功嶺，西北至望高寮觀景台，該處就人為開發面積而言，有增加的情況，但因在高度較高的溫泉路南側，將荒地改變為其他林地，使得保水量大增，對該區保水貢獻頗多。

表 4-2 三時期次集水生態域單位面積 S 資訊

編號	2003 年 (mm/m2)	2008 年 (mm/m2)	2014 年 (mm/m2))	2008 年減 2003 年差值 (mm/m2)	2014 年減 2008 年差值 (mm/m2)	2014年減2003 年差值 (mm/m2)	2008~2003 變化幅度 (%)	2014~2008 變化幅度 (%)	2014~2003 變化幅度 (%)
0	52.67	51.97	51.60	-0.7	-0.37	-1.07	-1.33%	-0.70%	-2.02%
1	48.00	48.38	48.00	0.38	-0.38	0	0.79%	-0.79%	0.00%
2	58.78	59.03	58.12	0.25	-0.91	-0.66	0.42%	-1.55%	-1.13%
3	56.42	56.55	51.83	0.13	-4.72	-4.59	0.22%	-8.35%	-8.15%
4	58.73	61.16	59.72	2.43	-1.44	0.99	4.14%	-2.36%	1.68%
5	72.78	73.56	66.18	0.78	-7.38	-6.6	1.08%	-10.04%	-9.07%
6	51.01	49.08	48.71	-1.93	-0.37	-2.3	-3.79%	-0.75%	-4.51%
7	79.82	76.48	75.21	-3.34	-1.27	-4.61	-4.19%	-1.65%	-5.77%
8	69.86	70.02	66.96	0.16	-3.06	-2.9	0.24%	-4.38%	-4.15%
9	195.66	191.76	195.64	-3.9	3.88	-0.02	-2.00%	2.02%	-0.01%
10	85.15	85.08	81.48	-0.07	-3.6	-3.67	-0.08%	-4.23%	-4.31%
11	82.26	81.03	78.69	-1.23	-2.34	-3.57	-1.49%	-2.88%	-4.33%
12	91.36	91.59	88.00	0.23	-3.59	-3.36	0.25%	-3.92%	-3.68%
13	88.83	89.08	88.72	0.25	-0.36	-0.11	0.28%	-0.40%	-0.12%
14	70.52	75.64	74.44	5.12	-1.2	3.92	7.25%	-1.58%	5.56%
15	107.89	119.35	118.82	11.46	-0.53	10.93	10.62%	-0.44%	10.13%
16	54.95	54.95	54.58	0	-0.37	-0.37	0.01%	-0.68%	-0.67%
17	74.10	75.40	74.82	1.3	-0.58	0.72	1.75%	-0.76%	0.98%
18	101.08	110.65	110.15	9.57	-0.5	9.07	9.47%	-0.45%	8.98%
19	62.14	58.21	57.73	-3.93	-0.48	-4.41	-6.33%	-0.83%	-7.10%
20	41.70	45.34	45.17	3.64	-0.17	3.47	8.73%	-0.38%	8.32%
21	83.75	84.22	83.67	0.47	-0.55	-0.08	0.56%	-0.65%	-0.09%
22	81.63	82.13	81.63	0.5	-0.5	0	0.61%	-0.61%	0.00%
23	92.09	91.48	91.12	-0.61	-0.36	-0.97	-0.66%	-0.39%	-1.05%
24	66.88	66.21	65.83	-0.67	-0.38	-1.05	-1.00%	-0.57%	-1.57%
25	96.15	92.90	92.51	-3.25	-0.39	-3.64	-3.38%	-0.42%	-3.78%
26	29.17	29.39	28.82	0.22	-0.57	-0.35	0.77%	-1.94%	-1.19%
27	67.01	63.62	62.78	-3.39	-0.84	-4.23	-5.07%	-1.32%	-6.32%
28	83.34	87.09	86.65	3.75	-0.44	3.31	4.50%	-0.51%	3.96%
29	114.69	114.29	113.80	-0.4	-0.49	-0.89	-0.35%	-0.43%	-0.78%
30	49.15	49.51	49.17	0.36	-0.34	0.02	0.74%	-0.70%	0.03%
31	72.88	72.15	69.00	-0.73	-3.15	-3.88	-1.00%	-4.36%	-5.31%
32	78.81	79.44	78.87	0.63	-0.57	0.06	0.80%	-0.72%	0.08%

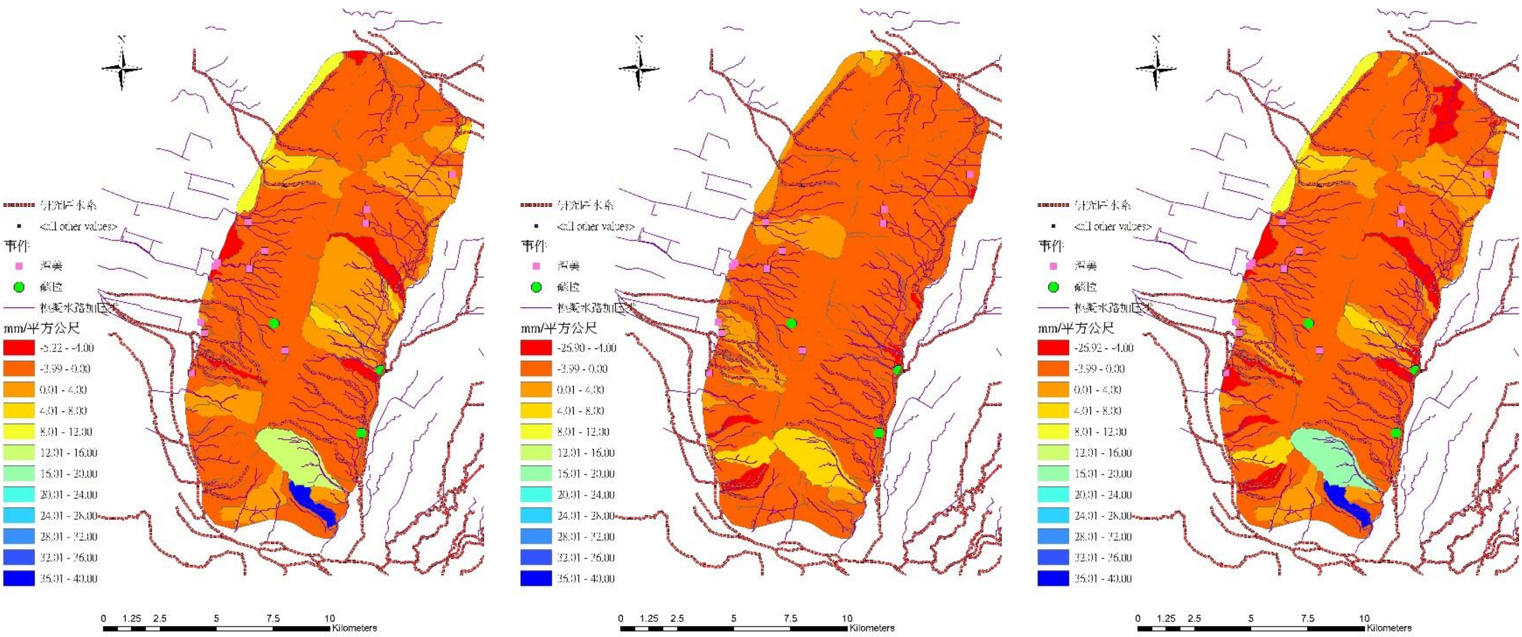
33	72.83	71.59	69.81	-1.24	-1.78	-3.02	-1.70%	-2.48%	-4.15%
34	101.48	101.74	100.82	0.26	-0.92	-0.66	0.25%	-0.90%	-0.65%
35	67.90	66.15	60.11	-1.75	-6.04	-7.79	-2.58%	-9.13%	-11.47%
36	84.21	84.13	82.24	-0.08	-1.89	-1.97	-0.10%	-2.25%	-2.34%
37	69.46	70.36	62.88	0.9	-7.48	-6.58	1.30%	-10.63%	-9.47%
38	40.16	40.48	39.95	0.32	-0.53	-0.21	0.78%	-1.31%	-0.53%
39	136.95	133.68	135.75	-3.27	2.07	-1.2	-2.39%	1.55%	-0.88%
40	104.32	104.60	104.71	0.28	0.11	0.39	0.27%	0.11%	0.38%
41	66.94	65.99	62.20	-0.95	-3.79	-4.74	-1.42%	-5.73%	-7.07%
42	63.66	63.58	63.17	-0.08	-0.41	-0.49	-0.14%	-0.64%	-0.78%
43	38.55	38.26	37.44	-0.29	-0.82	-1.11	-0.74%	-2.15%	-2.88%
44	65.20	65.53	64.57	0.33	-0.96	-0.63	0.50%	-1.47%	-0.97%
45	57.69	58.24	56.70	0.55	-1.54	-0.99	0.94%	-2.64%	-1.73%
46	45.95	46.25	45.07	0.3	-1.18	-0.88	0.65%	-2.55%	-1.92%
47	66.13	73.73	72.60	7.6	-1.13	6.47	11.50%	-1.53%	9.79%
48	38.65	38.31	37.65	-0.34	-0.66	-1	-0.87%	-1.73%	-2.59%
49	45.47	45.88	45.61	0.41	-0.27	0.14	0.90%	-0.59%	0.30%
50	65.61	66.31	65.78	0.7	-0.53	0.17	1.06%	-0.80%	0.26%
51	38.55	39.37	38.89	0.82	-0.48	0.34	2.12%	-1.22%	0.87%
52	72.17	70.26	68.86	-1.91	-1.4	-3.31	-2.64%	-2.00%	-4.58%
53	90.42	87.15	87.96	-3.27	0.81	-2.46	-3.61%	0.93%	-2.71%
54	50.01	49.28	48.49	-0.73	-0.79	-1.52	-1.46%	-1.60%	-3.04%
55	77.93	81.08	80.56	3.15	-0.52	2.63	4.05%	-0.64%	3.38%
56	110.08	108.12	106.12	-1.96	-2	-3.96	-1.79%	-1.84%	-3.60%
57	72.18	71.29	70.00	-0.89	-1.29	-2.18	-1.22%	-1.81%	-3.01%
58	54.60	49.90	49.16	-4.7	-0.74	-5.44	-8.61%	-1.48%	-9.96%
59	51.67	51.53	51.00	-0.14	-0.53	-0.67	-0.28%	-1.01%	-1.29%
60	64.51	69.54	65.68	5.03	-3.86	1.17	7.80%	-5.55%	1.82%
61	71.10	70.24	71.00	-0.86	0.76	-0.1	-1.22%	1.09%	-0.14%
62	54.89	54.60	55.22	-0.29	0.62	0.33	-0.53%	1.14%	0.60%
63	43.41	49.26	48.76	5.85	-0.5	5.35	13.46%	-1.01%	12.32%
64	49.07	49.70	48.75	0.63	-0.95	-0.32	1.27%	-1.91%	-0.66%
65	58.44	57.50	59.26	-0.94	1.76	0.82	-1.61%	3.06%	1.39%
66	45.69	49.79	48.40	4.1	-1.39	2.71	8.97%	-2.77%	5.95%
67	52.32	52.32	51.93	0	-0.39	-0.39	0.01%	-0.74%	-0.73%
68	50.63	46.13	45.93	-4.5	-0.2	-4.7	-8.89%	-0.44%	-9.28%
69	46.31	46.26	45.91	-0.05	-0.35	-0.4	-0.11%	-0.77%	-0.87%

70	47.95	48.75	48.36	0.8	-0.39	0.41	1.66%	-0.80%	0.85%
71	55.33	50.48	49.26	-4.85	-1.22	-6.07	-8.77%	-2.41%	-10.97%
72	36.81	34.79	34.52	-2.02	-0.27	-2.29	-5.48%	-0.78%	-6.22%
73	100.55	102.06	100.52	1.51	-1.54	-0.03	1.50%	-1.51%	-0.03%
74	57.77	56.95	55.98	-0.82	-0.97	-1.79	-1.43%	-1.69%	-3.10%
75	89.78	90.39	89.65	0.61	-0.74	-0.13	0.69%	-0.82%	-0.15%
76	127.94	128.33	123.89	0.39	-4.44	-4.05	0.31%	-3.46%	-3.17%
77	64.93	77.86	81.74	12.93	3.88	16.81	19.90%	4.99%	25.88%
78	111.68	111.81	110.87	0.13	-0.94	-0.81	0.12%	-0.85%	-0.73%
79	116.15	116.50	115.44	0.35	-1.06	-0.71	0.31%	-0.91%	-0.61%
80	126.40	126.75	132.03	0.35	5.28	5.63	0.28%	4.17%	4.46%
81	129.64	129.50	128.80	-0.14	-0.7	-0.84	-0.11%	-0.54%	-0.65%
82	126.29	126.68	99.38	0.39	-27.3	-26.91	0.31%	-21.55%	-21.31%
83	116.90	117.11	108.37	0.21	-8.74	-8.53	0.18%	-7.47%	-7.30%
84	83.56	84.10	83.74	0.54	-0.36	0.18	0.64%	-0.43%	0.21%
85	187.33	189.41	188.90	2.08	-0.51	1.57	1.11%	-0.27%	0.84%
86	136.69	174.18	173.76	37.49	-0.42	37.07	27.43%	-0.25%	27.12%
87	67.68	69.20	68.05	1.52	-1.15	0.37	2.25%	-1.66%	0.56%
88	204.07	203.82	203.15	-0.25	-0.67	-0.92	-0.12%	-0.33%	-0.45%
89	47.96	48.34	48.14	0.38	-0.2	0.18	0.79%	-0.43%	0.36%



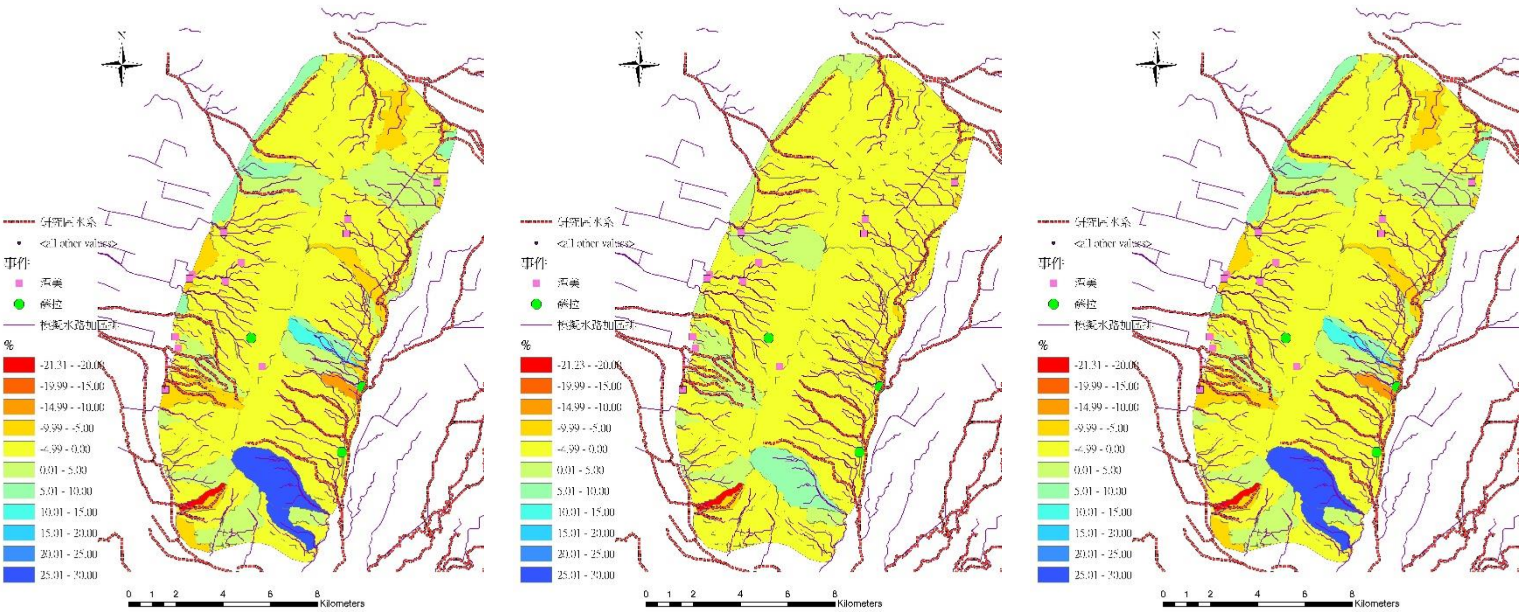
(A) 2003 年　　(B)2008　　(C)2014 年

圖 4-3 各時期次集水生態域單位面積 S 分布



(A) 2008 年減 2003 年　　(B) 2014 年減 2008 年　　(C)2014 年減 2003 年

圖 4-4 各時期次集水生態域單位面積 S 變動量分布



(A) 2008 年~2003 年　　(B) 2014 年~2008 年　　(C)2014 年~2003 年

圖 4-5 各時期次集水生態域單位面積 S 變動幅度分布

3.淹水事件與 S 相關指標對照

為進一步確認本經驗研究提出之 S 指標是否具有生態系統服務功能的指標性，我們利用比對近年來台地面上的淹水事件點位，與第三級地景層級的 S 相關指標，來確認 S 的相關指標衰退的區域是否也是

淹水事件發生的所在。研究區近年淹水事件點位圖 4-6，表 4-3 所示。

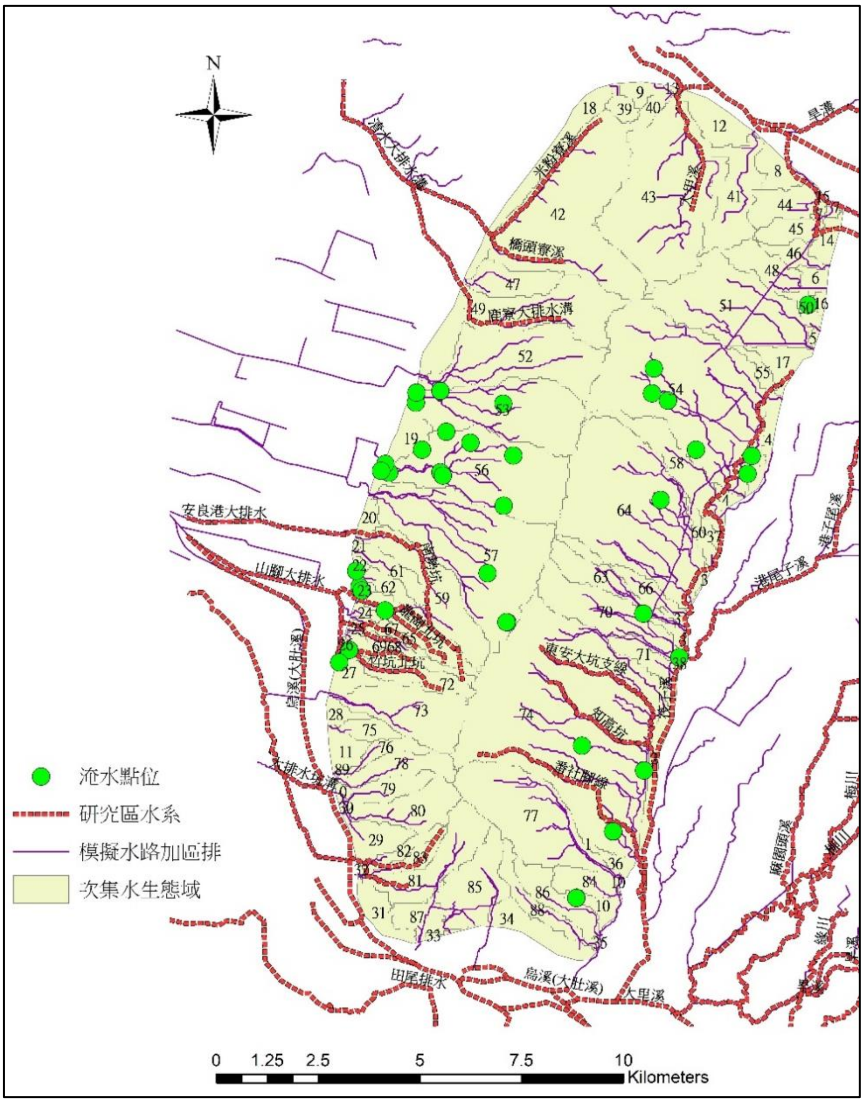


圖 4-6 大肚臺地近年淹水事件點位

在 38 個歷史淹水點位中，八個分布於 56 區最多，五個分布於 54 區次之， 53 區及 74 區排行各有四個分布屬第三多，57 區三個， 19 區、23 區、70 區等各兩個，4 區、10 區、22 區、27 區、50 區、64 區、65 區、72 區等各一個。74 區、56 區、57 區、54 區依序為 S 值 2003 年到 2014 年 S 總流失量排行總量前四多區域，53 區 S 總流失量排行第七。整體來說 S 總流失量排行前十名的區域就有 24 個，約佔淹水點位數量的 63%；64 區、72 區 S 總流失量各排行第十九和第二十名，統計 S 總流失量排行前 20 名的區域就有 26 個，約佔淹水點位數量的 68%。顯示 S 總流失量可做為淹水警戒區域以及生態系統服務

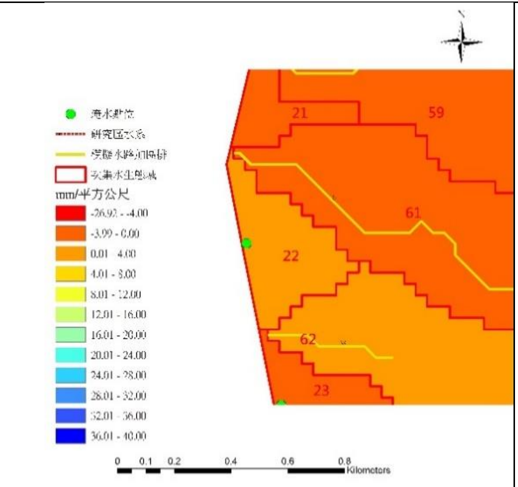
功能的指標，對於保水能力的喪失造成地表逕流的增多而造成淹水的發生具有指標意義。

19 區 S 總流失量排行第十三且單位面積流失量排行第十二；27 區單位面積流失量排行十三，單位面積 S 流失比率排名第十二；10 區單位面積流失量排行第十七，單位面積 S 流失比率排名第十九。分析這幾區面積不大約 60 到 100 公頃左右，且皆屬於次集水生態域中無法透過 ArcSWAT 自動生成模擬水流的邊界陡坡面帶，推測因其單位面積流失量與比率較大，且位於陡坡面入平地低漥處，故 2014 年保水流失產生的地面逕流無法排水，故在這幾區產生淹水。單位面積流失量與單位面積 S 流失比率對於邊坡較陡入平地低處小面積的地景格局，具有評估其生態系統服務功能的指標意義，未來可針對這種情境蒐集更多的相同地景層級進行比對。淹水點位其所在的第三級地景層級 S 總流失量排行前 20 名的區域有 26 個，單位面積流失量、單位面積 S 流失比率排名前 20 名有 4 個，共 30 個淹水點位，佔 38 淹水點位的 79%。故未來若以第三級地景層級下的 S 總流失量、單位面積流失量、單位面積 S 流失比率進行生態系統服務功能的監測與恢復預測，對於保育應用能提供有效的工具。

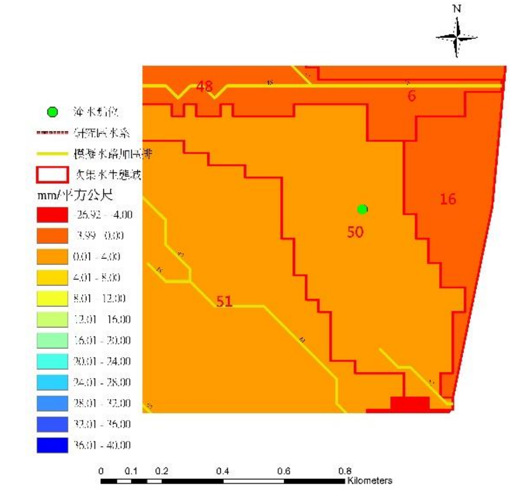
38 個淹水點位中僅六個點位所位在的區域，並非上述 S 總流失量、單位面積流失量、單位面積 S 流失比率為負值的第三級地景區塊，分別為 22 區(1 個)、50 區(1 個)、70 區(2 個)、65 區(1 個)、4 區(1 個)。上述 淹水點位及區域如圖 4-7 。

22 區淹水點位位在龍目井巷，如圖 4-7(A)，為西側陡坡入西部海岸平原地帶，淹水事件為潭美颱風，因該地無大型排水溝渠，推測為豪雨造成馬路排水溝無法有效排水，而造成淹水。50 區淹水點位位在神岡區戶政事務所至菜市場一帶，如圖 4-7(B)，為東側緩坡入台中盆地地區，淹水事件為潭美颱風，該地無大型排水溝渠，推測同樣為豪雨造成馬路排水溝無法有效排水，而造成淹水。70 區右下點為台灣大道與福元路口，如圖 4-7(C)，為台灣大道入市區及國道一號交流道交界，淹水事件為蘇拉颱風，在台灣大道沿線及地下排水道等大型排水溝渠將周遭 63 區、71 區、74 區等高處排水集中至下游台灣大道地下區排，由圖中推測為豪雨造成馬路上之地面積水無法有效

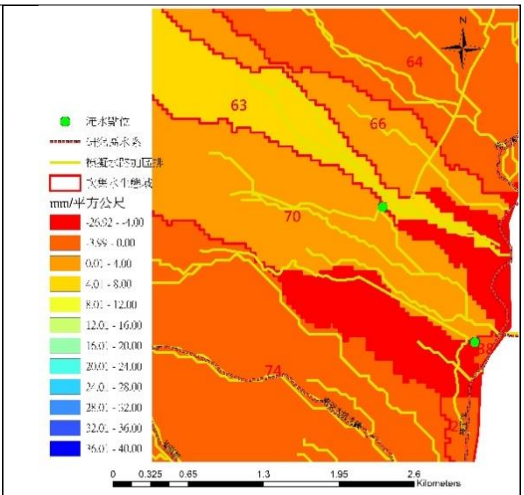
排水，沿台灣大道而到淹水點，而地下區排也因無法吸納集中於此地的地面逕流，而造成淹水；70 區中右點為西屯路三段與宏安巷路口，為周遭 63 區、70 區等區排水集中點，由圖中推測為豪雨造成馬路上之地面積水無法有效排水至區排，區排當時也因高水位因無法吸納集中於此地的地面逕流，而造成淹水。65 區為龍崗北坑下游聚落，如圖 4-7(E)，淹水事件為蘇拉颱風，該地為坡地入西部平原地帶，地勢低窪，坡度平緩，積水不容易排除，造成水患。4 區為大雅文雅里一帶，如圖 4-7(F)，淹水事件為蘇拉颱風，當時大雅區橫山的 24 小時累積降雨量達 610.5 mm(災害防救中心災害事件簿)，該地為近筏子溪河床大雅市區段，地勢低窪，坡度平緩，若是豪大雨路面積水不容易排除，造成水患。



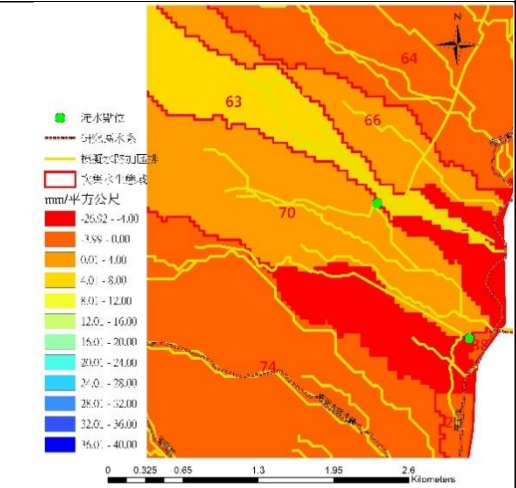
(A) 22 區-龍目井巷



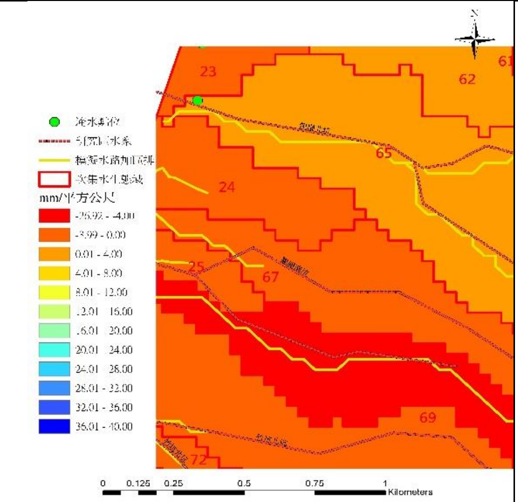
(B) 50 區-神岡戶政事務所



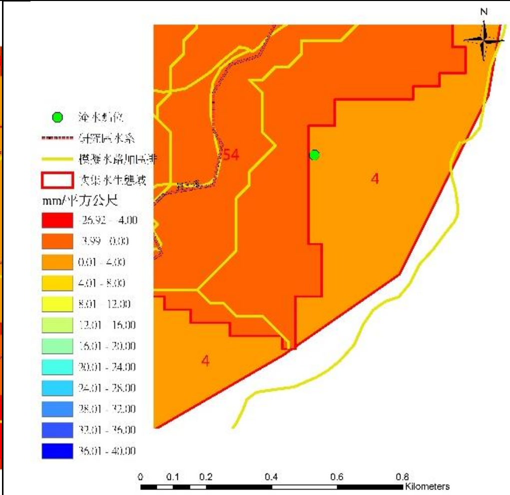
(C)70 區-右下點為台灣大道與福元路口



(D) 70 區-中右點為西屯路三段與宏安巷路口



(E) 65 區-龍崗北坑下游處



(F) 4 區-大雅文雅里

圖 4-7 每平方公尺 S 變化量非負值淹水點位

OBJECTID	事件名	地區	TWD97X	TWD97Y	次集水生態域	2014與2003每平方公尺變化幅度(%)	2014與2003每平方公尺變化(mm)	2014與2003總量變化(立方公尺)
1	蘇力	臺中市南屯區	209743.059117	2672669.53901	74	-3.1	-1.79	-34209.09
2	蘇拉	臺中市龍井區	204905.33368	2675992.86498	65	1.39	0.82	1433.45
3	蘇拉	臺中市龍井區	204027.40961	2675022.98047	72	-6.22	-2.29	-2919.81
4	蘇拉	臺中市沙鹿區	205813.019615	2679938.33402	56	-3.6	-3.96	-26032.27
5	蘇拉	臺中市沙鹿區	208056.779528	2679796.34192	56	-3.6	-3.96	-26032.27
6	蘇拉	臺中市沙鹿區	205661.001366	2681093.40013	19	-7.1	-4.41	-5217.64
7	蘇拉	臺中市沙鹿區	205678.809275	2681342.53604	53	-2.71	-2.45	-12739.98
8	蘇拉	臺中市沙鹿區	207806.606786	2681069.49562	53	-2.71	-2.45	-12739.98
9	蘇拉	臺中市沙鹿區	206408.520143	2680381.00707	53	-2.71	-2.45	-12739.98
10	蘇拉	臺中市沙鹿區	207817.738334	2678563.94018	56	-3.6	-3.96	-26032.27
11	蘇拉	臺中市大雅區	211674.13087	2678706.00762	64	-0.66	-0.33	-3281.46
12	蘇拉	臺中市大雅區	212543.530743	2679938.83978	54	-3.04	-1.52	-18140.72
13	蘇拉	臺中市大雅區	213808.210413	2679348.89809	4	1.69	0.99	930.87
14	蘇力	臺中市大雅區	213913.76	2679784.6781	54	-3.04	-1.52	-18140.72
15	蘇力	臺中市大雅區	211853.4	2681145.6	54	-3.04	-1.52	-18140.72
16	蘇力	臺中市西屯區	211248.63	2675914.10474	70	0.85	0.41	1249.56
17	蘇力	臺中市南屯區	210507.57	2670562.56	74	-3.1	-1.79	-34209.09
18	蘇力	臺中市南屯區	210505.86	2670568.02179	74	-3.1	-1.79	-34209.09
19	蘇力	臺中市烏日區	209602.378433	2668934.53186	10	-4.3	-3.66	-2212.17
20	潭美	臺中市沙鹿區	205004.141895	2679373.59804	56	-3.6	-3.96	-26032.27
21	潭美	臺中市沙鹿區	206264.581843	2679386.49054	56	-3.6	-3.96	-26032.27
22	潭美	臺中市龍井區	204277	2676572	23	-1.04	-0.96	-157.37
23	潭美	臺中市龍井區	207911	2675699	57	-3.01	-2.17	-18859.68
24	潭美	臺中市沙鹿區	207002.717866	2680109.99834	56	-3.6	-3.96	-26032.27
25	潭美	臺中市神岡區	215293.717781	2683493.76135	50	0.26	0.17	75.97
26	潭美	臺中市龍井區	204199.012985	2676963.45368	22	0	0	0.26
27	蘇拉	臺中市沙鹿區	207420.938874	2676905.24523	57	-3.01	-2.17	-18859.68
28	蘇拉	臺中市沙鹿區	212133.230382	2674838.38665	70	0.85	0.41	1249.56
29	蘇拉	臺中市沙鹿區	211269.222959	2672062.5668	74	-3.1	-1.79	-34209.09
30	潭美	臺中市沙鹿	206264.341207	2681384.15398	53	-2.71	-2.45	-12739.98
31	潭美	臺中市沙鹿區	204911.259334	2679587.98233	19	-7.1	-4.41	-5217.64
32	潭美	臺中市沙鹿區	206324.13716	2679301.87898	56	-3.6	-3.96	-26032.27
33	潭美	臺中市沙鹿區	204807.895238	2679419.35422	56	-3.6	-3.96	-26032.27
34	潭美	臺中市龍井區	204330.938729	2676479.65112	23	-1.04	-0.96	-157.37
35	潭美	臺中市龍井區	207883.418056	2675705.30235	57	-3.01	-2.17	-18859.68
36	潭美	臺中市龍井區	203781.486241	2674713.99481	27	-6.32	-4.24	-3345.43
37	潭美	臺中市大雅區	211508.988675	2681932.72452	54	-3.04	-1.52	-18140.72
38	潭美	臺中市大雅區	211464.009419	2681323.29969	54	-3.04	-1.52	-18140.72

表 4-3 研究區近年淹水事件點位表與 S 相關數值

4.2 地景生態指標與最大可能保水量的關聯分析

1.地景生態指標與S總量之R值相關分析

各時期各類型地景在各個次集水生態域所計算出之面積／密度／邊緣指數，以及形狀指數，與各個次集水生態域各時期S總量與單位面積S量之R值相關分析，如下表4-4、表4-5。

由表 4-4 地景比例值(PLAND)可得知，若以各個地景類型在各時期與 S 總量之 R 值相關分析，R 值皆呈現低度相關，除水田為-0.28~-0.30，針葉林為-0.32~-0.42 略比其他類型高外，其餘皆呈現極低度相關，顯示在各個次集水生態域地景類型的比例高低，和S總量並無明顯的相關。各類地景的PLAND比例與其實際面積無關連，而 S 總量的多寡相當程度取決於該類地景所位在的次集水生態域的大小。

地景數量(NP)方面則是各個地景類型都與S總量呈現不同強度的相關。相關程度若以全年段2003年到2014年間分析,荒地最高(0.90)，而後依序為旱田(0.87)、果樹(0.78)、其他林地(0.74)、建地(0.73)等，這五類地景與S總量呈現高度相關，R大於0.7；而後依序為水體(0.67)、公園與墓地(0.61)，闊葉林(0.56)、水田(0.49)、針葉林(0.33)等，皆大於0.3，呈現中度相關。回到各個次集水生態域實際觀察，集水生態域有較大面積，能夠容納的地景類別個數也就較多，實際總量也較大。在保育實務上，NP與S總量的R值相關分析，較無法提供固定面積下地景如何配置對生態系統服務功能有所提升的訊息。區塊密度(PD) 以全年段2003年到2014年間分析，只有針葉林(-0.71)呈現高度相關,單位面積的針葉林數量越少,S總量越高。闊葉林(-0.36)、旱田(-0.37)、水田(-0.34)則呈現中度相關，同樣是單位面積的數量越少，S 總量趨向越高；公園與墓地(-0.16)、水體(-0.26)、其他林地(-0.29)、果樹(-0.29)、建地(-0.27)、荒地(-0.28)等則呈現低度相關。最大區塊指數(LPI)上，水田(-0.31)、

針葉林(-0.37)呈現偏低的中度負相關，其餘地景類別都小於 0.3，呈現低度相關。邊緣密度(ED)也是相同的情形，水田(-0.30)、針葉林(-0.47)呈現偏低的中度相關，其餘地景都小於 0.3，呈現低度相關。由 2003~2014 年平均形狀指數(MSI)與平均碎形維度指數(MPFD)可知，所有地景和 S 總量的 R 相關值都小於 0.3，呈現低度相關。

S 總量的大小受控於各個次集水生態域的面積大小，地景生態指標與之相關性較高者表現在地景數量上。上述可提供的保育訊息為，若在保育敷地面積無限制的情況下，可增加「具保育功能的地景」的數量來提升 S 值。

表 4-4 各時期各類型地景在各個次集水生態域地景生態指標與 S 總量之 R 值

		地景類型									
地景生態指標	年份	公園、墓地	水田	水體	旱田	其它林地	果樹	建地	荒地	針葉林	闊葉林
PLAND(%)	2003	-0.00	-0.29*	-0.19	0.09	-0.01	-0.04	0.04	-0.07	-0.42	0.03
	2008	0.08	-0.28*	-0.18	0.03	-0.06	-0.07	0.05	-0.07	-0.33	0.04
	2014	0.07	-0.30**	-0.18	0.08	-0.06	-0.04	0.06	-0.07	-0.32	0.04
	2003~2014	0.05	-0.29**	-0.18**	0.08	-0.04	-0.05	0.05	-0.07	-0.36**	0.04
NP (N)	2003	0.61**	0.46**	0.66**	0.90**	0.77**	0.80**	0.68**	0.91**	0.33	0.55**
	2008	0.61**	0.50**	0.68**	0.87**	0.76**	0.78**	0.80**	0.90**	0.30	0.57**
	2014	0.60**	0.49**	0.68**	0.87**	0.71**	0.77**	0.80**	0.90**	0.32	0.54**
	2003~2014	0.61**	0.49**	0.67**	0.87**	0.74**	0.78**	0.73**	0.90**	0.33	0.56**
PD(N/100ha)	2003	-0.16	-0.35**	-0.25*	-0.37**	-0.27*	-0.27*	-0.26**	-0.28**	-0.83**	-0.36**
	2008	-0.17	-0.34**	-0.26*	-0.37**	-0.29*	-0.34**	-0.27**	-0.28**	-0.71*	-0.36**
	2014	-0.16	-0.35**	-0.26*	-0.36**	-0.29*	-0.28**	-027*	-0.28**	-0.71*	-0.36**
	2003~2014	-0.16*	-0.34**	-0.26**	-0.37**	-0.29**	-0.29**	-0.27**	-0.28**	-0.75**	-0.36**
LPI(%)	2003	-0.08	-0.31**	-0.23*	-0.17**	-0.08	-0.20	0.08	-0.18	-0.43	-0.00
	2008	-0.03	-0.31**	-0.23*	-0.20	-0.11	-0.20	0.12	-0.18	-0.34	0.00
	2014	-0.05	-0.31**	-0.22	-0.20	-0.12	-0.17	0.12	-0.20	-0.34	0.00
	2003~2014	-0.05	-0.31**	-0.22**	-0.18**	-0.11	-0.19**	0.11	-0.19**	-0.37*	0.00
ED(m/ha)	2003	-0.07	-0.30*	-0.27*	-0.09*	-0.05	-0.13	-0.27**	-0.19**	-0.53	-0.20
	2008	-0.02	-0.29*	-0.29*	-0.16	-0.11	-0.17	-0.28**	-0.15	-0.44	-0.18
	2014	-0.02	-0.32**	-0.28*	-0.14	-0.11	-0.15	-0.28**	-0.15	-0.44	-0.17
	2003~2014	-0.04	-0.30**	-0.28**	-0.12*	-0.09	-0.15*	-0.28**	-0.16**	-0.47**	-0.19**
MSI	2003	-0.01	0.10	0.49**	0.21**	0.21	0.15	-0.30**	0.16**	0.05	0.07
	2008	0.01	0.16	0.45**	0.14	0.23	0.18	-0.31**	0.20	0.23	0.07
	2014	0.00	0.11	0.43**	0.15	0.25	0.18	-0.31**	0.19	0.24	0.08
	2003~2014	0.00	0.12	0.46**	0.17**	0.23**	0.17**	-0.31**	0.18**	0.18	0.07
MPFD	2003	-0.11	0.14	0.30**	-0.09	0.02	-0.06	-0.28**	0.01	0.01	-0.10
	2008	-0.08	0.14	0.27*	-0.12	0.03	0.02	-0.26*	0.02	0.23	-0.13
	2014	-0.09	-0.02	0.24*	-0.08	0.06	-0.03	-0.26*	0.03	0.22	-0.13
	2003~2014	-0.09	0.09	0.27**	-0.10	0.08	-0.02	-0.27**	0.02	0.16	-0.12

註:**代表相關性在 0.01 層級上顯著(雙尾) ， *代表相關性在 0.05 層級上顯著(雙尾)。數字反灰代表相關值大於 0.7。

2.地景生態指標與單位面積 S 量之 R 值相關分析

由表 4-5 地景比例值(PLAND)可得知，若以各個地景類型在各時期與單位面積 S 量之 R 值相關分析，闊葉林為 0.60~-0.62，為中高度正相關，建地為-0.34~-0.35 為中低度相關，其餘地景 R 值皆呈現低度相關，顯示在各個次集水生態域闊葉林地景類型的比例高低，與其他地景相比較，和單位面積 S 量較有相關。在固定面積的條件下，提升闊葉林的面積比例可提升最大可能保水量。針葉林與單位面積 S 量之 R 值為 0.03，這個結果無法顯示出針葉林面積所占比例對於單位面積 S 量的影響，與前人研究所得的針葉林具有高保水能力有所出入。以亞熱帶大肚臺地的植被屬性，這些針葉林是經由人工栽植而分布於臺地，在臺地所在面積比例極低，故本經驗研究對於針葉林無代表性。地景數量(NP)則是各個地景類型都與單位面積 S 量呈現低度相關。相關程度若以全年段 2003 年到 2014 年間分析，闊葉林最高(0.23)，而後依序為果樹(-0.22)、旱田(-0.18)、水田(-0.15)、建地(-0.14)、荒地(-0.11)、公園與墓地(-0.10)、其他林地(-0.05)、水體(-0.02)、針葉林(0.00)等。相關數值的正負值表明，提升闊葉林個數有提升單位面積 S 的趨向，其餘地景呈現反比趨向，是否在固定面積下，若只有單一相同地景條件下較細碎是否會造成保水量降低，可在未來進行更深入研究。區塊密度(PD) 以全年段 2003 年到 2014 年間分析，只有針葉林(-0.31)呈現中度偏低的負相關，即單位面積的針葉林數量越少，單位面積 S 量越高。這個結果顯示，若以單位面積來看，針葉林區塊越少，單位面積 S 值越大，但是否為單位面積條件下，針葉林占固定比例，而針葉林較不分割成細碎小區塊，而保水能力越好?如前所述，大肚臺地對於針葉林此種地景類型，因在各個地景等級所占比例極低，故不能具研究代表性。另一方面，其他地景則呈現低度相關，其中荒地(-0.25)、旱田(-0.21)、果樹(-0.18)、建地(-0.14)、水田(-0.08)、公園與墓地(-0.07)等皆為負相關，是否在固定面積下，固定面積比例的各個地景越少越不被切割，可提升保水能力，未來可在更好的實際實驗場域進行進步實證研究。

最大區塊指數(LPI)上，闊葉林(0.57)為中度偏高的正相關，顯示在各個次集水生態域若能有單一較大面積比例區塊的闊葉林，對於

單位面積保水能力有所提升。公園與墓地(0.37)則為中度偏低正相關，顯示有趨向於公園與墓地單一面積比例較大，在單位面積下保水能力趨於提升。建地(-0.30)則是介於中度偏低負相關，表示單位面積下，單一較大面積比例區塊的建地，具有較低保水趨向，但仍需更多的實證場域驗證。邊緣密度(ED)與前述 LPI 也有類似的情形，闊葉林(0.48)為中度的正相關，顯示單位面積下保水能力會隨闊葉林形狀邊界的長度變化，邊界越長，保水能力越好，具有中度相關。另一方面，荒地 ED 為-0.39 則是中度偏低負相關，表示單位面積下，荒地外型邊界較長，具有較低保水能力的趨向，但仍需更多的實證場域驗證。在果樹(-0.21)、旱田(-0.18)、水田(-0.05)、建地(-0.23)、其他林地(0.09)、公園與墓地(0.07)、水體(0.03)、針葉林(-0.04)等則呈現低度相關。

由 2003~2014 年平均形狀指數(MSI)可知，建地(0.32)、針葉林(0.31)與單位面積 S 量呈現中度偏低的正相關，表示若較不受人為干擾，越不呈現圓形或正方形，則單位面積內保水能力有較高趨勢。在荒地(-0.19) 、水田(0.14)、水體(0.13)、闊葉林(0.12)、公園與墓地(-0.10)、旱田(-0.09)、果樹(-0.05)、其他林地(-0.02)、等則呈現低度相關。平均碎形維度指數(MPFD)上，建地與單位面積 S 量呈現中度偏低正相關，R 值為 0.36，顯示建地形狀越複雜，則有助於保水能力的提升之趨勢，在本經驗研究中，較其他地景與單位面積 S 值相關性較強。荒地(-0.18)、針葉林(0.14)、旱田(-0.12)、闊葉林(-0.11)、公園與墓地(-0.08)、水體(0.06)、其他林地(0.04) 、水田(0.02)、果樹(0.01) 與單位面積 S 量則呈現低度相關。

若由上述七種地景生態指標來理解何種地景的空間特徵對單位面積 S 量較有助益，其可歸納為:優先受控於闊葉林所占的面積比例以及單一最大面積比例闊葉林，若在土地治理面積有限且固定下，可增加闊葉林面積比例與單一最大比例區塊;其次可增加闊葉林形狀邊界的長度變化，邊界越長，保水能力越好；而後對於荒地外型邊界要盡量簡單而直線，才有較高保水能力。單一較大面積比例區塊的建地，具有較低保水趨向，可將其降低有助保水。

由於闊葉林面積比例與單位面積 S 值具有較其他類別為高的相關性，本經驗研究進一步以回歸方程表示兩者間之關係如圖 4-8 。

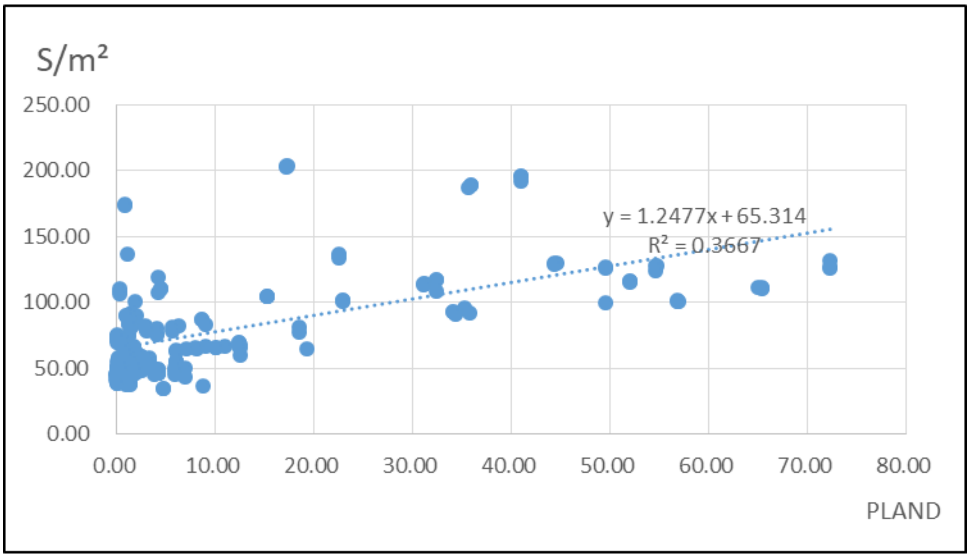


圖 4-8　闊葉林面積比例與單位面積 S 值散布圖

上圖表示在大肚臺地上，闊葉林面積比例與單位面積 S 值之關係可表示為 $y = 1.2477x + 65.314$ 。其中 x 為闊葉林面積比例 PLAND，y 為每平方公尺的 S 值。闊葉林面積比例越大，每平方公尺的 S 值也越高。此方程亦可作為未來在大肚臺地進行保域監測分析與各分區比較時之依據。

表 4-5 各時期各類型地景在各個次集水生態域地景生態指標與單位面積 S 量之 R 值

		地景類型									
地景生態指標	年份	公園、墓地	水田	水體	旱田	其它林地	果樹	建地	荒地	針葉林	闊葉林
PLAND(%)	2003	0.35**	-0.04	-0.11	0.07	0.14	-0.17	-0.34**	-0.29**	0.05	0.62**
	2008	0.26*	-0.02	-0.09	0.06	0.14	-0.19	-0.35**	-0.27**	0.03	0.60**
	2014	0.26*	0.08	-0.11	-0.11	0.15	-0.17	-0.35**	-0.25*	0.02	0.60**
	2003~2014	0.29**	0.00	-0.10	0.01	0.14	-0.18**	-0.35**	-0.27**	0.03	0.61**
NP (N)	2003	-0.10	-0.16	-0.04	-0.17*	-0.01	-0.20*	-0.15*	-0.11	-0.10	0.20
	2008	-0.11	-0.15	-0.00	-0.18	-0.07	-0.24	-0.13	-0.11	0.05	0.22
	2014	-0.10	-0.15	-0.02	-0.19	-0.05	-0.22*	-0.13	-0.11	0.07	0.27*
	2003~2014	-0.10	-0.15*	-0.02	-0.18**	-0.05	-0.22**	-0.14*	-0.11	0.00	0.23**
PD(N/100ha)	2003	-0.07	-0.08	0.05	-0.20	0.05	-0.20	-0.14*	-0.24*	-0.26	0.12
	2008	-0.08	-0.08	0.10	-0.20	0.02	-0.17	-0.14	-0.25*	-0.33	0.13
	2014	-0.07	-0.07	0.07	-0.22*	0.03	-0.19	-0.14	-0.25*	-0.33	0.07
	2003~2014	-0.07	-0.08	0.07	-0.21**	0.03	-0.18**	-0.14*	-0.25**	-0.31	0.11
LPI(%)	2003	0.42**	0.01	-0.13	0.20	0.12	-0.11	-0.29**	-0.22*	0.07	0.59**
	2008	0.35**	0.02	-0.13	0.20	0.14	-0.09	-0.31**	-0.21*	0.04	0.57**
	2014	0.35**	0.10	-0.14	0.13	0.15	-0.08	-0.30**	-0.20	0.03	0.55**
	2003~2014	0.37**	0.04	-0.14*	0.18**	0.14	-0.09	-0.30**	-0.21**	0.05	0.57**
ED(m/ha)	2003	0.12	-0.08	0.02	-0.14*	0.11	-0.21	-0.23**	-0.22**	-0.02	0.48**
	2008	0.05	-0.06	0.06	-0.12	0.08	-0.22	-0.22*	-0.38**	-0.04	0.48**
	2014	0.05	-0.00	0.00	-0.27*	0.09	-0.21	-0.25*	-0.38**	-0.05	0.47**
	2003~2014	0.07	-0.05	0.03	-0.18**	0.09	-0.21**	-0.23**	-0.39**	-0.04	0.48**
MSI	2003	-0.08	0.09	0.15	-0.02	-0.04	-0.05	0.31**	-0.19	0.28	0.11
	2008	-0.11	0.14	0.15	-0.04	-0.02	-0.03	0.33**	-0.19	0.33	0.10
	2014	-0.10	0.18	0.09	-0.20	-0.01	-0.06	0.32**	-0.19	0.33	0.14
	2003~2014	-0.10	0.14*	0.13	-0.09	-0.02	-0.05	0.32**	-0.19**	0.31	0.12
MPFD	2003	-0.08	-0.04	0.07	-0.04	0.06	-0.02	0.33**	-0.17	0.11	-0.11
	2008	-0.09	0.02	0.07	-0.09	0.03	0.09	0.37**	-0.18	0.16	-0.12
	2014	-0.08	0.10	0.03	-0.23*	0.04	-0.01	0.37**	-0.18	0.15	-0.11
	2003~2014	-0.08	0.02	0.06	-0.12*	0.04	0.01	0.36**	-018**	0.14	-0.11

註:**代表相關性在 0.01 層級上顯著(雙尾)， *代表相關性在 0.05 層級上顯著(雙尾)。

4.3淹水事件的時空保育

本研究模擬發生淹水事件的各次集水生態域，在近幾年政府已做排水改善與山林保育工程的環境下，以 Forman 等人研究的依據進行分析，模擬未來都市建地可容受最大開發面積，對各個次集水生態域的生態整合度之影響程度。

在大肚臺地面上探討建地開發的最大量，取決於在這第二自然空間的人群對於環境保育的意向。土地環境的治理，有其理想面與實際面，理想的環境保育希冀保留最大的野生地與鄉村農地生產地景；然而放諸於大肚臺地的實際面，坡地的開發與便宜農地的違法工廠開發已然成為不可回復的事實。再者，經濟發展的慾望，往往驅動人們進行更多的防固排災工程，來維護日益開發的第二自然空間，本研究在近幾年見證了南山截水工程，臺地東側中科園區的滯洪池工程，臺地東側一系列排水溝渠改善工程等，都是實例。在探討臺地第三級地景的保育時，若單純以假設其皆為自然野生地條件下，能最大建地開發面積，實為理想不切實際的模擬。故，本研究以現階段各個淹水次集水生態域建地面積比例與非建地面積比例作為依據，來做探討。

一如前述，依據 Forman 等人的研究，當都市滲透作用進行到 10%時，整體生態過程的整合度約下降十分之一；當滲透作用進行到 25%時，整體生態過程的整合度僅剩下一半，滲透作用進行到50%左右時，生態過程的整合度則降至四分之一左右。對於尚未都市化的地區，在發生都市發展的滲透作用的 10%到 25%間，也就是需要極力介入維護的保育時間點。而都市建地對於非都市建地面積滲透到 10%時，已然成為現階段建地開發的最大面積量，其影響非都市化的地區生態整合十分之一，視為可接受；然而都市建地對於非都市建地面積滲透到 25%時，對於原非都市建地整體生態過程的整合度僅剩下一半，對於次集水生態域全區影響劇烈，視為不可接受且須極力管制。依據上述條件，本研究將各個淹水事件發生的次集水生態域可接受的最大建地面積如表 4-6：

表 4-6 淹水事件次集水生態域可接受的最大容量建地面積

編號	2014 建地面積比例（%）	2014 非建地面積比例（%）	次集水生態域總面積（m^2）	都市滲透非建地 10%（可接受最大量面積）（m^2）	都市滲透非建地 25%（超限）（m^2）	都市滲透非建地到 50%（極度破壞）（m^2）
10	43.19	56.81	603988	34313	85781	171563
19	36.10	63.9	854425	54598	136494	272989
23	23.18	76.82	63224	4857	12142	24284
27	26.08	73.92	109045	8061	20152	40303
53	21.18	78.82	5560000	438239	1095598	2191196
54	59.55	40.45	5115200	206910	517275	1034549
56	36.46	63.54	11926400	757803	1894509	3789017
57	28.12	71.88	451200	32432	81081	162161
64	51.74	48.26	552000	26640	66599	133198
72	17.76	82.24	3081600	253431	633577	1267154
74	57.91	42.09	1275200	53673	134183	268366

由表 4-6 可知，各區建地比例占全區比皆超過 10%，若以各區來看，都市發展已然造成其生態整合度僅剩 50%，在 54 區、74 區因建地比例超過 50%，應特別管制，因其生態整合度僅剩 25%。23 區為龍泉國小南側到竹師路二段北側之間陡坡與平地交接處，可接受開發面積最小，最大可容接受建地為 4857 m^2，宜加強管理；56 區為北勢溪流域段，在都市向非都市地區開發 10%的前提下，仍可接受 757803 m^2。

假若都市開發向非都市地區蔓延 10%~25%，到達 25%時已然造成非都市地區原有生態整合度下降 50%，也將危害整個次級水生態域的生態整合度大於 50%；假若都市開發向非都市地區蔓延 50%以上，造成非都市地區原有生態整合度僅剩 25%，則該區已遭受破壞。

另一方面，本研究也可藉此方法推估其他次集水生態域其可容受建地開發的面積程度。在這裡，本研究將保安林地視為不可開發範圍，都市建地的開發不可侵入，其分布如圖 4-。扣除非保安林地的非都市地景，最終非淹水事件次集水生態域可接受的最大建地面積列表 4-7：

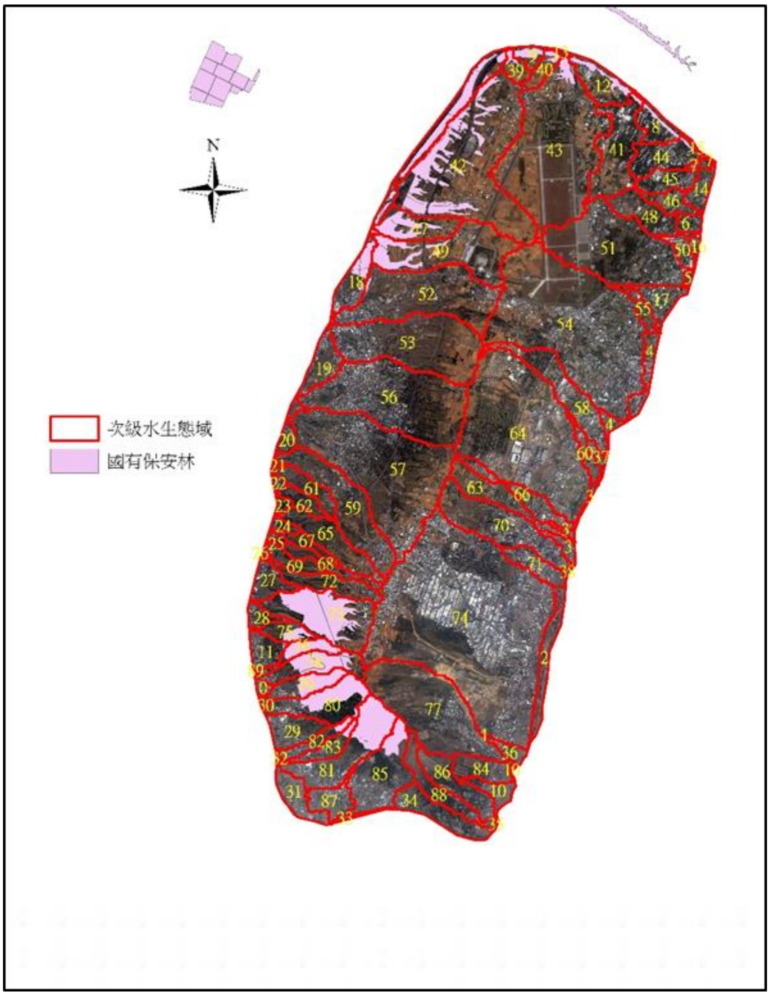


圖 4-8 保安林地分布

在表 4-7 中，建地比例占全區低於 10%者有 9 區（5.61%）、15 區（9.31%）、32 區（3.60%）、62 區（9.98%）、67 區（6.06%），顯示這些區域都市開發對其生態整合度影響低。這些地區多為臺地邊緣陡坡地，或是河床農地。建地比例占全區介於 10%~25%者有 23 個次集水生態域，25%~50%者有 33 個次集水生態域，大於者 50%者有 18 個，與前述淹水事件地區加總計算，大肚臺地整體而言，有九成次集水生態域生態整合度受都市開發影響而至少皆呈現率退 50%以上。

在 10%的建地可容受面積分析中，可再增加建地面積的分區前三名分別為 42 區（421137 m^2）（吳厝里、楊厝里）、77 區（400417 m^2）（中精區南側）、52 區（315002 m^2）（國道三號沙鹿交流道南側），如圖 4-9。這些地區現多為農地地景，再臺地開發日益加劇的情況下，有系統的引導工廠往這些地方遷移，避免造成其他分區的使用壓力，或許是可行的土地管理模式。

立法院在 2018 年三讀修正水利法部分條文，新增「逕流分擔與出流管制專章」,強調土地開發者應分擔基地開發後新增之地表逕流，透過滯洪池、排水設施、保水綠地之施作，分擔淹水之風險；此外亦透過出流管制，要求土地開發者須讓建築物增加透水、保水、滯洪能力。對比本節模擬各次集水生態域可接受再增加之建地面積，在未來可針對生態域內之開發地點所增加的逕流變化進行逕流分擔與出流管制之評估，因保水流失量及為所增加之地表逕流量。

表 4-7 非淹水事件次集水生態域可接受的最大容量建地面積

編號	2014 建地面積比例（%）	2014 非建地面積比例（扣除保安林）(%)	次集水生態域總面積（m2）	都市滲透非建地 10%（可接受最大量面積）（m2）	都市滲透非建地 25%（超限）（m2）	都市滲透非建地到 50%（極度破壞）（m2）
0	86.73	13.27	160213	2126	5315	10630
1	100.00	0.00	1600	0	0	0
2	33.47	66.53	1059372	70484	176210	352420
3	46.53	53.47	518076	27699	69248	138496
4	50.87	49.13	939655	46169	115422	230843
5	22.59	77.41	83639	6474	16186	32371
6	40.73	59.27	331183	19631	49076	98153
7	44.82	55.18	82544	4554	11386	22772
8	26.17	60.85	856207	52103	130257	260513
9	5.61	49.67	390153	19377	48443	96886
11	50.65	46.53	731833	34049	85122	170244
12	13.94	66.70	1251418	83470	208674	417349
13	15.12	83.04	56036	4653	11634	23267
14	28.62	71.38	566049	40406	101015	202029
15	9.31	90.70	39647	3596	8990	17979
16	68.68	31.32	159380	4992	12479	24958
17	30.09	69.91	854425	59733	149331	298663
18	28.36	30.70	2964190	91014	227536	455072
20	26.44	73.56	332406	24451	61127	122253
21	20.30	79.70	63224	5039	12598	25196
22	38.16	61.84	136586	8446	21116	42231
24	31.61	68.39	216761	14825	37063	74127
25	33.24	66.77	109045	7280	18201	36402
26	48.68	51.32	45820	2351	5879	11757
28	36.30	63.71	399530	25452	63630	127261
29	40.05	59.95	1110154	66550	166376	332752
30	77.46	22.54	55988	1262	3155	6310
31	17.69	82.31	940940	77448	193621	387242
32	3.60	96.40	36690	3537	8842	17684
33	22.53	77.47	72156	5590	13975	27950
34	41.64	58.36	1474431	86041	215103	430206

編號	2014 建地面積比例（%）	2014 非建地面積比例（扣除保安林）（%）	次集水生態域總面積（m2）	都市滲透非建地 10%（可接受最大量面積）（m2）	都市滲透非建地 25%（超限）（m2）	都市滲透非建地到 50%（極度破壞）（m2）
35	52.75	47.24	26270	1241	3103	6206
36	30.62	69.38	352353	24447	61117	122234
37	42.65	57.35	219792	12605	31512	63024
38	33.35	66.64	37725	2514	6286	12571
39	11.46	69.68	432000	30100	75250	150499
40	10.64	70.90	500800	35509	88772	177544
41	29.77	68.73	2598400	178595	446488	892976
42	30.55	46.74	9009600	421137	1052844	2105687
43	71.37	26.31	8841600	232653	581633	1163266
44	32.31	65.27	1388800	90651	226628	453256
45	40.08	59.92	948800	56854	142135	284270
46	67.74	32.26	640000	20644	51611	103222
47	12.44	47.45	1432000	67942	169854	339709
48	80.33	19.67	1363200	26811	67026	134053
49	49.50	31.89	3886400	123926	309814	619628
50	61.46	38.54	443200	17083	42706	85413
51	76.94	23.06	5560000	128220	320551	641102
52	37.71	61.58	5115200	315002	787505	1575011
55	21.18	78.82	451200	35564	88910	177819
58	53.48	46.52	2240000	104208	260519	521039
59	34.90	65.10	3219200	209562	523906	1047811
60	37.42	62.58	451200	28237	70594	141187
61	14.58	85.42	804800	68749	171873	343747
62	9.98	90.02	552000	49690	124225	248450
63	31.11	68.89	1451200	99972	249929	499858
65	11.92	88.08	1758400	154878	387195	774390
66	44.55	55.45	1099200	60948	152370	304741
67	6.06	93.94	448000	42085	105213	210425
68	18.49	81.51	737600	60123	150307	300614
69	11.47	88.53	603200	53400	133500	266999
70	59.81	40.19	3081600	123849	309622	619243
71	66.07	33.93	864000	29312	73280	146559

編號	2014 建地面積比例（%）	2014 非建地面積比例（扣除保安林）（%）	次集水生態域總面積（m^2）	都市滲透非建地 10%（可接受最大量面積）（m^2）	都市滲透非建地 25%（超限）（m^2）	都市滲透非建地到 50%（極度破壞）（m^2）
73	15.77	29.91	3216000	96189	240474	480947
75	10.29	59.34	633600	37597	93993	187986
76	14.95	10.37	683200	7084	17710	35421
77	24.55	75.18	5326400	400417	1001042	2002083
78	19.11	25.87	1398400	36180	90451	180901
79	19.55	20.89	982400	20522	51304	102608
80	15.34	39.66	1998400	79266	198165	396331
81	31.82	25.20	2691200	67805	169513	339026
82	23.07	58.48	600000	35090	87724	175449
83	22.39	62.86	660800	41538	103846	207691
84	71.36	28.64	939200	26899	67248	134497
85	30.96	53.84	2654400	142910	357274	714548
86	64.19	35.81	1436800	51454	128635	257269
87	37.90	62.10	904000	56137	140342	280684
88	40.15	59.79	1214400	72606	181515	363030
89	97.04	2.94	4894	14	36	72

圖 4-9 10%的建地可容受面積前三大次集水生態域

伍、 結論及建議

本研究以臺地地形作為分析單元的基礎，強調地形形成的過程中，地質構造、土壤種類、坡向坡度的變化，影響該地區的傳統農業地景形塑的過程。產業的發展提供眾多的就業機會，也使得近幾十年來臺地人口增加率高於台中市其他地區，移住人口也創造了都市住宅與生活空間的需求，在中科與中精周圍，都市建地逐漸滲透原有非建地的鄉村地景，也造成沙鹿、大雅、南屯等區原有旱田、水田等農業用地，逐漸變遷形成住宅與商業用地。而在緊鄰工業區外圍的鄉村農地，也因土地便宜而由旱田變更為工廠建地。

在上述社經發展的驅動下，地景的變化也成為另一種形式的第二自然空間過程，進一步改變了臺地原有的生態系統服務功能。在本研究印證上述的過程，也發現以下諸點：

一、 經驗研究中地景生態指標變化顯示，建地類型區塊總面積在各坡向集水域中三年段皆佔有相當優勢的比例，表示建地為此三個坡向集水域之地景基質。若以研究區全區來看，建地比例不超過 50%，可見以大肚臺地地形區來看，仍處於都市與非都市地景互見，人工建物地景並非高比例覆蓋的情況。荒地類型區塊總面積比例為研究區第二大類之地景類型，旱田區塊總面積比例為研究區第三大類之地景類型，由 2008 年至 2014 年間 NP 與 PD 的降低，也顯示荒地鑲綴於建地基質的情況有消失趨端。比較前後期 ED 的變化，荒地有提高，顯示與其它地景接觸面趨於互動上升而多突觸；旱田有明顯降低，顯示兩類別與其它地景接觸面略趨於簡單而直線。水田、公園與墓地、水體等地景類別，對於其它地景類型 ED 值並無較大變動，顯示三種類型地景接觸干擾其它類型地景程度不無明顯增減。森林類型地景中，闊葉林、針葉林、其它林地地景比例值顯示森林地景比例在全研究區是降低的，森林類型面積比例、地景區塊數量（NP)、區塊密度（PD)、ED 值皆略降，顯現臺地面上整理森林保育情況有所劣化，且與其它地景接觸交流情況 2003 年至 2014 年間呈現下降情況。

二、　以第三級地景等級-次集水生態域進行的S時空分析中，本研究審視認定此一等級為一適當的地景等級單元，可適當表現生態系統服務功能的變化，經與近年淹水地點作比對，發現若淹水地點落在S總流失量排名前20名，單位面積流失量、以及單位面積流失比率前20名之第三級地景區塊，共可涵蓋全淹水地點79%比例點位。且發現在大區塊中S總流失量較多之淹水事件點位較多，可視為優先保育監測區塊；在中小型邊界區塊，陡坡入平地低窪區域，以單位面積流失比率此一指標作為淹水發生預警指標，可作為保育監測及復育衡量的方法。

三、　本研究透過90個次集水生態域內各個地景類型，在三時期的七個地景生態指標變化，與S總量與單位面積S量的R值相關分析，找出有利於提升生態系統服務功能地景空間的形式安排。結果顯示，S總量的大小受控於各個次集水生態域的面積大小，地景生態指標與之相關性較高者表現在地景數量上。上述可提供的保育訊息為，若在保育敷地面積無限制的情況下，可增加「具保育功能的地景」的數量來提升S值；單位面積S量優先受控於闊葉林所占的面積比例以及單一最大面積比例闊葉林，若在土地治理面積有限且固定下，可增加闊葉林面積比例與單一最大比例區塊；其次可增加闊葉林形狀邊界的長度變化，邊界越長，保水能力越好；而後對於荒地外型邊界要盡量簡單而直線，才有較高保水能力。單一較大面積比例區塊的建地，具有較低保水趨向，可將其降低以有助保水。

四、　本研究針對大肚臺地面政府畫開發的三個工業區：中科台中園區、台中工業區、台中精密機械科技創新園區等，進行全面開發後之土地S評估，並對比2003年、2008年、2014年三時期三區之S變化，進行系統性分析。結果顯示，2003年至2014年最大保水量有所下降，表示在大肚臺地12年間工業區區內開發造成保水功能的喪失乃明確足以證明的。在各個工業區分析中，中

精區為三工業區中S累加最低地區，代表其生態系統服務功能總量為最低；分析中科區 2003 年至 2008 年該區S增加的原因，皆為原台糖拋荒無耕作的荒地後轉變為建地與公園、墓地而增加的 S 量，故在該時期基地本身反而增加 S 量。2008 年至 2014 年該區S下降的原因，為原公園墓地後轉變為建地、以及針葉林地轉為荒地這兩區塊，造成S量的降低。中科區內有公園與墓地的基地區塊,該區塊為中科區域中保水區塊,建議在未來開發過程中，不宜變更；中工區內因基地區塊多已開發為人工建地，該區可變更成保育用地的基地稀少，建議在未來開發過程中，已屬公家用地現為荒地區塊，以及區內荒地，不宜再變更為建地，因其荒地稀少，應作為森林復育之區塊，尤其在較高處鄰近溪溝荒地區塊。

五、 本研究發現，在已發生淹水事件的各次集水生態域，建地比例占全區比皆超過 10%，若以各區來看，都市發展已然造成其生態整合度僅剩 50%，在 54 區、74 區因建地比例超過 50%，應特別管制，因其生態整合度僅剩 25%。23 區為龍泉國小南側到竹師路二段北側之間陡坡與平地交接處，可接受開發面積最小，最大可容接受建地為 4857 ㎡，宜加強管理；56 區為北勢溪流域段，在都市向非都市地區開發 10%的前提下，仍可接受 757803㎡。大肚臺地整體而言，有九成次集水生態域生態整合度受都市開發影響而至少皆呈現率退 50%以上。在非淹水事件的區域中，以 10%的建地可容受面積分析，可再增加建地面積的分區前三名分別為 42 區(吳厝里、楊厝里)、77 區(中精區南側)、52 區(國道三號沙鹿交流道南側)。。這些地區現多為農地地景，在臺地開發日益加劇的情況下，有系統的引導工廠往這些地方遷移，避免造成其他分區的使用壓力，乃可行的空間保育模式。

參考文獻

中文

朱志民、林政侑（2016）：〈不同土地開發類型滯洪設施之探討〉，《水土保持學報》，48 （3）：1817-1830。

林昭遠、鐘澤平、林家榮（2009）：〈台中都會公園開發前後綠覆率與保水功能之研究〉，《水土保持學報》，41（1）：31-44。

林昭遠、曾雪芬、傅桂霖（2016）：〈大肚臺地水砂災害潛勢區位之評估〉，《水土保持學報》，48（3）：1803-1816。

林裕彬（2000）：《桃園臺地城鄉永續發展之研究-地理資訊系統在城鄉環境規劃上應用與景觀生態系保全基礎建構之研究》，NSC 89-2621-Z-034-003，行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告。

林裕彬（2004）：《環境承載力、總量管制與政策環評之研究—景觀生態與土壤面向》，行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告。

林裕彬、吳振發、鄧東波（2004）：〈景觀生態面指數分析汐止地區 1990~2001 年土地利用時空間鑲嵌特徵〉，《都市與計劃》，31(3)：239-268。

邱祈榮、薛怡珍、劉宇安、賴彥任（2012）：〈台中大肚山臺地土地利用及地覆變化趨勢之分析〉，《都市與計劃》，39（1）：25-50。

楊沛儒（2001）：《地景生態城市規劃-基隆河流域 1980~2000 的都市發展、地景變遷及水文效應》。臺北市：國立台灣大學建築與城鄉研究所博士論文。

楊貴三、沈淑敏（2010）：《臺灣全志卷 2:土地志地形篇》，第 276-277 頁。

葉春國、廖學誠、詹進發（2012）：〈地景指標與溪流水中硝酸鹽濃度關係之探討－以水里溪上游集水區為例〉，《中華水土保持學報》，43（2）：109-122。

廖朝軒（2007）：《基地保水設施整體配置規劃研究》，內政部建築研究所研究果報告。

蔡智豪（2005）：《台中大肚山竹坑北坑樣帶四年內植群分布與環境因子相關性之研究》，臺中市：私立靜宜大學生態學研究所碩士論文。

鄧繼聖（2015）：《應用多準則決策與線性規劃法建構都市生態廊道之研究-以大肚臺地為例》。私立東海大學環境科學與工程學研究所碩士論文。

盧彥克（2008）：《大肚山臺地的地景變遷研究》，臺中市：私立逢甲大學都市計畫所碩士論文。

嚴烽彰（2012）：《邊緣特性對景觀變遷影響之研究-以台中大肚山為

例》，臺北市：中國文化大學環境設計學院景觀學系碩士論文。

西文

De Groot, R. S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., and Willemen, L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. Ecology　Complexity, 7, 260-272.

Enrique, M. T., Javier, Z., Kazi, R.,Ana, G. S., J. Ignacio, L. M., Sergio, V. S., Christina, A. L., Tague, L., and Martin, B. (2014). Hydrological impacts of climate and land-use changes in a mountain watershed: uncertainty estimation based on model comparison. *Ecohydrology*. Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/eco.1590.

Forman, R. T. (1995). *Land Mosaics-The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge: Cambridge University Press.

Helmschrot J., and Flugel W. A. (2002). Land use characterisation and change detection analysis for hydrological model parameterisation of large scale afforested areas using remote sensing. *Physics and Chemistry of the Earth*, 27(9–10):711-718.

Hernandez, M., Miller, S. N., Goodrich, D. C., Goff, B. F., Kepner, W. G., and Edmonds, C. M. (2000). Modeling runoff response to land cover and rainfall spatial variability in semi-arid watersheds. *Monitoring Ecological Condition in the Western United States*(pp. 285-298). The Netherlands: Springer, ISBN 0-7923-6493-7.

Kepner, W., Hernandez, M., Semmens, D., and Goodrich, D. (2008). The Use of Scenario Analysis to Assess Future Landscape Change on a Watershed Condition in the Pacific Northwest (USA). *Use of Landscape Sciences for the Assessment of Environmental Security*(pp. 237-261). The Netherlands: Springer, ISBN 978-1--4020-6588-0.

Savary, S., Rousseau, A. N., and Quilbe, R. (2009). Assessing the effects of historical land cover changes on runoff and low flows using remote sensing and hydrological modeling. *Journal of Hydrologic Engineering*, 14(6): 575-587.

Sharma, T., SatyaKiran, P. V., Singh, T. P., Trivedi, A. V., and Navalgund, R. R. (2001). Hydrologic response of a watershed to land use changes: A remote sensing and GIS approach. *International Journal* of *Remote Sensing*, 22(11):2095-2108.

Shereif, H. M. and Tang, X. (2015). Monitoring prospective sites for ainwater harvesting and storm water management in the United Kingdom using a GIS-based decision support system. *Environmental Earth Sciences*, 73(12):8621-8638.

Zita, I., Jana, Š., and František, P. (2018). Integrated approach to sustainable land use management. *Environments*, 5(37):1-16.