

地理研究第68期民國107年5月
Journal of Geographical Research No.68, May 2018
DOI: 10.6234/JGR.201805_(68).0001

地景生態空間保育：大肚台地2003~2014的 地景變遷及水文效應*

Spatial Conservation of an Ecological Landscape: Hydrological Responses to a change in Land Use in the Datu Tableland in Taiwan from 2003 to 2014

田應平^a

張國楨^b

郭乃文^c

Ying-Ping Tien

Kuo-Chen Chang

Nai-Wen Guo

Abstract

Few studies consider an ecological landscape in terms of geomorphology. The characteristics of a geomorphological unit are meaningful in terms of the impact of human-induced changes in land cover. The slopes, the aspects, the distribution of tectonic geology and the properties of the soil affect the processes that are inherent to a hydraulic environment. These hydraulic processes change as land cover changes in a terrain unit. This study takes a comprehensive approach to monitoring the function of a landscape ecological service and quantifies the project and conservation Inventory. Data is collected from different government agencies and includes remote sensing data, the 2009 digital land-use data and soil data for this year. Using this data, the capacity of the land to store water is determined. The ArcGIS database is used to manage and analyze the files.

The Datu tableland is divided into three sub-watersheds to lend meaning to the distribution of the change in the use of the land. The effect on the landscape and the hydrological indices is determined. The result shows that the variety of the number of patches, the area and perimeter of a patch affect the ecological habitat in the three sub-watersheds. The maximum amount of water that can be retained in

* 本文獲科技部專題計畫（MOST105B0532）補助。

* 本文初稿曾發表於第十五屆GSDI年會暨學術研討會，臺北，2016年12月1日。

* 本文部分成果曾發表於2017年美國地理學會年會暨學術研討會，波士頓，2017年4月7日。

^a 國立臺灣師範大學地理系博士候選人

PhD Candidate, Department of Geography, National Taiwan Normal University

^b 國立臺灣師範大學地理系教授，通訊作者（e-mail:twnrsworld@hotmail.com）

Professor, Department of Geography, National Taiwan Normal University. Corresponding Author.

^c 國立臺灣師範大學地理系教授

Professor, Department of Geography, National Taiwan Normal University

the three sub-watersheds is also determined.

This study also finds that some of the land-use data for 2009 that was collected by NLSC is incorrect so this was modified to account for the real situation in the Datu tableland. This study uses the Google Earth model-historical navigator to ensure that the class of data is the same as the real observations. The technique for spatial conservation that is used in this study gives a geological visualization of changes in land use and the anticipated benefits of ecological monitoring and flood reduction through the use of water storage facilities.

Keywords: Landscape Ecological Index, Vegetation Coverage, Potential Maximum Retention Amount, Ecological Service Function.

摘要

在景觀生態學界前人研究時少有以地形單元作為研究分區，並探究如何建立一地景生態服務功能的監測機制，探討地區生態服務系統的量化項目與保育盤查方法。為補足上述缺憾，本研究蒐集所需歷史衛星影像資料、數值土地利用以及地質土壤資料、數化土地利用變遷等資料，以獲取研究所需的空間地物類別轉譯分類資料，以及建立水文參數指標圖層資料，建立一地景生態服務功能的綜合監測機制。

透過將大肚台地分割成三個子集水域，可使台地地物變遷的空間分布有了分區管制的理念，賦予地景生態指標對水文效應影響的實際意義，可使各子集水域的地景變遷數量、面積、周長的大小變化，對於台地面的生態棲地的影響，最大可能保水量的變化作實際的估算。此外，本研究亦發現在臺灣土地利用變遷常使用的 2008 年國土利用調查資料與地表類別有所出入，在符合實際情況的原則下，本研究運用 Google Earth 歷史時間航照功能加以確認。生態保育空間化的技術，使土地利用變遷有了數量與分布的呈現，對於對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。

關鍵詞：地景生態指標、生態綠覆率、最大可能保水量、生態服務功能

前言

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; Verburg *et al.*, 2015; Shereif and Tang, 2015)。人類活動與自然演替對於景觀會造成累積性的影響，通常土地利用變遷是一系列小區域的改變累積而成，景觀的變遷與影響是緩慢而不易被察覺，以致於土地利用變遷的管理常常受到忽略，直到改變的程度嚴重的影響生物族群、空氣與水質、或其它對人類有價值的資源時，才會受到重視 (林裕彬等, 2004)。人為土地利用改變最直接影響到水文特徵，這包括地表逕流、地下水的補注與逕流、增發散量等 (楊沛儒, 2001; Hernandez-Guzman *et al.*, 2008; Savary *et al.*, 2009)，且在不同時間與空間尺度上造成的影響也有所差異 (Baldyga *et al.*, 2008)。其所引發的洪水與乾旱更影響人們所居處的生活環境 (Sahin and Hall, 1996; 楊沛儒, 2001)。除此之外，土地利用變化過程對維持生態系統及其服務

功能有著決定性的作用，土地利用變化也必然影響生態系統的結構、功能與生態系統多樣性 (Enrique *et al.*, 2014)。

在景觀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 (鍾玉龍、呂明倫, 2005; 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，在景觀生態學界前人研究時較少探究如何建立一地景生態服務功能的監測機制，探討地區生態服務系統的量化項目與保育盤查方法。

綜上，本研究重點如下：1. 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)，瞭解大肚台地近十五年土地利用變化的趨勢；2. 利用以 DEM、土壤圖、以及前述遙測影像瞭解大肚台地三個時期最大可能保水量；3. 評估個別土地利用對於水文特徵的影響；4. 模擬在地形區以及分區集水域內，相同氣候條件下土地利用改變後，水文特徵的反應；5. 透過長時間尺度各集水單元及全區地形單元景觀生態量化指標之比較，可作為台地上生態保育監測數值之參考。研究結果可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，並對區域土地資源管理以及地景保育的決策尚有所助益。

為符合上述研究重點，本研究現階段回顧與分析水文特徵、土地利用關連、地景生態學等相關理論及文獻，分析前人發展與結合地理資訊系統之空間監測模式的研究框架與假設條件和變數。以 SWAT 為仿效基礎，結合不同時期土地利用影像分類資料，建立大肚台地地景空間保育模型雛形，並分析出 2002~2003 年、2008 與 2014 年三個時間斷面土地利用類別與水文特徵項目的變化。

地景生態空間保育模型

本研究利用 SWAT 模型建立地景生態空間保育模型。SWAT 模式係 USDA Agricultural Research Service (ARS) 的 Dr. Jeff Arnold 所發展用於處理河川流域及集水域等問題。SWAT 主要可以預測大型集水區域土地開發策略對於水、輸沙、農業污染物等影響 (黃宇齊, 2010; 陳彥璋等, 2013)。SWAT 其有以下幾項特色 (Neitsch *et al.*, 2002; 陳彥璋等, 2013)：其為物理模式，利用基本連續方程式的觀念，SWAT 需要輸入集水域的氣候、土壤、地形、植生與土地經營管理策略資料，物理過程如水體移動、沉澱移動、植物生長、營養鹽循環等將直接由 SWAT 藉由輸入資料進行模擬，SWAT 另有以下特性：1. 僅需要較少的輸入資料；SWAT 較其它水文模式僅需要較少的資料即可進行模擬。2. 計算模擬時間較具效率；計算模擬大流域或多種管理策略時，可節省時間與金錢。3. 使用者可用於研究長時間的衝擊影響；目前許多需要研究的問題大多是長時間的汙染對於下游水體的影響，當研究此類問題時，往往需要進行長時間如 10 年以上的模擬。

儘管 SWAT 模型在世界各國逕流類比研究中得到了廣泛而成功的應用，但在具體的應用中仍然存在著以下幾方面不足需加以改進 (孫瑞、張雪芹, 2010)：1. 資料精度低，參數值不確定性大，

模擬精度有待提高。由於模型自帶的資料庫是針對北美土壤、植被和流域水文結構設計的，其標準與世界其它國家資料庫標準不一致，對不同的流域，需對模型的資料庫部分進行更新，特別是建立用戶自己的土壤屬性資料庫。實際研究中，資料缺乏、資料精度低、參數值存在很大不確定性，這都影響到模擬精度，特別是對日徑流的模擬和預測效果不理想。

綜上，本研究現階段在建立地景生態空間保育模型時，考量 SWAT 模式優點設想，即：模式參數輸入盡量不複雜，進行模擬土地利用變遷時可節省金錢與時間等。本研究朝向參數輸入少量化，針對不同領域的使用者能快速地理解使用本研究模型為發展方向。

我們並參照前人對於 SWAT 所指出的缺點：模擬精度有待提高；模型自帶的資料庫是針對北美土壤、植被和流域水文結構設計的，其標準與世界其它國家資料庫標準不一致，對不同的流域，需對模型的資料庫部分進行更新，特別是建立用戶自己的土壤屬性資料庫；實際研究中，資料缺乏、資料精度低、參數值存在很大不確定性，這都影響到模擬精度，特別是對日徑流的模擬和預測效果不理想等，做出現階段模式發展的修正如下：

1. 不直接運作 ARCGIS 介面下的 SWAT 模式，改以本模式發展出之分析流程與指標達到與 ARCSWAT 相似的功能，即分析土地利用變遷與管理策略改變後，對水文特徵項目、生態特徵造成影響之量化估算；
2. 針對實際研究中，若缺乏資料，估算參數充滿不確定性，對於日逕流量的模擬與預測效果不理想等，本研究經與專家訪談，認為模擬逕流量與實際觀測逕流量進行校驗，模擬逕流量精度不高且大肚台地地表逕流河川水文測站缺乏（只有一測站），故研究捨棄原設想進行地表逕流量模擬與校驗的設想，捨棄逕流量為水文參數指標，改以最大可能保水量作為水文特徵分析指標。

地景保育空間化策略

以可量化及地圖化為基準的地景保育空間化策略，目的為發展有效管理並預警地景變遷對於自然生態服務與人文生態服務系統造成的可能影響，故必須先蒐集地景分類資訊，得知分類地景可表現自然生態服務功能、人文生態服務功能之指標，再據此發展空間保育監測架構。

（一）蒐集地景生態指標資訊

現階段回顧前人以地景生態學為基礎發展之景觀生態指標系統，作為未來空間保育模型參考。為達到本研究目的，嘗試建立景觀生態指標系統等指標參數與自然植被特徵項目、水文特徵項目的連結，作為大肚台地環境保育之分析機制。

在土地利用結構的描述上景觀指標系統是描述景觀特徵的有效方法，例如：對於不同土地利用的大小與數量分佈情形，則可透過面積、嵌塊體數量 (number of patches, NP)、嵌塊體密度 (patch density, PD) 等指數加以瞭解 (林裕彬等, 2004)。數量指數 (patch number) 與面積比例 (proportions of classes) 可用以描述土地利用的組成結構。其它與面積有關的指標可確定出土地利用中最大的嵌塊體面積，有助於發覺具生物多樣性潛力的重要核心面積 (core area)。與形狀有關的指標可根據型態與功能 (form-and-function) 的原則，分析邊界曲折程度與物種分佈、棲息的潛力之相關性 (Forman, 1995)。鄰近與連接指數可辨識嵌塊體的聚集與孤立程度，瞭解哪些地方的連接度最弱，

需加以改善。此外，透過景觀生態指標分析，有助於瞭解人類對自然環境之影響，例如土地利用的幾何形狀可表現出人類的干擾程度，越複雜與不規則的形狀越趨於自然。除此之外，在農業、森林、都市或工業的土地使用計畫上，對於土地利用的結構與功能的描述與分析，可藉由景觀生態指標系統中的面積指數（area metrics）分析土地分佈與使用的紋理，以景觀指標（landscape metrics）分析土地使用與生態系統中的主要組成類別（林裕彬等，2004）。

綜上，本研究將大肚台地面上的土地鑲嵌塊，歸納為林地（闊葉林、針葉林、混合林）、草地（公園與墓地）、農地（果園、旱田與水田）、水體、荒地與建成地五大項十分類，以前述景觀生態指標系統進行研究區內土地利用結構的描述與分析。

（二）篩選指標

1. 地景指標

本研究欲求取台地面上各子水文單元內相關景觀生態指標，因各土地覆蓋類別的參數特徵可推定其具有之生態服務功能，故考量之景觀生態指標以較具代表性與廣泛使用為主，採用文獻回顧法之方式，將過去相關研究常用指標歸納整理，歸納選擇出適當的景觀生態指標作為研究分析之用。綜上，本研究使用下列四項景觀指標：

- (1)地景比例（Percentage of landscape, PLAND），可了解不同種類嵌塊體所占比例，與研究區內地景基質為何種類。
- (2)嵌塊體數量（number of patches, NP），其測量某一類嵌塊體之破碎化程度。而 NP 值必定大於或等於 1，而指數等於 1 時，即表示此地區僅有一類嵌塊體。
- (3)種類面積（total area, CA），透過此項指標能有效瞭解地景之組成結構與各嵌塊體之面積。
- (4)嵌塊體密度（patch density, PD），如果嵌塊體密度較高，表示基質中有許多散佈的小嵌塊體，整個景觀中有較多的邊緣生育地，對需要內部生育地的物種較為不利；反之較低，即表示景觀的破碎度較低，景觀要素間相互影響程度較小。

2. 最大可能保水量指標

本研究以最大可能保水量（potential maximum retention amount）作為可提供生態服務功能涵養水源、減少土壤沖蝕、淨化水質之指標。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，再加以轉換計算最大可能保水量（S）。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，以最大儲水量作為區域生態系統功能分析工具，可表示一地涵養水源與護壤能力、淨化水質的變化，本研究參考前人方法，進行大肚台地的生態服務功能評估分析。

3. 建立現階段模型架構

本研究現階段模型架構如圖 1：

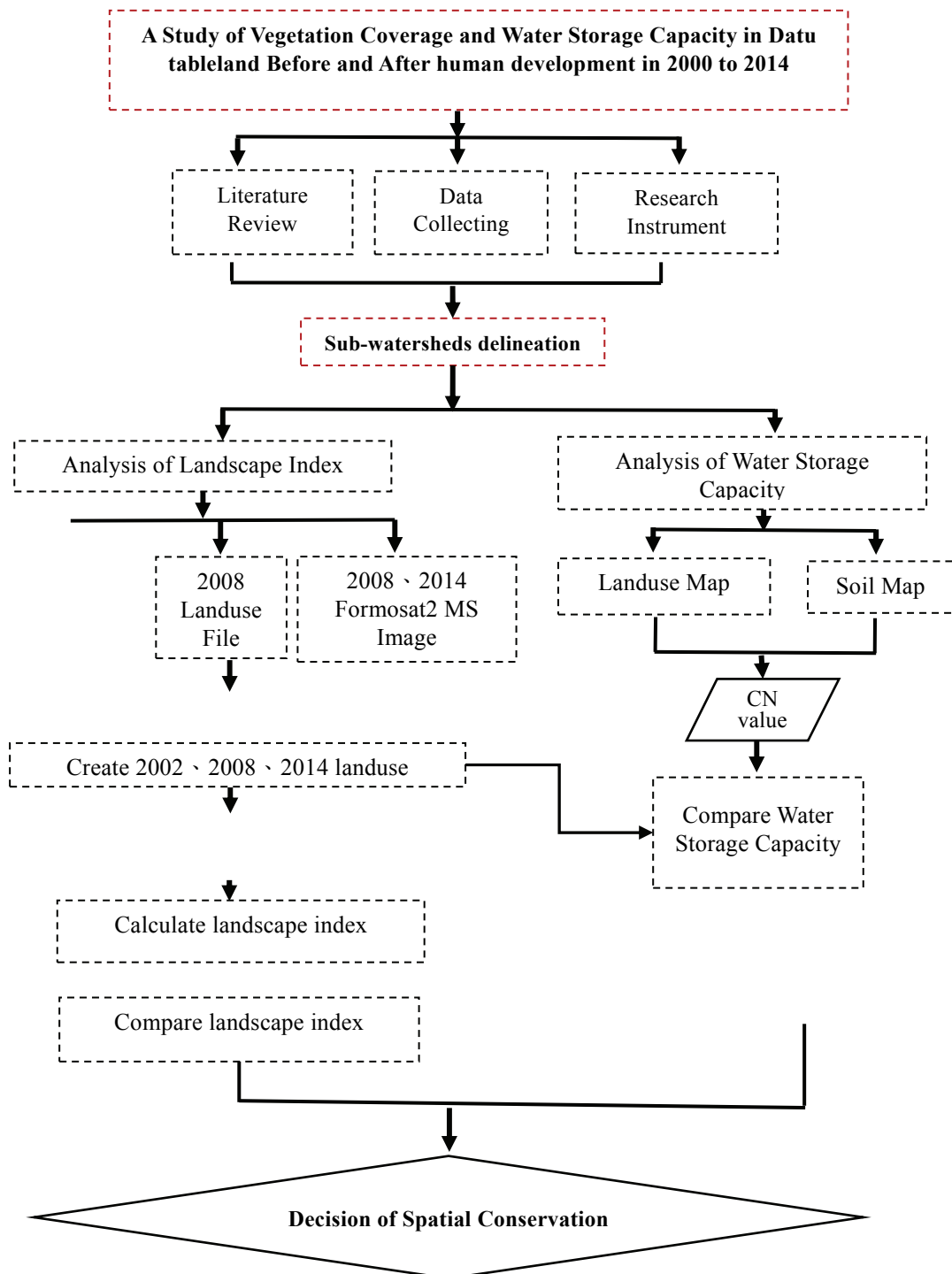


圖 1 本研究現階段模型架構

(四) 現階段模組

本研究採用之模組別為：景觀生態指標模組、最大可能保水量模組。

1. 景觀生態指標模組

景觀生態指標現階段採計 PLAND、NP、PD、ED 等作為分析指標，其計算公式如下表 1：

表 1 地景生態指標公式表

| 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 | $PD = \frac{n_i}{A} (10000)$ | 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 |

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

本模組分析流程如下圖 2：

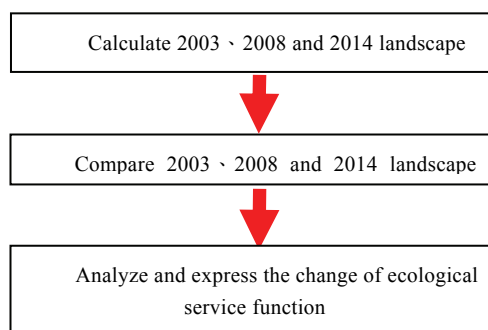


圖 2 地景生態指標分析流程圖

2. 最大可能保水量模組

本模組計算流程如下圖 3：

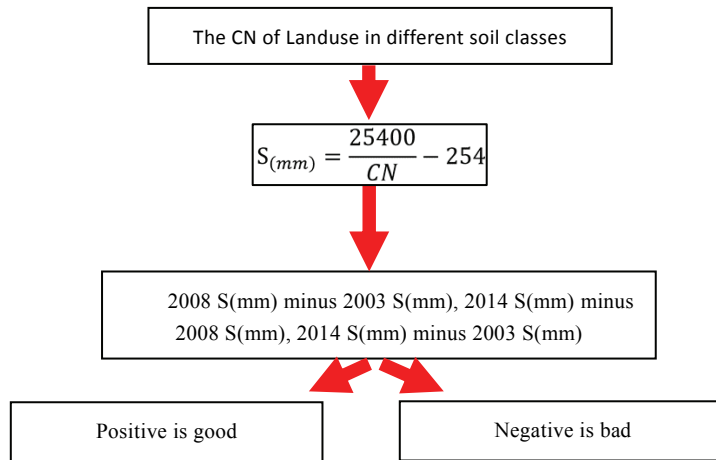


圖 3 最大可能保水量前後期分析流程圖

(五) 研究區域與畫分之子集水域

大肚台地位於臺灣中部台中市內，西側緊鄰清水海岸平原，東側與台中盆地相接，本研究研究區範圍面積約 168km²，利用 ARCSWAT Delineator 劃分之子集水域參見圖 4，大致分為：1.東側與東南側大肚溪集水域，文中代碼 SW-1；2.西側陡坡的眾多荒溪蝕溝集水域，文中代碼 SW-2，只有米粉寮溪與南勢溪流冬季仍有地下水出泉而常年有溪水；3.北側為大甲溪支流集水域，文中代碼 SW-3。研究區位於 TWD97 座標東西 203459~216163 m，南北 2667397~2688970 m，高程最低為 0m，最高為 311m。年均溫約 21.6℃，年均降雨量約 1,452mm；其中 5 月至 9 月為潮濕期，10 月至翌年 1 月為相對乾旱期，兩期之間為相對潮濕期。此地區乾濕季分明，雨量集中於夏季。夏秋颱風伴隨的豪大雨常造成台地陡坡大量的土石沖蝕。土地利用類別包括農地、森林、草地、水體、與人工鋪面與建物、以及未使用裸露地。在 2014 年福衛影像各土地使用類別所佔的比例為農地（旱田、水田、果樹）24.3%、森林（針葉林、闊葉林、其它林地）11.01%、草地（公園與墓地）5.63%、水體 1.14%、與建地 42.14%、以及未使用裸露地 15.77%。研究區內之紅土化階地堆積層，前人曾推論其似為頭嵙山層出露地表風化而成。也因礫石層透水性高，所以容易受到雨水沖刷侵蝕帶走疏鬆的砂質，而掏空了礫石間的支撐力，這使得坡面礫石極易崩落，而形成既窄且深的侵蝕溝（何信昌，2000；楊國禎，2010）。

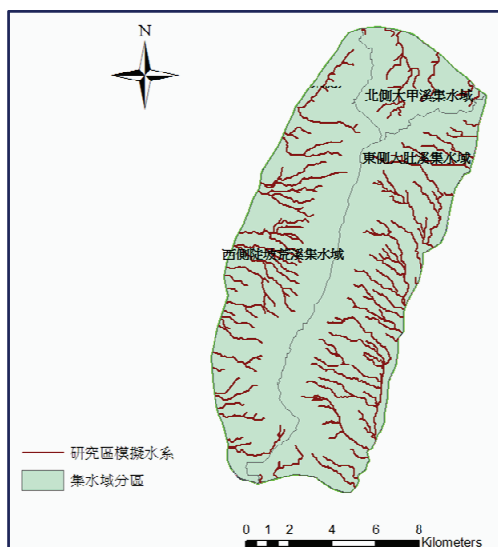


圖 4 研究區子集水域劃分圖

(六) 土地利用判釋與精確性評估

本研究土地利用判釋與精確性評估流程如圖 5。首先，本研究 2008 年土地利用資料乃以 2008 年國土利用調查資料為基礎，再次進行該資料之檢核。同時，為求不同時期影像判釋土地利用標準的統一，本研究影像判釋標準以 2008 年土地利用判釋類別為基準，來建置本研究影像判釋之操作準則。步驟一先以 2008 年 Formosat2 MS 影像進行尺度一判釋。尺度一可判釋類別為：公園、人工建物、果樹、水體等。尺度一無法判釋者，如墓地、旱田、水田、荒地、闊葉林、針葉林、其他林地等則轉由 Google Earth 歷史影像判釋，方法為以 1:1000 比例尺方式截圖轉定位於 2008 年土地利用相同位置，此為尺度二判釋。研究檢核發現，在北側大肚台地有將高位紅土階面旱田誤判為水田狀況，本研究間以影像判別後修改原資料。此一流程最後獲得本研究影像判釋之操作準則手冊（請洽筆者）以及修改後最終 2008 年土地利用資料。其次，本研究 2003 年土地利用資料以 2008 年國土利用調查資料之「面資料外框」以及「土地利用判釋結果」為參考基礎，同時利用 Google Earth 歷史影像資料（圖像日期：2002/11/14、2003/10/25），以 1:1000 之比例尺尺度，參照前述影像判釋之操作準則手冊等，進行 2003 年土地利用資料建置。此一流程繁複，一共截圖校正 Google Earth 影像 109 幅，判釋最終獲得 2003 年的土地利用資料。最後，本研究 2014 年土地利用資料以 2008 年國土利用調查資料之「面資料外框」以及「土地利用判釋結果」為參考基礎，以 2014 年 Formosat2 MS 影像進行尺度一判釋，尺度一無法判釋者則進行尺度二判釋。此一流程與判釋繁複，一共截圖校正 Google Earth 影像 109 幅，判釋最終獲得 2014 年的土地利用資料。在判釋準確度評估上，研究以 ArcGIS 模組 Create Random Points 產生隨機抽樣點，每一子集水分區 1000 點，全研究區共 3000 點，三個時間斷面共 9000 點，參見圖 6；將抽樣點轉換成 kml 檔案轉定位到 Google Earth Navigator，進行歷史影像檢核，參見圖 7；各地景類別以街景記錄方式確認實際地表土地利用，必製作成檢核點位操作守則，範例圖參見圖 8。以此獲得精準度判別 2002 年整體精度為 98.67%；2008 年整體精度為 99.03%；2014 年整體精度為 99.30%。

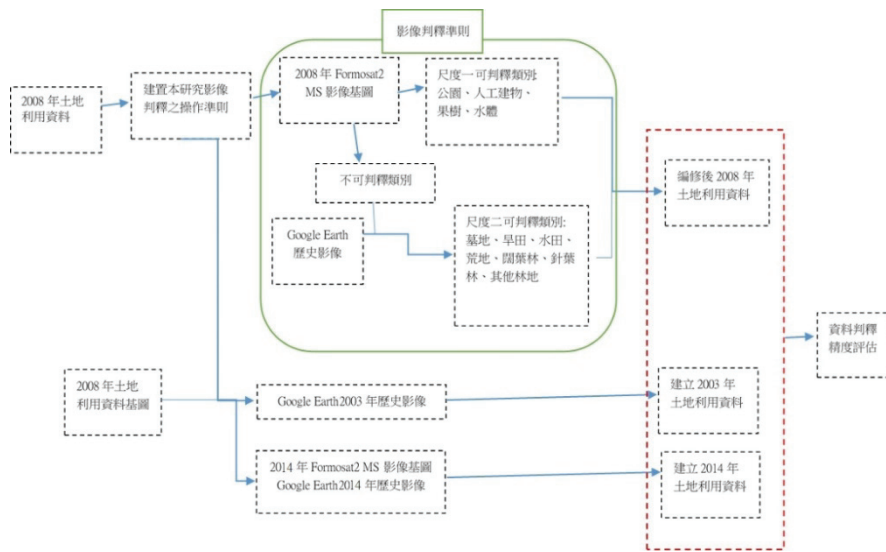
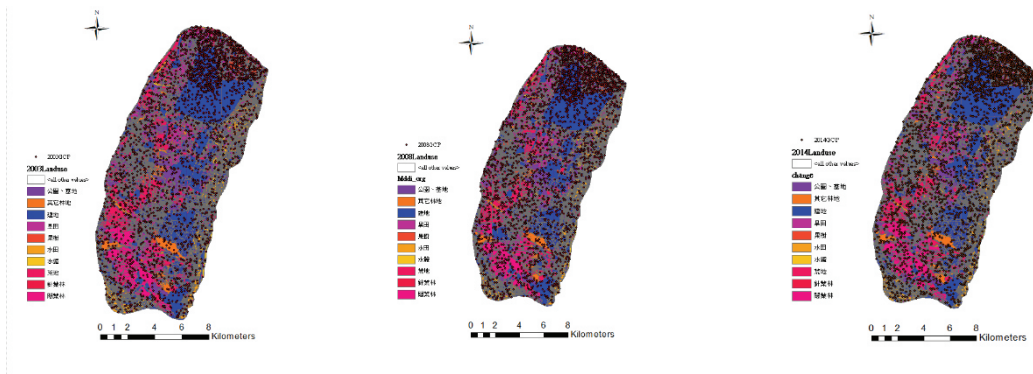


圖 5 土地利用判釋與精確性評估流程圖

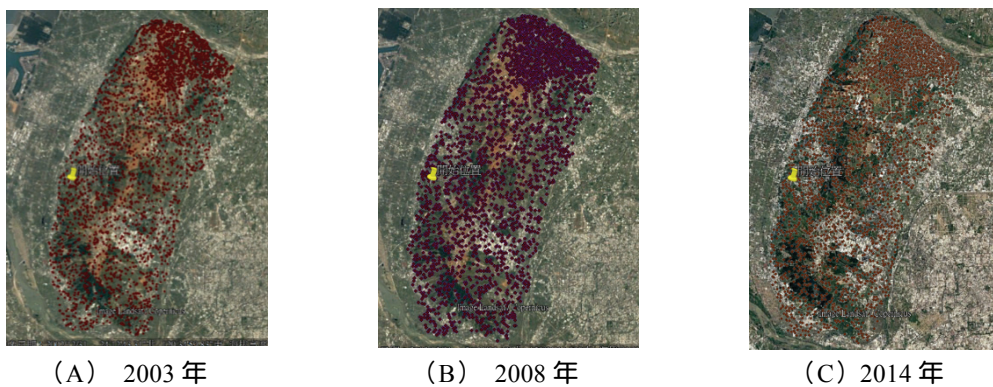


(A) 2003 年

(B) 2008 年

(C) 2014 年

圖 6 2003 年、2008 年與 2014 年地景隨機檢核點分布圖



(A) 2003 年

(B) 2008 年

(C) 2014 年

圖 7 2002 年、2008 年與 2014 年 Google Earth Kml 隨機檢核點分布圖

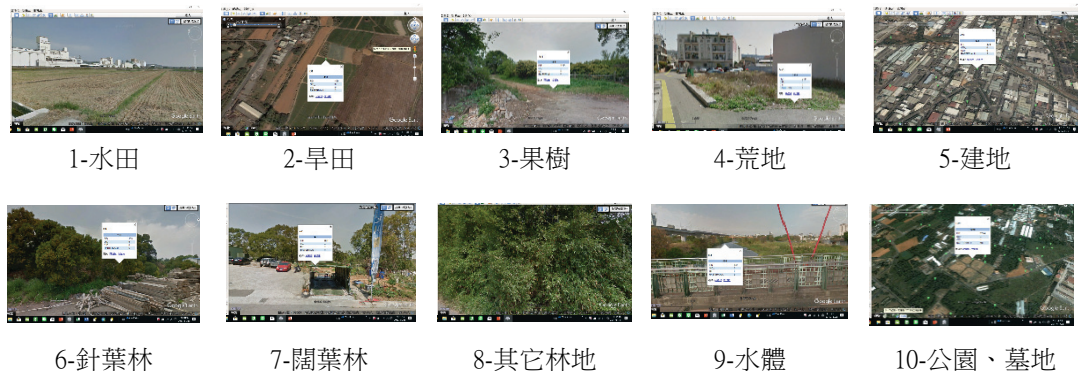


圖 8 各類土地利用地真點位檢核範例圖

研究結果

(一) 地景生態指標分析

1. 研究區全區分析

各類型地景所計算出之地景生態指標值如表 2 所示，由 PLAND 可得知，建地類型區塊總面積在各集水域中三年份皆佔有相當大的比例，表示建地為此三集水域之地景基質。若以研究區全區來看，建地比例不超過 50%，可見以大肚台地地形區來看，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。值得注意的是，自 2003、2008 年到 2014 年間建地在研究區全區 PLAND 的比例由 39.24% 上升至 42.21% 與 42.14%，NP 由 2003 年的 1680 個降至 2008 年 1422 個以及 2014 年 1423 個，顯示提供人類生存棲地提高，單一建地的空間單元面積變大，整體人造空間在台地面上的開發更形穩固。此外，建物類型的 ED 各子集水域與全研究區中最大者，2003 年數值為 146.91m/ha，2008 年上升為 147.72 m/ha，2014 年又略升為 147.84 m/ha 顯示建地為研究區中接觸干擾其它類型地景最高、互動最密切的景觀，且与其它地景接觸面更趨於複雜而多折線。黃志成、馮豐隆（1998）提及因為基質具有最大面積的特性，其具有最大的能流、物流、與生物種流。馮豐隆（2013）亦闡明嵌塊體是完全由地理、氣候、生物和人類活動因子所造成，是為能流、物流、資訊流的投入與產出單元，其形狀和大小不一。伴隨 PLAND 比例增加，顯示人造建物地景內部人類物質、能量、訊息量更形豐富。

由 PLAND 亦可以得知，荒地類型區塊總面積比例為研究區第二大類之地景類型，2003 年為 16.82%、2008 年為 15.62% 以及 2014 年為 15.77%，佔各集水域面積之比例從 5.89%~24.04% 不等。在荒地類型區塊中可以發現，NP 及 PD 二者之值皆為各類型中最大者，NP 數值在 2003 年為 4032 個，2008 年為 4267 個，以及 2014 年為 4279 個，PD 在 2003 年為 24.07/100ha，2008 年為 25.47 個/100ha，以及 2014 年為 25.54 個/100ha，因此，荒地為各子集水域與全研究區中最主要之地景景觀，侵入及鑲入以建地為基質的地景中，具有區塊數量最多、密度最大之情況。由 2003 年至 2014 年間 NP 與 PD 的上升，也顯示荒地鑲綴於建地基質的情況有逐漸上升的趨勢。

旱田區塊總面積比例為研究區第三大類之地景類型，2003 年為 14.94%、2008 年為 13.02% 以及 2014 年為 12.85%，比例降低，佔各集水域面積之比例從 8.68%~20.38% 不等。本研究發現，旱田 NP 及 PD 二者之值皆為各類型中第二大者，NP 數值在 2003 年為 3181 個、2008 年為 3373 個，以及 2014 年為 3397 個，PD 在 2003 年為 18.99 個/100ha、在 2008 年為 20.14 個/100ha，以及 2014 年為 20.28 個/100ha。因此，旱田為全研究區中第二主要之地景景觀，侵入及鑲入以建地為基質的地景中，具有區塊數量次多、密度次大之情況，且三年段鑲嵌於建地基質面積更小、數量更多，呈現更細碎分布。

荒地與旱田的 ED 為全研究區中第二、第三大者，荒地 2003 年為 66.44 m/ha、2008 年為 68.85m/ha 以及 2014 年為 69.07 m/ha；旱田 2003 年為 67.26 m/ha、2008 年為 63.22 m/ha 以及 2014 年為 63.39 m/ha，兩者數值相近，顯示為荒地與旱田為接觸干擾其它類型地景次高、互動次密切的景觀。比較前後期 ED 的變化，荒地有略為升高趨勢，顯示荒地與其它地景接觸面略趨於複雜而折線，與其它地景互動影響程度提高；旱田則有略為明顯降低，顯示其與其它地景接觸面略趨於簡單而直線，人為活動影響該地景變化的程度有明顯提高。

水田、公園與墓地、水體等地景類別 PLAND 於 2003 年、2008 年與 2014 年分別為：水田 6.39% 降至 5.76%，在微升至 5.83%；公園與墓地 4.39% 升至 5.63%（2008 年、2014 年）；水體 1.15% 微降至 1.14%（2008 年、2014 年）。水田在 2003 年至 2008 年降低比例明顯；公園與墓地則在 2003 年至 2008 年提升比例明顯。而水體整體面積比例變動不大。上述三類地景 NP 及 PD 在 2003、2008 至 2014 年間變動不大。地景 NP 分別為：水田 1104 個（2003 年）降至 1099 個（2008 年），後升至 1114 個（2014 年）；公園與墓地 1076 個（2003 年）降至 1062 個（2008 年、2014 年）；水體則由 915 個（2003 年），921 個（2008 年）略升為 925 個（2014 年）；PD 分別為水田 6.59 個/100ha（2003 年）降至 6.56 個/100ha（2008 年），再回升至 6.65 個/100ha（2014 年）；公園與墓地 6.42 個/100ha（2003 年）降至 6.34 個/100ha（2008 年、2014 年）；水體 5.46 個/100ha（2003 年）略升為 5.50 個/100ha（2008 年），2014 年又微升到 5.52 個/100ha。整體而言水田、公園與墓地、水體等地景鑲嵌於建地基質穩定而無太大變化。

在 ED 指標上，公園與墓地地景變動在 2003 年間到 2008 年間變動明顯，由 14.95m/ha 升至 17.46m/ha，2014 年則維持與 2008 年一樣的土地覆蓋，顯示公園與墓地與其它地景有了更頻繁的互動影響，在個數變少，面積比例擴大的同時，其形狀卻更加的不規則，具有複雜非直線的狀態。

水田地景 ED 變動較為起伏，2003 年為 30.50m/ha，2008 年為 29.02m/ha 降至 2014 年 29.44m/ha，和 PLAND、NP、PD 等變動趨勢都具有由 2003 年到 2008 年下降，2008 到 2014 年再略微提升的趨勢。水體 2003 年為 19.73m/ha，2008 年降為 19.62m/ha，至 2014 年為 19.71m/ha，在面積比例降低的同時，NP、PD 等卻持續略增趨勢，而 ED 值並無較大變動，顯示水體地景在個數變多，個別面積變小的同時，接觸干擾其它類型地景程度無明顯增減。

相較之下，果樹 PLAND 值由 2003 年的 5.48%，升至 2008 年的 5.60%，再微升至 2014 年 5.60%，為僅次於公園與墓地提升比例次高的地景，顯示果樹類型地景面積有逐年提升。本研究發現，果樹 NP 及 PD 二者之值皆為各類型中第三大者，NP 數值在 2003 年為 1726 個，2008 年為 1765 個，以及 2014 年為 1774 個，PD 在 2003 年為 10.30 個/100ha，在 2008 年為 10.54 個/100ha，以

及 2014 年為 10.59 個/100ha，因此，果樹為全研究區中第三主要之地景景觀，侵入及鑲入以建地為基質的地景中，三年段鑲嵌於建地基質穩定，變化不大。在 ED 指標上，果樹地景由 2003 年為 32.66m/ha，2008 年為 33.50m/ha 升至 2014 年 33.68m/ha，顯示果樹與其它地景有了更頻繁的互動接觸。在個數變多，面積比例擴大的同時，其形狀更加的不規則，具有複雜非直線的狀態。

在森林類型地景中，闊葉林、針葉林、其它林地 PLAND 於 2003 年為闊葉林 7.30%，針葉林 0.04%，其它林地 4.24% 等，2008 年與 2014 年分別為闊葉林 7.18%、7.18%，針葉林 0.05%、0.05%，其它林地 3.78%、3.78% 等，除針葉林比例佔全研究區比例略增外，闊葉林與其它林地皆降低，但合計森林 PLAND 值從 2003 年到 2014 年降低 0.45%，顯示森林地景比例在全研究區是減少的，能提供生態服務功能也隨之減少。此外上述三類地景在 2003 年 NP 分別為：闊葉林 446 個，針葉林 13 個，其它林地 303 個；在 2008 至 2014 年間，NP 分別為闊葉林 392 個、392 個，針葉林 12 個、12 個，其它林地 240 個、240 個；PD 分別為闊葉林 2.34 個/100ha、2.34 個/100ha，針葉林 0.07 個/100ha、0.07 個/100ha，其它林地 1.43 個/100h、1.43 個/100ha。整體而言森林地景在 2003 年至 2008 年間個數變動明顯降低，2008 年至 2014 年間個數鑲嵌於建地基質穩定而無變化。在 ED 指標上，三種地景在 2003 年至 2008 年間變動明顯：闊葉林 2003 年為 16.18m/ha 降至 2008 年 15.51m/ha，與其它地景接觸互動下降，且受人為影響形狀趨於直線；針葉林 2003 年為 0.23m/ha 微升至 2008 年為 0.25m/ha，略為提升，但不明顯；其它林地 2003 年為 12.83m/ha 降至 2008 年為 11.08m/ha，和闊葉林地景相同與其它地景接觸互動下降，且受人為影響變大形狀趨於簡單。

闊葉林 2008 年為 15.51m/ha 微降至 2014 年 15.47m/ha，針葉林 2008 年為 0.25m/ha 至 2014 年仍為 0.25m/ha，其它林地 2008 年為 11.08m/ha 微降至 2014 年為 11.05m/ha，對於森林地景類型整體而言 2008 年至 2014 年 ED 值微幅降低，三種森林地景總和 2008 年為 26.84m/ha 降至 2014 年間的 26.77m/ha，顯示森林類型地景接觸干擾其它類型地景程度略微降低。綜上，2003 年至 2014 年間森林 PLAND、NP、PD、ED 值皆降低，顯現台地面上整體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 年間呈現互動影響機制降低的情況。

2.子集水域分析

(1)SW-1

在 SW-1 中，2003 年、2008 年至 2014 年間建地地景 PLAND 值分別為 48.12% 提升至 53.35%，再微降至 53.16%，顯示建地乃 SW-1 之基質，所佔比例最高且於 2008 年至 2014 年間過半；荒地（2003 年 13.51%，2008 年 10.24%，2014 年 10.26%）、水田（2003 年 11.44%，2008 年 9.94%，2014 年 10.07%）、旱田（2003 年 10.46%，2008 年 8.68%，2014 年 8.69%）則次之，且數值相近，在 2003 年至 2014 年間三地景降低情況明顯，2008 年至 2014 年間略微提升，但變動不大。公園與墓地、水體、果樹數值則較低。公園與墓地 2003 年至 2008 年間由 3.41% 上升到 4.78%，變動幅度為 1.37%，變動較水體、果樹等地景大；水體、果樹皆呈現微幅變動，變動較不顯著。森林地景比例則由 2003 年的 8.06%，2008 年的 8.05% 略升為 8.07%，三年段變動值皆在 0.01% 值距變動，變動影響不大。綜上，以 PLAND 指標分析，顯示 SW-1 變動較劇烈時期在 2003 年至 2008 年間，此時期，建地明顯增加 5% 左右，而旱田、水田占整體面積比例則明顯降低，此必定對於 SW-1 區的生態服務功能，如動物棲地提供能力，淨化水質及涵養水源能力，造成影響。分析建

地增加而荒地、旱田、水田面積比例降低的原因，與中科台中園區開發有明顯關聯。2003 年廠商進駐土地開發以來，至 2014 年第一季台中園區已開發面積為 412.86 公頃，占全區 465.94 公頃的 88.61%，可出租且已出租廠房比例為 89%（科技部統計資料庫，2014），2003 年原有的荒地、水田、旱田，幾已全部成為建地，十年間歷經明顯的地景變遷。

由 SW-1 的 NP 值分析可知，2003、2008 至 2014 年間，荒地類型數值由 1757 個提升到 1992 個，再至 2004 個，數量最高且增加數量最多（增加 247 個）；PD 值同時也是荒地地景最高，2003 年 22.41 個/100ha，2008 年 25.42 個/100ha，2014 年 25.58 個/100ha，顯示荒地為 SW-1 中最主要之鑲綴地景景觀，侵入及鑲入以建地為基質的地景中，具有區塊數量最多、密度最大之情況。由 2003 年至 2014 年間 NP 與 PD 的上升，也顯示荒地鑲綴於建地基質的情況有明顯提高，對 SW-1 之生態服務功能必然會造成影響。

ED 分析中建地地景為第一大者，2003 年為 147.11m/ha，2008 年為 149.11m/ha，2014 年略降為 149.62 m/ha，顯示建地為研究區中接觸干擾其它類型地景最高、互動最密切的景觀，且与其它地景接觸面更趨於複雜而多觸角，伴隨 PLAND 比例增加，顯示 SW-1 區內人造建物地景內部人類物質、能量、訊息量更形豐富。荒地 2003 年 ED 為 56.72m/ha，2008 年為 56.79 m/ha 以及 2014 年為 57.18%；旱田 2003 年為 60.05 m/ha，2008 年為 52.70 m/ha 以及 2014 年為 52.90 m/ha，兩者數值相近，顯示為荒地與旱田為接觸干擾其它類型地景次高、互動次密切的景觀。比較前後期 ED 的變化，荒地有持續為增加趨勢，顯示与其它地景接觸面持續趨於複雜而非直線，在面積比例降低，個數變多的同時，對其它地景的交流作用有持續提升。而旱田 ED 在 2003 年至 2014 年間則有明顯下降，顯示与其它地景接觸面持續趨於簡化而直線，在面積比例降低，個數變多的同時，對其它地景的交流互動卻呈現和荒地不同結果，互動接觸彼此影響程度下降。

分析森林地景 ED 變化，其它林地由 2003 年的 8.97m/ha 明顯降至 2008 年 8.06m/ha，再到 2014 年略為變動至 8.07m/ha，顯示其它林地与其它地景交流觸突變少，尤其其它林地在 SW-1 中面積比例是略增，數量是減少，其与其它地景接觸面又呈現較簡單趨於直線的相鄰，顯示其它林地有受控於人為主導，以面積而言所提供的生態服務功能為之提高。針葉林 ED 變化由 2003 年的 0.41m/ha 減少至 2008 年的 0.36m/ha，2014 年的仍保持 0.36m/ha，顯示針葉林与其它地景在 2003 年至 2008 年間交流互動明顯變少，在 SW-1 中面積比例是維持比例，數量是減少，顯示針葉林地景外緣形狀有受控於人為主導，而較趨於直線。闊葉林 ED 變化由 2003 年的 14.69m/ha 減少至 2008 年的 13.85m/ha，2014 年略為變動 13.91m/ha，顯示闊葉林与其它地景在 2003 年至 2008 年間交流互動明顯變少，在 SW-1 中面積比例是降低 0.19%，數量增加 15 個下，針葉林地景面積呈現縮小且碎裂的情形，在此情況下又受控於人為主導，外型較趨於直線，無法有較多突觸，而使交流接觸面長度降低，可想見對 SW1 所提供的生態服務功能有所降低。

(2) SW-2

在 SW-2 中，2003 年、2008 年至 2014 年間建地地景 PLAND 值分別為 27.36% 提升至 28.44%，再微升至 28.48%，顯示建地乃 SW-2 之基質，所佔比例最高，與第二大面積比例的荒地差距不大，且佔整體子水域區面積並無超過 30%；荒地（2003 年 23.07%，2008 年 23.97%，2014 年 24.04%）、旱田（2003 年 18.59%，2008 年 16.23%，2014 年 15.79%）則次之，荒地數值明顯上升，旱田則明顯下降，明顯表示對生態服務功能有一定影響。公園與墓地、水體、果樹、水田數值則較低。

公園與墓地 2003 年至 2008 年間由 6.35% 上升到 7.76%，變動幅度為 1.41%，變動較水體、果樹等地景大；水體、果樹皆呈現微幅變動，變動較不顯著。森林地景比例則由 2003 年 16.76%，2008、2014 年的 15.43%，變動面積少 1.33%。綜上，以 PLAND 指標分析，顯示 SW-2 變動較劇烈時期在 2003 年至 2008 年間，此時期，建地與荒地 PLAND 明顯增加 1.08% 與 0.97%，而旱田占整體面積比例則明顯降低 2.80%，此必定對於 SW-2 的生態服務功能，如動物棲地提供能力，淨化水質及涵養水源能力，造成影響。

由 SW-2 的 NP 值分析可知，2003、2008 至 2014 年間，荒地類型數值由 1880 個提升到 1975 個，再至 1947 個，數量最高且增加數量最多（增加 67 個）；PD 值同時也是荒地地景最高，2003 年 26.20 個/100ha，2008 年 27.53 個/100ha，2014 年 27.14 個/100ha，顯示荒地為 SW-2 中最主要之鑲綴地景景觀，侵入及鑲入以建地為基質的地景中，具有區塊數量最多、密度最大之情況。由 2003 年至 2014 年間 NP 與 PD 的上升，也顯示荒地鑲綴於建地基質的情況有明顯提高，對 SW-2 之生態服務功能必然會造成影響。

ED 分析中建地地景為第一大者，2003 年為 152.81m/ha，2008 年為 152.89m/ha，2014 年略降為 152.86 m/ha，顯示建地為研究區中接觸干擾其它類型地景最高、互動最密切的景觀，伴隨 PLAND 比例增加，与其它地景接觸面無太大變動，顯示 SW-2 區內人造建物地景內部人類物質、能量、訊息量更形豐富，對外部地景影響卻趨於人為主控下的直線化。荒地 2003 年 ED83.46m/ha，2008 年為 88.18 m/ha 以及 2014 年為 88.30%；旱田 2003 年為 74.41m/ha，2008 年為 72.55m/ha 以及 2014 年為 72.08 m/ha，兩者數值相近，顯示為荒地與旱田為接觸干擾其它類型地景次高、互動次密切的景觀。比較前後期 ED 的變化，荒地有持續為增加趨勢，顯示与其它地景接觸面持續趨於複雜而非直線，在面積比例增加，個數變多的同時，對其它地景的影響互動有持續提升。而旱田 ED 在 2003 年至 2014 年間則有明顯下降，顯示与其它地景接觸面持續趨於簡化而直線，在面積比例降低，個數變多的同時，對其它地景的交流互動卻呈現和荒地不同結果，互動接觸彼此影響程度下降。

分析森林地景 ED 變化，其它林地由 2003 年 17.66m/ha 明顯降至 2008、2014 年 14.64m/ha，顯示其它林地和其餘地景交流觸突變少，其它林地在 SW-2 中面積比例、數量是減少，其与其它地景接觸面又呈現較簡單趨於直線的相鄰，顯示其它林地有受控於人為主導削減，以面積而言所提供的生態服務功能為之降低。闊葉林 ED 變化由 2003 年的 18.98m/ha 減少至 2008 年的 18.36m/ha，2014 年的仍保持 18.31m/ha，顯示闊葉林与其它地景在 2003 年至 2008 年間交流互動明顯變少，在 SW-2 中面積比例降低，數量是減少，顯示針葉林地景外緣形狀有受控於人為主導，而較趨於直線。針葉林 ED 變化由 2003 年的 0.03m/ha 略增至 2008、2014 年的 0.04m/ha，顯示針葉林与其它地景在 2003 年至 2014 年間交流互動並無明顯變化，在 SW-2 中面積比例是增加 0.01%，數量增加 1 個下，針葉林地景面積保持穩定，在此情況下林地有自然發展，外部形狀略趨複雜，有較多突觸，而使交流接觸面長度略增，可想見對 SW2 所提供的生態服務功能有所略增，但變動微小。

(3)SW-3

在 SW-3 中，2003 年、2008 年至 2014 年間建地地景 PLAND 值分別為 48.13% 微升至 48.83%，再上升至 50.88%，顯示建地乃 SW-3 之基質，所佔比例最高，2008 年至 2014 年是 SW-3 建地變

動明顯的年段。第二大面積比例為旱田（2003年 20.03%，2008年 18.46%，2014年 20.38%）；第三大面積比例為果樹（2003年 17.41%，2008年 17.80%，2014年 14.13%）。旱田數值在三年段間變動較震盪，有降低後上升情況。果樹則明顯下降，其所能提供的生態服務功能有縮減。公園與墓地、水體、水田、荒地數值則較低。公園與墓地、水體、水田等呈現微幅變動，變動較不明顯。荒地 PLAND 值 2003 年為 5.89%，2008 年 6.45%，2014 年 6.15%，整體而言上升 0.26%。森林地景比例則由 2003 年 6.18%，至 2008 年 6.14%、2014 年的 6.23%，變動面積增加 0.05%。綜上，以 PLAND 指標分析，顯示 SW-3 變動較劇烈時期在 2008 年至 2014 年間，此時期，建地與荒地 PLAND 明顯增加 2.75%與 0.26%，而果樹占整體面積比例則明顯降低 3.28%，此必定對於 SW-3 的生態服務功能，如動物棲地提供能力，淨化水質及涵養水源能力，造成影響。

由 SW-3 的 NP 值分析可知，在 2003、2008 至 2014 年間，荒地由 367 個提升到 392 個，再降至 296 個，數量最高且變動數量最多（02 年到 08 年增加 25 個，08 年到 14 年減少 96 個）；PD 值荒地數值也是第一，2003 年 21.08 個/100ha，2008 年 22.52 個/100ha，2014 年 17.00 個/100ha 也屬第二高，顯示荒地為 SW-3 中最主要之鑲綴地景景觀，侵入及鑲入以建地為基質的地景中，具有區塊數量最多、密度大之情況。由 2003 年至 2014 年間 NP 與 PD 也顯示荒地鑲綴於建地基質的情況有所降低，與前述荒地面積提高的情況相印證，顯示荒地單一嵌塊體有朝向趨大化，個數變少情形，相對 SW-3 之生態服務功能必然會造成影響。在 2003、2008 至 2014 年間，旱田的 NP 值由 328 個提升到 345 個，再降至 306 個，PD 值也由 2003 年 18.84 個/100ha 提升到 2008 年 19.82 個/100ha，後降至 2014 年 17.57 個/100ha，趨勢是先升後降，而前述旱田面積是先降後升，顯示旱田在 2003 年到 2014 年間其面積、個數、密度變化明顯，是 SW-3 中變動劇烈的地景，值得探究其原因以及對棲地生態的效應。果樹的 NP 值 235 個提升到 259 個，再降至 233 個，PD 值也由 2003 年 10.80 個/100ha 提升到 2008 年 11.54 個/100ha，後降至 2014 年 7.93 個/100ha，趨勢是先升後降，而前述果樹面積是先微升後降，顯示果樹面積、個數、密度變化明顯，也是 SW-3 中變動劇烈的地景，也值得探究其原因以及對棲地生態的效應。

ED 分析中建地為第一大者，2003 年為 138.51m/ha，2008 年為 140.97m/ha，2014 年略升為 141.12 m/ha，顯示建地為研究區中接觸干擾其它類型地景最高、互動最密切的景觀，伴隨 PLAND 比例增加，与其它地景接觸面交流日增，顯示 SW-3 區內人造建物地景內部人類物質、能量、訊息量更形豐富。旱田 2003 年 ED 值為 78.35m/ha，2008 年為 78.79 m/ha 以及 2014 年為 82.35%；果樹 2003 年為 73.42m/ha，2008 年為 78.60 m/ha 以及 2014 年為 71.09 m/ha，兩者數值相近，顯示為旱田與果樹為接觸干擾其它類型地景次高、互動次密切的景觀。比較前後期 ED 的變化，旱田有持續增加趨勢，顯示与其它地景接觸面持續趨於複雜而非直線，在面積比例微增，個數變少的同時，對其它地景的影響互動有持續提升。而果樹 ED 在 2003 年至 2008 年有明顯提升，2014 年間則有明顯下降，顯示与其它地景接觸面持續趨於簡化而直線，在面積比例降低，個數大致無變動下，對其它地景的交流互動卻呈現和旱田不同結果，互動接觸彼此影響程度下降。

表 2 各類型地景所計算之地景生態指標值

| 地景生態 指標 | 區域 | 年份 | 地景類型 | | | | | | | | | |
|-------------|-----------|-------|-----------|-------|-------|-------|----------|--------|--------|-------|---------|---------|
| | | | 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(%) | SW-1 | 2003 | 3.41 | 11.44 | 1.57 | 10.46 | 3.38 | 3.44 | 48.12 | 13.51 | 0.07 | 4.61 |
| | | 2008 | 4.78 | 9.94 | 1.49 | 8.68 | 3.56 | 3.48 | 53.35 | 10.24 | 0.07 | 4.42 |
| | | 2014 | 4.78 | 10.07 | 1.50 | 8.69 | 3.56 | 3.48 | 53.16 | 10.26 | 0.07 | 4.44 |
| | SW-2 | 2003 | 6.35 | 2.15 | 0.90 | 18.59 | 5.71 | 4.82 | 27.36 | 23.07 | 0.03 | 11.02 |
| | | 2008 | 7.76 | 2.31 | 0.91 | 16.23 | 4.46 | 4.96 | 28.44 | 23.97 | 0.04 | 10.93 |
| | | 2014 | 7.76 | 2.55 | 0.91 | 15.79 | 4.46 | 5.05 | 28.48 | 24.04 | 0.04 | 10.93 |
| | SW-3 | 2003 | 0.75 | 1.16 | 0.44 | 20.03 | 2.08 | 17.41 | 48.13 | 5.89 | 0.00 | 4.10 |
| | | 2008 | 0.75 | 1.08 | 0.50 | 18.46 | 2.04 | 17.80 | 48.83 | 6.45 | 0.00 | 4.10 |
| | | 2014 | 0.74 | 1.04 | 0.45 | 20.38 | 2.18 | 14.13 | 50.88 | 6.15 | 0.00 | 4.05 |
| | 研究區 全區 | 2003 | 4.39 | 6.39 | 1.15 | 14.94 | 4.24 | 5.48 | 39.24 | 16.82 | 0.04 | 7.30 |
| | | 2008 | 5.63 | 5.76 | 1.14 | 13.02 | 3.78 | 5.60 | 42.21 | 15.62 | 0.05 | 7.18 |
| | | 2014 | 5.63 | 5.83 | 1.14 | 12.85 | 3.78 | 5.62 | 42.14 | 15.77 | 0.05 | 7.18 |
| NP (N) | | 2003 | 273 | 851 | 499 | 1441 | 112 | 780 | 710 | 1757 | 11 | 197 |
| SW-1 | 2008 | 275 | 891 | 643 | 1670 | 93 | 816 | 538 | 1992 | 9 | 212 | |
| | 2014 | 291 | 899 | 643 | 1681 | 94 | 819 | 544 | 2004 | 9 | 212 | |
| | 2003 | 755 | 201 | 224 | 1444 | 174 | 713 | 764 | 1880 | 3 | 204 | |
| SW-2 | 2008 | 749 | 204 | 234 | 1490 | 145 | 738 | 772 | 1975 | 4 | 173 | |
| | 2014 | 748 | 223 | 233 | 1477 | 144 | 743 | 766 | 1947 | 4 | 170 | |
| | 2003 | 53 | 27 | 51 | 328 | 18 | 235 | 188 | 367 | 0 | 31 | |
| SW-3 | 2008 | 54 | 29 | 61 | 345 | 17 | 259 | 201 | 392 | 0 | 32 | |
| | 2014 | 47 | 26 | 42 | 306 | 17 | 233 | 138 | 296 | 0 | 28 | |
| | 2003 | 1076 | 1104 | 915 | 3181 | 303 | 1726 | 1680 | 4032 | 13 | 446 | |
| 研究區 全區 | 2008 | 1062 | 1099 | 921 | 3373 | 240 | 1765 | 1422 | 4267 | 12 | 392 | |
| | 2014 | 1062 | 1114 | 925 | 3397 | 240 | 1774 | 1423 | 4279 | 12 | 392 | |
| PD(N/100ha) | SW-1 | 2003 | 3.48 | 10.86 | 6.37 | 18.38 | 1.43 | 9.95 | 9.06 | 22.41 | 0.14 | 2.51 |
| | | 2008 | 3.51 | 11.37 | 8.21 | 21.31 | 1.19 | 10.41 | 6.87 | 25.42 | 0.11 | 2.71 |
| | | 2014 | 3.71 | 11.47 | 8.21 | 21.46 | 1.20 | 10.45 | 6.94 | 25.58 | 0.11 | 2.71 |
| | SW-2 | 2003 | 10.52 | 2.80 | 3.12 | 20.13 | 2.43 | 9.94 | 10.65 | 26.20 | 0.04 | 2.84 |
| | | 2008 | 10.44 | 2.84 | 3.26 | 20.77 | 2.02 | 10.29 | 10.76 | 27.53 | 0.06 | 2.41 |
| | | 2014 | 10.43 | 3.11 | 3.25 | 20.59 | 2.01 | 10.36 | 10.68 | 27.14 | 0.06 | 2.37 |
| | SW-3 | 2003 | 3.04 | 1.55 | 2.93 | 18.84 | 1.03 | 13.50 | 10.80 | 21.08 | 0.00 | 1.78 |
| | | 2008 | 3.10 | 1.67 | 3.50 | 19.82 | 0.98 | 14.88 | 11.54 | 22.52 | 0.00 | 1.84 |
| | | 2014 | 2.70 | 1.49 | 2.41 | 17.57 | 0.98 | 13.38 | 7.93 | 17.00 | 0.00 | 1.61 |
| | 研究區 全區 | 2003 | 6.42 | 6.59 | 5.46 | 18.99 | 1.81 | 10.30 | 10.03 | 24.07 | 0.08 | 2.66 |
| | | 2008 | 6.34 | 6.56 | 5.50 | 20.14 | 1.43 | 10.54 | 8.49 | 25.47 | 0.07 | 2.34 |
| | | 2014 | 6.34 | 6.65 | 5.52 | 20.28 | 1.43 | 10.59 | 8.49 | 25.54 | 0.07 | 2.34 |
| SW-1 | | 2003 | 10.96 | 54.30 | 26.32 | 60.05 | 8.97 | 26.53 | 147.11 | 56.72 | 0.41 | 14.69 |
| | 2008 | 14.39 | 50.55 | 26.42 | 52.70 | 8.06 | 26.48 | 149.11 | 56.79 | 0.36 | 13.85 | |
| | 2014 | 14.88 | 51.20 | 26.57 | 52.90 | 8.07 | 26.57 | 149.62 | 57.18 | 0.36 | 13.91 | |
| SW-2 | 2003 | 21.96 | 10.53 | 14.51 | 74.41 | 17.66 | 29.75 | 152.81 | 83.46 | 0.13 | 18.98 | |
| | 2008 | 24.13 | 11.38 | 14.72 | 72.55 | 14.64 | 30.63 | 152.89 | 88.18 | 0.21 | 18.36 | |
| | 2014 | 24.11 | 12.57 | 14.75 | 72.08 | 14.64 | 31.25 | 152.86 | 88.30 | 0.21 | 18.31 | |
| SW-3 | 2003 | 5.36 | 6.80 | 8.77 | 78.35 | 10.26 | 73.42 | 138.51 | 39.95 | 0.00 | 14.14 | |
| | 2008 | 5.37 | 6.49 | 9.50 | 78.79 | 10.02 | 78.60 | 140.97 | 44.75 | 0.00 | 14.28 | |
| | 2014 | 5.26 | 6.60 | 8.93 | 82.35 | 10.68 | 71.09 | 141.12 | 39.38 | 0.00 | 14.17 | |
| 研究區 全區 | 2003 | 14.95 | 30.50 | 19.73 | 67.26 | 12.83 | 32.66 | 146.91 | 66.44 | 0.23 | 16.18 | |
| | 2008 | 17.46 | 29.02 | 19.62 | 63.22 | 11.08 | 33.50 | 147.72 | 68.60 | 0.25 | 15.51 | |
| | 2014 | 17.46 | 29.44 | 19.71 | 63.39 | 11.05 | 33.68 | 147.84 | 69.07 | 0.25 | 15.47 | |

分析森林地景 ED 變化，其它林地由 2003 年 10.26m/ha 降至 2008 年 10.02m/ha、2014 年略升為 10.68m/ha，顯示其它林地和其餘地景交流觸突大致穩定，其它林地在 SW-3 中面積比例、數量也是變動甚微，其所提供的生態服務功能在 SW-3 中相當固定。闊葉林 ED 變化由 2003 年的 14.14m/ha 增加至 2008 年的 14.28m/ha，2014 年的仍保持 14.17m/ha，顯示闊葉林與其它地景在 2003 年至 2014 年間交流互動也相當穩定，在 SW-3 中面積比例略降、數量略減下，顯示闊葉林地景外緣形狀自然發展，而較趨於多突觸的情況。

(二) 最大可能保水量分析

本文以最大可能保水量 (S) 進行大肚台地生態服務功能評估分析，利用圖 9 三年度地景分類分布圖對照圖 10 土壤分類圖 (分類自表 3 水土保持局土壤分類及對應之 SCS 土壤分類)，參考表 4 SCS 曲線值，得出圖 11 三年度研究區 CN 分布圖，轉換出圖 12 三年度最大可能保水量分布圖；同時也利用圖 9(B) 2014 年地景分類圖對照圖 10 研究區土壤分類圖，參考表 3 SCS 曲線值，得出圖 11 (B) 2014 年研究區 CN 分布圖，轉換出 4.3-4 (B) 2014 年最大可能保水量分布圖。全研究區與各子集水域所計算出之保水量如表 5 所示。

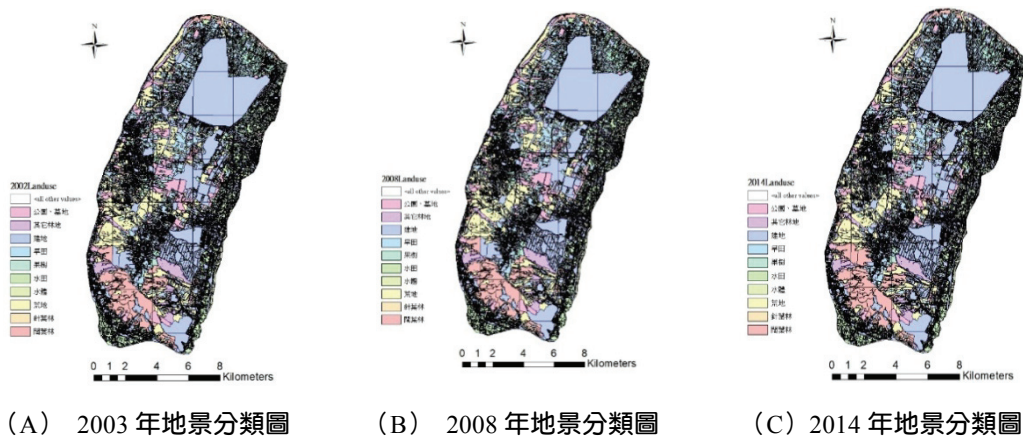


圖 9 2003 年、2008 年與 2014 年地景分類分布圖

表 3 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 | 粗砂土、砂土 | A |
| 1 | 細砂土、壤質砂土、壤質粗砂土 | |
| 2 | 壤質細砂土、粗砂質壤土、砂質壤土、細砂質壤土 | |
| 3 | 極細砂土、壤質極細砂土、極細砂質壤土 | |
| 4 | 坊質壤土、坊土 | B |
| 5 | 壤土 | |
| 6 | 砂質黏壤土 | C |
| 7 | 黏質壤土、坊質黏壤土 | D |
| 8 | 坊質黏土、砂質黏土 | |
| 9 | 黏土 | |

註：表摘錄自林昭遠（2016），原資料摘自水土保持局（1995）。

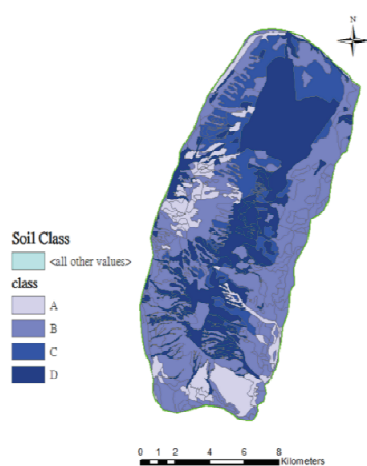


圖 10 研究區土壤分類圖

表 4 SCS 曲線值

| 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（2016）

表 5 2003 年、2008 年與 2014 年最大可能保水量研究區與各集水域數值資訊

| | 年份 | SW-1 | SW-2 | SW-3 | 研究區全區 |
|----------------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|
| S 累計 (mm) | 2003 | 4995390215 | 5861418049 | 1045837265 | 11902645530 |
| | 2008 | 5093877219 | 5811781447 | 1035772352 | 11941431018 |
| | 2014 | 5075372874 | 5778385296 | 1014594896 | 11868353065 |
| S 變動量 | 2003~2008 | 98487004 | -49636602 | -10064913 | 38785488 |
| | 2008~2014 | -18504345 | -33396151 | -21177456 | -73077953 |
| | 2003~2014 | 79982659 | -83032753 | -31242369 | -34292465 |
| S 變動幅度 (%) | 2003~2008 | 1.97% | -0.85% | -0.96% | 0.33% |
| | 2008~2014 | -0.36% | -0.57% | -2.04% | -0.61% |
| | 2003~2014 | 1.60% | -1.42% | -2.99% | -0.29% |
| S/m ² | 2003 | 63.76 | 81.69 | 60.07 | 71.06 |
| | 2008 | 65.02 | 81 | 59.49 | 71.29 |
| | 2014 | 64.77 | 80.53 | 58.27 | 70.85 |
| S/m ² 變動量 | 2003~2008 | 1.26 | -0.69 | -0.58 | 0.23 |
| | 2008~2014 | -0.25 | -0.47 | -1.22 | -0.44 |
| | 2003~2014 | 1.01 | -1.16 | -1.8 | -0.21 |

註：表中 S 變動量、S 變動幅度、S/m² 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。

1. 研究區全區分析

由上表 5 可知，研究區全區 S 累計在 2003 年約為 11902645530 mm，2008 年約為 11941431018 mm，2014 年約為 11868353065 mm；2003 年至 2008 年增加 38785488mm，2008 年至 2014 年衰退-73077953 mm，2003 年至 2014 年衰退-34292465mm，2003 年至 2008 年增加幅度 0.33%，2008 年至 2014 年衰退幅度-0.61%，2003 年至 2014 年衰退幅度-0.29%；每平方公尺之 S 也從 2008 年約為 71.28 mm/m² 衰退至 2014 年約為 70.85mm/m²，衰退-0.44 mm/m²。上述表示全研究區 2003 年至 2008 年最大可能保水量有增加情況，與一般認知有所不同，其原因與變動在子集水域時多有詳述，這也代表此時期涵養水源能力提升，淨化功能增加，代表提供植物與動物棲地供水服務功能有所上升。2008 年至 2014 年最大可能保水量有降低情況，也代表涵養水源能力衰退，淨化功能降低，代表提供植物與動物棲地供水服務功能有所降低。整體而言 2003 年至 2014 年最大可能保水量有所下降，表示在大肚台地 12 年間開發造成保水功能的喪失乃明確足以證明的。

2. 子集水域分析

我們可以透過分區子集水域最大可能保水量的變化分析來解讀 12 年間研究區地景變化造成生態服務功能劣化的空間分布，確認標定最大可能保水量的流失熱點發生於何處，以及近期空間保育良好以至於 S 增加的地點。

(1) SW-1 最大可能保水量變化分析

由上表 5 可知 SW-1 中 S 累計在 2003 年約為 4,995,390,215 mm，2008 年約為 5,093,877,219 mm，2014 年約為 5,075,372,874mm，為三集水域中 S 累加次高地區，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服務功能總量為次高者。2003 年至 2008 年間增加 98,487,004mm，增加幅度 1.97%，然 2008 年至 2014 年間衰退-18,504,345mm，衰退幅度-0.36%；每平方公尺之 S 在 2003 年約為 63.76 mm/m²，2008 年約增為 65.02 mm/m²，2014 年衰退約至為 64.77 mm/m²，2003 年至 2008 年間增加 1.26 mm/m²，2008 年至 2014 年衰退-0.25 mm/m²，整體 12 年間增加 1.01 mm/m²。SW-1 最大可能保水量在 2003 年至 2008 年有增加，且經比對其他兩子集水域數值，SW-1 是 2003 至 2008 年該年段 S 唯一增加的子集水域，也是造成研究區在該年段 S 值增加的主因；SW-1 最大可能保水量在 2008 年至 2014 年有衰退情形，也代表代表涵養水源、淨化水質功能降低，代表提供植物與動物棲地供水服務功能有所降低。若與其它集水域相較，衰退幅度為最低，故屬衰退最輕微之集水域

(2) SW-2 最大可能保水量變化分析

在 SW-2 的 S 累計在 2003 年約為 5,861,418,049mm，2008 年約為 5,811,781,447mm，2014 年約為 5,778,385,296mm，為三集水域中 S 累加最高地區，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服務功能總量最高者。然 2003 年至 2008 年間衰退-49636602 mm，衰退幅度 -0.85%；2008 年至 2014 年間衰退-33,396,151mm，衰退幅度-0.57%；2003 年至 2014 年間衰退-83,032,753mm，衰退幅度-1.42%。其每平方公尺之 S 是三個集水域中最高，表示就單位面積涵養水源的功能而言，SW-2 為最高者；2003 年約為 81.69mm/m²，2008 年約衰退為 81mm/m²，至 2014 年衰退約為 80.53 mm/m²，2003 年至 2008 年衰退-0.69mm/m²，2008 年至 2014 年衰退-0.47mm/m²，顯示在前期 SW-2 保水、淨水、供水等生態服務功能劣化速度較快。SW-2 在 12 年間 S 衰退 -1.16mm/m²，也代表代表涵養水源、淨化水質功能降低，提供植物與動物棲地供水服務功能有所降低。若與其它集水域相較，衰退幅度為次低，故屬衰退次輕微之集水域。(3) SW-3 最大可能保水量變化分析

在 SW-3 中，S 累計在 2003 年約為 1,045,837,265mm，2008 年約為 1,035,772,352mm，2014 年約為 1,014,594,896mm，為三集水域中 S 累加最低子集水域，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為最低者；然 2003 年至 2008 年間衰退-10,064,913 mm，衰退幅度-0.96%；2008 年至 2014 年間衰退-21,177,456mm，衰退幅度-2.04%；2003 年至 2014 年間衰退-31,242,369mm，衰退幅度-2.99%。其每平方公尺之 S 是三個集水域中最低，表示就單位面積涵養水源的功能而言，SW-3 為最低者；2003 年約為 60.07mm/m²，2008 年約衰退為 59.49mm/m²，至 2014 年衰退約為 58.27mm/m²，2003 年至 2008 年衰退-0.58mm/m²，2008 年至 2014 年衰退 -1.22mm/m²，顯示在後期 SW-3 保水、淨水、供水等生態服務功能劣化速度較快。SW-3 在 12 年間 S 衰退-1.8mm/m²，也表示 SW-3 最大可能保水量單位面積有最明顯衰退情形，也代表涵養水源、淨化水質功能降低，代表提供植物與動物棲地供水服務功能有所降低。

3. 熱點分析

(1) SW-1

SW-1 中 S 數值較高且較大區塊分別位於圖 12 (A) (B) (C) 三圖中標點 1、標點 2，標點 1 為成功嶺西北側的其它林地，標點 2 為闊葉林。標點 1 在圖 12 (B) 圖、(C) 圖時皆有明顯擴大。

分析 2003 年到 2008 年 SW-1 的 S 變化熱點，在圖 13 (A) 圖中標點 A 為藍色區塊，乃 2003 年台糖荒地，到 2008 年復育成其它林地，在復育後明顯成為 SW-1 該時期最大且完整的涵養水源區塊，在圖 14 (A) 圖中呈現正值綠色塊。圖 13 (A) 圖標點 B 左側藍色一系列區塊群 2003 年多為台糖拋荒的荒地或私人旱田，到 2008 年已重劃完成公園與墓地，或者由荒地重墾為旱田，在圖 14 (A) 圖中呈現正值綠色塊；標點 B 周圍亦有小塊零碎橘黃色塊，於在圖 14 (A) 圖中呈現負值紅色塊，此為原水田、旱田開發成建地造成的保水量流失。圖 13 (A) 圖標點 C 所在及其上下橘紅色一系列區塊群 2003 年多為台糖旱田，到 2008 年已重劃完成台中科學工業園區建地，少部分旱田轉為開發中荒地，在圖 14 (A) 圖中呈現負值紅色塊；圖 13 (A) 圖標點 C 內亦有小塊為整藍色塊，於在圖 14 (A) 圖中呈現正值綠色塊，此為原荒地開發成公園墓地造成的保水量增加。圖 13 (A) 圖標點 D 藍色一系列區塊群 2003 年多為荒地，到 2008 年已重劃完成公園與墓地，在圖 14 (A) 圖中呈現正值綠色塊，此區塊形成另一水保熱區。

分析 2008 年到 2014 年 SW-1 的 S 變化熱點，圖 13 (B) 圖中紅格 a 北方有一藍色階區塊，為 2008 年為台糖荒地，到 2014 年復育成其它林地，在復育後明顯成為該時期 SW-1 中最大涵養水源區塊，在圖 14 中呈現正值綠色塊；圖 13 (B) 圖紅格 b 所在點位是開發之台中精密機械科技園區，2008 年乃荒地，到 2014 年已興建完成建地，故紅格 b 內呈現淺藍色塊，在圖 14 (B) 圖中呈現正值綠色塊，紅格 b 內亦有橘色塊負值，於在圖 14 (B) 圖中呈現負值紅色塊，此為原其它林地正開發中形成荒地地景造成的保水量流失。圖 13 (B) 圖紅格 c 所在點位是開發之台中科學工業園區，2008 年開為荒地，到 2014 年已興建完成建地，故紅格 c 內呈現淺藍色塊，在圖 14 (B) 圖中呈現正值綠色塊，紅格 c 內亦有黃色塊負值，於在圖 14 (B) 圖中呈現負值紅色塊，此為原公園墓地開發成建地造成的保水量流失。

總結 2003 年到 2014 年 SW-1 的 S 變化熱點共計六區塊，如圖 13 (C) 圖中標點 1 至標點 6，標點 1 到標點 3 為 S 增加的熱點區塊，圖中顯示多為藍色，區塊面積較大而連續；標點 4 到標點 6 為 S 流失的熱點區塊，圖中顯示多為橘紅，標點 4、標點 6 區塊面積較大而連續，而標點 5 南北一公里呈現細小而零碎的區塊群。標點 1 乃 2003 年台糖荒地，到 2014 年復育成其它林地，在復育後明顯成為 SW-1 該時期最大且完整的涵養水源區塊；標點 2 南北藍色一系列區塊群 2003 年多為台糖拋荒的荒地或私人旱田，到 2014 年已重劃完成公園與墓地，或者由荒地重墾為旱田，在圖 14 (C) 圖中呈現正值綠色塊；標點 2 右側亦有小塊零碎橘黃色塊，於在圖 14 (C) 圖中呈現負值橘色塊，此為原水田、旱田開發成建地造成的保水量流失；標點 3 藍色一系列區塊群 2003 年多為荒地，到 2014 年已重劃完成公園與墓地，在圖 14 (C) 圖中呈現正值綠色塊；標點 4 有橘色塊負值，於在圖 14 (C) 圖中呈現負值紅色塊，此為原其它林地正開發成台中精密科學園區過程中形成荒地造成的保水量流失；標點 5 周遭有一系列細碎橘色塊，於在圖 14 (C) 圖中呈現負值紅色塊，此為原水田、旱田開發成工廠、住宅等中造成的保水量流失；標點 6 所在及其上下橘紅色一系列區塊群 2003 年多為台糖旱田，到 2014 年已重劃完成台中科學工業園區建地，少部分仍在旱田轉為開發中荒地，在圖 14 (A) 圖中呈現負值紅色塊。SW-1 是三個子水域中變動量與分布最劇烈地區，在 2003~2008 年中變動尤其明顯，主要集中在中部科學工業園區及其周遭；後期 2008~2014 年間變動則南移至南部的台中精密科學工業園區，有較大區塊而明顯的土地變化，如由荒地保育為其他林地，或者由其他林地轉為開發中的荒地。

(2) SW-2

SW-2 中 S 數值較高且較大區塊分別位於圖 12 (A) (B) (C) 三圖中標點 3、標點 4，標點 3 為西南側陡坡闊葉林，標點 4 為公園，兩標點在圖 12 (C) 圖時色階無明顯改變。

分析 2003 年到 2008 年 SW-2 的 S 變化熱點，在圖 13 (A) 圖中標點 E 為藍色區塊，乃 2003 年台糖荒地，到 2008 年轉成公園墓地，在復育後明顯成為 SW-2 該時期最大且完整的涵養水源區塊，在圖 14 (A) 圖中呈現正值綠色塊。圖 13 (A) 圖標點 F 周遭一系列橘紅細碎區塊群，2003 年多為其它林地與旱田，到 2008 年正開發成建地或拋荒，故形成一系列荒地，在圖 14 (A) 圖中呈現負值紅色塊；標點 F 周圍亦有小塊少部分零碎藍色塊，於在圖 14 (A) 圖中呈現正值綠色塊，此為原荒地轉為旱田造成。圖 13 (A) 圖標點 G 所在及其上下橘紅色一系列區塊群 2003 年多為旱田，到 2008 年已拋荒成荒地，標點 G 點上方少部分荒地轉為建地，在圖 14 (A) 圖中呈現正值綠色塊，此區塊形成另一水保熱區。

分析 2008 年到 2014 年 SW-2 的 S 變化熱點，在圖 13 (B) 圖中紅格 d 上方有一藍色階區塊，為 2008 年乃荒地，到 2014 年復育成闊葉林；在復育後明顯成為 SW-2 中大涵養水源區塊，在圖 14 (B) 圖中呈現正值綠色塊；圖 13 紅格 d 下方一紅色階區塊，為 2008 年乃闊葉林，到 2014 年為開發中整地的荒地，開發後明顯成為 SW-2 中大流失水源區塊，在圖 14 中呈現負值紅色塊；紅格 g 所在點位是建地開發中之 2008 年荒地，到 2014 年已興建完成建地，故紅格 g 內呈現淺藍色塊，在圖 14 (B) 圖中呈現正值綠色塊，開發完成的建地比荒地微幅增加保水量；紅格 e 有少數藍色階區塊群以及多數小型零碎橘紅色塊，少數藍色階區塊群為 2008 年乃荒地，到 2014 年開發成建地，形成微幅增加保水量之地；多數小型零碎橘紅色塊為 2008 年乃墓地或是旱田，到 2014 年開發成建地，造成較多保水量流失，在圖 14 (B) 圖中呈現負值紅色塊。紅格 f 色塊群為藍色階區塊群以及零碎橘紅色塊群互相見的區域，代表此熱點區土地變化相當多樣。藍色階區塊群有些為 2008 年乃荒地，到 2014 年開發成旱田，也有建地改種旱田者，更有荒地興建成建地者，形成微幅增加保水量之地；小型零碎橘紅色塊為 2008 年有些乃是旱田，到 2014 年開發成建地，也有些是果樹改變呈旱田，造成較多保水量流失，在圖 14 (B) 圖中呈現負值紅色塊。

總結 2003 年到 2014 年 SW-2 的 S 變化熱點共計五區塊，如圖 13 (C) 圖中標點 7 至標點 11，標點 7 與標點 11 為增減互見的兩區塊；標點 8 為 S 增加的熱點區塊；標點 9、標點 10 為 S 流失的熱點區塊，圖中顯示多為橘紅色細小而零碎的區塊群。標點 7 上方藍色階區塊，為 2008 年乃荒地，到 2014 年復育成闊葉林；在復育後明顯成為 SW-2 中重要涵養水源區塊；標點 7 下方一紅色階區塊，為 2008 年乃闊葉林，到 2014 年為開發中整地的荒地，開發後明顯成為 SW-2 中大流失水源區塊；標點 8 為藍色區塊，乃 2003 年台糖荒地，到 2008 年轉成公園墓地，在復育後明顯成為 SW-2 該時期最大且完整的涵養水源區塊。標點 9 有少數藍色階區塊群以及多數小型零碎橘紅色塊，少數藍色階區塊群為 2003 年乃荒地，到 2014 年開發成建地或果樹，形成微幅增加保水量之地；多數小型零碎橘紅色塊為 2003 年乃墓地、旱田或果樹，到 2014 年開發成建地，造成較多保水量流失，在圖 14 (B) 圖中呈現負值紅色塊；標點 10 所在及其上下橘紅色一系列區塊群 2003 年多為旱田，到 2014 年已拋荒成荒地，此區為至今 SW-2 一 S 重要流失熱點，值得相關當局關切；標點 11 為條狀藍色階區塊群以及零碎橘紅色塊群互相見的區域，代表此熱點區土地變化相當多樣，藍色階區塊群有些為 2003 年乃荒地，到 2014 年開發成旱田，也有建地改種旱田者，更有荒地興

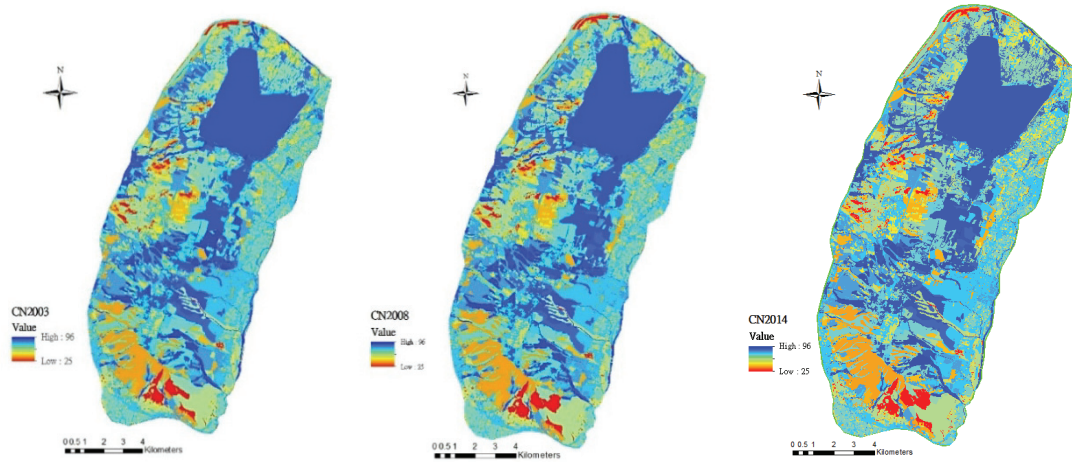
建成建地者，該情形增加保水量；小型零碎橘紅色塊為 2003 年有些乃是旱田，到 2014 年開發成建地或拋荒成荒地，也有些是果樹改變呈旱田，造成較多保水量流失。SW-2 是三個子集水域中 S 值持續流失地區，在 2003~2008 年中流失尤其明顯，流失比例為三個集水域中最高，主要集中在標點 9 臺灣大道沿線與鎮南路之間，開發成建地為多，為北勢向斜面與南勢背斜面較緩坡面，有著細碎而多變的土地變化，如由旱田轉為建地，果樹轉為旱田再轉為建地，旱田轉為開發中的荒地，大體上為生態劣化、保水淨水能力持續下降的區域。

(3) SW-3

SW-3 中 S 數值較高且較大區塊分別位於圖 12 (A) (B) (C) 三圖中標點 5、標點 6，點 5、標點 6，標點 5 為荔枝果樹林區塊群，標點 6 為北側陡坡落葉林，標點 5 在圖 12 (B) 圖、(C) 圖時橘紅色階明顯增加，使原本較大塊的黃色色塊被分割、縮小而零碎。

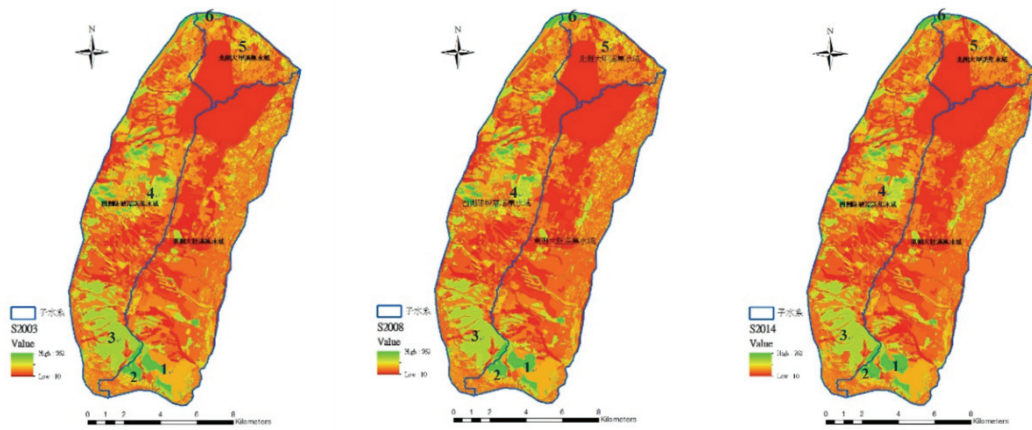
分析 2003 年到 2008 年 SW-3 的 S 變化熱點，在圖 13 (A) 圖中標點 H 為橘黃色區塊，乃 2003 年旱田，到 2008 年轉成荒地或建地，也有果樹轉成旱田與建地者，在變遷後明顯成為 SW-3 該時期保水流失區塊，在圖 14 (A) 圖中呈現負值紅色塊。圖 13 (A) 圖標點 F 周遭一系列橘紅細碎區塊群，2003 年多為其它林地與旱田，到 2008 年正開發成建地或拋荒，故形成一系列荒地，在圖 14 (A) 圖中呈現負值紅色塊。在該處只有少數旱田轉作成果樹區塊，對保水量的增加甚微。分析 2008 年到 2014 年 SW-3 的 S 變化熱點，SW-3 在圖 13 (A) 圖中紅格 h 有眾多橘紅色階區塊群，為 2008 年有些乃是旱田、果樹，到 2014 年開發成建地，也有些是旱田改變成荒地，造成較多保水量流失，在圖 14 (B) 圖中呈現負值紅色塊；在該區的土壤 D 類型中，為高度風化紅黏土，有兩處果樹轉變成旱田可增加保水量是值得注意的地景變遷特徵，對於該區有保水貢獻。

總結 2003 年到 2014 年 SW-3 的 S 變化熱點如圖 13 (C) 圖中標點 12，標點 12 多為橘紅色細小而零碎的區塊群，2003 年有些乃是旱田，到 2014 年開發成建地或拋荒成荒地，也有些是果樹改變為建地，造成較多保水量流失。SW-3 也是三個子集水域中 S 值持續流失地區，在 2008~2014 年中流失尤其明顯，流失比例為三個集水域中最高，主要集中在由旱田開發成建地為多，有著細碎而多變的土地變化，如由旱田轉為建地，果樹轉為旱田再轉為建地，旱田轉為開發中的荒地，以單位面積計算為生態劣化、保水淨水能力持續下降最劇烈的區域，表示未來必須針對該區進行積極保育的措施。



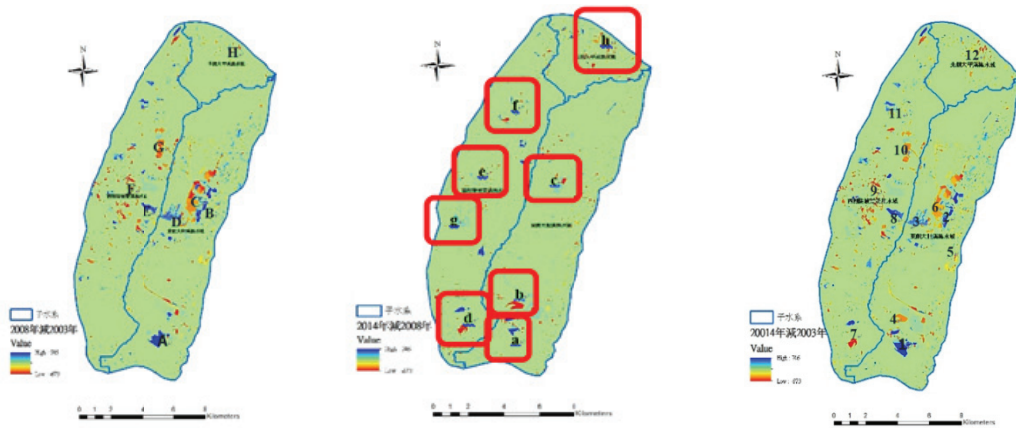
(A) 2003 年 CN 分布圖 (B) 2008 年 CN 分布圖 (C) 2014 年 CN 分布圖

圖 11 2003 年、2008 年與 2014 年研究區 CN 分布圖



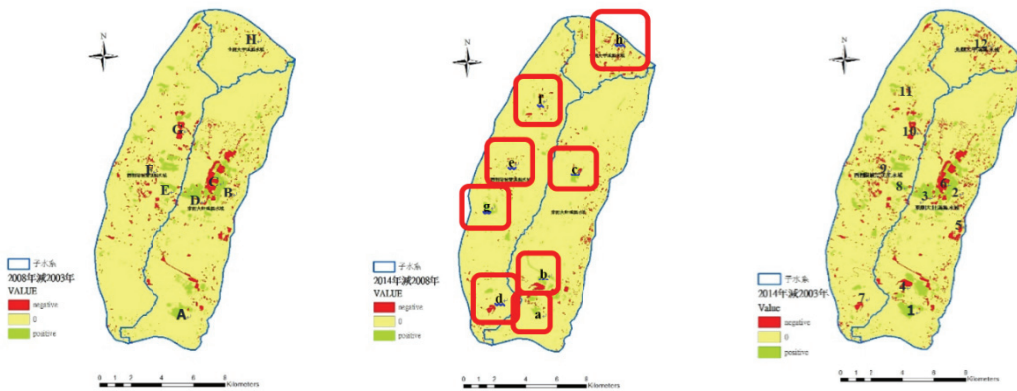
(A) 2003 年最大可能保水量分布圖 (B) 2008 年最大可能保水量分布圖 (C) 2014 年最大可能保水量分布圖

圖 12 2003 年、2008 年與 2014 年研究區最大可能保水量分布圖



(A) 2003年與2008年發展前後期最大可能保水量差值 (B) 2008年與2014年發展前後期最大可能保水量差值 (C) 2003年與2014年發展前後期最大可能保水量差值

圖 13 各年段發展前後期最大可能保水量差值



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

圖 14 各年段子集水域發展前後期最大可能保水量差異變動熱點分析區位圖

結 論

本研究提出以地景生態學為出發點而建立的生態服務空間保育模型，以三個子集水域劃分，分析 2003 年~2014 年間地景類別的空間變化與生態服務功能及最大可能保水量之關聯。本研究參考前人建立之 SWAT 模型來建立地景生態空間保育模型，並擷取其水文特徵監測考量，並經與專家討論後，改以最大可能保水量作為水文特徵分析指標。透過蒐集地景生態指標資訊、篩選地景指標、納入最大可能保水量指標等，來建立現階段模型架構與分支子架構模組。

地景生態指標分析結果顯示，建地類型區塊總面積在各集水域中三年段皆佔有相當優勢的比例，表示建地為此三集水域之地景基質。若以研究區全區來看，建地比例不超過 50%，可見以大肚台地地形區來看，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。且建地為研究區中接觸干擾其它類型地景最高、互動最密切的景觀，且與其它地景接觸面更趨於複雜而多突觸，伴隨 PLAND 比例增加，顯示人造建物地景內部人類物質、能量、訊息量更形豐富。由 PLAND 亦可以得知，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，但降幅影響甚微，整體下降 0.57%，顯現出森林地景是較穩定的地景。對於森林地景類型整體而言 ED 值並無較大變動，三種森林地景總和 2003 年為 29.24m/ha，2008 年為 26.84m/ha，降至 2014 年間的 26.77m/ha，顯示森林類型地景接觸干擾其它類型地景程度略微降低。綜上，森林類型面積比例、地景 NP、PD、ED 值皆略降，顯現台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。

在子集水域分析中，在 SW-1、SW-2、SW-3 內建地地景乃區域內之主要基質；荒地為 SW-1、SW-2 中最主要之地景景觀，侵入及鑲入以建地為基質的地景中，具有區塊數量最多、密度最大之情況；在 SW-3 子集水域 2014 年旱田為 SW-3 中最主要之地景景觀，侵入及鑲入以建地為基質的地景中，其次為荒地。整體而言在 2003~2014 年間建地面積比例的提高明顯造成 SW-2、SW-3 生態服務棲地功能的降低，這種狀況在 SW-3 於 2008 年~2014 年間尤其明顯。

本文以最大可能保水量 (S) 進行大肚台地生態服務功能評估分析，得知研究區全區 S 累計 2003 年~2014 年間 S 有衰退情形，也代表涵養水源能力衰退，淨化功能降低，提供植物與動物棲地供水服務功能也有所降低。子集水域分析中，SW-1 中 2003 年~2014 年間 S 有增加情況，也代表代表涵養水源、淨化水質功能上升，並且提供植物與動物棲地供水服務功能有所上升，這些上升一部分來自於台糖荒地變更為其它林地，以及中科附近原台糖荒地轉變成公園墓地。若與其它集水域相較，2008 年至 2014 年近期衰退幅度為最低，故屬衰退最輕微之集水域；SW-2 為三集水域中 S 累加最高地區，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服務功能總量最高者；然 SW-2 的 S 值有衰退情形，也代表代表涵養水源、淨化水質功能降低，提供植物與動物棲地供水服務功能有所降低。若與其它集水域相較，2003 年至 2014 年衰退幅度為次低，故屬衰退次輕微之集水域；SW-3 乃三集水域中 2003 年至 2014 年 S 累加最低子集水域，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為最低者；就單位面積涵養水源的功能而言，SW-3 為最低，且 SW-3 的 S 值有最明顯衰退情形。

經 S 熱點分析，SW-1 的 S 值區塊分別位於成功嶺西北側的其它林地、闊葉林；原台中精密機械科技園區西北側荒地，2014 年復育成其它林地，在復育後明顯成為 SW-1 中最大涵養水源點；而區內的 S 值流失多因其它林地、闊葉林改變成開發荒地，或因公園墓地變成建地而造成保水能

力降低。SW-2 的 S 值較高區塊為西南側陡坡闊葉林、公園等；S 增加之熱點多為 2008 年荒地區塊，到 2014 年已興建完成建地；而區內保水量流失多因果樹改種旱田、旱田開發成建地等，或公園墓地變成建地等而造成。SW-3 的 S 值較大區塊分別為荔枝果樹林區塊群，北側陡坡闊葉林；SW-3 較多保水量流失，有些乃是旱田到 2014 年開發成建地，果樹轉變成建地、或黏質紅土層中的旱田轉作為果樹等造成的流失。

綜上，本研究完成研究項目如下：1.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），用以瞭解大肚台地近十五年土地利用變化的趨勢；2.利用 DEM、土壤圖、以及前述遙測影像瞭解大肚台地三個時期最大可能保水量；3.評估個別土地利用對於最大可能保水量的影響；4.模擬在全地形區以及分區集水域內，相同氣候條件下土地利用改變後，最大可能保水量的反應；5.透過長時間尺度下各集水單元及全區地形單元景觀生態量化指標之比較，作為台地上生態保育監測數值之參考。本研究提出之空間保育模型可做為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，並對區域生態服務功能之評估以及地景保育的決策提供一量化支援系統。

謝 辭

本研究獲科技部專題計畫（MOST105B0532）補助，謹此致謝。感謝陳瑩貞協助修潤本文初稿，並協助田野調查。感謝台北科技大學土木工程學系張哲豪老師以及逢甲大學都市計畫與空間資訊學系雷祖強老師、莊永忠老師不吝指導。兩位匿名審稿者的指教與建議，以及地理研究編輯單位不辭辛勞協助校稿，作者謹此感謝。

引用文獻

- 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。
- 【Chu, C.M., and Lin, C.Y. (2016). Discussion of detention facility with different land development type. *Journal of Soil and Water Conservation*, 48(3):1817-1830.】
- 何信昌、陳勉銘（2000）：《臺中（地質圖幅及說明書 1/50,000）》，經濟部中央地質調查所。
<http://twgeoref.moeacgs.gov.tw/GipOpenWeb/wSite/ct?xItem=118483&mp=106&ctNode=333>。（2017/04/20 瀏覽）
- 【Ho, H.C., and Chen, M.M. (2010). Geological map of Taiwan scale 1:50,000, Taichung. Central Geological Survey, Taiwan.
<http://twgeoref.moeacgs.gov.tw/GipOpenWeb/wSite/ct?xItem=118483&mp=106&ctNode=333>(accessed 2017/04/20).】
- 林昭遠、曾雪芬、傅桂霖（2016）：〈大肚台地水砂災害潛勢區位之評估〉，《水土保持學報》，48(3)：1803-1816。
- 【Lin, C.Y., Tseng, H.F., and Fu, K.L. (2016). Assessment of flood and sediment disaster potential area

- on Datu terrace. *Journal of Soil and Water Conservation*, 48(3):1803-1816.】
- 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。
- 【Lin, Y.P., Wu, C.F., and Teng, T.P.(2004).Apply landscape ecological matrices to characterize spatiotemporal land use Mosaic in Hsichih area from 1990 to 2001. *Journal of City and Planning*, 31(3):239-268.】
- 科技部統計資料庫 (2014) : 工業園區開發情形表。(2017/12/20 瀏覽)
- 【Ministry of Science and Technology Academic Statistics Database (2014). The Situation of Science Parks.Ministry of Science and Technology.(accessed 2017/12/20).】
- 孫瑞、張雪芹 (2010) : 〈基於 SWAT 模型的流域徑流類比研究進展〉,《中國水文》, 30(3) : 29-31。
- 【Rui, Y.Z., Zhang,X.Q.(2010).Progress in application of watershed runoff simulation based on SWAT.*Journal of China Hydrology*, 30(3):29-31.】
- 陳彥璋、郭俊禎、童慶斌、高蘇白、程于芬 (2013) : 〈氣候變遷對蘭陽溪上游集水區洪水頻率之影響〉,《臺灣水利》, 61(3) : 60-73。
- 【Chen, Y.C., Guo, J.Z., Tong, Q.B., Gao, S.B., and Cheng, Y.F.(2013).Flood frequency analysis of the Lanyang River under climate change. *Taiwan Water Conservancy*, 61(3):60-73.】
- 馮豐隆 (2013) : 〈地景層級的空間生態學-地景生態學〉,《臺灣林業》, 30(2) : 40-50。
- 【Feng, F.L.(2013).Landscaping level of spatial ecology-Landscape ecology.*Journal of Taiwan Forestry*, 30(2):40-50.】
- 黃宇齊 (2010) : 《翡翠水庫及水庫集水區水文暨水質模擬與其不確定性》。臺北市：臺北科技大學土木與防災研究所學位論文。
- 【Huang, Y.C. (2010).*Modeling Hydrologic and Water Quality Response of FeiTsui Reservoir Watershed and Associated Uncertainty*.Master's Thesis, Department of Civil Engineering, National Taipei University of Technology】
- 黃志成、馮豐隆 (1998) : 〈淺論地景生態學〉,《臺灣林業》, 24(4) : 37-49。
- 【Huang, C.C.,andFeng, F.L.(1998).Talking about landscape ecology.*Journal of Taiwan Forestry*, 24(4):37-49.】
- 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：國立臺灣大學建築與城鄉研究所博士論文。
- 【Yang, P.R. (2001).*Landscape Ecology in City Planning: Urban Development, Landscape Change and Hydrological Effect in Taipei's Keelung River Basin 1980-2000*.Doctor's Thesis, Graduate Institute of Building and Planning, National Taiwan University】
- 楊國禎 (2010) : 《臺中都會公園高密度使用區植栽基礎資料及分佈調查成果報告書》。臺北市：內政部營建署。 <http://www.cpami.gov.tw/filesys/file/chinese/publication/plan/99122099.pdf>。(2017/05/20 瀏覽)
- 【Yang, K.C.(2010).*Investigation, the Survey Data, and Distributed Information of the Growing Condition of Surveying Plant and the Growing condition of all individuals in Taichung*

- Metropolitan Park. Construction and Planning Agency, Ministry of the Interior, Taipei.
- <http://www.cpami.gov.tw/filesys/file/chinese/publication/plan/99122099.pdf>(accessed 2017/05/20).】
- 葉春國、廖學誠、詹進發、黃正良、薛美莉 (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。
- 【Yeh, C.K., Liaw, S.C., Jan, J.F., Hwong, J.L., and Hsueh, M.L.(2005). Relationship between Landscape Metrics and Nitrate Concentrations of Streamwater in the Upper Shui-Li Creek Watershed. *Journal of Chinese Soil and Water Conservation*, 43(2): 109-122.】
- 鍾玉龍、呂明倫 (2005):〈利用衛星遙測影像探討保安林地景結構之研究〉,《航測及遙測學刊》, 10(4): 315-326。
- 【Chung, Y.L., and Lu, M.L.(2005). Studies on the landscape structure of the protection forest using satellite data. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 10(4): 315-326.】
- Baldyga, T.J., Miller, S.N., Driese, K.L., and Gichaba, C.M. (2008). Assessing land cover change in Kenya's Mau Forest region using remotely sensed data. *African Journal of Ecology*, 46(1): 46-54.
- Enrique, M.T., Javier, Z., Kazi, R., Ana, G.S., J. Ignacio, L.M., Sergio, V.S., A. L. Christina, L. Tague, 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.(1995). *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*.
- 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. *In Monitoring Ecological Condition in the Western United States*. pp. 285-298.
- Hernandez-Guzman R, Ruiz-Luna A, and Berlanga-Robles C.A. (2008). Assessment of runoff response to landscape changes in the San Pedro subbasin (Nayarit, Mexico) using remote sensing data and GIS. *Journal of environmental science and health. Part A, Toxic/hazardous substances & environmental engineering*, 43(12):1471-1482.
- 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*. The Netherlands: Springer, ISBN 978-1--4020-6588-0, pp. 237-261.
- McGarigal, K., Cushman, S.A., Neel, M.C., and Ene, E.(2002). FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for categorical maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts. Amherst. Available.<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html> (accessed 2016/12/20).
- Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Williams, J.R., and King, K.W. (2009). *Soil and Water*

Assessment Tool Theoretical Documentation Version. Soil and Water Research Laboratory, Agricultural Research Service.

- Sahin, V., and Hall, M.J. (1996). The effects of afforestation and deforestation on water yields. *Journal of Hydrology*, 178(1-4):293-309.
- 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. Mahmoud., and X. Tang. (2015). Monitoring prospective sites for rainwater harvesting and storm water management in the United Kingdom using a GIS-based decision support system. *Environmental Earth Sciences*, 73(12):8621-8638.
- Verburg, P.H., Crossman, N., Ellis, E.C., Heinemann, A., Hostert, P., Mertz, O., Nagendra, H., Sikor, T., HeinzErb, K., Golubiewski, N., Grau, R., Grove, M., Konaté, S., Meyfroidt, P., Parker, D. C., Chowdhury, R.D., Shibata, H., Thomson, A., and Lin, Z. (2015). Land system science and sustainable development of the earth system: A global land project perspective. *Anthropocene*, 12:29-41.

投稿日期：106 年 10 月 19 日

修正日期：107 年 01 月 23 日

接受日期：107 年 04 月 19 日

地理研究 第68期 民國107年5月
Journal of Geographical Research No.68, May 2018
DOI: 10.6234/JGR.201805_(68).0002

假期效應：不同季節連續假期對臺灣各區域 空氣品質影響之研究

The Holiday Effect: Effect of Long Vacations in Different Seasonson Local Air Quality in Taiwan

李崇恩^a

陳嘉惠^b

郭乃文^c

Chong-En Li

Jia-Hui Chen

Nae-Wen Kuo

Abstract

While compared with the previous studies that emphasized on the decrease of air pollution concentration in the urban area during holidays (i.e. positive “holiday effect”), the current research aims to determine which locations experience increased levels of air pollution during holidays (i.e. negative “holiday effect”). Air pollutant concentrations (CO, PM₁₀, NO₂, and SO₂) from the Taiwan EPA air quality monitoring database were collected and analyzed in this study. Finally, the hourly data from seventy-one monitoring stations were analyzed between 2005 to 2014.

According to the results, the negative “holiday effect” eventuated in different places and has specific spatial characteristics. Based on the spatial and temporal distribution of data regarding holiday effect indicators in Taiwan, a positive “holiday effect” was observed in Northern Taiwan, consisting of CO and PM₁₀, while a negative “holiday effect” was observed in Southern Taiwan. In addition, although both Northern and Southern Taiwan have positive “holiday effect” in terms of NO₂, the positive “holiday effect” of NO₂ in Southern Taiwan was weaker than that in Northern Taiwan. These results indicate that the Southbound holiday migration during long vacations may deteriorate air quality in Southern Taiwan, in contrast to the popular concept of “going South to get fresher air”.

^a 國立臺灣師範大學地理學系碩士班研究生，通訊作者 (E-mail: chongen2011305@outlook.com)

Graduate Student, Department of Geography, National Taiwan Normal University. Corresponding Author.

^b 國立臺灣師範大學地理學系碩士班研究生。

Graduate Student, Department of Geography, National Taiwan Normal University

^c 國立臺灣師範大學地理學系教授。

Professor, Department of Geography, National Taiwan Normal University.

However, in terms of SO₂ emissions and cold seasons, the spatial difference between Northern and Southern Taiwan, in terms of the “holiday effect”, was not significant. As SO₂ emissions are mainly associated with industrial activity, it may be an inadequate indicator for assessing the “holiday effect”. Furthermore, as the air diffusion conditions deteriorate during cold seasons, the “holiday effect” is less likely to be observed.

In summary, the indicators of CO and PM₁₀ can be used to explain the negative holiday effect and show the spatial difference between Northern and Southern Taiwan. Moreover, the air pollutants resulted from the vehicles that people use during their vacations may increase and will affect the local air quality in the southern areas of Taiwan.

Keywords: Holiday Effect, spatiotemporal analysis, air pollution, CO, PM₁₀

摘要

有別於過去研究強調「都市空氣污染濃度會在假期時降低」(即所謂的：正假期效應)，本研究特別指出某些地區在假期時空氣污染濃度反而會升高(即所謂的：逆假期效應)。我們使用行政院環境保護署空氣品質監測資料庫之空氣污染物監測數據，選擇 CO、PM₁₀、NO₂ 和 SO₂ 等空氣污染物作為指標，分析臺灣西部 71 個空氣品質測站 2005 年到 2014 年間每小時污染物監測數據。

研究結果表明，逆假期效應具有特定的時空分布特徵。從「臺灣假期效應時空分布圖」可以看到，北部地區的 CO 和 PM₁₀ 出現正假期效應，而南部地區則出現逆假期效應；另外，儘管臺灣北部和南部在 NO₂ 方面都是正假期效應，但是後者的效應強度卻弱於前者。這些結果表明，連假期間南下返鄉與旅遊的車潮可能會惡化臺灣南部的空氣品質，為了呼吸新鮮空氣而南下的遊客反而會吸到更差的空氣。

然而，就 SO₂ 濃度和冷季空品的表現來看，上述正、逆假期效應南北差異的地理界線並不明顯。由於 SO₂ 排放主要與工業活動有關，可能因此不足以做為評估各式假期效應的標的，另外由於冷季時大氣擴散條件不佳，假期效應也才不容易被觀察到。

綜上所述，本研究發現連假時大量往南移動的車流，確實影響南部地區空氣品質，而產生所謂的「逆假期效應」，其中 CO、PM₁₀ 正是評估逆假期效應最佳的空氣污染指標，可供未來進一步預測、分析。

關鍵詞：假期效應、時空分析、空氣污染、CO、PM₁₀

緒論

工廠與通勤廢氣是空氣污染的元凶之一，連續假日因為工商業休假、通勤人口減少，空氣品質常因此好轉，這被稱為「假期效應」(Holiday Effect)，此類研究已在國內外各地驗證(王建文，2010；王茲燁，2010；孫蓁儀，2009；陳美先，2013；談珮華，2012；談珮華等，2008；談珮華、孫蓁儀，2014；Adame *et al.*, 2014; Beirle *et al.*, 2003; Gour *et al.*, 2013; Khoder and Hassan, 2008; Latha and Badarınath, 2003; Marr and Harley, 2002; Morawska *et al.*, 2002; Qin, Tonnesen and Wang,

2004; Riga-Karandinos and Saitanis, 2005; Steinbacher *et al.*, 2005; Tan *et al.*, 2009, 2010; Tan, Chou and Chou, 2013; Tan, Chou and Liang, 2008)。

從前人研究中可歸納出兩種作法。其一是討論週末與非週末之間的差異，得出非週末時期空氣污染程度較高 (Adame *et al.*, 2014; Beirle *et al.*, 2003; Gour *et al.*, 2013; Khoder and Hassan, 2008; Latha and Badarinath, 2003; Marr and Harley, 2002; Morawska *et al.*, 2002; Qin, Tonnesen and Wang, 2004; Riga-Karandinos and Saitanis, 2005; Steinbacher *et al.*, 2005)，又稱為週末效應 (Weekend Effect)；其二是比較春節與非春節之間的差異，顯示春節期間污染物濃度會降低 (王建文，2010；王茲燁，2010；孫綦儀，2009；陳美先，2013；談珮華，2012；談珮華等，2008；談珮華、孫綦儀，2014; Tan *et al.*, 2009, 2010; Tan, Chou and Chou, 2013; Tan, Chou and Liang, 2008)。上述論文總結空氣品質會在週末或春節期間轉好，並視為典型的假期效應表現，本研究特別提出兩個可以進一步討論的問題如下。

其一，污染物濃度並不必然都會在假期期間降低，這應取決於各種排放源增加或減少的量來決定。過去文獻指出人為活動對污染物濃度變化主要是與汽機車等移動源 (Adame *et al.*, 2014; Beirle *et al.*, 2003; Gour *et al.*, 2013; Khoder and Hassan, 2008; Latha and Badarinath, 2003; Marr and Harley, 2002; Morawska *et al.*, 2002; Qin, Tonnesen and Wang, 2004; Riga-Karandinos and Saitanis, 2005; Steinbacher *et al.*, 2005)、工廠等固定源排放量 (Adame *et al.*, 2014; Beirle *et al.*, 2003; Riga-Karandinos and Saitanis, 2005; Steinbacher *et al.*, 2005) 有關，這意味著倘若在連續假期時，某些地區反而會吸引大量車潮，使得移動源增加的排放量更高於固定源減少的總額，污染濃度將不降反升，值得深入討論。其二，過去常見使用春節來討論假期效應的文獻 (如上段所述)，但無法從中看出冷季的東北季風、暖季的不穩定大氣條件對於空污的影響，因為在不同季節相異的氣候特徵之下，會造成不同強度的假期效應，所以在不同季節中各取幾個連續假日來探討，才能看到更多值得注意的訊號。

本研究將上述兩點視為全文重點關心的問題，將會在下文中透過資料之統計分析，找出空氣品質在連續假期期間沒有轉好的點位分布，並且比較這些地方在冷季和暖季是否有特別的表現差異，試圖從中得出該空間分布型態所透漏的資訊。本研究預期連續假期期間返鄉、旅遊的熱點將是容易空氣劣化的位置，原本以追求放鬆或團圓為目的的旅 (遊) 客，反而可能成為空污威脅的第一線受害者，此議題應該獲得更大的重視。

研究方法

(一) 連假與平日的定義

連續假日 (下稱連假) 是指「包含假日當日在內，放假天數三日以上者」，因為天數夠長才能提升民眾返鄉、旅遊的意願，11~4 月中有元旦、春節、和平紀念日、清明連假，5~10 月中有端午、中秋、國慶連假，分別代表冷暖兩季受到車潮所影響後的空氣品質狀態。表 1 為本研究期間 (2005-2014)「冷季連假」與「暖季連假」日期。

表 1 2005-2014 年間符合本文「連假」定義之日期列表

| | 冷季連假 | | | 暖季連假 | | |
|------|-----------|-----------|---------|-------------|-----------|-------------|
| | | | | | | |
| 2005 | 2/06-2/13 | 2/26-2/28 | - | 10/8-10/10 | - | - |
| 2006 | 1/28-2/2 | - | - | 10/6-10/10 | - | - |
| 2007 | 12/30-1/1 | 2/17-2/25 | 4/5-4/8 | 6/16-6/19 | 9/22-9/25 | - |
| 2008 | 2/6-2/11 | 4/4-4/6 | - | 10/10-10/12 | - | - |
| 2009 | 1/24-2/1 | 1/1-1/4 | - | 5/28-5/31 | - | - |
| 2010 | 2/13-2/21 | 1/1-1/3 | 4/3-4/5 | - | - | - |
| 2011 | 2/2-2/7 | 2/26-2/28 | 4/2-4/5 | 6/4-6/6 | 9/10-9/12 | 10/8-10/10 |
| 2012 | 1/21-1/29 | 2/25-2/28 | - | - | - | - |
| 2013 | 12/29-1/1 | 2/9-2/17 | 4/4-4/7 | 9/19-9/22 | - | - |
| 2014 | 1/30-2/4 | 2/28-3/2 | 4/4-4/6 | 5/31-6/2 | 9/6-9/8 | 10/10-10/12 |

資料來源：行政院人事行政總處。

連假前後各十日則定義為「平日」，沒有排除一般的週六週日，以確保連假、平日兩組資料取樣當時的大氣條件相異不大。

(二) 資料處理方法

本文研究範圍為臺灣本島全境，以行政院環境保護署架設的空氣品質監測站為樣本點，並用相對長時間的平均數值來稀釋極端天氣影響，將存有 CO、PM₁₀、NO₂ 與 SO₂ 相對完整時資料的 10 年（2005 年 1 月 1 日至 2014 年 12 月 31 日）定為取樣區間。選擇這四種空氣污染物的原因在於，這是空氣污染指標（Pollutants Standards Index, PSI）五項副指標中，與人類活動直接相關者，O₃ 雖然也是 PSI 的副指標之一，但大多數是 NO_x 與 NMHC 在光化作用下的二次生成物，所以不在這裡討論。

環境保護署為我國中央機關，有相當嚴格的品保程序（葉雨松、徐澄清，2012），每小時一筆資料，若某小時有效取樣時間少於 45 分鐘視為無效（空氣污染防治法施行細則），資料缺失的時間並無規律，沒有發生系統性誤差之虞；然而部分監測站位置在近 10 年內有搬遷紀錄，包括大同/泰山、嘉義、豐原、新店、宜蘭、彰化、楠梓、基隆、汐止、萬華、左營、崇倫/麥寮、菜寮、忠明、林園、冬山等，其中又以大同/泰山站、崇倫/麥寮站遷移的距離最大，故捨棄這兩個監測站所蒐集到的資料，其他站移動距離僅約在數百公尺至兩公里上下，仍視為同一地點予以保留。基此，我們僅採用臺灣本島 73 個監測站之中 71 個的資料。

本研究將「連假期間」與「平日期間」空氣污染數據進行兩母體平均數差獨立樣本 t 檢定，以釐清污染濃度是否會因為連假發生改變，同時將冷、暖兩季分開處理，彰顯冷季的東北季風、暖季的不穩定大氣條件對空氣品質的影響力。

「假日」與「平日」兩組樣本數量皆大於 30 筆，檢定結果可信。另一方面，由於降雨伴隨的溼沉降過程可以快速去除污染物質，強風伴隨的有利擴散條件可以快速稀釋污染濃度，倘若降雨跟強風發生的時間高度集中在假日（或平日），將會對研究結果造成影響，但在檢視原始資料後發現，兩組資料下雨天數比例跟強風天數比例相當，因此排除這部分的影響。

(三) 研究限制

本研究以十年的資料進行統計，並以季節作為分類依據，是基於時間落在冷季（暖季）的連假大氣條件比較（不）穩定的假設之上。不以每個連假當時確切的天氣型態（諸如晴天、陰天、雨天，或高壓主導、鋒面型態、東北季風）來分類討論，是因為同一個連假裡面，不一定兩、三天的天氣都一樣，所以才採用前述做法。

研究結果

在將連假與平日兩組樣本完成統計檢定之後，出現三種可能的結果，第一種即為過去文獻中典型的假期效應，而後兩種則是本研究特別關注、非典型的假期效應類型：

1. 正假期效應：CO、PM₁₀、NO₂ 與 SO₂ 平日測值減去連假測值之差值為正數且達統計上顯著者。
2. 逆假期效應：CO、PM₁₀、NO₂ 與 SO₂ 平日測值減去連假測值之差值為負數且達統計上顯著者。
3. 無顯著假期效應：無論平日測值減去連假測值之差值為正數或負數，未達統計上顯著者皆屬此類（在 95% 的信心水準下，即 $P > 0.05$ ）。

本研究以資料視覺化方式呈現檢定結果，以利從中找尋特殊的區域差異。圖 1 至圖 4 分別為 CO、PM₁₀、NO₂ 與 SO₂ 假期效應強度圖，冷季與暖季並陳，圖中點位代表各監測站位置，並以顏色區分不同的空污型態，綠色（紅色、灰色）表示正假期效應（逆假期效應、無顯著假期效應），粒徑愈大表示假期效應強度愈強，等級分級的方式是先將差值取絕對值後，以最大值至 0 之間均分為三等份，即為三個等級。

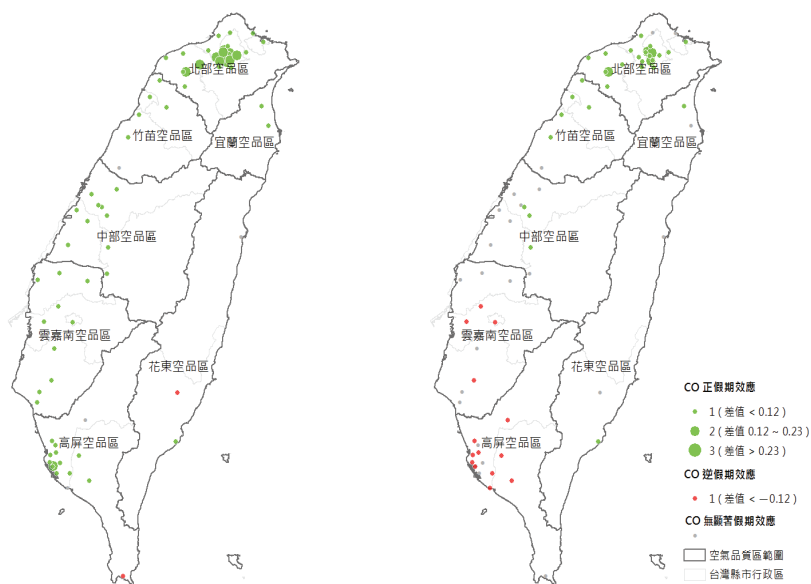


圖 1 CO 在冷季與暖季的假期效應時空分布圖（其中左為冷季、右為暖季）

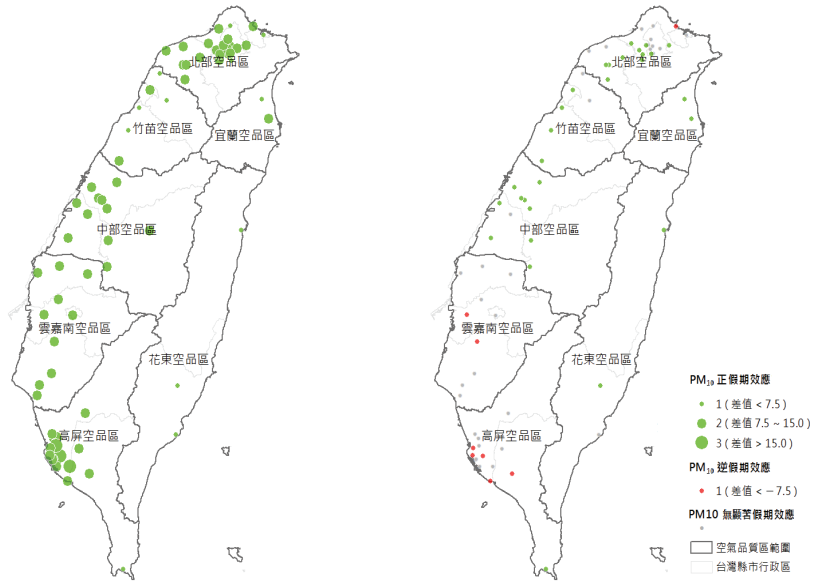


圖 2 PM₁₀ 在冷季與暖季的假期效應時空分布圖（其中左為冷季、右為暖季）

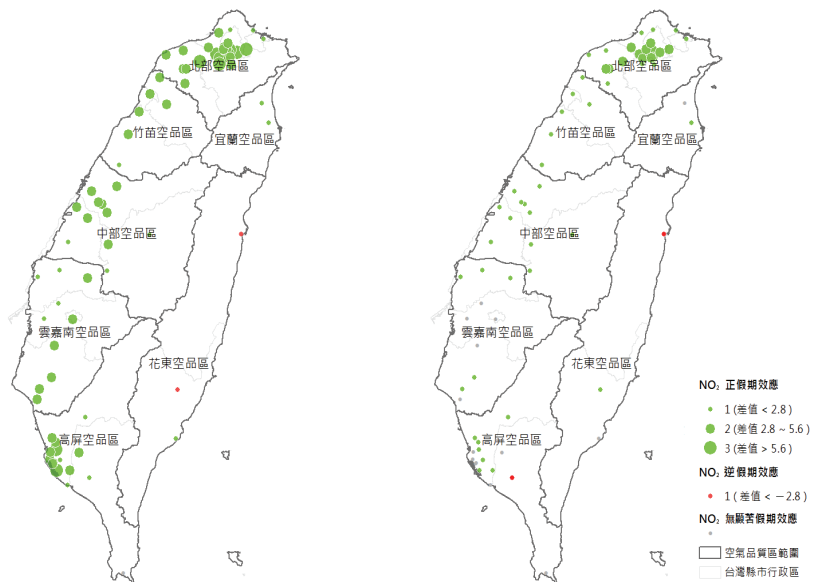


圖 3 NO₂ 在冷季與暖季的假期效應時空分布圖（其中左為冷季、右為暖季）

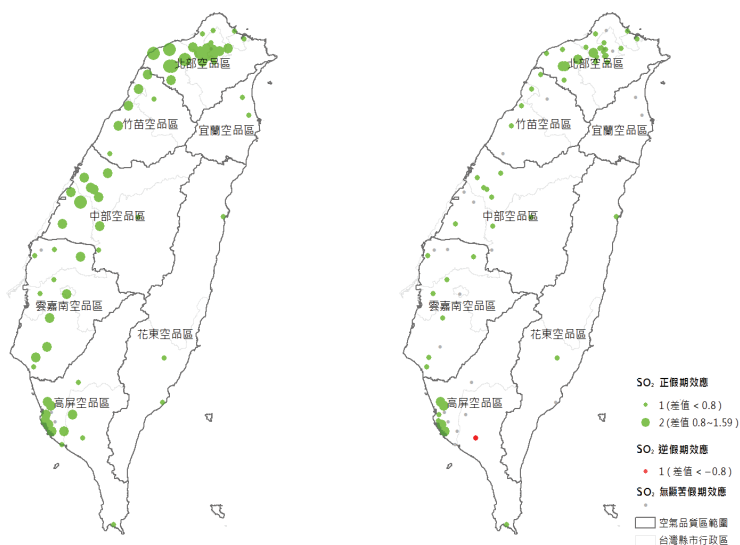


圖 4 SO₂ 在冷季與暖季的假期效應時空分布圖（其中左為冷季、右為暖季）

另一方面，由於 CO、PM₁₀ 與汽機車等移動源緊密相關，故另外在暖季挑選濁水溪以北、以南各五個監測站做時間序列分析，如圖 5、圖 6 所示，判讀結果將一同在下節闡明。

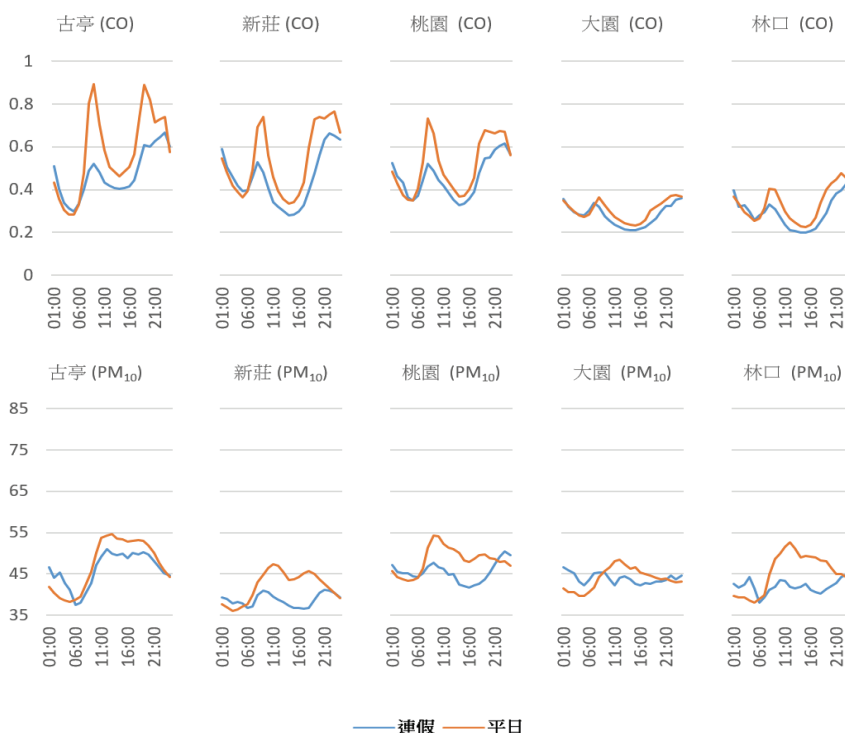


圖 5 暖季的濁水溪以北各測站於連假、平日分別的空氣污染物濃度時間序列，數值為 2005 年到 2014 年間濃度的平均值（包括古亭、新莊、桃園、大園、林口等測站，上為 CO、下為 PM₁₀）

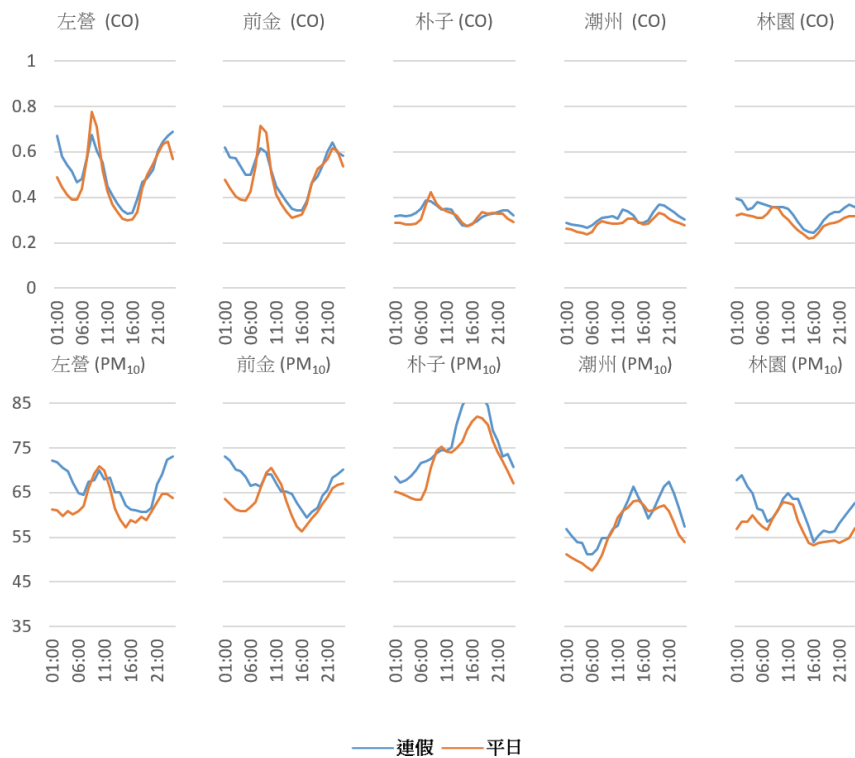


圖 6 暖季的濁水溪以南各測站於連假、平日分別的空氣污染物濃度時間序列，數值為 2005 年到 2014 年間濃度的平均值（包括左營、前金、朴子、潮州、林園等測站，上為 CO、下為 PM₁₀）

討 論

圖 1 至圖 4 中顯示，多數污染物在暖季時假期效應存在南北差異，但在冷季卻沒有，可見得不同季節相異的大氣條件確實會影響假期效應時空分布，以下分別討論暖季與冷季中數值所代表的意義。

（一）暖季：返鄉、旅遊車流在濁水溪以南造成空氣品質劣化

圖 1 與圖 2 顯示，CO、PM₁₀ 於暖季的時空分布，濁水溪以北（以南）大多顯示正（逆）假期效應，這個規律在 CO 無一例外，僅 PM₁₀ 在萬里、恆春兩監測站表現比較特殊，正、逆假期效應分界涇渭分明，在排除系統性誤差的可能性之下，背後原因值得挖掘。

CO 是由於不完全燃燒而產生，今日工業製程會先把 CO 轉化成 CO₂ 以後才排放到大氣裡，因此都市中的 CO 幾乎可以完全歸咎於移動污染源。上述涇渭分明的現象即可反映連假期間，濁水溪以北車流減少、濁水溪以南車流增多的情況，這與高速公路的主要車流方向吻合（蔡詠名，2016），從圖 1 還可以觀察到都市化愈高的城鎮（臺北市區、新北市區、桃園、中壢等），CO 的正假期效應愈強烈，尤其以北北基桃都會帶最明顯，相對來說臺中都會區就只有市區幾個監測站有正假期效應的訊號，一定程度地表示都市內部（尤其是北北基桃）吸收了大量的外地人車，並

且在連假時離開工作所在的都市。

PM₁₀大致上也有前述涇渭分明的現象，同樣能夠反映濁水溪以北(以南)在連假車流減少(增多)的情況，但在臺北市區卻呈現截然不同的表現，出現無顯著假期效應的原因，或許和 PM₁₀來源複雜(黃正義、黃炯昌，1991；鄭福田，2004；Miller, 2009)有關。臺北市和其他都市相比，營建、施工來源的 PM₁₀占比較高(達 30%，圖 7)，除了汽機車直接或間接產生之外，還有占比可觀的營建揚塵，施工現場因為趕工或是為了避免阻擋交通動線而選擇在假日施工，甚至因為露天開挖使得假日仍舊有營建揚塵，都會讓正假期效應不易顯現出來，這部分需要後續研究證明。

圖 5、圖 6 提供另一個角度的證據。CO、PM₁₀兩污染物，濁水溪以北的監測站在正常活動時段(07:00~21:00)平日的污染量高於連假，其中，在平日通勤時間(07:00~09:00, 17:00~19:00)中，CO 的高峰突出，是汽機車等移動污染源明顯的證明，PM₁₀則是在清晨通勤時段(07:00~09:00)受到擾動而開始為期一整天的污染，這兩個現象在連假期間比較不明顯(折線比較平緩)，可觀察到濁水溪以北各監測站受到交通污染影響比較劇烈，通勤行為在連假時會明顯地減少。至於濁水溪以南則相反，大部分時間都是連假的數據高於平日，這些在連假時新增的空氣污染物，合理懷疑是南下車流帶來的。

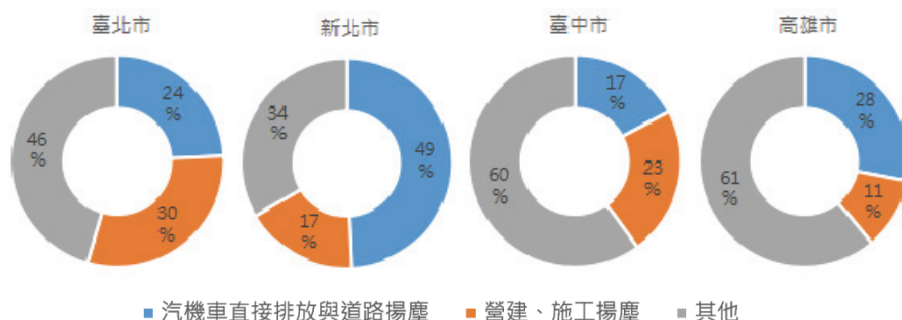


圖 7 臺北市、新北市、臺中市、高雄市 PM₁₀來源占比圓餅圖

資料來源：空氣污染防制計畫書 104~109 年版

NO₂是另外一個與交通污染高度相關的化合物，它同時也是工業活動或柴油車(通常就是工廠所屬的大貨車)排放大宗。圖 3 中 NO₂於暖季全臺灣幾乎沒有逆假期效應的訊號，雖然無法直接觀察到如 CO 與 PM₁₀那樣南北分明的現象，但還是可以看出濁水溪以南無顯著假期效應分布較多，與臺北都會區中強烈的正假期效應形成對比，假日從北(尤其是北北基桃都會帶)往南的返鄉、旅遊車潮還是對濁水溪南北的 NO₂濃度造成一定程度的影響，唯一差別在於，濁水溪以南只表現出相較之下微弱的正或無顯著假期效應，而沒有反過來變成逆假期效應。高雄為我國工業重鎮，點源排放就占了 NO_x總量的 53%，另外 25%是柴油車帶來的非點源污染，同時高雄港內的船舶排放量也不容小覷，尤其因為港區範圍大，船舶在港內航行時間較長，所排放的 NO_x濃度甚至高於港外 20 哩內的範圍(高雄市政府環境保護局，2015)，推測假日帶來工業停擺減少的污染濃度高於觀光、旅遊車潮所增加的污染濃度，因此才沒有顯示出逆假期效應的訊號。

SO₂的主要來源為工業排放，圖 4 可觀察到它同樣沒有南北涇渭分明的現象，但也和 NO₂的分布型態不完全一樣，SO₂的正假期效應強度是工業地帶強(包括新北市南部、桃園市、臺中市、

高雄市)、其他地區弱。

總結而言，從 CO、PM₁₀、NO₂ 等與交通相關的污染物於暖季的空間分布情形可觀察到，來自濁水溪以北各縣市（尤其是北北基桃都會帶）的返鄉、旅遊車潮，到濁水溪以南後造成當地空氣品質劣化，而在 SO₂ 的看不出相似的現象，是因為它和工業活動關係較深，無法呈現車潮南下帶來的影響。

(二) 冷季：返鄉、旅遊車流對空氣品質的影響不明顯

冷季無論 CO、PM₁₀、NO₂ 或 SO₂ 幾乎都是正假期效應，其中又以 PM₁₀、NO₂ 與 SO₂ 最強烈（圖 1~4），和暖季的狀況完全不同。同樣的返鄉、旅遊車潮應當會帶來相似的假期效應型態，但結果卻不是這樣，可見不同季節的氣候條件會對假期效應強度有所影響。出於同一個空品區氣候條件類似的考量，我們將各監測站資料重新匯集成以空品區為單位的平均數值，以解析大氣條件所扮演的角色，同時只用「一般監測站」所測量的測值避免極端值影響判讀結果，因為每個空品區不一定會有相同數量的特殊測站（交通測站、國家公園測站、背景測站、工業測站），所得結果如表 2，表中粗體底線的數值代表該組資料中污染濃度最高者。

表 2 各空品區中一般監測站污染濃度之平均測值

| | CO | | | | PM ₁₀ | | | | NO ₂ | | | | SO ₂ | | | |
|--------|------|-------------|------|------|------------------|--------------|-------|-------|-----------------|--------------|-------|-------|-----------------|-------------|------|-------------|
| | 冷季 | 冷季 | 暖季 | 暖季 | 冷季 | 冷季 | 暖季 | 暖季 | 冷季 | 冷季 | 暖季 | 暖季 | 冷季 | 冷季 | 暖季 | 暖季 |
| | 連假 | 平日 | 連假 | 平日 | 連假 | 平日 | 連假 | 平日 | 連假 | 平日 | 連假 | 平日 | 連假 | 平日 | 連假 | 平日 |
| 北部空品區 | 0.54 | 0.64 | 0.41 | 0.47 | 42.91 | 52.74 | 43.17 | 44.51 | 18.03 | 23.12 | 14.49 | 17.76 | 2.97 | 4.15 | 3.31 | 3.80 |
| 竹苗空品區 | 0.45 | 0.48 | 0.32 | 0.34 | 45.12 | 52.43 | 42.62 | 45.24 | 13.40 | 16.65 | 11.00 | 12.56 | 2.52 | 3.41 | 2.90 | 3.12 |
| 中部空品區 | 0.53 | 0.58 | 0.42 | 0.43 | 55.80 | 67.06 | 54.73 | 58.12 | 16.75 | 20.67 | 13.67 | 15.14 | 2.54 | 3.54 | 3.13 | 3.45 |
| 雲嘉南空品區 | 0.48 | 0.50 | 0.36 | 0.36 | 73.06 | 85.65 | 68.60 | 66.87 | 14.97 | 18.04 | 11.69 | 12.08 | 3.09 | 3.96 | 3.61 | 3.83 |
| 高屏空品區 | 0.57 | 0.60 | 0.42 | 0.40 | 78.77 | 92.99 | 64.96 | 63.23 | 19.49 | 23.47 | 12.76 | 13.40 | 5.78 | 6.60 | 4.90 | 5.15 |
| 宜蘭空品區 | 0.44 | 0.46 | 0.32 | 0.33 | 32.09 | 39.53 | 36.95 | 39.18 | 9.97 | 11.72 | 8.13 | 8.70 | 1.91 | 2.34 | 2.34 | 2.37 |

由表 2 來看，臺灣西部的空品區在相同的工業排放與通勤行為下，冷季的平日污染量卻遠大於暖季的平日污染量，也比冷、暖季連假數值更大，為方便閱讀整理成圖 8。在冷季的時候，平日因為有工廠的排放，使全臺空氣污染嚴重，到了連假因為工廠休假所以污染排放減少，雖然返

鄉、旅遊車潮可能會為南部帶來些微的污染量，但交通所增加的量無法與工廠減排的量兩相抵銷，因此平日的高污染濃度減去連假的低污染濃度後，呈現出強烈的正假期效應。相對來說，暖季良好的擴散係數與不穩定大氣條件所帶來的豐沛降水，可以幫助污染物在較短時間內擴散或沉降(李小飛等，2012；郭建斌、陳珏，2009)，即使於平日，也沒有像冷季那樣嚴重的污染，造就整體污染濃度較低的現象，因此讓車潮帶來的劣化/優化空氣品質的效應浮現。

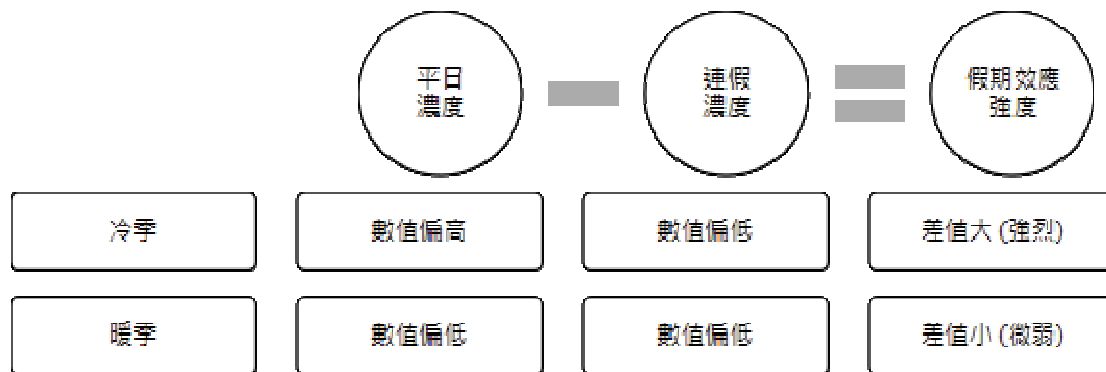


圖 8 相同人類活動，卻在不同季節造成假期效應時空分布相異的原因概念圖

空氣污染在冷季平日最嚴重，推測與該季節常出現的鋒面系統有關，底層大氣在臺灣海峽上受到文丘里效應 (Venturi Effect) 影響而加速，使得風向受到海峽走向的限制，臺灣西部排放的污染物無法直接做跨越海峽的運輸，只能被往南部輸送 (黃清勇、李坤城，1997)，強勁的季風可迅速地將污染物沿著中央山脈由北向南傳送，整個過程不到一天就能完成 (吳清吉等，2003)，東北季風通過約等於新營位置的緯度以後，因為海峽變寬導致氣流幅散，強烈的東北風減弱並且轉為西北風，與另一股沿著山脈東側南下的氣流在外海合流形成水平風速微弱的風遮蔽區 (wind shield)，污染物容易在此處堆積 (吳清吉等，2003；翁叔平、郭乃文、呂珮雯，2013；蔡協宏，2010)，同時高層增強的西風也會將中國上空的污染物輕易且快速地帶到臺灣上空，即便高層強勁的西風應當能使污染物向東移出外海，然而穩定的大氣條件使散佈在低層大氣的污染物難以向上擴散至高層，擴散效應不佳的結果也會使得聚集在低層的污染物無法向上擴散，高層強勁西風對帶走污染物的幫助有限 (吳清吉等，2003；翁叔平、郭乃文、呂珮雯，2013；曾韋勳，2012)，此外冬春之交還常有遠距離傳輸的境外污染物影響，其影響強度雖由北而南、由臨海向內陸遞減，但強烈事件發生日還是會對南部監測站帶來比非事件日高上數倍的懸浮微粒濃度，如氣團經過中國沿海工業城鎮也會將其污染物運輸過來 (張順欽，2002；梁大慶、張俊斌、柴鈞武，2006；葉惠中等，2014；蕭玲鳳、王自發、劉廣英，2001；Chou *et al.*, 2004)。

至於 CO 與其他污染物相比，無論冷暖季假期效應偏微弱，檢視原始資料 (表 2) 可見得，CO 無論暖季、冷季、平日、假日污染量都很低 (因為 CO 本身特性所致)，相減之後的差值也自然偏低，使得假期效應不分季節都普遍微弱。

(三) 花東地區不適合作為本文探討對象

由於環保署在花東兩縣空品測站數目過少，也與主要交通要道和風景區有一定距離，不具空

間代表性，因此不適合作為本研究探討對象。

結 論

各污染物在不同季節顯示的特性如表 3 所示，在暖季可以反應西部走廊由北向南的返鄉、旅遊車潮帶來的影響，但在冷季時因為大氣條件的關係使得這個訊號被覆蓋。

表 3 CO、PM₁₀、NO₂ 與 SO₂ 的假期效應時空分布型態統整表

| | CO | PM ₁₀ | NO ₂ | SO ₂ |
|----|------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 暖季 | 濁水溪以北正假期效應，濁水溪以南逆假期效應。 | 濁水溪以北強烈正假期效應，濁水溪以南微弱正假期效應。 | 濁水溪以北強烈正假期效應，濁水溪以南微弱正假期效應。 | 南北幾乎皆正假期效應，工業地帶強度強、其他地區強度弱。 |
| 冷季 | 南北幾乎皆正假期效應，但強度微弱。 | 南北幾乎皆正假期效應，且強度強烈。 | | |

由此可見得，CO、PM₁₀ 是評估逆假期效應的最佳空氣污染指標，因為它們在暖季時正、逆假期效應南北差異之地理界線最明顯，可進一步進行預測分析。另一方面，濁水溪以南在暖季時顯現的逆假期效應是個很重要的警訊，它彰顯國人返鄉、旅遊反而會使自己陷於劣化的空氣品質中，對旅客的健康有不良影響。多數人旅行是為了獲得更好的空氣放鬆心靈，卻在不知情的情況下吸入污染物，而劣化空氣品質的原因又反過來歸咎於人類活動，形成一個惡性循環，政府、民間與個人都應該加倍重視連續假期期間返鄉熱點、觀光地區的空氣品質。

引用文獻

王建文 (2010):《臺灣三大都會區空氣汙染物之周末效應》。嘉義縣：國立嘉義大學歷史與地理學研究所碩士學位論文。

【Wang, C.W. (2000). *Weekend Effect of Air Pollutants in the Three Metropolitan Areas of Taiwan*. Master thesis, Department of History and Geography, National Chiayi University, Chiayi.】

王茲嬋 (2010):《臺灣三大都會區氣象參數之週末效應》。嘉義縣：國立嘉義大學歷史與地理學研究所碩士學位論文。

【Wang, Z.H. (2010). *Weekend effect of meteorological parameters in the three metropolitan areas of Taiwan*. Master thesis, Department of History and Geography, National Chiayi University, Chiayi.】

行政院環境保護署：《空氣品質監測網》。<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/default.aspx>。(2015/10/01 瀏覽)

【Environmental Protection Administration. *Taiwan Air Quality Monitoring Network*. <http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/default.aspx>(accessed 2015/10/01).】

吳清吉、于宜強、許武榮、徐光蓉、商文義 (2003):〈冬季臺灣附近氣流場與大氣傳送個案之數值研究〉，《大氣科學》，31(1): 29-54。

【Wu, C.J., Yu, Y.Q., Xu, W.R., Xu, G.R., and Shang, W.Y. (2003). Numerical study on the wind fields

- and atmospheric transports of a typical winter case in Taiwan and surrounding area. *Atmospheric Science*, 31(1): 29-54.】
- 李小飛、張明軍、王聖杰、趙愛芳、馬潛 (2012):〈中國空氣污染指數變化特徵及影響因素分析〉,《環境科學》, 33(6): 1936-1943。
- 【Li, X.F., Zhang, M., Wang, S.J., Zhao, A.F., and Ma, Q. (2012). Variation Characteristics and Influencing Factors of Air Pollution Index in China. *Environmental Science*. 33(6): 1936-1943.】
- 孫綦儀 (2009):《臺灣空氣污染之假期效應》。嘉義縣:國立嘉義大學歷史與地理學研究所碩士學位論文。
- 【Sun, Z.Y. (2009). *Holiday Effect of Air Pollution in Taiwan*. Master thesis, Department of History and Geography, National Chiayi University, Chiayi.】
- 翁叔平、郭乃文、呂珮雯 (2013):〈高高屏地區細懸浮微粒 (PM_{2.5}) 污染事件的綜觀環境分析〉,《大氣科學》, 41(1): 43-64。
- 【Wong, S.P., Guo, N.W., and Lu, P.W. (2013). The synoptic environmental settings of PM_{2.5} contamination events in the Kaohsiung-Pingtung Areas. *Atmospheric Science*, 41(1): 43-64.】
- 高雄市政府環境保護局 (2015):〈高雄市空氣污染防制計畫書 (104~109 年版)〉。
- 【Kaohsiung City Government Environmental Protection Bureau (2015). *Kaohsiung City Air Pollution Control Proposal (2015-2020)*.】
- 張順欽 (2002):〈亞洲沙塵暴對空氣品質影響與測報〉,《環境保護》, 25(2): 134-152。
- 【Zhang, S.Q. (2002). The impact of asian dust storm and it's forecast. *Environmental Protection*, 25(2): 134-152.】
- 梁大慶、張俊斌、柴鈺武 (2006):〈沙塵暴特性之其對臺灣空氣品質影響之分析〉,《中州學報》, 23: 129-142。
- 【Liang, D.Q., Zhang, J.B., and Chai, F.W. (2006). The characteristics of dust tempest and analysis the effect of air quality in Taiwan. *Journal of Chung Chou*, 23: 129-142.】
- 郭建斌、陳珏 (2009):〈北京市空氣污染季節變化規律研究及污染控制建議〉,《生態環境學報》, 18(3): 952-956。
- 【Guo, J.B., and Chen, Y. (2009). Patterns of seasonal change in air pollution and suggestions on pollution control in Beijing. *Ecology and Environmental Sciences*, 18(3): 952-956.】
- 陳美先 (2013):〈再探臺灣氣象參數的週末及假期效應〉,《國立嘉義大學歷史與地理學研究所碩士學位論文》。
- 【Chen M.X. (2013). *Revisit Weekend and Holiday Effects of Meteorological Parameters in Taiwan*. Master thesis, Department of History and Geography, National Chiayi University, Chiayi.】
- 曾韋勳 (2012):〈高屏大氣懸浮微粒於不同天氣型態之特徵與氣象因子關聯性研究〉,《國立成功大學環境工程學研究所碩士學位論文》。
- 【Zen, W.X. (2012). *Characteristics of Airborne Particulates in Different Synoptic Patterns and The Relationship with Meteorological Parameters in Southern Taiwan*. Master thesis, Department of Environmental Engineering, National Cheng Kung University, Tainan.】

黃正義、黃炯昌（譯）（1991）：《空氣污染學》。臺北市：科技圖書股份有限公司。（原著作者 H. C. Perkins）

【Huang, Z.Y., and Huang, J.C. (1991, trans.). *Air Pollution*. Taipei: Techbook Publishing Company.】

黃清勇、李坤城（1997）：〈區域空氣擴散數值模式之應用研究〉，《大氣科學》，25(4)：511-546。

【Huang, Q.Y., and Li, K.C. (1997). Application studies of a regional air dispersion numerical model. *Atmospheric Science*, 25(4): 511-546.】

新北市政府環境保護局（2015）：〈新北市空氣污染防制計畫書（104~109年版）〉。

【New Taipei City Government Environmental Protection Bureau (2015). *New Taipei City Air Pollution Control Proposal (2015-2020)*.】

葉雨松、徐澄清（2012）：〈臺灣地區空氣品質測站介紹〉，《化學》，70(4)：345-356。

【Ye, Y.S., and Xu, C.C. (2012). Introduction of the Taiwan air quality monitoring station. *Chemistry*, 70(4): 346-356.】

葉惠中、陳起鳳、李家儂、楊之遠、謝長城、郭韋翔、江京蓁、洪嘉祥（2014）：〈102年度「環保署/國科會空污防制科研合作計畫」期末報告〉。

【Ye, H.Z., Chen, Q.F., Li, J.N., Yang, Z.Y., Xie, C.C., Guo, W.X., Jiang, J.Z., and Hong, J.X. (2014). *Environmental Protection Administration/ National Science Council's Air Pollution Prevention Research Cooperation Program Final Report*】

臺中市政府環境保護局（2015）：〈高雄市空氣污染防制計畫書（104~109年版）〉。

【Taichung City Government Environmental Protection Bureau (2015). *Taichung City Air Pollution Control Proposal (2015-2020)*.】

臺北市政府環境保護局（2015）：〈高雄市空氣污染防制計畫書（104~109年版）〉。

【Taipei City Government Environmental Protection Bureau (2015). *Taipei City Air Pollution Control Proposal (2015-2020)*.】

蔡協宏（2010）：〈南臺灣陸域及鄰近海域受海陸風及東北季風影響之空氣污染物傳輸及擴散研究〉，《國立中山大學環境工程研究所博士學位論文》。

【Cai, X.H. (2010). *Influences of Sea-land Breezes and Northeastern Monsoon on the Transportation and Dispersion of Air Pollutants over Coastal Region in Southern Taiwan*. Doctoral dissertation, Institute of Environmental Engineering, National Sun Yat-sen University, Kaohsiung.】

蔡詠名（2016）：〈高速公路車流量時空熱點分析與運輸特性探討〉。未出版。

【Cai, Y.M. (2016). *Spatio-Temporal Hotspot Analysis of Traffic Flow on Highway and Its Pattern*. Unpublished.】

談珮華（2012）：〈春節與非春節的假期天數及天氣系統對空污假期效應之影響〉，《環境與世界》，26：93-127。

【Tan, P.H. (2012). The effect of holiday day number and weather system during the chinese New Year and Non-Chinese Year on air pollution “holiday effect”. *Environment And Worlds*, 26: 93-127.】

談珮華、周佳、梁靜宜、吳柏霖（2008）：〈臺北都會區的假期效應〉，《大氣科學》，36(3)：197-215。

【Tan, P.H., Chou, J., Liang, J.Y., and Wu, B.L. (2008), Holiday effect of the Taipei metropolitan area.

Atmospheric Science, 36(3): 197-215.】

談珮華、孫綦儀 (2014) :〈人為活動對空氣品質的影響——以高雄都會區的假期效應為例〉,《地理學報》, 74 : 1-30。

【Tan, P.H., and Sun, Z.Y. (2014), The impact of human activities on air quality-holiday effect of the Kaohsiung metropolitan area as an example. *Journal of Geographical Science*, 74: 1-30.】

鄭福田 (2004) :《空氣品質》。臺北市：財團法人中興工程科技研究發展基金會。

【Zhen, F.T. (2004). *Air Quality*. Taipei: Sinotech Foundation for Research and Development in Engineering Science and Technologies.】

蕭玲鳳、王自發、劉廣英 (2001) :〈沙塵暴長距離傳送至臺灣之數值模擬研究〉,《華岡理科學報》, 18 : 1-20。

【Xiao, L.F., Wang, Z.F., and Liu, G.Y. (2001), *A Study of Numerical Simulation of Dust Storm and its Long-range Transport to Taiwan*. *Hwa Kang Journal of Sciences*, 18:1-20.】

Adame, J.A., Hernández-Ceballos, M.A., Sorribas, M., Lozano, A., and De la Morena, B.A. (2014). Weekend-Weekday Effect Assessment for O₃, NO_x, CO and PM₁₀ in Andalusia, Spain (2003-2008). *Aerosol and Air Quality Research*, 14: 1862-1874.

Beirle, S., Platt, U., Wenig, M., and Wagner, T. (2003). Weekly cycle of NO₂ by GOME measurements: a signature of anthropogenic sources. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 3: 2225-2232.

Chou, C.C.K., Lin, C.Y., Chen, T.K., Hsu, S.C., Lung, S.C., Liu, S.C., and Young, C.Y. (2004). Influence of long-range transport dust particles on local air quality: a case study on asian dust episodes in Taipei during the spring of 2002. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 15(5): 881-889.

Gour, A.A., Singh, S.K., Tyagi, S.K., and Mandal, A. (2013). Weekday/weekend differences in air quality parameters in Delhi, India. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 5(1): 69-76.

Khoder, M.I., and Hassan, S.K. (2008). Weekday/weekend differences in ambient aerosol level and chemical characteristics of water-soluble components in the city centre. *Atmospheric Environment*, 42(32): 7483-7493.

Latha, K.M., and Badarinath, K.V.S. (2003). Black carbon aerosols over tropical urban environment- A case study. *Atmospheric Research*, 69: 125-133.

Marr, L.C., and Harley, R.A. (2002). Spectral analysis of weekday-weekend differences in ambient ozone, nitrogen oxide, and non-methane hydrocarbon time series in California. *Atmospheric Environment*, 36: 2327-2335.

Miller, G.T., and Spoolman, S. (2009). *Environmental Science*. MA: Cengage Learning.

Morawska, L., Jayaratne, E.R., Mengersen, K., Jamriska, M., and S. Thomas. (2002). Difference in airborne particle and gaseous concentrations in urban air between weekdays and weekends. *Atmospheric Environment*, 36(27): 4375-4383.

Qin, Y., Tonnesen, G.S., and Wang, Z. (2004). Weekend-weekday differences of ozone, NO_x, CO, VOCs,

- PM₁₀ and the light scatter during ozone season in southern California. *Atmospheric Environment*, 38: 3069-3087.
- Riga-Karandinos, A.N., and Saitanis, C. (2005). Comparative assessment of ambient air quality in two typical Mediterranean coastal cities in Greece. *Chemosphere*, 59: 1125-1136.
- Steinbacher, M., Dommen, J., Ordonez, C., Reimann, S., Gruebler, F. C., Staehelin, J., and Prevot, A.S. H. (2005). Volatile organic compounds in the Po basin, Part A: Anthropogenic VOCs. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 51: 271-291.
- Tan, P.H., Chou, C., Chen, P.Y., Sun, C.Y. and Wu, B.L. (2010). *Observation of a "Holiday Effect": a Case of Chinese New Year in Taiwan*. Paper presented at European Geosciences Union General Assembly, Vienna.
- Tan, P.H., Chou, C., and Chou, C.K. (2013). Impact of urbanization on the air pollution "holiday effect" in Taiwan. *Atmospheric Environment*, 70: 361-375.
- Tan, P.H., Chou, C., and Liang, J.Y. (2008). *Observation of a "Holiday Effect": a Case of Chinese New Year in Taipei*. Paper presented at Conference of Taiwan Climate Change, Central Weather Bureau, Taipei.
- Tan, P.H., Chou, C., Liang, J.Y., Chou, C. C.K., and Shiu, C.J. (2009). Air pollution "holiday effect" resulting from the Chinese New Year. *Atmospheric Environment*, 43 (13): 2114-2124.
- Zhang, M., Wang, X.M., Chen, J.M., Cheng, T.T., Wang, T., Yang, X., Gong, Y.G., Geng, F.H., and Chen, C.H. (2010). Physical characterization of aerosol particles during the Chinese New Year's firework events. *Atmospheric Environment*, 44: 5191-5198.

投稿日期：106 年 10 月 06 日

修正日期：107 年 01 月 23 日

接受日期：107 年 04 月 30 日

地理研究 第68期 民國107年5月
Journal of Geographical Research No.68, May2018
DOI: 10.6234/JGR.201805_(68).0003

應用趨勢分析探討氣候變遷下太麻里流域的水文變化 Application of Trend Analysis to Explore Hydrological Change under Climate Change in the Taimali Stream Basin

宋健豪^a

廖學誠^b

Jian-Hao Sung Shyue-Cherng Liaw

Abstract

Due to the climate change and the extreme weather events, the precipitation in Taiwan has changed very dramatically. The hydrological conditions in a basin are highly related to the weather. In order to identify the effect of the climate change, we assess annual, seasonal and monthly trends of precipitation from 1981 to 2012, stream runoff from August in 1983 to July in 2009, and sediment load from 1984 to 2008 in the Taimali stream basin using the Mann-Kendall trend test and the Theil-Sen slope test. The results show that the precipitations of annual, wet period, autumn season, and in August have significant increasing trends. The τ values are 0.29, 0.27, 0.25, and 0.23, respectively. The stream runoffs of annual and autumn season also have significant increasing trends. The τ values are 0.27 and 0.24, respectively. In addition, the sediment loads of annual, wet period, and autumn season also have significant increasing trends. The τ values are 0.27, 0.25, and 0.25, respectively. Through the trend analysis, we can identify that the hydrological conditions in the Taimali stream basin are strongly affected by the climate change. It causes the annual precipitation, stream runoff, and sediment load significantly increasing, especially for the autumn season and wet period with obvious increasing trend.

Keywords: Climate Change, Sediment Load, Mann-Kendall test, Theil-Sen Slope test

摘要

受到氣候變遷與極端氣象事件所影響，近年來臺灣地區的降雨量變化趨勢有顯著的改變。河流域內之水文條件與氣候息息相關，為了探討氣候變遷對於水文條件之影響，本研究應用 M-K

^a 國立臺灣師範大學地理學系博士班研究生，通訊作者 (E-mail: janhow07@gmail.com)
PhD Student, Department of Geography, National Taiwan Normal University. Corresponding Author.

^b 國立臺灣師範大學地理學系教授
Professor, Department of Geography, National Taiwan Normal University.

趨勢檢定及 Theil-Sen 斜率檢定，探討太麻里溪流域內 1981 年至 2012 年之降雨量、1983 年 8 月至 2009 年 7 月之逕流量及 1984 年至 2008 年之輸砂量的變化趨勢。研究結果顯示，年降雨量、秋季降雨量、豐水期降雨量以及八月降雨量皆呈現顯著增加之趨勢，其 τ 值分別為：0.29、0.25、0.27 以及 0.23；年逕流量及秋季逕流量亦呈現顯著增加，其 τ 值分別為：0.27 與 0.24；此外，年輸砂量、秋季輸砂量以及豐水期輸砂量也呈現顯著增加，其 τ 值分別為：0.28、0.25 與 0.25。透過趨勢檢定可以發現，氣候變遷對於太麻里溪流域之水文變化具有相當影響力，造成年降雨量、年逕流量與年輸砂量皆呈現顯著增加趨勢，尤其是集中於秋季及豐水期期間，增加趨勢更是明顯。

關鍵詞：氣候變遷、輸砂量、Mann-Kendall 趨勢檢定、Theil-Sen 斜率檢定

前 言

近年來受到氣候變遷的影響，臺灣的降雨型態已略有改變，河川的逕流量與輸砂量也有相當程度的劇烈變化。根據政府間氣候變遷專門委員會第五次評估報告指出 (IPCC, 2014)，東亞地區受到氣候變遷影響，降雨量在未來有越加集中的變化趨勢，強降雨事件發生頻率亦有可能增加。氣候變遷對環境之影響，不僅限於大氣，對於流域內的水文特性亦具有相當顯著的衝擊，尤其是降雨型態的改變會影響到流域的逕流量及輸砂量 (Shirazi *et al.*, 2016; Wu *et al.*, 2017)。Gao and Xie (2016) 指出，降雨量是影響逕流量變化的主要原因。此外，許多研究也顯示出，氣候變遷已經明顯地影響到河川的輸砂量 (Jiang *et al.*, 2017; Zhao *et al.*, 2017)。綜上所述得知，地表流域水文特性如降雨量、逕流量及輸砂量深受氣候變遷所影響。

一般而言，探討水文特性的變化狀況時，Mann-Kendall 趨勢檢定及 Theil-Sen 斜率檢定是最被廣泛使用的方法之一，因為相較於其他趨勢檢定，M-K 趨勢檢定及 Theil-Sen 斜率檢定皆具備較不受極端值影響之特性，因此，被普遍應用於各種時間序列分析上，包括降雨量、逕流量及輸砂量等資料。

首先，在降雨量方面，Gao and Xie (2016) 透過 M-K 趨勢檢定分析長江流域內 140 個氣候站，資料為 1960 年至 2011 年之每年 1 日最大降雨量、7 日最大降雨量、30 日最大降雨量及年降雨量，並將 1960 年至 1980 年定義為前氣候變遷期，1981 年至 2011 年定義為後氣候變遷期，研究結果指出，在後氣候變遷期整體降雨量呈現顯著的增加趨勢，極端降雨事件也呈現顯著的增加趨勢，此現象可能會導致洪水災害事件。此外，Pakalidou and Karacosta (2017) 應用 M-K 趨勢檢定分析希臘 Thessaloniki 地區 1892 年至 2015 年之月降雨量、季節性降雨量以及年降雨量，透過分析長時間的降雨觀測資料，找出希臘地區因氣候變遷而造成的降雨變化趨勢，得知在 Thessaloniki 地區觀測期間，雖然月降雨量、季節性降雨量及年降雨量之 Z 值皆未達 95% 信心區間，未呈現顯著的變化趨勢，但透過降雨事件分析則發現，近年來在 Thessaloniki 地區的極端降雨事件較以往多出許多。另外，Yang *et al.* (2017) 透過連續小波轉換、M-K 趨勢檢定以及 Theil-Sen 斜率分析，探討中國西北部 96 個氣象站從 1960 年至 2013 年之降雨資料，透過長期區域性的降雨量趨勢分析，找出氣候變遷下中國西北部的降雨量的時空變化，發現中國西北部整體之降雨量呈現顯著的增加變化趨勢，降雨量變化主要始於 1980 年代中期以及 1990 年代中期，除研究區之西北部降雨量呈現減少趨勢外，其他多數測站之降雨量皆呈現顯著增加趨勢。

其次，在逕流量方面，Wu *et al.* (2017) 應用 M-K 趨勢檢定以及 Theil-Sen 斜率檢定，探討中國長江流域喀斯特地區 1984 年至 2015 年之逕流量變化趨勢，研究結果指出，在 1984 年至 2015 年間研究區域內之降雨量及逕流量無顯著的變化趨勢，但流域內的蒸散量卻明顯的減少，此外，研究區域內降雨量對於逕流量變化的影響相當大，相較於氣候，人為活動對研究區域內逕流量的影響反而較弱。另外，Shirazi *et al.* (2016) 應用 SCS-CN 模式，建立馬來西亞 Melaka Tengah 地區內，五個主要河川流域 2006 年至 2012 年之逕流量，並透過 M-K 趨勢檢定及 Theil-Sen 斜率檢定，探討其變化趨勢，得知所有流域內的逕流量並無顯著的變化趨勢，不過逕流量的空間變化趨勢與流域內的土壤水分空間分布則呈現顯著的空間自相關。Garcia *et al.* (2017) 應用 M-K 趨勢檢定探討西班牙 Mallorca 島嶼臨時型河川 1977 年至 2009 年之逕流量變化趨勢，顯示出逕流量呈現減少之變化趨勢，其中又以春季及夏季的減少幅度最為顯著，分別為 4% 及 17%，逕流量減少主要是受到降雨量減少及降雨日數減少所致，但人為土地利用以及近年來較高的氣溫也導致了研究區域之蒸散量有顯著的增加，因此，造成 Mallorca 島嶼臨時型河川逕流量顯著減少。

最後，在輸砂量方面，Jiang *et al.* (2017) 應用 M-K 趨勢檢定及 Theil-Sen 斜率檢定，探討中國黃河流域及長江流域 1956 年至 2012 年之逕流量與輸砂量之變化趨勢，得知黃河之逕流量呈現不顯著的減少趨勢，輸砂量則是呈現顯著的增加趨勢，而長江流域則是逕流量與輸砂量均呈現增加趨勢，兩流域主要輸砂量均集中在雨季，除此之外，1990 年至 2012 年之逕流量較 1956 年至 1989 年少，主要是受到降雨量減少所影響。另外，Zhao *et al.* (2017) 透過 M-K 趨勢檢定，探討長江流域 1953 至 2013 年之逕流量與輸砂量變化趨勢，長江整體逕流量並未呈現顯著的變化趨勢，但在洞庭湖及岷江區域卻呈現顯著的減少趨勢，整體而言，全流域之輸砂量均呈現顯著的減少趨勢，此外，逕流量的變化主要是受到流域內降雨量所影響，而輸砂量的改變則是受到氣候變遷及人為活動所影響，但人為活動之影響較大，占整體變遷的 70%。此外，Buendia *et al.* (2015) 透過水文模式，重建西班牙地區 Ribera Salada 流域 1971 年至 2014 年之逕流量與輸砂量，並使用 2009 至 2013 年之實際觀測資料進行校正及驗證，最後透過 M-K 趨勢檢定探討 1971 年至 2014 年之逕流量與輸砂量之變化趨勢，當模式背景以人為造林活動作為情境背景時，年逕流量與輸砂量皆呈現減少趨勢，但輸砂量變化趨勢並未達顯著水準；當模式不考慮造林活動時，逕流量並未呈現顯著的變化，但輸砂量則是呈現增加的趨勢。

根據許晃雄等 (2012) 研究指出，近年來受到氣候變遷影響，歷年侵臺颱風相較於以往更為頻繁，且侵臺颱風之生命歷程達到強颱風的比例明顯增加，此外臺灣地區的小雨日數大幅度的減少，近 30 年呈現每 10 年減少 4 天，且大雨日數在近 30 年有顯著增加的變化趨勢，而不論是短延時降雨強度或長延時降雨強度均呈現增加的趨勢。鍾侑達等 (2009) 則認為，整體而言臺灣地區的年總降雨日數逐漸減少，而大雨日數與極端降雨事件在全臺灣均有增加的變化趨勢，此外，全臺的年最大二日暴雨亦呈現增加的趨勢。錢滄海等 (2010) 則指出，近年來臺北地區降雨有明顯的改變，透過 M-K 其趨勢分析之結果發現，臺北地區的年降雨量、年均降雨強度皆呈現顯著的增加，而年降雨日數卻顯著的減少，此外連續無降雨日數亦呈現顯著的增加，此現象代表單次降雨之降雨量有增強的變化趨勢。汪中和 (2004) 則認為，近年來臺灣地區的豐水期降雨量呈現增加的趨勢，且變化速率相當快速，並指出在 1947 年十年降水日為 195 日，但與 2003 年時年降水日僅 117 日相去甚遠，此外自 1940 年起至 2003 年之間，臺灣地區的平均降水日呈現持續性的遞減，並指

出在臺灣的西南部與東部均呈現快速地減少。除此之外，汪中和（2007）亦指出，不同地區的降雨型態以及降雨強度均呈現重大的改變，就降雨量而言自 1940 至 2006 年間雖無顯著的變化趨勢，但降雨帶有北移的變化趨勢，且整體之降雨日數呈現持續的遞減，尤其以西南部與東南部之減少速率相對較其他區域快。周佳、劉紹臣（2012）則認為，在氣候變遷下全球性的降雨量並無顯著的變化趨勢，但可以發現在北亞與中亞降雨量呈現顯著的增加，近幾年強降雨的情形也有增加，此外，在颱風強度的變化上則是較具爭議，主要是受到觀測資料仍不足以判斷氣候變遷對於颱風強度的影響。

根據國家災害防救科技中心（NCDR）災情報告、災損報告以及聯合知識庫之相關資料可以發現，近年來臺東太麻里溪流域災情不斷，2005 年 7 月 18 日海棠颱風豪雨造成太麻里溪上游土石崩塌，洪水夾帶土石造成沿岸居民房舍倒塌、土地流失及防洪設施破壞，威脅民眾財產安全，災情相當慘重。2009 年 8 月 8 日莫拉克颱風來襲，造成太麻里溪多處坍方，沿岸潰堤，導致農田及房舍嚴重受災，影響農戶約 500 戶，沖刷流失農地約 300 ha 以上。2010 年 9 月 19 日凡那比颱風再次侵襲臺東，高強度降雨致使太麻里溪河水暴漲，讓 88 風災後勉強應急的土堤再次潰堤，臺九線嚴重淹水，道路中斷，嘉蘭村民也緊急撤村，南迴鐵路太麻里段路基被淘空 200 m，無法通車。2012 年 8 月 28 日天秤颱風在大武降下超過 300 mm 的雨量，造成太麻里鄉眾多房屋毀損，申請屋損住戶計有 214 戶，農產物災害損失金額達 1 億多元，太麻里溪旁堤防的疏濬砂石堆也被沖流入海。2013 年 9 月 21 日強烈颱風天兔帶來強風豪雨，造成臺東縣 6 千多戶停電，大都集中在太麻里和大武地區，太麻里溪流域內的洛神葵及釋迦農作物受損嚴重，數百公頃農地受到重創。顯然地，在氣候變遷下，極端降雨事件已造成臺灣災情嚴重，太麻里溪流域只是其中一例，因此，如何面對氣候變遷的威脅，瞭解河川降雨量、逕流量及輸砂量的變化趨勢，提供災害潛勢評估，並強化當地救災體系的因應措施，已成為當前防災工作的重要課題。基於上述，本研究以太麻里溪流域作為案例，透過 M-K 趨勢檢定與 Theil-Sen 斜率檢定，探討在氣候變遷下，太麻里溪流域內降雨量、逕流量與輸砂量之變化趨勢，期能提供政府相關單位未來在防災施政上之參考。

研究區域與研究方法

（一）研究區域

本研究區域為臺東縣太麻里溪流域（圖 1），太麻里溪發源自北大武山東側，流域範圍包括臺東縣太麻里鄉及金峰鄉，由西向東匯入太平洋，太麻里溪全長 36.27 km，整體流域面積面積為 211.5 km²，流域內西部為山地區域，平均高度大於 3000 m；流域整體平均高度為 935 m，流域內有 34.6% 的面積高於 1000 m，地勢相當陡峭，河川坡降劇烈（Yeh and Liaw, 2015）。太麻里溪流域超過八成以上為森林所覆蓋，且部份屬於大武山自然保留區，人為開發利用情況甚少。

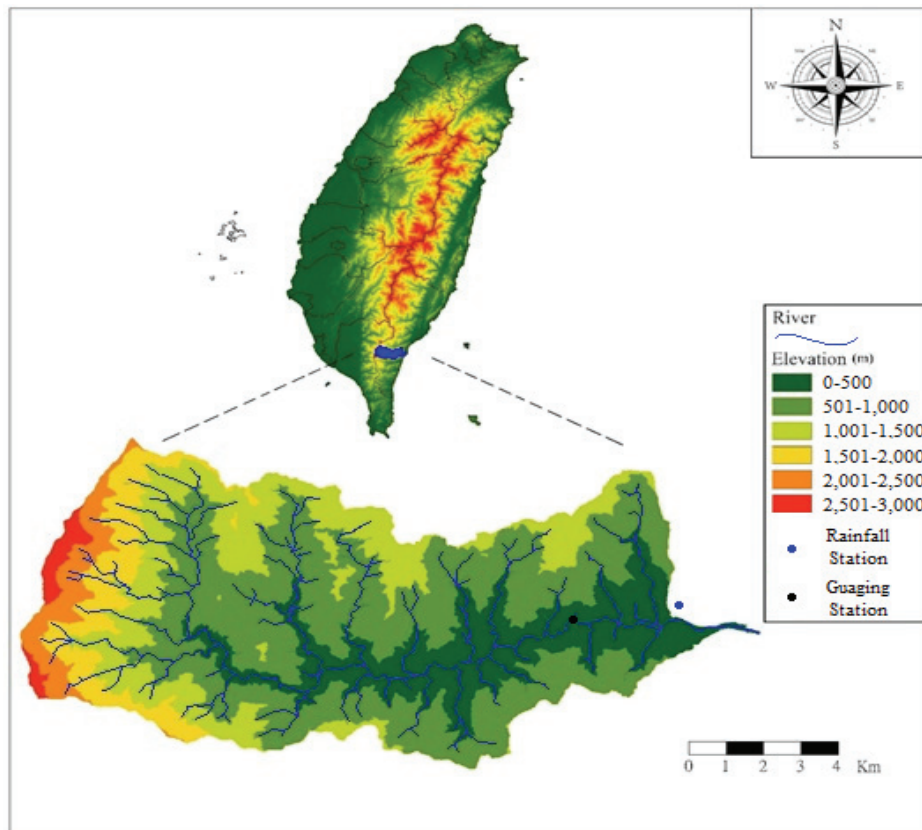


圖 1 研究區域圖

(二) M-K 趨勢檢定

M-K 趨勢檢定為無母數趨勢檢定，根據時間序列資料之間的相對關係所進行的趨勢檢，僅考慮連續資料之間的大小關係，故可忽略資料中因極端值所造成的影響，適用於水文、氣象與氣候等各種不同時間序列資料 (Shirazi *et al.*, 2016; Pakalidou and Karacosta, 2017)。M-K 趨勢檢定計算公式如下 (Mann, 1945; Kendall, 1975)：

假設一組數列 $X = \{X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_n\}$ ，則令下列公式 (1)：

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{Sgn}(X_j - X_i), \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, i+1 \quad (1)$$

當 $\text{Sgn}(X_j - X_i)$ 所得之數值大於 0 時之 S 值為 1，反之相減所得之值小於 1 時則 S 值為 -1，當相減之值為 0 時，則 S 值為 0，不考慮資料之間相差之數值，計算方式如下列公式 (2) 所示：

$$\text{Sgn}(X_j - X_i) = \begin{cases} 1 & \text{if } (X_j - X_i) > 0 \\ 0 & \text{if } (X_j - X_i) = 0 \\ -1 & \text{if } (X_j - X_i) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

計算所得之 S 值與時間序列中的樣本數 (n) 進一步計算 M-K 趨勢檢定之判斷係數 τ 值，計算方式如 (3) 所示：

$$\tau = \frac{S}{N} = \frac{S}{n(n-1)/2} \quad (3)$$

當 τ 為正值時，表示時間序列資料有漸增的趨勢，反之，當 τ 為負值時，則表示時間序列資料有漸減的趨勢。根據 Mann (1945) 與 Kendall (1975) 之研究，當 $n \geq 8$ 時，統計量 S 則近似於標準常態分布，可以透過下列公式 (4) 之標準常態統計量 Z 值，間接表示樣本序列在統計上的增加或遞減之趨勢顯著性。

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S > 1 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S < 1 \end{cases} \quad (4)$$

其中變異數 $\text{Var}(S)$ 為：

$$\text{Var}(S) = \left(\frac{1}{18}\right)[(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m T_i(T_i-1)(2T_i+5)] \quad (5)$$

公式 (5) 中， m 為樣本序列中數值相等的組數，而 T_i 表示數值相等的第 i 組內所含的數值數目。本研究分別採用顯著水準 $\alpha = 0.1$ 及 $\alpha = 0.05$ 作為 M-K 趨勢分析顯著性判斷標準，當 $|Z| \geq 1.645$ 時達到顯著水準 ($\alpha = 0.1$)，當 $|Z| \geq 1.96$ 時則達到非常顯著水準 ($\alpha = 0.05$)。

(三) Theil-Sen 斜率檢定

Theil-Sen 斜率檢定法是透過時間序列資料的變化斜率 (β) 探討時間序列的變化趨勢，也被

廣泛應用在各種不同的時間序列資料，其 β 值計算方式如公式 (6) 所示 (Theil, 1950; Sen, 1968)：

$$\beta = \text{Median} \left(\frac{X_j - X_i}{j - i} \right), i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, i + 1 \quad (6)$$

β 值為時間序列中兩點的斜率， X_j 以及 X_i 為時間序列中 j 以及 i 時間點 ($j > i$) 所對應之資料值，並透過計算之 β 建立時間序列之斜率方程式 (7)：

$$Y_t = \beta \times t + X_t \quad (7)$$

式 (7) 中， Y_t 為趨勢斜率方程式求出之資料值， t 為時間， X_t 為方程式之截距。

(四) 水文資料

本研究降雨量資料來自林業試驗所太麻里研究中心氣象資料 (陸象豫等, 2004)，逕流量與輸砂量資料則來自於經濟部水利署的水文年報及臺灣電力公司。林試所太麻里研究中心氣象站位於臺東縣太麻里鄉大王村東經 $120^{\circ}58'23''$ ，北緯 $22^{\circ}36'02''$ ，海拔高 90 m，降雨量資料自 1980 年 8 月開始觀測。由於部份降雨量資料有中斷或闕漏情況，本研究採用鄰近的知本雨量測站之降雨量資料，透過雙累計曲線 (Double mass curve) 對太麻里研究中心氣象站之降雨量進行補遺，降雨量分析期間從 1981 年至 2012 年止，共計 32 年。另外，逕流量與輸砂量資料則採自研究區中唯一測站金蘭站，由臺灣電力公司進行觀測，根據經濟部水利署水文年報，金蘭測站所涵蓋的流域面積為 189.6 km^2 。由於金蘭測站離出海口尚有一段距離，故其集水區面積比全部集水區面積 211.5 km^2 略小。本研究透過水文年報中 1983 年 8 月至 2009 年 7 月之逕流量與輸砂量實測資料，配合幕次 (Power) 率定曲線 (Rating curve)，建立金蘭測站 1983 年 8 月至 2009 年 7 月逕流量與輸砂量之關係式，經由試誤法 (Try and error) 分析高低流量門檻值，當以逕流量 20 cms 為門檻值時，高低流量與輸砂量之率定曲線 R^2 最高解釋能力最好，故將逕流量 20 cms 作為門檻值，20 cms 以上為高流量，20 cms 以下為低流量，並據此率定曲線分別計算輸砂量 (圖 2)。由於 2009 年莫拉克颱風造成金蘭測站損毀，觀測中斷，因此，本研究逕流量分析期間從 1983 年 8 月至 2009 年 7 月，輸砂量分析期間則自 1984 年至 2008 年止。另外，在時間尺度上，本研究分別探討月、季、豐水期、枯水期及年降雨量、逕流量及輸砂量之變化趨勢，並依據水利署劃分方法，將每年五至十月設定為豐水期，十一月至隔年四月設定為枯水期。

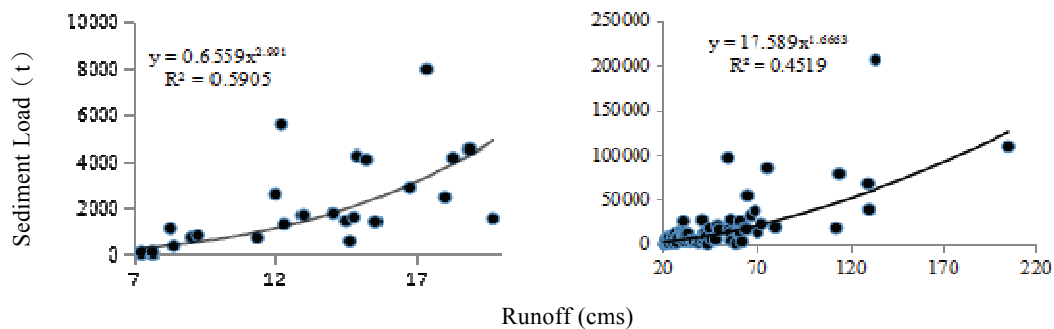


圖 2 低流量（左）及高流量（右）與輸砂量之率定曲線

結果與討論

（一）降雨量

研究區降雨量之 M-K 趨勢檢定及 Theil-Sen 斜率檢定分析結果如表 1 所示。首先，在月降雨量變化部份，由表 1 中得知，透過 M-K 趨勢檢定 τ 值可以發現，1 月至 3 月的降雨量 τ 值均為負值，顯示出降雨量有減少之趨勢，但 Z 值尚未到達顯著水準，而後的 4 月至 12 月之 τ 值均為正值，呈現降雨量有增加之趨勢，其中 8 月降雨量的 Z 值達 1.85 ($P < 0.1$)，顯示出太麻里流域 8 月的降雨量有明顯的增加趨勢。另外，Theil-Sen 斜率檢定結果與 M-K 趨勢檢定相似，不同月份的 Theil-Sen 斜率檢定圖如圖 3 及圖 4 所示。研究期間 1 月至 3 月之 Theil-Sen 斜率為負值，故降雨量呈現減少的變化趨勢，而 4 月至 12 月斜率均呈現正值，代表降雨量呈現增加的變化趨勢，其中又以 8 月之降雨量變化斜率最為顯著。透過 M-K 趨勢分析以及 Theil-Sen 斜率檢定可以發現，研究區 8 月降雨量較其他月份降雨量具有明顯的增加趨勢，透過圖 4 中 8 月降雨量的序列分析後發現，研究期間 8 月降雨量以 1984 年的 992.2 mm 最高，其次為 2007 年，再其次依序分別為 2009 年、2012 年及 2005 年，很明顯地，研究區內 8 月份高強度降雨量主要分布於 2005 年以後，而較為低降雨量的年份多為 1990 年以前，此現象與 M-K 趨勢檢定以及 Theil-Sen 斜率檢定之結果相符。

其次，在季節性降雨量變化部份，透過表 1 中季節降雨量 M-K 趨勢檢定之 τ 值正負值可以發現，除春季降雨量之 τ 值為負值，呈現降雨量減少之趨勢外，其餘季節之 τ 值均呈現正值，顯示出降雨量有增加之趨勢，其中又以秋季之 Z 值 1.99 及豐水期 Z 值 2.21 最為顯著 ($P < 0.05$)，已達非常顯著水準，表示出研究區秋季及豐水期的降雨量有明顯的增加趨勢。另外，季節性降雨量之 Theil-Sen 斜率檢定結果與 M-K 趨勢檢定相同，不同季節的 Theil-Sen 斜率檢定圖如圖 5 所示。研究期間春季降雨量的 Theil-Sen 斜率呈現負值，降雨量有減少之趨勢外，其餘季節之 Theil-Sen 斜率均呈現正值，其中又以秋季及豐水期的斜率變化最為顯著。相較於逐月降雨量分析，秋季降雨量以及豐水期降雨量分別代表 7 月至 9 月以及 5 月至 10 月間之降雨量，透過圖 5 之降雨量序列

分析得知，雖然秋季降雨量以及豐水期降雨量均以 1991 年為最高，但是在 2000 年後，研究區的秋季及豐水期降雨量則明顯地增加許多，後半段的降雨量較前半段多，此現象與 M-K 趨勢檢定以及 Theil-Sen 斜率檢定之結果雷同。

另外，在年降雨量變化部份，表 1 中 M-K 趨勢檢定結果 τ 值為正值，且 Z 值為 2.34 ($P < 0.05$)，已達非常顯著水準，顯示出研究區年降雨量呈現明顯的增加趨勢。此外，年降雨量之 Theil-Sen 斜率檢定結果與 M-K 趨勢檢定結果相符，Theil-Sen 斜率為正值，呈現年降雨量具有顯著的增加趨勢。透過圖 5 之年降雨量序列分析得知，研究期間年降雨量以 2011 年之 2938.5 mm 為最高，其次為 1991 年、2012 年、1998 年以及 2005 年，研究期間後半段之年降雨量明顯地較前半段高出許多，此現象與本研究所使用的兩項趨勢檢定結果相同。

太麻里研究中心在研究期間從 1981 年至 2012 年間，年均降雨量為 2069.4 mm，豐水期平均降雨量為 1698.6 mm，佔 82%，枯水期平均降雨量為 370.8 mm，佔 18%。豐水期期間以秋季降雨量為主，秋季降雨量為 1024.6 mm，佔豐水期降雨量之 60%，佔全年降雨量之 49%，很明顯地，研究區域內之降雨量超過半數集中於豐水期，而豐水期期間又以秋季降雨量最為主要。藉由趨勢檢定可以清楚的發現，近年來受到氣候變遷影響，流域內整體的降雨型態有所改變，呈現顯著的增加趨勢，此外，8 月份的降雨量、秋季降雨量以及豐水期降雨量均呈現顯著的增加趨勢，代表氣候變遷不僅造成流域內整體降雨量的變化，亦造成不同月份及季節的降雨量變化，透過本研究案例可以清楚地發現，近年來之降雨量不僅增加，且有集中於特定月份及季節的現象發生。鍾侑達等(2009)曾指出，臺灣的極端降雨有增加的變化趨勢，並推估極端降雨有造成洪峰流量增加的現象。因此，逕流量的變化分析，以及後續的輸砂量是否有增加之趨勢，相當值得進一步探究。

表 1 研究區降雨量趨勢分析結果

| 時間 | τ 值 | Z 值 | P 值 | 斜率(β) |
|------|----------|-------|--------|---------------|
| 1 月 | -0.18 | -1.44 | 0.15 | -0.49 |
| 2 月 | -0.12 | -0.92 | 0.36 | -0.45 |
| 3 月 | -0.09 | -0.75 | 0.47 | -0.36 |
| 4 月 | 0.14 | 1.09 | 0.28 | 0.85 |
| 5 月 | 0.03 | 0.28 | 0.80 | 0.59 |
| 6 月 | 0.10 | 0.79 | 0.44 | 2.49 |
| 7 月 | 0.08 | 0.68 | 0.51 | 2.40 |
| 8 月 | 0.23 | 1.85 | 0.07* | 7.88 |
| 9 月 | 0.14 | 1.14 | 0.26 | 4.27 |
| 10 月 | 0.13 | 1.01 | 0.32 | 1.70 |
| 11 月 | 0.07 | 0.57 | 0.58 | 0.56 |
| 12 月 | 0.04 | 0.32 | 0.76 | 0.19 |
| 春季 | -0.15 | -1.17 | 0.25 | -1.48 |
| 夏季 | 0.06 | 0.52 | 0.62 | 3.20 |
| 秋季 | 0.25 | 1.99 | 0.05** | 16.15 |
| 冬季 | 0.13 | 1.04 | 0.31 | 3.55 |
| 豐水期 | 0.27 | 2.21 | 0.03** | 21.77 |
| 枯水期 | 0.09 | 0.75 | 0.47 | 1.43 |
| 年度 | 0.29 | 2.34 | 0.02** | 27.03 |

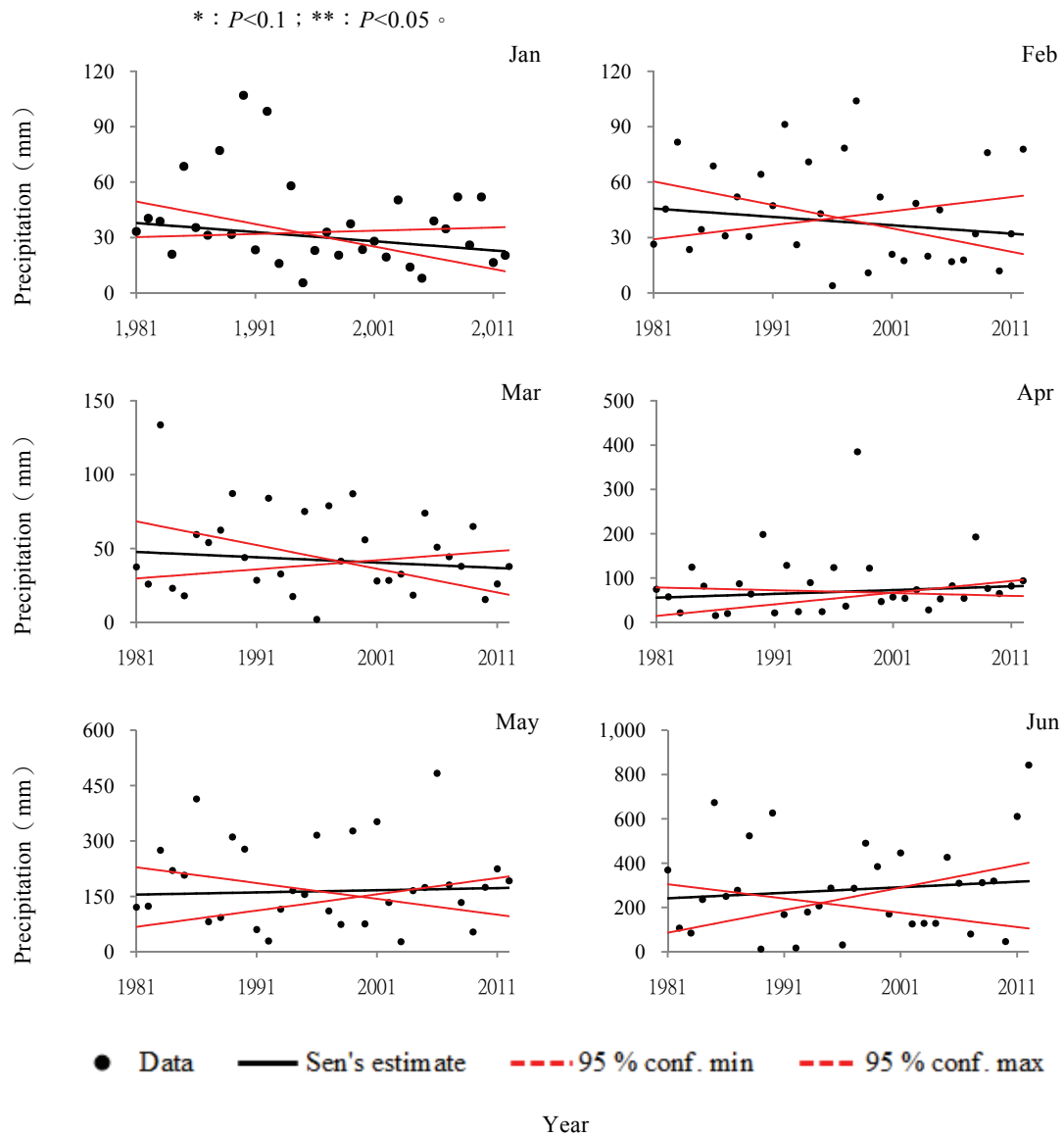


圖 3 1 月至 6 月降雨量 Theil-Sen 斜率圖

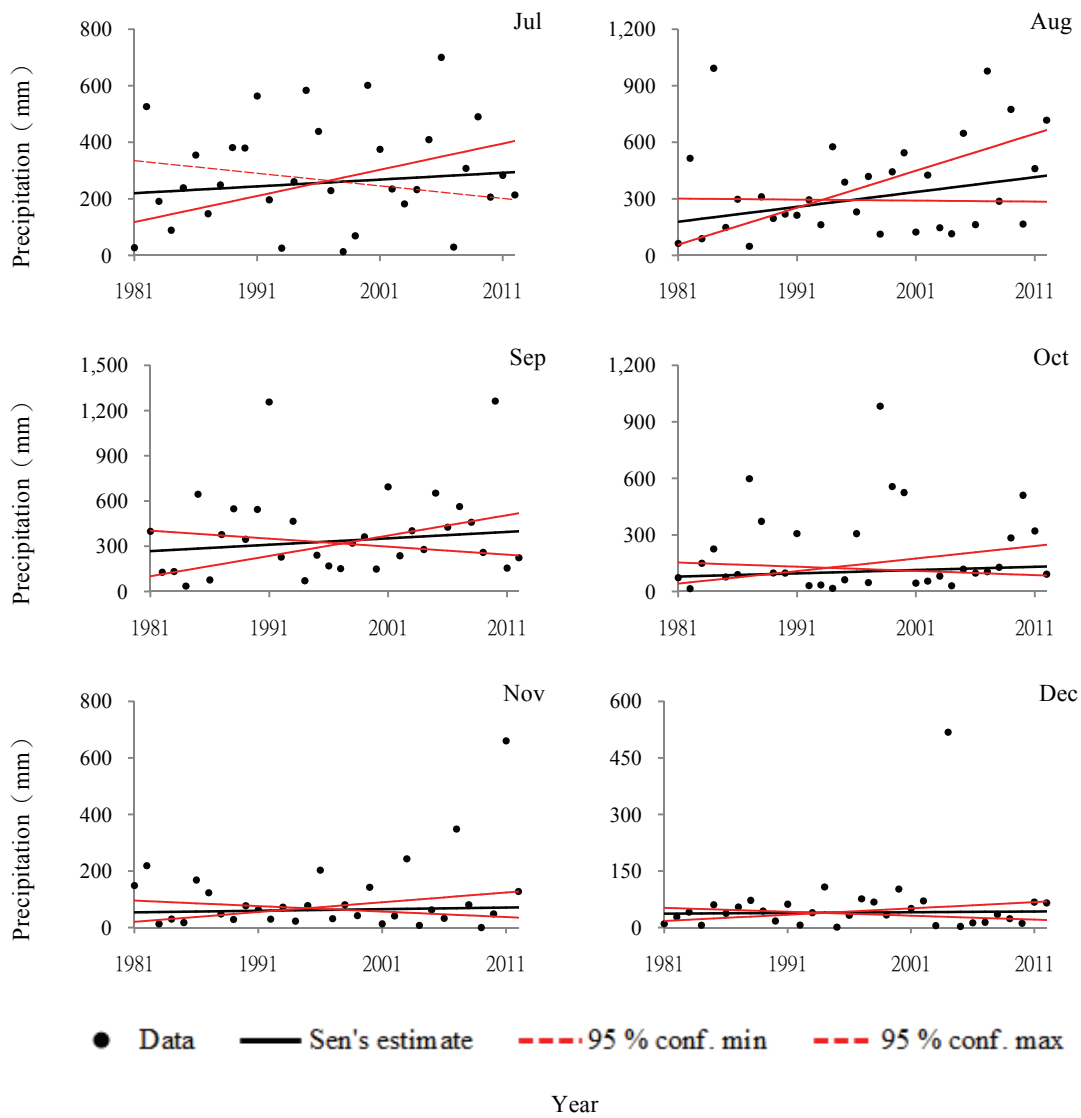


圖 4 7 月至 12 月降雨量 Theil-Sen 斜率圖

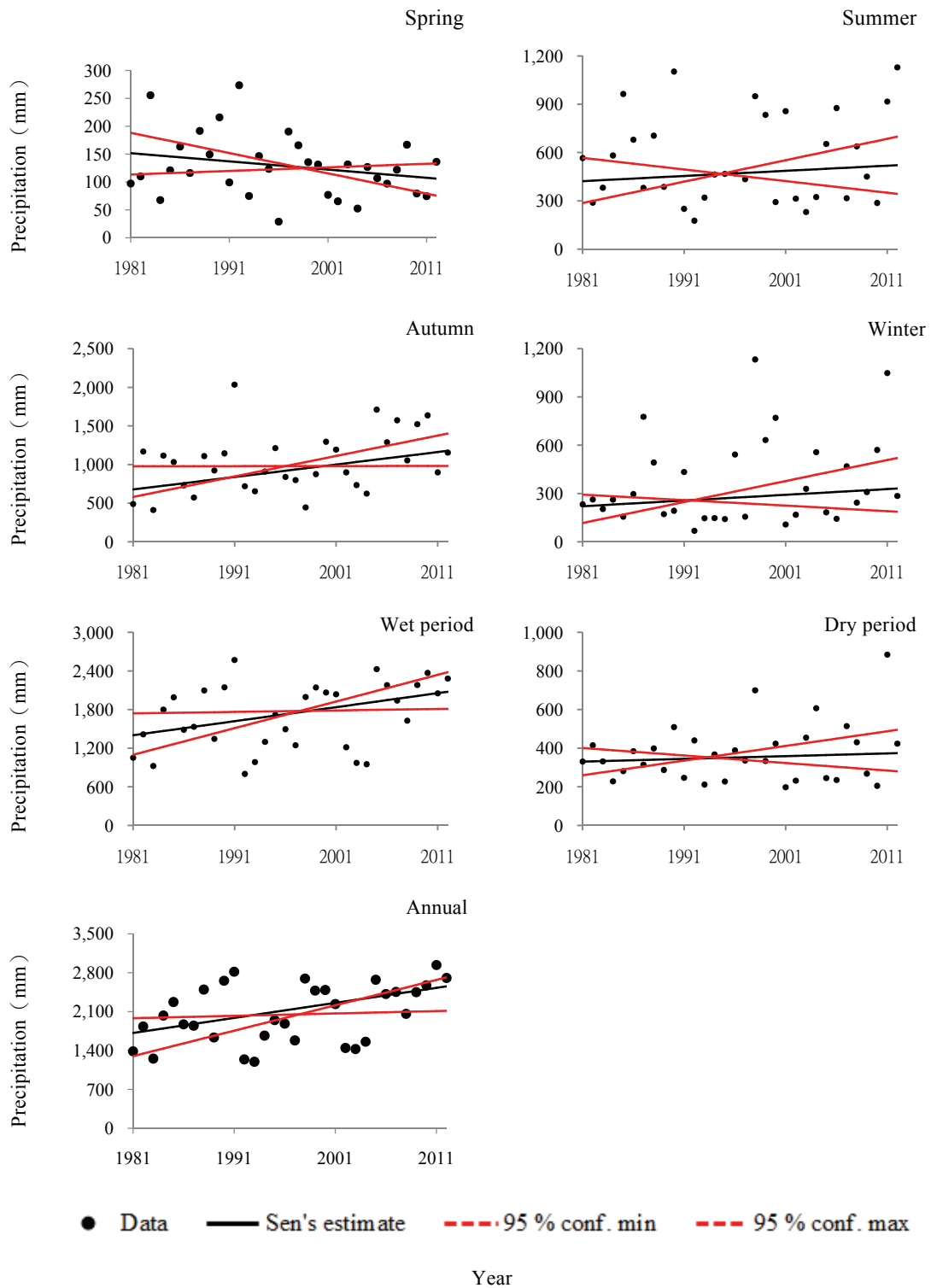


圖 5 不同季節與年降雨量 Theil-Sen 斜率圖

(二) 逕流量

研究區逕流量之 M-K 趨勢檢定及 Theil-Sen 斜率檢定分析結果如表 2 所示。首先，在月逕流量變化部份，由表 2 中得知，透過 M-K 趨勢檢定 τ 值可以發現，5 月及 11 月的逕流量 τ 值為負值，顯示出逕流量有減少之趨勢，但 Z 值尚未到達顯著水準，至於其他月份的逕流量 τ 值均為正值，呈現逕流量有增加之趨勢，但所有的 Z 值均未達顯著水準，其中僅有 3 月、8 月與 12 月之 Z 值大於 1，8 月 Z 值最高，10 月份之 Z 值則趨近於 0，為 0.02，顯示 10 月份之逕流量與研究期間之平均值相當接近。另外，Theil-Sen 斜率檢定結果與 M-K 趨勢檢定相似，不同月份的 Theil-Sen 斜率檢定圖如圖 6 及圖 7 所示。研究期間 5 月及 11 月之 Theil-Sen 斜率為負值，逕流量呈現減少的變化趨勢，10 月份之斜率趨近於 0，其餘月份之斜率則均為正值，代表逕流量呈現增加的變化趨勢，其中又以 8 月之逕流量變化斜率最為顯著。透過 M-K 趨勢分析以及 Theil-Sen 斜率檢定可以發現，研究區 8 月逕流量較其他月份逕流量具有明顯的增加趨勢，此乃由於 8 月的降雨量有顯著地增加趨勢，連帶提高 8 月份的逕流量，不過尚未到顯著水準。

其次，在季節性逕流量變化部份，透過表 2 中季節逕流量 M-K 趨勢檢定之 τ 值正負值可以發現，所有季節之 τ 值均呈現正值，顯示出逕流量有增加之趨勢，其中又以秋季之 Z 值 1.68 為最高 ($P < 0.1$)，已達顯著水準，表示出研究區秋季的逕流量有明顯的增加趨勢。另外，季節性逕流量之 Theil-Sen 斜率檢定結果與 M-K 趨勢檢定相同，不同季節的 Theil-Sen 斜率檢定圖如圖 8 所示。研究期間所有季節之 Theil-Sen 斜率均呈現正值，其中又以秋季的斜率變化最為顯著。整體而言，各個季節的逕流量均呈現增加之趨勢，但以秋季逕流量增加最為顯著。

表 2 逕流量趨勢分析結果

| 時間 | τ 值 | Z 值 | P 值 | 斜率(β) |
|------|----------|-------|-------|---------------|
| 1 月 | 0.13 | 0.95 | 0.35 | 1.90 |
| 2 月 | 0.10 | 0.73 | 0.48 | 1.50 |
| 3 月 | 0.15 | 1.08 | 0.29 | 1.65 |
| 4 月 | 0.13 | 0.93 | 0.36 | 1.89 |
| 5 月 | -0.05 | -0.37 | 0.72 | -0.97 |
| 6 月 | 0.10 | 0.68 | 0.51 | 7.80 |
| 7 月 | 0.05 | 0.37 | 0.72 | 5.03 |
| 8 月 | 0.22 | 1.61 | 0.11 | 18.79 |
| 9 月 | 0.10 | 0.68 | 0.51 | 5.38 |
| 10 月 | 0.00 | 0.02 | 1.00 | 0.00 |
| 11 月 | -0.01 | -0.07 | 0.96 | -0.05 |
| 12 月 | 0.14 | 1.04 | 0.31 | 2.47 |
| 春季 | 0.11 | 0.77 | 0.45 | 4.23 |
| 夏季 | 0.11 | 0.82 | 0.43 | 11.45 |
| 秋季 | 0.24 | 1.68* | 0.10* | 45.94 |
| 冬季 | 0.06 | 0.42 | 0.69 | 4.89 |
| 豐水期 | 0.19 | 1.31 | 0.20 | 76.78 |
| 枯水期 | 0.17 | 1.17 | 0.25 | 18.78 |
| 年度 | 0.27 | 1.87* | 0.07* | 84.94 |

* : $P < 0.1$ 。

另外,在年逕流量變化部份,表 2 中 M-K 趨勢檢定結果 τ 值為正值,且 Z 值為 1.87($P < 0.1$),已達顯著水準,顯示出研究區年逕流量呈現明顯的增加趨勢。此外,年逕流量之 Theil-Sen 斜率檢定結果與 M-K 趨勢檢定結果相符,Theil-Sen 斜率為正值,呈現年逕流量具有顯著的增加趨勢。透過圖 8 之年逕流量序列分析得知,研究期間年逕流量以 2005 為最高,其次為 2007 年,研究期間後半段之年逕流量明顯地較前半段高出許多,此現象與本研究所使用的兩項趨勢檢定結果相同。

透過 M-K 趨勢分析以及 Theil-Sen 斜率檢定後得知,研究區在月逕流量方面並沒有呈現顯著的變化狀況,但可以發現 8 月的逕流量變化較其他月份顯著,雖未達顯著水準,但卻有明顯的增加,另外,在季節及年的時間尺度中,秋季逕流量及年逕流量變化趨勢呈現顯著的增加。

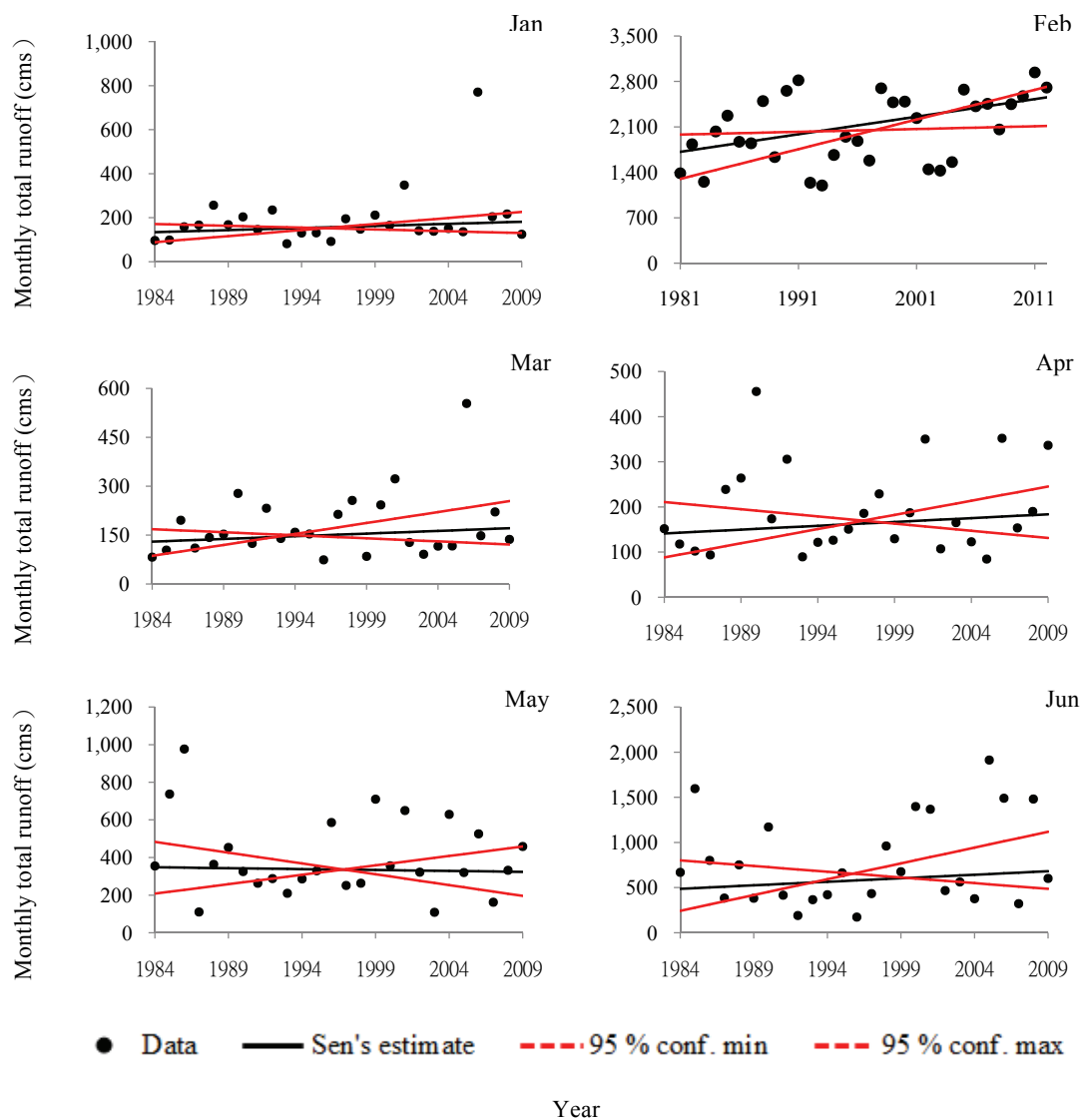


圖 6 1 月至 6 月逕流量 Theil-Sen 斜率圖

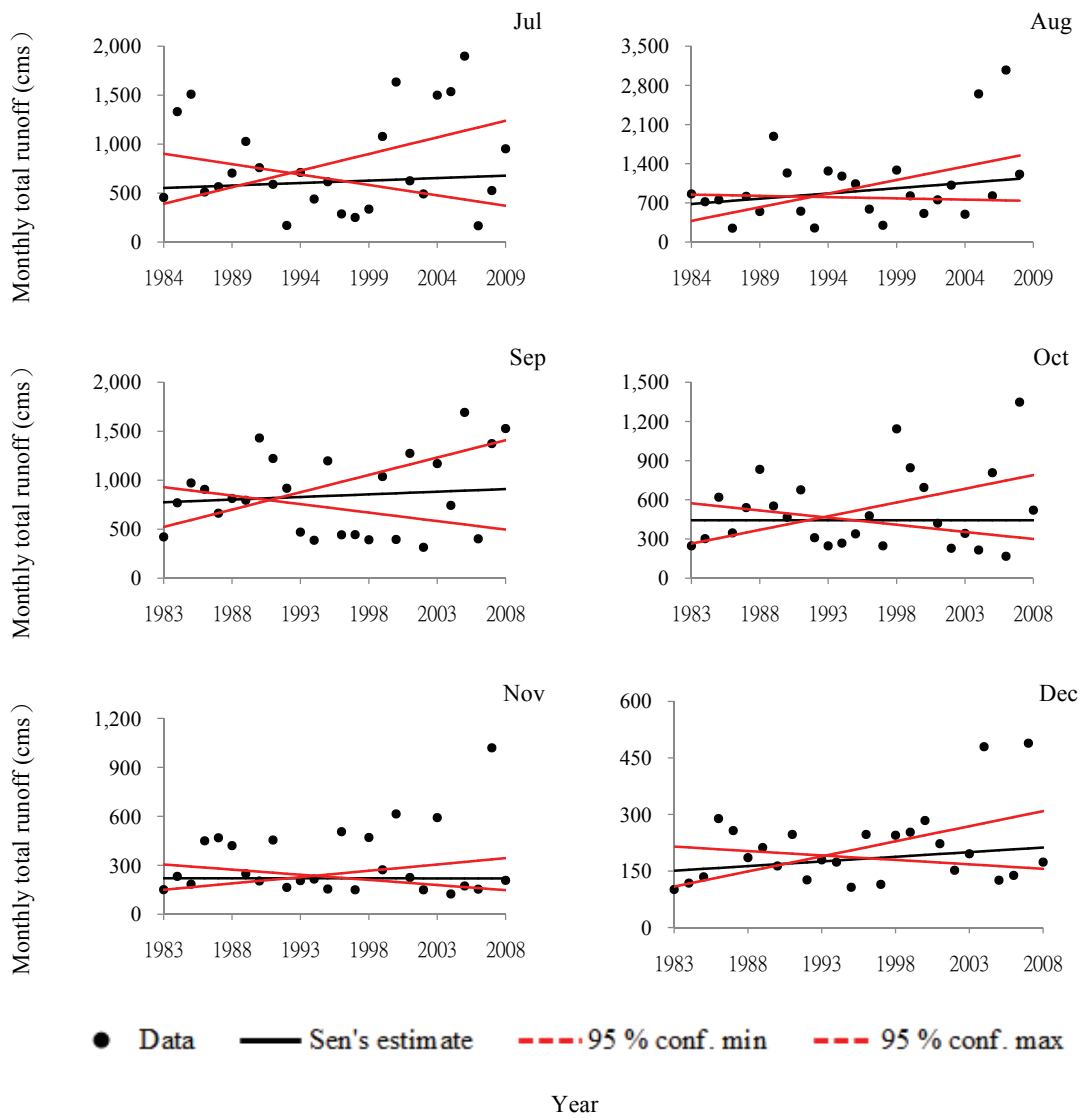


圖 7 7 月至 12 月逕流量 Theil-Sen 斜率圖

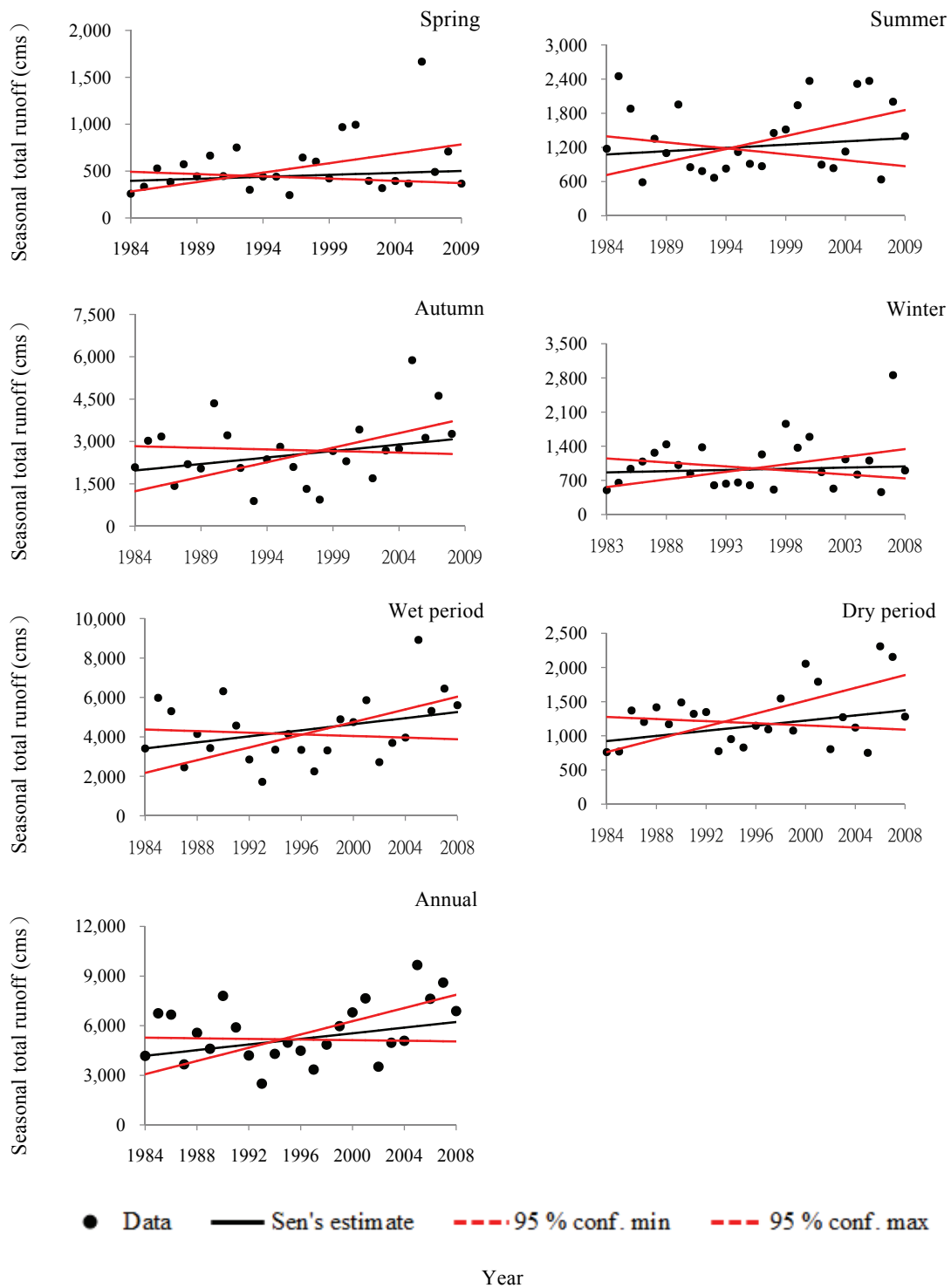


圖 8 不同季節與年逕流量 Theil-Sen 斜率圖

(三) 輸砂量

研究區輸砂量之 M-K 趨勢檢定及 Theil-Sen 斜率檢定分析結果如表 3 所示。首先，在月輸砂量變化部份，由表 3 中得知，透過 M-K 趨勢檢定 τ 值可以發現，4 月、5 月、10 月及 11 月的輸砂量 τ 值均為負值，顯示出輸砂量有減少之趨勢，但 Z 值尚未到達顯著水準，至於其他月份的 τ 值均為正值，呈現輸砂量有增加之趨勢，其中 8 月輸砂量的增加趨勢較為明顯，但 Z 值也尚未到達顯著水準。另外，Theil-Sen 斜率檢定結果與 M-K 趨勢檢定相似，不同月份的 Theil-Sen 斜率檢定圖如圖 9 及圖 10 所示。研究期間 4 月、5 月、10 月及 11 月之 Theil-Sen 斜率為負值，輸砂量呈現減少的變化趨勢，其他月份斜率均呈現正值，代表輸砂量呈現增加的變化趨勢，其中又以 8 月之輸砂量變化斜率最為顯著，但未達顯著水準。透過 M-K 趨勢分析以及 Theil-Sen 斜率檢定可以發現，研究區 8 月輸砂量較其他月份輸砂量具有明顯的增加趨勢，此現象可能和研究區中降雨型態有關，透過之前的降雨量趨勢分析得知，太麻里流域的降雨量主要集中於豐水期及秋季，尤其是 8 月份，降雨量增加趨勢最為顯著，降雨強度的增強對於地表之沖蝕能力也相對增加，因此在 8 月時，太麻里流域的輸砂量變化幅度相對較大。

表 3 輸砂量趨勢分析結果

| 時間 | τ 值 | Z 值 | P 值 | 斜率(β) |
|------|----------|--------|-------|---------------|
| 1 月 | 0.18 | 1.31 | 0.20 | 0.00 |
| 2 月 | 0.15 | 1.07 | 0.29 | 0.01 |
| 3 月 | 0.11 | 0.75 | 0.47 | 0.00 |
| 4 月 | -0.06 | -0.42 | 0.69 | 0.00 |
| 5 月 | -0.12 | -0.84 | 0.41 | -0.26 |
| 6 月 | 0.09 | 0.65 | 0.53 | 1.35 |
| 7 月 | 0.03 | 0.23 | 0.83 | 0.35 |
| 8 月 | 0.15 | 1.07 | 0.29 | 2.98 |
| 9 月 | 0.06 | 0.42 | 0.69 | 1.36 |
| 10 月 | -0.09 | -0.65 | 0.53 | -0.04 |
| 11 月 | -0.12 | -0.84 | 0.41 | -0.01 |
| 12 月 | 0.15 | 1.07 | 0.29 | 0.00 |
| 春季 | 0.17 | 1.21 | 0.23 | 0.01 |
| 夏季 | 0.11 | 0.79 | 0.44 | 3.14 |
| 秋季 | 0.25 | 1.77* | 0.08* | 12.41 |
| 冬季 | 0.05 | 0.37 | 0.73 | 0.40 |
| 豐水期 | 0.25 | 1.77* | 0.08* | 19.82 |
| 枯水期 | 0.13 | 0.93 | 0.36 | 0.24 |
| 年度 | 0.28 | 1.96** | 0.05* | 22.70 |

* : $P < 0.1$; ** : $P < 0.05$ 。

其次，在季節性輸砂量變化部份，透過表 3 中季節輸砂量 M-K 趨勢檢定之 τ 值正負值可以發現，所有季節之 τ 值均呈現正值，顯示出輸砂量有增加之趨勢，其中又以秋季之 Z 值 1.77 及豐水期 Z 值 1.77 最為顯著 ($P < 0.1$)，已達顯著水準，表示出研究區秋季及豐水期的輸砂量有明顯的增加趨勢。另外，季節性輸砂量之 Theil-Sen 斜率檢定結果與 M-K 趨勢檢定相似，不同季節的 Theil-Sen 斜率檢定圖如圖 11 所示。研究期間所有季節的 Theil-Sen 斜率均呈現正值，其中又以秋季及豐水期的斜率變化最為顯著。透過圖 11 之輸砂量序列分析得知，大約在 2000 年後，研究區的秋季及豐水期輸砂量則明顯地增加許多，後半段的輸砂量明顯地較前半段高，變化幅度也較大。

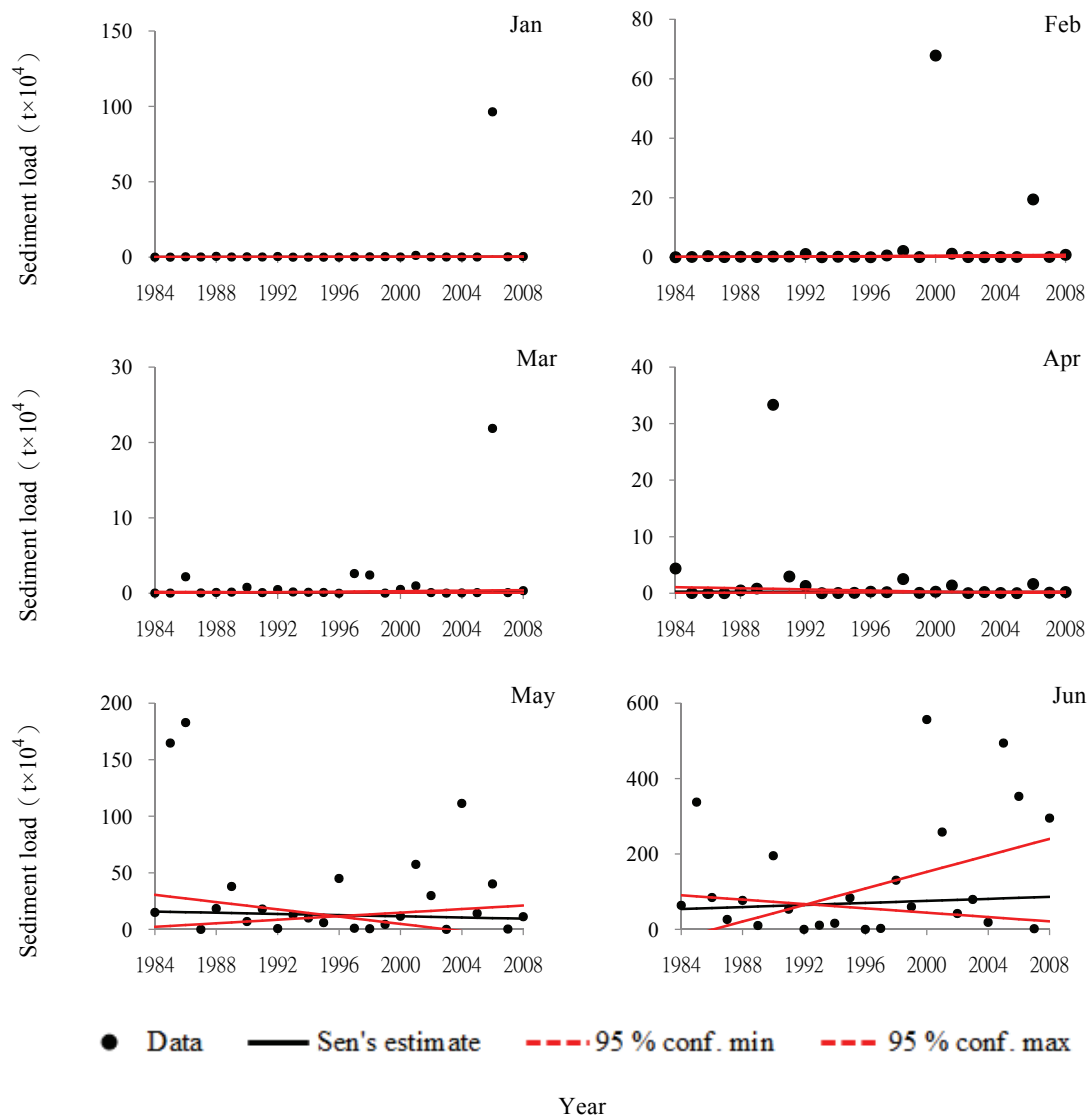


圖 9 1 月至 6 月輸砂量 Theil-Sen 斜率圖

另外，在年輸砂量變化部份，表 3 中 M-K 趨勢檢定結果 τ 值為正值，且 Z 值為 1.96 ($P < 0.05$)，已達非常顯著水準，顯示出研究區年輸砂量呈現明顯的增加趨勢。此外，年輸砂量之 Theil-Sen 斜率檢定結果與 M-K 趨勢檢定結果相符，Theil-Sen 斜率為正值，呈現年輸砂量具有顯著的增加趨勢。透過圖 11 之年輸砂量序列分析得知，研究期間年輸砂量以 2005 年最高，其次為 2007 年，研究期間後半段之年輸砂量明顯地較前半段高出許多，此現象與本研究所使用的兩項趨勢檢定結果相同。

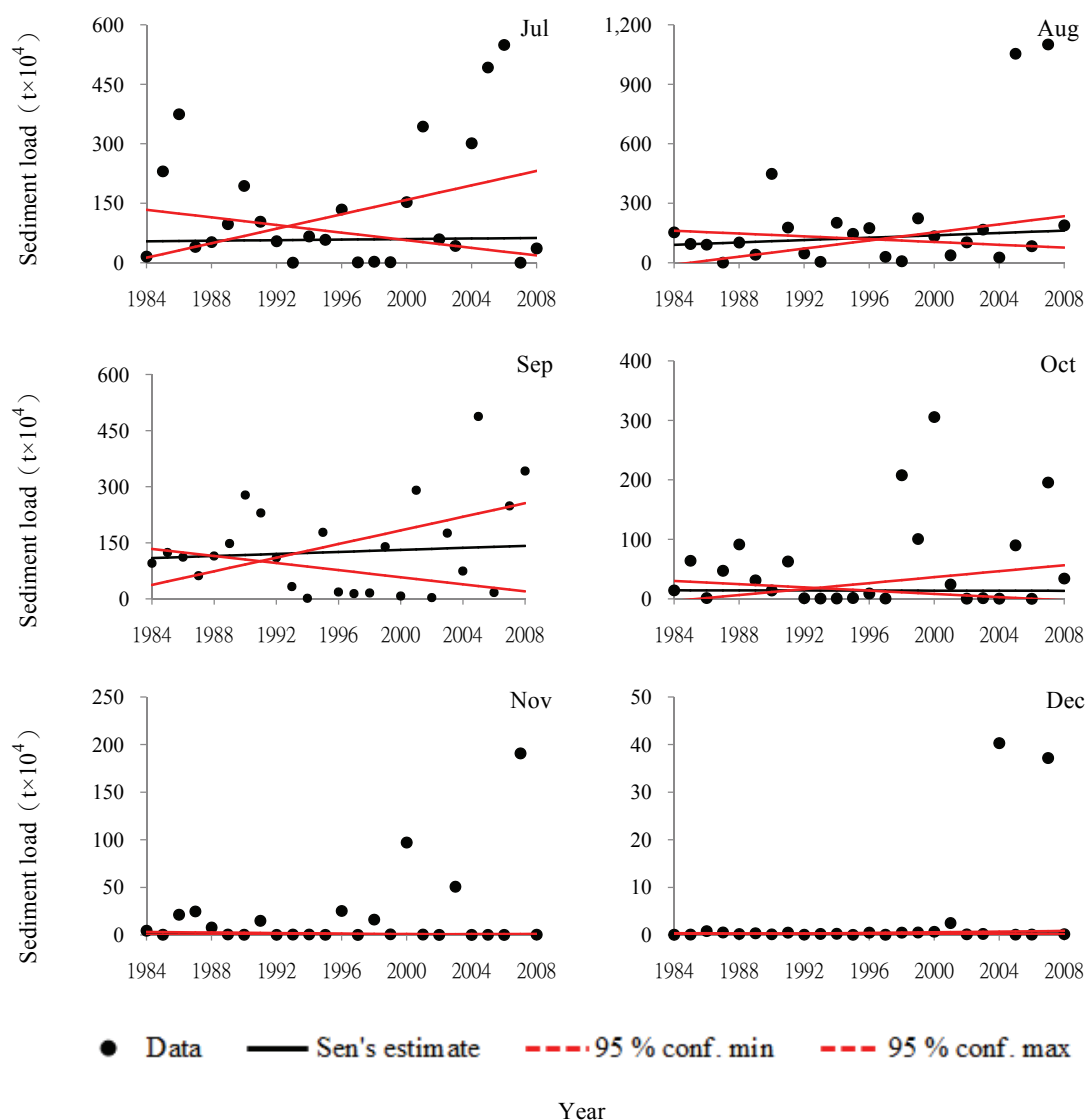


圖 10 7 月至 12 月輸砂量 Theil-Sen 斜率圖

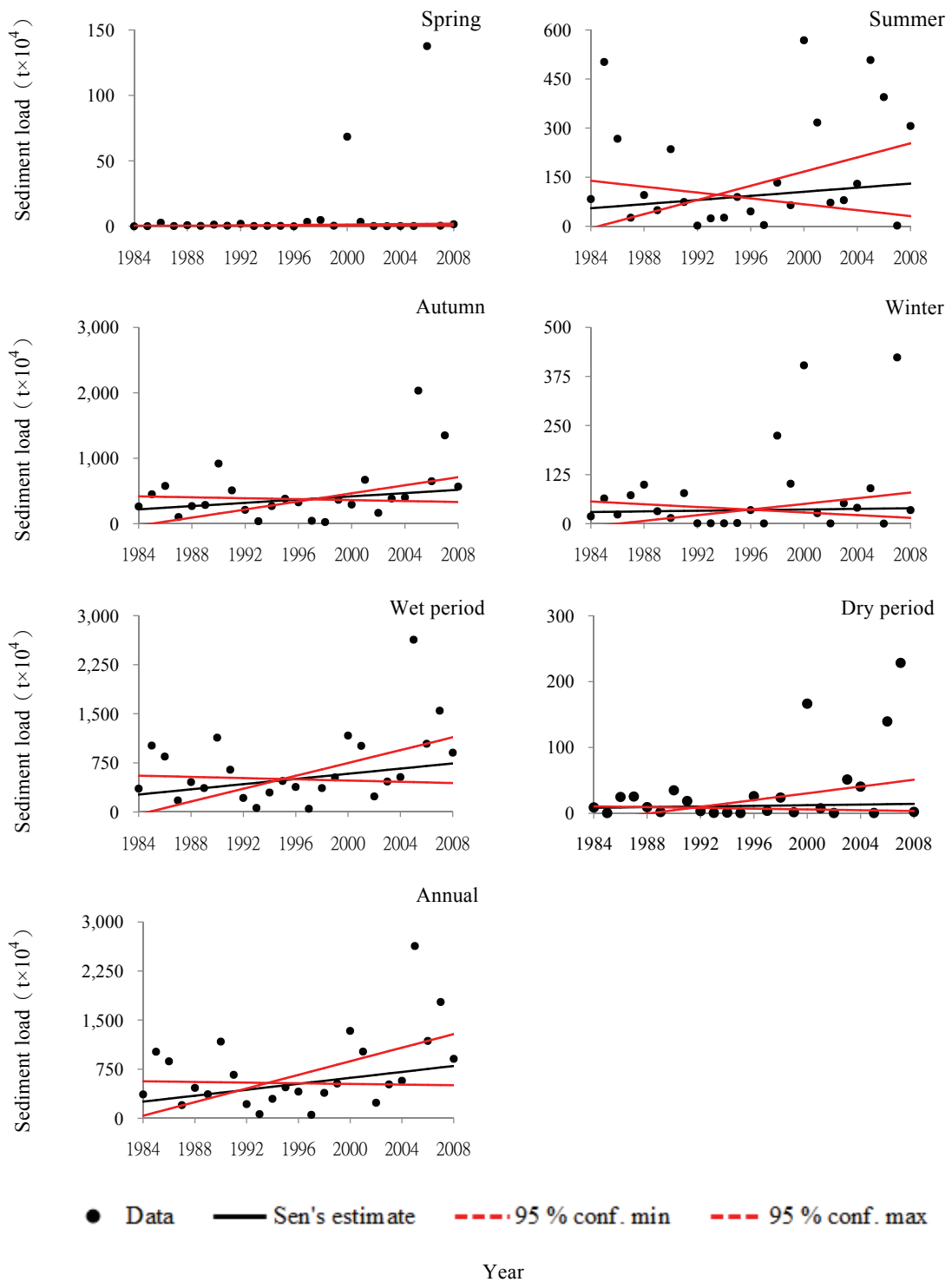


圖 11 季節與年輸砂量 Theil-Sen 斜率圖

透過趨勢檢定可以發現，研究區域中，月尺度的輸砂量變化無顯著的變化趨勢，相關統計檢定亦未達顯著水準，而秋季輸砂量、豐水期輸砂量及年輸砂量均呈現顯著的增加趨勢，此現象和降雨量之變化趨勢相同，太麻里溪流之輸砂量變化可能是受到降雨量增加所產生的較高的地表沖蝕量，進而造成河川輸砂量的增加。

結 論

本研究探討臺東太麻里流域的降雨量、逕流量及輸砂量之變化趨勢，透過 M-K 趨勢檢定及 Theil-Sen 斜率檢定後得知，研究區年降雨量之變化趨勢呈現顯著的增加，豐水期及秋季降雨量亦都呈現增加趨勢，其中以 8 月份的降雨量增加情況最為顯著，至於春季降雨量則呈現減少之變化趨勢。另外，逕流量會影響到流域內沉積物的傳遞及輸出，逕流量的變化也與降雨量密切相關。研究結果顯示，太麻里流域的年逕流量呈現顯著的增加趨勢，豐水期及秋季的逕流量亦呈現顯著增加，至於各月份的變化趨勢則未達顯著水準。在輸砂量部份，太麻里流域的輸砂量變化趨勢與逕流量相似，年、秋季及豐水期之輸砂量均呈現顯著的增加趨勢，月輸砂量變化趨勢則未達顯著水準。透過上述趨勢分析後可知，很明顯地，氣候變遷顯著地影響到太麻里流域的降雨量，進而衝擊到逕流量及輸砂量的增加，降雨量的增加主要來自 8 月份的高強度降雨颱風事件。在氣候變遷下，極端降雨事件出現頻率及強度有增加之趨勢，因此，流域內的防災準備也應該提高標準，不論是防洪水利設施或救災資源調度，都應該考量突發性的極端氣候事件所造成之衝擊。

謝 辭

本研究感謝林業試驗所太麻里研究中心提供降雨量資料，感謝臺灣電力公司提供太麻里溪逕流量及輸砂量資料，另外，也感謝國立臺灣師範大學地理學系林辰毓及林冠州同學協助整理資料。

引用文獻

- 汪中和 (2004)：〈臺灣降雨的長期變化及對環境的衝擊〉，《自然與文化研討會論文集》。臺北市：行政院農業委員會林業試驗所。
- 【Wang, C.H. (2004). The change and impact of long-term precipitations in Taiwan. *Proceedings of Natural and Cultural conference*. Taipei: Taiwan Forestry Research Institute.】
- 汪中和 (2007)：〈氣候變化對臺灣地下水文環境的衝擊：回顧與前瞻〉，《經濟部中央地質調查所特刊》，18：243-259。
- 【Wang, C.H. (2007). The impact of climate change on the groundwater environment of Taiwan: retrospective and prospective views. *Special Publication of the Central Geological Survey*, 18:243-259.】
- 周佳、劉紹臣 (2012)：〈全球氣候變遷觀測〉，《大氣科學》，40(3)：185-213。
- 【Chou, C., and Liu, S.C. (2012). Observations of global climate changes. *Atmospheric Sciences*,

40(3):185-213.】

許晃雄、周佳、吳宜昭、虞孟明、陳正達、陳永明 (2012):〈臺灣氣候變遷的關鍵議題〉,《臺灣醫學》, 16(5): 459-470。

【Hsu, H.H., Chou, C., Wu, T.C., Lu, M.M., Chen, C.T., and Chen, Y.M. (2012). Critical Issues of Taiwan's Climate Change. *Formosan Journal of Medicine*, 16(5):459-470.】

陸象豫、黃良鑫、周玉奇、黃惠雪 (2005):《林業試驗所太麻里研究中新氣象資料》。臺北市:行政院農業委員會林業試驗所。

【Lu, H.Y., Huang, L.X., Chou, Y.C., and Huang, H.H. (2005). Meteorological data of Taiwan forestry research institute Taimali station. Taipei:Taiwan Forestry Research Institute.】

錢滄海、楊孟觀、曹舜評、李汴軍 (2010):〈臺北測站長時間降雨之趨勢檢定〉,《水土保持學報》, 42(3): 285-304。

【Chien, C.H., Yang, M.J., Tsao, S.P., and Li, B.C. (2010). Trend test based on long-term rainfall in Taipei station. *Journal of Soil and Water Conservation*, 42(3):285-304.】

鍾侑達、郭峻萁、陳昶憲 (2009):〈臺灣區域降雨趨勢分析〉,《農業工程學報》, 55(4): 1-18。

【Jhong, Y.D., Kuo, C.C., and Chen, C.S. (2009). The temporal variation of regional rainfall characteristics in Taiwan. *Journal of Taiwan Agricultural Engineering*, 55(4):1-18.】

Buendia, C., Bussi, G., Tuset, J., Vericat, D., Sabater, S., Palau, A., and Batalla, R.J. (2016). Effects of afforestation on runoff and sediment load in an upland Mediterranean catchment. *Science of The Total Environment*, 540:144-157.

Gao, T., and Xie, L. (2016).Spatiotemporal changes in precipitation extremes over Yangtze River basin, China, considering the rainfall shift in the late 1970s. *Global and Planetary Change*, 147:106-124.

Garcia, C., Amengua, A., Homar, V., and Zamora, A. (2017). Losing water in temporary streams on a Mediterranean island: Effects of climate and land-cover changes. *Global and Planetary Change*, 148:139-152.

IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Jiang, C., Zhang, L.,and Tang, Z. (2017). Multi-temporal scale changes of streamflow and sediment dischargein the headwaters of Yellow River and Yangtze River on the Tibetan Plateau, China. *Ecological Engineering*, 102:240-254.

Kendall, M.G. (1975).*Rank correlation methods*, London: Charles Griffin.

Mann, H.B. (1945). Non-parametric test against trend. *Econometrica*, 13:245-259.

Pakalidou, N., and Karacosta, P. (2017). Study of very long-period extreme precipitation records in Thessaloniki, Greece. *Atmospheric Research*, In Press, Corrected Proof.

Sen, P.K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63:1379-1389.

Shirazi, S.M., Adham, MD.I., Othman, F., Zardari, N.H., and Ismail, Z. (2016). Runoff trend and

- potentiality in Melaka Tengah catchment of Malaysia using SCS-CN and statistical technique. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 24(4):245-257.
- Theil, H. (1950). A rank invariant method of linear and polynomial regression analysis, Part 3. *Netherlands Akademie van Wetenschappen, Proceedings*, 53: 1397-1412.
- Wu, L., Wang, S., Bai, X., Luo, W., Tian, Y., Zeng, C., Luo, G., and He, S. (2017). Quantitative assessment of the impacts of climate change and human activities on runoff change in a typical karst watershed, SW China. *Science of the Total Environment*, 601-602:1449-1465.
- Yang, P., Xia, J., Zhang, Y., and Hong, S. (2017). Temporal and spatial variations of precipitation in Northwest China during 1960-2013. *Atmospheric Research*, 183:283-295.
- Yeh, C.K., and Liaw, S.C. (2015). Application of landscape metrics and a Markov chain model to assess land cover changes within a forested watershed, Taiwan. *Hydrological Processes*, 29:5031-5043.
- Zhao, Y., Zou, X., Liu, Q., Yao, Y., Li, Y., Wu, X., Wang, C., Yu, W., and Wang, T. (2017). Assessing natural and anthropogenic influences on water discharge and sediment load in the Yangtze River, China. *Science of the Total Environment*, 607-608:920-932.

投稿日期：106 年 11 月 28 日

修正日期：107 年 01 月 23 日

接受日期：107 年 05 月 21 日

地理研究 第68期 民國107年5月
Journal of Geographical Research No.68, May 2018
DOI: 10.6234/JGR.201805_(68).0004

What to Teach? Conceptualising a Geography Curriculum^{*}

教什麼？概念化中學地理課程

Alex Standish^a

摘要

本文從課程必須關乎知識的前提出發，指出近幾十年來北美的中學學校課程中，學科知識被邊緣化的狀況，以及當代建構主義、工具主義和新保守主義對待「知識」在某些部份的不足之處。相對的，本文認為社會實在論的理論更有助於理解學科知識對學校教育的重要性，並有助於學校課程「再脈絡化」的問題。社會實在論同時採取社會學的取徑與知識論的取徑，超越了實證主義/建構主義的鴻溝。本文從地理學包含系統地理（命題的知識）、以區域或地方為本的地理（脈絡的知識）和方法（程序的知識）、以及三者的關係，來檢視地理學的認識論。文章主張引領學生進入地理學，取決於對這三種知識的根本了解。因此，一個健全的學校地理課程必須同時構築在這三種知識類型上，這樣學生才能進入地理的概念架構與思考方式。本文最後也討論了三種知識類型在英國學校課程與評估文件上的應用。

關鍵詞：課程、學科知識、認識論、社會實在論

Abstract

Starting from the premise that a curriculum must be about knowledge, this article notes the marginalisation of disciplinary knowledge in the Anglo-American school curriculum in recent decades and how contemporary approaches to knowledge (constructivism, instrumentalism and neo-conservatism) are deficient some respect. Instead, the theory of social realism is proposed as a better way to understand the significance of disciplinary knowledge to the education of children and how it can be re-contextualised in the school curriculum. Social realism takes a sociological and epistemological approach to knowledge, moving beyond the positivist/constructivist divide. Geography's epistemology is examined as comprising systematic geography (propositional knowledge),

^{*} Conference Paper, National Taiwan Normal University, May 13th, 2017.

^a University College London - Institute of Education (E-mail: a.standish@ucl.ac.uk)

附註：本文乃 Dr. Alex Standish 受邀在本系辦理之第 21 屆國際臺灣地理學術研討會發表的專題演講內容，中文摘要由沈淑敏老師協助翻譯，並承蒙蘇淑娟主任校閱，特此一併致謝。

regional/place-based geography (contextual knowledge) and methods (procedural knowledge), and the relations between each explored. Inducting students into geography depends upon a foundational understanding of all three types of knowledge. Therefore, a robust school curriculum must be constructed with all three knowledge types such that students can enter into its conceptual framework and ways of thinking. Finally, the use of knowledge types in geography curriculum and assessment documents in the UK is discussed.

Keywords: curriculum, disciplinary knowledge, epistemology, social realism

Introduction

In this paper I will principally be looking at the question of how, in 2017, we can approach the question of what to include in a secondary school geography curriculum. Given that I am presenting this paper many miles from home, I will in no sense be trying to tell my audience what should be in *their* geography curriculum. Rather I aim to examine and to communicate some principles and guidelines by which one can set about constructing a geography curriculum. While primary schools also introduce pupils to disciplinary knowledge this paper builds upon research that is focused at the secondary level (Standish and Sehgal Cuthbert, 2017). There is more work to be done to explore the implications at primary level.

Making decisions about what to include in a curriculum involves stepping back from schools and asking questions about the values held in society that inform the question of what to teach. I will also examine the dominant philosophical traditions that have informed the construction of curriculum to date and why each of these fails to adequately account for the place and value of knowledge in schools. This helps us to understand why since the 1980s knowledge in the curriculum has been ‘dethroned and displaced’ (Whelahan, 2010: 88), leading to an educational deficit in what children know, understand and can do (Hirsch, 1987; Whelan, *et al.* 2007; Young, 2008). In order to construct a more progressive and robust case for the place of knowledge in the curriculum I will draw on the theory of *social realism*. Social realists emphasise the objectivity and epistemic relations of knowledge, both of which are tied to its sociability. From here I will examine the relationship between geography the discipline and geography the school subject. I want to suggest that a robust school subject is dependent upon an understanding and reflection of the discipline’s epistemology. I will show that introducing children to geography means not just teaching them subject knowledge, but inducting them into geography’s ways of thinking and methods of enquiry. A progressive case for disciplinary knowledge in the curriculum is built upon an understanding of epistemic relations and it is this vantage point that provides some guidance for deciding what to include in a geography curriculum and how this might be structured.

Values and the Curriculum

As we enter into a discussion about the school curriculum, it is useful to begin with R.S. Peters' observation that education does not have its own values (Peters, 1964). Questions about what schools should teach are 'philosophical and political questions about who we are and what we value' (Young, 2008: xvi). Similarly, the philosopher John Searle notes that allocating a function to any phenomena necessitates the identification of a prior set of values. This suggests that any theory of education and the curriculum must be related to a theory of society and some notion of the individual we want to shape (Young and Muller, 2016). In no sense am I suggesting that education should be restricted to one culture, but rather that questions about what to teach – *the curriculum* – are informed by one's cultural standpoint and values. Where I am from, the United Kingdom, this means that the individual being shaped through the curriculum should at the very least reflect and maintain the foundations of liberal democracy, constructed upon the notion of *autonomous individuals* who are equal before the law and allowed *freedom of thought and speech*. And, the content of the curriculum must derive from our national culture and its institutions. Indeed, the very maintenance and sustenance of a democracy is dependent upon a curriculum that provides the knowledge young people need to join in society's conversations, therefore assuming the responsibilities of citizenship (Rata, 2012).

Here, I have already introduced the category of knowledge and identified that it has an important role to play in the maintenance and progress of society. In other words, it has value and is therefore something we want to pass on to children. However, we must distinguish between different types of knowledge in order to understand the special role that schools play in society. A useful starting point is to distinguish between every day and theoretical knowledge (a distinction which can be traced back to Durkheim). What distinguishes disciplinary knowledge from every day, social and cultural knowledge is that the former is concerned with the pursuit of *truth*. We must recognise that there are different sources of truth in society – religious and secular (being a product of history and culture), and that both *belief* and *reason* have their place in education. In his essay *Truth and Truthfulness*, Bernard Williams speaks to the place of truth in education: 'you do the best you can to acquire true beliefs, and what you say reveals what you believe' (Williams, 2002). Williams asserts that truth is the basis for the authority of scholarship, at all levels of education. Yet, at the same time, scholars must also live with an understanding of the fallibility of our accounts of truth. However, this does not absolve teachers of their responsibility for the pursuit of truth and to communicate its meaning to pupils in their particular knowledge domain.

Here, we can see that disciplinary knowledge has intrinsic value, as well as being important for individuals to function well in society. As Michael Young explains, 'The primary purpose of education is for students to gain access to different specialist fields of knowledge' with a view to their 'intellectual development' (Young, 2014: 149), including the faculties of reason, enquiry and imagination. This helps to account for the prominence of a subject-based curriculum in the modern age of schooling.

Nevertheless, all is not well with education in schools in Britain (Furedi, 2009; Whelan *et al.*, 2007) and other countries, such as United States (Hirsch, 1987), Holland (Massachelein and Simons, 2012) and New Zealand (Wheelahlan, 2010). As I alluded to above, the place of knowledge in the curriculum has become marginalised and teaching increasingly tied to aims extrinsic to education (marketable skills, well-being, recognising diversity or sustainable futures). Two of the dominant contemporary approaches to education, child-centred constructivism and instrumentalism, place little value on curriculum knowledge itself, while neo-conservatism takes a static and backwards-looking view of knowledge. With constructivism the emphasis is on the child's role in constructing their own *meaning*, but this doesn't mean that they are creating knowledge. Children of course gain meaning through the acquisition and utilisation of new concepts and ideas, constructivism down-plays the role of the teacher in selecting and sequencing curriculum content. Here, the *how* of learning (pedagogy) gets confused with or prioritised over the *what* (curriculum) (Biesta, 2005).

The place of knowledge in curriculum has also been undermined by increasing instrumentalism with respect to education (*Ibid.*). In recent decades we have seen a narrowing of the space in which political ideas are discussed, and a hollowing out of substantive content about how societies can move forwards. Zaki Laïdi (1998) describes the era of globalisation as 'world without meaning', due to a lessening of attachment to foundational beliefs and the lack of a *telos* or vision in societies. As politics has declined as an arena in which people invest their hopes and aspirations, so other areas of society have been looked to in order to fill the void, education being a prime candidate. In recent years, UK schools have been charged with saving the environment (especially climate change), addressing the skills gap (saving the economy), preventing childhood obesity, ensuring the emotional and mental well-being of children, safeguarding, preventing radicalisation, to name just a few. There comes a point where extrinsic aims for the curriculum lead to genuine confusion about what subjects are for (Whelan *et al.*, 2007).

The declining importance attached to knowledge is further illustrated by the rise of accountability measures and a technocratic approach to teaching. Drawing on the language of neoliberalism and managerialism, schools have been driven to establish accountability measures for demonstrating pupil 'progress' (Ward, 2012). This 'business model' of education seeks to make teaching measurable and to hold teachers to account for pupil progress. Yet, there has been insufficient scrutiny of the appropriateness of applying a business model to education and the damage that is done when schools function outside of a framework of educational aims tied to the acquisition of worthwhile knowledge. Some exceptions include Biesta (2005/2007) and Pring (2013).

In seeking to place knowledge at the heart of education one often gets labelled as either a positivist or a conservative. Of late, neo-conservatism has sought to return knowledge to the curriculum. In England for instance, the Conservative government of 2010 initiated the largest educational reform since the introduction of the national curriculum in 1990. Led by Michael Gove, the reform aimed to re-focus the curriculum on subject knowledge (Department for Education, 2010). While the new

curriculum does include significant and valuable academic knowledge it has been widely criticised by schools and educationalists, if not dismissed, as only reflecting the perspective of the Coalition government (Conservative Party and Liberal Democrat Party) who led the reform. With many in academia promoting perspectivism and localism over disciplinary knowledge and universalism (Furedi, 2017) it has made it easier for educationalists and schools to dismiss the national curriculum as simply one perspective. And, with the Department for Education announcing that the new curriculum does not apply to free schools and academies, it is no longer a *national curriculum*. What was missing from the reform was a clear rationale for why disciplinary knowledge has universal qualities and is therefore important for all children to study.

But it is possible to make the case for knowledge without resorting to a fixed and static view of knowledge or one that is tied to a defence of traditional culture. If we are to reclaim the centrality of theoretical, disciplinary knowledge to the purpose of schooling we need a better way of accounting for its objective truth claims and one that move past the positivist – constructivist divide.

Social Realism – a new approach to knowledge and the curriculum

While the dominance of social constructivism in educational institutions has led to a focus on the social context and the people who construct knowledge, social realism aims to better understand *knowledge itself* – including different forms of knowledge and their epistemological frameworks – how knowledge is structured and is advanced, as well as its reliability and truth claims.

What is special about disciplinary knowledge, in contrast to general and cultural knowledge, is its claim to objectivity and to advance truth. Yet, we must also recognise that such truth claims are a product of a given social and cultural context, as well as the work of individuals with particular perspectives. Steven Ward (1997) suggests that a way forwards is to recognise that the objectivity of scientific knowledge is a product of ‘associational codes’ that are created by a disciplinary community. Ward suggests that disciplinary knowledge is differentiated from other types of knowledge because the ‘associational codes of science...constitute a very specific way of accomplishing a particular type of knowledge’ (1997: 787). This means being sociological about truth and objectivity.

Contemporary social realists (Maton, 2010; Moore, 2007; Muller, 2000; Rata, 2012; Young, 2008), propose that the objectivity of truth claims depends upon (1) their external validity – they explain objects of study in a convincing way, (2) their internal consistency – that they are coherent and follow logic, and (3) their ability to invoke support from a specialist community of experts and with a wider legitimacy.

Starting with their external validity, the concepts that we have created aim to capture an essence or an aspect of the particular object of study, in geography’s case - *the surface of the earth*. Social realists call this the *aboutness* of knowledge – the relationship between knowledge and the object being accounted for (Wheelahon, 2010). In geography, we use concepts that are about both the natural world

(rivers, atmosphere, rocks, landscape) and concepts about the human world (settlements, economies, political territories, development). There is a difference between concepts that are about physical objects (rocks, houses) and concepts that are about other concepts (democracy, development). However, with both the aim is 'achieving the maximum absorption of the object by the concept' (Young and Muller, 2016: 30). It is also important to recognise that no concept can capture the complete essence of an object and that disciplines often have unique concepts because they are asking particular questions about their object of study (Hartshorne, 1939). That said, geographers 'borrow' many concepts from other disciplines like meteorology, biology, geology, economics, demography and political science. However, we use them in a unique way because we are interested in location, spatial arrangements and human – environment interactions (Holt- Jensen, 2009; Standish, 2014).

Of course concepts do not exist in isolation. Each concept relates to and is inferred from another concept – otherwise known as inferentialism (Brandon, 2000). Understanding the inferential relations of concept formation has significant pedagogical implications for the classroom and also for curriculum planning. Already, we can see that the distinctive approach of a discipline will result in the construction of a framework or system of concepts unique to its way of interpreting its object of study. Learning a discipline means entering into the system and comprehending its particular framework of concepts. The epistemological identity of different forms of disciplinary knowledge has significant implications for those responsible for re-contextualising disciplinary knowledge into school subjects (Bernstein, 2000).

Finally, each discipline has historically tested and established *procedural knowledge* – methods of enquiry for conducting and scrutinising research, as well as for critique and the verification of findings. This includes the review and communication of research findings through publication. This involves scholars reading and commenting on the *reliability* of the work produced, and its acceptability for distribution within the disciplinary community. Drawing on Karl Popper's notion of falsification in the sciences, it is the openness to challenge and the processes of *verification* within specialist communities that make knowledge a social product, and gives rise to its reliability (Moore, 2009). Again, there are important curricular implications if we are aiming to teach pupils to make judgements between better and weaker knowledge claims.

What we can take away from social realism in terms of curriculum is an understanding of knowledge as a social product, with claims to truth and as maintained by a community with a commitment to epistemic ascent (Winch, 2013). Each discipline has its own *purpose, object of study, organising concepts, modes of thought, conceptual framework of knowledge and methods for validating and acquiring new knowledge* (Young and Muller, 2016). In other words, it has its own 'associational codes'. These are by no means fixed and within the same discipline there often co-exist different approaches, methods and organising concepts or frameworks. However, in order to induct young people into disciplinary ways of thinking a robust understanding of the discipline's epistemic relations is key. Pupils don't just need knowledge. They need to learn how the discipline works.

Geography as Discipline

As Edward Ackerman (1963) surmises, geography is the study of the variation of and interaction between physical and human phenomena across the surface of the world. This ‘surface’ includes the earth’s crust (lithosphere) and its landscape, flora and fauna, the atmosphere, people and culture, the built environment and political territories. Of course, geographers are not the only scholars to study rocks, soil, flora and fauna, rivers, trade, political territories and culture, and hence we share these objects and their related concepts with other disciplines. What distinguishes the geographer’s perspective is that we are interested in the relationships between different phenomena that give rise to spatial patterns and areal differentiation. Richard Hartshorne, explains it thus:

The heterogeneous phenomena which these other sciences study by classes are not merely mixed together in terms of physical juxtaposition in the earth surface, but are causally interrelated in complex areal combinations. Geography must integrate the materials that other subjects study separately. (Hartshorne, 1939: 464)

Building on earlier studies of the nature of geography (Hartshorne, 1939; Holt-Jensen, 2009; Cresswell, 2013), I propose the following epistemological framework of knowledge: systematic or thematic geography (development of *propositional knowledge*), regional geography (exploring *contextual knowledge* and applying *propositional knowledge*) and methods of enquiry (*procedural knowledge*). Systematic geography appears as a series of sub-disciplines, such as geomorphology, biogeography, climatology, economic geography, cultural geography, while regional geography is organised by synthesising the geographical features in one place or region. While individual geographers may specialise in one tradition, sub-discipline or region, what matters for the student of geography is that both approaches are present. Next, I will examine why.

Systematic geography is a nomothetic pursuit in that it aims to develop generalisations: concepts, models, theories and principles about how things are spatially related. Geographers do this by examining one geographical phenomenon (e.g. glaciation or population) at a time – how it varies in space and how it is influenced by other phenomena. Systematic geographical knowledge has evolved as a series of sub-disciplines each of which is related to its own branch of science (geology, meteorology, planning/urban studies, political science). Geographers draw from these individual sciences using the concepts constructed for the study of its specific object (lithosphere, atmosphere, settlements, political ideas/institutions). However, the geographer utilises these concepts for a different purpose: to comprehend spatial relationships and patterns. Because geographers are interested in how objects are associated with other objects they may modify generic concepts or invent new ones (e.g. sphere of influence).

The concepts that form geography’s sub-disciplines are arranged hierarchically – starting from the simple, distinctions are added with increasing abstraction. For instance, rocks can be subdivided into

igneous, metamorphic and sedimentary, and then further subdivided according to their properties. We can envisage this hierarchical knowledge structure as an inverted triangle – starting from one concept and building out to many (Fig. 1). The curricular implications are that propositional knowledge depends upon *conceptual coherence* and concepts will usually be taught in an order or pattern.

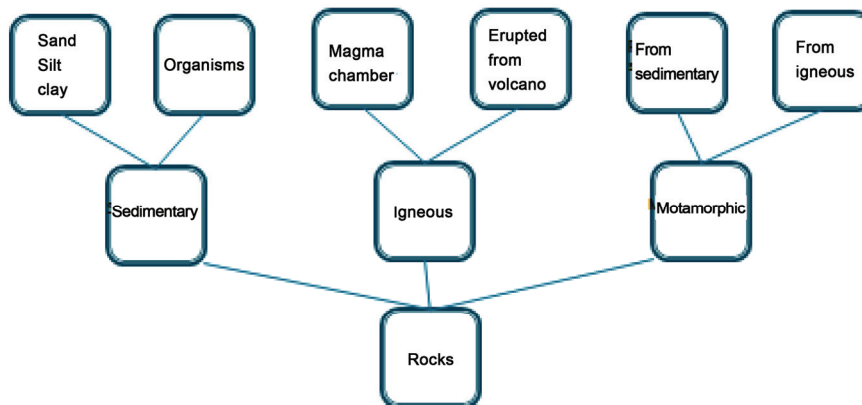


Fig. 1 Systematic Geography (Propositional Knowledge)

The value of nomothetic science is that by abstracting from the real world we can begin to see patterns of behaviour and relationships that are not apparent at a more concrete level. With the systematic approach geographers are seeking explanations of the behaviour and patterns of phenomena. Its knowledge structure is frequently hierarchical or vertical – aiming for greater precision, certainty and truth (Bernstein, 1999). Some examples of geographical theories and models include the Bradshaw Model, the Demographic Transition Model, the Gravity Model, the Burgess Land Value Model, the Core/Periphery Model, Weber’s Industrial Location Theory, the Heartland Theory and Butler’s Model of Tourist Resort Development.

When constructing propositional knowledge the danger is that the theory becomes too removed from the real world and unable to explain the behaviour of the phenomena in question. Therefore, disciplines need *contextual (empirical) knowledge* – the facts, data and observations of human and physical features of the earth’s surface. By its very nature contextual knowledge cannot be abstract and therefore does not give rise to generic concepts or theories (Young and Muller, 2016). In contrast to propositional knowledge, it is mainly horizontal in structure; so that studying new places and regions adds to existing knowledge – but sideways rather than hierarchically.

However, it would be a mistake to view regional geography as simply the compilation of facts about a locale. Rather, the significant question for regional geographers is: ‘What are the inter-relationships among phenomena that produce this particular set of features?’ (Slater, 1982: 3). This task requires *synthesising knowledge* from geography’s sub-disciplines. This process of selecting from systematic geography (inverted triangles) and using its concepts and theories to make sense of bounded places and regions (presented here as circles) is illustrated in Fig. 2.

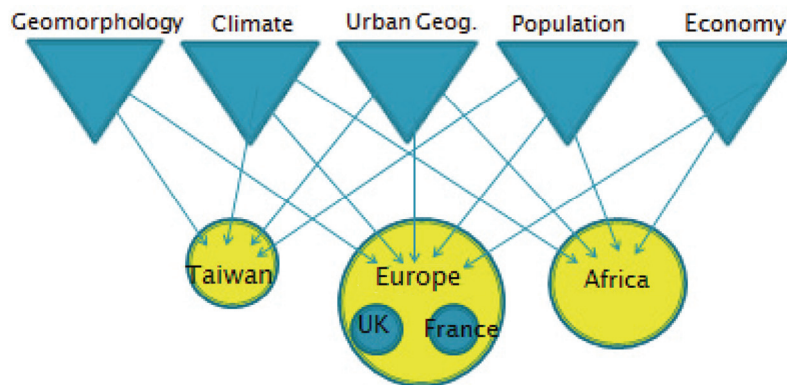


Fig. 2 The Relationship between Systematic and Regional Geography

Because places and regions are a product of a complex web of interactions this method presents a problem of selecting the geographical criteria and also the starting point, both important for constructing a curriculum. Hartshorne suggests that no geographical phenomena should be discounted if one is aiming to depict something whole (a region). However, not all geographical phenomena are equally significant in shaping the character of a region. The character of regions can be strongly influenced by mountains (Himalayas), islands (Caribbean), hot deserts (North Africa), abundance of hydrocarbons (Gulf States), rainforest (Amazon) or religious traditions (South Asia).

Both teachers and student of geography must make a determination about which geographical factors and features they see as important for their particular geographical description (Lambert, 2014). The selection of these is subjective, but purposeful: exploring the relationships that account for spatial differences. The student or teacher must account for their selection and how their regions are constructed. In doing so, they should be aiming for the principle of *contextual coherence*. Clavel (1998) notes how the regional method depends upon substantial knowledge of the region in question, including the history of the area in question. The regional method does not demand a complete history of the region, but rather the student or teacher should select those aspects from the past that are most *significant* for its contemporary geography. For example, to account for the contemporary geography of the Middle East it is necessary to understand the significance of Jerusalem to the three Abrahamic religions, as well as the modern-day founding of the state of Israel.

Let us consider now in a little more depth how these two branches of geography work together. We have already noted that propositional knowledge develops by abstracting from context. However, if its generalisations, models and principles are of value they must necessarily explain aspects of the real world. This can be done by testing or applying them in different contexts. This does not mean that models will perfectly predict patterns and behaviour on the surface of the earth. However, in order to say something meaningful about spatial arrangements we should be able to find evidence of their principles at work. In the course of applying generic models and principles the geographer may well discover imperfections and errors, forcing them to go away and refine their ideas and models. The process of hypothesising, testing, analysis and verification of knowledge is known as *procedural*

knowledge; procedural knowledge being the third element of disciplinary knowledge (alongside proposition knowledge and contextual knowledge).

Two more recent accounts of geography's traditions and knowledge have been provided by Holt-Jensen (2009) and Cresswell (2013). Both trace post-World War II developments in the subject, including the expansion of systematic geography in the 1950s and 60s and radical and Marxist geography in the 1970s and 1980s, and more recently feminist geography. Social theories of post-modernism and post-structuralism have had a significant influence on modern geographers taking them in novel directions, and giving insight into the relation between power and knowledge, differentiated cultural context and multiple geographies. Teachers will draw on these and other ideas where they help them to account for particular geographies. However, their potential for guiding the construction of a curriculum is more limited because they do not account for distinctiveness of disciplinary knowledge. Teachers must decide when the students are ready to be introduced to ideas that add a further layer of complexity and multiple perspectives on the world.

Geography as School Subject

If geography aims to explore the connections between the different layers of the earth's surface that give rise to distinct places, regions and spatial patterns, then geography teachers need to teach pupils about those different layers through its various sub-disciplines (systematic geography). In most of these sub-disciplines the knowledge is organised vertically, progressing from simple to more complex and abstract concepts. When planning units of work the teacher must aim for *conceptual coherence*, such that pupils develop a grasp of the concepts in order to think about the particular layer of geography. Most geography teachers will be able to identify the key concepts students need for each sub-discipline or they can be found in textbooks or exam specifications.

While knowledge within each sub-discipline is often vertical, the sub-disciplines themselves are arranged serially (de Blij and Muller, 2012). The connections between them are horizontally arranged – meaning that pupils must learn to make links from one sub-discipline to the others in order to account for spatial patterns and arrangements. However, because of the horizontal knowledge structure there is more than one possible starting point. Hirst and Peters (1974) likened the curriculum to a jigsaw puzzle. There are many different places one can start, different ways to precede and places to finish, even though every piece has a correct place. However, we can also say that some layers are more significant than others in terms of shaping a distinctive geography. Rock, landforms and climate all play a dominant role in determining physical characteristics. Population, economies, political boundaries and culture are highly influential human layers. What matters in geography is that over the course of the child's education they study most sub-disciplines and are taught to look for connections between them.

To a large extent, the same is true with regions and places. Pupils should be introduced to all regions of the world over the course of their schooling. This does not necessarily mean that teachers

should aim to ‘cover’ every continent or country. Some regions and places will be studied in more depth than others and an important aspect of the regional approach is to understand the interplay between different *scales* – how places and smaller regions are connected with and contribute to larger regions and countries. There is also a compelling rationale for pupils in the early stages of school starting with where one lives (the familiar and concrete) and moving to the more distant and unfamiliar parts of the world. However, this is not an argument for only studying one’s own country or continent at primary level as it will need to be explored in more depth as the pupils’ knowledge grows.

When planning for and studying places and regions teachers are aiming for *contextual coherence* – what are the important features and processes that give rise to the distinctive geography of this place or region? Here, the knowledge is horizontally arranged so again, the aim is to explore the inter-connections – meaning that different starting points are possible.

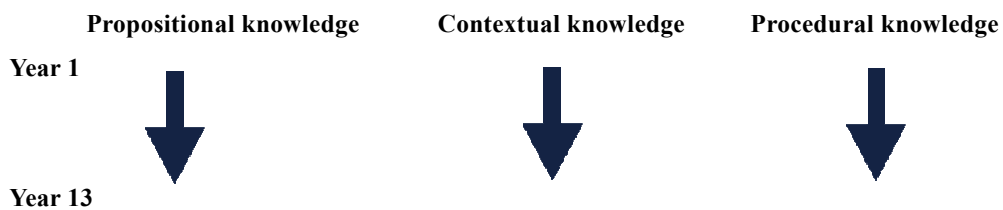
While it is possible to plan a curriculum either through systematic geography or regional geography what is important is that the geography student learns to move between the two approaches. As Phil Gersmehl suggests, ‘The interplay between topical (systematic) and regional perspectives is what stimulates thought’ (2008: 23). Thus, pupils are learning to see the connections between the theoretical and the empirical or the general and the particular. Units of work can be planned through sub-disciplines with case studies (regional geography) embedded within them. Or, the curriculum can be planned through regions with systematic geography embedded within the region. This is where the skill and creativity of the teacher comes into play as it is they who have to teach the subject.

Pupils also need to learn the skills and methods used by geographers (*procedural knowledge*) such that they learn how to ask and to answer geographical questions of their own, and to make judgements about the validity and reliability of knowledge claims (Wheelahlan, 2010). Skills that are specific to geography include how to construct, use and interpret maps, as well as Geographical Information Systems (GIS) - geographically referenced data programmes used to produce digital maps. In the early years of schooling, pupils must learn what a plan view is and how the real world can be represented through symbols on plans and maps. Children must learn the meaning of directions and how they can be used for describing location and for orientation. Of course, learning to use maps involves learning many concepts including direction, distance, scale, grid reference, map symbols and contours. Pupils demonstrate skills when they learn to apply these concepts in the construction and interpretation of maps, such as identifying landforms from contour patterns or drawing the watershed (boundary) of a drainage basin.

Pupils also need to learn how to ask and to answer geographical questions through data collection, presentation, analysis and interpretation. This means practising methods of fieldwork that are specific to both social science and natural science, such as using questionnaires, measuring the features of a river channel or analysing a soil profile. Here, pupils are learning how to conduct research in a simplified form and that this involves applying a methodology systematically to collect data in an unbiased way (Lambert and Reiss, 2014). This procedural knowledge also teaches pupils about the process through

which knowledge is constructed and verified. Fieldwork teaches pupils that the knowledge they learn in textbooks and the classroom has been created through a process and that the real world is complex and messy.

In constructing the geography curriculum, propositional knowledge (systematic geography), contextual knowledge (regional geography) and procedural knowledge (methods and skills) must be planned from the first year of schooling onwards. While procedural knowledge is more sequential, with propositional and contextual knowledge the building of links from one unit of work to the next is more important than the order in which they are taught.



Only in recent years has the UK geography community begun to utilise these headings to discuss curriculum, but sometimes different terms are employed. For instance, for the Geographical Association's (2011) national curriculum proposal the headings Core Knowledge, Content Knowledge and Procedural Knowledge were included. It appears that there is a degree of correspondence with the first two headings to contextual knowledge and propositional knowledge, although not completely. Similarly, in subsequent Geographical Association publications, such as the Assessment and Progression Framework (2014) and Assessing Progress in Your Key Stage 3 Curriculum (Gardner, Weeden and Butt, 2015), we find the headings Contextual World Knowledge, Understanding (propositional knowledge?) and Enquiry and Skills (procedural knowledge?). Again, there is marked similarity to the three knowledge types I am proposing here. Similar wording also appears in the government's GCSE Assessment Objectives for geography, although there is a fourth objective about application of knowledge:

AO1: Demonstrate knowledge of locations, places, processes, environments and different scales;

AO2: Demonstrate geographical understanding of concepts and how they are used in relation to places, environments and processes, and the inter-relationships between places, environments and processes;

AO3: Apply knowledge and understanding to interpret, analyse and evaluate geographical information and issues and to make judgements;

AO4: Select, adapt and use a variety of skills and techniques to investigate questions and issues and communicate findings. (Department for Education, 2014)

On the other hand, we shouldn't necessarily expect assessment documents to have the same structure as the curriculum, although we would anticipate correspondence. Overall, the community has

yet to establish clarity on knowledge types as well as consistency of terminology, but signs of convergence are positive.

At a school level, one academy chain in particular, which currently runs 44 schools in and around London, has embraced this knowledge framework. Harris Federation (2016) has produced a new Key Stage 3 curriculum that identifies ‘contextual world knowledge (core knowledge), understanding (conceptual content knowledge) and enquiry and skills (procedural knowledge)’ as a framework for planning and assessment. This is no accident as the main author Richard Maurice, and lead-geography teacher, has been studying for a Masters in Geography Education at the Institute of Education, where he has been introduced to the latest geography education research. We have yet to see how this curriculum works out in practice, but so far he reports that the curriculum has been warmly received by teachers.

Conclusion

I began by asserting that the curriculum is about knowledge and identifying that what knowledge we include in a curriculum is linked to societal values (specialist knowledge being one of these). I identified that knowledge involves the pursuit of truth and understanding about a particular object of study. The remainder of the article shows that each discipline has its own unique knowledge structure as well as modes and methods of enquiry. I suggest that the school curriculum must reflect and to some extent replicate the disciplinary structure and methods if its aim is to induct pupils into disciplinary ways of thinking and seeing. Having a clear picture of knowledge types and how they relate is critical for curriculum design and implementation at all levels. This still leaves plenty of rooms for schools and teachers to create the own curriculum that best fits their particular setting and pupils. Given that I also alluded to the suggestion that knowledge has been ‘dethroned and displaced’ (Whelahan, 2010) is curriculum, let me finish by reflecting on the importance of disciplinary knowledge for children and young people.

Leesa Wheelahan observes that while competency-based education provides students with access to content it does not necessarily offer access to ‘systems of meaning in disciplinary knowledge’ (2010: 106). She suggests that where students are denied access to disciplinary knowledge class divisions are likely to be reinforced because ‘unless students have access to the generative principles of disciplinary knowledge, they are not able to transcend the particular context’ (*Ibid.*: 107). In geography, David Lambert provides a helpful summary of the intellectual capabilities arising from its study:

The acquisition of deep descriptive and explanatory world knowledge; the development of the relational thinking that underpins geographical thought; and, a propensity to apply the analysis of alternative social, economic and environmental futures to particular places contexts. (Lambert, 2017)

Lambert, and other colleagues, have also identified what they call the ‘geocapabilities’ arising from the study of geography. The three ‘geocapabilities’ they identify are:

1. Promoting individual autonomy and freedom, and the ability to use one's imagination and to be able to think and reason;
2. Identifying and exercising one's choices in how to live based on worthwhile distinctions with regard to citizenship and sustainability;
3. Understanding one's potential as creative and productive citizens in the context of the global economy and culture. (Solem *et al.*, 221)

However, considering this list it is evident that these are wider educational aims rather than something specific to geography. Alaric Maude (2016) has further explored the ways in which geography provides young people with powerful knowledge. These include: knowledge that provides students with 'new ways of thinking about the world'; knowledge that provides students with powerful ways of analysing, explaining and understanding; knowledge that gives students some power over their own knowledge; and, knowledge that enables young people to follow and participate in debates on significant local, national and global issues (2016: 75). With only weak reference points in society, an understanding of the intrinsic value and distinctiveness of different knowledge types are essential ingredients to ensure successful teachers and schools.

References

- Ackerman, E. (1963). 'Where is the research frontier?' *Annual of the Association of American Geographers*, 53: 429-40.
- de Blij, H. and Muller, P. (2012). *Geography: Realms, Regions and Concepts*. New Jersey: Wiley
- Bernstein, B. (1999). 'Vertical and horizontal discourse: an essay'. *British Journal of Sociology of Education*, 20 (2): 157-173.
- Bernstein, B. (2000). *Pedagogy, Symbolic Control and Identity: Theory, Research, Critique* (revised edition). Oxford: Rowham and Littlefield.
- Biesta, G. (2005). 'Against learning: reclaiming a language for education in an age of learning'. *Nordisk Pedagogik*, 25: 54-66.
- Biesta, G. (2007). 'Why "what works" won't work: evidence based practice and the democratic deficit in educational research'. *Educational Theory*, 57 (1): 1-22.
- Brandom, R. (2000). *Articulating Reasons: An Introduction to Inferentialism*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Clavel, P. (1998[1993]). *An Introduction to Regional Geography* (translated by Ian Thompson). Oxford: Blackwell.
- Cresswell, T. (2013). *Geographic Thought: A Critical Introduction*. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell.
- Department for Education (2010). *The Importance of Teaching: The Schools White Paper 2010*. London: Department for Education.

- Department for Education (2014). *Assessment Objectives for Modern Foreign Languages, Ancient Languages, Geography and History*. London: Department for Education.
- Furedi, F. (2009). *Wasted: Why Education Isn't Educating?* London: Continuum.
- Furedi, F. (2017). *What has Happened to the University? A Sociological Exploration of its Infantilisation*. London: Routledge.
- Gardner, D., Weeden, P. and Butt, G. (eds.) (2015). *Assessing Progress in your Key Stage 3 Curriculum*. Sheffield, Geographical Association.
- Geographical Association (2011). *Extract from the GA National Curriculum Proposal and Rationale*. <https://www.geography.org.uk/download/ga%20nc14%20geographical%20knowledge.pdf> (accessed 2017/04/20).
- Geographical Association (2014). *An Assessment and Progression Framework for Geography*. Sheffield, Geographical Association.
- Gersmehl, P. (2008). *Teaching Geography* (2nd edition). New York: Guildford Press.
- Harris Federation (2016). *Harris Federation Key Stage 3 Geography*. London: Harris Federation.
- Hartshorne, R. (1939). *The Nature of Geography: A Critical Survey of Current Thought in Light of the Past*. Lancaster, PA: Association of American Geographers.
- Hirsch, E.D. (1987). *Cultural Literacy: What Every American Needs to Know*. Random House USA.
- Hirst, P.H., and Peters, R.S. (1974). 'The curriculum'. In E. Eisner and E. Vallance (eds.) *Conflicting Conceptions of Curriculum*. Berkeley, California: McCutchen.
- Holt-Jensen, A. (2009). *Geography: History and Concepts – A Student's Guide* (fourth edition). London: Sage.
- Lambert, D. (2014). 'Subject teachers in knowledge-led schools'. In M. Young and D. Lambert (eds.) *Knowledge and the Future School*. London: Bloomsbury, pp. 159-187.
- Lambert, D. and Reiss, M. (2014). *The Place of Fieldwork in Geography and Science Qualifications*. London: Institute of Education Press.
- Lambert, D. (2017). 'GeoCapabilities'. Presentation given at the Geography Teacher Educators Conference, University of Plymouth, UK, 27-29 January 2017.
- Massachelein, J. and Simons, M. (2013). *In Defence of the School: A Public Issue*. <http://ppw.kuleuven.be/home/english/research/ecs/les/in-defence-of-the-school/jan-massachelein-marten-simons-in-defence-of-the.html> (accessed 2015/07/20).
- Maton, K. (2010). 'Analysing knowledge claims and practices: languages of legitimation'. In K. Maton & R. Moore (eds.) *Social Realism, Knowledge and the Sociology of Education*. London: Continuum, pp. 35-59.
- Maude, A. (2016). 'What might powerful geographical knowledge look like?' *Geography*, 101 (2): 70-76.
- Moore, R. (2007). *Sociology of Knowledge and Education*. London: Continuum.
- Muller, J. (2000). *Reclaiming Knowledge: Social Theory, Curriculum and Education Policy*. London:

- Routledge.
- Muller, J. (2012). 'Forms of knowledge and curriculum coherence'. In H. Lauder, M. Young, H. Daniels, M. Balarin and J. Lowe (eds.) *Education for a Knowledge Economy? Critical Perspectives*. Basingstoke: Palgrave Macmillan.
- Peters, R. S. (1964). 'Education as initiation'. In R. D. Archambault (ed.): *Philosophical Analysis and Education*. London: Routledge & Kegan Paul (1965), pp. 87-111.
- Pring, R. (2013). *The Life and Death of Secondary Education for All: Dream or Reality?* London: Routledge.
- Rata, E. (2012). *The Politics of Knowledge in Education*. London: Routledge.
- Slater, F. (1982). *Learning Through Geography*. London: Heinemann.
- Solem, M., Lambert, D. and Tani, S. (2013). 'Geocapabilities: Toward an International Framework for Researching the Purposes and Values of Geography Education'. *Review of International Geographical Education*. <http://www.rigeo.org/vol3no3/RIGEO-V3-N3-1.pdf> (accessed 2017/3/15).
- Standish, A. (2014). 'Some important distinctions for geography educators'. *Geography*, 99(2): 83-89.
- Standish, A. and Sehgal Cuthbert, A. (2017). *What Should Schools Teach? Disciplines, Subjects and the Pursuit of Truth*. London: University College London/ Institute of Education Press.
- Ward, S. (1997). Being objective about objectivity: The ironies of standpoint epistemological critiques of science. *Sociology*, 31(4): 773-791.
- Ward, S. (2012). *Neoliberalism and the Global Restructuring of Knowledge and Education*. New York: Routledge.
- Wheelahan, L. (2010). *Why Knowledge Matters in Curriculum*. London: Routledge.
- Whelan, R., Lawes, S., Ledda, M., McGovern, C., Patterson, S., Perks, D. and Standish, A. (2007). *The Corruption of the Curriculum*. London: CIVTAS.
- Williams, B. (2002/2010). *Truth and Truthfulness: An Essay in Genealogy*. Princeton University Press.
- Winch, C. (2013). Curriculum design and epistemic ascent. *Journal of Philosophy of Education*, 47(1): 128-146.
- Young, M. (2008). *Bringing Knowledge Back In: From Social Constructivism to Social Realism in the Sociology of Education*. London: Routledge.
- Young, M. (2014). 'The progressive case for a subject-based curriculum'. In M. Young and D. Lambert (eds.) *Knowledge and the Future School*. London: Bloomsbury.
- Young, M. and Muller, J. (2016). *Curriculum and the Specialization of Knowledge: Studies in the Sociology of Education*. London: Routledge.

投稿日期：106年06月03日

修正日期：107年05月01日

接受日期：107年05月13日

地理研究 第68期 民國107年5月
Journal of Geographical Research No.68, May 2018
DOI: 10.6234/JGR.201805_(68).0005

**原住民族參與集水區治理之制度分析：
以宜蘭縣崙埤社區為例**
**Institutional Analysis of Public Participation of Indigenous People
in Watershed Governance: A Case Study of Lunpi Community in
Yilan County**

姚佳瑩^a

廖學誠^b

Chia-Ying Yao

Shyue-Cherng Liaw

Abstract

The purpose of this research was to study the public participation of indigenous people in the environmental governance of stream conservation of the Jiuliao Stream Watershed in the Lunpi community, Yilan County. We attempted to understand the effects of governmental policies on indigenous community conservation and eco-tourism development. Moreover, we also examined public perception of this watershed management. The Lunpi community is located in the Datong Township. The local residents mostly belong to the indigenous Atayal tribe. We conducted in-depth interviews of 27 local indigenous people. The Institutional Analysis and Development Framework (IAD) was applied to analyze the watershed governance and assess the outcomes of stream conservation in the Jiuliao Stream watershed. The Lunpi community started to carry out the stream conservation for fishery protection in 2002. The local residents had obligations for collective action in stream conservation. As a result, the environmental conditions in watershed were rapidly restored, and the outcomes were successful and fruitful. The Community Development Association actively applied for projects; while the Datong Township Office also worked hard to cooperate. Therefore, many government departments gradually provided many resources for the Lunpi community to promote the collective action of local residents. Since the government subsidy projects were phased out, they were unusual and persistent in supporting communities. Therefore, following the termination of the projects, the Lunpi community gradually experienced a shortage of funds and labor, and the collective actions of the community

^a 國立臺灣師範大學地理學系碩士

Master, Department of Geography, National Taiwan Normal University.

^b 國立臺灣師範大學地理學系教授，通訊作者（E-mail: liaw@ntnu.edu.tw）

Professor, Department of Geography, National Taiwan Normal University. Corresponding Author.

gradually declined. The work of the watershed governance was therefore eventually taken over by government departments.

Keywords: Institutional Analysis, Public Participation, Watershed Governance.

摘 要

本研究目的在於探討宜蘭縣崙埤社區原住民族參與當地九寮溪河川保育的環境治理，期能瞭解政府政策對原住民社區保育及生態旅遊發展之影響，並分析民眾對集水區經營管理之看法。宜蘭縣大同鄉崙埤社區居民以泰雅族為主，本研究經由對 27 位受訪民眾進行深度訪談，並應用制度分析發展 (IAD) 架構，探討九寮溪集水區的治理歷程，並評估溪流保育成效。崙埤社區於 2002 年開始進行封溪護漁，在地居民以義務性的集體行動落實溪流保育，集水區環境狀況恢復良好，成效相當顯著。社區發展協會積極向外申請計畫，大同鄉公所也努力配合，因此，許多政府部門資源陸續挹注社區，增強當地居民的集體行動。由於政府補助計畫屬於階段性，而非常態性、持續性，因此，當計畫終止結束後，崙埤社區漸感經費短缺、人力不足，社區的集體行動也漸漸消退，以致於集水區的治理工作最終又轉由政府部門主導。

關鍵詞：制度分析、民眾參與、集水區治理

前 言

隨著觀光旅遊的興盛，許多社區開始利用鄰近的自然資源發展觀光產業，例如透過封溪護漁的方式達到生態保育的目標，並藉此發展生態旅遊。自從 1980 年代後期，鄒族的達娜伊谷透過封溪護漁措施，帶動地方觀光發展後，促使各地社區展開效法，期望藉由利用地方的自然資源帶動生態旅遊，以增加地方的就業機會，並促進部落經濟成長。然而，究竟封溪護漁是以生態保育為首要目的，亦或僅是作為吸引遊客的手段？此外，在生態保育與觀光發展中，這兩者間該如何取得平衡？而社區仰賴的共享資源又該如何維持永續的治理機制？這些議題都亟待深入探討。另一方面，在封溪護漁過程中，當地社區居民的主體性亦甚受到關注。陳毅峰 (2008) 指出，「封溪」相似於對特定空間的控制，而這個空間 (space) 正是在地人的地方 (place)，符合全球原住民運動不斷在追求的「保有差異的權利」(right to differences)，甚至在邊界處進行進出的控制，以保護其世居的環境不受開發力量所破壞。換言之，封溪護漁也可視為另一種自主治理的體現，彰顯當地的主體性，凸顯出在地人參與在地事之精神。

Ostrom 為美國的政治學家，其主要研究領域在於公共政策和新政治經濟的研究，包括公共選擇與制度分析理論，尤其是共有資源的自主治理議題，Ostrom 也因其對於公共事務的經濟治理分析之貢獻，在 2009 年時獲得諾貝爾經濟學獎，其得獎代表作是「共有財的治理：集體行動制度的演進 (Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action)」。Ostrom (2011) 認為制度具有多樣性，一個良好制度的關鍵，取決於治理的效益與公平性，制度規則的訂定應該使得群體的利益最大化，良好的制度應該依照不同地方的特性，而產生不同的選擇。Ostrom 探討的重點在於共有資源的治理，強調自主組織 (self-organization)、自主治理 (self-governance)，對

地方自治的理論深具有啟發作用，強調地方自治是由當地人民自行治理當地事務，也就是要求當地人民要有自主的意願、自主的能力、自主的組織以及自主的治理（張世賢，2010）。

本研究以宜蘭縣大同鄉九寮溪作為研究對象，研究區內目前已建置為九寮溪自然生態教育園區，並由崙埤社區發展協會協助管理。崙埤社區為大同鄉最接近平地的聚落，以泰雅族居民為主，早期傳統泰雅族人利用魚藤捕魚，藉此取得魚類資源。2002年，當地居民開始進行封溪護漁工作，歷經多年努力後，於2005年，被內政部營建署列為臺灣績優生態旅遊地（林浩立等，2013）。之後隨著時間演替，九寮溪受不同因素影響，其發展定位也有所轉變。本文試圖以 Ostrom（1990）所提出的制度分析與發展（Institutional Analysis and Development, IAD）架構，作為研究分析取徑，探討崙埤社區如何參與九寮溪集水區治理，並分析其治理成效及重要挑戰。

文獻回顧

（一）制度分析與發展（IAD）架構

Ostrom 的主要理論基礎包含多中心理論及自主組織理論。多中心理論主張權力多元化，假設居民的需求偏好多樣化，表達偏好的權利提升，生產者尋求創新、鼓勵有效的團隊生產和協作，以提高績效（汪銘生、曾玉祥，2014）。自主組織理論則是因參與者最瞭解共享資源的情況，其所訂的規則最符合實際狀況，亦最容易監督與執行，而自主組織的成功因素，主要可歸因於以下幾點，包括界定明確的邊界、使用資源必須與當地環境條件一致、集體決策、監督機制、分級處罰、解決衝突機制、對組織權的認可與巢狀式組織（張世賢，2010）。

Ostrom（2011）認為人們需要一個公共的理論架構，去解決改革和變遷的問題，而一個架構通常適用多種理論，例如經濟理論、賽局理論、交易成本理論、社會選擇理論、契約理論、公共物品和共享資源理論等。此外，Ostrom 認為學者以模型做為政策分析，常會陷入預測錯誤的陷阱，因為系統是動態變化的，且影響因素是複雜的，因此，Ostrom 提出制度分析與發展（IAD）架構，做為公民論壇互動或對話的工具，使得實驗室和現實場景的實證研究更能檢驗理論的可行性（汪銘生、曾玉祥，2014；汪明生、黃煒能，2016）。

制度分析與發展（IAD）架構是一個多層次的概念，其主要貢獻在共享資源的經濟管理分析。Ostrom（2005）指出，在 IAD 架構下，外生變數（exogenous variables）會影響到行動場域（action arena），外生變數包括三個重要組成：實質的物質條件（biophysical/ material conditions）、社群屬性（attributes of community）以及制度規則（rules）（圖 1）。實質的物質條件指大小、位置、範圍、容量、資源量、設備、材料之特性等；社群屬性是一種社會基本型式，在生活區域中，由諸多具有相同文化與歷史背景的個人所組成之社群，強調公共利益，且具有社會資本或行為規範（Ostrom, 2007）；制度規則規定決策者的資格、行動的允許和限制、方法的運用、資訊的提供等，具有相當的權利義務性質（Ostrom, 2005）。在行動場域中，行動情勢（action situations）及參與者（participants）則會交互影響。行動情勢表示行動時，客觀事實、外部環境、問題系統及結構等情況，包括偏好、制度、規則、物質法則、行為法則等，行動情勢強調不同「制度情境」下如何合作或不合作、參與者扮演的角色、能控制多少情勢資訊、短期的困難、長期解決方案、產出的形式、成本及效益

如何等（汪銘生、曾玉祥，2014）。Ostrom（2005）進一步指出，制度是 IAD 的指引，受到價值規範的影響，與行動者之間的行動情勢密切相關，制度會影響行動者行為的控制、資訊與結果，也形塑出參與者彼此不同的互動型態（patterns of interactions）；由行動者互動所產生的結果，可透過「行動者」、「成本交易」、「集體決策」等觀點，深入探討制度設計、發展與改變，並藉此評鑑政策的成效。

Ostrom（2011）認為行動情勢的內部結構，受到眾多因素所影響，IAD 的行動情勢，指的是個人互動、交換物品和服務、解決問題以及互相支配和碰撞的社會空間，其中包括行動者、位置、行動、資訊、控制，以及成本與利益，這些連結都會導致可能的結果，不同的決策會影響到行動情勢與結果的改變。因此，在制度分析之前，需要先釐清有那些行動者，包括居民、管理者、公部門等，加上這些行動者所處的位置，在這裡位置所表示的是職務或位階，這些行動者所選擇的行動，可能受到職務、運作規則等影響，以及對於資訊的取得、對選擇的控制，連結之後便會產生行動，再受到成本與利益的影響，即會導致可能的結果，然而以上這些行動情勢，都會直接受到外生變數的實質物質條件、社群屬性及制度規則所影響。除了行動情勢的內部結構外，Ostrom（2011）認為也需要一併探討行動情勢的外部作用，行動情勢其實鑲嵌在更廣泛的社會經濟系統當中，因此，要探討地方的自治治理，也必須探討行動者產生行動背後的權力結構與脈絡，在不同尺度的脈絡下，國家政策、公部門的選擇以及社區本身都會影響到行動情勢的結果，資源系統、資源單位、治理系統與行動者之間互有因果關係與回饋關係，這四個因素也會影響到行動情勢，此外，社會、生態與政策以及相關的生態系統也會影響到資源系統與治理系統的關係，進而影響行動情勢的結果。

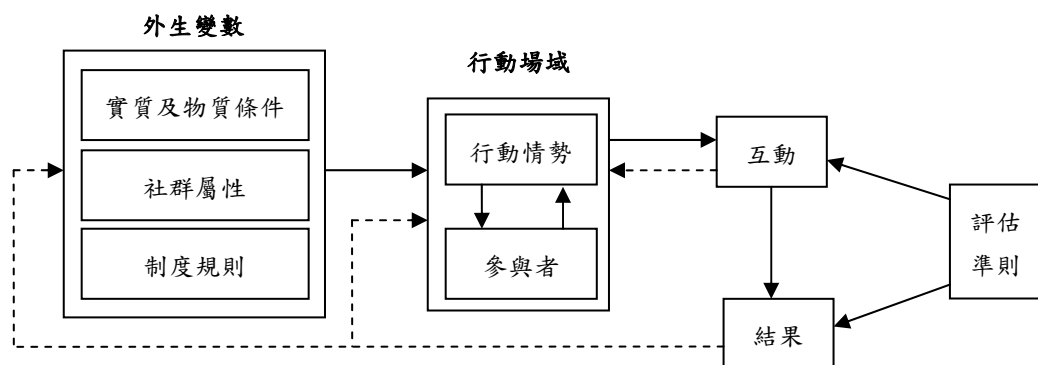


圖 1 制度分析與發展 (IAD) 架構圖 (Ostrom, 2007)

在實證研究方面，Andersson（2006）以 IAD 探討在地制度的策略與森林治理的關聯，強調在地行動者間脈絡的重要性，此脈絡會塑造集體決策和個人行為的制度安排架構。在地的行動者，其中可能包括資源使用者、社區、公部門的人員、當地的中央政府代表、私人企業和非政府組織代表，將會根據當地實質條件和社會經濟特性等明確的制度背景，解釋政策的變化，並且當國際、國家或區域間層面的資源政策發生變化，最終也會影響到在地的治理情形。此外，Andersson（2006）也認為，若行動者間享受資訊交換與學習，將可以使得地方治理的系統更加成功。另外，Whaley and Weatherhead（2014）則指出，要在共管（comanagement）當中運用政治化的 IAD 架構時，其

外生變數的部分，應增加考量政治經濟（political-economic）與論述（discourses）兩個變項，因為行動情勢是鑲嵌在更廣泛的政治經濟系統脈絡中，如果可以提供更廣泛、清晰的結構，將有助於提升解決環境因素和動態權力的能力，並且可以進行綜合分析，做出對政策的適當建議。Martinez（2009）曾運用 IAD 在醫院菸草控制的政策制定分析，其認為若是依靠組織規則的自行詮釋，有可能會導致任意且不一致的行動實踐，因此，應該建立清楚的法律，或是具強制性的國家規定。在國內方面，汪銘生、曾玉祥（2014）提到公民治理應用於共享資源的管理，比私人、政府管理更有效率、公平、課責、適當性及永續性的功能。洪廣冀、林俊強（2004）更指出，如果使用者群體不能參與制度的設計與擬定而只是各行其事，或者制度雖被制定卻難以規範使用者的效果，則共享資源的狀態將會劣化。

由上述文獻回顧可知，制度會受到社會結構所影響，對於共享資源的治理，在現今的社會脈絡下，普遍認為透過民主的方式以及在地行動者的參與，將能夠維護自然環境與參與者的最大效率與永續性，集體的行動力量比起政府的公權力能夠創造出更大的社會福利，不同尺度間的政策或權力關係，以及行動者的背景脈絡與制定的規則，都是影響到整個自主治理的因素，此外，參與者能否參與治理制度的設計，將是自主治理共享資源能否永續或者會導致劣化的關鍵要素。

（二）溪流保育

本文的研究對象為崙埤社區，其透過九寮溪的封溪方式，藉此保育溪流的自然資源，並希冀能進一步發展生態旅遊及觀光產業。由於單純的「保護」行為，並不具有永續的意義，而「保育」則必須包含適度的利用，因此，本研究認為需先定義封溪護「漁」以及封溪護「魚」，兩者在字面上的差異。許齡文（2008）提及，使用封溪護「漁」或護「魚」應視其目的而定，若用意為保護野生動物及其生存環境，並有維護自然生態之意的話，因其最主要目的是對於野生動物之保護，則在用字上應為「封溪護魚」；若最終目標係為發展社區，合理利用水產資源，因其有利用之意及漁業的概念，則在用字上應為「封溪護漁」。盧道杰等（2008）也指出，封溪護「魚」可代表狹義的水中生物保護，到廣義的溪流整體棲地改善；護「魚」則包括有溪流魚類利用的涵義，不僅只是保護，而是有永續利用與生態平衡的願景。透過上述的定義，由於崙埤社區對於九寮溪的保護含有永續發展的概念，兩者間的關係較趨近於封溪護「魚」的概念，因此，本文將使用「封溪護漁」一詞，作為後續探討的立論基準。

自從 1980 年代後期，嘉義縣阿里山鄉鄒族的山美部落，透過封溪護漁的方式，使得鱒魚重現達娜伊谷溪流，帶動地方觀光發展，進而使得達娜伊谷成為眾多社區的典範，此外，新竹縣尖石鄉泰雅族的鎮西堡部落，也透過保育鄰近的檜木林與溪流，發展部落觀光產業，以及新竹縣尖石鄉的司馬庫斯部落，保育鄰近的神木群加上異族觀光（ethnic tourism）的想像，擁有良好的觀光發展，上述三個部落，皆為原住民社區因其鄰近地方的良好自然資源，而吸引眾多遊客到訪的成功案例。儘管如此，各個部落與案例在不同階段仍面臨不同的挑戰，以同為封溪護漁的達娜伊谷而言，李永展（2006）提及達娜伊谷在面對生物多樣性與環境正義間的矛盾、對於經營管理發展路線的爭議、傳統氏族在現代社區的弱化以及社區自主性與嵌入社會運作的影響，使得達娜伊谷發展面臨生態保育與觀光發展、傳統文化與現代社會之間的爭議。

儘管如此，仍有許多部落認為，透過生態旅遊帶動部落產業發展，是解決原鄉經濟與人口外

流的一條途徑。包正豪（2009）提到，鑒於山美與鎮西堡的成功，加上政府以實質的預算投入來推動部落生態旅遊發展，宜蘭縣南澳鄉的金洋村與武塔村也藉由復育南澳南溪的毛蟹來推動觀光，但南澳與其他案例較為不同的是，達娜伊谷是以地方治理（local governance）的方式，而南澳鄉的保育行動是以地方政府（local government）來發動，責令金洋村與武塔村共同執行，然而仰賴由國家機關所提供的經濟誘因，進行社區動員的發展模式，較不易克服保育行動的社會困境（social dilemma），而難以延續社會集體行動。戴興盛、謝妙勤（2007）在探討後龍溪保育的集體行動中，也提及經濟資源與經濟誘因之匱乏，會開始逐漸弱化其溪流保育的集體行動與制度能力。對於經濟資源的誘因，包正豪（2009）認為，社區在發展觀光前，應當先回歸部落傳統文化根基，建構社會資本並凝聚內部共識，而政府的資源挹注僅扮演輔助性的功能。

林愛琴（2013）則提到，臺灣的封溪護漁可分為兩種協力態樣，第一種為非運用協力治理模式，也就是由公部門獨力運作，地方居民僅為被動的配合公部門政策；第二種為運用協力治理模式，由公部門與非營利組織（第三部門）協力治理，其認為封溪護漁執行的成效，取決地方居民的支持與否。賴玉芳、廖學誠（2005）探討魚池鄉五城社區民眾參與溪流保育也提到，五城村民主動參與溪流保育工作、關心溪流整治工程，其意涵不只強調社區參與環境資源管理，更凸顯社區的自主性。王郁涵（2008）則是在探討封溪護漁是真保育或是假噱頭的文章中，認為封溪護漁現象，並不如大眾所言是溪流保育、社區永續發展的萬靈丹，人與溪流應互為主體尊重，才不至於使資本主義的商業力量侵蝕，導致傳統價值的瓦解，此外，政府以專業化控管社區評鑑的方式，也會導致地方的差異性及主體性消失。戴興盛、謝妙勤（2007）探討後龍溪流域保育的集體行動中發現，該個案並未使用經濟誘因，僅依靠社會性與規範性誘因，動員克服社會困境，純粹的保育行動，促進社會資本的累積，因而延續集體行動，並建構內部基礎制度能力，產生正面的保育成果。林智海（2013）以沙巴內陸漁業推行「原住民社區保育區」（Indigenous & Community Conserved Area, ICCA）的經驗與臺灣封溪護漁做比較，其認為以臺灣社區的能動力，相當具有推行 ICCA 的潛力，但須加強認可與支持等外部的體制配套，以賦予社區治理的正當性。

由上述文獻回顧可知，在臺灣各地的封溪護漁行動中，在地居民的參與為一重要關鍵，另外，又會面臨到外部資源挹注與經濟效益的問題，如何維持其行動的動能，並保有在地的主體性，也是此階段的主要困境。儘管社區內部有足夠的動能從事封溪護漁，但也會因社區與公部門之間的配套及賦權不足，導致封溪護漁或溪流保育的行為，在自然資源治理的過程當中逐漸消退。因此，本文希望透過宜蘭縣大同鄉九寮溪治理的個案，藉由 Ostrom 的 IAD 架構，分析其治理成效，並試圖從中瞭解原住民族參與集水區治理的機會與挑戰。

研究區域與研究方法

（一）研究區域

本研究區域為宜蘭縣大同鄉崙埤村的九寮溪（圖 2），又名破鑼溪，泰雅族人則稱其為「Gaba 溪」，Gaba 意指為水沖擊在石頭上所發出的聲響。九寮溪發源於雪山山脈北段的拳頭母山，海拔高 1,551 m，全長約 8 km，為蘭陽溪支流之一，區內設有九寮溪自然生態教育園區與九寮溪自然

步道，以地權屬性而言，九寮溪下游屬於原住民保留地，九寮溪中上游則為林務局所管轄的國有林班地。崙埤社區鄰近九寮溪，居民共 223 戶，716 人，原住民人口約佔 85%，以泰雅族為主。

(二) 研究方法

本研究以 Ostrom 所提出的 IAD 架構為主(圖 1)，並將其鑲嵌在更廣泛的政治經濟脈絡之中，由九寮溪的自然環境、泰雅族為主的崙埤社區社群屬性、現行的制度規則，進而影響到行動場域，再經長久以來傳統泰雅族人與河川流域的關係，推演至現代的社會結構脈絡，使得行動情勢的尺度由地方鑲嵌於更大的尺度之中，產生權力的互動關係，並且在行動場域之中與行動者相互影響，產生不同的互動模式，進而影響治理的結果，最後再進行評估分析，探討九寮溪環境治理的永續發展可能性。研究方法採用文獻分析及深度訪談，藉此蒐集資料並進行檢核與分析，瞭解崙埤社區居民特性、規範與傳統 *Gaga* 的約束力，以及九寮溪封溪護漁與治理制度的發展，並從中理解崙埤社區居民集體行動的過程與轉變。

1. 文獻分析

蒐集相關的文獻資料，包含出版物、鄉誌、期刊、碩博士論文、報紙及網路資訊等，並至鄉公所、戶政事務所及社區發展協會蒐集相關資料，釐清政府對於九寮溪治理的行動與計畫，並實際到當地訪查，藉此蒐集第一手資料，再對文獻進行分析與探討。

2. 深度訪談

從訪談中瞭解居民對環境治理的情形與觀點，分析九寮溪的空間脈絡、文化意涵及其權力變化，建構九寮溪治理的結構與演變，以及社區內部的運作過程及組織規則，並釐清影響參與者的行動因子，透過半結構式訪談，彌補現有資料不足之處，並統整訪談資料與文獻資料相比對，建立客觀的事實。在制度分析與發展 (IAD) 架構中，行動場域常作為分析的重要關鍵，尤其是參與者部份，與共有資源治理最息息相關，因此，本研究的訪談對象，主要是選取與九寮溪集水區治理有關的人員，包括社區發展協會成員、相關政府單位人員、社區居民等，訪談樣本採用滾雪球方式，藉由受訪者的推薦，尋找後續適當的受訪對象，訪談時間從 2014 年 3 月至 12 月間，共 27 名受訪者。

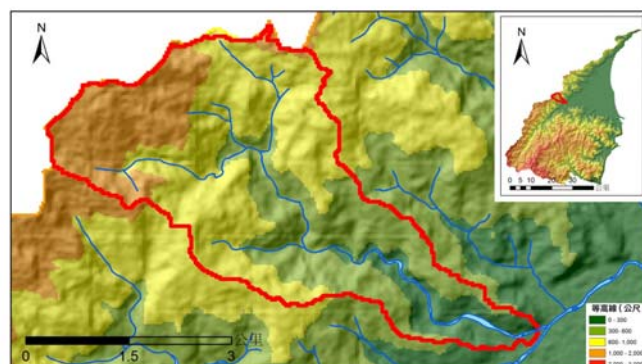


圖 2 九寮溪集水區地形圖

結果與討論

(一) 九寮溪傳統的人河互動模式

1. 遵循傳統泰雅族的人河關係

傳統泰雅族人的遷徙大多以一個親族為單位，當一地的地力或自然資源逐漸枯竭時，則會另外尋覓肥沃的土地遷徙，沿著河流拓展其生存空間，部落空間也順應著流域開展。過去泰雅族祖先自臺灣中部沿著中央山脈往北部擴張遷徙，每每越過山脊之後，到達 Habun(兩河流交會之處)，在 Habun 建立部落，族人再從 Habun 沿著支流向上游建立新的部落，於是來自同一世系群的泰雅族部落，沿著水系在空間中分布展開，而每一個流域的部落群稱為 qutux llyung (指共享一個流域的人)，qutux llyung 是我群認同的一個單位，也是組成 phpang (攻守同盟) 的基本單位，當遇到重大危機時，幾個不同流域的部落群會組成跨流域的攻守同盟對抗共同的敵人 (官大偉, 2008, 2013)。在泰雅族賽考列克 (Sekoleq) 與澤敖列 (Tseole) 系統之間，用以表示「部族」的名詞均是 qotux leliyug 與 qotux gaog，前者為「一條大溪」、後者則是「一條小溪」之意，可發現到以河川流域做為一個部族的領域，是泰雅族的典型型態 (王梅霞, 2006)。由上可知，傳統泰雅族的部落空間與流域的關係相當密切，在傳統的生活場域中，人與河流是緊密連結在一起，並藉由彼此的人地互動產生不同的意義，受訪者也提到「泰雅族是一個狩獵民族，所以他的文化裡面絕對脫不了狩獵這個文化，很多的風俗民情的禁忌、他的習俗，跟獵人的文化是絕對密不可分。」(訪談對象 R6, 2014/10/18)。

官大偉 (2013) 曾指出，早期泰雅族以捕魚、狩獵及耕作為生，其各自與河流有所關係，也都各自有資源利用的調節機制。以捕魚為例，一個流域內的河流包含主流和支流，而捕魚包含個人的射魚、放置魚籠及集體的捕魚，泰雅族人在捕魚中擁有不同層次的資源利用知識，包含河流名稱、魚類習性、獲得和維護魚群的方式及動態協商的過程，捕魚也使得河流不僅是形成社會範疇的物質基礎，同時也擁有再生產社會關係的功能，相較於狩獵的森林，河流是較為友善的場域，不只擁有資源同時兼任著嬉戲玩耍的角色，從這些資源利用的知識中，可看出泰雅族的傳統知識不只是針對資源本身的特性，還包括人與人之間、部落與部落間的社會關係維持，而這些社會關係皆發生在流域所開展的空間之中，顯現出泰雅族與河流關係之緊密，而這些行為也都受到泰雅族的 Gaga 所規範。

泰雅族的社會組織鑲嵌於水系流域之中，流域包含主流與支流，主流是部落取得漁獲的來源，而支流通常不用來抓魚，使得部落間在自然資源的使用上得以監控和調節 (官大偉, 2008)。傳統的泰雅族人在捕撈漁獲的方式上，主要可以分為集體捕魚與個人捕魚兩種，個人捕魚的時節則是隨自己興趣、隨時都可以，私自捕得的漁獲，除自家食用外，多饋贈親友鄰居；團體捕魚是全部落的公共活動，多與歲時祭儀有關，以魚藤毒魚為主，兼具娛樂性 (田哲益, 2001)。泰雅族人的捕魚方式與捕魚工具相當多元，在個人捕魚方面，有射魚、叉魚、誘魚、擋水、網魚及釣魚等方式，並透過自製的漁叉、漁荃、手網、架網或釣鉤等工具捕魚，其中皆蘊含泰雅族的傳統智慧與製作傳統工藝的知識；在集體捕魚方面，主要則是透過植物魚藤，運用其汁液使魚暫時昏迷，再將其拾獲，而利用魚藤捕魚的方法除了泰雅族之外，也可以在其他原住民族的傳統文化中見到，

透過友善且永續利用資源的方式，延續人類及自然的生命。

魚藤，為豆科的藤本植物，其根部含有魚藤酮及魚藤素，具有毒性，原住民族將其視為傳統的毒魚工具，「(魚藤) 那個是我們最傳統毒魚的工具。一般毒藤的話它不會讓魚死掉，它只是讓牠暈，我們有去做這樣一個實際的活動，相對的我們也還是會保留一些我們傳統的捕魚工具。」(訪談對象 C2, 2014/04/12)。在文建會(現為文化部)推動社區營造時，崙埤社區也曾配合活動去操作利用魚藤毒魚的捕魚方式，透過敲打魚藤使其汁液流出，然而，魚藤的毒性只會讓魚昏厥，不至於讓魚死亡，「政府都會說原住民以前打魚好像他們都……(全部抓走)，其實不是，他們(祖先)智慧很高，大小的魚，捕魚要的他會挑(挑走)，其他的都會活回來，不會像現在這樣子，氰化鉀一下去，只要吃到就會死掉。」(訪談對象 C4, 2014/05/18)。就在魚隻昏迷的同時，族人會將所需的漁獲撈起，通常只撈走大的、成熟的魚，將小的魚留下繼續繁殖，其餘未被捕撈的魚類，則會在水流不斷將魚藤的汁液稀釋、毒性消退之後，又可以再度甦醒。

官大偉(2008)提到，依傳統而言，原住民族只在特定的季節使用魚藤捕魚，流域內各部落長老，每年會依照各自鄰近河段或支流的魚群狀況，協商捕魚的時間，使得各個部落能夠輪流在不同時間與主流的不同河段進行集體捕魚，因各部落的時間錯開，且支流往往為提供魚苗成長的空間，而不會用來捕魚，如此輪流使用的調節機制，使得魚群得以維持永續生長。王梅霞(2006)也提到，共有漁區的各部落成員，每年一次聚集在河邊，將具有麻醉效果的毒魚藤(tuba mawtux)放入河中捕魚，漁獲依大小分類之後，再平均分配給各家戶。顯示出原住民族利用魚藤捕魚的傳統智慧，其中涉及到部落內部的集體性與各部落間的協商能力，透過資源調節的方式，避免漁獲枯竭而達到永續的目的。

「我們以前原住民是，只有在一段的時間我們才會去深山去毒魚，大概是魚最肥美的時候，大概是秋末吧。」(訪談對象 C2, 2014/04/12)。崙埤的泰雅族是在秋末的時節才會到深山裡去利用魚藤捕魚，整個捕魚的過程也受到 Gaga 的規範，縱使現在族人已經不依賴捕魚維生，但仍然還是會保留傳統知識與捕魚工具，利用竹子編製的漁荃，其捕魚的方式是將漁荃的開口朝上游，上面利用石頭將漁荃壓住，使其不至於被水流沖走，而漁荃內部有兩道網狀的防線，若魚蝦游進去之後，則會被第二層機關擋住，無法游出來，當族人第二天再去將漁荃拿起時，即可取得漁獲，如此的捕魚方式，不僅不會導致濫捕、濫抓，也可以維持河川生態的永續。

傳統泰雅族人在運用鄰近的自然資源時，無論是山上的獵物或是溪裡的漁獲，皆重視永續利用，避免竭澤而漁，因當時的人依靠狩獵與漁撈獲得食物，若無法維持永續，則會出現食物缺乏的危機，因此，傳統泰雅族人，補到苦花魚後，便會透過醃製，將苦花魚製成醃魚(tmmyan qulih)，延長其保存期限，傳統而言，醃魚是相當珍貴的食物，食用時，必須將整尾苦花魚都吃乾淨，否則會觸犯泰雅族的 Gaga，將不會受到祖靈的保佑，顯示傳統泰雅族人珍惜食物的規範，並透過 Gaga 的運行，維護生態的永續(王梅霞，2006)。

2. 九寮溪與崙埤社區的互動

在百餘年前即有泰雅族人翻越雪山山脈來到崙埤狩獵，認為該地物產豐富，數年後陸續續有泰雅族人從現今桃園縣復興鄉移入定居，從事狩獵、漁撈及耕種旱作的生活，起初以燒墾為主，種植陸稻、番薯、山芋等作物，直到日治時期政府鼓勵水田耕作，才在九寮溪岸兩側的平坦地，開墾水田，以增加耕地面積及農作收穫(謝本源，2005)。王梅霞(2006)曾提到，泰雅族在日治

時期前是以小米和陸稻為主食，土地為部落公有，到了日治時期，日本政府於 1939 年強制徵收土地，但部落居民種植水稻，插秧、除草及收割均和傳統時期一樣盛行換工。雖然日治時期崙埤社區的水稻田曾盛極一時，但隨著經濟產業變遷，水稻田逐漸減少，甚至消失，目前在九寮溪畔或社區附近已難再見水稻蹤跡，相反地，小米的種植卻一直延續下來，面積雖然不多，但卻是崙埤社區重要的文化傳承，居民對小米的印象也特別深刻，尤其是換工制度，緊密維繫著部落族人的社會網絡，也是族人另類的集體行動。受訪者回憶從前部落小米收割農忙時期，常見到崙埤部落內的集體換工的情形，「就是說我們一個家族，家族是宗親，那就好幾戶了耶，比如說，我的（小米）今天割了，你那邊已經熟了，我這邊假如說一定要割的兩處，我們先把他弄完，我可能還有三個地方也還沒有（成熟），那個時候馬上要到你那邊，因為你那邊熟了嘛，大家都要這樣輪流。…比如說我這邊先做了兩天，（你那邊也是）兩天這樣，或者是一天、一天、一天，然後一天、一天、一天這樣，大家都很公平，以前不用講都是這樣，所以長者他叫你怎麼樣，你就得怎麼樣。」（訪談對象 R4，2014/07/08）。另一位受訪者也提到過去部落內換工的情形，「以前是換工，挖一挖好了以後，我的是旁邊，他來幫我挖這樣，以前就是這樣的，以前沒有什麼社區金錢來往，都是用換工的，是這樣過來的，可是現在就不一樣了，現在沒有了。」（訪談對象 CG4，2014/07/08）。由受訪者所述可見，早年部落內依然存在著集體性的換工制度，只是隨著資本主義的發展，換工制度逐漸被有貨幣交易的主雇關係取代，使得現今崙埤的小米採收也是以雇工的方式，「我們就是隨時等待啊，我們看到她（小米種植戶）已經在全副武裝我們就要準備…，那個要採收（小米）的時候去換裝就過來了啊，要不然就直接來這邊啊！」（訪談對象 R3，2014/06/14）。雇工的工資則是以小時計算，而換工制度轉變成為主雇關係，使得原本換工制度所能夠彰顯的部落集體性，也逐漸消失。

泰雅族人遷居之後，九寮溪便是崙埤部落族人的活動場域，「九寮溪那地方以前就是我們部落工作的地方，水田和保留地都在那邊。」（訪談對象 C1，2014/03/15）。廣義而言，九寮溪的集水區便是屬於崙埤部落泰雅族人的傳統領域，部落族人除了到山林裡放陷阱狩獵以外，也會到九寮溪撒網、利用漁荃或是石頭擋水等方式捕魚，此外，居民也會引九寮溪的水做為灌溉使用，「九寮溪那附近的田地，都是用九寮溪的水灌溉。」（訪談對象 CG4，2014/07/08）。以前在九寮溪沿岸兩邊較平坦處都是水田地，範圍不僅是現今原住民保留地的部分，更包含現今林務局所管轄的林班地，當時的居民靠著狩獵、漁撈、種植稻米，過著自給自足的生活。

起初九寮溪是泰雅族人為主的活動場域，直到晚近由於伐木業的興盛，使得大批的漢人來到九寮溪附近的山區從事伐木工作，而此處正好為大同鄉內伐木區域的第九個工寮站，因此，將其稱之為「九寮」，爾後也成為「九寮溪」名稱的由來。當時約有 3、40 戶的伐木工人居住於此，伐木工作持續幾年之後，隨著山區有價值的木頭逐漸砍伐運出後，伐木工作也告一段落。此後，一直有伐木工人遷出，最後僅剩下零星幾戶留在九寮溪附近居住，而這些留在此地的漢人居民，藉著做零工、種花生、地瓜、養豬、養雞等方式過日子，儘管漢人所居住的區域與崙埤主要的泰雅族聚落仍有一段距離，但崙埤的泰雅族人在漢人移入之後，即共同生活，根據受訪者回憶幼年上學時的情形，「那個時候好像 10 幾戶，他們（指漢人）孩子讀書都要一大早走，走到這邊，回去就便當揹著一直跑，我們學校是在上面，這個山的部落，他們還要從河床（過來），（當時）還沒有公路，還沒有開通，常這樣子繞…」（訪談對象 BG1，2014/04/12）。直到 1970 年代留在此地

的漢人開始在鄰近的山坡地種植茶葉，使得九寮溪旁的林家巷成為崙埤主要的茶葉經營區，現今許多遊客在健行步道過後，也會在此處的茶行或攤販喝茶、稍做休息。儘管有漢人的移入，使得九寮溪不再只是以泰雅族為主的場域。不過，崙埤的人口組成結構，仍然是以原住民族為主，漢人僅尚不及兩成的人口。

在 1960 年代之後，九寮溪經歷多次的自然災害，河水氾濫、水田流失後，居民漸漸不再種植水稻，「從民國 67 年開始以後就都沒有耕種這個稻子。……67 年到 80 年，都有種茶、種香菇，80 幾年之後就沒有了。」(訪談對象 BG1, 2014/04/12)。水稻田廢耕後改種柑橘或柚子，約在 1975 年後改種茶、香菇等作物，1990 年代之後，隨著耕種的人口不斷減少，沿線幾乎已經沒有居民耕種。謝本源 (2005) 指出，50 年代後，崙埤受到交通及貨幣使用的影響，族人開始無法藉由糧食以達到自給自足的情形，居民除了仍延續原有的農耕以外，也對於狩獵行為逐年有所節制，多數居民利用農閒時間外出打零工或從事其他的農事，賺取額外的工資。由此可知，九寮溪與崙埤泰雅族人傳統的人河關係，以及集體的換工制度，受到現代化及資本主義的影響，使得該地的人地互動關係轉變，不再以捕撈九寮溪的漁獲、引用九寮溪的水源灌溉耕種維生，儘管九寮溪仍被居民視為崙埤的傳統領域及活動場域，但與土地的連結不再如此緊密，泰雅族人的生存世界也不再是以流域為開展的中軸線，國家主權與資本主義的影響，改變了長久以來傳統泰雅族的人河關係。

3. 封溪護漁行動的開始

在現代化開發之前，九寮溪及其周邊的生物種類相當多，並延續至近代，不過也因此有許多漢人看中當地豐富的水中生物，尤其是肥美的苦花魚，而來到九寮溪進行電魚，甚至是使用劇毒氰化鉀毒魚，使得整條溪流中的生物遭受破壞，「那個什麼氰化鉀，一下去是整個沿線都不見，連個青蛙也不見！」(訪談對象 G2, 2014/07/08)。使用化學藥劑毒魚，對九寮溪的生態造成嚴重的衝擊，且泰雅族的漁撈為僅次於狩獵的生產方式，「河川之於泰雅族，如同身體之血脈，魚群則像五臟六腑，沒有河川魚群，部落就失去生命的憑依。」(顏愛靜、孫稚堤, 2008)。崙埤社區居民有鑑於九寮溪的水中生物逐漸消失，遂萌生護溪的念頭，由於「護溪」的行動，僅針對電魚及毒魚等違規行為做預防，效果有限，因此，崙埤居民想採取限制更為嚴格的「封溪」，並於 2001 年由居民發動連署，向宜蘭縣政府漁業管理所 (簡稱漁管所) 依照漁業法第四十四條第四款，申請封溪護漁，禁止以任何方式捕撈水產動物及水生植物，保護溪流動物，禁止電、毒魚及垂釣，希望恢復九寮溪以往的生態景觀。

九寮溪除了受到電、毒魚的危害之外，在 2000 年時，由於九寮溪堤岸被豪大雨沖毀，崙埤社區向公部門申請經費，將河道、護岸重新整治，加上 2002 年時，行政院文化建設委員會 (現為文化部) 正在推動社區總體營造的計畫，崙埤居民也思考可以如何藉由自身的力量去營造自己的社區，「我們部落有什麼發展可以讓人家看，我們就想說裡面有兩個瀑布，所以我們就想說讓部落這個瀑布，讓它有一個完整的路可以讓大家走。」(訪談對象 R2, 2014/04/13)。當時即有居民認為九寮溪的兩個天然大瀑布，可以發展成為一個景點，提議以九寮溪為主體去發展觀光產業，爾後，在崙埤社區與縣政府的配合之下，2002 年 7 月 1 日起大同鄉內崙埤村的九寮溪、松羅村的松羅溪、樂水村的瑪崙溪、四季村的四重溪以及寒溪村的古魯溪，此五條河流域由宜蘭縣政府公告封溪，鄰近的南澳鄉東澳南溪、東澳北溪、南澳南溪、南澳北溪與澳花楓溪也公告封溪，而在 2004 年時，大同鄉英士村的排骨溪、樂水村的東壘溪以及寒溪村的出水溪也展開封溪護漁的行動，此時可堪

稱宜蘭縣大同鄉與南澳鄉封溪護漁最為蓬勃發展的時期。

崙埤社區發展協會也曾去達娜伊谷觀摩，位在嘉義縣阿里山鄉的達娜伊谷，因阿里山公路開通後，導致外來遊客在達娜伊谷電魚、毒魚的情形產生，於是山美村的部落居民開始進行護溪保育的工作，並於 1995 年成立「達娜伊谷自然生態公園」，一方面藉由護溪恢復達娜伊谷的生態環境，另一方面藉由發展觀光以提升部落經濟，達娜伊谷也因而成為一個著名的景點，成功帶動觀光以及地方的產業發展。而崙埤居民認為崙埤的自然環境相當良好，並不亞於達娜伊谷的景色，因此，達娜伊谷就成為崙埤社區的學習對象，「因為去達娜伊谷觀摩之後，就想要效法他們推生態觀光、生態旅遊。」（訪談對象 C2，2014/04/12）。受到達娜伊谷護溪成功的案例影響，加深崙埤居民想效法達娜伊谷推動生態觀光的念頭，認為崙埤可以藉此發展以九寮溪為主體的「九寮溪生態教育園區」，並結合溪流保育與觀光發展的概念，除了恢復九寮溪的自然生態，同時也可以吸引遊客造訪，在保育生態之餘也能夠增進居民的福祉、促進經濟發展，若只是一味的要求生態保育，以當地居民的發展做為保育的代價，忽略區域內居民的生活水平，對於該地區的居民並不公平。湯京平、呂嘉泓（2002）也曾提及，本於永續發展概念中照顧弱勢團體的人文關懷，強調生態保育的同時，必須尋求居民對該地區自然資源的利用，來幫助其擺脫貧困的狀況。因此，在從事社區營造同時也應當伴隨當地產業的發展，將九寮溪多樣性的生態當成契機，藉由發展地方觀光產業，吸引人潮、帶來商機，促進當地農產品的銷售，從改善生活環境開始，逐步帶動地方發展，最終也希望促使居民能夠在地就業，以改善原住民族社區青壯年人口外流的問題。

（二）公部門與九寮溪的治理發展

1. 九寮溪遊憩發展歷程

九寮溪於 1995 年時，由當時的原住民政務局委託規劃「九寮溪自然生態遊憩區」，起初規劃方向採高度開發，但時任的大同鄉鄉長認為九寮溪擁有原始的自然生態風貌，應該加以保護，於是改採低度開發。1999 年，九寮溪自然生態遊憩區第一期工程完成護岸、停車場、植草磚，第二期工程於 2000 年 9 月底完成親水區低水護岸及整建露營區、烤肉區，並改善道路景觀、增設路燈，設置解說牌和指示牌、停車場等。2000 年時，大同鄉公所公共造產委員會研擬九寮溪自然生態遊憩區的管理辦法，希望未來九寮溪自然生態遊憩區將配合大同鄉內的松羅村與崙埤村，甚至遠至三星鄉，成為一個倒三角形的帶狀觀光勝地。

同年在 2000 年時，宜蘭縣政府認為溪流中出現的電魚、毒魚行為，會破壞當地的自然環境，為了維護宜蘭縣的良好自然資源，宜蘭縣政府責請各鄉鎮共同開會，並提出封溪護漁的概念以及兩個操作方案，分別是藉由保護區的概念來保育溪流資源，或者是透過漁業法的規定實施封溪護漁，經過分析評估後，礙於保護區推行曠日費時且所需的人力較多，因此，決定透過漁業法第四十四條的方式，進行封溪護漁，藉此保育溪流的水中生物，避免遭受電魚、毒魚的危害，並由宜蘭縣的大同鄉與南澳鄉率先推動封溪護漁。2001 年時，正逢文建會推動社區總體營造計畫，因此，崙埤居民也開會討論對於九寮溪及部落願景的想像，希望能恢復當地的自然生態環境，經過村民的連署與申請，宜蘭縣政府在 2002 年 7 月 1 日起公告全面封溪兩年，禁止釣魚、網魚及炸魚等行為，違反者將處三萬元以上、十五萬元以下罰鍰，「那時候（封溪護漁）連署好像也不少哦，差不多有 300 人！」（訪談對象 BC2，2014/06/13），此外，社區居民也在此建造簡便的木橋供遊客

行走，由此可以看到在封溪護漁初期，居民所展現的強烈凝聚力。

儘管從 2002 年開始，九寮溪就一直處於封溪的狀態，但遊客依然可以下水嬉戲、賞魚，但禁止捉魚、撈魚，同時也嚴禁在溪邊烤肉，若想烤肉者可到岸邊已規劃的烤肉區，該位置離溪水較遠，雖不至於直接破壞溪流生態，但遊客仍需自行將垃圾帶走。2003 年宜蘭縣政府以生態工法整治九寮溪，利用溪石堆砌出十多個溪水池，供魚群洄游，最下游另闢三個戲水池，供遊客戲水消暑；2004 年時，將原有的野溪改為魚梯，不但讓魚有棲息地，也可減緩溪水對河床的衝擊。九寮溪從 2002 年 7 月 1 日開始封溪護漁，當 2004 年時，為期兩年的第一階段護溪計畫結束後，崙埤社區再度申請封溪護漁，持續維持九寮溪的封溪狀態，之後並擴及到崙埤野溪也一併進行封溪護漁工作，最近一次的封溪申請是 2015 年為期兩年的封溪計畫，時效直到 2017 年 12 月 31 日止（宜蘭縣府農漁字第 1040006662B 號），崙埤部落已持續封溪護漁長達 16 年之久。

2010 年由林務局所規劃的九寮溪自然步道，屬於宜蘭太平山區域步道系統，從路線規劃到步道整建，均由羅東林管處和崙埤社區共同合作，透過當地的泰雅族人協助設計並參與施工，沿著九寮溪自然步道前進，沿途可經過生態觀魚區、泰雅族的民族植物區，接著到臺灣赤楊及野百合種植區，經過篤農橋、豁雲橋、巴尬橋、巴尬吊橋、哈隘吊橋以及臨瀑橋，再繼續步行，即可到達九寮溪瀑布，沿途皆設置解說牌，並採用泰雅族圖騰，橋的命名也與泰雅族傳說相關，形塑出在地的泰雅文化特色。2011 年 9 月，林務局羅東林管處費時一年，開闢長 1.8 km 的「九寮溪自然步道」正式啟用，由於九寮溪步道每月吸引眾多遊客，因此，九寮溪步道再延長 1.2 km，全長共 3 km，並於 2013 年 1 月正式啟用。此外，林務局羅東林管處與崙埤社區結合，推動社區林業計畫，並在九寮溪入口及沿岸進行綠美化，種植臺灣赤楊、山櫻花、野百合等民族植物。儘管九寮溪起初由鄉公所規劃為自然生態遊憩區，而在開始封溪護漁之後，受到不同部門的經費挹注，並透過公部門及新聞媒體的大力宣傳後，使得九寮溪每個月都吸引眾多遊客到訪。

在 2001 年，崙埤居民開始討論封溪護漁以及社區營造時，部落裡老一輩的居民認為這牽涉到許多泰雅族的傳統知識，以前的 *Gaga* 就是這樣，期待能夠恢復到泰雅族傳統的模式，同時也期望透過公權力的執行，能夠有更好的成果。此外，大同鄉公所也積極尋找其他公部門的資源，希望社區有更多的資源後能夠自行推動更多的社區工作，因此，崙埤社區從 2002 年九寮溪開始封溪護漁後，初期主要藉由居民義務性的集體行動運作，爾後則逐漸開始尋求外部的資源挹注。

在九寮溪發展的過程中，可以發現除了崙埤社區居民參與外，也受到公部門經費挹注的影響，「發展協會是社區的，他們（社區發展協會）都是在辦一些我們社區的活動，然後有些經費也是透過他們寫計畫，然後才來給社區。」（訪談對象 B1，2014/03/16）。公部門提供許多計畫經費，崙埤社區也積極申請，包括文建會、勞委會（現為勞動部）、原民會、水保局、林務局、宜蘭縣政府等公務機關，而在這之中，可以發現儘管各單位目的不完全相同，但大方向皆是希望透過九寮溪的自然景觀吸引人潮，促進社區發展，尤其是原民會提供許多經費的挹注，鄉公所也成為中介者的角色，幫忙社區尋求資源，以支持社區自主的運行。

然而，儘管起初林務局較著重於松羅國家步道的治理，但九寮溪封溪護漁後，由於社區內部強烈的凝聚力，使得九寮溪逐漸受到林管處的大力支援，在 2011 年時，興建多項工程以及延長步道的整建，林務局也因社區自行建造的便橋，每遇颶風豪雨被沖毀後即需要重建，在社區的要求之下，陸續建造六座以泰雅族故事命名的橋樑，並在 *Gaba* 瀑布前建設觀瀑平台，提供遊客休憩，

若林班地內設施受損，社區也會轉請林管處修復，在林班地內，無論是環境維護或硬體設施，皆由林管處處理。此外，林管處也從事自然生態研究，如動植物、昆蟲等生物調查，以及培訓生態及導覽解說人員等。

2. 公部門與法令規範

2002年，九寮溪依照漁業法第四十四條第四款，申請封溪護漁，促使居民及公部門開始整治九寮溪周邊自然步道，其地權歸屬可分為下游的原住民保留地與中上游林務局的國有林班地，分屬兩個不同的單位治理，「當然土地的使用的話，要看土地的主管機關是哪一個機關，然後社區在這邊需要用到這個範圍的土地，那當然要機關的同意嘛，那跟公所這邊是沒問題，林管處那邊也沒問題，所以就是我們的步道漸漸出來了，然後一些便橋啊、還有那個瀑布的觀景台，設置就還蠻完善的。」(訪談對象 G1, 2014/06/13)。當初，社區想要整治步道時，由於涉及到土地使用的問題，需經由土地的主管機關同意，經與林務局羅東林區管理處及大同鄉公所積極討論後，九寮溪自然步道在各單位的共同合作下逐漸成形。中上游的林班地，九寮溪沿線皆是運用林務局的資源，由林務局協助硬體設備的興建與治理工作；下游公有的原住民保留地管理單位為大同鄉公所，由鄉公所來配合辦理。「一開始就是想要原本這個樣子(保留九寮溪的原貌)，然後封溪，然後不要再做其他工程了。」(訪談對象 CG2, 2014/06/13)。無論是林務局、大同鄉公所或是崙埤社區，對於九寮溪皆希望以低度開發、維持生態的方式，達到吸引人潮的目標。由於鄉公所與林務局均為公家機關，在法律規範內，均能透過協商達成共識，不致因各單位理念不同而導致衝突的產生。

崙埤社區發展協會屬民間團體，財源不足需要向公部門申請經費，當社區發展協會有能力撰寫計畫書時，就由社區自行提報計畫申請經費，倘若撰寫計畫遭遇困難時，則會商請鄉公所幫忙，鄉公所同仁也會盡量輔導協助，「在我們鄉(大同鄉)的層級，我們有能力的部分的話，我們也會支援他們(崙埤社區)。」(訪談對象 G1, 2014/06/13)。由於宜蘭縣政府需要兼顧各鄉鎮需求，較無多餘的資源直接協助崙埤社區，以九寮溪而言，縣政府在九寮溪治理的著力實質上較少，主要的關鍵行動者為大同鄉公所。

由於封溪護漁以兩年為限，到期前社區必須主動提報鄉公所申請繼續封溪，鄉公所才能進行後續處理，若是社區並未提報，鄉公所則無從介入，常會造成九寮溪封溪護漁的空窗期，進而導致遊客與居民間的衝突。封溪護漁能否持續運作，與社區主事者的領導能力密切相關，此外，撰寫計畫的文書人才也至為關鍵，近年來崙埤社區常有人力不足之窘境，人才培育及養成為影響崙埤永續發展的重要因素之一。

2013年底，崙埤社區向勞委會申請的多元就業方案結束後，除了展售中心的攤位仍然由社區發展協會管理外，礙於社區經費不足，無法負擔九寮溪環境治理與整潔維護人員的支出，且因九寮溪的公共用地及財產所有權均屬大同鄉公所，在社區無法單獨治理情況下，九寮溪的治理工作則逐漸轉移回到鄉公所來負責。因此，鄉公所也開始編列預算，雇用人力從事環境維護工作，「因為環境、區域、財產所有權是公所的，勢必要輪到公所這邊管理，因為是公家用地。」(訪談對象 CG1, 2014/03/16)。以原住民保留地而言，大同鄉公所為當地的管理機關，其上為宜蘭縣政府，中央主管機關則為原民會，若崙埤社區有使用上的需求，會先與大同鄉公所溝通，鄉公所再呈報到宜蘭縣政府及原民會，經主管機關同意後即可使用。例如崙埤社區曾建議興建展售中心，販售當地特有的農特產品，促進遊客的消費，因該地需要土地使用同意書才能興建，於是透過鄉公所

的協助，申請原民會的經費補助，完成展售中心之興建，之後再交委由社區承接管理；又如九寮溪遊客服務中心的土地，經鄉公所變用地類別後，請求原民會補助經費興建遊客服務中心及公共廁所，鄉公所再申請撥用，提供遊客諮詢導覽等服務。上述案例均顯示出，崙埤社區、大同鄉公所、宜蘭縣政府及原民會的緊密合作，對九寮溪周遭原住民保留地的多元使用具有正面助益。

大同鄉公所與崙埤社區密切配合，但主客關係略有不同，「因為九寮遊客服務中心是我們（鄉公所）的，我們要去主導那邊的人，主導性要稍微比較強，那畢竟是我們鄉裡財產，我們有進駐人員在那邊，我們要推動各項事務，社區要配合我們。」（訪談對象 G2，2014/07/08）。過去九寮溪治理是由社區主導推動，設法提升部落的經濟產業，促進社區發展，大同鄉公所處於輔導角色，但晚近由鄉公所全權接管後，因為九寮溪遊客服務中心屬於鄉公所所有，變成由鄉公所主導，進駐人員在遊客服務中心推動各項事務。由於九寮溪的範圍太大，鄉公所的資源有限，因此，目前除了行政作業的規劃外，主要編列的預算還是著重在環境的維護。除此之外，由於九寮溪的土地使用，涉及到原民會所轄的原住民保留地，及國有財產局所有的國有地，或是林務局所管的林班地部分，鄉公所較能夠以公家機關的身分，協調土地的使用，至於社區發展協會本身為民間團體，儘管在早期多次提議要由社區推動收費，但最後都因受限於法規，包括地方制度法、公共造產獎勵及管理辦法與規費法的限制而做罷。不過，2014年9月，宜蘭縣政府通過「宜蘭縣自然步道服務設施清潔維護自治條例」，使得宜蘭縣境內的自然步道，可由其主管機關提出計畫申請，依規定收取環境清潔維護費，但至目前為止，大同鄉公所尚未提出九寮溪環境清潔維護費的申請。

另外，在鄉公所決定申請停車場的撥用之前，也曾考慮過以公共造產的方式從事九寮溪的收費與經營，但因涉及公共造產在經費的預算、人事、成本、管銷等皆需要自負盈虧，若將九寮溪整個集水區做為公共造產，又將涉及到土地權屬問題，以及河川流域管理的法律規範而做罷。依照現況而言，由於九寮溪的硬體設備為鄉公所所有，加上多元就業方案結束後，人員也由鄉公所挹注，因此，目前對於收取規費較為折衷的方式，即為對現今停車場範圍的土地，由鄉公所向原民會申請有償撥用，再透過自治條例去收費，藉此彌補鄉公所不足的經費。「九寮溪的公共設施是政府機關做的，如果將來收費的錢，要如何使用，還是應該要由公家機關來負責比較適合。」（訪談對象 G3，2014/07/09）。九寮溪所收取的費用最終還是要回饋到九寮溪的使用上，譬如清潔人員或是遊客服務中心進駐人員的費用，目前此部分也還在積極的推動當中，鄉公所期望能夠盡快完成計畫、自治條例及土地的撥用，使得九寮溪不至於因經費不足而中斷其觀光發展，因此，大同鄉公所決定採用爭議性較小的收費停車場，藉此彌補九寮溪治理經費的不足。

（三）崙埤居民的集體行動

1. 社區自主的集體行動

九寮溪自從 2002 年依法申請展開封溪護漁後，雖然前一、兩年有部分居民持反對意見，不過在多數居民極力支持，想要維護九寮溪自然生態環境的聲浪之下，社區發展協會與居民經過多次溝通協調，終於達成以生態教育作為未來發展願景的共識。儘管封溪護漁期間，也曾發生過外地人與在地人至九寮溪釣魚、抓魚，但經過通報後，皆一律依法送辦，如此一視同仁的鐵腕政策，雖招致部分居民不滿，但也顯示出多數居民對於九寮溪封溪護漁的決心。此外，社區居民為了維護九寮溪的自然環境，避免外人進入破壞生態，社區發動在地的力量，號召居民利用竹子與帆布，

採用原住民族傳統的建築方式，在九寮溪的入口處設置了一個簡易的管制站，「封溪護漁白天還好，晚上人家偷偷進去，沒有人在入口顧不行，所以社區理監事就開始義務排班。」（訪談對象 C1，2014/03/15）。由於社區居民也擔心有心人士會在晚間偷偷進到九寮溪從事不法行為，因此先由社區發展協會的理監事開始在管制站義務值勤、巡溪，「居民全部組織起來推動管理委員會，要封溪護漁不是只靠一個人，大家一起來，大家願意配合，大家來報名，報名一大堆人來，然後就排班，排好班，一人一班，時間到你就來排，我們用這樣的方式來這邊管制，管制別人不要進去破壞生態。」（訪談對象 C4，2014/05/18）。初期除了社區發展協會的理監事每個人需要負責幾天的巡溪工作之外，社區也另外招募一些志願參與巡溪的人員，包含社區內生活較無虞的公教人員、工作較穩定者或者是有心願意幫忙的居民，星期六或星期日付出一、兩天，自發性、義務性的幫忙從事巡溪工作，時間長達兩到三年。湯京平、呂嘉泓（2002）從山美和里佳經驗談社區自治與共享性資源管理時指出，面對共享資源（common-pool resources）的迅速耗竭，與其等待政府編列預算或人員進行稽查取締，不如自己透過積極的集體行動來改變現況，而這類的集體行動，又以原住民社區所擁有的傳統網絡與社會文化特性，最容易成功地動員。由此可見，無論是鄒族或泰雅族，其社會網絡的結構是較為緊密的，縱使已無以往的集體換工制度，然而崙埤居民主動參與九寮溪保育的工作，其意涵不只是強調社區參與環境資源管理的在地性，更凸顯出社區的集體性與自主性。

管制站建設完畢後，社區便開始整理河床，由社區發展協會及崙埤青年會，號召社區居民進行河床周遭環境清潔，使得九寮溪變得較為容易親近。在通往九寮溪瀑布的步道是以前族人打獵時的獵徑，無需另外開闢路線，但獵徑本身寬度較為狹小，「因為那個步道，以前就跟那個山豬一樣，這麼小。」（訪談對象 R5，2014/10/18）。因此，社區將獵徑加以整理並拓寬，以利遊客行走，此外，為了避免遊客涉水過河，或因踩踏青苔滑倒而造成意外，社區再度動員居民搭建便橋，「為了讓他們不要涉水、減少碰冰冷的水，然後又怕危險，我們做了很多橋。」（訪談對象 C4，2014/05/18）。從管制站入口到九寮溪瀑布，一共需要建造六座橋，居民就近取材，應用傳統的建築智慧搭建簡樸便橋。由於颱風大水時，便橋常被溪水沖走，居民一年要重做數次，備感辛苦。

崙埤居民封溪護漁的集體行動持續幾年之後，讓原本沒沒無聞的崙埤社區，漸漸被人所知，崙埤社區的共識與居民的行動力也為人所重視。「可是人會彈性疲乏，我們原住民生活水準本來就很低，每天在那邊做白工不可能，也許一次、兩次覺得稀奇很不錯，可是一個禮拜、幾次以後，一直要做，又辛苦、又沒錢，禮拜六、禮拜天還必須被綁在（九寮溪）那邊去做，那怎麼辦？還是要養孩子啊。」（訪談對象 C4，2014/05/18）。封溪護漁這樣的義務性活動，初期居民因為新奇有趣且希望為社區貢獻一己之力而參與，可是持續一段時間後，許多居民受限於經濟因素，必須外出工作賺錢，無法持續參與九寮溪的活動，導致許多居民開始逐漸退出集體行動，使得九寮溪治理行動漸弱，因此，社區發展協會開始轉而撰寫計畫，向公部門申請經費的挹注。

2. 外部資源的挹注

由於封溪護漁初期崙埤社區缺乏資源，九寮溪的巡溪人員為義務幫忙，因此，社區希望擁有固定的人力，從事環境整理、綠美化工作，乃向勞委會（現為勞動部）提報多元就業方案，前三年為社會型方案、後三年為經濟型方案，共六年的人力資源，直至 2013 年底勞委會的多元就業方案結束之後，社區再度出現經費短缺與人力不足的情形，因此，大同鄉公所乃挹注兩名清潔人員，

從事九寮溪的環境清潔與維護管理工作。

此外，崙埤社區也透過農委會水土保持局的計畫，利用生態工法進行九寮溪河川整治，使用階梯式的固床工整治，並設置水泥護岸，外觀再堆砌石塊，如此工法引起社區居民的不同意見。支持的居民認為，為了保護沿岸土地，不得不使用水泥做坡坎，否則豪大雨或颱風來時，豐沛的水量將掏刷河岸，「這個溪沒辦法完全凝固起來，有利有弊，當然人家說破壞生態，我覺得不是破壞，這是在保護。」(訪談對象 BG1, 2014/04/12)。反對的居民則認為，生態工法只是表面，在水泥施作時，已經破壞該地的生態，以前的九寮溪彎彎曲曲，可以流的較長、較遠，但因為工程的實施，使得九寮溪彎曲的部分被截彎取直，下過雨之後，溪水都直接流入蘭陽溪中，「因為以前溪水可以蠻長，都在地表面上行走，你做工程的時候把那個挖來挖去的，再回填，雖然是一樣的路徑，但是那個水往地底下滲透去了，還要等很久才會慢慢恢復。」(訪談對象 CG5, 2014/06/13)。由於現在的水較淺，導致大雨來襲時，水量又急又湍，「颱風一來那個雨喔！魚蝦游走了，游到太平洋去。」(訪談對象 CG1, 2014/06/13)。因此社區居民向水保局反映，建議採用魚梯方式，可讓颱風季節被大水沖至下游的魚蝦，能在水勢較穩定時，洄游至原來生長的地方繁殖。

另外，崙埤社區也向原民會申請重點部落以及特色部落的經費，進行社區綠美化及加強崙埤的基礎建設。社區也向大同鄉公所及宜蘭縣政府申請經費，加強九寮溪及崙埤社區的軟硬體設備，鄉公所也會幫忙爭取原民會的經費挹注，「申請了很多的經費下來在整個崙埤這邊，就整個崙埤，所以你看把九寮溪前半段，因為前半段一定要社區來營造，後半段才是林務局。」(訪談對象 BC2, 2014/06/13)。整體來說，在九寮溪下游的原住民保留地部分，皆依靠公部門資金的協助從事環境的清潔整理及硬體設備的建設；而中上游的林班地，則由林務局的羅東林區管理處所負責，崙埤居民強烈的凝聚力與集體行動的展現，使得崙埤社區在九寮溪治理的初期，成功的凝聚內部力量並吸收外部資源，獲得較佳的成果。雖然透過政府資源的挹注有利於改善社區的經費需求，但有部分居民卻持不同看法，「儘管一開始有靠政府補助，但後續應該要由社區自己繼續推動，不能一直靠政府的經費。」(訪談對象 C5, 2014/05/19)。如何讓社區能自力更生、自行運作，避免對政府經費的過度依賴就越來越重要。

3. 集體行動的消退

儘管九寮溪治理的中期，擁有相當多的外部資源協助，不過一旦社區沒有爭取到公部門的資源後，社區的行動幾乎都必須暫停，以前除了縣政府有兩三名約雇封溪護漁的人員有支薪外，其他多為社區的幹部及會員，自發性、義務性的去巡溪，在 2002 年封溪護漁的初始期，社區居民相互安排人員輪流值班巡護九寮溪，綠美化的工作也是由社區發動居民去協助，不過，社區居民也必須要有經濟收入，無法長期要求居民犧牲奉獻，此外，隨著封溪護漁逐漸有起色，來到九寮溪遊玩的人潮越來越多，居民表示遊客會亂丟垃圾、製造髒亂，其環境整潔勢必需要有專人維護管理，因此，社區申請了勞委會六年的多元就業方案，然而，部分居民認為九寮溪治理的受益者除了攤販之外，僅限於這些約聘人員，人潮反而帶來噪音與髒亂，一般的社區居民並無因九寮溪的大量人潮而受惠。

在九寮溪管制站入口以及九寮溪步道的前方，都設有社區發展協會管理的展售攤位，九寮溪展售攤位申請的方式為崙埤社區有意願者皆可申請，每兩年抽一次籤，依照抽籤所得到的位置擺攤，每個月需支付租金、電費另計，社區發展協會需負責保持水源的暢通及維修事宜，而因為攤

位仍有許多空缺，後來也發展出單日租用的臨時攤位，但租金較高。不過，申請攤位的人通常少於攤位數量，因此常會發現許多攤位都是空著的、無人經營，「因為要先付出攤位設備的錢、材料成本這些，大部份的人無法負擔，通常都是有一定收入，或者是先生有固定工作的人才會有辦法來擺攤。」（訪談對象 B4，2014/05/19）。由於要先付出固定的成本（如攤位的設備、租金），多數居民無法負擔這筆費用，因此，申請攤位的居民通常家庭經濟狀況都是有固定收入，才有經濟能力來申請攤位，另外，有時因為雨季或淡季遊客數少，入不敷出，導致許多攤位於周末才會來擺攤。

九寮溪的沿線除了林班地與鄉公所的原住民保留地外，仍有許多私人用地，「裡面有很多私人用地，他們要發展我們也是不反對，因為跟我們目的沒有衝突，我們是希望能改變地方生活環境，既然地主在那邊可以發展，我們就鼓勵他沒有禁止，但是一些規範，像是車輛那些他們要配合。」（訪談對象 CG1，2014/03/16）。在原住民保留地部分，居民要經營小店或發展，若目的和封溪護漁並無衝突，社區及鄉公所皆不反對，因為主要是希望能改善地方的生活環境，既然地主可以在當地發展，也無須禁止，只是仍須遵守社區居民所認同的規範，尤其是車輛的管制。而社區發展協會也是靠政府的計畫補助，若要自主經營會有經費上的困難，因此，多數居民希望九寮溪可以收取門票或清潔費，不過社區居民也認為九寮溪若是收取費用，其經費的使用應回饋到多數的社區居民身上，而非只集中在少數人手中，「在部落我們就是一個團體，我們一起愛這個地方，所以我們去認同這個地方、我們去守護這個地方。」（訪談對象 R2，2014/04/13）。居民認為，九寮溪原為崙埤居民的傳統領域，應屬於全崙埤社區居民的，若收費其回饋機制也應回饋到社區居民的福利上，而不是回饋到少數受到聘用的人身上。

當初，社區的共識即為營造九寮溪，藉此帶動崙埤的在地就業，「讓遊客能夠進駐的話，確實是有他的一個誘使點，只是發現即使有遊客之後，大家一窩蜂在做自己的。」（訪談對象 C3，2014/04/13）。就在人潮漸多之後，居民開始各自發展，有能力者就賺自己的錢，對於社區整體共識配合度、積極度不足，「只是到了成熟時人潮來的時候，應該有錢潮來的時候，大家有能力的，有經濟有財力的都蓋自己所想要的別墅，就變成說，大家的共識就不夠了。」（訪談對象 B2，2014/03/16）。大家的凝聚力也逐漸式微，使得崙埤社區的集體行動也逐漸削弱，現今崙埤面臨的問題為該如何再次凝聚居民的向心力及共識。

關於九寮溪的治理，從 2001 年開始申請封溪護漁起，以社區居民自主性的集體行動為主，之後陸續獲得許多政府部門的經費挹注及支持，到晚近時集體行動逐漸消退，公部門尤其是大同鄉公所在九寮溪治理上則益加重要。崙埤社區的外部計劃逐漸減少，再加上內部的人力資源日益不足，導致居民集體行動消退，九寮溪的治理趨向於以公部門為主的治理方式。譚鴻仁（2003）在探討民眾參與及永續發展的文章中提到，以賽局理論中囚犯的困境（prisoners' dilemma）來說明集體行動，以理性的個人而言，如果其決定參與集體行動則需付出參與成本，若行動成功則會得到成效，行動失敗則是平白付出參與成本；如果決策者決定不參與集體行動，則不需付出參與成本，若行動成功則可以搭便車的獲得成效，若行動失敗，則縱使無法獲得成效但也不需付出參與成本，因此，在囚犯困境的兩種預測情境下，理性個人都會傾向於不參與公共利益的決策、不為公共利益而行動，而傾向成為一個搭便車的人（free riders）。

儘管該假設認為決策者為理性個人，與對社區自然資源有地方感的當地居民不完全相同，但群眾對於共有資源會產生的搭便車心態，仍是相當普遍，這也凸顯出自發性集體行動的可貴。然

而，Ostrom (1990) 認為在時間脈絡下，行動者透過多次的互動與溝通，彼此可藉由制度的建立及聯繫，避免囚犯困境的產生。對於搭便車的情形，Ostrom (1990) 也指出，若使用者群體能清楚劃分資源使用的邊界與成員身份，則群體內部會因緊密互動而產生的工作規則或社會規範，此舉將有助於糾舉在取用 (appropriation) 與提供 (provision) 層面搭便車的人，進而達成共享資源的「自我治理 (self-governance)」(洪廣冀、林俊強，2004)。因此，本研究認為若要促使社區再次凝聚產生新的集體行動力量，應重新界定九寮溪治理中，社區居民與公部門間的主客關係，以及相關的工作規範與制度，使得在地的社群能夠恢復其主體性與能動性，以避免僅是在公部門主導下，成為受聘用的被動參與。

4. 九寮溪的經濟效益

雖然九寮溪吸引眾多人潮，但對社區的經濟助益僅限於少部分，例如民宿、餐飲業、手工藝商家等，尤其是鄰近九寮溪的業者及攤商受惠較多，「你看經過社區、公所這樣整理後，真正受惠的就是他們，尤其是夏天時間人潮更多，冰茶水、咖啡、民宿遊客量都很多。」(訪談對象 CG1，2014/03/16)。夏季人潮最多，當地的農特產品也會在租攤販賣，對生計具有正面影響，不過一般社區居民並無受惠，若非公部門的經費挹注，九寮溪的環境治理並不符合經濟效益，崙埤居民表示儘管不符合經濟效益，但是長年以來每年封溪護漁，已經成為一種慣性，突然要停掉又捨不得，只能繼續堅持下去。

由於九寮溪的自然生態步道不收費用，使得許多旅行業者至宜蘭旅遊時，行程都會安排到九寮溪停留，實為吸引人潮的契機，「上午遊覽車的團客大約在十一點半離開，整團拉出去外面吃午餐，下午的遊覽車大約在兩、三點進來。…團客的消費不一定會比較多。」(訪談對象 B5，2014/05/18)。遊覽車往往都是在午餐前後到九寮溪短暫停留就離開，儘管九寮溪吸引眾多遊客，但對於提升崙埤部落觀光發展的效益有限，「九寮溪對帶動崙埤的觀光效果不大，因為和部落沒有連結，沒有配套。」(訪談對象 B3，2014/06/15)。此外，九寮溪所吸引的眾多遊客，也造成環境髒亂的問題，「不但沒有賺錢，他們的垃圾丟到我們這邊，錢是沒有留著。」(訪談對象 CG4，2014/07/08)。九寮溪周邊的民宿業者也表示，許多投宿的遊客主要是去太平山周遭景點旅遊，較少是因為來九寮溪遊玩而住宿的，由於九寮溪遊客大都來自大臺北地區的一日遊，或者是當地的宜蘭縣民，對於民宿的業績並無太大的影響，「來這邊住宿的，大概超過七成以上的客人是去太平山、明池，因為那邊的知名度較高才來住宿的。他們有時間就往九寮溪逛一下，算是增加一個景點，但是不全然是因為九寮溪來這邊遊玩的或是住宿的，都是順便的。」(訪談對象 BC1，2014/05/18)。此外，因為松羅村的玉蘭社區也鄰近九寮溪，相距約兩公里，由於玉蘭社區發展較早，且是休閒農業園區，以茶葉產業著名，名氣也較大，使得許多遊客選擇到玉蘭社區消費而非崙埤社區，「但是很少消費到我們部落的村民啊，很少，因為這邊都是到玉蘭社區那邊，這個就是我們自己要改變的，我們自己要努力去把那個遊客的胃留住啊。」(訪談對象 CG5，2014/07/09)。

九寮溪目前除了由鄉公所協助環境維護之外，也希望將九寮溪營造為自然生態教育中心，培養在地居民成為解說員，帶領遊客從事泰雅文化生態體驗，兼顧生態與經濟，以低密度的方式發展，結合文化、觀光和生態三大部分，透過生態保育及觀光休閒的發展吸引人潮，使其結合泰雅傳統文化，以促進崙埤居民的生計。陳毅峰 (2008) 曾以花蓮三棧為例，探討生態旅遊中的自然與文化，指出在國家主導下的觀光發展模式，往往缺乏對文化的敏感度，或者是缺乏對原住民族

文化特殊性的理解，即使是原住民相關的產物，也可能抽離了產品生產的社會與文化脈絡，失去與文化及生活結合的「真實性」，部落產業與文化觀光的发展，不能只是走向利潤取向的資本主義操作邏輯，而必須產生對於社會邊緣族群培力（empowerment）的效果，避免公部門對於「產業」的想像，落入「開發、建設」的泥淖中。崙埤社區應以此借鏡，避免觀光產業發展失去在地的文化獨特性，目前當地的泰雅生活館有專櫃在販售大同鄉泰雅族人的文創產品，如泰雅傳統編織、服飾及手工藝品等，崙埤社區可將此資源與九寮溪治理緊密連結，凸顯當地獨特的原住民文化。

5. 九寮溪的管理

崙埤社區居民認為，既然九寮溪屬於崙埤部落的傳統領域，就應該由社區的人去愛護它、管理它，居民不應該也不能脫離在這個環境之外，「大自然本來就是我們都享有的，不是說這個區塊是我們霸佔的，是希望大家都一起來享受大自然的資源。」（訪談對象 B1，2014/03/16）。「崙埤」是屬於這個環境的一份子，如果九寮溪僅僅只是封溪護漁、生態保育，而排除九寮溪與崙埤社區居民之間的人地互動關係，那麼無論何種發展，都將失去在地的支持，崙埤社區強烈表達，九寮溪治理應由在地的行動者去參與。蕭代基等（2003）曾探討參與式自然資源管理，認為區域內的居民、自然資源使用者與生產者都是權益相關者，而自然資源應由分布區域內的權益相關者共同治理，並提出權益相關者參與的主要原則為「貢獻與權利相符原則」，依此原則建立的自然資源地方自治團體，具有較高的效率，也較不會因權利不同而產生社會問題。由內部的參與者自行訂定規範與課責制度，不但可以使得資源的使用達到更高的效率，也可以避免因為資源分配不均所產生的內部衝突。

九寮溪原本由大同鄉公所委託崙埤社區代管，崙埤社區也多次表示希望依靠社區自主的能力管理，透過地方政府公共造產的方式，藉此酌收清潔費或規費，增加基金並開拓自主財源，減少對公部門經費的依賴，讓社區經由自主的治理方式維護基本設施及環境整潔，也可以提供崙埤當地的就業機會。不過由於社區資源有限，且仍然受限於行政部門在法規及經費上的限制，「社區資源還是有限，而且如果將來人潮更多，社區也應付不來。」（訪談對象 C5，2014/05/19），因此，社區在多元就業方案結束之後，與鄉公所達成共識，由鄉公所進行後續的規劃管理，倘若鄉公所需要人力支援時，也希望能夠優先聘用在地居民來協治理，以促進在地就業。

由於居民認為儘管九寮溪吸引眾多人潮，但其不符合經濟效益，使得社區居民希望可以透過收取九寮溪的清潔費、停車費或門票等費用，甚至當九寮溪的水中生物密度夠高時，透過垂釣券的方式收取費用，開放部分區域定時、定點提供遊客垂釣，並且限制可帶走的魚隻大小與總數，期望顧及生態保育與經濟發展，不過受限於封溪護漁，加上有其它社區曾有自行向遊客收取費用而被糾舉的前例，受限於眾多的法令因素，使得崙埤社區想收取費用的念頭，至今仍無法實施。崙埤社區曾擬定九寮溪的收費標準以及費用的回饋機制，希望收取的費用除了用於支付勞動薪資外，也能補貼部落的老人照護與兒童福利等公益事項，由部落維護治理九寮溪，並回饋於部落，透過自主經營達到永續發展。同為泰雅族的新竹縣馬里克彎流域，於 2001 年將尖石鄉河段公告為封溪禁漁保育區，為期兩年內禁止魚類資源的垂釣與捕撈，2003 年將護溪範圍分區分時段的開放收費垂釣，礙於法律規範，由鄉公所負責規費代收轉交護漁協會運用，兩成由鄉公所統籌運用，八成做為社區回饋金，隨著休閒觀光與生態旅遊盛行，部落豐富的生態資源轉變為觀光資源，然而，人潮湧入造成諸多干擾，收益分配的內部衝突也逐漸浮現（顏愛靜、孫稚堤，2008）。

6. 當代的 Gaga

在九寮溪的環境治理當中，主要的經費多來自於公部門，而其治理的制度也受到公部門的計畫與政策所影響，除了部分硬體設施凸顯出泰雅族的圖騰或原住民族的符號以外，其他似乎較少見到泰雅族主體性的治理方式，讓人不禁好奇，泰雅族傳統的 Gaga 是否還繼續存在於社區居民之中？Gaga 為泰雅族的傳統規範，其所指的是祖先所說的話，包含規範、戒律、儀式、規則與禁忌、祭詞、能力、社會契約及習俗等（王梅霞，2006）。在各個不同的泰雅部落都有屬於自身不同的 Gaga，多數的訪談者皆認為，Gaga 還是存在，泰雅族遵從祖靈，而 Gaga 就是在天地之間的秩序、有其主宰。王梅霞（2006）提到，Gaga 不只是外在規範，而且會內化為個人內在靈力，它必須與他人分享或從他人那裡學習而來。「時代進步的太快，我們光復後這一代，我們都出去外面見識過，更何況是五六年級，接觸外面太多也會把原本原住民的一些傳統的 Gaga 變得不注重。」（訪談對象 C1，2014/03/15）。由於現代化的速度太快，加上與漢人社會接觸的頻繁，使得傳統的 Gaga 逐漸式微，變得較不被注重，一般居民主要以國家法律的規範為主，「現在我們原鄉部落的生活習慣和外面沒有兩樣，為了生活必須融合在同樣的一個社會裡面，沒有堅持要傳統的生活模式，頂多就是發揚光大，好的我們保持下去。」（訪談對象 CG1，2014/03/16）。由此可知，在現今社會當中，泰雅族傳統的 Gaga 漸被年輕一代遺忘，但卻仍然存在於許多中老年的族人心中。

「魚藤是我們以前唯一的，以前抓魚就是撒網、擋水，...以前沒有電，你家沒有電的話那怎麼（電魚）。」（訪談對象 CG3，2014/06/13）。反觀，現代使用氰化鉀的化學藥劑毒魚，一旦撒進溪流當中，水中生物皆受遭殃，雖然現在 Gaga 已經式微，但居民普遍認為毒魚本身就是破壞生態，不被允許。泰雅族的 Gaga 在崙埤社區中，是蘊藏在對待自然的過程裡，社區居民積極保護九寮溪自然生態，與 Gaga 有著相當密切的關聯。利用 Gaga 傳統知識與制度於現代的環境治理當中，凸顯泰雅族的主體性，並達成永續發展的目標，使得在地的行動者與國家制度產生新的互動模式，強化自發性集體行動的力量，更妥善治理當地的共有資源。官大偉（2013）分析泰雅族語中指涉部落空間及河流關係的字彙，得知泰雅族從出生地、共食、共同居住、共同獵場至同一個部落群，其皆與河流關係緊密，並指出若能共同遵守 Gaga，則可以創造、維持和物質空間相對應的社會空間，維持一個社會關係的範疇，Gaga 因被共享而得以實踐；此外，藉由身體的感知產生知識並傳遞知識，在在顯示泰雅族在於身體空間、地理空間與社會空間上的關聯，而藉由身體與環境的人地互動，正是泰雅族河流文化傳承的重要方式。

傳統泰雅族人的生活，在以流域為基礎的空間上，藉由輪流使用的調節機制，以及互惠的利用哲學，數千年來與大自然形成永續生存的互動關係。但日治時期以來，轉變為以國家主導的發展模式之下，對泰雅族人的資源利用產生衝擊，族人的流域居住空間，受限於國家法令與規定，河流不再是屬於部落所有。浦忠勇（2012）提及，目前曾文溪上游的治理與傳統的鄒族社會切割，排除鄒族以環境空間、社會文化及經濟生產所形塑而成的河川文化，忽略河川治理的永續性思維，不同的河川治理方式、論述觀點與不同的參與者，也造成河川生態不同的結果，其中因涉及多個群體及公部門的參與者，使得河川的治理形成相互牽動的權力競逐關係。而這種現象也發生在其他許多原住民族部落，例如泰雅族的 Mrqwan 群與石門水庫開發的爭議、瑪家水庫與排灣族及魯凱族的爭議、牡丹水庫與排灣族的爭議、荖濃溪越域引水與布農族的爭議等。在國家以開發為導向的發展目標之下，臺灣許多天然的野溪，也以整治工程的名義，開挖並鋪上水泥塊，造成臺灣

溪流的水泥化，遑論水中生物與溪流資源的永續利用。此外，現今的流域被切割成分屬不同的公家單位，由各單位做零碎的治理，缺乏區域性的整合機制，使得原住民族原以永續發展為目標的傳統土地使用方式，與現代工程開發為核心的國家制度不同，產生不平等的空間權力結構。以目前而言，在公共資源的治理上，應使自然場域成為國家制度與地方主體相互對話的社會空間，並盡可能讓在地的參與者展現其文化的主體性，以及原住民族對於自然資源的自主治理的能力。

結 論

本研究應用制度分析與發展（IAD）架構，探討宜蘭縣九寮溪集水區治理，分析崙埤社區人河關係的轉變，瞭解九寮溪資源使用的制度，以及涉入其中不同尺度權力結構之影響，並探究社區居民參與溪流公共資源的治理中如何凸顯出在地社群的主體性。從研究中發現，早期崙埤部落泰雅族人與溪流已經發展出一套生態永續的傳統互動模式，藉由 **Gaga** 的規範使其運作不息。然而，當國家主權的介入與資本主義的影響下，使得崙埤社群屬性變得現代化，九寮溪人河的互動模式也不再是由 **Gaga** 主導，轉而以現行的法律規範為主。在九寮溪治理上 **Gaga** 已逐漸淡化，且不具有強制的約束力，直到 2002 年居民意識到九寮溪受到電魚、毒魚的危害，水中生物消失殆半，乃透過社區居民自發性的連署申請，依照漁業法第四十四條規定，促使九寮溪實施封溪護漁，保育水中生物的繁衍，社區居民也義務性的展開一系列封溪護漁的集體行動，再現 **Gaga** 的精神與意涵。由於護溪成效顯著，許多公部門對居民的集體行動給予高度肯定，社區也透過申請計畫獲得公部門的經費補助，成功的將內部的凝聚力量轉為外部資源的挹注，也使得義務性的封溪護漁集體行動，轉變成為以公部門的計畫經費支援居民的集體行動，社區逐漸仰賴政府的計畫補助。當社區向政府部門申請經費挹注，公部門審查申請計畫案是否通過或需調整時，也間接影響九寮溪的治理目標與方式，使得由下而上的申請計畫，受限於經費補助的掌控，最終仍由政府部門決定方向，治理的互動協商網絡也受到限制。為了開創財源，崙埤社區也多次表示希望透過收取規費的方式，達到社區自主經營，但卻又受限於法規，遲遲無法落實。九寮溪集水區治理在外部計畫減少及內部人力不足的情形下，崙埤社區無以為繼，逐漸淡出九寮溪治理的集體行動，轉而由大同鄉公所負責，社區參與治理的主體性更為潰散，在地居民配合公部門的治理，無法參與環境治理的決策，僅是擔任協助的角色，而無實質的影響力。

以 **Ostrom** 所提的自主治理共享資源的理論而言，透過在地居民的參與，應可創造資源的永續利用及最大效率，但在九寮溪治理的案例中，卻非如此。九寮溪從封溪護漁迄今，集水區治理歷程可區分為三個階段，第一個階段，社區義務性主動參與溪流保育的集體行動；第二個階段，社區與公部門緊密互動，政府資源挹注社區的集體行動；第三個階段，政府計畫結束、社區人力不足，治理工作轉而由大同鄉公所主導。一開始由社區自主治理，爾後卻逐漸弱化，最後回歸政府部門負責，從 2002 年到 2014 年社區逐漸淡出治理的架構，社區的主體性也逐漸消退，主要原因為：（1）收益分配的公平與效率不彰，使得居民在個人的選擇與集體的行動中出現分歧；（2）缺乏參與制度設計的決策權力，使得社區僅是成為配合或協助治理的參與者，而非擁有能動性及主導性的行動者；（3）監督與課責制度不明確，使得不同行動者間無法清楚區分權責關係。

從制度分析與發展（IAD）架構來看，九寮溪集水區及鄰近的崙埤社區即是本研究重要的行

動場域，在集水區治理的行動情勢中，其情勢變化與參與者密切相關，這些參與者主要包括公部門政府單位、社區組織及當地居民等權益相關人，在封溪護漁及生態旅遊的治理過程中，行動情勢會受到不同參與者的投入與退出所影響，並隨著時間演變而有所不同。崙埤社區及九寮溪集水區的自然及人文環境是重要的外生變數，這些基本條件建構出行動場域，當地泰雅族人的社群屬性及傳統的 **Gaga** 規約也會影響到他們參與集水區治理的集體行動，此外，現行的法律規範對九寮溪的經營管理也是重要關鍵。經由封溪護漁的人河互動後，在不同階段中呈現出不同的結果，如前所述，而這些互動結果進而會影響到外生變數及行動場域。

藉由制度分析與發展 (IAD) 架構來審視九寮溪的集水區治理，我們可以發現，自主治理制度的發展是一個動態的過程，不斷的在演變中。以目前我們的研究結果而言，若要促進崙埤居民再度參與九寮溪治理的集體行動，我們建議可以從三個面向著手：首先應在自主治理架構中加強崙埤社區的主體性與自主性；其次是藉由文化傳承的使命再現傳統泰雅族的人河關係與社會空間；第三則是建立適當的收益分配與課責制度。基於以上三個面向，在實務操作上，首先政府部門應該賦權給地方，讓崙埤社區在九寮溪的治理過程中擁有相當程度的決策權，以建立社區的主體性與自主性，並且在治理的集體行動中，跟相關權益部門或組織建立合作夥伴關係，納入更廣泛的社會生態系統之中。其次，可透過再現泰雅空間的方式，在九寮溪展現生態永續的傳統智慧，透過泰雅族的歷史文化脈絡，強化泰雅文化意涵於九寮溪治理之中。最後，九寮溪不僅是生態旅遊，也是在地的文化觀光，輔導居民共同參與產業發展、提高經濟收益、創造自主財源，並建立適當的收益分配與課責制度。

謝 辭

感謝科技部提供研究計畫經費 (NSC103-2420-H-003-010-MY3)，也感謝崙埤社區發展協會及大同鄉公所的諸多協助，使得本研究得以順利完成，尤其是兩位匿名的審查委員，給予本文諸多建議，讓本文更加嚴謹完備，僅在此致上衷心銘謝。

引用文獻

- 王郁涵 (2008)：《真保育，還是假噱頭？－談臺灣變調的封溪護漁現象》。臺北市：國立臺灣大學新聞研究所碩士論文。
- 【Wang, Y.H. (2008). *Conservation or Attraction? - A Distorted Narration of River Sustainable Development in Taiwan*. Master Thesis, The Graduate Institute of Journalism, National Taiwan University, Taipei.】
- 王梅霞 (2006)：《泰雅族》。臺北市：三民書局。
- 【Wang, M.S. (2006). *The Atayal Tribe*. Sanming Bookstore, Taipei】
- 包正豪 (2009)：〈原住民部落觀光發展的困境與策略－宜蘭縣南澳鄉金洋及武塔部落個案研究〉，《臺灣原住民族研究季刊》，2(4)：87-109。
- 【Pao, C.H. (2009). The plight and strategy of indigenous community tourism development: A case

- study of King Young and Utaes communities. *Taiwan Journal of Indignious Studies*, 2(4): 87-109.】
- 田哲益 (2001):《臺灣的原住民:泰雅族》。臺北市:臺原。
- 【Tian, Z.Y. (2001). *Indigenous People in Taiwan: Atayal Tribe*. Taiyuen, Taipei】
- 李永展 (2006):〈環境正義與生物多樣性的共生策略—達娜伊谷案例分析〉,《建築與規劃學報》, 7(1): 19-45。
- 【Lee, Y.J. (2006). Symbiosis strategies between environmental justice and biodiversity - Case study of Tanayiku, Chiayi. *Journal of Architecture and Planning*, 7(1): 19-45.】
- 汪銘生、曾玉祥 (2014):〈Elinor Ostrom 公民治理觀之研究:以 BOT 為例〉,《人文與社會科學簡訊》, 15(2): 85-96。
- 【Wang, M.S., and Tseng, Y.H. (2014). A study of citizen governance based on Elinor Ostrom's viewpoint: case study of BOT. *Humanities and Social Sciences Newsletter*, 15(2): 85-96.】
- 汪明生、黃煒能 (2016):〈治理結構之判斷決策觀點詮釋—個體認知、人際聯結、與情境條件〉,《公共事務評論》, 16(1): 1-26。
- 【Wang, M.S., and Huang, W.N. (2016). Governance structure of judgement and decision-making all interpretation- Individual cognition, interpersonal connection and contingency condition. *Journal of Public Affairs Review*, 16(1): 1-26.】
- 官大偉 (2008):〈從泰雅族部落的人河關係談石門水庫集水區治理:一個結合民族生態學與政治學的觀點〉,《生態臺灣》, 20: 38-43。
- 【Kuan, D.W. (2008). Watershed governance of Shimen reservoir from the relationship between human and river in Atayal Tribe: A view based on the combination of ethnoecological and political ecology. *Taiwan Acedamy of Ecology*, 20: 38-43.】
- 官大偉 (2013):〈原住民生態知識與流域治理—以泰雅族 Mrqwang 群之人河關係為例〉,《地理學報》, 70: 69-105。
- 【Kuan, D.W. (2013). Indigenous ecological knowledge and watershed governance - A case study of the human-river relations in Mrqwang, Taiwan. *Journal of Geographical Science*, 70: 69-105.】
- 林浩立、陳朝圳、林鴻忠 (2013):〈從社區的觀點分析生態旅遊影響因子—以宜蘭縣崙埤社區為例〉,《宜蘭大學生物資源學刊》, 9: 41-58。
- 【Lin, H.L., Chen, C.T., and Lin, H.C. (2013). Analysis of ecotourism impact factors from the point of view of community: Case study of Lunpi community in Yilan County. *Ilan University Journal of Bioresources*, 9: 41-58.】
- 林智海 (2013):《從沙巴經驗看臺灣推行原住民與社區保育區的潛力與挑戰—以封溪護漁為例》。臺北市:國立臺灣大學森林環境暨資源學研究所碩士論文。
- 【Lin, C.H. (2013). *From the Experiences of Sabah to Figure out the Potentials and Challenges to Implement ICCAs in Taiwan - The Case Studies of Stream Conservation*. Master Thesis, The School of Forestry and Resource Conservation, National Taiwan University, Taipei.】
- 林愛琴 (2013):《封溪護漁協力治理之研究:以新北市平溪區為例》。新北市:淡江大學公共行政學系碩士論文。

- 【Lin, A.H. (2013). *The Study on Stream Closing and Fish Protection Area by Collaborative Governance: The Case of Pingxi District, New Taipei City*. Master Thesis, Department of Public Administration, Tamkang University, New Taipei City.】
- 洪廣冀、林俊強 (2004)：〈觀光地景、部落與家：從新竹司馬庫斯部落的觀光發展探討文化與共享資源的管理〉，《地理學報》，37：51-97。
- 【Horng, G.J., and Line, C.C. (2004). Tourism landscape, Qalang and Nagsal - A study of the relationships between culture and common-pool resource management at Smangus, Hsin-Chu. *Journal of Geographical Science*, 37: 51-97.】
- 浦忠勇 (2012)：〈河川公共性的轉化：曾文溪上游治理的人文反思〉，《臺灣原住民研究論叢》，12：93-128。
- 【Pu, C.Y. (2012). The transformation of the river publicity: Humanistic reflection on the upstream governance in the Zengwen Stream. *Taiwan Indigenous Studies Review*, 12: 93-128.】
- 許齡文 (2008)：《封溪護漁河段開放與管理之研究－以雙溪河為例》。基隆市：國立臺灣海洋大學海洋事務與資源管理研究所碩士論文。
- 【Hsu, L.W. (2008). *A Study on Dispark and Management of Stream Closing and Fish Protection Area - Case of Shuangsi River*. Master Thesis, National Taiwan Ocean University, Institute of Marine Affairs and Resources Management, Keelung City.】
- 陳毅峰 (2008)：〈生態旅遊中的自然與文化－以花蓮三棧為例〉，《臺灣原住民族研究季刊》，1：83-105。
- 【Chen, Y.F. (2008). Nature and culture in ecotourism: A case study in San-Chan, Hualien. *Taiwan Journal of Indigenous Studies*, 1: 83-105.】
- 湯京平、呂嘉泓 (2002)：〈永續發展與公共行政－從山美與里佳經驗談社區自治與「共享性資源」的管理〉，《人文及社會科學集刊》，14(2)：261-287。
- 【Tang, C.P., and Lu, C.H. (2002). Public administration for sustainable development - self-governance and common-pool resources management in Taiwan's indigenous communities. *Journal of Social Sciences and Philosophy*, 14(2): 1-28.】
- 張世賢 (2010)：〈地方自治的理論基礎：Elinor Ostrom 的觀點〉，《中國地方自治》，63(10)：23-30。
- 【Chang, S.H. (2010). The theoretical basis of local self-governance: Elinor Ostrom's viewpoints. *Chinese Local Government*, 63(10): 23-30.】
- 盧道杰、陳律伶、江慈恩 (2008)：《封溪護漁（魚）資料庫建立及政策法規的回顧與檢討》，林務局保育研究系列 97-林發-03.1-保-25 號。
- 【Lu, D.J., Chen, L.L., and Jiang, T.E. (2008). *Building up Database for the River Conservation and Reviewing Relevant Policies and Legislation*. Taipei: Taiwan Forestry Bureau Conservation Research Series No. 97-FD-03.1-C-25.】
- 蕭代基、張瓊婷、郭彥廉 (2003)：〈自然資源的參與式管理與地方自治制度〉，《臺灣經濟預測與政策》，34(1)：1-37。
- 【Shaw, D, Chang, C.T., and Kuo, Y.L. (2003). A new institution for environmental management:

- Beyond the political boundaries. *Taiwan Economics Forecast and Policy*, 34(1): 1-37.】
- 賴玉芳、廖學誠 (2005) :〈南投縣五城社區民眾參與溪流保育組織運作與居民反應之研究〉,《中華水土保持學報》, 36 : 55-67。
- 【Lai, Y.F., and Liaw, S.C. (2005). Public participation in stream conservation including organizational implementation and residential response in Wucheng Village, Nantou County. *Journal of Chinese Soil and Water Conservation*, 36(1): 55-67.】
- 戴興盛、謝妙勤 (2007) :〈保育為先苗栗縣後龍溪區域性河川保育之集體行動與制度分析〉,《地理學報》, 48 : 67-86。
- 【Tai, H.S., and Hsieh, M.H. (2007). Conservation first: An analysis of collective action and institutions in the regional conservation initiative at Holung River, Miaoli County. *Journal of Geographical Science*, 48: 67-86.】
- 謝本源 (2005) :《崙埤社區全鑑》。宜蘭縣：大同鄉崙埤社區發展協會。
- 【Hsieh, B.Y. (2005). *Introduction to Lunpi Community*. Lunpi Community Development Association in Datong Township, I-Lan County】
- 顏愛靜、孫稚堤 (2008) :〈原住民地區共用資源自主治理之研究 - 以馬里克灣河域的護魚行動為例〉,《地理學報》, 52 : 53-91。
- 【Yen, A.C., and Sun, C.T. (2008). An investigation of indigenous self-governing on CPR: A case of protecting fish in Maliqwan river valley. *Journal of Geographical Science*, 52: 53-91.】
- 譚鴻仁 (2003) :〈民眾參與與永續發展〉,《地理研究》, 38 : 55-65。
- 【Tan, H.J. (2003). Public participation and sustainable development. *Journal of Geographical Research*, 38: 55-65.】
- Andersson, K. (2006). Understanding decentralized forest governance: an application of the institutional analysis and development framework. *Sustainability: Science Practice and Policy*, 2(1): 25-35.
- Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. New York: Cambridge University Press.
- Ostrom, E. (2005). *Understanding Institutional Diversity*. Princeton: Princeton University Press.
- Ostrom, E. (2007). Institutional rational choice: An assessment of the institutional analysis and development framework. In: Sabatier, P.A. *Theories of the Policy Process*, 2nd ed, Boulder, Co: Westview Press. pp. 21-64.
- Ostrom, E. (2011). Background on the institutional analysis and development framework. *The Policy Studies Journal*, 39(1): 7-27.
- Whaley, L., and Weatherhead, E.K. (2014). An integrated approach to analyzing (adaptive) comanagement using the “politicized” IAD framework. *Ecology and Society*, 19(1): 10.

投稿日期：107 年 04 月 08 日

修正日期：107 年 05 月 09 日

接受日期：107 年 05 月 24 日

地理研究 第68期 民國107年5月
Journal of Geographical Research No.68, May 2018
DOI: 10.6234/JGR.201805_(68).0006

帝國日本熱帶植物知識的形成：
以金平亮三與Elmer Drew Merrill之學術網絡為中心*
**Formation of Imperial Japanese Tropical Flora Knowledge:
the Kanehira Ryozo and Elmer Drew Merrill Network**

葉爾建^a

Er-Jian Yeh

Abstract

The article aims to explore the network that formed the Japanese tropical botanical knowledge by examining Kanehira Ryozo (1882-1948)'s role in circulating the ideas of tropical phytogeography. In this article, the author suggests that the establishment of flora knowledge usually requires collective work with comprehensive botanical survey and adequate determination.

The materials the author used to study this topic consist of official documents and the academic works of Kanehira Ryozo. With these materials, he was able to trace the field work of Kanehira during 1909-1928 in Japanese Taiwan and the Japanese Mandate in Southeast Asia. The American botanist, Elmer Drew Merrill (1876-1956), was an important collaborator in establishing knowledge of tropical flora by Kanehira Ryozo. In short, the contribution Kanehira made in the formation of knowledge on tropical flora was to integrate distributed ideas systematically rather than hunt for as many plant specimens as possible.

Keywords: tropics, flora knowledge, network, Kanehira Ryozo, E.D. Merrill.

摘 要

本文之目的在探討帝國日本熱帶植物知識的形成，以林業學者金平亮三（1882-1948）為例，檢視其如何在跨國脈絡下建立起熱帶植物地理的科學概念。金平亮三熱帶植物地理概念的建立深受不同網絡影響，其中又以他與美國植物學家 Elmer Drew Merrill 連結的關係最值得注意。金平

*本文曾發表於 2013 年 4 月 13 日，中國地理學會年會

^a國立東華大學臺灣文化學系助理教授（E-mail: yap@gms.ndhu.edu.tw）

Assistant Professor, Department of Taiwan and Regional Studies, National Dong Hwa University

曾長期任職於臺灣總督府的林業（試驗）機關（1909-1928），嗣後轉至九州帝國大學農學部執教鞭；Merrill 則在二十世紀初於美屬菲律賓植物調查和研究機關擔當要職，1920 年代中期後再回到美國本土接掌紐約植物園和哈佛阿諾德樹木園等單位。透過兩人在臺灣、菲律賓和東南亞等地植物採集與標本鑑識工作的相互支援，部分植物地理的議題進一步得到釐清。尤其是華萊士線北段的修正，更能說明臺灣和菲律賓之間植物物種的親緣關係。藉由熱帶植物知識發展的探討，本文認為：金平亮三的學術成就並非在蒐集最多的熱帶植物標本，而是有系統地組織前人獲取的植物知識，並達到初步描繪其所謂南洋植物相（flora of Micronesia）的成就。更重要的是：1900 年代起，Merrill 及其同僚以菲律賓群島、關島和鄰近島嶼為研究場域，戮力收集標本、文獻所建構的熱帶植物知識，是金平整個熱帶植物誌概念建立高度倚賴的第二手資料。

關鍵詞：熱帶、植物知識、網絡、金平亮三、梅黑（E.D. Merrill）

前 言

（一）研究問題

就日本帝國而言，臺灣的南端以及濱海的鄰近島嶼始可稱為嚴格定義下的熱帶氣候區，且有熱帶植物分布其中。不幸的是，來自北國溫帶地方的日本植物學家和林業學家基本上缺乏生產熱帶植物相關知識的經驗和技術，因此，相關學者就標本鑑定或已發表植物文獻比對等問題，大抵必須求助於歐美熱帶植物研究的先驅。金平氏破布子（*Cordia aspera* subsp. *kanehirae* (Hayata) H.Y. Liu, 又稱呂宋破布子）的臘葉標本流過程，便點出日本熱帶植物知識形成的重要特徵：新興日本帝國的熱帶植物研究者，透過其個人的關係，尋求在鄰近地理區域從事研究活動之歐美學者於植物鑑定和標本流通方面的協助。圖 1 中的金平氏破布子標本由金平亮三於 1916 年採集，原保存於殖產局林務試驗場。1917 年金平將破布子標本贈送給菲律賓的科學局（Bureau of Science），並輾轉流通至美國哈佛阿諾德樹木園。一枚標本從臺灣經菲律賓，最後抵達美國。金平亮三的此番舉動以及其後所主導的該標本的流通情形，實際上預告了某種新型態的植物知識形成架構正在醞釀。早年的金平將心力投注在樹木的實際應用研究，但自從其有了南洋託管地的植物採集經驗後，便逐漸將視角轉向植物地理的探索。

金平亮三（Kanehira Ryozo），1882 年出生於日本岡山縣，1907 年於東京帝國大學農科大學林學科畢業後，旋赴美深造。1909（明治 42）年渡臺，以林業專長被任命為臺灣總督府技師，擔任殖產局林務課勤務。1911 年林業試驗場成立後，金平在林務課任勤務外，兼任該場主事，開啟其研究熱帶植物之始。1913 年起他專任該場主事，更於 1919-1921 年間升任場長，一改以往林務課長兼管林業試驗場的慣例。金平亮三在林業試驗場任內，進行過幾次臺灣和菲律賓之間的標本流通，其目的即是增進他對熱帶植物的了解。

為說明臺灣和菲律賓在植物研究方面的關係如何密切，我們顯然必須從標本標籤分析的工作開始。實際上，林試所內約 250 枚的菲律賓標本是僅次於臺灣和日本內地數量最多的地區標本。詳細分析標本標籤提供的資訊以及比對相關資料，我們發現：林業試驗所的標本館保存有 251 枚的 1945 年以前採集之菲律賓植物標本，除了 6 枚標本外 *Neolitsea microphylla* Merr. 南仁山新木

薑子 (館號 459018)、*Myrmecodia echinata* Miq. (館號 307240)、*Polytrias diversiflora* (Steud.) Nash (館號 352312)、*Chloris barbata* Sw. 孟仁草 (館號 352320)、*Isachne miliacea* Roth 類黍柳葉箬 (館號 352351)、*Pogonatherum paniceum* (Lam.) Hack. 金髮草 (館號 352354)，其餘的標本皆是二次大戰前便已到館。若再扣除無法辨識的植物標籤 12 枚，以及日本人川上瀧彌 1 枚、瀨川孝吉 1 枚，則有 231 枚的標本與美籍植物學家 Merrill (1876-1956) 直接或間接相關。(林業試驗所植物標本館 (Herbarium of Taiwan Forestry Research Institute, <http://taif.tfri.gov.tw/cht/>)



圖 1 金平氏破布子標本 (現藏於美國哈佛阿諾德樹木園)

這些標本若不是在 Merrill 任職於科學局時交換至臺灣，就是在 Merrill 回到美國本土後，再透過其關係將標本送至臺灣。因此，為說明 Merrill 在金平亮三熱帶植物研究中的關鍵協力者角色，本文的目的即以若干熱帶植物名稱為線索，透過金平亮三和 Merrill 的聯繫關係，探討臺灣與其南方熱帶植物知識或植物地理知識的形成過程。

(二) 研究觀點

熱帶植物知識的形成正如熱帶 (Tropics)、熱帶性 (Tropicality) 概念形成的探討，學術界多將其視為歐洲帝國發展殖民事業的伴生物。以不列顛人的熱帶知識為例，David Arnold 多次指出印度大陸的環境特色在大英帝國建立熱帶知識上的重要性，尤其是印度脫離東方之列 (the Orient) 成為熱帶 (the Tropics) 代表的論述過程 (Arnold, 1998: 1-21; Arnold, 2006: 110-146)。此外，Gavin Bowd 和 Daniel Clayton、Paul Claval 和 John Kleinen 等人也大致以相似口吻宣稱熱帶亞洲屬地對法國熱帶知識形成的重要性 (Bowd and Clayton, 2003: 147-168; Claval, 2005: 289-303; Kleinen, 2005: 339-358)。上述學者探討的 Pierre Gourou 即是以其於法屬印度支那長久田野經驗為基礎，發展出獨樹一格的法國熱帶地理學流派。越南獨立後，Pierre Gourou (1966) 發表之集大成的作品以《熱帶世界：它的社會、經濟現況與前途》(*The tropical world: its social and economic conditions and its future status*) 一書最為著名。

既有的研究顯示，知識的建立與各地區社會政治經濟 (socio-economic-politic) 的條件有關，因而擁有相異的特性和形成過程。因此，透過對照既有的西方殖民科學文獻，檢視日本帝國科學知識的建立和傳播 (shaping and circulation of knowledge) 是否相似或相異於歐美帝國主義的模式便有其必要。網絡是一群個別要素的有機集合，它是目前探討科學知識形成的一種主要途徑。相較而言，日本帝國殖民科學的形塑網路與歐美其它帝國既有相同亦有差異之處，不同帝國依其各自的條件，有其獨特的組織邏輯並發展成多樣型態。例如，根據 Londa Schiebinger (2005) 的研究，歐洲及其殖民地組織科學知識的網路至少有五個類型：即國家 (states)、貿易公司的醫官 (physicians of trading companies)、科學學會 (scientific societies)、一般移民或商賈 (normal settlers and merchants) 和教會 (missions)。日本雖然欠缺醫官和教會兩類網路，但卻發展出與其他殖民國政府之試驗或實驗機關較密切交流的有趣現象，而這也是本文主要探討的重點。

具體而言，為討論知識生產網路的脈絡，本文欲處理的問題是：日本植物學者是透過怎麼樣的網路，建構熱帶植物知識？本文嘗試以熱帶植物知識的形成為例，為金平亮三之東亞的植物研究者在總體學術發展脈絡下重新定位。當時東亞出身的學者是如何辛苦地在歐美為主流的世界學術界中求發展？以二十世紀上半葉的熱帶植物學知識增進而言，日本學者雖有多方限制，無法如同歐美國家善用網路而成績斐然，但仍有可觀貢獻。他們既缺乏像英國、荷蘭、美國等殖民國擁有眾多標本採集地，植物分類、辨識的技術層次也不及當時科學發展較先進的國家。本文尤其好奇地是：日本帝國科學發展如何與殖民事業的擴張相始終？尤其是在熱帶植物知識的增進方面？更明確地說，當時服務於日本內地、臺灣各官廳和各大學的知識份子（即技術官僚，*technocrat*）是如何一方面遵從帝國政府的意志，用心描繪潛在殖民地待開發的資源；另一方面則盡力建構自身關懷的科學知識，如農學或林學？

金平透過臺灣和南洋植物的採集、比較，並試圖橫跨數個網路而逐漸形塑出的知識，其實具有一定程度的空間局限性。換言之，此知識雖不必然具有符合純科學標準的普遍性，但對於日本殖民政府而言卻不啻是其熱帶農林資源開發的重要參考依據。金平亮三熱帶植物知識的建構或流通，主要仰賴日本內地、臺灣、美國及其屬地菲律賓和荷屬東印度等地區之學術或個人網路。日本方面，保存於日本國內，特別是東京帝國大學植物學教室標本館的部分熱帶臺灣植物標本是金

平參考的依據之一。臺灣方面，農林機關基層技術人員多年的植物採集也提供著述的基礎，其中，又以佐佐木舜一的貢獻最為金平亮三所推崇（金平亮三，1936：IV、VII）。更重要的是，就植物標本鑑定此一關鍵技術來看，金平亮三主要從曾任職美屬菲律賓並戮力研究該地的美籍植物學家 Merrill 處獲得協助。就植物標本鑑定的科學實作而言，Merrill 雖然不是唯一的合作者，但應該是不可或缺的協力者。因此，在金平發表的文章或出版的書籍中，常常可見其感謝之辭（Kanehira, 1932a: 449; Kanehira, 1933: 669; Kanehira, 1934b: 921）。另外，歐美其他的學者也曾協助鑑定若干新發現的植物品種，但數量遠不及 Merrill。例如，任職於巴黎國家自然史博物館（Muséum national d'histoire naturelle in Paris）的 André Guillaumin（1885-1974）曾協助金平亮三鑑定 *Mischocarpus Guillauminii* Kaneh.、*Rhopalobrachium megacarpus* Kaneh. 等植物（Kanehira, 1932b: 672, 674）。創立菲律賓農學院（Philippines College of Agriculture at Los Baños）的 Edwin B. Copeland（1873-1964）則是幫忙金平亮三辨識自馬里亞納和加羅林群島採集的杪欏屬（*Cyathea*）植物（Kanehira, 1934a: 730-736）。

實際上，金平亮三並非完全單向地尋求 Merrill 等美國植物學家的協助，他也有時也會提供標本給美國的植物研究相關機構，但標本數量似乎不多。囿於目前研究材料的不足，以下僅列舉一項金平和位於美國波士頓之「阿諾德樹木園標本館」間（the Herbarium at the Arnold Arboretum of Harvard University）通信的紀錄，說明金平對美國方面熱帶植物研究的潛在貢獻。1931 年冬天，金平郵寄一批他蒐集的木本植物標本至阿諾德樹木園標本館。根據現存的阿諾德樹木園標本館「通信資料庫」（Correspondence Database）中一份金平寄予館長 Alfred Rehder 書信的記載，金平在 1930 年時收到已故植物學家 Ernest Henry Wilson（1876-1930）的請求。¹希望金平能將密克羅尼西亞採集的樹木標本贈送予標本館，因為該標本館缺少來自於該地區的標本。金平並特別說明，該批標本採集於 1929 年至 1930 年間，1931 年採集的部分尚未整理完畢，將在日後寄送。²

此外，金平亮三為了力求其熱帶植物誌的完整性，更前往當時荷蘭統治的新幾內亞地區從事標本的採集。金平不僅如前述高度仰賴菲律賓科學局之熱帶植物鑑識技術；也期望能與荷屬東印度蒐羅已久之豐富熱帶植物標本資料做比對。1940 年 2 月間，金平亮三和荷屬東印度統治下爪哇的「茂物植物園局」（Bureau of the Botanic Gardens at Buitenzorg）簽定研究合作協定備忘錄。（附錄 1）內容大意如下：茂物標本館將儘早對金平亮三教授採集之標本作初步鑑定，並編纂名錄。此外，標本館也將該館蒐集的馬來群島（Malaysian）植物材料複本寄予金平，以做交換（金平亮三，1942：228）。

具體而言，透過金平亮三發展熱帶植物誌概念歷程的探討，研究初步發現其熱帶植物誌概念的形成實倚賴多重網絡。本文奠基於前人的研究成果，並企圖透過英文相關文獻的爬梳，填補空白之處。為說明此論點，本文先選擇探討其中一個網絡，即與位處臺灣南方的美屬菲律賓植物調查、研究團隊的接觸。

¹ 有關 Wilson 的生平介紹，可參閱哈佛大學阿諾德樹木園的官網 <http://arboretum.harvard.edu/library/image-collection/botanical-and-cultural-images-of-eastern-asia/ernest-henry-wilson> (2015/4/3 瀏覽)

² The Arnold Arboretum of Harvard University Archive Collection, Correspondence Database, Correspondence of Alfred Rehder, Rehder II A-2 Date 1931

金平亮三和 Merrill 的仕途與學術生涯

金平亮三和 Merrill 的仕途與學術生涯，存在著不少共通點。一方面，兩人同屬殖民地的技術官僚，分別服務於當時日本帝國的臺灣林業試驗機關和美國菲律賓政廳的植物調查、研究部門。另一方面，兩人盡力建構自身關懷的科學知識，如金平於木材解剖學或 Merrill 對植物分類學的相關研究議題。

關於金平亮三早年的活動，可參照吳明勇在其博士論文中探討金平對臺灣熱帶植物知識的貢獻。吳明勇認為金平透過臺灣產和外國產木材進行的解剖學識別為臺灣木材的利用奠定良好基礎（吳明勇，2006：349-355）。此外，吳明勇（2012）也在其較晚近的作品〈殖民地林學的舵手：金平亮三與臺灣近代林業學術的發展〉一文中，描繪金平 40 年林學學術生涯的歷史圖像，並論述與評價其熱帶植物書寫與南洋植物研究的學術業績。〈殖民地林學的舵手：金平亮三與臺灣近代林業學術的發展〉一文傳記式的著作，雖正確指出金平亮三在編纂樹木誌、植物誌方面的貢獻，卻未能解明其依賴的島外植物鑑定網絡實況。這裡所指就是金平和 Merrill 的網絡關係。若粗略區別，金平亮三整體熱帶植物知識的建立可劃分為「醞釀期」和「完成期」兩個階段。醞釀期始於臺灣總督府林業試驗場³之任官時期（1909-1928），完成期則在其九州帝國大學任教期間（1928-1943）。

金平亮三在林業試驗場任內開始涉足到植物分布或植物地理的關懷。日本樹木解剖學的貢獻已受推崇，但根據木材解剖所得資料建立的「森林帶」（Forest Zone 或 Forest Belt）認識卻較少人間津。1926 年，植物解剖學家小倉謙（Ogura Yuzuru, 1895-1981），即曾為文介紹金平所寫作的《大日本產重要木材ノ解剖學的識別》一書。當時任職於東京帝國大學理學部植物學教室的小倉，大力稱讚此書不僅具有應用方面的價值，若做為一般植物解剖學的教科書也名實相符（小倉謙，1926：449-450）。

經由眾多前人之植物（森林）調查，金平已綜合建構出更寬廣視野之森林帶認識。此舉不但加深臺灣森林分布範圍的理解，更是有意識地揭示臺灣具有的潛在熱帶林業資源。金平亮三基於田野實務經驗所提出的概念，修正了人們長期對臺灣森林形成的印象。臺灣最早期的森林帶劃分（1899）是由造林學專家也是日本第一位的林學博士本多靜六（Seiroku Honda, 1866-1952）所提出（本多靜六，1899：229-237）。他雖曾經來臺，但停留時間甚短。本多以當時日本帝國範圍內之森林為整體，著眼臺灣森林的垂直分布。以自身的田野經驗，並參酌早先臺灣在地林務官員（如月岡貞太郎和西田又二等人）的森林踏查成果，本多將臺灣森林標示為熱帶林、暖帶林、溫帶林和寒帶林（Yeh, 2011: 13-16）。金平則將臺灣森林分為五帶：紅樹林帶、海岸森林帶、農耕地帶、闊葉樹帶和針葉樹帶（金平亮三，1918），側重其水平分布。

1914 年，日本於太平洋獲得原德國管轄島嶼之託管地，是金平亮三熱帶植物研究的重要轉捩點。1914 年，日本基於日英聯盟佔領原德屬新幾內亞（Deutsch-Neuguinea）赤道以北各島嶼；1919 年凡爾賽條約後，正式獲得國際聯盟承認而成為日本託管地，並於該地設南洋廳。1929 年至 1932 年間，金平每年登陸託管地中的部分島嶼進行植物採集工作。如 1929 年的帛琉（Palau）和波納

³ 後改組為總督府中央研究所林業部、總督府林業試驗所，即今日農委會林業試驗所之前身。

佩島（原 Ponape，今改稱 Pohnpei，屬加羅林群島東側島嶼）（金平亮三，1933a：2）。

此時段即是金平開始央求 Merrill 協助新發現熱帶植物鑑定的關鍵年代。金平亮三稱 E.D. Merrill 為「メリル」先生，是其熱帶植物研究的關鍵協力者。金平亮三其後的作品，便充斥著 Merrill 之研究身影和學術發現的記載，包含被認為金平學術成就頂峰的兩部著作《南洋群島植物誌》（1933）和增補版的《臺灣樹木誌》（1936）。上述兩書雖是金平儘可能蒐羅當時已問世的文獻、詳細整理而成的作品，但若缺乏 Merrill 及其美國在亞洲殖民政府同僚對菲律賓、關島等鄰近島嶼的植物學調查或研究成果，兩本書不可能完成。因此，兩本書中皆曾對 Merrill 致意，表達其標本鑑定或其他協助感謝之情。

1933 年，《南洋群島植物誌》一書由南洋廳出版，金平亮三在序言中寫下一大段文字。他特別表明，「對我而言，由於不能對南洋群島植物中的原標本，或者與本群島有密切關係的鄰接地方的植物標本親自進行比較研究，而且無法取得調查上最必要的參考書籍，若沒有前述該氏（Merrill）的援助下，無論如何調查是無法完成（金平亮三 1933a：2-3）。」⁴實際上，此段敘述也透露出金平從事《南洋群島植物誌》寫作時，可資比較的標本對照組相當貧乏。

無獨有偶，1936 年增補改版的《臺灣樹木誌》凡例中，也出現致三名美國植物學家的謝辭，包含 Merrill、Ernest Henry Wilson 和 Alfred Rehder 三人。⁵此外，金平並特地在英文序言中感謝 Merrill，謂其協助鑑定關鍵標本。⁶

歷經 1910 年代中期至 1930 末期之多年熱帶植物標本的蒐集和植物研究醞釀，金平亮三的熱帶植物誌工作大致完成於九州帝國大學任教期間。1922 年，九州帝國大學農學部設置林學科。1928 年，金平亮三離開總督府赴校擔任林學第二講座。其後，根據數年間南洋現地的植物調查，金平陸續發表有關密克羅尼西亞（Micronesia）的加羅林（Caroline）、馬里亞納（Mariana）、馬紹爾（Marshall）諸島等一系列論文和專書（金平亮三，1931：755-787；1933b：905-908；1934：439-441），研究旨趣亦從以臺灣為重心的經濟作物（尤其為樹木）採集、登錄和研究，轉向具比較視野之植物地理學（phytogeography）。編寫世界植物誌導論的 David G. Frodin 就曾公允地評斷金平亮三研究的定位。Frodin 雖然一方面批評金平以有限的研究資料描繪廣大地理範圍植物誌之企圖的不當，但另一方面也承認金平亮三的兩部作品《南洋群島植物誌》（1933a）和《ミクロネシア植物誌》（1935a），無疑是二次大戰前密克羅尼西亞植物知識的大成（Frodin, 1984）。此外，「南洋群島植物誌」一書中對重要生物地理區界——華萊士線（Wallace Line）的修正，更是受到日本國內學術界的矚目，並獲頒第七回日本農學賞之聲譽。⁷

Merrill 是美國著名的熱帶植物學家（圖 2），著有《菲律賓植物誌》（A Flora of Manila）（1912）

⁴ 原文摘錄如下：本群島ノ植物ヲ鑑定スルニ當リテハ 元比律賓學術局長ニシテ 同群島及ガム島ノ植物調査ヲ完成シテ 太平洋諸島ノ植物ニ造詣深キ現紐育植物園長 Dr. ELMER D. MERRILL 氏ノ助力ヲ 仰グコト 誠ニ大ナルモノガアツタ、南洋群島植物中ノ原標本或ハ本群島ト密接ナル關係ヲ有スル隣接地方ノ植物標本ヲ親シク比較研究スルコト能ハザルノミナラス 調査上最モ必要ナル參考圖書ニ乏シキ 余ニ取リテ 同氏ノ援助無クテシテハ 到底之レヲ遂行シ得ザル所デアッタ。

⁵ 《臺灣樹木誌》（增補改版）1936，凡例，viii。原文，「本書を記述するに當り故ウイルソ、シレー、ダーメリル氏の助力を仰ぐこと大である、三氏に對し謝意を表する。」

⁶ 《臺灣樹木誌》（增補改版）1936，Preface，x。原文：An expression of gratitude is also due to Dr. E. D. MERRILL who helped me in many ways, advising me freely and identifying certain critical species for me.

⁷ 第七回日本農學賞受領論文要旨 1936（九大農學部林學博士金平亮三著南洋群島植物誌）《日本林學會誌》，18（5）：66-67。

等眾多專書與文章。Merrill 對以菲律賓群島為中心的熱帶植物研究貢獻，成績斐然。從早期對經濟植物學 (economic botany) 的重視，盡力發掘植物學的實用面向；以至於後期對植物地理 (phytogeography) 中「東洋區」(Indomalayan ecozone) 和「澳洲區」(Australasian ecozone) 區劃定等議題皆有所關注。1902 年春天，Merrill 一抵達菲律賓，任職於農務局 (Bureau of Agriculture) 便開始進行島嶼的植物調查。Merrill 蒞任不到一個月便前往呂宋島北部的 Aparri，進行為期六週的植物採集探險。往後駐留在菲律賓的歲月，Merrill 也耗費近一半的時間徜徉於野外蒐集標本 (Hay 1998: 13)。由於美屬菲律賓政廳內植物學專門人員的缺乏以及當時林務機關發展林業資源的需求，同年 (1902) 7 月，Merrill 兼任林務局的植物調查工作 (acting botanist) (Bureau of Science, 1904: 591)。此舉使得 Merrill 有較多的機會接觸森林植物，並可能導致其日後對於木本植物 (如樟科植物) 產生的興趣。1903 年 7 月底，隨著菲律賓政廳組織的調整，歸建實驗局 (The Bureau of Government Laboratories)，繼續植物相關工作 (Bureau of Science, 1904: 591-594)。

1902-1924 年間 Merrill 陸續任職於美國統治下菲律賓的農林局 (Bureaus of Forestry and Agriculture)、菲律賓大學和菲律賓科學局；他並以該地為基地廣泛探究熱帶亞洲之各種植物相關議題。例如，在區域植物研究方面，Merrill 曾親自前往安汶 (Amboina) 地區從事植物調查 (Merrill, 1913: 499-502)；他也在植物分類學領域對樟科植物的命名進行比較探討 (Merrill, 1920: 84-86)。昭和 7 年 (1934)，由佐佐木採集、金平亮三發表的蘭嶼新種樟科楠屬植物三蕊楠 (*Endiandra coriacea* Merr.)，其植物標本的比對，即是 Merrill 的專長。返美後，Merrill 又歷任加州大學教授、紐約植物園館長，最後成為哈佛大學 Arnold 教授並接掌「阿諾德樹木園 (The Arnold Arboretum of Harvard University)」。該樹木園的檔案館至今仍保有 Merrill 的私人文書 *Papers of Elmer Drew Merrill (1922-1956)*。⁸

Merrill 的到來，使得菲律賓的植物調查和研究工作逐漸整合。Merrill 的一系列植物名錄的編纂，始於他任職於實驗局 (The Bureau of Government Laboratories)。實驗局創設於 1902 年，局下轄生物、化學和血清三實驗室，植物課 (Botanical Section) 則隸屬於生物實驗室 (Biological Laboratory)。1906 年實驗局合併原礦務局 (Bureau of Mines)，改組為「菲律賓政府科學局 (the Bureau of Science of the Government of the Philippine Islands)」，簡稱「科學局」(Freer, 1906: 1-2)，或金平稱呼的「學術局」。⁹菲律賓學術局之設立目的主要在資源的基礎調查與研究和資源利用的研究。《菲律賓科學期刊》(*Philippine Journal of Science*) 為其出版物，是日治臺灣農、林學者和官員廣泛參考的學術期刊。(圖 3) 更重要的是，作為金平亮三代表作之一的《南洋群島植物誌》，其比對標本所引用的諸多參考文獻即來自《菲律賓科學期刊》。

Merrill 主事期間的科學局有以下幾個特徵：1. 植物課的標本數量迅速擴張、2. 植物分類學的研究格外受重視。轉向植物疾病、藥用植物等研究面向。如 1925 年初 (也正巧是 Merrill 離開科學局，回到美國的那段時間) 即聘請 Dr. C. J. Humphrey 為植物病理學家 (plant pathologist)，從事真菌學 (mycological) 方面的相關研究

⁸ 請參考 <http://oasis.lib.harvard.edu/oasis/deliver/~ajp00017>。(2013/04/25 瀏覽)。

⁹ 現今習慣 Bureau of Science 多譯作「科學局」，但作者有時依照當時金平的稱呼，喚作「學術局」。例子可見「比
律賓マニラの學術局長 E. D. Merrill 氏」。金平亮三，〈小西、勝間田兩氏採集の海南島植物目錄〉，頁 364。



E. D. Merrill

圖 2 E.D. Merrill

Presidents of the Botanical Society of America
http://botany.org/about_bsa/pr
 (2013/03/30 瀏覽)

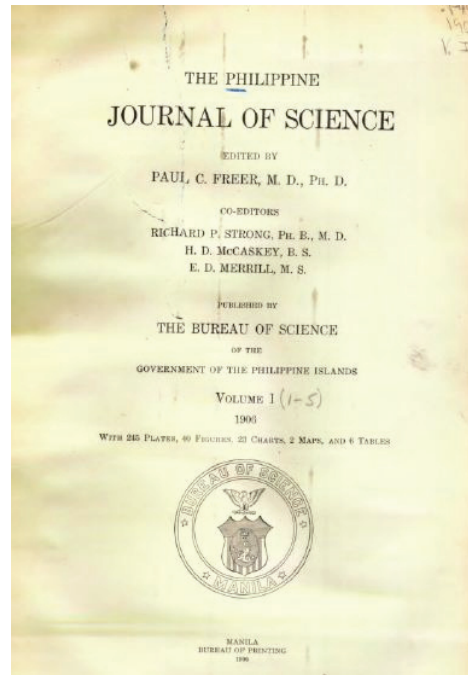


圖 3 Philippine Journal of Science

<http://www.botanicus.org/item/31753002572797>
 (2013/03/15 瀏覽)

金平亮三與 E.D. Merrill 的聯繫

菲律賓、臺灣之間的植物地理關係究竟為何？是金平和 Merrill 共同的研究旨趣，也是此熱帶植物知識網絡建構的主要原因。透過兩人在臺灣、菲律賓和東南亞等地植物採集與標本鑑識工作的相互支援，部分植物地理的議題進一步得到釐清。早在 1905 年的實驗局時期，菲律賓主管植物調查、研究的官員 Merrill 便已提議，打算交換臺灣的植物標本，以釐清菲律賓之呂宋島北部植物相的相關問題。然而，此時期的臺灣植物標本仍是由位於日本東京的帝國大學植物學教室（the Botanical Institute of the Imperial University）所提供，而非殖民地臺灣。此時的臺灣植物調查、研究機關，似乎尚未交換標本至殖民地菲律賓。原文摘譯如下：

過去的數月間，我們已連繫位於日本東京的帝國大學植物學教室，洽談有關以菲律賓植物標本交換福爾摩沙植物標本的事宜，而這些標本對於我們進行中的呂宋北部植物相調查格外地具有價值（Bureau of Science, 1906: 369-371）。

雖然兩人對熱帶植物誌或植物地理的研究領域各有所長，但卻不約而同地關注臺灣和菲律賓之間植物相明顯差異的課題。不可否認地，臺灣和菲律賓所處的生物地理位置相當特殊，即恰好位於東洋區（Indomalayan ecozone）和澳洲區（Australasian ecozone）的交界或過渡地帶（圖 4），自十九世紀下半葉以來一直受到生物地理學者們的關注。例如，Merrill 便明確指出唯有透過物種

比對始能說明菲律賓的植物是與南方的西里伯斯島（Celebes，今蘇拉威西 Sulawesi）或是與北方的福爾摩沙親緣較近（Merrill, 1906a: 170）。另一項 Merrill 勝過金平的優勢，是菲律賓科學局的組織架構使得 Merrill 能夠綜合地質、地形學成果，劃出生物地理的界線。例如，〈有關巴丹和巴布揚群島的植物採集〉（On a collection of plants from the Batanes and Babuyan Islands）一文，Merrill 引用地質學者較詳細、專業的對這些島嶼的研究成果（如地質、地形）以說明植物的水平分布（Merrill, 1908: 385-444）；此為金平所不及的。Merrill 的研究興趣不限於菲律賓的植物相。為了解菲律賓植物的起源，以及這些植物和鄰近地區間植被的關係，他廣泛討論和評價更早期植物學家的作品（Hay, 1998: 17）。

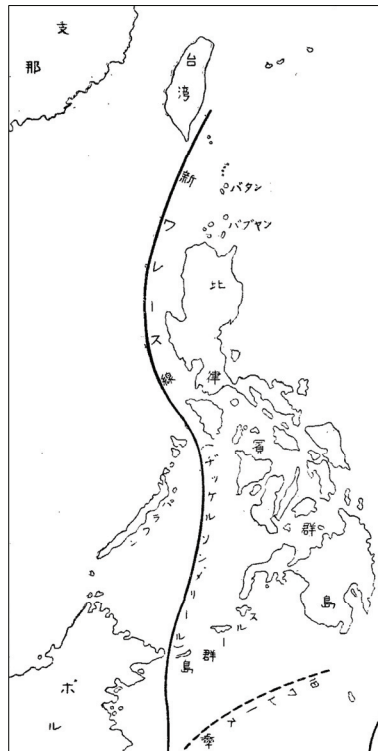


圖 4 新華萊士線的北段

資料來源：金平亮三（1935b：531）

金平亮三所欲建立的 flora 知識，即植物誌或對植物相的描述，是一地區所有植物種類之全紀錄。它詳實描述該地植物種的地理分布、引證標本和採集地點，並製成檢索表供物種比對。因此，植物誌通常是集體創作，它不僅牽涉植物探索的完備（botanical survey），更須足夠的鑑定能力（determination）。就熱帶植物知識而言，金平在這兩方面的經驗和能力，皆顯得不足。反之，Merrill 有較多的資源或遊歷經驗，使其不僅可充實標本館的館藏、精進植物知識，甚至能夠支援金平的熱帶植物研究工作。

1906 年左右，菲律賓植物相（the Philippine flora）的研究重鎮已自原本的歐洲轉移至馬尼拉，科學局植物課附屬標本館的收藏也足以負荷群島地區經濟植物學上的實用需求（Bureau of Science,

1907: 31)。此外，Merrill 熱帶植物鑑定能力的具備並非一蹴可幾，是他親身前往世界各主要熱帶植物標本收集地逐漸培養而成。例如，1907 年 5 月至 1908 年 3 月間，Merrill 曾藉由返回美國前往「美國國立標本館（United States National Herbarium）」和「紐約植物園（New York Botanical Garden）」等地研究菲律賓植物材料的機會，繞道歐洲訪問各大植物園或標本館，比對植物異同、進行鑑定工作。此次歐洲行，合計到訪倫敦、柏林、日內瓦和佛羅倫斯等地（Bureau of Science, 1909: 196）。

因此，本節將透過金平和 Merrill 兩人或所屬機關間的聯繫，尤其關注「植物鑑定」和「標本交換」兩個面向說明此知識生產多重網絡中之一種連結方式。首先要說明的是，對於植物地理研究的課題而言，金平和 Merrill 擁有的資源並非相同。金平並無法就當時臺灣現有的標本蒐藏中，完成植物鑑定或比對的工作；Merrill 所在的菲律賓則擁有相對豐富許多的館藏。

（一）植物鑑定

在熱帶植物類別的鑑定技術上，或許正因日本發展較慢，金平亮三大徵求美國科學系統協助。1910 至 1940 年代間，金平曾多次央求 Merrill 協助熱帶植物的辨識。例如，早在林業試驗場任職時金平便經常與美國人 Merrill 聯繫，央求比對其自臺灣本島或鄰近島嶼採集的植物標本是否為新種。另外，美國紐約的 H. P. Brown 教授也曾受邀協助建立臺灣產主要木材照片（臺灣總督府林業試驗所，1940）。事實上，Merrill 和臺灣植物、林學知識界的關聯早在早田文藏時期就已開始。日本東北大學附屬植物園的大橋廣好（Hiroyoshi Ohashi）教授已進行過詳細的研究（Ohashi, 2009: 1-27），探討早田和 Merrill 的交流（圖 5）。然而，該文的所談論的植物學交流重點是偏向溫帶植物知識，而非熱帶植物。



圖 5 早田文藏（右上）和金平亮三（左下）。臺灣農委會林業試驗所玻璃底片

然而，這裡要強調的是金平亮三與 Merrill 的交流，因為金平獲得 Merrill 對一些新種熱帶植物的鑑定協助次數頗多。有關金平和 Merrill 兩人間的往返書信，經查應有約 20 餘封，但與阿諾德樹木園檔案館館方聯繫後表明目前不知下落。¹⁰因此，僅能以金平發表之文章或書籍中提及的 Merrill 標本鑑定記錄替之。以下根據金平亮三當年的自述和近年科技發展後部分學術機構所建置的數位標本資料庫兩個面向，舉例說明金平尋求 Merrill 植物鑑定的痕跡。在金平發表過的文章或書籍中，作者列舉出 4 條獲得 Merrill 標本鑑定協助的紀錄，包含南洋託管地、臺灣蘭嶼和中國海南島：

目前，最早發現的標本鑑定個案是金平請求 Merrill 協助判別 1916 年在日本南洋託管地獲得採集的多種植物是否為新品種。對於此三種植物，Merrill 的鑑定結果：採自波納佩島的菩提樹科植物、桃金娘科植物和採自帛琉島的茜草科植物皆為新種。內文摘錄如下：

於南洋占領諸島採集的植物中，已將未知的植物寄送菲律賓學術局的 Merrill 先生，希望他能協助鑑定。在此之中，已確認為新種的植物有三種如左：*Flaeocarpus kanehirae* Merrill 菩提樹科、*Eugenia ponapensis* Merrill 桃金娘科和 *Psychtria kanehirae* Merrill 茜草科。(金平亮三，1916：43)。

又如，金平亮三與佐佐木舜一於 1918 年 6 月至紅頭嶼（蘭嶼）採集植物，該次植物調查共發現四種新種（如 *Rourea volubilis* Merr.），後將一部分標本寄送至菲律賓請 Merrill 協助鑑定。Merrill 比較該地所產植物後，發現不少物種亦分布於菲律賓（金平亮三，1920：123-126）。¹¹

1918 年的蘭嶼植物鑑定後，1933 年 9 月在蘭嶼和綠島採集的植物標本同樣送至 Merrill 處鑑定。嗣後，金平在隨後發表之〈紅頭嶼和火燒島之新樹種〉（*New Trees from Botel Tabago and Kasyoto Islands*）文章中，對 Merrill 命名的三蕊楠（*Endiandra coriacea* Merr.）紀載中，再次提到 Merrill 的協助：

此標本承 Merrill 博士惠允與菲律賓類似材料比較，並經鑑定為新物種。此屬（三蕊楠屬）生長區域包含印度、印度支那，經馬來群島延伸至熱帶澳洲和玻里尼西亞等地。此樹廣泛分布於菲律賓群島，北起呂宋北部的加牙焉（Cagayan），南至棉蘭佬（Mindanao）。（金平亮三、佐佐木舜一，1934：398）

海南島的植物採集於 1908 年，1928 年始央請 Merrill 協助鑑定。1908 年，臺灣總督府為調查海南島產的柞蠶，是否有機會引進臺灣飼養，特派昆蟲學家素木得一和林業技師小西成章前往該島調查。小西技師採集的植物標本，除一部分為早田文藏研究之用，其餘悉數由總督府購入。再加上駐留海南島的勝間田善作所採集的標本，兩批植物標本尚未進一步被鑑定，一直保存在總督府臘葉館中。直到 1928 年，小西和勝間的這些標本始央請時任加州大學農學院院長的 Merrill 從事鑑定工作（金平亮三、佐佐木舜一，1929：364-365）。

1930 年代，更是金平請求 Merrill 協助植物新種鑑定的高峰，陸續發表多篇〈密克羅尼西亞

¹⁰The Arnold Arboretum of Harvard University Archive Collection, Correspondence Database, Correspondence of of Elmer Drew Merrill and R. Kanehira, IB EDM 1935-1939. <http://trees.harvard.edu:591/FMRes/FMPro>(accessed 2015/04/01).

¹¹原文：「余は今回採集したる植物標本の一部を比律賓に送附し、メリル氏に乞ひて同島産のものと比較を依頼したるに、益々共通のもの少からざることを知れり。」

新種植物) (New or noteworthy trees from Micronesia) 文章於日本《植物學雜誌》(Kanehira, 1932a, 1933, 1934b)。值得注意的是，部份金平亮三寄予 Merrill 或其同僚的標本仍留在阿諾德樹木園的標本館中，標本數量至少有七十餘枚。¹²

近年科技日新月異，學術機構陸續建置數位標本資料庫，以嘉惠研究者。數位資料庫的出現，使植物標本的比對更加便利。若按照「特有生物研究保育中心」的統計，臺灣野生之植物學名中出現 Merrill 的「種小名」至少有 5 種（表 1）。其中，分布於全島低海拔森林的「山刈葉」或許最能說明金平和 Merrill 的合作關係。山刈葉的學名為 *Melicope semecarpifolia* (Merr.) T.G. Hartley 或者 *Euodia merrillii* Kaneh. & Sasaki，顯然是紀念 Merrill 而由 Kanehira 金平所命名。

表 1 林業試驗所所藏的 Merrill 採集標本

| 植物學名 | 中文科名 | 採集號 | 採集日期 | 採集地點 |
|--|------|------|------|----------------------------|
| <i>Selaginella</i> sp. | 卷柏科 | 3782 | 1904 | Lamao River |
| <i>Pogonatherum paniceum</i> (Lam.) Hack. 金髮草 | 禾本科 | 不詳 | 1906 | Montalban |
| <i>Digitaria radicata</i> (J. Presl) Miq. 小馬唐 | 禾本科 | 7257 | 不詳 | Palawan |
| <i>Elatostema glomeratum</i> C. B. Rob. | 蕁麻科 | 7642 | 1911 | Benguet Subprovince, Luzon |
| <i>Digitaria radicata</i> (J. Presl) Miq. 小馬唐 | 禾本科 | 9787 | 1914 | Manila and Vicinity, Luzon |

資料來源：臺灣林業試驗所植物標本館 <http://taif.tfri.gov.tw/search.php>。(2013/03/20 瀏覽)

(二) 標本交換

由於種種限制，我們目前並不清楚早期菲律賓科學局標本館到底藏有多少數量交換或受贈自臺灣方面的標本。根據菲律賓國家博物館的說明，美國統領時期 Bureau of Science 所蒐藏的植物標本，大多毀於二次大戰期間的祝融之災。因此，作為現今標本主要保存單位的菲律賓國家標本館 (Philippine National Herbarium)，少有二戰前的植物標本¹³。但從一些間接的資料，我們仍可推估出臺灣和菲律賓兩地間植物標本數量不小的差距。如前所述，一直到二次大戰結束前，臺灣方面僅擁有約 250 枚的菲律賓植物臘葉標本，菲律賓方面則至少保存了二千餘枚的臺灣標本。菲律賓的臺灣植物標本包含 Abbe U.J.Faurie 身故後輾轉購置的 2,090 枚標本；由 Dr. Fred Baker 惠贈的 47 枚標本；任職於恆春種畜場的柳川秀興 (Hideoki Yanagawa) 贈送菲律賓科學局的 121 枚標本；川上瀧彌 (T. Kawakami) 交換的 145 件標本。

不可諱言，標本交換是各地從事植物研究機關重要的擴增資料庫方式，但成效有極大差異。菲律賓科學局在熱帶植物相的研究方面占盡優勢，它擁有眾多來自各國或各地的植物標本。植物

¹² http://kiki.huh.harvard.edu/databases/specimen_search.php?mode=search&cltr=R.+Kanehira

¹³ 詳見菲律賓國家博物館網頁

<http://www.nationalmuseum.gov.ph/nationalmuseumbeta/Collections/Botany/Selaginella.html>。

課標本室（原隸屬於實驗局的生物實驗室）成立之初，僅擁有 5,061 枚標本（Merrill, 1904: 592-593）。其後，植物課不斷透過各種方式增加標本數量，包含在地機構的田野蒐集以及自區域外交換、收購而得的標本。在地植物的採集來源，包含植物課、林務局、農務局等研究和實業單位。域外交換而來的標本，也為數不少。以 1908 年當年為例，獲贈之外國蒐集的菲律賓植物即共計 5,932 枚。另外，其他 Indo-Malayan 地區的標本，則分別來自日本東京、澳洲雪梨植物園、德國柏林的皇家植物園和法國巴黎的自然史博物館。不到十年（1902-1908）時間，標本館的收藏已擴增至 61,045 枚，包含菲律賓本土植物標本 39,163 枚、其他地區植物標本 21,882 枚（Bureau of Science, 1909: 197）。前後年代相較之下，1908 年的標本數量已達 1902 年的 12 倍。

實際上，目前臺灣農委會林業試驗所收藏的卷柏科植物 *Selaginella* sp. 標本「Merrill 3782」（麥氏第 3782 號）便是 Merrill 於 1904 年採集的三枚標本之一。該次植物採集於馬尼拉灣北側瑪利佛耳山（Mount Mariveles）的 Lamao 河保留區（Lamao Forest Reserve）進行，共在六種不同的生態區位採集標本。此三枚標本皆取自於 Lamao 河岸潮濕的岩石上，分別於 1 月、5 月和 10 月採集。同批標本尚有「Merrill 3118」和「Merrill 3127」兩枚（Merrill, 1906b: 23-24）。

結 論

本文以金平亮三的熱帶植物知識為例，追溯其所建立之跨日本、美國兩帝國網絡的運作。藉由前述金平亮三熱帶植物知識生產網絡的重建，並與在菲律賓從事相似植物調查工作的 Merrill 對照，不難發現金平所處的學術環境稱不上完善。對金平而言，Merrill 是其主要的尋求協助對象，尤其是他要討論 Micronesia 的植物地理的歸屬或親緣性。就標本的採集地或可資從事植物鑑定的標本數而言，金平限制有二：其一，有限的熱帶植物標本採集地——除臺灣南端的恆春半島和蘭嶼、綠島外，直至日本帝國獲取託管地後，金平才有機會踏上南洋群島中的部分島嶼，親身於帛琉（Palau）、塞班（Saipan）和雅浦（Yap）等地從事熱帶植物標本的搜羅（金平亮三，1933a: 2）。其二，貧乏的標本對照組。上述對金平從事《南洋群島植物誌》寫作時依據資料的討論中，已透露出其標本對照組相當貧乏，他因而相當倚賴並參考 Merrill 及其同僚的相關研究。另外，金平在許多著作中不厭其煩地提及 Merrill 對其植物標本鑑定的工作，其目的不僅在於致謝，更重要的是：藉 Merrill 在熱帶亞州植物研究的權威形象，加深並宣示自己的功績。

因此，本文認為：金平亮三的學術成就並不在蒐集最多的熱帶植物標本，而是有系統地組織前人獲取的植物知識。1900 年代起，Merrill 及其同僚以菲律賓群島、關島和鄰近島嶼為研究場域，戮力收集標本、文獻所建構的熱帶植物知識，是金平整個熱帶植物誌概念建立所高度倚賴的第二手資料。就金平亮三和 Merrill 所構築之熱帶植物知識的網絡而言，其熱帶植物知識的交流型態大致有以下兩種，即植物鑑定和標本流通。未來的研究期望針對相關標本館植物標本的收藏歷史做檢視和分析，始得進一步釐清這複雜的知識網絡。

附錄 1 金平亮三和「茂物植物園局」的合作備忘錄

Buitenzorg, Java, February 5th, 1940
Agreement

The undersigned, Prof. RYOZO KANEHIRA agrees that a complete set of his collections to be made during his trip in Netherlands Indies in the year 1940 will be presented to the Botanic Gardens, Buitenzorg, if possible before his return to Japan. This includes both living material (seeds, fruits etc.) and preserved herbarium and museum specimens. The Herbarium of Buitenzorg will, however, at the earliest date possible, provide prof. KANEHIRA with the preliminary identifications of his collections, compiled in a numbered list. Moreover, the Herbarium will in the future send duplicates of Malaysian material to Prof. KANEHIRA's Herbarium on a free exchange basis for the KANEHIRA-1940 set of Malaysian plants. Prof. KANEHIRA agrees that a general report, be it small or large, will be offered for publication to the Bulletin du Jardin Botanique, and that other publications of his dealing with the 1940-collection will be sent to the Botanic Gardens, eventually as reprints.

The Director of the Department of Economic Affairs. The Curator of the Herbarium
Batavia-C.
(signed)
D. F. van SLOOTEN
The Botanical Explorer
(signed)
Prof. R. KANEHIRA

Copies of this agreement are deposited in the Herbarium and in the Bureau of the Botanic Gardens at Buitenzorg.

引用文獻

- 小倉謙 (1926):〈抄錄:金平亮三:大日本産重要木材ノ解剖學的識別〉,《植物學雜誌》,40(476):449-450。
- 【Ogura, Y. (1926). Abstract for Kanehira's anatomical characters and identification of the important woods of the Japanese empire. *Botanical Magazine*, 40(476): 449-450】
- 本多靜六 (1899):〈臺灣ノ森林帶ニ就テ〉,《植物學雜誌》,13(149):229-237。
- 【Honda, S. (1899). Forest belts in Taiwan. *Botanical Magazine*, 13(149): 229-237】
- 金平亮三 (1916):〈南洋占領諸島にて採集せし樹木の三新種〉,《臺灣博物學會會報》,6(23):43。
- 【Kanehira, R. (1916). Three trees collected in Japanese: occupied Micronesia. *Transactions of the Natural History Society of Formosa*, 6(23): 43】
- 金平亮三 (1918):《臺灣有用樹木誌》。臺北:晃文館。
- 【Kanehira, R. (1918). *Useful Woods in Taiwan*. Taihoku: Koubunkan Books.】
- 金平亮三 (1920):〈紅頭嶼の新らしき二三の植物〉,《臺灣博物學會會報》,47:123-126。
- 【Kanehira, R. (1920). New plants from Botel Tabago. *Transactions of the Natural History Society of Formosa*, 47: 123-126】

- 金平亮三 (1931):〈委任統治南洋の森林植物に就きて〉,《林學會雜誌》, 13(10): 755-787。
【Kanehira, R. (1931). On the ligneous flora of Micronesia, Japanese Mandate. *The Journal of the Society of Forestry*, 13(10): 755-787】
- 金平亮三 (1933a):《南洋群島植物誌》, 南洋廳。1982年, 東京: 井上書店復刻。
【Kanehira, R. (1933a). *Flora Micronesica*. Nanyo Prefecture. 1982 reprint, Tokyo: Inoue Books.】
- 金平亮三 (1933b):〈カロリン群島に漂着したる一種の輕軟材につきて〉,《林學會雜誌》, 15(10): 905-908。
【Kanehira, R. (1933b). On a light weight wood, drifted on the shores of the Caroline Islands. *The Journal of the Society of Forestry*, 15(10): 905-908】
- 金平亮三 (1934):〈マリヤナ群島の森林植物に就きて〉,《日本林學會誌》, 16(6): 439-441。
【Kanehira, R. (1934). On the ligneous flora of Mariana Islands. *Journal of Japanese Forestry Society*, 16(6): 439-441】
- 金平亮三 (1935a):〈ミクロネシア植物総覧〉,《九州帝國大學農學部紀要》, 4(6): 237-435。
【Kanehira, R. (1935a). An Enumeration of Micronesian plants. *Journal of the Department of Agriculture, Kyushu Imperial University*, 4(6): 237-435】
- 金平亮三 (1935b):〈樹木の地理的分布から見た紅頭嶼と比律賓との關係〉,《日本林學會誌》, 17(7): 530-535。
【Kanehira, R. (1935b). The phytogeographical relationships between Botel Tobago and the Philippines on the basis of ligneous flora. *Journal of Japanese Forestry Society*, 17(7): 530-535】
- 金平亮三 (1936):《臺灣樹木誌》, 增補改版。1973年, 東京: 井上書店復刻。
【Kanehira, R. (1936). *Formosan Trees: indigenous to the island (revised)*. 1973 reprint, Tokyo: Inoue Books.】
- 金平亮三 (1942):《ニューギニア探檢》。東京: 養賢堂。
【Kanehira, R. (1942). *Exploring New Guinea*. Tokyo: Yokendo.】
- 金平亮三、佐佐木舜一 (1929):〈小西・勝間田兩氏採集の海南島植物目錄〉,《臺灣博物學會會報》, 19(103): 364-375。
【Kanehira, R., and Sasaki S., (1929). A list of Hainan plants collected by Konishi and Katsumada. *Transactions of the Natural History Society of Formosa*, 19(103): 364-375】
- 金平亮三、佐佐木舜一 (1934):〈New Trees from Botel Tabago and Kasyoto Islands〉,《臺灣博物學會會報》, 24(135): 397-402。
【Kanehira, R., and Sasaki S., (1934). New trees from botel Tabago and Kasyoto Islands. *Transactions of the Natural History Society of Formosa*, 24(135): 397-402】
- 吳明勇 (2006):《日治時期臺灣總督府中央研究所林業部之研究 (1921-1939): 以研究事業及其系譜為中心》。國立臺灣師範大學歷史研究所博士論文。
【Wu, M.Y. (2006). *Study on the Forest Office, Central Institute of Taiwan Governor: General during the Japanese administration*. Doctoral dissertation, Department of History National Taiwan Normal University, Taipei.】

吳明勇 (2012):〈殖民地林學的舵手：金平亮三與臺灣近代林業學術的發展〉，《臺灣學研究》，13：65-92。

【Wu, M.Y. (2012). Colonial forestry's helmsman: Kanehira, Ryōzō and the development of modern Taiwan forestry, *Research in Taiwan Studies*, 13: 65-92】

臺灣總督府林業試驗所 (1940):《臺灣主要木材寫真》，林業試驗所報告，第二號。臺北：林業試驗所。

【Forest Experiment Station, Formosa Government (1940). *Photographs on the useful woods of Taiwan*. Taihoku: Forest Experiment Station.】

Arnold, David (1998). India's place in the tropical world, 1770-1930. *Journal of Imperial and Commonwealth History*, 26(1): 1-21.

Arnold, David (2006). *The Tropics and the Traveling Gaze: India, landscape, and science, 1800-1856*. Seattle: University of Washington Press.

Bowd, Gavin and Clayton, Daniel (2003). Fieldwork and tropicality in French Indochina: reflections on Pierre Gourou's *Les Paysans du Delta Tonkinois, 1936*. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 24(2): 147-168.

Bureau of Science (1904). Report of the botanical section of the biological laboratory. *Fourth Report of the Philippine Commission to the Secretary 1903, part2*. Washinton: Government Printing Office.

Bureau of Science (1906). Report of the botanical section of the biological laboratory. *Sixth Report of the Philippine Commission to the Secretary 1905, part2*. Washinton: Government Printing Office.

Bureau of Science (1907). Report of the botanical section of the biological laboratory. *Seventh Report of the Philippine Commission to the Secretary 1906, part2*. Washinton: Government Printing Office.

Bureau of Science (1909). Report of the botanical section of the biological laboratory. *Ninth Report of the Philippine Commission to the Secretary 1908, part2*. Washinton: Government Printing Office.

Claval, Paul (2005). Colonial experience and the development of tropical geography in France. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 26(3): 289-303.

Freer, Paul C. (1906). The Philippine Journal of Science, *Philippine Journal of Science*, 1(1): 1-2.

Frodin, D. G. (1984). *Guide to Standard Floras of the World: An Annotated, Geographically Arranged Systematic Bibliography of the Principal Floras, Enumerations, Checklists, and Chorological Atlases of Different Areas*. Cambridge: Cambridge University Press.

Gourou, Pierre (1966). *The Tropical World: Its Social and Economic Conditions and Its Future Status* (S. H. Beaver trans.). London: Longman.

Hay, Ida (1998). E.D. Merrill, From Maine to Manila. *Arnoldia: The Magazine of the Arnold Arboretum*, 58(1): 11-19.

Kanehira, R. (1932a). New or noteworthy trees from Micronesia (I). *The Botanical Magazine*, 547: 449-457.

Kanehira, R. (1932b). New or noteworthy trees from Micronesia (III). *The Botanical Magazine*, 551: 669-674.

- Kanehira, R. (1933). New or noteworthy trees from Micronesia (IV). *The Botanical Magazine*, 562: 669-680.
- Kanehira, R. (1934a). New or noteworthy trees from Micronesia (VII). *The Botanical Magazine*, 574: 730-736.
- Kanehira, R. (1934b). New or noteworthy trees from Micronesia (VIII). *The Botanical Magazine*, 576: 919-927.
- Kleinen, John (2005). Tropicality and topicality: Pierre Gourou and the genealogy of French colonial scholarship on rural Vietnam. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 26(3): 339-358.
- Merrill, E.D. (1904). Report of the Botanist of the Bureau of Government Laboratories, Mr. Elmer D. Merrill, for the period commencing July 1, 1903, and ending August 31, 1903. Fourth Report of the Philippine Commission to the Secretary, 1903 part2. Washinton: Government Printing Office.
- Merrill, E.D. (1906a). New or noteworthy Philippine plants. *Philippine Journal of Science*, 1 (Supplement): 170.
- Merrill, E.D. (1906b). The flora of the Lamao Forest Reserve. *Philippine Journal of Science*, 1 (supplement): 23-24.
- Merrill, E.D. (1908). On a collection of plants from the Batanes and Babuyan Islands. *Philippine Journal of Science*, 3(6): 385-444.
- Merrill, E.D. (1912). *A flora of Manila*. Manila: Bureau of Science.
- Merrill, E.D. (1913). The botanical exploration of Amboina by the Bureau of Science, Manila. *Science*, n.s., 38(980): 499-502.
- Merrill, E.D. (1920). Camphorina vs. Cinnamomum. *Botanical Gazette*, 70(1): 84-86.
- Ohashi, Hiroyoshi (2009). Bunzo Hayata and his contributions to the flora of Taiwan. *TAIWANIA*, 54(1): 1-27.
- Schiebinger, Londa (2005). Forum introduction: the European colonial science complex. *Isis*, 96(1): 52-55.
- Yeh, Er-Jian (2011). Networks and the environmental knowledge: a case of savage districts in Taiwan during the early Japanese administration. *Bulletin of the Geographical Society of China*, 47: 1-26.

投稿日期：107年04月08日

修正日期：107年05月16日

接受日期：107年05月31日