

# 集水區分析方法之探討

◎廖學誠 黃瓊遙／林業試驗所集水區經營系

## 一、集水區分析之意義

集水區分析(watershed analysis)是解析集水區內人文、水生、濱岸及陸域之特性、狀況、過程及相互關係，提供系統分析方法以瞭解並組織生態系內訊息，增強人們能力以預測經營活動對集水區直接、間接及累積之影響，並導引至適切的經營活動方式、位置及程序(USDA, 1995)。由於每一集水區均有界定明確的土地面積、獨特的地貌、反覆進行的過程及相互依賴的動植物組合，故集水區分析通常以完整的集水區為分析範圍。

集水區分析可視為以集水區為範圍之生態系分析，透過集水區分析所得到的認知，有助於永續維護自然資源的健康與生產力，也唯有健康的生態功能，才能維持並創造現在及未來社會及經濟之利基。集水區分析應由許多專家組成團隊，依據準則進行分析，分析項目並不是要鑑定生態系中的每件事，而是要集中於與集水區有關之特殊問題，這些問題可能在分析前已被得知，也有可能是在分析中時才被發現。分析團隊應詳細描述生態過程，確立這些過程如何運作，判定在不同經營活動下之可能狀況，以及這些經營活動該不該實施；此外，

從調查、監測或其他分析中所得到的新訊息，應能隨時加入。

集水區分析不在制訂決策，而在建立背景資料供決策參考。集水區分析結果可應用於輔助生產淨水、木材、遊憩及其他用途之生態永續計畫，亦可應用於鑑定或排列社會、經濟及生態上所需之計畫及經費之優先次序；此外，集水區分析結果有助於經營活動及現有計畫持續性之評估，並建立基本資料提供訂定或執行環境法規（如瀕臨滅絕生物及水質等）之參考。

## 二、集水區分析考慮要素

進行集水區分析時應考慮二要素：過程要素及技術要素。

### （一）過程要素

#### 1. 參與者

- (1)組織—有效率、跨單位及跨學門之團隊，以利協調及分析。
- (2)讓原住民參與，協商共識，並吸取原住民經驗與知識。
- (3)儘早與中央及地方政府聯繫，洽商合作機會。



▲照片1 六龜試驗林中寮溪上游河道（廖學誠 攝）

- (4)讓公眾參與以提供現有及已往歷史資料，並促進公私有地主合作。

#### 2. 分析深度與優先次序

- (1)在有限的人員與經費下，需詳細考慮分析之問題數目與深度。
- (2)配合當時機會及社會需要，再選定優先分析之集水區。
3. 分析結果應導引新設計或新資源管理計畫之發展。
4. 應藉助其他分析結果，加速完成集水區分析。
5. 新資料應持續不斷地加入之前分析中。
6. 每人所完成之報告應由其他隊員再審，以提高正確性及可利用性。

## (二)、技術要素

### 1. 集水區範圍與大小

- (1)集水區係指溪流一定地點以上天然排水所匯集地區。
- (2)流域>次流域>集水區>次集水區>排水區域。
- (3)分析之集水區大小應能符合制訂決策所需，不宜過大使分析結果無助於經營者，但亦不宜過小而不足以代表整個生態系。

### 2. 分析後所得知之生態特性及過程應加以整合。

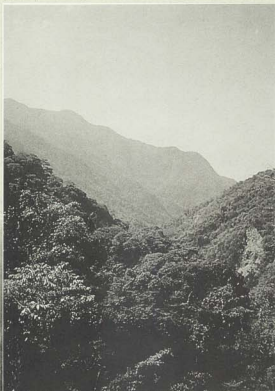
3. 分析報告應條理清楚，有邏輯、有系統的詳細描述。

### 4. 分析團隊應按照分析步驟進行分析。

5. 分析時可能無法得到足夠訊息與資料，故報告中應敘述需要何種資料，並建議收集資料



▲照片2 六龜試驗林中寮溪攔砂壩（廖學誠 攝）



▲照片3 六龜試驗林中寮溪集水區坡度陡峻（廖學誠 攝）

之優先次序，或者以何種方法推估資料。

### 三、分析項目與步驟

集水區分析項目主要有：沖蝕、水文、植生、河道、水質、物種及棲息地、人類利用等七大項(USDA, 1995)，另外Montgomery等(1995)則指出，崩塌沖蝕、水文、河道、陸域植生、河濱植生、陸域動物、水生動物、道路等八大項應為集水區分析主要項目。此二者分析項目頗為接近，較大差別在於前者有考慮人類利用因素，而後者則無。

進行集水區分析時應遵循下列六大步驟，每一步驟再針對各個分析項目逐一探討(USDA, 1995)：

#### (一) 解析集水區

回顧已往計畫、研究及相關分析，以鑑定集水區內主要的物理、生物及人為過程或特性，及其對生態系功能及狀況之影響，並建立生態系各組成與集水區環境之關係，此外，以製圖或描述方式，探討最重要的土地分配、計畫目的及相關法令限制對集水區內資源管理之影響。此步驟所得資料可初步鑑定集水區內生態系組成，至於較詳細之訊息則有待進一步分析。



▲照片4 六龜試驗林中寮溪楠生茂密 (廖學誠 攝)



▲照片5 六龜試驗林鳳崗山氣象站 (廖學誠 攝)

## (二) 確立關鍵問題

經由初步解析集水區特性後，應集中探討生態系內與經營管理、人類價值及資源狀況等有關之重要組成，決定是否增加分析項目，並確立各分析項目中之關鍵問題。由於集水區分析乃在收集、組織、解釋及展示未來資源經營管理決策所需之訊息，故此步驟除在確立關鍵問題外，尚須決定問題的優先次序及重要性，並依據這些問題提出更深入之問題或相關之分析項目。

## (三) 描述目前狀況

依據步驟二所確立之關鍵問題，分析與其相關之生態系組成的現有狀況，其內容應比步驟一更為深入解析與詳細描述，包含各分析項目中的目前範圍、分佈、過程及狀況等，此外，各分析項目中之未來趨勢亦應一併探討。

## (四) 描述過去狀況

說明過去人為影響及自然干擾對生態系狀況在時間及空間上之改變，有助於確立經營管理計畫目標，並提供生態系演化功能與過程之線索。內容應可與目前現有狀況做一比對，包含各分析項目中之範圍、分佈、過程及狀況等。



▲照片6 六龜試驗林扇平四號量水堰（廖學誠 攝）

### （五）綜合說明

透過疊圖法、統計分析、分類系統、條件評比或模式模擬等方法，比較重要生態系組成之現有及過去狀況，說明彼此間之差異、相似、未來趨勢及造成原因，並評估集水區生態系能否達成經營計畫目標，及其主要影響因子。此步驟力求完整回答步驟二所確立之關鍵問題。

### （六）建議

透過步驟一、三與四對生態系目前與過去狀況之瞭解，並以邏輯方式結合步驟二之關鍵問題及步驟五之說明，從中整理出結論及經營建議。建議必須含有效方法，以達成經營目的，例如復舊方式、河濱範圍的調整或土地分配的改變等，以解決經營目的與資源承受能力間之矛盾。分析團隊必須針對關鍵問題確立監測及研究計畫，探討集水區過程、趨勢及資料不足處，此外，亦應敘述復舊方式的有效性及其相對風險，並說明建議優先順序的考慮因素。集水區內土地應依其達成經營目標之重要性排定順序，鑑定經營方式是否恢復、維持、加強或勿礙生態系功能。



▲照片7 六龜試驗林鳳崗林道崩塌（廖學誠 攝）

## 四、分析架構及流程

集水區分析架構及流程如圖1所示。首先考慮集水區問題或需求，並訂定經營目標，例如以生產木材、維持優良水質、供應穩定水量、降低下游土砂災害為經營目標。接著再依照集水區分析步驟逐一探討各個分析項目，如沖蝕、水文、植生、河道、水質、物種及棲息地、人類利用等，並參考相關研究及監測資料以利於分析工作之進行。透過集水區分析後，可得知集水區過去及現在之狀況，及生態系組成之基本資料，並據此著手經營規劃。

進行規劃時除借重集水區分析結果外，尚須參酌社會風俗、經濟條件及相關法令限制，

如山坡地保育利用條例及水土保持法等。為達成上述生產木材、維持優良水質、供應穩定水量、降低下游土砂災害之經營目標，可規劃伐木作業方式（如疏伐）、河濱保護帶（如河道兩旁水平距離30公尺）、制訂伐木面積上限（如15%）、設立林道緩衝帶（如 $10+0.03 \times \text{坡度}^2$ 公尺）等，並將這些規劃付諸實施且持續監測。



▲照片8 六龜試驗林台灣杉樹冠截留量研究（廖學誠攝）

監測項目應與經營目的有關，以利爾後評估之用，例如設立水文觀測站，監測水質及水量之變化；設立氣象站，收集降雨、日輻射及氣溫等氣象資料。監測工作亦可利用指標物如魚類或水生昆蟲等來反應，MacDonald et al. (1991)曾指出監測指標物應具備下列要件：

- (一)對經營活動敏感且有反應
- (二)具有較低之空間及時間變異性
- (三)能簡易精準地測得
- (四)直接有助於集水區使用
- (五)較早警示
- (六)能代表寬廣或複雜的生態過程

監測工作需持續進行外，相關研究亦不可或缺。以上述經營目標為例，應研究疏伐對樹冠截留、地表沖蝕及土壤水份之影

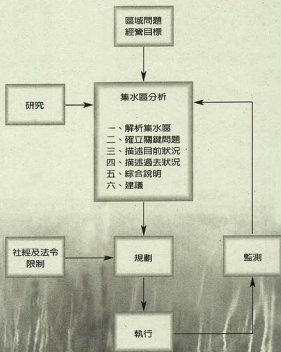


圖1 集水區分析架構及流程 [修改自 Montgomery et al (1995)]



響，此外，水文模式模擬及精確研究等亦值得探討。監測與研究可輔助集水區分析，亦可做經營管理之參考，分析過程中資料若有所欠缺時，則可另定監測或研究計畫，以補資料不足。

## 五、結論

透過集水區分析後再經營規劃集水區土地利用方式，具有下列優點：

- (一)在規劃過程之前先整合科學資料，避免制訂決策時造成誤判。
- (二)結合科學訊息及理論，降低經營活動與資源保育、相關法令等之衝突。
- (三)綜合集水區過去與現在狀況後，有利於集中探討集水區經營政策及措施。
- (四)結合不同專家、單位及土地所有者之意見，避免生態系劣化(ecosystem deterioration)。
- (五)提供公開明確之評估方式。

集水區分析是基於生態系經營理念下，所發展出之分析方法，從事土地利用規劃及管

理，它從以往著重於物種或立地分析之層次，提高為整個生態系分析經營管理之層次。集水區分析有系統地綜合歸納複雜的生態系訊息，不僅有助於制訂決策，更促進生態學之研究與發展。

## 參考文獻

- ◆ MacDonald, L. H., A. Smart, and R. C. Wissmar, 1991. Monitoring guidelines to evaluate effects of forestry activities on streams in the Pacific Northwest and Alaska. EPA/910/9-91-001, NPS Section, USEPA, Seattle, Washington, 166pp.
- ◆ Montgomery, D. R., G. E. Grand, and K. Sullivan, 1995. Watershed analysis as a framework for implementing ecosystem management. Water Resources Bulletin 31(3): 369-386.
- ◆ USDA, 1995. Ecosystem analysis at the watershed scale. Version 2.1, Section I, Portland, Oregon, USA. 52pp.
- ◆ USDA, 1995. Ecosystem analysis at the watershed scale - Federal guide for watershed analysis. Version 2.2, Part I, Portland, Oregon, USA. 26pp. ●