

# 山區地下水-水資源的新視野

文/89級 林宏奕

台灣地處亞熱帶季風區,加上地形陡峭多山,造就豐枯期鮮明之氣候。受迎風面與地形影響,由北到南豐枯條件差異甚大,豐枯季降雨比例由北部3:1至中部7:3至南部9:1。如此懸殊的降雨分配,造就全台水資源分配的差異,也提升水資源供給的難度。

地下水與地面水從過去即扮演台灣地區主要水資源供應之角色,供應台灣主要水資源需求的包括水庫供水、地面引水與地下水抽用,比例分別約為22%、46%、32%。豐水季期間,地面水量充沛,水庫維持高水位,自是無缺水危機;而枯水季時期,地面水量銳減,成為水資源窘迫之主要原因。如前述的豐枯期降雨差異,枯水季降雨稀少,地面水量之來源為上游山區蓄存地下水流出,若以豐枯期各佔一半時間計算,地面引水量之一半(23%)應與山區地下水有關,加上地下水佔比(32%),可以推論台灣水資源供應系統中有一半水資源量與地下水有關,由此顯見地下水資源對台灣有多重要。

因應平原區地下水資源之保育及開發,經濟部水利署與經濟部中央地質調查所共同推動「臺灣地區地下水觀測網整體計畫(81-9年)」,以臺灣九大地下水分區為主要標的,進行水文地質測勘與地下水位觀測資料庫建置,作為臺灣地區地下水管理及研究之重要依據。台灣山區佔全島面積的三分之二,遠大於平原區之面積,過去研究亦顯示其為台灣平原區地下水資源的重要補注來源區域。為了解本島地區的山區地下水賦存量、滲流通道,並且監測其變動,經濟部中央地質調查所遂推動「臺灣山區地下水資

源調查研究整體計畫」,藉以瞭解台灣山區地下水的 概況, 並且設立觀測網以掌握山區地下水動態。該工 作進程包括三期、分別為臺灣中段山區(99-102年) 、臺灣南段山區(103-106年),以及臺灣北段山區 (107-110年) (圖1)。工作中,針對山區地下水資 源進行的基本調查、匯整分析,以及建構水文地質架 構和概念模式等重要工作,顯示對整體水資源之評估 概念已由傳統地下水分區,延伸至集水區範圍。該計 書有4個分項計畫,包括「山區地下岩層水力特性調查 與觀測井建置」、「流域水文地質調查、探測及圖幅 量編」、「山區地下水資源調香研究」及「資料庫建 置與應用系統開發」,藉由整體計畫的推動,可釐定 台灣山區之水文地質架構,據以評估地下水資源的蘊 藏量、進一步堂握其與平原區之地下水系統的交互關 係。完成之相關成果將彙整於山區水文地質資料庫, 用以分析山區地下水資源之取用潛勢、區位及方式, 研擬永續經營的策略。

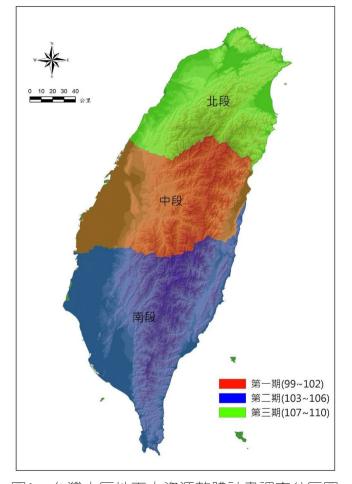


圖1、台灣山區地下水資源整體計畫調查分區圖



本系李振誥教授、徐國錦教授、余騰鐸教授所領導之團隊與台灣大學、嘉南藥理大學團隊共同執行「台灣山區地下水資源調查與評估」分支計畫,前後為期十二年,至今已到計畫最後一年度。由於山區資料有限,該計畫針對計畫區流域現況及山區地下水資源評估方式,將工作項目依研究區範圍劃分為不同尺度進行調查與分析。根據不同的目標規劃,將工作項目區分為大尺度之山區地下水資源開發潛能評估、中尺度之水文地質特性研究,以及小尺度之地下水開發區潛能出水量評估。

在大尺度山區地下水資源調查與評估方面,工作範圍涵蓋計畫全區域,包括多處河系之山區範圍。 首先,收集整理並評估各項基礎資料,包含地形、水系分布、植被狀況、地層含水量、地質與岩性、線 形構造與裂隙分布、遙測影像、地球物理與化學、鑽井岩心、河川流量與地下水位,以及其他氣象水文 資料,由此建立上述山區資料圖層,分別評估地下水補注潛能、地下水補注量空間分布,最後考慮開發 後的恢復程度,評估山區地下水資源的開發潛能,作為山區地下水可開發區域的選址依據。

中尺度之工作內容為分析重要區域之地下水流動特性,分析目標為重要河川地面水與地下水交互作用評估,分析範圍視資料完整度,以河川流量站河段作為分析區域,利用河川流量資料再配合離子濃度資料,由離子質量平衡評估選擇河段地面水與地下水之交換量。此外,山區河川水與地下水為下游平原區之重要補注來源,本計畫根據平原區地下水位資料等,分析山區地面水與地下水對平原區之補注量變化。小尺度之工作內容為高開發潛能區地下水可開發量之評估,以山區地下水開發潛能為依據,篩選分析的場址,配合分支計畫的現場鑽探與試驗成果,根據水文地質等資料,建立小範圍高開發潛能場址數值模型,評估地下水可開發量及地下水開發對區域地下水位之影響,作為山區地下水開發利用之參考。



上述工作中,最主要之工作是評估大區域山區範圍內的地下水開發潛能。由於山區資料極為有限,進行全面調查試驗所費不貲,故採用客觀參數架構指標評分系統,用以瞭解如何在如此大範圍區域中篩選適合地下水開發利用的區域,此為本項潛能指標的主要目標。地下水是自然水循環的一部份,受自然補注會再生而提供利用,故合適的地下水利用場址,並不取決於蓄存量多寡或區域大小,而是開發利用後易受降雨、河川和其他地下水補注而恢復水位的區域,才是適宜的地下水開發場址。因此,山區地下水資源開發潛能,目的在評估山區地下含水層可供地下水開發之潛力。在資源永續利用的考量下,地下水資源開發須降低對區域地下水環境的衝擊,並在可維持於預設可容許改變的限制下,考慮在自然條件下,經過人為開發後的含水層水位恢復之能力,此為地下水開發潛能,此項指標越高,代表其含水層恢復之能力越高,亦即經過地下水開發所造成之衝擊越低,目代表其補注效率較佳,可能成為較優良之地下水可開發區域。

計畫參考Foster(1987)架構之地下水脆弱度指標(groundwater vulnerability),主要考量補注源指標(groundwater occurrence rating)、地表入滲指標(overlying infiltration rating)及地下水深度指標(depth to water rating),合稱為GOD指標。其中區域地下水的補注能力將影響地下水開發後含水層之自我恢復能力,而影響地表入滲的包括氣象因子(如降雨分布)及地表提供入滲之能力(地下水補注潛能),地下水位深度則代表入滲水補注至含水層之難易程度。本潛能指標考量單一自由含水層架構,故地下水補注的來源為降雨入滲,而補注潛能因子是以台灣山區條件進行篩選,依據GOD評估模型之概念,將其三項指標轉化為:

#### 一、補注源指標(groundwater occurrence rating)

年補注深度代表在降雨事件發生下,年度補注量之總和,考慮因素包含不同區域之氣象條件差異及地質、地形等,年補注深度代表在不同區域每年進入含水層之自然補注量,故將之選定為補注源指標。評估補注量則基於水平衡分量之假設,利用河川基流分析法求得地下水補注率,並且配合降雨量資料,計算山區地下水補注量分布。由過去的工作成果顯示,計畫區域多包含山區和部份平原區,受地形影響而導致降雨量常呈現數倍差距,為免單一因子成果之偏態分布影響整體開發潛能,故補注源指標之計算方式,是將各網格之入滲深度取對數後,除以計畫區內最大補注深度之對數值。

### 二、地表入滲指標(overlying infiltration rating)

地下水補注潛能代表雨水穿過地表補注至含水層之能力。補注潛能越高,代表降雨越容易補注至含水層,在地下水開發後,越容易因為補注而恢復水位。本計畫因此採用山區地下水補注潛能來代表地表入滲指標,將各網格之補注潛能成果除以本年度計畫區內所有網格補注潛能之最大值,完成地表入滲指標。

### 三、地下水深度指標(depth to water rating)

地下水位深度(與地表之距離)越小,代表補注水越容易進入地下含水層中。此外,地下水位資料顯示,計畫區中離水系距離越近,地下水位的深度越小,故在本計畫區中,地下水位深度代表含水層在開發地下水資源後之恢復能力。本計畫利用分支計畫提供之山區地下水位資料及既有的地下水觀測水位,進行地下水深度指標設定。





計畫依上述三項主要評估因子的邏輯,建立地下水可開發潛能的評估架構,並參考GOD指標評估方法,將三項因子轉化為0~1之數值,利用指標互乘之方法評估區域的可開發潛能(圖2)。此方法可避免採用因子權重評估方式所造成之主觀判斷因素,能正確地依照相互大小關係評定出計畫區可開發潛能的分布,工作流程如圖3所示。

#### 補注源指標 groundwater occurrence rating

補注源指標=log(各網格補注量)/log(區域內最大補注量)

X



×

地下水深原	麦 depth	to water	rating			
深 × 0.1	× 0.2	× 0.3	× 0.4	× 0.5	× 0.8	淺 × 1.0



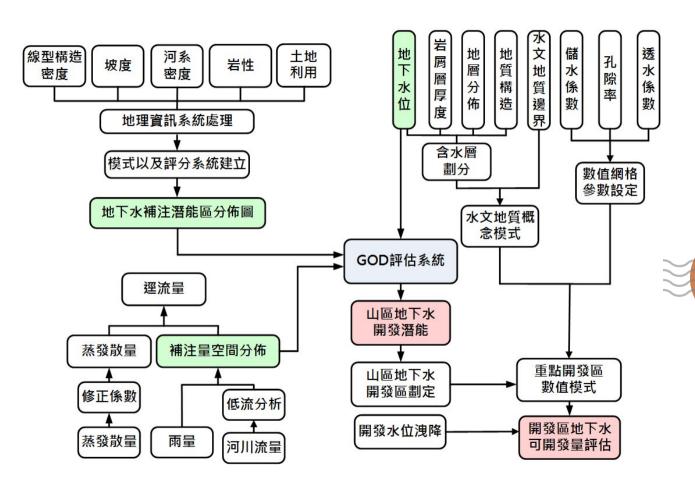


圖3、山區地下水資源開發潛能評估流程圖

110年度為上述「台灣山區地下水資源調查與評 估」整體工作的最後一年,目前已初步完成長達12 年的台灣山區地下水開發潛能評估成果整合(如圖4 所示),圖中可見,自然河川系統本就是地面水與地 下水匯集、交換的區位、尤其是河系河谷沖積範圍、 山間盆地皆為地下水開發潛能相對較高的位置。由於 山區資料甚為有限, 完整進行地下水場址調查評估工 作既費時日成本甚高,而利用潛能指標系統可針對分 析區域,快速完成潛能評估以篩選出相對高潛能的區 域,提供不同尺度下的選址參考,藉此合理地挑選可 能場址並縮小調查評估區位。整體而言、潛能指標系 統可供大區域水資源規劃參考運用、局部區域則可用 來篩選相對較高潛能的區域、縮小範圍後再投入調查 以節省時間和經費、提高水資源取用評估的效率、是 為本工作之重要貢獻。

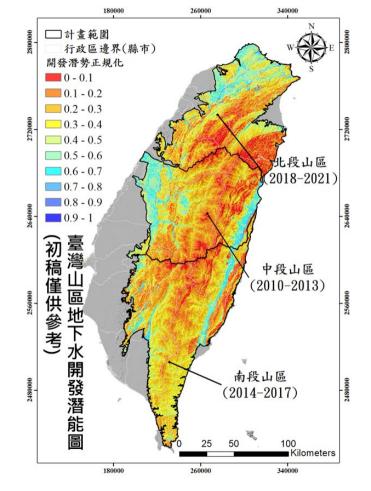


圖 4、臺灣山區地下水開發潛能圖初稿



## 十 結語

12年的工作歷程是相當充實的一個過程,在整體計畫諸多團隊的努力下,替台灣山區留下了相當的背景資料以及調查、分析成果,對於山區地下水的特性、賦存及動態,都有更深入的瞭解。然對於台灣整體地下水資源的運用及保育,也留下了多項課題。相信山區地下水在未來整體水資源架構上,將扮演更重要的角色,包括局部區域的供水利用、抗旱備援用水、水資源枯旱預警等,都是相當重要的延伸應用。在期待山區地下水工作開花結果的同時,也歡迎有興趣的資源人加入,一同為台灣的水資源環境努力,以期台灣水資源永續與安全之未來。

