



臺灣地下水水質保護與管理

行政院環境保護署土壤及地下水污染整治基金管理會執行秘書 / 陳世偉
中原大學環境工程學系兼任教授 / 陳世偉
行政院環境保護署土壤及地下水污染整治基金管理會副執行秘書 / 倪炳雄
行政院環境保護署土壤及地下水污染整治基金管理會科長 / 柯顯文
業興環境科技股份有限公司副總經理 / 劉志忠
業興環境科技股份有限公司工程師 / 陳熾仔
業興環境科技股份有限公司經理 / 王聖瑋

關鍵字：地下水、污染、水質保護、資源管理

摘要

地下水為臺灣重要之水資源之一，以往經濟蓬勃發展已衍生諸多地下水污染情形，爰此，行政院環境保護署於民國 89 年公布實施「土壤及地下水污染整治法」以來，已逐步推展各項地下水污染防治及整治工作。目前臺灣地下水水質保護已具備完整的監測制度，並完成各類高污染潛勢區域的調查與查證工作，針對已受污染的地下水，亦持續辦理污染整治工作。未來地下水水質保護將面臨環境與氣候變遷的影響而更顯其重要性，因此水質保護需導入資源管理的精神，持續辦理地下水環境監測，導入創新技術以釐清污染途徑及加速整治，並推動政府部門跨單位合作，以落實污染源頭管理，本文研擬地下水水質保護與管理策略，並歸納重點推動工作建議，以做為未來施政參考，並達到地下水資源永續利用之目標。

一、前言

臺灣長期以來仰賴地下水做為各標的用水水源，地下水資源品質為國人長期關注的重點，行政院環境保護署（以下簡稱環保署）依據土壤及地下水污染整治法（以下簡稱土污法）辦理地下水污染預防與整治工作，自 84 年起針對全國地下水分區共設置 453 口區域性監測井，並辦理定期採樣檢測工作，以掌握地下水背景水質概況。此外，針對各類型地下水污染場址及高污染潛勢區，截至 107 年 10 月底止共計 1,984 口持續監測之場置性（即污染調查）監測井，以做為地下水污染調查與查證之用。針對地下水水質保護工作亦推動逾十年相關階段工作（圖 1），包含掌握背景水質、調查高污染潛勢區域、建立預警機制、整合跨單位資訊等，此外，環保署為預防及整治地下水污染，確保地下水資源永續利用，改善生活環境並維護國民健康，各

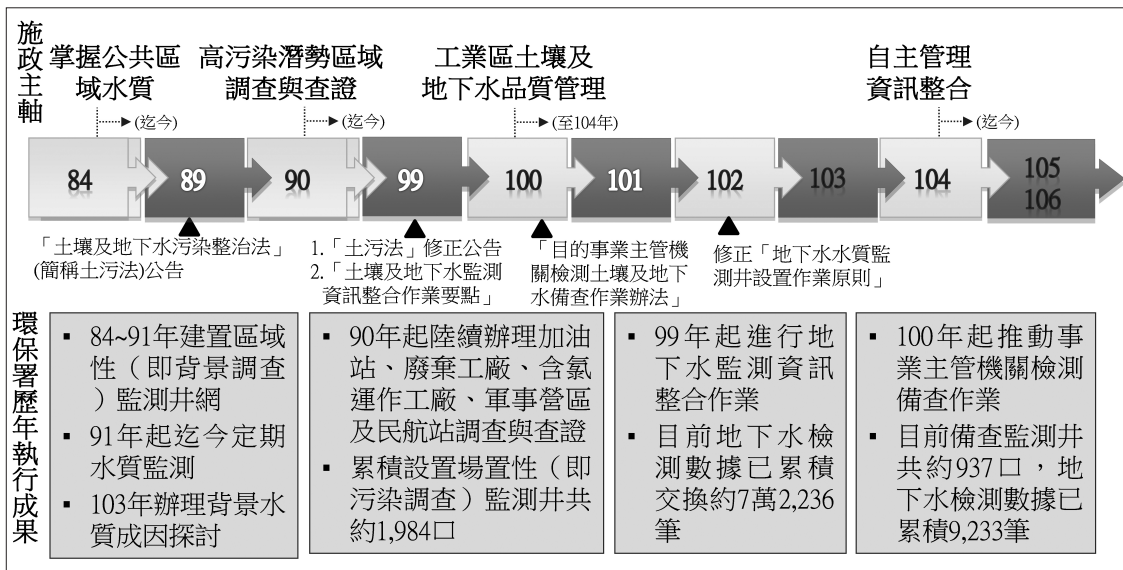


圖 1 環保署地下水水質保護歷年執行成果

級環保主管機關逐年推動辦理各項污染調查查證與改善工作，並加強污染預警與宣導工作，然針對未來環境變化與經濟發展之衝擊挑戰，必將影響水資源需求與分配，再者，民眾關注居家環境土壤及地下水品質的程度日益提升，新世代地下水管理政策亟需盡早規劃因應，以達到地下水資源永續利用與管理目標。環保署基於歷年辦理地下水水質監測與污染預防成果，並依據 106 年 10 月 19 日行政院第 3572 次會議指示，研析地下水水質趨勢並建立潛勢分布，以推動環保、農業、經濟等跨部會地下水污染預防保護措施，因此，本文綜整臺灣地下水監測管理現況，並盤點目前地下水資源面臨問題，研提未來水質保護與管理策略，以作為施政參考及落實資源永續利用。

二、臺灣地下水資源管理現況

國內目前依土污法，地下水污染防治屬環保署土壤及地下水污染整治基金管理會（以下稱土污基管會）與各縣市環保局之重點工作，故全國地下水水質監測及管理主要亦由上述單位負責辦理，此外，水量管理主要法源依據為水利法，中央主管機關為經濟部水利署（以下稱水利署），下轄水利規劃試驗所、河川局、水資源局與臺北水源特定區管理局，主要負責水利事業之保育、治理、調查試驗、研究規劃等管理工作。其中地下水部分則主要由水利署水文技術組負責研擬地下水管理計畫、觀測井網之維護及管理、水位情勢分析，另水利署水利行政組則負責水權管理與地下水管制。而地下水水量管理工作之地方主管機關為縣市政府之水利局處等相關單位，主要負責縣市轄內地下水水權

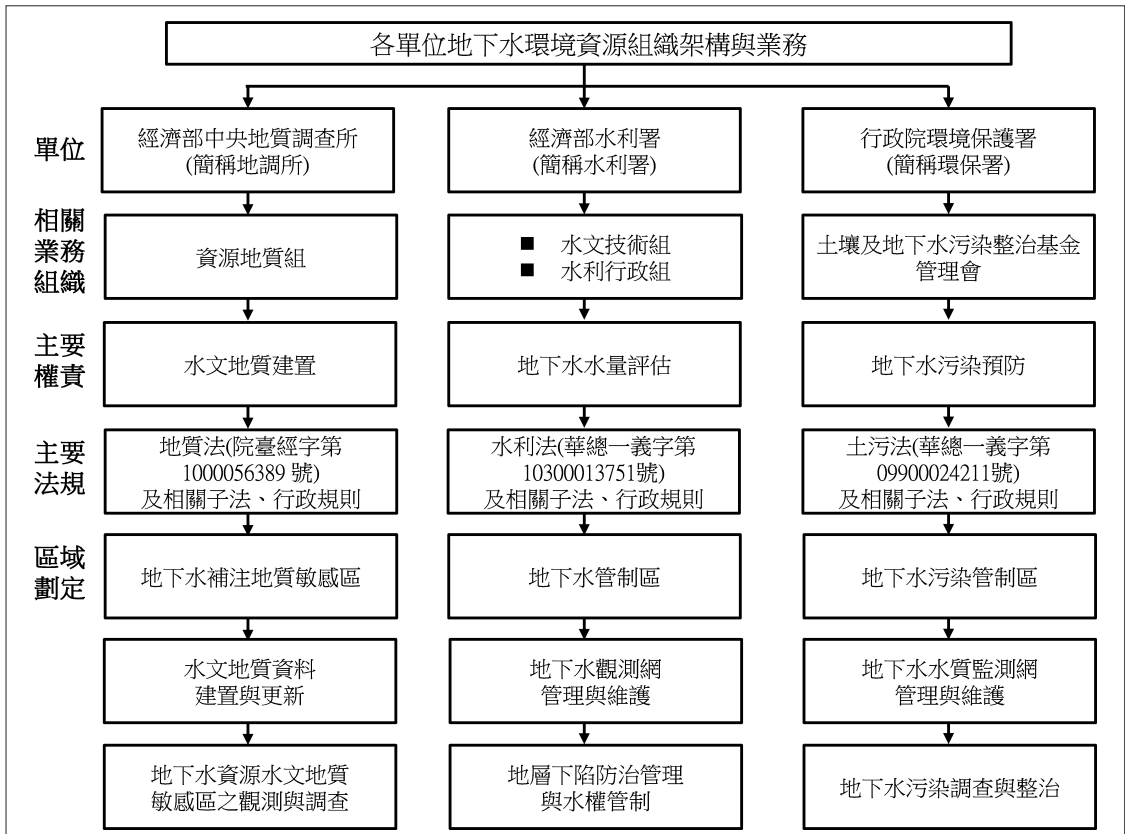


圖 2 臺灣地下水資源管理主要權責組織架構

審查與核發工作(賴伯勳等, 2015)。因此, 臺灣地下水相關業務之中央主管機關主要包括環保署土污基管會、水利署水文技術組及水利行政組、經濟部中央地質調查所(以下稱地調所)資源地質組, 各單位主要權責、依循法令、主要業務如圖 2 所示, 並概述如下(環保署, 2015)。

(一) 環保署

由土污基管會掌管業務, 地下水相關業務包括污染防治、污染調查、監測井網規劃與建置、監測井維護管理等, 其法源依據為

土污法及其相關子法與行政規則, 並依法劃定地下水污染管制區及地下水受污染使用限制地區, 所在地主管機關得禁止飲用或使用地下水。近年重要工作成果包括(1)區域性/場置性監測井建置及管理、(2)地下水污染預防、調查及查證、(3)工業區燈號建置、(4)高污染潛勢區及場址管理等。

(二) 水利署

由水文技術組及水利行政組掌管業務, 主要業務包括地下水觀測井網規劃與建置、地下水資源運用之調查評估、地層下陷防治



及水權管理等，其法源依據為水利法及其相關子法與行政規則，並依法劃定地下水管制區，加強管制地下水之利用，以防止地層下陷，並做為地下水抽水井水權核發之參考依據。近年重要工作成果包括 (1) 不同含水層水位觀測、(2) 地下水資源蘊含量評估、(3) 民井調查與水權申報、(4) 用水狀況與開發現況、(5) 用水量管制與補注量評估等。

(三) 地調所

主要由資源地質組掌管業務，主要業務包括觀測、調查及研究地質及相關試驗分析、建立臺灣地下水分區範圍、評估山區地下水資源蘊藏量等，其法源依據為地質法及其相關子法與行政規則，並依法劃定地下水補注地質敏感區，以保護地下水資源，要求位於地質敏感區範圍內土地開發行為須加強調查評估工作。近年重要工作成果包括 (1) 劃定十大地下水分區與進行地質鑽探、(2) 劃定濁水溪沖積扇、屏東平原、宜蘭平原、臺北盆地、臺中盆地、嘉南平原等區內地下水補注地質敏感區。

三、臺灣地下水水質歷年監測概況

(一) 監測井井網規劃設置

環境監測為環境保護之基本工作，環保署為掌握地下水水質狀況及建立地下水水質基本資料，已於 82 年至 84 年間規劃全國十大地下水分區之地下水質監測井，評估方式係依據水文地質參數 (包括地下水位深度、淨補注量、含水層介質、土壤介質、地形坡度、未飽和層介質、水力傳導係數等 7 項因子) 及人為活動參數 (包括土地利用、人口密度、可疑地下水污染源、地下水抽水量等 4 項因

子) 等影響因子，篩選最易受地表污染物影響之第一含水層為設置點位。84 年至 91 年間已完成 431 口區域性地下水質監測井設置作業，且自 91 年起由環保署環境監測及資訊處統籌辦理「環境水質監測計畫」之地下水質檢測工作。此外，為完整掌握地下水背景水質狀況，環保署另於 102 至 103 年針對監測井密度不足地區進行檢討，並辦理井網密度調整及補充設置等工作，現有區域性地下水質監測井數量共計 453 口，各縣市監測井數量統計如表 1 所示。

(二) 監測項目與頻率調整

早期針對區域性監測井之地下水質監測頻率為每季採樣檢測 1 次，然為有效運用監測資源，自 99 年起持續辦理監測項目與頻率調整工作。107 年地下水監測頻率調整為 1 年 1 次監測計 301 口、1 年 2 次監測計 101 口、1 年 4 次監測計 45 口及暫停監測共計 6 口。水質監測項目除歷年持續監測之 23 項一般水

表 1 臺灣區域性地下水監測井數量表

縣市別	監測井數	縣市別	監測井數
臺北市	17	彰化縣	22
新北市	31	雲林縣	18
桃園市	26	嘉義市	1
新竹市	15	嘉義縣	20
新竹縣	16	臺南市	40
宜蘭縣	19	高雄市	47
花蓮縣	11	屏東縣	75
苗栗縣	37	臺東縣	8
臺中市	19	澎湖縣	11
南投縣	13	基隆市	7
合計	453		

註：統計至 107 年 10 月底止



質項目、重金屬及其他項目外，自 100 年起增測重金屬汞、鎳及 20 項揮發性有機物。另因地下水污染監測 / 管制標準修正發布，並於 103 年 1 月 1 日施行，故自 103 年第 2 季起增列總酚，第 3 季起增列氟鹽與 3 項揮發性有機物 (1,2- 二氯苯、1,1,1- 三氯乙烷及甲基第三丁基醚)，共計 50 項。此外，考量濁水溪沖積扇頂地區為硝酸鹽氮高潛勢區，故針對扇頂地區額外辦理 13 口亞硝酸鹽氮採樣檢測工作。

(三) 地下水水質監測成果

環保署自 91 年起辦理區域性監測井之地下水水質檢測工作，至今已累積超過 10 年的檢測數據，並已累積超過 40 萬筆地下水水質檢測數據，相關數據皆已公布於「全國環境水質監測資訊網」，供一般民眾查詢及下載使用。歷年全國地下水符合監測標準比率皆達 90% 以上，以 106 年度監測成果而言，比對第二類地下水 (非屬飲用水水源水質保護區內) 污染監測標準 (以下簡稱監測標準)，低於監測標準之比率平均為 92.8%。就各水質測項而言，總硬度、氯鹽、總溶解固體、硝酸鹽氮、硫酸鹽、總有機碳、總酚、氟鹽、砷、鎘、鉻、銅、鉛、鋅、汞及鎳等項目低於監測標準之比率皆大於 90.5%；氨氮、鐵及錳等低於監測標準之比率則較低，氨氮為 59.9%，鐵為 75.4%，錳為 55.9%。

依據環保署 (2017) 探討臺灣地下水背景水質分析成果顯示，背景與指標水質項目監測結果，以臺灣西南地區合格率最低，且以總硬度、總溶解固體、氨氮、氯鹽、硫酸鹽、鐵、錳等項目為主，尤以鐵、錳之不合格比率與分布最高。由於臺灣西南地區屬沖積地

層，沉積物大多為泥質細顆粒，且沿海地區愈趨顯著，因此造成地下水中總硬度、總溶解固體、氨氮偏高，且地下水環境受到長期緩慢流動之影響，常呈現還原之狀態，以及泥質沉積物隨地層環境之還原反應影響，造成鐵、錳等重金屬產生還原反應並存在於地下水中，此外，由於海水影響或古代海水殘留易造成氯鹽、硫酸鹽等項目偏高，造成西南沿海地區、澎湖地區等較易超過地下水污染監測標準。

四、臺灣地下水水質管理面臨問題

目前臺灣地下水水質管理工作具備兩大優勢，一、已建構完整的監測網絡與持續創新技術；二、已完備污染預防法令規章與管理制度，面對未來全球環境與社會經濟條件的改變，應儘速規劃未來地下水管理推動方向，以因應各項重要變化因素所致之衝擊，茲歸納未來可能面臨之地下水管理關鍵如下。

(一) 氣候變遷影響地下水資源品質

全球氣候變遷造成的溫度與海平面上升問題，對於地下水的主要威脅即為沿海地區之水質鹽化議題，將可能不利於農業用水且更造成水處理負荷，此外，極端氣候導致降雨型態漸呈滂旱不均，各類用水標的需求勢必更趨仰賴地下水，各地區地下水水質與水量能否滿足未來用水需求，為地下水資源管理重要課題之一。

(二) 國際持續關注地下水污染議題

全球各國對於地下水水質管理的重視亦日漸提升，以歐盟為例，鑒於地下水為歐洲



各國重要的用水來源，自 70 年代起即規劃預防或限制污染物直接或間接進入地下水的初階指引，以供歐洲各國實施地下水水質保護之參據。此後，於 85 年提出地下水行動計畫，以避免淡水資源的水量與水質長期的惡化，另於 89 年提出水資源管理架構指令 (Water Framework Directive, WFD)，2015 年於該指引下提出地下水管理指令 (Groundwater Directive, GWD)，目的為建立地下水品質指標，並禁止與限制污染物進入地下水，此指令考量區域環境特性，透過大量監測數據和創新方法，以評估地下水化學狀態、濃度變化分布趨勢、污染改善方法等。地下水既屬臺灣重要水源，然目前尚無專屬地下水的管理架構與整合方案，依未來國際發展趨勢，訂定地下水管理架構與實施方案為刻不容緩要務。

(三) 落實國土分區規劃與資源妥善運用

臺灣產業發展於數十年間自農業、工業至科技產業，帶動經濟發展過程衍生國土與自然資源利用效益不彰與分配不均等問題，內政部於 105 年通過國土計畫法，並將國土區分為國土保育、海洋資源、農業發展、城鄉發展等四大地區，以達到強化國土整合管理機制，並復育環境敏感與國土破壞地區，追求國家永續發展之目標，未來中央與縣市政府公告各類分區，必將仰賴各項環境資源現況予以調整。以地下水而言，區域發展與水質保護兩者相輔相成，因此，強化地下水環境品質趨勢預測、與應用創新技術達到污染預警功能，為未來地下水管理工作之重大挑戰。

(四) 政府組織再造與跨域合作推廣

臺灣水資源管理面臨權責不一與分工不明問題，因此 政院已於 99 修正公布「內政部組織法」，並於 107 年 5 月通過「環境資源部組織法草案」，將陸續整合環保署、水利署及地調所等單位，有鑑於各政府部門皆已長期辦理各自地下水管理相關業務，並累積龐大資訊及完整法令規章，目前尚須克服的問題包括上位政策與法規制度研修、資源整合策略規劃、地下水環境聯合管理、環境教育推廣與國際合作等，皆須儘速規劃研商以利未來組織再造工作推動。

五、地下水水質保護與管理對策

依據前述綜整資料顯示，地下水水質保護與管理需以污染傳輸途徑釐清為論述基礎，方可自源頭管控或阻絕化學物質進入地下水體、有效改善受污染的地下水體、及針對潛勢區域投入適當的監測資源 (圖 3)，此外，考量地下水質量並重、供需平衡等原則，以環境資源管理的角度思考當前地下水面臨問題的因應對策。

爰此，地下水水質保護與管理之未來重點需依據土污法第一條，以落實地下水水質保護為願景，且以往主要辦理地下水污染之人為與自然成因調查工作，未來應以地下水污染管制工作為基礎，擴展至地下水資源管理之水質保護工作，因此，應針對污染管理與地下水使用現況，以建立地下水水質保護策略為主要目標。茲研擬未來主要任務與重點工作說明如下。

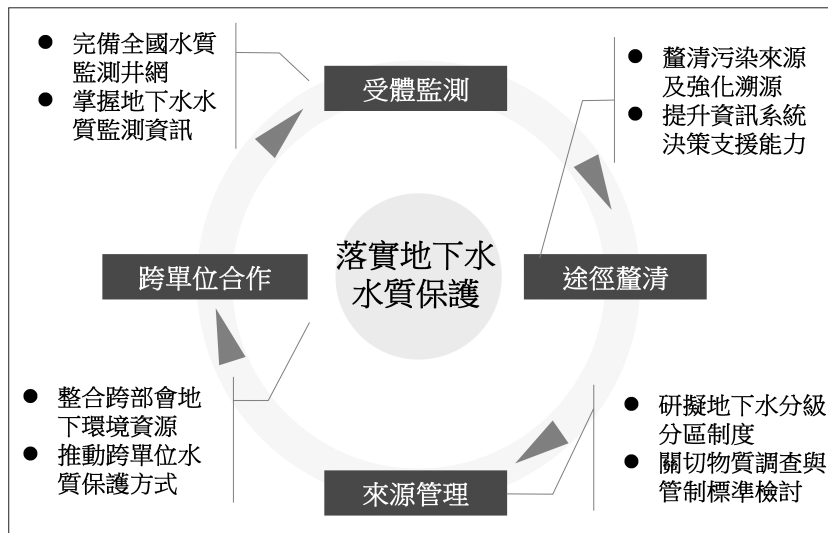


圖 3 臺灣地下水水質保護與管理思維

(一) 完備水質監測架構 (受體監測)

為完備辦理背景水質及污染調查之地下水水質監測工作，未來將持續補強大尺度監測井，以擴大地下水背景水質調查範圍，包含十大地下水分區、飲用水水源水質保護區、自來水水質水量保護區、地下水補注地質敏感區等；另針對特定地區規劃建置中尺度監測井網，包括農業、養殖業、畜牧業、都市區等，以釐清地下水水質潛在影響範圍。

(二) 發展調查評估技術 (途徑釐清)

針對既有高污染潛勢調查工作，應妥善規劃調配場置性監測井及水文地質調查工作，研發與引進污染鑑識技術，發布標準化鑑識技術規範與原則，並導入生物整治等創新的整治技術及綠色整治觀念，配合本土化地下環境模式的發展，建立地下環境模式審查制度，以利地下水污染場址改善，並強化溯源能力與污染風險評估成效。

此外，隨著近年巨量資料分析技術的發展，應逐步嘗試應用歷年累積地監測成果，進行污染成因歸納與污染趨勢預測，綜合分析長期水質特性、產業發展、社會型態等，研提造成水質超標或趨勢上升之預防措施，且針對歷年諸多污染場址案例，應綜合分析整治技術、經費、場址特性及其他社會經濟等因素，提供整治方式最佳化建議，進而應用機器學習方法，判斷或預測地下水污染潛勢與變化趨勢，以提供地下水污染預防及整治方式之最佳化建議。

(三) 強化污染源頭管理 (來源管理)

除持續針對污染潛勢水質建立工業區燈號及分級預警管理制度外，未來亦將針對背景水質建立水質指數及分類方式，以有效掌握地下水水質狀況。此外，為達地下水水質保護之目標，未來將與環保署水質保護處、毒物及化學物質局、行政院農業委員會、水



利署等，共同辦理跨單位水質保護方式，包括污染源頭管制、污染減量措施及地下水用水管理等，此外，隨著運作化學物質日新月異，未來亦需持續辦理新興污染物調查工作，以建立本土化地下水位列管項目之基線資料，並據以滾動式檢討地下水污染管制標準與監測標準。

六、落實地下水水質保護與管理之跨單位合作

有鑑於地下水常為污染物傳輸的最終受體，源頭保護需仰賴政府部門跨單位的合作，且污染傳輸行為除需考量化學物質特性外，更應結合水文地質、地下水流場等跨單位建質之基礎資訊，為達水質保護與污染預防之目標，本文針對地下水水質跨單位合作，研提四項可立即推動之合作議題如下。

(一) 研擬地下水聯合監測方案

依據臺灣現行地下水管理制度，依需求訂定地下水監測單位包含環保署、水利署、農田水利會與自來水公司，其監測井設置深度、監測頻率及項目為依據其單位業務及目標需求制定；其中環保署所設置之監測井深度多為 30 公尺以內，然除淺層地下水，國內部分地區較深層之地下水中亦有檢出污染物情形，環保署如無法掌握較深層地下水水質資訊，可能導致民眾抽水安全受到疑慮。故地下水水質監測工作應朝向深度較深之受壓含水層進行規劃，藉由搭配水利署觀測井或新設置深層監測井，以作為深層地下水污染預防及預警之用，建議應整合現有之監測井與觀測井，依現有原編列年度預算，規劃聯合監測方案並由各單位分工執行，以達到污染預防之效。

跨單位辦理地下水監測工作之關鍵在於資訊最終整合與應用的可及性，因此，配合前述聯合監測方案推動落實，更須盡速建立環境監測資訊標準化格式，包含地下水環境所需水文地質、水位、水質、及觀測井與監測井管理等資訊，唯有自資料產出端強化資料品保保管，方能達到資訊開放與應用目標。

(二) 規劃背景水質調查重點

目前地調所辦理之水文地質調查重點為山區地下水，包括中部名竹盆地與埔里盆地，可配合辦理背景水質監測工作，此外，依據地質法劃設並公告之濁水溪沖積扇、屏東平原、蘭陽平原地下水補注地質敏感區，其區與內常見發展型態為農業，以濁水溪沖積扇扇頂而言，歷年皆檢出地下水硝酸鹽氮濃度，雖然地質敏感區劃設時已納入溶氧與硝酸鹽氮水質考量，然劃設之後仍需加強定期水質監測工作，以確保其區位變化、並作為相關開發行為核准之背景參考。

目前環保署區域性監測井已定期辦理水質監測工作，以了解污染物由地表進入地下水潛勢，其關注之含水層深度大約為地表下 30 公尺以內，然受到地下水側向補注與特定污染行為，部分地區已出現較深層污染情形，未來應與水利署研商區域性監測井與觀測站井規劃聯合監測之可行性與具體作法。

(三) 強化污染潛勢區用水安全管理

依據環保署累積之長期背景水質資料，即透過土壤及地下水監測資訊整合作業要點收錄知各單位檢測數據，應針對不同水質項目、主要抽水含水層、不同水質監測標準等因素，建立各類型地下水品質潛勢分布，並



考量其採公告方式可行性，進而藉由跨單位研商方式建議各用水標的之主管機關，辦理地下水水井抽測或定期監測，以確保各標的的用水安全。然申請地下水使用者大多係因該地區自來水無法到達，若因地下水水質因素而限制其水權使用，則須規劃相關配套措施。

基於使用者付費或污染者付費公平正義原則，環保署已開徵污染整治費與水費，其徵收對象與費率皆經過審慎考量而定，而依據水利法相關規定，未來對於水權管理亦將規劃徵收水權管理費或規費，然除目前廣受各界討論之公平性與合理性外，針對部分事業對象恐出現自抽用地下水、排放廢污水、至污染防治等過程分別由不同單位收取相關費用情形，因此可藉由跨單位研商方式評估費用徵收調整方案。

(四) 提升地下水調查工作品質

環保署長期辦理地下水水質調查皆依據公告之標準採樣方法與檢測方法執行，然水利單位辦理之水質檢測則多為參照，除部分方法並無對應標準方法之外，主要仍考量業務權屬問題，反之環保署辦理之水文地質調查與監測井設置工作，未若地調所鑽孔試驗流程，造成跨單位資料整併品質管理問題、及地下水資源評估與管理所需資料各有不足之處，應先行針對地下水水力傳導係數及地下水採樣方法，應用於不同形式觀測井與監測井時可能面臨問題與因應對策進行評析，評估研擬通用性方法原則之必要性與可行性。

於地下水環境監測資料品質一致且格式統一條件下，進而探討資訊整合與應用功能面向，以地下水而言，有鑑於政府推動開放

數據相關政策，其優先且必要工作為資料累積與品質管理，未來應建立地下水環境監測管理系統，藉由發展成熟之統計分析與模擬推估方法，提供地下水管理決策參考。

七、結論

環保署歷年已陸續完成臺灣地下水監測井網建置工作，並持續辦理水質監測與污染成因探討等工作，針對高污染潛勢區域亦逐年完成地下水水質污染調查與查證工作，各縣市環保主管機關除定期監測工作之外，亦逐年完成地下水污染場址整治與解除列管作業，然而面對未來環境與氣候的變遷，及政府組織再造工作的推動，將地下水水質保護問題提升至地下水資源管理的位階，確有其必要性且刻不容緩，本文綜整多項未來地下水水質保護與管理策略，並強調政府部門跨單位合作的重要性，皆有利於地下水資源永續利用及政府資源有效運用，而環保署於近年業已逐步推動諸多跨單位合作，包括地調所水文地質鑽探資料與水利署觀測井資料的交接工作、邀集水利署研商富砷地下水潛勢區域之水權核發的加註方式、邀集農政單位研擬地下水氨氮污染之源頭管理方案等，已逐漸展現施政成果，未來更將導入新穎地分析鑑識、污染整治、巨量資料分析等技術，以創新思維達到地下水水質保護與永續管理之目標。 ◆

參考文獻

1. 行政院環境保護署，2017，全國地下水管理與整合計畫。
2. 行政院環境保護署，2015，全國地下水管理及資源整合計畫。
3. 賴伯勳、江明郎、簡文奎、江崇榮、黃智昭、王聖璋，2015，臺灣地下水環境開發保育現況與未來展望，地工技術第146期。