

# 氣候變遷下 前瞻水環境建設之我見

臺灣大學 范正成\*

## 壹、前言

### 一、緣由

政府於今年（民國 106 年）4 月，為因應氣候變遷及其他環境因素提出了「前瞻基礎建設計畫」，為期八年，預算約 8,800 億元，其中包含軌道、水環境（預算約 2,507 億元）、綠能、數位、城鄉、少子化、食安及人才培育等八大項，期能滿足未來三十年之前瞻需求。但計畫提出之後，引來社會及學界等各個層面的關注和討論。幾經論證之後，計畫之實施和預算的核撥都變成分期為之。由當初的一次八年，逐漸變成第一期的四年，到現今開始實施的為第一期的一年多，也就是從民國 106 年 9 月至 107 年的 12 月。在這當中，的確有一些考量和疑慮，有待釐清，才能達成更大的共識。筆者從事水土環境之教學和研究三十年，擬就前瞻水環境建設計畫提出個人的看法。

### 二、疑慮

對於前瞻水環境建設計畫的疑慮，一般認為有下列幾項。(1) 項目不清：有哪些需要建設的水環境項目，包括其合理性並未說明得很清楚。(2) 地點未定：對某些計畫項目，土地是否已經取得，是否需要做環境影響評估，是否在社會各界已經達成共識。(3) 經費存疑：前瞻基礎建設計畫的預算與公務預算和其他特別預算，其中的關係和合理性有待釐清。(4) 事權模糊：跟前瞻水環境建設計畫相關的

---

\* 范正成為臺灣大學生物環境系統工程學系名譽教授、氣候變遷與永續發展研究中心研究員。

機關單位，有中央幾個部會和各級地方政府，但目前大部分事務都由經濟部的水利署統籌辦理，但有些業務之主管機關不隸屬經濟部，更不隸屬水利署，例如主管水質的環保署，主管土地使用的內政部、主管山坡地集水區造林育林和水土保持的農委會……，以及各地方政府等，如何統籌、聯繫、討論、執行、檢討、改進，都有待加強說明清楚。(5) 不夠前瞻：基本上，前瞻水環境建設所考量的有氣候變遷、生態、水質、安全、山坡地集水區等，但對國際上所推動的第三屆聯合國世界防災會議所通過的 2015 ~ 2030 仙台減災綱領，以及 2016 年 1 月國內所頒布的國土計畫法，都甚少提及跟考量。以致在計畫推動實施之後，在不久之未來，又必須有所調整，可能造成人力物力的重覆投入，且功能效益也有所折損。(6) 不夠上位：前瞻水環境建設所提出的計畫，固然有其效益，但是否仍有其他計畫的實施和推動更優於這些計畫，或者使得所提出計畫的功能效益更加凸顯。(7) 不夠精準：有些資訊必須精準才有助於水環境建設中有關於水與安全，水與發展和水與環境的業務規劃和執行。例如：降雨資料，在水資源管理和淹水防救災中，極其重要。但目前所使用之雨量觀測儀器，是傳統的傾斗式的雨量筒。這種儀器對於大的降雨強度（100mm/小時以上），及風速很大的時候，其觀測值會比實際值少，降雨強度愈大，風速愈大，其差距也愈大。在氣候變遷中，極端降雨或超大降雨，以及超大風速發生的機率愈來愈高，因此降雨資料低估的情況就愈來愈普遍。最近幾年來，在颱風和超大豪雨事件中，常會發現逕流係數大於 1 的情形，也就是流出的水量多於降下的雨量，顯然不合理。又 2015 年 8 月的蘇迪勒颱風造成烏來地區嚴重的崩塌和土石流，其災害發生時的雨量只有四百多 mm，甚至只有三百多 mm。遠低於 2001 年納利颱風的 2,000 多 mm 以及 2004 年艾莉颱風的 1,000 多 mm。但在納利颱風和艾莉颱風侵襲臺灣的時候，卻未在烏來地區造成這麼大的土砂災害。其中一個合理的解釋就是蘇迪勒颱風期間，由於風強雨驟，用傳統方法量測而得的雨量遠低於實際的雨量。此外，對於重要水庫而言，土砂入庫的資料也非常重要，因為關係到水庫的有效庫容和壽命。以石門水庫為例，目前的年平均土砂入庫資料，有的寫 200 萬立方公尺，有的寫 342 萬立方公尺，但也很有可能由於氣候變遷的因素，遠超過這些數字。(8) 匆促上路：前瞻水環境建設計畫的提出到討論、編列預算和執行推動，為時甚短，其周延性，令人質疑。

## 貳、建議

### 一、總評

大致而言，前瞻水環境建設計畫，以經濟部水利署的位階而言，在時間短促、事務繁雜的情況下，統籌辦理這個計畫，其用心和努力，不可謂不周不深，其實應該給予肯定和鼓勵。筆者分別在工程實務及教學研究的崗位上，大約有七年和三十年的經驗，且在今年剛剛退休。因此，想站在學術和工程專業的立場，提出一些看法。以目前所提出的前瞻水環境建設計畫，在原因的說明（即為何而做）方面，最為有力，也最具說服性；在目標的說明（即想做什麼，或想達成什麼）方面，則稍為遜色，受肯定度也就較為不足；至於方法的說明（即如何去做）方面，則最為不周，疑慮最大和最多的也就是在此。為了使前瞻水環境建設計畫，以及未來相關的計畫更為周延可行，乃提出若干意見如下，供參考。

### 二、意見

#### （一）事權明確

多少年來，有關水環境的建設，因為牽涉到的機關（或單位）、關係人及法規既多且雜，常常推動困難或遲緩。因此，建議在推動這些建設前，先邀請相關的政府官員和專家學者，組成類似「諮詢或評鑑委員會」，定期或不定期召開，以廣納各方意見，協助作成周延的決定。民國 93 和 98 年，由於艾利颱風和莫拉克颱風造成巨大災害，政府也提出「石門水庫及其集水區之整治」和「曾南烏水庫及其集水區之整治」特別條例和預算；邀請相關的政府官員和專家學者，組成「評鑑委員會」；並且邀請當地居民和關心民衆，以及環保團體列席會議。在整個作法上，儘可能做到資訊公開、民衆參與、生態考量及檢核，以及滾動式管理。筆者有幸參與這兩個案例的「評鑑委員會」，基本上認為這兩個案例算是相當成功，建議此次能仿照辦理。一般來說，這兩個案例主要採取的是「任務性編組」，並非「常態性編組」。因此，更值得期待的是，政府的組織再造中，有關「環境資源部」的部分能夠及早通過及成立。使得未來有關水環境的建設，事權能夠更明確更統一。

## （二）注重效益

政府推動重要建設，除了要考量其安全、功能及環境之外，也要考量效益。效益包括經濟、社會、科技及其他。一般認為政府所推動的水環境建設，其效益應該不如其他產業。有經濟效益的水產業，值得政府鼓勵業界積極的參與及推動。即便是跟這次相關的水環境建設，也應該盡量考量其效益。以桃園市為例，在臺灣來說，其台地面積和比例，以及其土地使用強度都甚大。但長年以來，在台地的周邊，由於降雨所造成的坡面沖蝕，野溪淘刷和向源侵蝕，導致崩塌和土石流；不但使可用土地變少、品質變差，且造成居家的危險。而且隨著氣候變遷，這種情形在未來可能更為加劇。如果能夠藉著這次水環境建設，將這些台地好好整治，使可用土地增加、品質變好，且可提升居民的安全。如此，又能夠提升土地的價值，在往後的地價稅的徵收當中，也可以充實政府的稅收。因此，這樣的措施具有多重的效益，值得政府多多思考、規劃和推動。

## （三）跨域供水

臺灣供水有一個脆弱度，就是不少地區的供水相當程度依賴一個供水來源。一旦那個來源的供水出現問題，該地區就很可能飽受缺水之苦。以桃園市和新北市為例，這兩個地區相當的部分都依賴石門水庫的供水，但在民國93年8月艾莉颱風侵襲臺灣的時候，造成石門水庫水質混濁，自來水廠無法處理，導致18天限水，至今還有許多人記憶猶新。美國加里福尼亞州中部、南部和東南部都缺水，但他們興建了一條加州導水渠道，從北加州的American River引水到加州的中部和南部全長約710公里，每年輸送水量達52億立方公尺，造就了美國加州中部和南部農業和都會地區的繁榮。這還不包括透過胡佛水庫（Hoover Dam）引來Colorado River的水，到加州東南部使得該灌溉區（Imperial Irrigation District）聞名於世。我們都知道，100個員工的公司只要電話連線，30個門號就夠了；因為30個人以上同時使用電話的機率甚小。同理，臺灣若能做到跨區供水，水資源的調度將更加靈活，韌性也會增大。台電公司目前已有三條迴路可供全臺南北東西連線之

用。臺灣在過去曾有幾次機會可以做南北跨區的導水管路，例如一高、二高和西濱道路等。在過去，我們有時會發生南部在缺水，北部在洩洪的情形。對水資源管理來說，甚為可惜。盼望臺灣未來也能夠朝此方向規劃和施作。

#### (四) 靈活調撥

臺灣平均每隔三、五年就會有缺水的問題，特別是冬末春初，春耕灌溉之時。每遇到這種情形，為了使工業不缺水，就開始協調農田如何休耕，補償，經費由誰支付，常常耗時費日，且傷了和氣。其實，台電公司的作法很值得參考。早早做好限電的標準作業流程（SOP），每遇限電就按照這個流程進行。我們或者可以成立水權調撥補償基金，估算其發生風險、規模及補償金額，隨自來水費徵收。如此，水權的調撥將更為靈活，民間的抱怨也可望減少。

#### (五) 健全管理

管理的確是一項重要而且複雜的工作。早期之公共建設，並未特別著重公眾參與之事。但現今民智已開，民主和環境意識漸趨成熟，社會參與的意願也更形增加。因此，在這方面應重新考量。民國 93 和 98 年，由於艾利颱風和莫拉克颱風造成巨大災害，政府提出「石門水庫及其集水區之整治」和「曾南烏水庫及其集水區之整治」特別條例及預算；邀請相關的政府官員和專家學者，組成「評鑑委員會」；並且邀請當地居民和關心民眾，以及環保團體列席會議。在整個作法上，儘可能做到資訊公開、民眾參與、生態考量及檢核，以及滾動式管理。這種管理模式，可以供作未來管理的參考。此外，在其他管理方面之考量，則在本文中各意見之論點，另行闡述之。

#### (六) 全域治理

目前，有關流域治理，分屬不同的機關或單位。例如，最上游的造林育林和水源保護由林務局負責；山坡地的保育和治山防災由水土保持局負責，水庫庫區和中央管河川下游由水利署負責。其他尚有環保署，內政部營建署，交通部公路總局，原民會以及地方政府，都各有所司，各負其責。因此，要如何才能整合所有業務有效做好全流域的治理，不是一件易事。未來在政府組

織再造，環境資源部成立之後，若能成立流域管理委員會，應該對此事會有甚大助益。如此，就比較不會發生重複施作或銜接不佳的情事。近幾年來，由於氣候變遷，極端降雨屢見不鮮。堤防外的河川排水（外水）固然需要重視。堤防內都會地區之排水（內水）亦不容輕忽。最近內水常出現問題，導致淹水現象越形普遍和嚴重。這種現象所牽涉的，有上下游的問題，有中央（內政部營建署）和地方政府的問題，有既有設施的標準未達現今法規標準的問題，也有區域排水的問題。建議經濟部水利署或未來的環境資源部，能協調各單位做最有效的治理。

### （七）海綿家園

最近以來，有不少人提倡將臺灣打造成海綿家園。意思就是透過種種措施將臺灣變成像海綿一樣，讓土體可以呼吸，讓大地可以入滲，讓生物可以繁衍，讓逕流可以降低；也可對防洪增加韌性。這些措施包括透水的地表，植生的覆蓋，蓄水的埤塘，滯洪的措施，雨水的貯集，基地的保水等等。這是一個很好的理念。而這個理念可以透過政策法規的制定，專業技術的研訂和執行管理的落實來達成。消極的，可以用法規來規範，積極的，可以用政策來鼓勵。有關建築技術規則的相關規定，可以供作參考。許久以前，社區開發或大樓興建，並不要求興建停車空間，但後來因為交通漸漸發達，人民所得日增，車輛逐漸增加，停車空間嚴重不足，乃有法定停車空間的要求，以及法定停車空間以外再增設停車空間之獎勵。這種做法應該也可以應用在海綿家園的理念。

### （八）清淤防淤

清淤和防淤對於水庫增加或維持庫容都有幫助。清淤就像診療醫學，防淤就像預防醫學。但一般人習慣花大錢看病住院，也不習慣花小錢養生健身。在政府有關清淤和防淤的工作上也是相仿。在河道的疏濬和水庫的清淤，常編列大筆預算；但對於水庫集水區坡地災害的整治，植生的復育，卻常編列小筆預算。以前，臺灣地區水庫的規劃設計，大多沒有考量排砂設施，以致水庫之清淤，不僅執行困難，而且成本偏高，廢土對水土保持和環境保護都不



好。目前有些水庫，例如石門水庫，開始規劃設計和興建排砂隧道。但受限於地文（包括地形和地質）和水文條件，常成為工程技術上的挑戰。至於防淤，除了沖蝕控制及災害（包括崩塌和土石流）治理之外，也應著重植生復育和土地使用管理。土地使用管理極其重要，將在另外一點闡述。

#### （九）清淨水源

臺灣水庫興建之時，其選址及規劃設計大多採用在槽水庫。又由於臺灣的地形陡峻、河川短急、地質年輕，土壤鬆軟，容易發生沖刷。土砂順著河流而下，進入庫區，就形成淤積。這種情形，對於離槽水庫就不會發生。在臺灣，離槽水庫較少。苗栗縣南部的鯉魚潭水庫，引大安溪乾淨之水到庫區。民國 81 年完工至今，水庫淤積才僅約 6%。另外，才於去年（民國 105 年）啓用的湖山水庫，也是一座離槽水庫，位於雲林縣斗六市及古坑鄉，於清水溪建置桶頭攔河堰越域引水到庫區。未來臺灣的水庫如果條件許可，建議盡量採行離槽水庫的規劃設計。另外，伏流水也是一種清淨水源。臺灣的山區或丘陵地和平地交界之處有不少地方屬於砂礫石層。由於其透水性高，加上地下水充沛，因此，伏流水在臺灣的蘊藏量應屬不低。如果相關單位努力進行伏流水開採技術之研發，並廣作伏流水水源之探測及開採，臺灣之清淨水源應該甚為可期。

#### （十）土地管理

臺灣重要水庫集水區的坡地常被不當開發使用，造成土壤沖蝕、崩塌和土石流的發生，也使得大量土砂順流而下，進入庫區。因此土地的使用管理格外重要。目前，臺灣有許多法規可以禁止或限制土地的不當開發。臺灣也是一個容許在水土災害好發區重建的一個國家。但是，隨著民國 105 年 1 月國土計畫法的頒布和實施，有些做法就應該改變。例如，對水土災害好發區，應該禁止或限制其使用。但政府應該主動積極地尋找、調查條件好的可用土地，整治之後，可供該區民衆之使用。如此，可以使得該區民衆的安全得到保障，其工作和生活也可以獲得改善。這是一種「專區許可制」的精神。所謂專區許可制，就是某一個地區，原來有一些活動是民衆所需，但是會影響

交通、衛生、環境品質或其他。為解決這些問題，乃透過合法的許可，設立專區，供民衆活動之用。以水源市場為例，該市場位於國立臺灣大學羅斯福路的對面。市場未建之時，有些攤商在騎樓之下販賣各種蔬菜、水果及肉類，造成交通、衛生、噪音、水汙等環境問題。但這些行為又是民衆所需。因此，臺北市政府特別給予許可，設立專區，興建水源市場，供這些活動之用，也同時解決民衆之需求和原來產生之問題。世界上許多著名風景名勝，例如大峽谷，也是一樣，為了解決遊客住宿、停車、露營、烤肉之所需，乃給予許可，設立專區。未來臺灣許多條件不佳之山坡地，例如神木村、廬山溫泉等，都可仿此方式辦理。盼望政府不只是消極地取締不法，也要主動積極地採取「專區許可制」的精神，為民衆解決問題。

#### (十一) 降低漏損

在過去，臺灣的自來水及其他輸水管線曾經漏水嚴重，但經過多年的努力，目前已經大幅改善。但仍然有相當努力的空間。例如，自來水的水質，包括出廠的水質，輸送之後的水質，儲存的水質，以及到用戶的水質，有許多環節都需要努力。如此，才能夠達成「喝好水」的目標。

#### (十二) 減少水汙

臺灣最主要的水汙染來自於工業廢水、家庭廢水和非點源汙染。工業廢水、目標明確、容易掌控，收效也最快。但有些不肖廠商仍然暗地裡偷偷排放，甚至有些排放至地下水中。因此，取締不法，不容鬆懈。家庭廢水之排放有賴汙水管線之施設。有些地方政府受限於經費有限、財政困難，汙水排放管線之施設遲緩。但近年來由於民衆環境意識提升、民意監督增強，此現象已有大幅改善。至於非點源汙染，主要是山坡地的農牧用地，進行農業活動時所造成。無論是施灑的肥料、農藥或牲畜的排洩物、或是農地開墾，當降雨造成沖蝕之時，由於量大面積廣，對水體造成的汙染不容忽視。對於非點源汙染之管控，先進國家的做法值得參考。以美國為例，所採取的是最佳管理措施（Best Management Practices, BMPs）。其精神就是正本清源、防微杜漸。除了法規之要求外，專業技術之手冊也是



非常詳細和周延。此外，還有一種做法也值得參考；也就是對於非點源污染的製造者（農民），美國的環保單位（如 EPA）扮演「警察」的角色，而農業單位（如 USDA）則扮演「朋友」的角色，在專業技術上協助他們，在施作經費上補助他們。這些都可以供臺灣參考。

### （十三）保護水源

臺灣的山坡地和高山林地所占的面積總共達到 73% 以上。而這些地區是水的故鄉，若能好好造林育林、保護水源，做好水土保持和治山防災，則國土保安和水源涵養都可以確保。但是這些工作都需要人力物力和財力。盼望在未來組織再造及每年編列預算之時，這些都可以被妥善的考量。

### （十四）省水農業

農業用水占總用水的 70% 以上。如果透過省水灌溉和栽作技術的研發，使農業用水可以相當程度地降低，對於臺灣水資源的使用管理將有大幅助益。以色列大部分地區都降雨很少，水資源有限，但他們在省水農業和栽作技術的研發不遺餘力，使得他們不但用水無虞，而且農產品還遠銷至歐洲。這點很值得臺灣的參考。

### （十五）灌排分離

臺灣大部分的灌溉和排水渠道都混合使用。因此一旦受到汙染，水質就大幅降低，使得用水在農業或者轉作民生或工業之使用都相當程度的受到影響。如果灌溉和排水系統能夠分離，那麼灌溉用水的水質就可以得著確保。不但對農業灌溉有所助益，對轉作民生或工業之使用也大有幫助。

### （十六）合理水價

臺灣每立方公尺自來水的原始成本大約在 17 到 20 元之間。但長期以來，自來水的銷售，每立方公尺大約 10 元，甚至以下。不足的部分都由全體納稅人分擔。若是有人有私人游泳池，每個月用水 1,000 立方公尺，那麼每個月大約有 7,000 到 10,000 元是由全民替他支付。此一情形顯然很不合理。因此，建議在基本民生用水之外，如洗車、SPA、私人泳池之水費能夠適時適度調漲。使水費可以漸趨合理，且減少浪費。

### (十七) 精研科技

想要前瞻水環境建設計畫能夠有效且周延的推動，有賴相關科技不斷的研發。如前所述，有關傳統之傾斗式雨量筒，在風速極快或降雨強度甚大之時，雨量的觀測值將遠低於實際值。因此，有必要進行新的雨量觀測技術和設備的研發。水庫之土砂入庫量，也應該提升其評估之準確度。自來水錶之精準度，量測數據之自動傳輸，也有賴科技研發來提升。

### (十八) 保護海岸

臺灣本島四面環海，每年遭遇到的颱風豪雨不在少數。因此，海岸受到沖蝕，在所難免。但由於氣候變遷造成風速和降雨強度的增加，以及海平面的上升，對臺灣海岸的影響，自然會更加嚴重。因此，不但要更加準確的評估其影響，也要妥擬海岸保護的對策和方法。

### (十九) 海水淡化

臺灣有些地方，特別是離島地區，其水資源常不夠使用，也缺乏建水庫的要件；為滿足用水需求，海水淡化不失為其中一種方法。經過多年研發，海水淡化之技術已逐漸提升；海水淡化所需之成本也逐漸降低。

### (二十) 總量規化

臺灣每年平均之用水量大約在 190 億到 200 億立方公尺之間。而取水方面，每年河川取水量約 50 億至 60 億立方公尺，水庫取水量約 55 億至 65 億立方公尺，地下水抽取量約 70 億至 80 億立方公尺，而地下水補助量約為 40 億立方公尺。地下水超抽之結果，使得西南沿海部分地區地層嚴重下陷，也造成海水倒灌、淹水、公共設施受損、地下水遭海水入侵的情事。因此，為解決此問題，有必要對臺灣的水資源做總體的規劃。期能使耗水多，汙染大的產業，能加以改善，或移往他處。使臺灣的水資源量足質佳且能永續發展。

綜合以上個人的看法和建議，提供政府相關單位參考，期能對前瞻水環境建設計畫之規劃和執行有所助益。🌐