

# 公民科學、社區監測與環境知識建構

杜文苓\*

## 一、前言

當我們生活周遭聞到不好的氣味，家裡的小朋友常過敏打噴嚏，甚至氣喘，懷疑住家附近工廠排放氣體造成身體不適甚至癌症，但苦無證據證明附近排放源有違法超排的事實。看著鄰近好幾座工廠煙囪冒煙，卻檢測不到違反《空氣污染防治法》的超標物質。此時，住在鄰近社區的你／妳，可以怎麼做？只能無奈接受？或希望趕快搬走遠離空污危害？還是想要揪出元兇，改善環境？

這個為期三年的空污公民科學研究，從回應第三個選擇出發，希望透過科技風險爭議的討論與知識生產的研究，探索強化公民參與環境知識建構的方法論與運作方式。

這個計畫將焦點放在公民科學與社區污染監測問題，探究一些社區居民在面對空污影響下，發展出什麼樣具有科學證據蒐集意涵的策略與行動，挑戰官方的管制科學的缺漏與空污治理失能的問題。同時，在研究執行過程中，我們也設定計畫本身作為一個跨界橋樑，積極推動國內外關心污染社區之環境正義與公民賦權之學者與民間團體的交流互動，並嘗試引薦在多個國家已行之有年的社區環境監測科學之知識、技術與方法論，提供臺灣實踐空污監測公民科學的參考。

計畫執行期間，我們研究團隊邀請了著力於空污監測公民科學研究的 STS 學者 Gwen Ottinger 教授（2015 年 4S 學會「瑞秋卡森獎」(Rachel Carson Prize) 得主）訪臺，與臺灣學界、環境團體、周界社區居民以及政府單位等，進行互動交流。國際交流規劃期間，更透過讀書會的累積，在思考如何將公民科學概念內涵系統性引介到臺灣，並共同促進討論公民科學在臺灣可能樣貌的目標下，編撰了《科技民主與社區培力：Ottinger 空污監測公民科學》手冊，網路開放給一般大眾自由取閱。<sup>1</sup> 可以這麼說，本計畫在「知識公共化」的指引原則下，藉

\* 國立政治大學公共行政學系教授、科技部人文司科技、社會與傳播學門召集人

<sup>1</sup> 有關 Ottinger 教授來臺系列活動的規劃籌備，我們均放在以下資料夾連結中 <http://beta.hackfoldr.org/1WnJnlmKqsVxjFlegCaJtGZJWwqy-uyJy8Qr3loZZW8w>，透過公開分享，我們期待激起更多的討論與行動。

由邀約國際學者機會，串接多元社群的動員與合作，深化空污監測公民科學思考的在地深耕。相關研究更促成科普影片的拍攝（打開〔社會事件 S 檔案中〕的「石化管制追追追」），以及公共議題專書討論（如〔煙囪之島：我們與石化共存的兩萬個日子〕）。

**Gwen Ottinger 教授**

Gwen Ottinger 為美國卓克索大學政治系/科技與社會中心副教授，長期關注美國受空氣污染社群的環境正義問題，親身與在地社群聯繫交流，協助發展公民科學，並進行社區培力活動，為近年美國公民科學實踐與理論發展的超新星！

為什麼你應該關注Gwen Ottinger？

- 瞭解美國受空氣污染影響的在地社群如何與地方煉油廠抗爭
- 瞭解美國公民科學論述的最新發展與實踐
- 瞭解Gwen Ottinger如何幫助在地社群贏得尊嚴，實現環境正義

**訪台系列活動與公開行程一覽表**

時間	城市	主題	地點	報名方式
3月25日(六) 14:00 - 17:30	高雄	【系列活動】 2017 STS年會「公民科學圓桌論 壇」	高雄醫學大學第一教 學大樓	議程(連結) 活動紀錄與資料 (連結)
4月19日(三) 19:00-22:00	台北	【系列活動】 鉅變新視界沙龍－環境新論與公民 科學	臺灣大學社科院108 室	線上報名與議程 (連結) 活動紀錄與資料 (連結)
5月9日(二) 14:00-17:00	台北	【系列活動】 「環境正義、社區培力與公民科 學」：Gwen Ottinger 教授訪台行 前工作坊	台灣大學社會科學院 419會議室	線上報名(連結) 議程(連結) 活動紀錄與資料 (連結)

圖一：邀請 Gwen Ottinger 教授來臺交流空污監測的公民科學，活動過程從包含公開讀書會、演講、機構參訪、田野調查等，所有資訊皆公開於網路平臺，促進知識公共化

## 二、空污問題的知識建構與「社會運動為基礎」的公民科學

雖然空污問題已是二十一世紀的世界無法忽略的議題，但空污議題的複雜性，牽涉到排放源的指認、傳送污染物質的媒介特質、受體不同程度的影響，都可能影響我們對於風險曝露差異認識與評估。舉例而言，交通壅塞程度在時間、距離上與健康影響關係的換算，工廠運作與社區距離間的關係，季節性的風向、不同污染物質的科學工具測量等，都使我們對於空污影響難以完全掌握。許多人可能都同意，空氣污染問題仍有許多難以掌握「該做而未做的科學知識(undone science)」，致使管制政策過程中充滿了科學不確定性。

上述問題事涉複雜多樣的環境知識與資訊，很難依賴某一學科專家的諮詢與判斷，或運用實驗室的模擬科學來排除各種變因，預估空氣污染對於人體或生態體系的各種風險。一些研究指出，單一污染物在光化學反應下容易衍生、擴散其他具有危害性的污染物，以及大氣中充斥許多著複合性的空氣污染物，但目前的科學知識對空氣污染物合成效應的風險評估所知有限(Hidy et al,

2011)。換言之，倚賴傳統單向且線性的風險評估，可能會使我們忽略了一些既存科學未能掌握的事實與問題。為能回應民眾對於空氣品質改善的需求，調整環境治理模式使其更能含納不同類型知識與常民經驗，已是刻不容緩，而公民參與環境決策的討論與實踐方案更受到重視（杜文苓，2015；Ascher et al, 2010; Yearley, 2006）。

近幾年國際社群發展出結合公民科學與常民知識所建構的社區混合知識，在制度內外運作，與環境健康正義運動相互牽引發展。這種以社區為主的行動科學，或稱公民科學發展，使地方社會獲得擴充知識基礎與科學能力的機會，從挑戰污染運動過程中建立起社區所屬的知識網絡。從美國加州與路易斯安納州發展出社區監督的空氣計畫（空氣桶 /bucket brigades），即是一個眾所矚目的個案（Ottinger, 2013）。這樣的計畫是運用便捷材料、製作簡易而低成本的空氣收集桶，發展出小型社區志願網絡與組織，以即時掌握管制單位運用傳統空氣監測所無法提供的更細緻與更精準的資訊。O'Rourke 與 Macey（2003：406）認為，雖然民間與官方對於資料蒐集、分析以及組織參與等還有許多歧見，但引進這類的公民科學技術後，使意外污染災害減少，也迫使企業負起減污的責任，並進一步使環境監測的政策辯論重新界定，從傳統技術性的風險取向，轉向面對社區在乎的健康與生活品質論述。Ottinger（2012）把這樣的公民科學技術放在知識生產的脈絡來看，主張「程序正義」必須納入知識生產體系中，以填補知識的落差，以及提供社區在變動的科學知識環境中，保有對污染設施運作持續同意的權利。

這種從地方空污監測經驗出發的公民科學，與主流強調公民知識能力的提升、拓展科學資料（如鳥類調查、太空觀測等）蒐集廣度與深度的公民科學，有所不同。Ottinger（2016）將兩種類型的公民科學區分為「科學權威驅動的公民科學」(Scientific Authority-Driven Citizen Science)，以及「社會運動為基礎的公民科學」(Social Movement-Based Citizen Science)。她的研究指出，科學權威驅動的公民科學將其正當性建築於理想化的科學標準之上，期待藉由科學教育讓大眾更了解科學，以帶來社會改變；社會運動為基礎的公民科學卻是批判傳統科學規範下的方法與標準，主張科學運作是為了回應社區關懷。公民參與行動研究，不只蒐集資訊，同時也可發展詮釋數據的能力，並可提出相關因果關聯的社會倫理主張（Ottinger, 2017）。

Irwin（1996）認為，社會運動為基礎的公民科學源起於對輸出一種去脈絡化、強調普世性真理的科學失去信心，這類在學院、政府或專業社群中被擁抱的理想科學，常常無法解決真實的社會或環境問題。雖然社會運動為基礎的公

民科學常被定義為「政治」，也常面臨「增加科學權威」與「批判科學權威」間的取捨 (Ottinger, 2016: 98-100)，但這類公民科學拒絕將社會質問與立基於集體行動的社會改造願景分開，強調研究問題意識的驅動者為地方公民，有科學背景的專家是協助、支援的伙伴，公民與科學技術專家在科學運作中發展解讀數據、挑戰標準制訂的合理性 (Ottinger, 2010a; 2010b)。

這種結合公民科學到環境污染監測行動，使社區居民有自己界定地方環境問題的機會。不過，要使公民科學在環境知識建構上與政策上更具效力，Ottinger (2010b) 直指標準設定 (standard setting) 是重要關鍵，因為標準作為一個疆界物，架接起將社區環境監測資料正當化為專家重要衡量的功能，同時，標準也是一個管戒的疆界物，使專家可視公民科學為有關或無關乎空氣品質評估的資料之一。換言之，如何為公民科學的努力介入標準設定，是科學與政策民主化需要考慮的一環。

### 三、臺灣版的公民科學實踐：地方空污監測

了解空污問題的複雜度與空污監測公民科學的發展脈絡，我們進一步檢視臺灣公民參與空污監測的在地實踐。我們在臺灣的研究顯示，甫在萌芽的社區行動科學，在運用的層次上，較無涉及科學知識拓展的目標，而著重在將知識生產鑲嵌在具體行動方案；在方法論上，少有大規模蒐集資料等集體行動，可以說是根著於社會問題意識的「社會運動為基礎的公民科學」。雖然在知識生產行動與方法論上與國外經驗案例不盡相同，但在臺灣的脈絡下，我們認為，只要運用系統性方法蒐集、創造數據與資料，並進行相關邏輯的因果推論，回應地方主要的空污關懷，應都可視為公民科學運作的一環。以下，我們擷取部分研究調查的案例成果，提供臺灣空污監測公民科學實踐的基本樣貌。

#### (一) 地球公民基金會：「高雄的天空」100 天拍攝計畫與空污旗

高雄作為臺灣重要的工業重鎮，四十多年來鋼鐵業、電力業、石化產業等大型工廠不斷地進駐與發展，因為臭氧及懸浮微粒濃度高，空氣污染成為高雄人無法迴避的課題。長期關心空氣污染問題的高雄環保團體「地球公民基金會」，自 2011 年起積極要求政府依據 1999 年修訂的《空氣污染防治法》規定，納入「空污總量管制」相關規範。2012 年期間，執行「高雄的天空」100 天拍攝計畫，從當年的 2 月 1 日到 5 月 10 日，於基金會辦公室窗臺，以定點定時的方式拍攝遠方地平線、柴山與天空，同時記錄環保署公布的 PSI 值、PM<sub>2.5</sub> 的小時

值，以及當日能見度，以視覺化圖像呈現方式，將資訊公布在其網頁，凸顯空污問題的持續性與嚴重性。

2014 年 11 月起，地球公民基金會與高雄的文府及港和國小合作，發起「校園升空污旗活動」，由校方在空污達警戒值（ $PM_{2.5}$  達 35 微克以上）時，升起具有警示效用的紅色空污旗。同時配合學校師生空污日誌的撰寫，以及天空顏色、能見度與空氣味道的觀察紀錄，促進學生對於空污的覺察能力。



圖二：運用定時定點拍攝方式，地球公民記錄高雄的空氣品質狀況，呈現不良空氣的天數比例，也促進了空氣品質指標的制訂

## （二）嘉義市社區醫療發展協會：嘉義市 365 天空氣品質年曆

2014 年 5 月成立的嘉義市社區醫療發展協會，共同發起人之一余尚儒醫師從看診經驗中，發現空氣品質影響病人呼吸道問題，因此協會成立  $PM_{2.5}$  自救會，關心嘉義地區的空污問題，透過長久以來與社區的網絡連結，深入民間進行醫療衛教工作與空污資訊傳播，並將相關對照數據以表格化或圖像化的方式呈現，凸顯空污的嚴重性以及管制不足的問題。例如「空襲警報」文宣，則是運用了年度  $PM_{2.5}$  數值資訊的整理，透過與國際標準比對，製作了嘉義市 365 天空氣品質年曆。這個年曆顯示，2014 年一年當中只有六天符合美國空氣品質指標（AQI）中的「健康空氣」，空污管制的落後可見一斑。

## （三）南投埔里反空污自救會： $PM_{2.5}$ 微型監測的開端

2012 年細懸浮微粒風險議題浮上檯面，中部環保團體展開全國串聯反對國光石化興建計畫，強調中部地區幾個大型污染源的運作，如中部火力發電廠、

中龍鋼鐵、中科、六輕，已經產生嚴重的空污問題。而沒有重工業所在的南投與嘉義，竟也測出高濃度的PM<sub>2.5</sub>，促使埔里居民於2014年9月成立了「埔里PM<sub>2.5</sub>空污減量自救會」。暨南國際大學資訊管理系戴榮賦教授與自救會合作，設計出可偵測細懸浮微粒的低階微型感測器，在埔里地區佈點30個測站與建置雲端平臺記錄資訊系統，監測當地空污狀況。其後進一步發展，將微型感測器搭配已設置在埔里國中的國家級標準監測站，建立起空氣污染偵測物聯網，即時掌握埔里的外來及在地污染源。

#### (四) LASS 空污微型監測

LASS (Location Aware Sensor System)，是一套以開源和公益定位的PM<sub>2.5</sub>「環境感測器網路系統」。初期參與的創客(Maker)有40個人，2016年中央研究院陳伶志研究員找到穩定的微型感測器，與哈爸(LASS創辦人)合作，在全臺快速發展起來。這群資訊工程師，強調資訊開放、架構開放與共同開發平臺，讓這個計畫保持堅韌的「協力廠商」角色，改變了空氣品質治理的行動場域。這種空污監測模式中，工程師本身是資訊的專家，卻是空氣品質問題的常民，但他們揭露的空氣品質資訊，卻能被環工與公衛的空污專家賦予知識價值與力量，提高公民關注。與美國由環境工程、公衛和環境運動社群領銜的環境監測相較，臺灣由民間資訊工程師自由結合的環境監測，走出一條別具特色的公民科學。

#### (五) 高雄文府國小反空污的「戰鬥」與「保護」策略行動

座落在大環境空氣品質不佳的高雄市左營區，文府國小鄰近半屏山，周圍環繞東南水泥高雄廠、中油煉油廠、仁武、大社等重工業區等。自2002年創校以來飽受空氣污染之苦，師生們常常聞到臭氣，也看得到工廠排煙，數次向高雄市環保局檢舉，卻難有具體回應。文府國小師生不願再坐以待斃，決定自己動手蒐集資料積極「戰鬥」。他們發表還我乾淨空氣聲明，隨時觀察空氣變化、向環保單位舉報空污問題，想方設法從眾多污染源中找出臭味源頭；並組成反空污小組，不斷開會、拜會、宣傳、倡議，迫使污染源改善；同時也著重保護自身健康的防護性發明，以「整合性策略」突破一道道艱難的挑戰。最終，他們成功地迫使東南水泥高雄廠做製程轉型，降低對周遭環境的污染(杜文苓、周晴萱，2018)。曾造訪文府國小的Ottinger教授認為，他們的行動是最佳的公民科學示範(打開社會事件S檔案／石化管制追追追，2019)。

## 四、結語

我們研究指出，長久以來臺灣風險治理獨尊特定專業，忽視在地風險感知與經驗知識的問題，亟需創設涵蓋不同知識進場，重視知識合產的新的環境治理型態。臺灣傳統的官方空污監測設計，需要技術、資金門檻甚高的儀器設備，依照標準化空氣採集作業，有其資訊生產的內在邏輯。不過，這樣的監測技術，著重在如何測量到污染物，卻不一定能回應民眾所在乎的健康影響與各式活動風險。空污監測與地方居民感官經驗難以對焦，也無法回應在地居民對產業生活影響的疑慮。

傳統環境管制資訊所呈現的系統性缺漏，促使民間團體尋求更多環境資訊生產的可能管道，進而發展多樣化的公民空污監測行動。不僅直接挑戰官方監測數據的指標意義，也透過簡單但涵蓋感官與數據的複合資訊，向大眾重新詮釋空污問題。有鑑於政府所發布的大尺度監測數據抹平了環境差異，無法真實反應地方在生活尺度上的真實空污狀況，在地社區團體與專家合作，發展結合社區網絡的空污監測系統，自行生產第一手環境監測資料。這些小尺度的地方監測數據，提供不同於官方的資訊詮釋，成為地方掌握環境現況以及進行環境治理辯證的資訊基礎。

不過，我們也必須指出，臺灣的空污公民科學，還是處於提出問題、整理資訊與傳播風險意識的階段。這樣的資訊生產較能提供空污警示而促使個人採取避險行動，而較無法回答空氣中有什麼樣的污染物質，也沒有辦法回答誰是主要污染貢獻者這類的問題。換言之，這類的資訊蒐集上無法轉化為針對污染源頭系統性改善的訴求。

不過，公民空污監測行動，也提供發展組織網絡的機會與基礎，過去沒有交集的社群，如提供調查方法與儀器運用的技術者、對抗性科學論辯的跨領域專家、研發 App 監測運用的資訊專家與開源社群等，因空污問題的共同關懷，而發展出不同樣貌的公民科學實作與協作。這進一步回應了風險政策知識的「共同生產」概念，讓科學與社會脈絡緊密鑲嵌並相互指引。而我們研究團隊有幸透過計畫搭建平臺，以行動研究的精神，串接技術與社會的跨域對話，促使環境治理研究領域跨越科學技術層面的限制，帶入公民科學相關理論與實務經驗，從而反思技術與標準的設定。計畫雖然告一段落，但科技民主研究與行動仍持續推進。

## 參考文獻

- 杜文苓 (2015)。《環境風險與公共治理》，臺北市：五南。
- 杜文苓、周晴萱 (2018)。「戰鬥」與「保護」：高雄文府國小翻轉空污！》，《轉給你看：開啟臺灣能源轉型》，周桂田主編，臺北市：秀威資訊，頁 233-246。
- 打開社會事件 S 檔案／石化管制追追追 (東臺傳播公司製作、政治大學，2019)。
- 煙囪之島：我們與石化共存的兩萬個日子 (房慧真、何榮幸、林雨祐、蔣宜婷、余志偉、許震唐、林聰勝、吳逸驊，2019)。
- Ascher, William, Toddi Steelman and Robert Healy (2010). *Knowledge and Environmental Policy: Re-Imagining the Boundaries of Science and Politics*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Hidy, M. George, Jeffery. R. Brook, Kenneth L. Demerjian, Luisa T. Molina, William T. Pennell & Richard D. Scheffe (2011). *Technical Challenges of Multipollutant Air Quality Management*. Dordrecht: Springer Science+Business Media.
- Irwin, Alan et al. (1996). Science and Hell's Kitchen. In *Misunderstanding Science?: The Public Reconstruction of Science and Technology*, edited by Alan Irwin and Brian Wynne (pp. 47-64). New York, NY: Cambridge University Press.
- O'Rourke, Dara and Gregg P. Macey (2003). Community Environmental Policing: Assessing New Strategies of Public Participation in Environmental Regulation. *Journal of Policy Analysis and Management*, Vol. 22, No. 3: 383-414.
- Ottinger, Gwen (2010a). Constructing Empowerment Through Interpretations of Environmental Data. *Surveillance & Society*, Vol. 8, No. 2: 221-234
- Ottinger, Gwen (2010b). Buckets of Resistance: Standards and the Effectiveness of Citizen Science. *Science Technology & Human Values*, Vol. 35, No. 2: 244-270.
- Ottinger, Gwen (2012). Changing Knowledge, Local Knowledge, and Knowledge Gaps: STS Insights into Procedural Justice. *Science Technology & Human Values*, Vol. 38, No. 2: 250-270.
- Ottinger, Gwen (2013). *Refining Expertise: How Responsible Engineers Subvert Environmental Justice Challenges*. New York: New York University Press.
- Ottinger, Gwen (2016). Social Movement-Based Citizen Science. In *The Rightful Place of Science: Citizen Science*, edited by Darlene Cavalier and Eric B. Kennedy (pp.89-104). Tempe: Consortium for Science, Policy, and Outcomes.
- Ottinger, Gwen (2017). Reconstructing or Reproducing? Scientific Authority and Models of Change in Two Traditions of Citizen Science. In *The Routledge Handbook of the Political Economy of Science*, edited by David Tyfield, Rebecca Lave, Samuel Randalls, and Charles Thorpe (pp. 351-64). London: Routledge.
- Yearley, Steven (2006). Bridging the Science- policy Divide in Urban Air-quality Management: Evaluating Ways to Make Models More Robust through Public Engagement. *Environment and Planning C: Government & Policy*, 24: 701-714.