

挑戰空汙：初探社區行動科學的在地實踐*

杜文苓**

國立政治大學公共行政學系教授

施佳良

國立政治大學公共行政學系博士後研究員

摘要

近年來臺灣中南部空氣品質日益惡化，一些公民團體不斷要求政府即時揭露空氣品質數據，一些社區更是積極行動，或透過升起校園空汙旗，或透過組成社區空汙自救會，要求政府正視空氣品質改善問題。在此脈絡下，本文檢視中南部社區監測空汙行動，探討關心空汙的民間團體，如何生產地方空汙資訊與證據，進行空汙知識的民間傳播，挑戰政府的空氣品質資訊？透過分析中南部的社區空汙監測行動，本文討論這些空汙行動如何生產、詮釋、運用空汙資料，挑戰政府現行空汙管制政策，並進一步討論公民空汙監測在臺灣社會脈絡下的可能契機與限制。最後，從案例中反思社會基礎設施的需求以促進科技民主與環境正義的落實。

關鍵詞：公民科學、空汙監測、知識生產、空汙治理

* 作者感謝《傳播研究與實踐》三位匿名審查者的建設性意見，使文章臻於完善。本文為科技部計畫「公民科學、社區監測與環境知識建構」(MOST 104-2628-S-004 -001-MY3)之部分成果。

**Email: wtu@nccu.edu.tw

投稿日期：2016年6月30日

接受日期：2017年6月12日

壹、前言

2010年以降，臺灣的空氣品質（以下簡稱空品）與空汙治理爭議屢次引發社會關注。彰化國光石化環評中的細懸浮微粒（ $PM_{2.5}$ ）評估，學者提出空汙研究報告檢視，引發臺塑狀告學者的司法爭議；雲林六輕廠區多次工安大火，揮發性有機化合物（volatile organic compounds, VOCs）總量無法掌握而使擴廠環評通過屢引爭議，在地的流行病學調查也顯示化學物質曝露與癌症風險相關性，迫使當地孩童遷校避離汙染；號稱全世界最大的中部火力發電廠，被指認為造成嚴重霾害的禍首；而沒有工業汙染源，南投的埔里鎮與嘉義縣市空汙危害問題居然毫不遜色，與重工業重鎮的高雄市同步懸掛警示意象分明的空汙旗。上述案例顯示，我國空氣汙染情形日趨嚴重，相關空汙治理的科學爭議與困境也逐漸地浮上檯面。

面對霧濛濛的天空，民眾不再對空汙問題視若無睹，一些公民團體不斷要求政府即時揭露空品數據，一些社區更是積極行動，或透過升起校園空汙旗，或透過組成社區空汙自救會，要求政府正視空品改善問題。本文檢視中南部反空汙幾個重要團體與他們發起的行動，包括高雄地球公民基金會的拍攝「高雄的天空」與推動升「空汙旗」行動、中部反空汙團體的管制 $PM_{2.5}$ 倡議、臺南社大與埔里空汙自救會的微型監測網絡計畫，以及嘉義的嘉義市社區醫療發展協會「空襲警報」行動等，討論民間團體對地方空汙資訊的需求與運用，以及嘗試跨出自行生產空汙數據的努力。在此脈絡下，本文透過科技與社會（science, technology and society, STS）的研究視角，檢視中南部社區監測空汙行動，探討關心空汙的民間團體，如何生產地方空汙資訊與證據，與政府的空品資訊對話。

貳、空汙問題的知識建構、科學限制與公民參與

面對充滿不確定的環境風險，與複雜多樣的環境知識與資訊，傳統政策過程獨尊科學專家的諮詢與判斷，以及單向且線性的風險評估與決策模式，已遇到相當的瓶頸。尤其環境知識生產具有多樣、複雜與不確定等特性，對環境知識生產的系統性歧視以及輕忽處理公共意見，往往會忽略一些現有科學未能掌握的問題，並在有意無意間排除特定形式的資訊。而公民參與被視為可以填補上述的知識間隙，促成更好的科學與決策判斷，並促進環境正義的實踐 (Ascher, Steelman, & Healy, 2010)。

不過，對一般國家空汙管理來說，科學知識的運用與生產是環境規範標準制定的重要基石，而空氣良窳界線劃分更需要科學的定義與操作化。不管是歐洲地區的「臨界負荷量」（critical loads）管制概念，或美國法律規範下的涵容量（assimilative capacity）概念，都是一種科學評估途徑或推估方法，來評價單一汙染物或汙染複合物對於環境生態、人體健康的影響，以及地區內可以承受之最大汙染負荷量。由此可見，空氣汙染問題的評估，與空品的測量等，皆需要有科學數據的支持 (Jackson, 1996: 198; Lidskog & Pleijel, 2011)。

不過，空氣汙染常面臨空間、時間不同的尺度測量，所產生風險曝露差異的問題。如同交通擁擠的密度、熱點，其風險曝露會根據與汙染源的距離、季節、早、晚時間差、空間或科學工具的測量，而產生不同數值。此外，空氣汙染問題仍有許多「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（uncertainty）。例如：目前科學知識仍對空氣汙染物合成效應的風險評估所知有限，我們對人體健康與生態系統曝露在多重汙染物的損害瞭解仍進展遲緩 (Hidy et al., 2011)。

上述指出的科學不確定性，使政策過程的預測排放值、實際檢驗值，甚至感知經驗值之間產生極大的落差。複雜的空汙問題，無法只運用實驗室的模擬科學來排除各種變因，準確地預估空氣汙染對於人體、生態體系的風險。這個特性使決策或管制機構無法準確預測，進而排序出個別汙染物的曝露濃度風險，並估算出合理的行政與社會成本來進行管制行為。

Lidskog & Pleijel (2011) 即以歐洲地區管制地面臭氧（ground-level ozone）的歷史經驗，討論空汙界定的科學不確定性與治理難題。他們的研究指出，空汙相關法律規範的形塑，是科學、社會以及環境三個領域持續不斷協商互動的結果。管制法規的界線訂定，逐漸變成決策過程內科學家與政治利益者溝通的介面，並成為決策過程中科學與政治的緩衝地帶。當政策決策者有成本效益或其他政治性考量時，或是科學上有與時俱進的突破，決策者與科學家就會彼此相互交涉，這個過程促使歐洲管制臭氧法規的科學評估方法論，從簡單毒物曝露濃度、累積濃度到以流量評估的方式來檢驗農作物地面臭氧，釐清其負面效應等的三次典範轉移。

檢視臺灣空氣汙染治理過程，同樣發現空汙受到特殊氣候、地形、大氣的光化學反應等，而有衍生、擴散、累積等不對稱分配特性。同時，我國空氣汙染指

標 (Pollutant Standards Index, PSI)¹ 多軌制問題、健康風險評估的標準法規或其他相關法制尚未建置完全的情況下，一般公民團體或公眾難以瞭解經濟開發行為背後的負面成本。而最能夠顯示上述科學不確定性而遲滯管制的案例，即是雲林六輕所排放的 VOCs 問題。迄今，行政機關仍無法掌握 VOCs 的排放數值，更無法有效減輕雲林地區的環境負荷與健康風險 (杜文苓，2015；張景儀，2013)。

瞭解當代科學能力尚無法訂定出絕對安全的曝露劑量，而管制層面更涉及許多公共健康與社會利益等問題，這類決策顯然應重視複合汙染物的空氣品質管理 (multipollutant air quality management)，並釐清汙染物是否對於人體有潛在的風險影響。在此治理架構下的空氣汙染管制政策過程如何設計，也影響科學、政府機關與人民對於曝露多重汙染物、個別汙染物等風險掌握能力 (Hidy et al., 2011)。

在理解空汙問題的複雜性、科學知識掌握的有限性，以及其相關治理需要跨領域互動、協商，當代的環境治理愈來愈重視發展更包容多元的決策模式，讓更多常民知識進場，打開科學知識與風險決策的黑盒子 (Fischer, 2009: 48-76; Wynne, 1991)。尤其，STS 等批判理論，認為科學知識的生產無法脫離社會脈絡性與價值取向，環境政策相關的知識生產，也無法脫離專業、個人以及機構的偏見。要回應這樣的局限，必須強化公眾參與，以廣納更多元的社會與專業意見，檢視不同論辯後面的價值體系與權力關係，增進公眾與科學社群的建設性對話 (Douglas, 2005; Fischer, 2009: 48-76)，並修正科技主義工具理性的盲點 (Baber & Bartlett, 2005)。一些研究者指出，具有爭議性的科技政策須建立在公共討論的基礎上，以避免決策偏差 (周桂田，2005；Wynne, 2003)。

瞭解到獨尊實驗室產出的科學知識無法有效解決環境風險爭議 (Heinrichs, 2005; Nowotny, Scott, & Gibbons, 2001; Wynne, 1991)，晚期研究皆指出，唯有重視知識的多元性，跨越不同知識型態、疆界的藩籬，讓廣大的利害相關人可以參與相關資料蒐集分析以及環境爭議解決機制的選擇，這種奠基於專業者與常民合作方法上的聯合事實認定 (joint fact-finding) 過程，才能有效解決環境健康爭議 (Corburn, 2005: 11)。Corburn 並進一步提醒，這個聯合事實認定過程還必須關照社會正義的元素，注重弱勢社群的參與空間。認知到各方行動者在政策爭議中對

1 空氣汙染指標的定義：「空氣品質指標為依據監測資料將當日空氣中臭氧 (O₃)、細懸浮微粒 (PM_{2.5})、懸浮微粒 (PM₁₀)、一氧化碳 (CO)、二氧化硫 (SO₂) 及二氧化氮 (NO₂) 濃度等數值，以其對人體健康的影響程度，分別換算出不同汙染物之副指標值，再以當日各副指標之最大值為該測站當日之空氣品質指標值 (AQI)」(行政院環境保護署，2018)。環保署已在 2016 年 12 月 1 日以空氣品質指標 (air quality index, AQI) 取代舊有的 PSI。

現實詮釋的歧異，Fischer (2003) 主張，行動者之間必須透過對話，才能夠相互理解各自的詮釋框架，政策規畫者更需要為多樣的政策規畫共識模式創造空間與機會，以促成各方社會行動者的溝通與互動。在這種「共同生產」(Jasanoff, 1990, 2005) 的決策模式中，專家與常民之間部分與多元的「專業協商」有其必要。如何擴張政策所需知識面向的範疇，形成以「問題解決導向」為知識建構基礎的環境政策決策程序，值得政策機制設計進一步關注 (Corburn, 2005: 41)。²

參與式研究針對那些混合了技術與社會的問題進行分析，成為解決特定類別問題的關鍵 (Fischer, 1993)。公民參與以「建構問題」為核心，透過各領域知識資源的運用，來建立與檢證各種假設與理由，促成各方利害關係人就衝突問題的認知進行對話 (Maasen & Weingart, 2005)。決策相關知識不再僅限於傳統科學評估數據的資料生產，而是在具有高度脈絡化與地方性環境問題所需的相關知識需求，透過良好的行政程序設計，提供科學專家與具有在地知識的常民產生連結的機會，促使居民的經驗與證據在問題解決上有所貢獻，讓地方知識能夠產生增進環境治理決策的正當性、縮短知識與政策間的距離，使科學與政治決策更具公信力 (Corburn, 2005; Moore, 2006; Yearley, 2006; Yearley, Cinderby, Forrester, Bailey, & Rosen, 2003)。

要使公民參與協助空汙政策規畫更臻完善，可以善用多元參與工具與模式設計。Hampton (2004) 的研究顯示，可以運用敘事政策分析 (narrative policy analysis) 的方式，在政策評估與規畫過程中，納入更具脈絡性與社會多元的觀點，並且呈現出公共偏好，強化公民參與的實質效益。研究以澳洲南威爾士州伊拉瓦拉地區環境品質調查為個案，指出原以電話方式進行調查，但委員會認為此種方法，會結構性地排除非英語人士，以及經濟與社會弱勢民眾。因此另外開展針對非英語社區的焦點團體座談，透過焦點團體的口語資訊收集，進一步進行敘事的分析與分類，以建構民眾對於空汙與環境品質的認知。

此外，以英國的公民參與空汙問題政策為例，1998 年開始，英國政府要求地方政府 (local authorities) 預估 2005 年的空氣汙染狀況。審查和評估程序分四階段：第一階段由地方委員會 (local councils) 負責評估城市區域內的汙染物來源和排放程度，指認出汙染程度最高區域；第二階段委員會在高汙染區進行監測，並與官方標準比較，以確定區域是否超標；在第三階段，地方政府依據評估結果

2 Corburn 指稱的專業知識 (professional knowledge) 主要根據 Jasanoff (1990: 76-78) 的定義，包括研究與管制兩種型態的科學。研究科學無涉知識的實際運用，而管制科學包含著在政策發展過程中增進現有運作、技術與過程的知識生產活動。

劃設空氣品質管理區 (air quality management areas, AQMAs)；第四階段則是制訂減汙行動計畫。第三階段的詳細評估需要仰賴電腦模擬，協助評估模型建構的研究團隊，在英國 Bristol、York 與 Sheffield 等三個城市展開工作。為了讓模擬更能真切反映現實狀況，研究者透過公民參與地理資訊系統 (public participation geographic information system, PPGIS)，將公眾知識納入模型當中，並且由獨立第三方主持人來籌組焦點團體，建構一個專家與一般民眾能平等對話的平臺 (Cinderby & Forrester, 2005; Yearley et al., 2003)。Yearley (2006) 發現民眾參與地方汙染地圖的建構，可以協助檢視傳統科技模型預測背後未被檢驗的假設。例如，模型通常會平均化汽車汙染排放量，但事實上，貧窮區域可能有較多平均值以下的車輛而造成汙染的熱區，模型預測因此可能低估一些貧窮區域的汙染值。

上述有關環境決策中參與式研究的討論，強調了公民參與的重要性，包括在風險知識的建構上，可以協助政策制訂者與科學家進行較好的問題界定、提出潛在解決方案、分析範圍適當性等，形塑分析性的價值洞見，並提供關鍵的地方知識與實踐經驗。不過，這種「形塑較好的科學，從而促進良好決策品質」來強調公民參與的實用性目的，並沒有提供我們對於公民為何要參與科學性的知識生產更進一步的解釋。在環境知識共創的過程中，公民為何要選擇以「科學」方法進行參與？他們的科學參與跟傳統的環境科學的知識生產又有何不同？以下公民科學的相關討論，提供了一個解釋性的方向。

參、公民科學與空汙監測

近年來公民科學在環境資訊與知識的建構中，已逐漸獲得社區與環保機關的重視。公民科學作為公民參與多元形式的一種，強調公民參與在具體科學知識生產過程的主體性。雖然各界對於公民科學仍有許多不同的想像，但一般而言，可廣泛地指涉沒有正式科學背景的一般公民，參與在科學知識生產的活動中。在 2012 年成立的公民科學聯盟，其網站上對於公民科學的定義即為「一般大眾執行的科學工作，通常是與專業科學家與科學機構的合作或指引下進行」(CitizenScience.org, n.d.)。而美國環保署也於 2015 年發展針對公民科學家的空氣感測工具箱計畫 (United States Environmental Protection Agency, n.d.)，希望協助公民選擇可攜式低成本的空汙監測工具，透過提供相關指引，使社區居民瞭解所在地的空品。與傳統科學家不同，這些參與科學活動的一般公民，不是靠科學研究為生，他們參與科學是為了個人的旨趣或自我防護 (Cavalier, 2016)。

公民科學聯盟的發展與美國環保署的公民科學計畫，顯示科學社群與政府行政部門重視公民在資料蒐集與增進科學研究上的貢獻。而科技近用性的增加、通訊與社群網路的發達、資訊蒐集整理能力的提升，使公民參與科學的型態也更加多元。一些文獻探討了公民科學在野鳥監測、水質檢測、土壤調查、能源、海洋、大氣，甚至美國太空總署計畫的參與 (Cavalier, 2016)，並嘗試將公民科學類型化，如 Bonney et al. (2009)、Bonney, Philips, Ballard, & Enck (2016) 將公民科學區分為貢獻型 (contributory；公民志願性地蒐集資料，如記錄生態變化)；協力型 (collaborative；公民同時分析資料並可能影響資料蒐集的方法論)；共創型 (co-created；公民協助界定研究問題與假設，並參與在資料的蒐集、詮釋與傳播)。

臺灣的公民與科學關係之研究，從較早期以「缺陷模式」(deficit model) 為基礎的「公眾理解科學」(public understanding of science, PUS) 視角，將公眾視為科學素養不足，需要由科學家進行科學教育的模式，轉向強調互動與對話的「公眾參與科學」(public engagement of science)。因此有的研究強調在地知識對於科學的貢獻，以及在環境政策過程中忽略公民在地知識所引起的衝突和問題 (范玫芳、張簡妙琳，2014)；有些在科學教育領域的研究，則深入探討博物館等科學教育單位，如何扮演引導公民參與在科學知識生產當中的中介溝通角色 (江淑琳、張瑜倩，2016)。此外，由泛科學網站與行政院農業委員會特有生物研究保育中心共同合作的「臺灣公民科學入口網」，³ 也可看到相關活動、研究與外部連結，提供公民以個人身分蒐集資料或進行觀測，如鳥類調查、路殺動物調查等，協助科學活動。若依上述 Bonney 等學者的分類來看，臺灣的公民科學通常會界定在貢獻型或協力型的位置上，而本文關心的公民參與空汙監測的行動科學，在上述分類上，通常被界定為一種共創型的公民科學。

有關公民參與社區空氣監督計畫，早期研究出現在 O'Rourke & Macey (2003: 406) 討論美國加州與路易斯安納州的社區參與空氣監督計畫「空氣監測桶隊」(Bucket Brigades)，社區居民運用一種材料便捷、使用簡易而低成本的空氣收集桶，發展出社區志願網絡與小型組織的支援系統，即時性地掌握傳統固定空氣監測所無法提供的更細緻精準資訊。他們的研究指出，這類的公民空氣監測團隊

3 「『臺灣公民科學入口網』由泛科知識股份有限公司與行政院農業委員會特有生物研究保育中心 (以下簡稱特生中心) 共同合作管理。特生中心自 2009 年以來陸續推動多項與生物多樣性相關的公民科學計畫，並與大專院校、政府機關、民間團體與自然生態愛好者組織夥伴關係。在天文、氣象、環境、生態等領域的公民科學活動如雨後春筍般推出，我們藉由這個入口網整理各路公民科學的資訊，一覽臺灣與全球的鄉民參與科學的成果與力量。」(臺灣公民科學入口網, n.d.)

計畫，不僅提供新的資訊來源，增進民眾社區意識，強化地方所主導的社區環境防護策略，更透過系統性空氣樣本採集的集體行動，促使工廠的空氣排放資訊更加透明，並迫使企業負起汙染責任。而環境監測的政策辯論，也從傳統技術性的風險取向，轉移到社區本身所定義的健康與生活品質論述。而這類公民參與社區空氣監督的技術，更在這一、二十年來被推廣到南非、印度等世界其他角落 (Scott & Barnett, 2009)。

在社區空汙監測公民科學發展的研究中，或許沒有人比 Gwen Ottinger 可以提供更精彩的洞見與細膩的分析。她於博士研究期間即關注石化廠附近社區汙染承受問題，並從 STS 的研究理論視角出發，探討與實踐環境正義運動的科學取徑。在其分析中，社區參與空汙監測所發展出來的公民科學，不只協助在地社會擴充知識基礎與科學能力，從而挑戰公部門與企業不願負起汙染問題解決的責任，更對科學技術的轉化產生影響，包括促使環境曝露與健康資訊有更好的連結產出、強迫管制機關重新思考標準、舉證責任以及安全值等設定偏差問題、敦促專家尋找新的科學方式與模型，來取代原本以特定種族階級為基準的標準，以及促使科學實踐與技術創新必須考量正義、永續與健康等價值 (Ottinger & Cohen, 2011)。

長期觀察與投入到社區空汙監測行動科學的發展，Ottinger 深知公民參與在知識建構上的資源限制以及對於改善問題的熱烈期待。而參與在其中的公民科學知識建構，與主流公民科學強調公民知識能力的提升、拓展科學資料蒐集的廣度與深度有所歧異。在這個認識基礎上，她將公民科學區分為「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)。Ottinger (2017) 指出，社會運動為基礎的公民科學不只批評傳統標準化的科學操作，也拒絕將其質問與根植於集體行動的社會改造願景分開。而科學權威驅動的公民科學仍將其正當性建築於理想化的科學標準之上，並認為透過科學教育(讓大眾更瞭解科學)過程，其所生產的事實會帶來社會的改變。

雖然兩個公民科學的傳統對於改變社會有著殊途同歸的目標，但在科學認識論上與社會改變的方向上卻相當不同。科學權威驅動的公民科學運作，通常是在科學專業社群所設計的研究問題意識下展開，公民在此的參與是以蒐集資料為主，擴大資料蒐集尺度，或協助大型資料的分析 (Bonney et al, 2016)。這個取徑的公民科學運作，在於公民協助學院科學家生產出一個符合既有科學規格的知識，強化既有的知識生產權威，並想像這個富有權威光環的生產結果會帶來可能

的政策改變。除了擴張資料的蒐集以外，此種公民科學也強調提升公民理解科學的好處，包括促使參與者的行為改變與支持環境保護政策。這樣的公民科學倡議存在自然科學與科普傳播的研究領域上，依存於既有的知識權力結構，並無法善用多元化價值來豐富與拓展科學研究的內涵與方法，對於科學與治理的革新效果有限 (Ottinger, 2017)。

另一方面，社會運動為基礎的公民科學源於 STS 研究與社會學理論，指出社區一般公民或社會運動團體在科學活動的參與，是對輸出一種去脈絡化、強調普世性真理科學失去信心，因為這類科學形式強調嚴謹的方法與標準程序，主張在知識追求過程中根除人類判斷與價值，但這種在學院、專業社群與政府機構中被擁抱的理想科學，卻無法解決真實的社會與環境問題 (Irwin & Wynne, 1996)。在此認識論下，社會運動為基礎的公民科學批判與挑戰傳統科學規範下的方法與標準，並嘗試發展出不同於主流科學的替代性工具與方法，協助解答社區關心的問題。不同於科學權威驅動取徑，社會運動基礎的路線強調科學的運作是回應社區的關懷，其研究問題意識來自公民科學家；在科學運作的實作現場上，有科學背景的專家是結盟的伙伴，提供資源與建議而非研究的驅動者，而公民是行動研究的參與者，不只提供對於數據的詮釋，更可提出相關因果關聯認定的社會倫理主張，以及標準選擇與合理性的質疑 (Ottinger, 2010a, 2010b)；在方法運用上，他們強調自己可以製作組裝的工具，這類新型態的科學實作運作方式，也深受一些資訊與技術開源社群如公共實驗室 (Public Lab)⁴ 的支援 (Ottinger, 2016)。不過，這種公民科學常被定義為「政治」，因此被許多科學家視為不夠客觀而難以提供可靠的知識貢獻。而這類的否定，也常常使此類公民科學面臨「增加其主張的科學權威」與「擴充對科學權威批判」中的取捨 (Ottinger, 2016: 98-100)。

如果科學權威驅動公民科學的發展動力是深化科學教育與提升科學的知識生產，社會運動為基礎的公民科學核心則是強化組織網絡與弱勢社群的主體性。在此社會運動的脈絡下，公民科學成為在社區審議過程中有力說服的工具 (Scott & Barnett, 2009)，促成社區動員以及充權 (empowerment) (Ottinger, 2010b)。兩個公民科學路線的討論，使我們能更為深入掌握不同公民科學運作的本質與內涵。

而回到臺灣公民參與空汙監測的脈絡中，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的決策與組織行動中，嘗試回應社會需求，其認識論與驅動力上，是運用科學引領行

4 有關公共實驗室的介紹，可參閱其網站 <http://publiclab.org>。

動層次，而非為了生產科學知識而行動，接近 Ottinger 所描述的「社會運動為基礎的公民科學」。但在方法論上，仍少有自製工具、大規模蒐集資料等集體行動開展。也因此，本文對於社區行動科學採取更寬廣的解釋，指出運用系統性方法蒐集、創造數據與資料，並進行邏輯的因果推論，凸顯地方空汙問題，都可視為公民科學運作的一環。以下，我們將先說明本文的資料蒐集方法，接著討論中南部的空汙問題與團體行動，為臺灣空汙的公民科學實踐提供更為定性的分析。

肆、研究方法

本研究首先收集臺灣的空汙問題與反空汙行動相關媒體報導，並運用「滾雪球」(snowball sampling) 方式，羅列因應空汙問題而提出政策主張或採取行動的組織。其次依據本研究所關注的社區行動科學，進行潛在研究對象的篩選，主要聚焦於「因空汙問題而嘗試自行生產在地空汙資訊，或提出在地資訊需求主張，或應用官方空汙資訊進行資訊重組與設計組織活動」等條件，選擇出六個主要受訪團體。

建立受訪名單後，我們以次級資料與深度訪談方式收集相關資訊。首先，廣泛地收集這些團體的反空汙行動相關報導與文宣品，並整理放於組織網頁中的資訊，初步瞭解團體對於空汙問題的理解與主張，以及其設計反空汙相關知識生產行動的方式與脈絡。其次，研究者於 2015 年 11 月至 2016 年 5 月之間，進行座談邀請與實地訪查，並針對受訪團體主要幹部進行訪談（相關團體名單與背景介紹見表 1）。透過訪談受訪者的環境感知經驗、主張以及所採行動，探究其對於空汙資訊的掌握和詮釋，並瞭解受訪團體在推動與設計行動時，所採行的設計概念以及合作模式。從訪談資料的分析中，我們嘗試進一步探知，這些沒有空汙科學相關背景的民間團體如何進行空汙問題的建構、設計解決問題的行動方案？這些行動方案產生是基於什麼樣的動機與條件？相關行動的展開會需要什麼樣的社會資源與遇到什麼樣的局限？

我們透過上述所收集的素材，分析正在萌芽的社區空汙監測行動，檢視這些公民行動的空汙知識生產、傳播與運用，凸顯官方既有空汙資訊的限制與問題，以及公民參與在空汙資訊的生產上，如何補強與豐富區域空汙問題的掌握與瞭解，挑戰官方的空汙主張與處理方式。我們同時也分析民間社會如何進行空汙數據的生產，以及空汙知識的傳播？這些行動策略能否回應以及如何回應他們對於空汙資訊的需求？放在國際社區對抗汙染的行動科學脈絡中檢視，更為透明民

受訪者	受訪團體	受訪團體背景	受訪者背景
受訪者 E	嘉義衛生醫療團體	關注空汙對民眾健康所產生的危害，並進行衛教。	企業員工
受訪者 M	高雄環保團體	長期關注高雄工業汙染與空汙問題，並進行許多反空汙的民間行動與政策倡議行動。	組織工作者
受訪者 H	臺中環保團體	關心中部地區的空汙問題與民眾健康問題，並且進行政策倡議行動。	組織工作者
受訪者 S	臺北環保團體	關注核能與工業排放空汙的資訊透明問題。	組織工作者
受訪者 T	南投社區團體	關注在地的空汙來源問題。	家庭主婦
受訪者 N	臺南環保團體	關注在地的工業汙染問題。	大學教師

表 1：受訪者名單

資料來源：本研究自行整理。

主的空汙治理在臺灣社會脈絡下發展的可能契機與限制為何？透過本文的分析，我們進一步指出現行公民空汙資訊生產行動在方法、工具與制度支援層面上所面臨的挑戰，期許從瞭解現行空汙治理的局限與科學方法論的拓展，促使行政機關精進其科學與民主的治理模式，解決空汙問題，還給民眾一個健康安居的生活環境。

伍、臺灣中南部的空汙問題與團體行動

一、挑戰空汙指標的「好空氣」假象：南部「地球公民基金會」與「臺南社大」

高雄作為臺灣重要的工業重鎮發展多年，許多工廠進駐，四十多年來大型如鋼鐵業、電力業、石化產業，在高雄不斷發展。隨著工業的發展與更多工廠的進駐，工業所帶來的各樣廢棄物與汙染問題，也愈來愈嚴重。高雄的空品因為 O_3 及 PM_{10} 濃度高，空氣汙染成為高雄人無法迴避的課題。

面對日益惡化的空品，長期關心空氣汙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《空氣汙染防制法》（以下簡稱《空汙法》）規定，納入「空汙總量管制」相關規範。雖然高雄所在高屏空品區長期位處三級防制區級別內，環保署也早已提出「高高屏地區總量管制計畫初稿」，但卻遲遲未依《空汙法》之規範進行公告。這是由於根據《空汙法》第 12 條規定，環保署必須會同經濟部公告實施，而經濟部則以會傷害經濟發展為由遲遲未予同意，總量管制計畫被迫擱置。

為了體現空氣汙染問題的嚴重性，促成空汙總量管制的執行，地球公民基金會開始在 PSI 值達普通等級或 O₃ 值超標時，上網張貼即時空品監測資訊。從 2012 年 2 月 1 日開始至 5 月 10 日，連續 100 天在基金會辦公室窗臺，以定點定時方式，展開「高雄的天空」100 天拍攝計畫，拍攝遠方地平線、柴山與天空，同時記錄環保署所公布的 PSI 值、PM_{2.5} 的小時值，以及當日能見度的觀察記錄，透過視覺化的資訊呈現空汙問題的持續性與嚴重性。

拍攝計畫的目的主要訴求加強空品預報與實施空汙總量管制。根據地球公民基金會的觀察，在空汙嚴重的時候，對空品最為敏感的老人、小孩等族群，往往仍繼續從事戶外活動，顯示民眾並未意識到空品對於健康的危害，不會主動搜尋環保署的即時資訊，以及主動採取相關防護措施。為喚起空汙意識，基金會更在 2014 年 11 月起與文府國小、港和國小合作發起「校園升空汙旗活動」，在空汙達警戒值（35 微克以上）時升起紅色空汙旗，以提醒校園師生必須戴口罩防護或減少戶外活動作為防範。同時也請學校師生撰寫空汙日誌，觀察記錄當天的天空顏色、能見度與空氣中的味道等，培養學生在地環境的覺察能力（林冠妙，2014 年 11 月 3 日）。

鄰近高雄的臺南也同樣面臨空汙的問題，2014 年的監測資料顯示，臺南安南區的 PM₁₀ 問題十分嚴重。這個結果促使長期關心臺南地方工業汙染的臺南社區大學（以下簡稱臺南社大），開始關注臺南的空汙問題。臺南社大理事長黃煥彰教授過去長期追蹤臺南河川遭受工業廢水汙染的問題，不斷地透過各種證據調查的方式，如採樣分析、照相記錄等，向政府部門檢舉汙染，甚至監督政府部門的懈怠。臺南社大認為臺南處在雲林六輕與高雄中油兩大石化工業區中間，夏季吹南風時，高雄空汙會飄到臺南；冬天吹北風時，六輕的空汙吹往臺南，而這些石化工業空汙中含有的重金屬、戴奧辛與 PM_{2.5} 等致癌物質，會對人體產生健康影響。因此臺南社大與中、南部的環保團體串連反空汙行動，並在臺南進行環境教育工作。2015 年臺南社大師生，在社區進行宣講與發起反空汙連署，並且在台江廟口舉辦「反空汙公民會議」，蒐集地方居民對於空汙的疑慮與問題建議，同時要求政府積極公布空汙資訊，以及在國中小進行空汙課程講座（蔡文居，2015 年 6 月 27 日）。

爾後，臺南的社運界、社區、藝文界共同成立「臺南市空汙防護自救會」，並與全國各地環保團體串連，共同舉辦 2015 年 6 月 6 日反空汙全臺大遊行。臺南遊行的訴求強調，現行標準無法反映空汙真實狀況，升空汙旗應要能達到預警與保護健康效果，並要求政府主動公布臺南市內各工業區空汙的即時資訊，以保

障在地居民的健康（蔡文居，2015年5月24日）。

二、突破霧茫茫的天空：中部反空汙聯盟、「嘉義市社區醫療發展協會」與「埔里 PM_{2.5} 空汙減量自救會」

中部的反空汙運動，隨著返國光石化運動與霧霾問題的惡化，使得 PM_{2.5} 與健康風險議題浮上檯面。2012年國光石化開發案進行環評，中部環保團體展開全國串連反對國光石化興建計畫，強調中部地區幾個大型汙染源，如中部火力發電廠、中龍鋼鐵、中部科學工業園區、六輕等運作，已產生嚴重的空汙問題。其中，中興大學莊秉潔教授自主進行國光石化空汙排放與擴散對健康風險影響的研究，⁵其研究報告指出，國光石化營運後，每年將造成234人因肺癌及心血管疾病而死亡（莊秉潔，2010年7月6日）。這份研究結果經2010年6月出版的1179期《商業週刊》引用，以〈臺灣天空浩劫〉一文披露，引發社會大眾關注 PM_{2.5} 的健康危害與標準訂定問題，PM_{2.5} 的健康風險議題正式浮上臺面。

為促成政府與人民對空汙問題的重視，中部團體成立了「爭好氣聯盟」虛擬組織，旨在傳播空品與空汙資訊，並對工業擴張與空汙排放進行倡議行動。而環評過程中爭議連連的六輕擴張計畫，其空汙排放量計算以及其周遭居民的健康風險問題，更是民間團體與學者關注的對象。不只一份研究報告指出，六輕所產生的汙染物對地方居民肺、肝與腎功能，以及血液與心血管系統有顯著影響（莊秉潔，2010年7月6日；詹長權、李永凌、洪壽宏，2012）。臺中與雲林地區的團體，如「自從六輕來了」電子報團隊，於地方首長改選時刻，針對境內大型汙染源，積極推動地方政府制訂禁燒生煤及石油焦等法案。

除了境內有大型工業所在的縣市有嚴重的空汙問題外，沒有重工業所在的南投與嘉義，卻也測出高濃度的 PM_{2.5}，引起在地居民的關注。2014年9月埔里在地居民成立了「埔里 PM_{2.5} 空汙減量自救會」（鄧凱元，2015年3月17日），透過與中部環保團體的聯繫與資訊交流，認知到 PM_{2.5} 的危害問題，積極在當地宣導 PM_{2.5} 對健康的危害，推動埔里在地空氣淨化，宣導不任意焚燒田地、垃圾及減量焚燒紙錢，以及儘量騎乘電動機汽車或自行車，以減少移動性汙染源。並進一步要求政府增設埔里地區 PM_{2.5} 監測站，以瞭解地方即時汙染情況。

暨南大學資訊管理系戴榮賦教授更與空汙自救會合作，設計可偵測 PM_{2.5} 的

5 這份研究以2006年1、4、7、10月等各月的平均值（涵蓋春、夏、秋、冬四季）為模擬期程，模擬國光石化運轉後產生的 PM_{2.5} 對臺灣各地的擴散狀況。

低階微型感測器，在埔里地區布點 30 個測站與建置雲端平臺記錄資訊系統，監測當地的空汙狀況。而這個民間自發開創出的「空氣品質微型感測系統」，更得到環保署的青睞，希望以埔里作為全國第一個示範區，把微型感測器搭配埔里的國家級標準監測站串連起來，建立空氣汙染偵測物聯網，即時掌握埔里的汙染源（行政院環境保護署，2015）。

嘉義地區則有 2014 年 5 月成立的嘉義市社區醫療發展協會，其組成成員多有醫療、公衛等相關領域的背景。協會成立的目的，原是以反對醫療商品化與反思現代醫療體系的資本邏輯，而提倡維護「醫療作為維護基本人權實踐」之核心價值理念，積極推動預防醫學概念（劉懿德，2014 年 11 月 28 日）。發起人之一余尚儒醫師的看診經驗中，發現空品不好，病人們的呼吸道問題會增多，也發現許多民眾，特別是老人家，並沒有空汙防護的概念。因此協會更成立 PM_{2.5} 自救會，關心嘉義地區的空汙問題，透過早期與地方的網絡連結，深入社區進行空汙資訊的傳播與醫療衛教。

陸、反空汙行動的知識生產、詮釋與傳播

從上節的討論中，可以看到社會大眾對於空氣汙染的健康風險意識，是透過一波波環保團體的倡議行動，揭露資訊並促使政府回應而產生。以下，我們想要進一步探討，這些關心空氣汙染的民間團體，主要掌握與運用什麼樣的資訊，來觸發社會的風險覺知？他們生產的空汙資訊，如何挑戰官方的空汙論述？他們想要生產與填補的資訊空缺為何？民間團體目前所發展的空汙資訊生產策略行動，在公民科學研究的框架下，有什麼樣的特色與局限？哪些資訊與知識至今仍是未能觸及之處？

一、以地方問題意識為基礎的官方資訊重整與創造空汙組織平臺

民間團體在進行反空汙的倡議時，發現一般民眾缺乏空汙的風險意識，對於政府部門所公布的空汙相關資訊與指標等內容，常常無法理解與自身的關聯。因此，如何使民眾的身體經驗連結上空汙汙染問題，是民間團體首要處理的課題。我們發現，在臺灣反空汙的民間團體中，有不少具有醫藥公共衛生背景的專業人士，關注著民眾的空汙受害經驗，他們的投入，正提供民眾健康與空汙問題之間一個關聯性的解釋。一位公共衛生背景的團體成員告訴我們，他們的主要工作是協助一般民眾認識 PM_{2.5} 的危害：

因為其實 (PM_{2.5}) 跟很多死因有關，甚至對於慢性疾病或已經是重症的，曝露在高濃度的 PM_{2.5} 裡面，對他的危害是非常之高的，所以我們把每個人都當成是必須被告知的對象，……從教育先開始，當民眾慢慢的熟稔，這個所謂 PM_{2.5} 的概念到底是什麼的時候，……把專家知識轉化為常民知識的一個平臺，我們自己協會做一個這樣的平臺，把醫療知識、健康知識一些人聽不懂的一些話、一些語言，都把它變成一個課程，然後到社區去宣講。(受訪者 E)

這些團體在推廣空汙方面知識時，通常會蒐集既有的研究成果，同時比較與參照政府部門的監測數據以及國際普遍認定的健康標準值，甚至運用醫學社群的網絡，進行空汙防護的教育宣導與實驗。前述受訪者提到：

……讓民眾索取(指空汙來襲警報的宣傳單)，後面大家可以看到設計者是我們嘉義市社區醫療發展協會，然後印的人是環保局，……患者常常會因為一些小症狀就是所謂過敏症狀出現就找醫師了，可是以前醫師的解釋太簡單，甚至家醫科的醫師或胸腔科的醫師對於過敏這件事情很不懂，連戴口罩都不懂……對 PM_{2.5} 到底防護到哪，自己也不懂……我們就透過衛生局的協助啦，發文給各醫療院所，開辦了三次課程，總共應該來了一、兩百個診所的醫師……我們(的醫師)有做過這樣的行動測試，就是衛教患者而不開藥給他。不用開藥給他，而是教他怎麼防護，我們自己的診所一個禮拜後(有患者)跑回來謝謝我們，說這樣真的有效，這樣一勞永逸，就是他知道怎麼防護自己。(受訪者 E)

透過閱讀分析學術研究成果的內容，民間團體可以整理出空汙對健康的影響結果，以及科學調查數據的解釋意涵。尤其，將相關對照數據以表格化或圖像化的方式呈現，即可清楚顯示現有空汙的嚴重性以及現有空汙管制對於健康保護的不足。圖 1 即顯示了嘉義民間團體所做的「空襲警報」文宣，充分運用了 PM_{2.5} 數值資訊整理與國際標準比對，製作「嘉義市 365 天空氣品質年曆」，其中 2014 年只有 6 天符合美國 AQI 中的「健康空氣」，凸顯空汙問題嚴重性。

高雄團體也善用環保署有限的資料對照全國各地空汙數據，如 2007 年至 2009 年間，高屏地區空氣中的 PM₁₀ 及 O₃ 平均濃度高居全國之冠，PM₁₀ (連續

綠色為良好, 黃色要小心, 橘色不健康, 紅色是有害			
細懸浮微粒(PM2.5)相關之空氣污染指標-AQI			
空氣污染對健康之影響	PM2.5 濃度數值 微克/立方米	轉換AQI	警示色
健康空氣是零污染	0-12	0-50	綠色
特別敏感族群仍要小心	13-35	51-100	黃色
對敏感族群有害	36-55	101-150	橘色
對多數族群皆有害	56-150	151-200	紅色
非常有害	151-250	201-300	紫色
危險	251-500	301-500	咖啡色

(資料取自美國環保署)

【365天 空氣品質年曆】以美國空氣品質指標(AQI)標準看嘉義空氣品質, 2014年符合健康空氣零污染的綠色方塊只有6天。

日/月	2014 嘉義市-嘉義站 PM2.5 自動值 (US AQI)												年均值 (自動監測)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	706	588	480	553	696	325	179	304	279	431	383	435	2011 47.7 μg/m ³
2	771	423	412	410	397	202	163	212	235	363	439	398	2012 38.6 μg/m ³
3	393	424	434	457	317	140	200	182	150	39	364	348	2013 40.4 μg/m ³
4	1056	455	555	694	414	174	273	161	233	374	456	228	2014 39.4 μg/m ³
5	1219	318	404	551	246	115	428	189	248	299	435	440	
6	755	504	341	537	425	141	432	169	305	420	428	474	
7	733	474	346	483	413	143	410	156	260	412	526	501	
8	620	419	441	493	332	161	338	125	174	334	439	355	
9	370	285	295	486	508	184	264	134	169	348	315	650	
10	386	208	516	554	312	270	186	105	187	290	366	679	
11	455	362	993	463	164	228	173	119	247	297	463	416	
12	550	368	1032	372	144	332	218	123	256	331	566	410	
13	393	355	384	279	162	171	197	127	200	378	569	648	
14	402	314	615	457	168	246	122	133	263	647	571	884	
15	358	453	672	500	164	288	148	181	261	696	453	842	
16	440	532	869	385	241	179	254	148	193	761	372	449	
17	418	535	755	250	205	169	318	145	326	580	278	527	
18	748	509	657	236	191	150	200	144	342	453	367	583	
19	914	155	710	293	120	160	174	121	371	456	453	651	
20	674	418	443	365	125	164	187	150	329	663	536	378	
21	717	598	472	470	161	105	201	128	176	577	553	503	
22	389	488	535	428	166	108	385	207	126	392	483	672	
23	493	457	512	587	293	181	131	159	166	319	409	850	
24	484	739	467	738	182	197	156	190	128	384	379	861	
25	303	1023	519	707	194	167	150	162	205	552	700	574	
26	565	563	430	706	190	183	175	216	237	536	913	525	
27	486	608	344	378	223	174	233	261	422	569	616	297	
28	593	684	522	506	215	375	315	269	525	513	724	304	
29	673		338	542	231	247	288	260	536	477	712	526	
30	714		372	627	170	161	286	197	574	501	661	646	
31	700		428		264		301	228		544		532	

(資料來源:台灣環保署)

台灣健康空氣行動聯盟 編製 2015

資料來源/行政院環境保護署
整理/台灣健康空氣行動聯盟



圖 1：嘉義市社區醫療發展協會所製作的「嘉義市 365 天空氣品質年曆」

資料來源：嘉義市社區醫療發展協會。

三年第八高值) 平均濃度高達 158.56 μg/m³, 遠高出空品標準 125 μg/m³ (24 小時值), 達 1.27 倍; O₃ 平均濃度為 138.49 ppb, 超過臺灣空品標準 120 ppb, 達 1.15 倍 (王敏玲, 2011); 在特定測量的 100 天內高屏空品區的空品良好 (PSI 值小於 50) 天數只有 23 天, 僅約為北部空品區良好空品天數 (53 天) 的一半。這些對比式的資料, 顯示高雄地區的汙染幾乎為全國之冠。

這些行動顯示, 團體主要使用政府既有資訊的整合, 聚焦於空汙與健康的影響關係, 尤其強調空汙狀況對不同族群的意義 (例如升旗對易敏感的警示意涵)。從社區普及教育開始, 連結過去不一定接觸得到的社群。以嘉義市為例, 嘉義市

社區醫療發展協會透過「空襲警報」資訊的發放，與市政府、醫療院所、咖啡館、荒野等非政府組織合作，甚至口罩工廠，培訓四百多人種籽教師。在培訓過程中，也促成各個社群彼此專業與經驗交流（如口罩怎麼戴才正確、重要衛教防護知識分享）（受訪者 E）。

在此，空汙資訊的匯集作為創造社區與不同社群連結的重要平臺，並慢慢發展成組織行動的工具，一些非空汙科學領域的專業者以在地問題意識創造空汙訊息的生產與流動，其動機與影響社會途徑，以及組織連結目標呼應了以社會運動為基礎公民科學發展樣態 (Ottinger, 2016)，但參與在地主體仍以地方知識分子為主，以及知識生產方法、技術與工具仍未有大幅進展，亦呈現臺灣公民科學初期發展的特質。

二、挑戰官方空汙資訊與標準的缺陋與解讀

受訪的團體均不約而同指出，現有官方的資料與空品指標有許多的局限，包括單一汙染測值難以反映地區空品狀況、因地勢氣象條件與汙染源分布所產生地區空汙濃度歧異，以及汙染源頭不清楚等問題。誠如 Ottinger (2010a: 250) 所分析，標準與標準化程序通常具有邊界橋樑 (boundary-bridging) 的功能，決定哪些有關或無關乎空品評估資料。而挑戰標準的合宜性（如化學曝露的可允許程度、短期與長期濃度測量對健康影響的評估判斷等）、空汙資訊的信度與效度（如空汙分布的異質性），以及管制法規的不足與盲點，也常是環境正義運動者的目標。

一位高雄的團體成員告訴我們，過去環保署 PSI 著重在幾種單一的汙染物測值，將空品對健康的即時影響程度劃分為五級（良好、普通、不良、非常不良、有害），對於境內汙染源眾多的地區，很難反映地區空間內的所有空品情況。不像境內沒有大型汙染源的嘉義市，其 $PM_{2.5}$ 的濃度多來自區域外汙染擴散的影響， $PM_{2.5}$ 的測值頗能反映地區空品狀況。在重工業重鎮的高雄市，單靠 $PM_{2.5}$ 或 PSI 指標卻難以呈現高雄真實的空汙狀況：

我進去指標裡面看，發現我從 PSI 看不出我們汙染那麼嚴重，因為我們常常都是 $PM_{2.5}$ 很嚴重……但那個時候 PSI 每天秀出來我們南部就是普通。可是你知道一般人會說你今天數學考不好，你說我考的普通，你會覺得普通是很爛嗎？好像不是太爛。……指標的問題是低估

了我們高屏的風險，而且是讓很多人被愚民化。很多人會說沒有啊！
高雄還好，普通而已啊！（受訪者 M）

同樣的問題也反映在升空汙旗的爭議上。2014 年地球公民基金會發起的「校園升空汙旗活動」，希望學校可以在每天早上第一節課前，查詢環保署空品監測網資料，一旦發現 PSI 值大於 100 或 $PM_{2.5}$ 指標進入第四級時，在校園內升起紅色空汙旗，以提醒校園師生必須戴口罩防護或減少戶外活動作為防範。這個空汙旗活動受到社會的矚目，促使教育部也提出「教育部校園空氣品質旗幟宣導試辦計畫」，規劃從 2015 年 4 月開始執行懸掛「空品旗」。在教育部的方案中，各校負責人於每日上午 8:00 與中午 12:00 兩次，依據環保署空氣品質監測網上 PSI 與 $PM_{2.5}$ 兩指標資訊，懸掛空品旗。空品旗分為「綠、黃、紅、紫」四級，分別告知全校師生正常活動、初級防護、中級防護、緊急防護（教育部，2015）。但環保團體成員質疑教育部空品旗計畫的規劃，是不瞭解空汙問題的複雜性以及現有指標的限制。她舉例說明：

南部有很多學校是在工業區周界三公里以內，這些地方它可能 $PM_{2.5}$ 是低的有時候，可是它的 VOCs 很嚴重。那你覺得 $PM_{2.5}$ 低就可以掛綠旗嗎？當時他說怎麼會有這個問題？就是這個問題啊！所以你不曾以為 $PM_{2.5}$ 低這裡就一切 OK 啊！我們那裡 $PM_{2.5}$ 低的時候很臭耶！那你跟學生說今天要掛綠旗，學生會覺得精神分裂欸！老師我今天明明覺得很臭，你為什麼今天空品很好？（受訪者 M）

其次，空品會受到空間環境與複合汙染源的影響，大範圍內的單一監測數據，無法呈現小尺度範圍的空品。居民要瞭解自己吸入了什麼空氣，還必須瞭解哪些汙染源排出哪些汙染物，其毒性如何，以及自己處在上風或下風處等，才能進行綜合判斷。一位關心空汙的環保團體成員告訴我們：

我們覺得對於老百姓來講，在意的就是現在全臺那些空氣品質的監測站的數據，這是目前我們唯一能夠拿來參考的。但測站的距離、位置什麼的，那都是會影響，各個部分當地會有不同，因為我家還是很遠啊，那只能參考。（受訪者 H）

另一位長期關注空汙健康並蒐集許多相關資料的團體成員，也提到他看完一些研究報告的心得：

成大環工他們有一些研究 paper，譬如說比較汙染，就是大的馬路或是巷弄還有測站這種的值，然後來告訴民眾說其實你所在的地方跟你測站看到的地方，那個數值是有差距的，甚至你所站的地方是巷弄裡面或是菜市場裡面，可能嚴重於你看的到那個數值。這個東西有 paper 的……（受訪者 E）

而最令環保團體與地方居民在意的是空汙減量，以根本地解決空品不良問題。但要達到空汙減量目的，必須知道汙染物排放源以及不同來源的貢獻比率，不過現在的公開資訊大多屬於整體的統計數據，缺乏個別企業的排放情況資訊。因此民眾即便知道特定地區內的空氣汙染情況，甚至能夠在短時間內獲知空汙超標的即時資訊，以及掌握當時的大氣擴散狀況，卻很難直接清楚知道汙染源頭，使得要針對某一個別企業或汙染源改進，甚至在空汙嚴重時針對汙染大戶啟動緊急應變，都相當困難。

其實現在我們看到的都是比較一個普遍性，在它的監測點是可能設置在某個地方，但並不是設在企業排煙的那個煙道口，……（我們需要）針對個別企業即時監測，不是針對某個區域。我們可以看到（空汙超標）這件事情，可是它好像無法讓你確實知道是誰，發生了什麼事情，造成這個結果，……現在可以說在某一些大氣的狀態之下，這件事情會特別的嚴重，所以他把這件事情給抓出來……到底是誰汙染這件事情，我其實是覺得有沒有可能在這波逼著環保署有一些突破性的作為。（受訪者 S）

三、草根團體的空汙數據生產策略、傳播與行動

官方的空汙資訊難以證實民眾汙染的受害經驗，尤其過去在 PM_{2.5} 尚未納入空品標準之前，由於沒有確切的「科學數據」顯示空汙對於健康的危害性，空汙來襲時的預警措施付諸闕如。民眾在濛濛霧霾中慢跑運動，學童室外活動如常，

都正顯示缺乏空汙的風險意識。為此，民間團體近年來開始一連串行動，以較低門檻但不失科學方法運用的設計，嘗試進一步呈現空汙證據，爭奪空汙的詮釋權。

（一）感官經驗的紀錄與爭奪空汙的科學詮釋

從上文中，我們看到幾個民間團體不約而同都強調運用一般常民的視覺經驗，來說明地方空汙的嚴重程度。一位受訪者告訴我們，要知道嘉義市的空汙程度，東邊諸羅山的識別度是重要指標：

我們嘉義市很簡單啦，你只要往東看，（被霧霾掩蓋）看不到諸羅山就是那個狀況就錯了，因為嘉義市的後面就是群山包圍這樣子。

（受訪者 E）

民間團體甚至說服嘉義市政府，以「玉山觀測」作為嘉義空品的指標。而嘉義市政府也以發展手機程式「嘉市環保 e 起來」與網站上的「玉山觀測即時影像」作為回應。嘉義市政府在 2015 年 8 月 10 日的新聞稿中指出，1947 年已故著名陳澄波先生所繪製的《玉山積雪》，顯示從嘉義市就能看到玉山，現在美景卻不復見，因此市政府訂定「再見陳澄波玉山積雪」目標，展示改善空品的決心，並且透過公布此項觀測設施和運作方式，以可見的方式讓民眾能感知到空汙議題，與民眾一起觀測（嘉義市政府環境保護局，2015 年 8 月 10 日）。

位於高雄的地球公民基金會，則發展「高雄的天空」100 天拍攝計畫（詳見本文第五節），透過視覺化的資訊凸顯空汙問題的嚴重性。從基金會的網站資料可以發現，這個計畫的成形，與官方指標無法如時反映空品狀況，以及與人民真實感官體驗落差太大，有很大的關係：

近幾年環保署常發佈新聞表示，全臺空品不良率（PSI > 100）逐年降低（2010 年 1.44%，2011 年 1.38%），似乎空品已大有進步。但高雄的空氣品質究竟好不好呢？為了解答這個問題，地球公民基金會從 2012 年 2 月 1 日起，開始為期 100 天的庶民拍攝計畫，每天從高雄辦公室觀察、拍攝，並記錄環保署的監測值，透過本會臉書說明當日空品狀況，呼籲民眾一起關心我們共同擁有的天空。（地球公民基金會，

2012 年 5 月 17 日)

透過低度門檻的觀測科學，環保團體發現，在 100 天之中，高屏人只有 23 天可以呼吸到 PSI 指標中的良好等級空氣，他們製作了圖表（見表 2），以具體的數據證明高雄空品的惡劣程度，以及觀察能見度與天空的潔淨度等觀測值與 PSI 值的嚴重落差。他們特別指出，PSI 並沒有涵蓋 PM_{2.5} 濃度與其他重要汙染物質計算，⁶ 儘管 PSI 顯示「普通」，但只要觀察天空景象就可發現，高屏空氣中汙染物濃度仍相當高，只要氣象擴散條件不佳，整個高屏地區就籠罩在高汙染之下：

環保署計算 PSI 值時並未納入 PM_{2.5} 的監測，加上空品不良率是採整日 PSI 值平均，根本無法反映真實的空品狀況！在空品「普通」的指標下，某些地區、某些時刻，空品是嚴重不良的，對民眾健康危害甚巨。
（地球公民基金會，2012 年 11 月 22 日）

從這些建構的資訊基礎上，他們主張電視臺應隨氣象訊息，播報與刊登空品現況與預測，並呼籲一般民眾外出或從事戶外運動前，先上網查詢空品，除了 PSI 值，也要查詢區域的小時汙染濃度。

月分	北部空品區	中部空品區	雲嘉南空品區	高屏空品區
2 月	24	18	9	1
3 月	10	6	3	2
4 月	14	12	9	14
5 月 1 日 ~ 10 日	5	3	3	6
總計	53	39	24	23

表 2：地球公民基金會 2012 年所製作各空品區 PSI 紀錄比較表（2012 年 2 月 1 日至 5 月 10 日北、高、雲、中等空品區 PSI 小於 50〔良好〕之天數）
資料來源：地球公民基金會（2012 年 5 月 17 日）。

6 PSI 的計算，是依據 1975 年制定的《空汙法》，以 PM₁₀、O₃、氮氧化物、硫氧化物、一氧化碳等五個汙染物為基準，挑出當天濃度最大的汙染物做為指標，將空品分為五個等級：良好、普通、不良、非常不良、有害。

(二) 小尺度空汙資訊的在地生產協作：空汙監測儀器與方法的研發設計

當民眾對空汙問題的感受日益深刻，期待可以參考即時、準確的資訊，來採取避險措施。不過目前環保署的國家級測站設置，是依照汙染源排放、氣象及空品濃度分布等資料布點，目的在於監控大區域範圍之空品狀況及長期趨勢。對一般民眾而言，要以大尺度的空汙監測資訊，來做為個人避險的評估判斷基礎，實有相當的差距，也凸顯了民間對於小尺度在地即時空品資訊的需求。在南投埔里的 PM_{2.5} 空汙自救會即與暨南大學合作，設計可偵測 PM_{2.5} 的低階微型感測器系統，來進行當地的環境監測；而臺南社大也計劃購買空汙監測儀器，希望透過即時測量瞭解臺南空汙狀況。一位成員告訴我們：

對於○○某地空氣偵測的問題，我覺得最大的問題是監測站不夠多。現在的資訊不夠透明，因為現在只有○○某地一個測站。（受訪者 T）

在空汙資訊的生產上，環保團體希望能夠取得更多的科學數據監測值，使自己所掌握的空汙資訊更具有科學說服力，同時也相信這樣的資訊比較可以促成政府採取行動。期待產出更多數據的團體成員說明：

我們做事情的方式可能和其他團體可能比較不一樣，我們比較希望有一些科學的證據啦，那要掌握科學的證據的話，……我們就選了一臺（空汙測量）儀器……我們有一些檢測數據，然後累計出來大家分享討論，然後再來訂定行動策略，我是覺得會更有說服力啦。……我相信對整個促進政府正視 PM_{2.5} 會有比較正面的影響力。（受訪者 N）

然而，空品的數據生產，並非僅是一個簡單的測量而已，背後其實顯示了對於空品資訊揭露的想像框架。一位與在地環保團體合作的資訊專家，在受訪時提到因為國家級測站的不足，使得在地空品樣態一直不夠清楚透明，因此希望透過監測儀器網絡式的布點，讓當地小尺度的空汙情況可以被揭露出來。而這些小尺度監測儀器，成本不高，且能透過多點的布置，形成在地空汙的監測網，取得較為全面且即時性的資訊。受訪者 T 跟我們分享他研發空汙監測體系的想像：

我當時就提一個作法，第一個是環境資訊透明化，第二個是用民眾的力量，運用低成本策略，因為感測器是 low cost 的。但我現在做的事情是更進一步，就是 real time，到時候假設我們在○○某地布十個感測點，這些感測站的資料隨時都會進到我那邊，我可以派送到手機、網頁，這樣資訊就透明了。當整個環境有初級透明的程度，很多事情就可以接著做了。（受訪者 T）

國家級測站的監測準確度高，可測量的品項也較多，但其設置成本高達 60 萬元至 100 萬元，運作還需要數名技師維護，在國家經費有限的情況下，不可能密集地布點。因此，這種小尺度資訊生產的簡易監測設施，目的不在於取代政府的國家級監測站，而是希望成為了解空汙熱點的初級預警工具，可以協助政府指認有意義的量測地點。受訪者 T 特別說明小尺度監測系統的意義：

我們不是要取代政府的公權力，我們是善心的社會人士。連我這種低階的感測器都指出空氣有問題了，那政府的空汙車就可以直接派去那裡了，這是一種分工的概念。（受訪者 T）

小尺度空氣資訊的生產，首先碰觸到的議題是依據準確度與敏感度來選擇測量儀器。兩位受訪者跟我們分享他們的經驗：

我在想說，其實像這部，我有叫廠商來試，……然後就馬上測，PM₁₀、PM_{2.5} 全部都在跳高，然後我有去測它的那個敏銳性怎麼樣，所以拿到比較林蔭之下測，真的指標低，然後走到道路上值就飆高了，……蠻明顯的。（受訪者 N）

我從國外找三種感測器，它可以偵測懸浮微粒 PM_{2.5} 到 PM₁₀，但它的靈敏度不像政府的那麼好。這個資訊系統是我開發的，我的期待是未來各種環境（物質）的感測器都可以加上去。（受訪者 T）

其次，則是該如何選擇測量地點，而這一點正展現了在地團體與技術專家共同合作的可貴。在社區空汙監測的網絡中，地方居民的生活經驗、感官知覺等，

都有助於找出值得監測的熱點。例如，哪些地方是老人、小孩等敏感族群時常活動之處，交通車流嚴重的時間與地點分布，或者慣常進行露天燃燒（如農田、寺廟）的地點與季節等。一位受訪者說明瞭解社會運作型態與空汙測量布點設計的關係：

這是我們很多疑問都要釐清的，幼稚園、公園，這些老人跟孩童常去的區域，那會呈現什麼意義？另外就是說，同樣一條路車輛很多的時候跟車輛少的时候是怎樣子？然後那個不同季節等等……同時有三部或四部這樣子又會更理想，同時間在不同地方測，這樣子可能會有一些比較好的結果。（受訪者 N）

這些在地經驗知識，協助執行團隊在進行空汙監測布點時，能有更全面的考量，而產出較為精準並符合在地經驗的地方空品資訊，並交互檢證地區空汙流動的模擬，有助於建立地方的環境背景知識。受訪者 T 告訴我們：

現在問題就是不知道資料在哪裡，所以只能憑感覺。但是我們會把資料長期蒐集下來，未來如果大家很支持，假設○○某地可以布 200 個點，再加上氣象局的風力、天氣、照度、溫濕度等資料輔助，我們真的可以把整個○○某地的生態系統、氣流系統模擬出來。……還可以提醒大家不要亂燒金紙、稻草。（受訪者 T）

柒、結論

傳統的空汙監測設計，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，生產出長期採樣的平均值，對照周邊大氣檢測標準，有其資訊生產的內在邏輯。而環保單位的空品指標，更是選定某些特定空氣汙染物，透過監測設備採集當地特定空氣汙染物的濃度數據，再利用公式計算將採得的數值換算成單一綜合指標，輔以「對健康造成立即危害」的風險標準界定，將指標分類為數個等級。這整套監測技術設計，著重在如何測量到汙染物，卻沒有考量敏感族群的分布狀況、活動生活脈絡，或短暫高濃度曝露的風險等。空汙的數值難以回應地方居民的生活身體感官經驗，更無法回應在地居民所擔憂的產業運作帶來的複

合汙染問題。

我們的研究指出，臺灣空汙的惡化已促使一些在地社區不願再忍受空汙的侵襲，從地方面對的環境困境與問題意識出發，組織資訊進行倡議行動。針對傳統政府資訊無法對焦回應問題的系統性缺漏，民間團體尋求更多環境資訊的生產，傳播環境風險意識，因而產生一連串公民參與空汙監測行動。我們的分析顯示，這些行動所植基的提問，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，如「高雄的天空」拍攝計畫與嘉義「玉山觀測」，向大眾重新詮釋空汙問題。

另一方面，政府所發布的大尺度監測數據抹平了環境差異，而無法反映地方在生活尺度上的真實空汙狀況，因而產生需要更細膩資訊的需求。在地社區團體（埔里）與專家合作，自行生產第一手環境監測資料，建立社區網絡的空汙監測系統。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推進環境治理行動的最佳利器。這種合作模式，具備了公民與專家協作的資訊生產雛形。我們將上一節分析所得的主要發現，與「社會運動為基礎公民科學」進行對照與扣連（如表 3 所示），可以進一步瞭解，這些奠基於社會需求的知識生產行動，使臺灣民間推動的空汙監測具有「社會運動為基礎公民科學」的特質與發展潛力。

不過，我們也要指出，目前發展的公民監測空汙的社區行動科學，還處於提出質問、整理資訊與傳播風險意識的階段。所生產的資訊較能提供個人避險之用，而無法回答空氣汙染物質特性、也無法釐清誰是主要汙染貢獻者等問題，因此行動上難以轉化為針對源頭系統性變革的訴求。這些局限，對照國外已經發展的經驗、工具與反思，也顯示推動空汙監測公民科學所需要的知識生產方法、技術、工具與跨域協作資源整合等，仍有許多可以進步的空間，來支援反空汙行動力量的提升。

雖然公民科學在臺灣仍有許多限制，但不容否認地，這波公民空汙風險意識的崛起，也提供發展組織網絡的機會與基礎，打開了一些環境資訊的需求，促成了空汙相關問題的討論，使空汙的問題建構有被重新詮釋與設定的機會。在反空汙運動的滾動中，環境正義團體開始連結起許多過去未能接觸到的社群，如提供調查方法與儀器運用的技術者、提供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，慢慢發展出志願網絡與微型的支援系統，而使公民科學有機會捲動政策議程的設定。

多元社群的關心與投入，不僅意味著彼此的分工合作，也指向拉開環境健全

項目	社會運動為基礎的公民科學	臺灣公民參與空汙監測特色
實踐場域與發展脈絡	<ol style="list-style-type: none"> 1. 源於 STS 研究與社會學理論，指出公民或社運團體對強調普世性真理的科學失去信心，認為被學院、專業社群與政府擁抱的理想科學，無法解決社會與環境問題。 2. 批判與挑戰傳統科學規範的方法與標準，發展不同於主流科學的替代工具與方法，協助解答社區關心的問題。 	源自於社區中的環境倡議行動，嘗試運用科學（數據、資料）來到引領行動層次，而非為了生產科學知識而行動。
運作目標	<ol style="list-style-type: none"> 1. 批判傳統標準化的科學操作與去脈絡的形式科學，拒絕將其質問與根植於集體行動的社會改造願景分開。 2. 透過科學實作與知識生產進行社區充權，強化組織網絡與弱勢社群的主體性與政治倡議。 	著重於將知識生產鑲嵌在具體的決策與組織集體行動中，運用空汙資訊的匯集，創造社區與不同社群連結的平臺，並慢慢發展成組織行動的工具，嘗試回應社會、政治倡議需求。
問題建構	研究問題意識來自公民科學家，回應社區的關懷。	以地方問題意識為基礎，進行官方資訊重整。
公民與科學專業者間的關係	公民是行動研究的參與者，有科學背景的專家是結盟的夥伴，並且依據問題建構，結合資訊與技術開源社群。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 參與在地主體以地方知識分子為主。 2. 小尺度空汙資訊生產協作：專業者根據社區需求，研發空汙監測儀器與網絡體系。
知識生產方法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 公民提供對於數據的詮釋，提出相關因果關聯認定的社會倫理主張，以及標準選擇與合理性的質疑。 2. 創新使用自己可以製作組裝的工具來生產資訊。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 知識生產方法、技術與工具仍未有大幅進展，少有自製工具，或大規模蒐集資料等集體行動開展，呈現公民科學初期發展階段的特質。 2. 嘗試運用系統性方法蒐集（如感官經驗的記錄）、創造數據與資料，並進行邏輯的因果推論，來挑戰官方空汙資訊與標準的缺漏，爭奪空汙的科學詮釋。

表 3：臺灣社區行動科學的在地實踐

資料來源：本研究自行整理。

知識的參與空間，讓原本冷冰冰的監測數據，可以跟社會運作對話互動，而得以使科學進入地方脈絡中被驗證與理解，並進一步提供科學技術者將環境正義觀點納入科技實作的機會，反思技術與標準的設定問題。當科學技術不再排除與社會的對話，當多元社群可以跨領域結盟在環境正義的目標下，正是公民科學得以進一步茁壯的溫床。

參考書目

王敏玲（2011）。〈我們要空汙總量管制！〉。取自 <http://www.cet-taiwan.org/info/story/1423>

- 行政院環境保護署 (2015)。〈多層式微型感測物聯網 改善空氣品質〉，《環保政策月刊》，18 (12) : 5。
- _____ (2018)。〈空氣品質指標〉。取自 <https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/b0201.aspx>
- 地球公民基金會 (2012 年 5 月 17 日)。〈地球公民百日拍攝計畫，揭露高屏空汙的真相！〉。取自 <http://www.cet-taiwan.org/node/1504>
- _____ (2012 年 11 月 22 日)。〈我要乾淨空氣 實施空汙總量管制、即時播報空品〉，《苦勞網》。取自 <http://www.coolcloud.org.tw/node/71652>
- 江淑琳、張瑜倩 (2016)。〈更民主的科學溝通：科學類博物館實踐公眾參與科學之角色初探〉，《傳播研究與實踐》，6 (1) : 199-227。doi:10.6123/JCRP.2016.008
- 杜文苓 (2015)。《環境風險與公共治理：探索臺灣環境民主實踐之道》。臺北，臺灣：五南。
- 林冠妙 (2014 年 11 月 3 日)。〈空汙嚴重 環團發起升空汙旗活動要學童寫空汙日誌〉，《民報》。取自 <http://www.peoplenews.tw/news/16410164-2990-4c82-868c-e37c5f3f041f>
- 周桂田 (2005)。〈爭議性科技之風險溝通——以基因改造工程為思考點〉，《生物科技與法律研究通訊》，18 : 42-50。
- 范玫芳、張簡妙琳 (2014)。〈科學知識與水政治：旗山溪治水爭議之個案研究〉，《人文及社會科學集刊》，26 : 133-173。
- 教育部 (2015)。〈教育部校園空氣品質旗幟宣導試辦計畫〉。取自 <http://ws.moe.edu.tw/Download.ashx?u=C099358C81D4876CA89ABD8A8B76D99965236EDA4CA337705C78D1A09C901B6BEE1B840BFE5915D28B2650C04E989DE08447BE71E3A5F6C669835ABA55507DF12450B21845ED67DFD939539B1F463722&n=95594A5DBC171FE00AD919DBBF65F6ACD70792484A1B011DC24E2956C90B281942AE26DACF65DF95D546038870D26F0C&icon=.pdf>
- 莊秉潔 (2010 年 7 月 6 日)。〈國光石化營運造成 PM2.5 與健康及能見度之影響〉〔PowerPoint 簡報〕。取自 <http://www.tepu.org.tw/wp-content/uploads/2010/07/20100717ben%20jei%20tsuang.pdf>
- 張景儀 (2013)。《鑲嵌於管制政策制度的科學政治：以 VOCs、PM2.5 為例》。國立政治大學公共行政研究所碩士論文。

- 詹長權、李永凌、洪壽宏（2012）。〈100 年度沿海地區空氣汙染物及環境健康世代研究計畫期末報告〉。（雲林縣環境保護局委託專案研究計畫，YLEPB-101-038）。臺北，臺灣：國立臺灣大學。取自 <https://docs.google.com/file/d/0B1w-CfixVP4JNmhYLURUWmZSZWs/edit>
- 嘉義市政府環境保護局（2015 年 8 月 10 日）。〈空氣品質好與壞，玉山指標隨時看〉。取自 https://www.chiayi.gov.tw/2015web/02_news/content.aspx?id=45355
- 臺灣公民科學入口網（n.d.）。〈臺灣公民科學入口網簡介〉。取自 <https://pansci.asia/tw-citizen-science>
- 蔡文居（2015 年 5 月 24 日）。〈反空汙做半套 臺南空汙自救會 66 上街頭〉，《自由時報》。取自 <http://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/1327592>
- _____（2015 年 6 月 27 日）。〈台江廟公民會議 社大師生為反空汙發聲〉，《自由時報》。取自 <http://news.ltn.com.tw/news/society/breakingnews/1361118>
- 鄧凱元（2015 年 3 月 17 日）。〈你的故鄉，PM_{2.5} 濃度有多高？〉，《天下雜誌》。取自 <http://www.cw.com.tw/article/article.action?id=5065632>
- 劉懿德（2014 年 11 月 28 日）。〈從本位主義的醫療專業轉化為常民知識的社區醫師〉，《獨立評論 @ 天下》。取自 <http://opinion.cw.com.tw/blog/profile/52/article/2123>
- Ascher, W., Steelman, T. A., & Healy, R. G. (2010). *Knowledge and environmental policy: Re-imagining the boundaries of science and politics*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Baber, W. F., & Bartlett, R. V. (2005). *Deliberative environmental politics: Democracy and ecological rationality*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Bonney, R., Cooper, C. B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K. V., & Shirk, J. (2009). Citizen science: A developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *BioScience*, 59, 977-984. doi:10.1525/bio.2009.59.11.9
- Bonney, R., Phillips, T. B., Ballard, H. L., & Enck, J. W. (2016). Can citizen science enhance public understanding of science? *Public Understanding of Science*, 25, 2-16. doi:10.1177/0963662515607406
- Cavalier, D. (2016). An unlikely journey into citizen science. In D. Cavalier & E. B. Kennedy (Eds.), *The rightful place of science: Citizen science* (pp. 1-18). Tempe,

AZ: Consortium for Science, Policy & Outcomes.

- Cinderby, S., & Forrester, J. (2005). Facilitating the local governance of air pollution using GIS for participation. *Applied Geography*, 25, 143-158. doi:10.1016/j.apgeog.2005.03.003
- CitizenScience.org. (n.d.) *About*. Retrieved from <https://www.citizenscience.org/about>
- Corburn, J. (2005). *Street science: Community knowledge and environmental health justice*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Douglas, H. (2005). Inserting the public into science. In S. Maasen & P. Weingart (Eds.), *Democratization of expertise? Exploring novel forms of scientific advice in political decision-making* (pp. 153-169). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Fischer, F. (1993). Citizen participation and the democratization of policy expertise: From theoretical inquiry to practical cases. *Policy Sciences*, 26, 165-187. doi:10.1007/BF00999715
- (2003). Beyond empiricism: Policy analysis as deliberative practice. In M. A. Hajer & H. Wagenaar (Eds.), *Deliberative policy analysis: Understanding governance in the network society* (pp. 209-227). Cambridge, UK: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511490934.009
- (2009). *Democracy and expertise: Reorienting policy inquiry*. New York, NY: Oxford University Press. doi:10.1093/acprof:oso/9780199282838.001.0001
- Hampton, G. (2004). Enhancing public participation through narrative analysis. *Policy Sciences*, 37, 261-276. doi:10.1007/s11077-005-1763-1
- Heinrichs, H. (2005). Advisory systems in pluralistic knowledge societies: A criteria-based typology to assess and optimize environmental policy advice. In S. Maasen & P. Weingart (Eds.), *Democratization of expertise? Exploring novel forms of scientific advice in political decision-making* (pp. 41-61). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Hidy, G. M., Brook, J. R., Demerjian, K. L., Molina, L. T., Pennell, W. T., & Scheffe, R. D. (Eds.). (2011). *Technical challenges of multipollutant air quality management*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Irwin, A., & Wynne, B. (1996). Introduction. In A. Irwin & B. Wynne (Eds.), *Misunderstanding science? The public reconstruction of science and technology* (pp. 1-17). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- Jackson, T. (1996). *Material concerns: Pollution, profit, and quality of life*. New York, NY: Routledge.
- Jasanoff, S. (1990). *The fifth branch: Science advisers as policymakers*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- (2005). Judgment under siege: The three-body problem of expert legitimacy. In S. Maasen & P. Weingart (Eds.), *Democratization of expertise? Exploring novel forms of scientific advice in political decision-making* (pp. 209-224). Dordrecht, The Netherlands: Springer. doi:10.1007/1-4020-3754-6_12
- Lidskog, R., & Pleijel, H. (2011). Co-producing policy-relevant science and science-based policy: The case of regulating ground-level ozone. In R. Lidskog & G. Sundqvist (Eds.), *Governing the air: The dynamics of science, policy, and citizen interaction* (pp. 223-250). London, UK: MIT Press. doi:10.7551/mitpress/9780262016506.003.0008
- Maasen, S., & Weingart, P. (2005). What's new in scientific advice to politics? In S. Maasen & P. Weingart (Eds.), *Democratization of expertise? Exploring novel forms of scientific advice in political decision-making* (pp. 1-19). Dordrecht, The Netherlands: Springer. doi:10.1007/1-4020-3754-6_1
- Moore, K. (2006). Powered by the people: Scientific authority in participatory science. In S. Frickel & K. Moore (Eds.), *The new political sociology of science: Networks, institutions, and power* (pp. 299-326). Madison, WI: University of Wisconsin Press.
- Nowotny, H., Scott, P. B., & Gibbons, M. T. (Eds.). (2001). *Re-thinking science: Knowledge and the public in an age of uncertainty*. London, UK: Polity.
- O'Rourke, D., & Macey, G. P. (2003). Community environmental policing: Assessing new strategies of public participation in environment regulation. *Journal of Policy Analysis and Management*, 22, 383-414. doi:10.1002/pam.10138
- Ottinger, G. (2010a). Buckets of resistance: Standards and the effectiveness of citizen science. *Science, Technology, & Human Values*, 35, 244-270. doi:10.177/0162243909337121
- (2010b). Constructing empowerment through interpretations of environmental data. *Surveillance & Society*, 8, 221-234. doi:10.24908/ss.v8i2.3487

- (2016). Social movement-based citizen science. In D. Cavalier & E. B. Kennedy (Eds.), *The rightful place of science: Citizen science* (pp. 89-104). Tempe, AZ: Consortium for Science, Policy & Outcomes.
- (2017). Reconstructing or reproducing? Scientific authority and models of change in two traditions of citizen science. In D. Tyfield, R. Lave, S. Randalls, & C. Thorpe (Eds.), *The Routledge handbook of the political economy of science* (pp. 351-364). London, UK: Routledge.
- Ottinger, G., & Cohen, B. R. (Eds.). (2011). *Technoscience and environmental justice: Expert cultures in a grassroots movement*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Scott, D., & Barnett, C. (2009). Something in the air: Civic science and contentious environmental politics in post-apartheid South Africa. *Geoforum*, 40, 373-382. doi:10.1016/j.geoforum.2008.12.002
- United States Environmental Protection Agency. (n.d.) *Air sensor toolbox for citizen scientists, researchers and developers*. Retrieved from <https://www.epa.gov/air-sensor-toolbox>
- Wynne, B. (1991). Sheepfarming after Chernobyl: A case study in communicating scientific information. In B.V. Lewenstein (Ed.), *When science meets the public* (pp. 43-67). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- (2003). Seasick on the third wave? Subverting the hegemony of propositionalism: Response to Collins & Evans (2002). *Social Studies of Science*, 33, 401-417. doi: 10.1177/03063127030333005
- Yearley, S. (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: Politics and Space*, 24, 701-714. doi: 10.1068/c0610j
- Yearley, S., Cinderby, S., Forrester, J., Bailey, P., & Rosen, P. (2003). Participatory modelling and the local governance of the politics of UK air pollution: A three-city case study. *Environmental Values*, 12, 247-262. doi:10.3197/096327103129341315

Challenging Air Pollution: An Explorative Study of Community Action Science and Localized Practices

Tu, Wen-Ling*

Professor, Department of Public Administration, National Chengchi University

Shih, Chia-Liang

Postdoctoral Research Fellow, Department of Public Administration, National Chengchi University

Abstract

In recent years, the air pollution issues have become one of the top concerns for the Taiwanese society. Unsatisfied with the deteriorating air qualities, the local citizen groups have asked the government to disclose the real-time air monitoring data. Some communities in the central and southern Taiwan have launched community action initiative, raising air quality flags in elementary schools, partnering with the experts to develop low-cost air monitoring devices. This paper explores how grass-root groups have participated in knowledge generation by collecting air pollution evidences, integrating their observations and experiences into the scientific practices of air monitoring. The nascent air pollution surveillance efforts explicate how the community groups have produced, interpreted, and applied air monitoring data to challenge the government's regulatory policies. Additionally, the paper discusses the potentials and limitations of the current community air monitoring programs in Taiwan and the required social infrastructure affording technoscience democracy and environmental justice.

Keywords: citizen science, air monitoring, knowledge generation, air governance

* Email: wtu@nccu.edu.tw

Received: 2016.6.30

Accepted: 2017.6.12