

國立臺灣大學社會科學院公共事務研究所



碩士論文

Graduate Institute of Public Affairs

College of Social Science

National Taiwan University

Master's Thesis

台灣空污治理的論述分析：

空品物聯網與空氣盒子的競爭性論述研究

An Analysis of Competing Discourses between Internet-of-Thing of

Air Quality and Air Box in Air Pollution Governance in Taiwan

邱鈺涵

Yu-Han Chiu

指導教授：林子倫 博士

Advisor: Tze-Luen Lin, Ph.D.

中華民國 113 年 1 月

January 2024

謝辭



從大學部到碩班，在台大待了超過 7 年的時間，感謝一路以來支持我的所有人！

謝謝我的指導教授林子倫老師，從大學部到碩班的指導，很謝謝老師當初答應擔任大專生計畫的指導教授，當時我完全沒有修過老師的課，僅憑著一次的討論機會便有幸邀請老師擔任指導老師，真的非常開心！也很謝謝老師碩班繼續收留我。謝謝老師在繁忙的公務中仍會安排充足的討論時間給我，在撰寫論文過程中遇到許多卡關糾結的地方，老師總是耐心幫忙梳理我的思考脈絡，並鼓勵我勇敢表達自己的想法。也謝謝老師給予我擔任 TA 及 RA 的機會，讓我有機會接觸更多環境議題並磨練自己的學術研究能力。

謝謝兩位口委老師，杜文苓老師及龍世俊老師，何其有幸邀請到兩位崇拜已久的老師來擔任口委，很感謝兩位老師提供諸多寶貴的學術及實務建議，讓我在梳理龐大的論文議題時能有更清晰的聚焦。謝謝公事所彩足老師、淳文老師、宏文老師、康慧老師、美仁老師、乃菱老師、舜文老師，謝謝老師們給予的 TA、RA 工作以及各種關懷，讓我能經濟無虞的狀況下繼續進修。

謝謝品如學姐、靖昀學姐在我擔任子倫老師助理期間的照顧！謝謝所辦彥仔學姐、系辦小官學姐、欣蕾學姐、辰元學姐、聿伶學姐、雅璠學姐，大學部在系辦打工認識學姊們，上碩班後有活動也曾受邀回去打工玩耍，很謝謝學姊們一直以來的照顧及關心！謝謝王賢學長、亮宇學長、子豪學長、俊明學長在論文或職涯規劃上給予我許多的鼓勵與建議。

謝謝 R09 的好夥伴們，婕琳、識頻、仁馨、鈺鏘、冠維，感謝有你們一起在碩班掙扎共患難！謝謝我的朋友昱嫻、凱茵、令涵、靜儀、媛婷、柔菲、永良、沂璉，在我為論文崩潰不已時的關心抱抱跟餵食！

鈺涵 2024.02.15

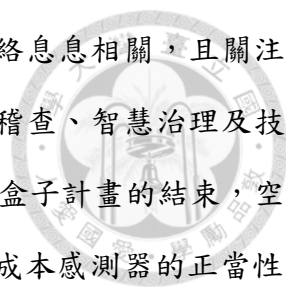
摘要

空氣汙染與呼吸道疾病、心血管疾病、癌症等人體健康危害息息相關，空氣汙染的治理傳統上仰賴環保署中央測站的監測資料並進行汙染源頭管理，但因大型測站設置目的多為環境監測用且分布站點少，監測數據難以代表民眾日常生活承受之空污暴露情形。故從 2013 年起，陸續有公民社群及在地社區積極推動空氣盒子計畫，運用低成本感測器建立在地的空污資訊。而 2017 年，中央政府更將發展空氣品質感測物聯網列為前瞻基礎建設計畫之一。

本研究採取論述分析的研究途徑，結合文獻分析、專家及相關行為者訪談，探討台灣 2013 年至 2022 年空氣汙染治理中發展空品物聯網計畫之政策過程。本研究提出三個研究問題：空氣盒子的論述內容是如何演進的？空品物聯網計畫與空氣盒子的互動關係為何？低成本感測器的定位、空污標準及健康議題在政策過程中是如何被詮釋與論述的？

研究發現，低成本感測器的推動者可分為兩大論述聯盟：第一是公民賦權聯盟，行為者包含 LASS 社群、2016 年至 2017 年推行空氣盒子計畫的各地方政府、中研院資訊所。另一個聯盟是技術發展聯盟，是 2017 年由中央政府推動的空品物聯網政策的主導者，包含科技會報及環保署。

空品物聯網政策可說是兩個聯盟的對低成本感測器定位及用途的一場論述霸權競爭，空品物聯網政策透過建立物聯網產業鏈、由中央政府與地方環保局合辦佈建微型感測器、規範後續定期維修工作，藉由將感測器的生產、佈建及維護制度化以區分微型感測器與空氣盒子的不同，並認為微型感測器的應用價值較高。環保署推動空品物聯網政策的思維仍是關注汙染源、溯源執法、建立統一標準等管制與技術面目標，較少關注空氣品質資料的在環境教育、健康促進上的應用；對比公民賦權聯盟積極推動空氣盒子的脈絡則更多關注在汙染對於健康的影響，重視民眾參與、公民賦權、對汙染的認知及健康調適行為。



空氣盒子興起的背景本是與民眾參與及民眾資訊近用權等脈絡息息相關，且關注感測器在空污治理的應用，但空品物聯網發展的目標卻是以智慧稽查、智慧治理及技術發展為主，空污治理反而不是首要目標。隨著 2020 年校園空氣盒子計畫的結束，空品物聯網與空氣盒子的論述競爭最後是空品物聯網取得了建設低成本感測器的正當性。探究空氣盒子與微型感測器的互動關係，低成本感測器從原先促成科學協作的角色轉變為鞏固專家及政府權威性。

關鍵字：空氣盒子、低成本感測器、空污治理、論述分析、論述聯盟

Abstract

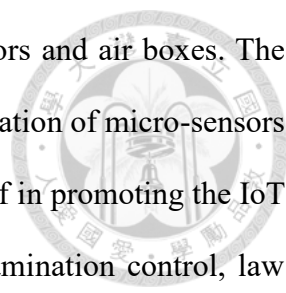


Air pollution monitoring has traditionally relied on monitoring data from the Environmental Protection Agency's central monitoring system. Large monitoring stations are mainly set up for environmental monitoring purposes and the setting density is low. As a result, the monitoring data hardly can represent the air pollution that people are exposed to in their daily lives. Seeking a solution to the insufficient monitoring data, civil groups and local communities in Taiwan have promoted the air box project, using low-cost sensors to provide local air pollution data and information. Following this trend, the central government launched the Internet-of-Thing of Air Quality policy in 2017.

This study adopts the research approach of discourse analysis, combining literature analysis, and interviews with experts and relevant actors, to explore the policy process of developing the Internet of Things and the relationships between Air Box and IoT from 2013 to 2022. This study raises three research questions: How does the content of the discourse about Air Box evolve? What is the interaction between the Air Quality IoT policy and the Air Box? How is the role of low-cost sensors, the role of air pollution standards, and health issues interpreted and discussed in the policy process?

The study divided the actors of related low-cost sensors projects into two major discourse coalitions: the first is the Citizen Empowerment coalition, whose actors include the LASS community, local governments that implemented the air box project from 2016 to 2017, and Academia Sinica. The second coalition is the Technology Development Coalition, whose actors include the Board of Science and Technology and the Environmental Protection Agency.

The formulation of IoT policy can be said to be a competition of discursive hegemony between the two coalitions over the positioning and use of low-cost sensors. By institutionalizing the production, deployment, and maintenance of low-cost sensors, the



Technology Development Coalition differentiates between micro-sensors and air boxes. The Technology Development Coalition believes that the value of the application of micro-sensors is higher than the air box. The Environmental Protection Agency's belief in promoting the IoT policy still focuses on regulatory methods and technical goals. Contamination control, law enforcement, and the establishment of unified standards are primary rather than the application of air quality data in environmental education and health promotion. Compared with the Technology Development Coalition, the Citizen Empowerment Alliance focuses more on the impact of pollution on health, emphasizing the importance of public participation, citizen empowerment, awareness of pollution, and health protection behaviors.

With the end of the campus air box project in 2020, the discourse competition between IoT of Air Quality and Airbox drew a rest. The root of the rise of the air box is closely bonded to public participation and public access to information on air quality. However, the goal of the IoT policy is detached from this context. The policy emphasizes AI inspection, AI governance, and technological development, while air pollution control is not the primary goal. Analyzing the interaction between air boxes and micro-sensors, this article found low-cost sensors have been transformed from their original role of promoting scientific collaboration to policing the authority of experts and governments.

Keywords: air box, low-cost sensor, air pollution governance, discourse analysis, discourse coalitions

目次



謝辭	I
摘要	II
Abstract	IV
第一章、緒論	1
第一節、研究背景與動機	1
第二節、研究問題與目的	4
第二章、文獻回顧	8
第一節、空污監測的發展	8
第二節、低成本感測器及公民科學的發展	13
第三節、健康影響及民眾認知	15
第四節、論述分析理論途徑	17
第三章 研究設計	26
第一節、研究範圍	26
第二節、資料蒐集方式	32
第四章、空品物聯網政策發展歷程	35
第一節、歷年政策發展	39
第二節、各縣市微型感測器的運用	50
第五章、論述內容與分析	55
第一節、論述聯盟	56
第二節、政策設計與民眾需求的落差	77
第三節、小結	87
第六章、結論	88
第一節、研究發現	88
第二節、研究反思	95
第三節、研究限制	96
參考文獻	97
一、中文部分	97

二、 外文部分.....101

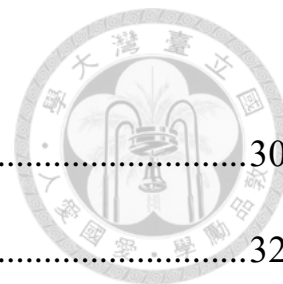


圖次



圖一、計畫階層示意圖	36
圖二、2020 年微型感測器分布數量	46
圖三、PM2.5 感測器分級指標	48
圖四、新北市 SMART AIR 智慧平台示意圖	52
圖五、嘉義市 2019 年標定汙染熱區	54

表次



表一、重要行動者界定.....	30
表二、訪談題綱設計.....	32
表三、受訪者列表.....	33
表四、感測器相關計畫整理.....	37
表五、階層式空氣品質監測介紹.....	43
表六、論述聯盟分類.....	56
表七、2016年至2017年空氣盒子計畫彙整.....	64
表八、空氣盒子計畫論述內容.....	66
表九、2017年數據爭議事件政府論述內容.....	71
表十、論述聯盟比較.....	89





第一章、緒論

第一節、研究背景與動機

根據世界衛生組織的統計資料，2014 年時推估每年有 700 萬人因空氣污染造成的相關疾病而過早死亡，其中 40% 為缺血性心臟病、40% 為腦中風、11% 為慢性肺阻塞疾病、6% 為肺癌，另外 3% 為兒童急性下呼吸道感染（WHO，2014）。過早死亡（premature mortality）的人數估計在 2019 年攀升到每年約 4200 萬人，且在 2019 年時全球近 99% 的人口居住在空氣汙染超過 WHO 建議指標的區域（WHO，2022）。

近十年來，台灣關注環境議題的個人與公民團體，透過各式媒介，積極呼籲社會大眾正視台灣空氣污染問題。2012 年地球公民基金會推動「高雄的天空」100 天拍攝計畫，連續 100 天拍攝基金會辦公室窗外天空，紀錄肉眼可見的空氣污染狀況，100 天中僅有 23 天達到 PSI 的空氣品質良好等級。2014 年國立自然科學博物館展出「南風攝影展：台西村的故事」，攝影師鐘聖雄與許震唐拍攝紀錄彰化縣大城鄉台西村居民在高空氣污染環境下的生活，讓我們透過照片得以看到沿海小農村居民面臨的環境汙染以及承受的健康衝擊。2018 年電影短片輯《十年台灣》，在 5 位新興導演描繪的 10 年後台灣社會中，有 3 部短片不約而同的出現了 10 年後台灣的空氣污染嚴重到民眾無法外出的故事背景。

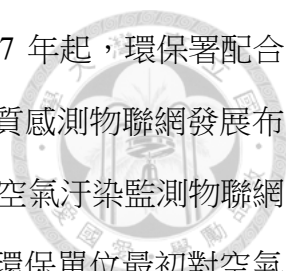
台灣中央政府於 1980 年代以來積極佈建空氣汙染監測站，早期以能提供氣象預報及區域空氣品質資料的大型國家監測站的建設為主，並依照監測目的之不同，分為一般測站、工業區測站、交通測站、背景測站、國家公園測站等，全台共有 85 個中央測站。國家監測站代表的監測尺度大，但其缺點在於無法精確反應民眾生活周邊的小範圍與即時的空氣品質狀況。然而，空氣品質資訊會影響民眾對當地空氣污染狀況的認知、警覺以及自身行動，如是否進一步採取戴口罩、避免戶外運動等保護措施等，對民眾的健康影響甚大。因此，確保民眾取得能代表周圍生活環境的空氣品質資料，讓

民眾享有空氣品質資訊的近用權（*access to the information*）是當代空氣汙染治理中非常重要的議題。

空氣汙染是所有環境議題中與日常生活最為相關的問題，我們可以透過肉眼觀察到不良的空氣品質狀況，但卻無法停止呼吸，僅能透過戴口罩、減少外出等個人防護行為降低空汙對健康的危害。儘管一般民眾對空氣汙染治理的影響力有限，但面對這種個人無力影響大局卻共同承受汙染危害的局面，在全球各地，包含台灣，都陸續出現了以公民或科學家為主要推動者的微型空氣汙染感測器開發社群，他們旨在運用民間的合作網路與資源，開發並推廣成本低廉的微型感測器，以補足政府測站無法提供的資訊。台灣約從 2013 年開始由時任中央研究院資訊科學研究所副研究員陳伶志博士開始推動空氣盒子計畫，後續與開源公益環境感測器網路系統（*Location Aware Sensing System*，簡稱 *LASS*）社群及民間企業訊舟科技合作，建置台灣的微型感測器監測網路。

空氣盒子的計畫雖具有補足傳統中央測站監測密度不足的問題，但空氣盒子本身在技術層面也面臨到諸多挑戰，首先是資料品質檢驗的問題，由於計畫使用的感測器為低成本感測器，測量精確性較低，且可能有裝置地點不適當與裝置後受到汙染的問題。再者，是資訊泄露（*information leakage*）與資料認證（*data authentication*）的隱私與安全性的隱憂，需要確保資料無法被追蹤，並刪除惡意偽造與品質低的資料。此外，在專案發展中行為者間的合作與共識，以及政策的配合，也是計畫推動成功的重要影響因素，尤其是政府部門的參與，會影響空氣盒子計畫能否發揮長期影響力（*Chen et al., 2017*）。在 2016 年至 2017 年間，空氣盒子計畫開始與台北市、新北市、台南市、高雄市、嘉義縣等縣市的地方合作計畫，由空氣盒子製造商訊舟科技公司捐贈空氣盒子給各縣市政府，擴大空氣盒子的布建地點及影響力。

近年來因為校正技術的進步，微型感測器過去常備受質疑的資料準確性疑慮已減少不少，微型感測器的運用將能改善原有官方測站監測密度低不易溯源執法及精確治理的不足（*Lung et al., 2022*）。再加上現今各國政府積極發展數位智慧治理，以微型感



測器建構環境感測物聯網的政策遂開始在台灣獲得政府重視。2017 年起，環保署配合前瞻基礎建設「建構民生公共物聯網計畫」的分項計畫「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」以及「空品物聯網產業開展計畫」，開始推動空氣汙染監測物聯網，採購微型感測器作為工業區與交通要道等汙染熱區的監測工具。環保單位最初對空氣盒子採取的保守態度，認為官方測站與空氣盒子在監測原理與目的上有極大的不同無法直接做比較。在 2016 年、2017 年間更因為空氣盒子與地方政府合作計畫受到民眾高度關注，民眾在比對環保署官方測站與空氣盒子數據間的落差後對環保署測站產生質疑。然而，2017 年環保署在空品物聯網計畫中也開始推動微型感測器的建置，儘管環保署仍不斷強調微型感測器在生產製造、維修校準上具有明確規範，且用途是用於幫助釐清汙染源以便進行源頭管理，在精確度上與使用方向上皆與空氣盒子不同。但空品物聯網政策的制定，對台灣關注空汙的公民社群與行動，以及對空氣盒子公民科學專案來說，是長久以來表達的訴求終於被肯認以及制度化的一個重要里程碑。

第二節、研究問題與目的



一、 研究問題

在本研究中，會出現低成本感測器、微型感測器及空氣盒子三個容易混淆的詞，故在先對這三個詞進行定義及解釋。感測器（Sensor）是指單一個感測組件，是相對於大型監測系統（Monitoring system）的概念，而所謂低成本則是指感測器的造價、購買價格、維修成本等價格相較於標準測量儀器（reference instrument）較低，但仍會依據感測器的使用者及使用目的而有不同（Kang et al., 2022）。此外，低成本感測器相較大型監測系統有更小的體積、更輕的重量以及更低的功率消耗等特性（Lewis et al., 2018）。微型感測器是台灣在推動民生空品物聯網時用來指稱低成本感測器的用詞，空氣盒子則是由台灣公民科學團體在推廣低成本感測器時所用的詞彙。微型感測器及空氣盒子都是廣義的低成本感測器。

本研究將採取論述分析的研究途徑，結合文獻分析、專家及相關行為者訪談，探討台灣 2013 年至 2022 年空氣汙染治理中發展空品物聯網計畫之政策過程。就政策過程而言，空污治理的發展歷程經歷哪些階段與轉變，才讓環保署開始推動空品物聯網的計畫？就其中的行為者—環保署環境監測及資訊處（簡稱監資處）、各縣市政府、空氣盒子專案推動者—而言，各自原先擁護的價值與目標為何？不同行為者與各自擁護的價值是如何溝通與協調，讓環保署從原本對空氣盒子的高衝突態度轉變到納入重要政策目標？這些行為者在推動空品物聯網計畫後又面臨到什麼樣的影響與衝擊？就政策目標而言，健康的議題曾出現在討論中嗎？2016 年修訂的 AQI 指標的設計正是強調對人體健康的影響，但為何健康議題後續在政策發展中沒得到充分的關注？且少有健康領域的部門或專家學者參與其中？

綜上所述，本研究提出以下三個主要問題，嘗試梳理台灣在空氣汙染治理上的論述結構：

一、有關空氣盒子的論述是如何演進的？？

二、空品物聯網計畫與空氣盒子的互動關係為何？

三、低成本感測器的定位、空污標準及健康議題在政策過程中是如何被詮釋與論述的？



二、 研究目的

回應前述提出的三個問題，本研究有以下三個研究目的：

(一)、梳理空品物聯網的在地發展脈絡

空氣品質微型感測器近來在各國有許多零星的推動計畫，無論是由公民發起或政府布建的感測網路，這些計畫出現的背景各不相同，有些是關注在地社區健康需求、有些是面臨環境與健康不平等的威脅、有些是因為國土範圍廣大需要微型測站補足無國家監測站設立地點的空品資料。而台灣目前尚未有研究進行空品物聯網政策出現的探討，但空品物聯網計畫屬於國家前瞻基礎建設中的重點發展面向，是台灣近年來為數不多的大型、長期、跨部門合作計畫，可能影響未來十幾年台灣科技產業、環境治理、健康促進等多領域之發展。故梳理台灣空品物聯網政策出現的背後脈絡及影響因素有其重要性。

(二)、重新界定技術官僚與公民科學的競合關係

本研究第二個研究目的是釐清空品物聯網政策發展過程中技術官僚與公民科學之間的競合，尤其是競爭的部分。從空氣盒子計畫到發展出空品物聯網政策，這個過程看似是公民科學、公私協力夥伴關係與跨部門合作的成功，但其中的論述與權力競合關係，其實相當複雜。政府部門對空氣盒子的資料校準、維修、數據代表意義等問題仍存有諸多疑慮，並不斷向民眾提出澄清聲明並將空氣盒子定位為環境教育用途，而政府本身則推出微型感測器，強調微型感測器的出廠經過多重檢驗，其數據是可被用來監測即時排放污染源並進行汙染管制與執法的。這

些關於空氣盒子與微型感測器技術層面的爭論以及背後關注的目標的差異，展現了技術官僚與公民科學的競爭關係，甚至權力與資源不對等的議題，並非全是透過公私協力夥伴關係與跨部門合作的理論所能解釋的。



(三)、連結健康議題

發展空品物聯網的政策是台灣空污治理中，一項重大的政策改變，根據《渥太華健康促進憲章》(Ottawa Charter for Health Promotion) 簽署的五項目標來看：訂定健康的公共政策、創造支持性環境、強化社區行動力、發展個人技能、重新定位健康服務。空氣品質問題與人體健康息息相關，而透過微型感測器的設置可以促進社區民眾參與空污治理的議題，並增進民眾對空氣污染的意識與認知，單層政策目標來看，政策制定的本身符合了渥太華憲章的強化社區行動力、發展個人技能的目標、以及訂定健康的公共政策的三個目標。然而在後續政策的推動上卻較少看到健康部門的參與，也少有推動感測資料在健康議題的延伸應用。希望能透過本研究釐清此一問題，嘗試探討影響健康的論述在聲明中出現與否的因素，以及影響目前政策以感測器技術端為主要發展方向的因素。

空品物聯網是推動智慧城市的重要一環，但除了推動應用科技而使城市更宜居的智慧城市此一概念外，健康城市也是現今都市發展重要的目標。Hancock 及 Duhl (1986) 對健康城市的定義：「是一個具有持續創新和改善城市中的物理和社會環境，同時能強化及擴展社區資源，讓社區民眾彼此互動、相互支持，實行所有的生活功能，進而發揮彼此最大潛能的城市」。健康城市中有許多概念與智慧城市的發展不謀而合，因為有技術的創新才有越來越多微型感測器的建置與應用，而建置感測物聯網的同時便是在強化社區資源，並透過感測資料進行污染源管理與環境教育，間接的影響物理與社會環境。若能重新聚焦空品物聯網政策的發展目標，讓其不僅限於技術層面的追求，而能將資料加值與應用於健康議題上，將能夠為社會大眾帶來更多福祉。



第二章、文獻回顧

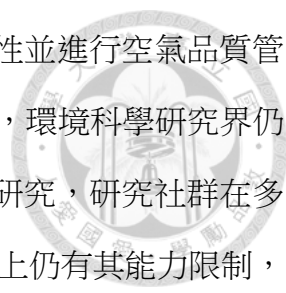


第一節、空污監測的發展

壹、歷史發展

空氣污染的監測往往使用昂貴、複雜但具穩定性的監測儀器，因為監測數據資料具有穩定性才能建立一致且有依據的管制標準。然而這樣的監測方式限制了誰可以成為蒐集空污資料的人，也限制了空污資料為什麼需要被蒐集的理由以及這些資料將被如何被取用的議題 (Snyder et al., 2013)。過去長時間來，空污監測系統的設立，主要是各國政府為了監測大範圍的空氣污染狀況而建立大型監測站，測站資料由政府負責蒐集與管理以作為內部政策規劃之用，或是將數據整理為空氣品質指標的形式公布，近幾十年來才因開放資料的推動而開放監測數據供民眾取用。

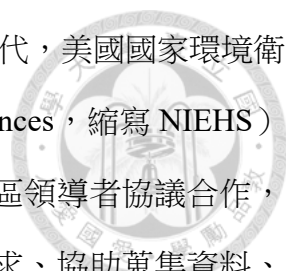
以英國為例，設立空氣品質監測的目標最初也是希望建立全國層級的監測並配合歐洲的監測系統，但從 1990 年代到 2000 年初政策歷經重大的變革。因為在這期間陸續有環境行動家或公民社群針對政府的空氣品質管理政策提出質問：空氣品質指標是否足夠嚴謹？現有的監測系統能否確實地反映出人們真實的暴露情況？所以在 1990 年代中期以後英國幾項空品監測政策架構陸續經過調整。首先，是承認各地區多樣的污染狀況並不能完全適用全國性的指標。其次，是地方政府在維護空氣品質的目標上被賦予更大的責任，並被鼓勵建立地方的監測系統 (Yearly, 2006)。但隨著民眾對環境污染認識的提升，以及監測數據與個人生活經驗之間具有落差的問題仍存在，民眾持續訴求密度更高且具暴露狀況代表性的空氣污染監測系統。此外，空氣污染議題具有高度複雜性，具有關注的污染物質多元、污染來源多元、擴散與流動性難以界定、以及不同物質產生的人體危害性也不同 (Hidy, 2011)。因而，建立更具彈性且細部化的監測計畫，像是地區性監測



計畫與可攜帶式個人暴露監測設備，以應對空氣污染的複雜性並進行空氣品質管理，被視為是重要的發展方向。Mauderly 等人（2010）認為，環境科學研究界仍較缺乏關注不同群體、不同生活方式以及微環境的個人暴露研究，研究社群在多重污染物管理（Multipollutant air quality management）的發展上仍有其能力限制，也尚無法評估多重污染物管理的成效，但這是未來可以發展的研究方向，尤其是空氣污染監測，與其他各式污染模擬模型相較，是重要的空氣污染暴露測量的基礎。而以管制政策的角度來看，建立更密集的監測網路可能有助於政府尋找、確認與監測污染源，將有助於溯源執法。常見判斷污染源有兩種模式：第一種是使用土地利用模式，分析環境因子，嘗試從污染源推估受體。第二種是受體模式，分析化學成分指紋。從受體推估污染源貢獻度，也就是從污染源頭、排放過程、環境濃度、微環境影響、人體暴露到人體吸收及健康影響中間一連串的過程，而微型感測器的優點之一即是在彌補國家測站監測大環境到監測個人暴露之間的落差。

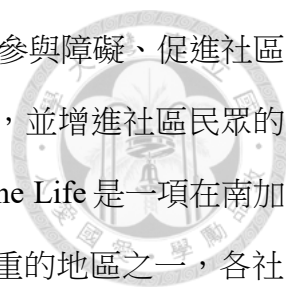
貳、 典範移轉

除卻政府管制層面上的目的，環境不平等問題也是促使民眾與各地社群要求更密集的空污監測網路的原因。雖然歐洲的研究較沒有一致的結論，但在北美、紐西蘭、亞洲與非洲的環境科學研究顯示，低社會經濟地位的社群更可能暴露在較高濃度的空氣污染物當中（Hajat et al., 2015）。由於民眾及學術社群對社區健康的關注提升，在加上公民科學的發展，微型感測器或稱低成本感測器的研發與應用逐漸受到重視。感測器（Sensor）是指單一個感測組件，是相對於大型監測系統（Monitoring system）的概念，低成本則是指感測器的造價、購買價格、維修成本等價格相較於標準測量儀器（reference instrument）較低，但仍會依據感測器的使用者及使用目的而有不同（Kang et al., 2022）。微型感測器的出現，被視為是美國空氣污染治理的一個典範移轉過程（Snyder et al., 2013）。



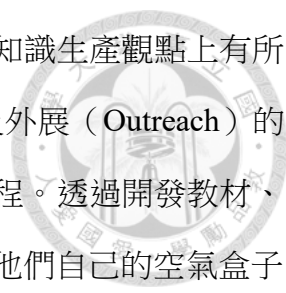
美國健康研究與地方社群的緊密關係可以追溯至 1990 年代，美國國家環境衛生科學研究所（National Institute of Environmental Health Sciences，縮寫 NIEHS）在維吉尼亞州舉辦了健康研究的跨領域研討會，科學家與社區領導者協議合作，希望藉由合作關係讓雙方能夠重視並提高環境健康的研究需求、協助蒐集資料、評估環境暴露、評估健康介入計劃，以期能影響公共政策（Shepard, 2002）。後續發展出了「以社區為基礎的監測系統」（Community Based Monitoring, CBM），社區監測系統具有建立環境民主與社會資本、提升科學素養、讓更多民眾關注當地社區議題、以及為政府節省的時間與金錢成本等多重益處（Conrad & Hilchey, 2011）。

除了 CBM 外，公民科學也是空污治理典範移轉中一個重要的推手。公民科學可以從「參與形式」區分為四種類型：資料蒐集（Data Collection）、資料處理（data processing）、以課程為基礎的專案（Curriculum-based projects）、社區科學（community science）。第一種類型的參與也是民眾對公民科學最常見的想像，是由志願者參與的資料蒐集專案，這些志願者有些可能從來未受過任何專業科學訓練，但這些蒐集而來的資料具有運用在科學研究上的價值。雖然某些公民科學專案是研究者已經有了假設，想透過資料來驗證假設，但更多的專案僅是為了環境監測而蒐集資料。第二種類型的參與是資料處理，雖然並非由參與者親自蒐集資料，但他們能幫忙判斷或檢驗那些龐大到無法由科學家一一親自處理的資訊內容。第三種是以課程為基礎的參與型態，通常是結合既有的教育系統，像是各級學校或是社區大學。第四種類型是社區科學（community science），這種類型的專案常常是以促進公共衛生或自然保育為目的，由當地居民找尋相關領域的科學家尋求協助，希望能藉由資料蒐集與科學發現來增加媒體關注度與社群影響力，提供民眾在地方環境事務上的發聲管道，進而影響政策或當地決策的制訂（Bonney et al., 2016）。



像是 CBM 的社區的行動專案或公民科學，具有可以移除參與障礙、促進社區成員參與，有潛力建立集體責任感（collective responsibility），並增進社區民眾的自我效能感且賦權民眾等優勢（Riley et al., 2021）。A day in the Life 是一項在南加州推行的參與式空氣監測計畫，南加州是美國空氣汙染最嚴重的地區之一，各社區間還面臨空氣汙染不平等問題，有些社區鄰近高速公路或是工業區，但政府設立的監測站無法提供更細緻的居住地與個人層次的空氣品質資訊，故催生了該計畫。這項計畫結合了個人式的空污監測、參與式科學與數位敘事（digital storytelling）、環境健康識能（environmental health literacy）等概念，希望能建立處理地方空氣品質問題的能力。該計畫招募青少年進行空氣汙染資料的蒐集，並鼓勵他們分析資料並採取進一步行動來因應空污問題。該計畫包含四個階段，第一階段是讓參與者了解空氣汙染源以及空氣汙染與健康的關聯，接著是讓參與者了解並發展空污監測以及敘事的技能，下一階段是促進參與者們針對監測結果來進行分析、詮釋與反思，最後則是讓參與者們把監測結果與參與計畫的心得帶回各自的社區分享，透過參與者個人的分享與敘事來增進社區環境健康識能、提升環境警覺（Johnston et al., 2020）。雖然說有許多研究認為增加公民蒐集監測資料的能力就是在增進民眾賦權，但 Ottinger（2010）曾對此觀點提出挑戰，認為如何使監測資料變得有意義，也就是監測資料是如何被詮釋的這點，才是影響賦權程度及賦權形式的重要因素。

台灣接二連三出現的空污公民參與行動，像是中部反空污聯盟、嘉義市社區醫療發展協會與埔里 PM2.5 空污減量自救會等例子，不僅是在表達民眾需要更細膩、更生活化的資訊的訴求，更是在挑戰官方監測數據的解讀方式，為空污問題提供了新的詮釋與界定的可能，這些特色展現了台灣民間推動空污監測行動具有社會運動式公民科學的特質，也就是重視社區需求、以地方知識分子為主要行動者、嘗試運用科學資料與數據來推動社區行動（杜文苓、施佳良，2019）。除了由在地社區推動的空污行動，台灣在空污公民科學發展上還有以科學技術社群為主



導中心所推行的空氣盒子計畫。雖然在主要推動者以及對於知識生產觀點上有所不同，但空氣盒子計畫仍重視涵容性（**Inclusion**）、合作以及外展（**Outreach**）的發展，重視知識共享、建立信任以及與利害關係人合作的過程。透過開發教材、進行教案合作，增進學生對空氣品質議題的理解並製造屬於他們自己的空氣盒子，空氣盒子計畫希冀能創造共享知識的涵容性學習環境（Mahajan et al., 2021）。尤其現今都市計畫及公共衛生的發展越來越重視在地性、公共性及由下而上的研究與決策途徑，公民科學的發展對污染物源頭管理有著正面貢獻（Corburn, 2005）。

第二節、低成本感測器及公民科學的發展

公民參與除了帶來上述的優勢之外，仍有其他疑慮存在。Yearley (2006) 將過去公民參與空氣品質管理的研究區分兩大面向，一種是使用公民會議等形式來檢視官方空品監測模型；另一種是讓地區民眾用他們對當地空氣汙染特徵的認識繪製出各地區的空品地圖。並非所有形式的公民參與都能幫助所有類型的空氣汙染進行問題界定與政策形成，但至少在英國的案例上來看，在地區的空氣品質模型檢測中納入公民參與是具可行性且有實質成效的，透過此途徑政府可以了解監測模型被民眾接受及信任的程度，使用地圖繪製的參與模式反而會讓民眾聚焦在自身產出與政府監測資料間的異同。

Wong 等人 (2018) 的研究則指出，很少有低成本的空氣監測網能夠維持科學嚴謹性，難以長期持續進行公共衛生監測或影響政策。Wong 等人參考協力合作與社區參與的模式，在美國加州帝國郡 (Imperial County) 推動低成本空氣監測計畫，雖然 Wong 等人認為該計畫最終是成功的，且是有賴於社區居民在專案執行中的高參與度，從設計專案、決定監測器設置地點、或公布監測數據，因為民眾的參與而讓監測計畫的數據更能被當地居民了解與信任。但過程非常耗費時間及成本，並使用諸多一般民眾難以取得的技術與儀器進行輔助，一般的公民參與計畫難以取得這些資源與技術。

低成本感測器可能具有降低治理不確定性的優點，像是補足政府監測網的不足，但也可能因為參與者增加而提升治理過程中的模糊性，並且也會影響誰「擁有」或是誰有權利接觸空氣品質相關知識 (Hubbell et al., 2018)。學者將美國空污治理典範移轉中遇到的問題歸納為以下三點：資料品質、資料使用與詮釋、溝通，諸如感測器的穩健性問題、對感測器的評測標準、多重來源的監測資料整合、大眾及政府該如何使用這些資料來促進人體健康皆是常見的問題 (Snyder et al., 2013)。且這三個問題是相互影響的，要有好的資料品質才能進行後續的使用與詮釋，而誰能夠取得、分析、應用這些資料也有賴治理體系中的行動者間的溝通，此外，資料的溝通與詮釋也會連結到

健康促進的議題。而在發展以社區為基礎的監測系統的過程中可能遇到的挑戰除了社區組織的經營問題外，其他兩大挑戰：資料的不恰當蒐集、資料如何使用，也與美國環保署提出的擔憂有高度重疊（Conrad & Hilchey, 2011）。

儘管微型感測器在實驗室的穩定環境中通過檢測，但微型感測器容易受到實際裝設環境的影響，若要確保準確性，需要實地針對每一個裝設的感測器進行校準，微型感測器對政策管制或健康帶來的助益有限（Castell et al., 2017）。台灣在發展空氣盒子計畫的經驗中，在建置微型感測器上常見的挑戰有：一、感測器準確性（Sensor accuracy）問題，包含儀器安裝前的檢驗認證，安裝後的維修。二、系統規模（System scale）不大，由公民發起的草根性運動常面臨到布建規模不大，且參與者有限等問題。三、並非完全的開放系統（Open system），有些計畫可能不是使用開放性硬體、開源碼、開放資料平台，第三方往往難以取得、分享或貢獻資料。四、缺少虛實互動與整合（cyber-physical interaction），建置完善的虛實整合系統不僅可以達到提升民眾環境意識的目的，還能提供長期的監測資料並作為政策制定的依據（Chen et al., 2017）。

除了上述在公民科學及微型感測器技術層面的疑慮，另外微型感測器的布建也可能與不平等議題有關。在美國僅有 19% 的縣市層級設立有官方測站，未設有測站的其他地區仰賴民間推出的空氣汙染監測器來提供空污資訊。然而，出現微型感測器的商品後，有學者認為這是將空污資訊取得的責任部分地轉嫁到了消費者身上，有利於那些能負擔的起空氣盒子的購買、運作、維修等花費的富裕個人或社區，若未能共同且平等地推動空氣盒子的設置，那麼原先想透過公民科技來彌補政府資源分配不均的問題而推出的計畫，即便立意良善卻也只是反映出了環境不平等的情形仍繼續存在，或甚至是加劇了環境不平等的問題（Riley et al., 2021; Grineski, Collins & Mullen, 2022）。此外，Sun、Kahn 及 Zheng（2022）分析加州的 PurpleAir 空氣監測計畫，發現在社經地位較低、PM2.5 濃度較高、弱勢群體比例較高的地方，反而佈建的微型感測器較少，並且是政府出資的計畫才會優先考慮弱勢社區來安裝監測器，顯示出弱勢群體易被忽視的處境。

第三節、健康影響及民眾認知



根據空氣汙染防制法之定義，空氣汙染是指空氣中足以直接或間接妨害國民健康或生活環境之物質。依據型態不同區分為氣狀汙染物（Gaseous pollutants）、粒狀汙染物（Particulate matters）、衍生性汙染物（Secondary pollutants）、有害空氣汙染物、異味汙染物。氣狀汙染物是指以氣體形態存於大氣中之汙染物，如硫氧化物（SO₂ 及 SO₃ 合稱為 SO_x）、一氧化碳（CO）、氮氧化物（NO 及 NO₂ 合稱為 NO_x）、碳氫化合物（C_xH_y）、揮發性有機物（VOCs）...等氣體；粒狀汙染物是由燃料燃燒及工業生產過程所產生之微粒子通稱，包含總懸浮微粒、懸浮微粒、細懸浮微粒、落塵、燻煙、酸霧、油煙等；衍生性汙染物是由前趨物質在大氣中經物理、化學或生物等作用轉化而成，如光化學氧化物、酸霧或硫酸霧等。有害空氣汙染物如氟化物、氯氣（Cl₂）、氨氣（NH₃）、甲醛（HCHO）、含重金屬之氣體...等。

無論是短期或長期的暴露，研究顯示粒狀汙染物與人體健康有顯著相關性，負面影響的範圍包含急性鼻咽炎（acute nasopharyngitis）、呼吸道疾病、心血管疾病、免疫系統疾病，甚至與新生兒高死亡率相關（Manisalidis et al., 2020）。針對 PM_{2.5} 長期暴露的世代研究（cohort study）進行統合分析（meta-analysis）的研究估計，PM_{2.5} 每增加 10 微克/立方公尺（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ），全因死亡率（all-cause mortality，一個時期內因各種原因導致的總死亡）會增加 6%、心血管相關疾病死亡率會增加 11%（Hoek et al., 2013）。另外，世界衛生組織（WHO）轄下國際癌症研究機構（International Agency for Research on Cancer，簡稱 IARC）將室外空氣汙染歸類在第一級致癌物中，有充足的證據顯示暴露在室外空氣汙染中會導致肺癌，也跟罹患膀胱癌的風險有正相關。全球估計由空氣汙染造成的死亡人數約有 6,500 萬人，其中室內空氣汙染佔 2,900 萬人，室外空氣汙染佔了 4,200 萬人，是所有水汙染造成死亡人數的 3.6 倍，更是土壤、重金屬與化學物汙染的 13 倍之多（Landrigan et al., 2018）。另一項研究推估，全球在 2010 年時與臭氧及 PM_{2.5} 有關的過早死亡人數約為 3,300 萬人，其中東南亞地區約有 870 萬人、

亞洲太平洋地區約 1,463 萬人；到 2050 年時全球的過早死亡人數更是提高到 6,572 萬人，東南亞與亞太地區分別佔 2,470 萬人及 2,070 萬人，多數集中在亞洲地區 (Lelieveld et al., 2015)。

提升民眾對空氣污染的認識，可促進民眾進行自我防護行為，以避免空氣污染健康危害。Varaden 等人 (2018) 在倫敦一所約 400 人的小學曾執行個人式空污監測裝備的介入計畫，該研究選擇學校 10 名孩童配戴個人式的監測設備，測量他們在上下學路上的空氣污染暴露狀況，然後讓這 10 名孩童與全校同學分享這些蒐集到的數據，後續透過觀察、訪談與發放問卷調查孩童與家長對空污的感知以及應對方式。研究結果顯示，大部分的受訪者認為有貼近自身經驗且是自己蒐集而來的資料能夠提升他們對空氣污染的警覺並有動機想減少空氣污染的暴露。這個活動甚至啟發家長思考推動步行接送孩童或接送時反怠速等活動。而台灣的研究則顯示民眾對議題的感知、對議題的態度、利他性與重視他人觀感、空污資訊的主動蒐集與分享也都與氣污染防制行為意向有正向相關，而基本人口學變項部分，女性、40 至 59 歲中年族群、教育程度較高、居住在南部等屬性，有較高的空氣污染防制行為意向 (徐美苓, 2019)。另一項在台灣進行的全國性抽樣調查結果則指出，未婚、高中教育程度以及居住在南部地區三個特性是台灣室外空氣污染健康識能相對較低的群體 (黃乙芹等人, 2021)。學者林明瑞和王文君 (2022) 對台灣民眾進行環境污染調適的行為模式進行因果路徑分析，研究建構出四個主要的影響途徑，但都可歸納為這一項因果關係路徑：意識、認知→自我效能、態度→行為，而其中認知也會直接影響行為。故提升民眾的意識與認知是十分重要的，會影響民眾應對環境污染的調適行為。除了提升意識與認知外，能夠取得居住環境附近的 AQI 指數，也可以使不同社會經濟背景的族群更理解 AQI 指數的意義與實際應用，進而促進空氣污染健康防護 (Radisic & Newbold, 2016)。

第四節、論述分析理論途徑



壹、發展背景

論述分析的發展可追溯至傅柯，對傅柯來說，論述的定義是「所有知識訊息之有形或無形的傳遞現象」，而論述分析是在研究聲明（statement），而聲明是一種存在的功能（function of existence）（傅柯，1993）。在論述分析中研究者並非是對論述做評論，而是要去了解論述是如何出現的，對此我們可以透過分析論述的主詞、訴說對象、概念連結（conceptual network）以及使用的策略，來了解聲明如何產生並存在。為什麼聲明會這樣形塑對話的對象？為什麼聲明會讓主體處在這樣的位置？為什麼聲明會涵蓋特定概念，而非其他的？概念是如何組織的？概念是如何與聲明連結的？為什麼選擇這樣的聲明？這些問題都是在討論論述形成時應探討的問題（Andersen，2003）。

在政策研究的分類中，區分為政策內容的研究或政策過程的研究此兩大類，論述分析與倡導聯盟架構（Advocacy Coalition Framework）、制度分析（Institutional Analysis）、斷續均衡理論（Punctuated Equilibrium）同屬於政策過程的分析（Leipold，2019）。而從方法論的角度出發，論述分析屬於後實證主義的範疇。後實證主義途徑主張應使用審議式民主（Deliberative democracy）作為政策分析的方法，在政策問題的認定上，後實證主義認為某一特定問題是由社會價值所建構出來的，也就是所謂的社會建構論，人們難以單純透過數據資料的觀察與分析來了解社會價值在問題上所附加的意涵，因為事物的意義是人為賦予的，每個人觀點的不同皆會影響世界應該被如何解讀（羅清俊，2020）。廣義上來說，論述分析、焦點團體訪談與內容分析法都是具有審議式政策分析精神的研究方法（Clemons and McBeth, 2001）。在審議式政策分析中，誰提出了什麼論證、使用了什麼策略、如何建構其核心信念、與哪些論述主體有競爭關係、如何競爭與應對、如何邊緣化對立方論證等等，皆是政策分析者可以檢視的重點（林子倫、陳亮宇，2015）。在此種分析方式中，政策分析者可能扮演詮釋者（Interpreter）、協調者（Mediator）與溝通促進者（Facilitator）的多重角色（羅清俊，

2020)。



貳、 論述 (Discourse) 的意涵

論述一詞在學界有許多不同的定義，有些學者定義論述為架構 (Frames)，如 Donald Schon 與 Martin Rein；有些定義論述為文字紀錄 (Transcript)；另有些學者定義論述為敘事方式 (Narrative)，關注語言的角色與論述故事，此一類的代表性學者有 Frank Fisher、John Forester、Deborah Stone 和 Emery Roe。儘管用詞與涵義上不盡相同，但他們的共同點都是將論述與日常言談區分開來，依據對論述定義的不同，學者發展出多樣的論述分析理論 (Hajer, 2004；Margo van den Brink and Tamara Metzger, 2006)。

在社會科學中，論述 (Discourse) 可被定義為想法 (Ideas)、概念 (Concepts)、及分類 (Categories) 的一種組合，透過這個組合賦予社會現象特定意涵，且論述是透過一系列可識別的操作來製造與再製的，再者，論述與討論 (Discussion) 的意涵不同，參與者針對某一項討論而提供的貢獻，其所建構出來的一系列概念才可被定義為論述 (Hajer, 2006)。論述分析關注語言扮演的角色，認為知識是人為建構出來的，所以對只有單一面向的聲明抱持懷疑態度，論述分析認為應該將語言與知識視為權力的一種展現面貌 (Feindt, P. H. and Oels, 2005)。

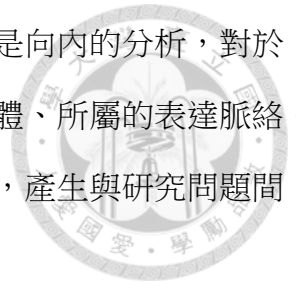
自傅柯提出論述分析的概念後，後續也隨著學者對於論述的定義與角色的不同，發展出分析性論述、批判性論述、說服性論述 (persuasive discourse) 等不同的理論。White (1994) 透過分析知識在理論途徑中扮演的角色、不同理論對政策詮釋的基礎，以及如何推動改變等三項研究問題，比較三種論述理論的異同。分析性論述認為政策分析最重要的目的應在於分享不同行動者的觀點，如何去釐清政策內容與脈絡、詮釋政策過程中的變動、與持有不同觀點的人進行意見交換等都是研究中應關注的焦點，並且分析性論述追求建立有公信力的政策詮釋，非常重視資料蒐集與證據檢驗的嚴謹度。批判性論述理論則偏向哲學導向，認為傳統政策分析過於注重經濟理性，抹滅政治性及價值在方案選擇上的重要性，讓政策選擇變得過於狹隘且為技術官僚所把持，



在政策過程中的權力關係是不對等的，而透過對政策的批判與反思能夠提供一個促進政府與公民對話的機會。說服性論述則是從政治學與組織理論發展而來，重視政策過程、政策改變以及政策分析在政策過程中能扮演的角色，認為政策過程是由知識（Idea）、資訊與政治遊說主導，並且在過程中存在非主流或被忽視的偏好與利益，說服性論述認為透過政策分析可以引入新的知識來促成辯論甚至政策改變，分析者的角色應是新觀點的引入者而非問題解決方案的直接提供者。無論是分析性論述、批判性論述或是說服性論述都強調政策過程中的多元價值與多元訴求，並且認為分析與研究都必須建立在各種正式或非正式的對話與互動的基礎之上。這裡指稱的分析性論述屬於傳統政策分析領域的延伸，認為應以政策導向作為社會科學研究發展的基礎，透過政策研究累積不同議題的相關知識，以促成政策介入來解決社會問題。另外，政策過程是行動者們試圖為自己認定的事實爭取支持的過程，是彼此在爭奪論述霸權（Discursive hegemony）的競爭。在論述競爭的過程中，行動者們對政策問題的舊有理解將可能被改變，並轉而制定新的政策與制度，這個過程也被稱作論述制度化（Discourse institutionalization），是行動者們的權力展現與相互影響（Hajer, 1995；林子倫，2008）。此外，政策推動的過程中會產生並形塑出論述，而且政策本身也是一種論述。這是一個具有不同論述概念層層交疊的複雜過程，解析在政策論述中出現的不同概念的層次性及交互論述性也是釐清政策全貌及主軸的重要探究方向（黃之棟、朱容萱，2021）。

傳統分析政策形成的研究架構最常見的有多元流模型，將政策形成的原因區分為問題流、政策流與政治流三個面向來分析，當此三流匯合時即為政策窗開啟之時。而本篇研究雖沒有直接運用多元流的模型，但仍會參考多元流的分析面項，同時結合論述分析的方式來探討影響空品物聯網政策形成的因素。研究過程中會透過觀察論述主體的論述內容、論述內容的轉變、論述主體對其他人的看法、論述主體的論述內容與其行為的差異或一致性等部分，來分析論述中形成的故事線是什麼？是否出現主導政策發展的論述企業家？論述過程的衝突如何對制度造成影響？同時本研究採用多項政

府文本進行分析，而以論述分析來進行文本分析有兩種做法：一是向內的分析，對於文本內容進行拆解並重組。二是向外的分析，分析作者所屬的群體、所屬的表達脈絡。透過兩種做法挖掘作者在文本背後可能有意或無意地隱藏的意圖，產生與研究問題間的對話空間（江俊宜，2019）。



參、論證式論述分析

較近期的回顧性研究將過去二十年來在環境政策分析研究中運用的論述途徑歸納為三種類型：第一個歸納出的分類，便是從傅柯的論述發展而來，認為所有的社會關係都是權力與知識的交互影響與展現，建構出來的真實其實都只是用來理解權力關係的中介產物而已；第二個分類，重視政治性論證作為行為發生的原因，並且將政策分析作為審議式的具體操作，此類型代表學者如 John Dryzek、Frank Fischer、Maarten Hajer 等人；第三種類型則是從社會語言觀點出發，注重社會結構、權力關係與語言內容的交互影響，代表學者如提出批判性論述分析的 Norman Fairclough (Leipold, 2019)。

論證式論述分析 (Argumentative discourse analysis, 簡稱 ADA) 由學者 Maarten Hajer 提出，Hajer 將論述區分為論述、實作 (Practices) 與意涵 (Meaning) 三個主要分析面向。在 Hajer 的定義中論述是想法 (Ideas)、概念 (Concepts)、及分類 (Categories) 的組合；實作是指論述再製與改變的過程；意涵是指透過論述所賦予社會現象的特定意義。論述、實作與意涵這三項概念並非是彼此獨立的，在研究中我們需要同時關注三者的互動關係。此外，從三項基礎概念延伸出來的觀察重點是位置效應 (Position effect)，也就是其中一方的參與者是如何透過論述與實作來定位另一方的位置、價值與行動 (Hajer, 2004)。與傅柯式論述分析相比，論證式論述分析更加注重政策過程中參與者的交流與影響，論證式論述分析對傅柯式論述分析的首要修正，即是確立論證互動 (Argumentative interaction) 在論述形成中扮演的重要角色，透過對論證互動的研究才得以解釋為何某種論述的建構會在場域中盛行 (Hajer, 1995)。論證式論述分析與倡導聯盟架構同樣關注政策領域或政策次級系統中的聯盟形成與互動，只是兩者對於聯盟的定義有所不同，Sabatier (1988) 認為政策的改變是由於在政策次級系統中的倡議聯盟彼此的競爭與妥協而產生的，倡議聯盟是以是否具有共同信念來做區分，但論證式論述分析是以敘事者的故事情節的不同來為聯盟進行分類。

具體來說，論證式論述分析研究的內容包含隱喻 (Metaphor)、故事情節 (Story line)、論述聯盟 (Discourse coalition) 三個重點，以下將分別論述：



一、隱喻 (Metaphor)

在許多案例中，研究問題是著重了解細節還是了解關聯性並非是全然對立的，而是可以透過研究設計來處理的，要克服這樣的二分思維可以將研究焦點放在象徵性議題 (Emblematic issues) 上，因為觀察政策中的象徵 (Emblem) 會比單純分析政策的細微變動，更能捕捉到政策變動背後其實可能隱含巨大的概念轉變 (Hajer, 2006)。質性研究將更多目光放在事件發生背後的意義之上，尤其是對參與者來說特定事件發生所代表的意義，探求意義也代表著在進行質性研究過程中研究者需要界定研究問題所涉及的概念 (Yin, 2014)。

二、故事情節 (Story line)

故事情節指的是濃縮後的陳述與聲明，總結了參與者在討論中出現的複雜敘事方式。辨識出故事情節可以幫助我們看到人們其實持續地在改變對問題的定義，而非用單一且固定的角度在看待一個問題。一個完整的故事會包含開頭、中段與結尾，但每個人訴說的故事都會有差異，要從論述中重建故事是非常複雜的，這讓敘事者傾向使用簡短的暗示來讓資訊接收者了解故事，他們假定了資訊接收者可以從資訊中完全了解故事全貌，然而實際上雙方的認知是存在落差的 (Hajer, 2006)。在故事情節中，不僅行為者可以透過自身論述來了解他對知識的特定貢獻，也將他自己的偏好融入於知識發展中，同時，故事情節也被視為影響行為者知識產出的因素 (Hajer, 1995)。

三、論述聯盟 (Discourse coalition)

在 Hajer 提出的論述分析中，論述聯盟也是分析的一項重點。有著相似故事線的行為者會被歸類在同一個論述聯盟中，聯盟與聯盟之間往往有著強烈的衝

突與對抗 (Hajer, 2006)。這樣的分類方式能跳脫過往以扮演的角色或利益作為區分的方法，在多元的敘事中辨識出擁護相同價值的個人與群體。但在本研究中，在台灣空污治理議題上並沒有發現有對立的兩大聯盟產生，因而不適用論述聯盟的分析架構。

國內有學者林子倫 (2008) 對台灣自 1992 年至 2008 年以來的氣候變遷政策進行政策論述分析之研究，依據論證式政策分析之架構，分析環境實用主義與氣候行動兩大聯盟之論述，分析面向包含論述內容、運用策略、核心價值、動機與理性等，並根據故事情節的變化將論述演進分為：科學知識論述、能源安全論述、非核家園論述及節能減碳論述四個時期。學者黃之棟與朱容萱 (2021) 透過批判性論述分析的途徑，分析日本文化遺產制度中，雖然嘗試以「故事」為核心連結文化資源，打破以往以「保存」為核心的制度設計，但由於政策鑲嵌在日本國族建構與經濟發展的論述內容中，使得北海道愛奴族的文化看似獲得國家政策重視，但實則更像是「吸納 (Inclusion) 後排除」的政策設計。

另外也有將論證式論述分析運用在核廢料處理、電價調整、蔬食政策發展、農業生產政策之論述制度化等議題的研究 (黃則鳴, 2017; 胡琇霽, 2016; 林千玉, 2019; 江俊宜, 2019)。

論證式論述分析的具體研究步驟可依循 Hajer (2006) 提出的十個流程來進行：

1. 基礎資料蒐集 (desk research)：廣泛搜尋研究領域內的文件、新聞、期刊、各行動者的立場，以建立初步的時序關係，並找出重大影響事件。
2. 俯瞰式訪談 (Helicopter interviews)：訪問 3 至 4 位不同立場的行動者 (actors)，以建立對該議題的大致脈絡與關係連結。在選擇受訪者上，得以他們是否能從不同立場綜觀待研究的領域來做為選擇標準。
3. 文件分析：分析文件以建構概念 (concepts)、想法 (ideas)、分類方式 (categorizations)。這些可以幫助界定討論中的結構化論述，在此階段研究者

能得到事件進展的初步概念，以及論述產物存在的場域。

4. 訪談主要行動者：在上述研究步驟的基礎下，接續訪談政治過程中的主要行動者，這個步驟的訪談除了能讓研究者更了解事件，也能創造更多建立因果關係鍊（**causal chain**）的資訊。例如：他們如何詮釋一個特定事件？藉由這項問題能重構行為者選擇某一立場的論述途徑，也能夠了解認知的轉變是如何發生的。

5. 論證場域（**Site of argumentation**）：搜尋能對論證上的改變（**argumentative exchange**）做出解釋的資料，而不僅是為了重構故事。

6. 分析立場效應（**positioning effects**）：在互動中行動者一方可能無意識地去迫使另一方扮演某些角色，但當受壓迫的一方意識到時也可能會試著去拒絕與改變這個互動模式。

7. 確認關鍵事件：確認關鍵事件的細節以幫助在個案中了解論述的動態變化。

8. 分析論點的實作情況：回頭檢視資料，查看哪些論述可以連結到哪些已經做了的事，確認行為者立場的一致性。

9. 詮釋：從討論、實作的詮釋、重大事件發生的場域中去建構論述的結構，研究者可從中找到在特定的時間區段內主導特定領域的論述秩序。

10. 再次訪問主要行動者：受訪者可協助檢視重構出的論述架構。

肆、小結

論述分析改變了政策研究的方式，人們所說的故事與用語本身即代表了他們的立場、他們與他人互動的關係與回應，或是某種政治現象，論述並不需要再次透過編碼的方式，試圖用所謂的精準的研究方法來尋找其中的行為模式與規律（Hajer，2004）。論述分析的研究可區分為關注社會文化結構與關注語言的使用此兩大取向，而將論述分析運用到環境政策分析時，更為關注社會文化所帶來的影響，目前在環境政策分析中以使用論證式、審議式論述分析以及傅柯分析途徑為主流，過去盛行的研究領域包含生物多樣性、新自由環境主義、自然保育...等，目前仍為主流並持續發展中的領域有森林政策、再生能源政策、氣候治理、公民參與、環境正義...等，2010 年之後興起的新研究領域則有生物經濟、生產與消費系統的轉型（Leipold，2019）。分析論述得以讓我們更加了解爭議內容，不僅是分析那些理性層面的論證內容，而是去分析參與者如何將想論證的理性（Rationality）帶入討論中（Hajer，2006）。面對新興的議題採用既有的理論框架，有時會超越理論框架所能解釋的範疇，而採用論述分析的研究方法可以讓我們跳脫理論框架的限制，從更寬闊的視角來看待議題中出現的每一項討論，進而從這些複雜而交織的論述中梳理出不同利害相關人的視角與價值。

第三章 研究設計



第一節、研究範圍

本研究預期研究範圍為 2013 年至 2022 年台灣空氣汙染治理中有關於空氣盒子應用之論述，研究主體包含中央政府、地方政府、空氣盒子專案參與者以及公共衛生、環境工程與大氣科學等相關領域之專家學者。依據 Hajer (2006) 提出的論述分析步驟，首先進行基礎資料蒐集的工作以界定出台灣空污治理中的重大影響事件，資料蒐集範圍為 2013 年至 2022 年之新聞報導、政府部門的公告與網站內容、環境相關非營利組織的倡議內容，如空氣品質監測網、環境感測物聯網¹、行政院環保署環保新聞專區²、環境資訊中心³...等。

新聞報導部分使用台灣新聞智慧網、自由新聞網及聯合知識庫三個新聞報導資料庫進行搜尋，搜尋關鍵字「空氣盒子」及「空污監測/空氣監測」。在三個資料庫中，空氣盒子相關的報導分別有 94 筆、166 筆、41 筆報導；空污監測相關分別有 79 筆、127 筆、76 筆報導。進行資料蒐集後，本研究從新聞報導及政府公告內容中界定出重大事件及重要行動者如下分述。

壹、重大事件界定

在 2013 年至 2022 年的研究範圍中，本文整理以下四個重大事件發生的時間節點以及相關背景脈絡。

(一)、2012 年增訂 PM2.5 管制標準

¹ 環境感測物聯網官方網站。取自 <https://twiot.epa.gov.tw/>。最後檢閱：2023.02.14。

² 行政院環境保護署環保新聞專區。取自 <https://enews.epa.gov.tw/Page/B514A5023133ED27>。最後檢閱：2023.02.14。

³ 環境資訊中心。取自 <https://e-info.org.tw/taxonomy/term/197>。最後檢閱：2023.02.14。

2012 年環保署參考世界衛生組織的標準，並考量空氣汙染對人體健康之危害，修訂「空氣品質標準」，將 PM2.5 納入台灣空氣品質管制，該次修法增訂 PM2.5 空氣品質標準 24 小時值為 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （微克／立方公尺），並以 2023 年降到年平均 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （微克／立方公尺）為目標。

（二）、2016 年地方政府開始空氣盒子專案

在新聞資料庫中，最早可找到空氣盒子的報導為 2016 年 1 月 14 日「『空氣盒子』上戰場 監測空污」⁴，報導內容提及台北市資訊局將以台北市作為政策試驗場域，與華碩雲端、瑞昱及中研院共同推動空氣盒子專案。在 2016 年 3 月 23 日的報導中，可確定空氣盒子布建的場域為台北市 150 所小學，該專案是為台北市智慧城市發展的一環，並與台北市教育局合作進行環境教育之推廣⁵。嘉義縣也在 2016 年 9 月開始與華碩雲端、研揚科技的空氣盒子專案，並與長庚科大合作編印「面對空氣污染 | 如何自我防護」衛教手冊及摺頁。另一家空氣盒子製造業者——訊舟科技公司，也陸續在 2016 年後半年開始與高雄市、新北市、台南市、新竹市、台中市等地方政府的產官學合作計畫，2017 年 6 月開始與桃園市的合作⁶，空氣盒子專案是由訊舟科技捐贈空氣盒子給政府，政府選址布建，監測資料回傳至中研院的雲端進行數據分析，提供空氣品質監測及未來政策修訂之參考。

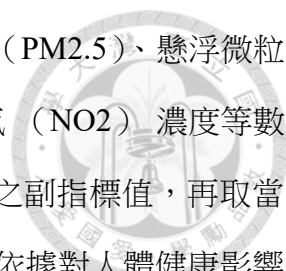
（三）、2016 年整合空氣品質指標（Air Quality Index，簡稱 AQI）

環保署參考美國「國家空氣品質標準」（National Ambient Air Quality Standards, NAAQS）以及 AQI 制度，整合原有的空氣汙染指標 PSI、PM2.5 兩項指標，建立

⁴ 記者何世昌／台北報導（2016/01/14）。「空氣盒子」上戰場 監測空污。自由時報。取自 <https://news.ltn.com.tw/news/local/paper/949042>，最後檢閱：2023.02.17。

⁵ 記者邱奕寧／台北報導（2016/03/23）。空氣盒子測空污 150 校搶頭香 智慧城市論壇登場「生活實驗室」焦點 結合手機 App 隨時可查溫度、濕度與 PM2.5。聯合報，第 B2 版。取自：<https://tnsw-se.infolinker.com.tw/cgi-bin2/Libo.cgi?>，最後檢閱：2023.02.17。

⁶ 記者王憶紅／台北報導（2017/06/20）。訊舟啟動空氣盒子計畫 營收力道增。自由時報。取自 <https://ec.ltn.com.tw/article/paper/1112018>，最後檢閱：2023.02.14。

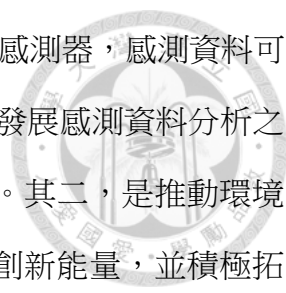


台灣的 AQI 指標制度，指標包含臭氧（O₃）、細懸浮微粒（PM_{2.5}）、懸浮微粒（PM₁₀）、一氧化碳（CO）、二氧化硫（SO₂）及二氧化氮（NO₂）濃度等數值，依據不同汙染物對人體健康影響的不同，換算出汙染物之副指標值，再取當日最大值的副指標作為該測站當日之空氣品質指標值。AQI 依據對人體健康影響程度的不同區分為：良好、普通、對敏感族群不健康、對所有族群不健康、非常不健康、危害此六級⁷，並分別給一般民眾和敏感族群不同的活動建議，如 AQI 在 101-150 此區間，代表「對敏感族群不健康，空氣汙染物可能會對敏感族群的健康造成影響，但是對一般大眾的影響不明顯」，此時給一般民眾的活動建議為：「1. 一般民眾如果有不適，如眼痛，咳嗽或喉嚨痛等，應該考慮減少戶外活動。2. 學生仍可進行戶外活動，但建議減少長時間劇烈運動」；給敏感族群的活動建議為「1. 有心臟、呼吸道及心血管疾病患者、孩童及老年人，建議減少體力消耗活動及戶外活動，必要外出應配戴口罩。2. 具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。」

（四）、2017 年前瞻計畫民生公共物聯網開始執行

民生公共物聯網計畫為前瞻基礎建設之一環，是行政院分別就水資源、地震、空氣品質、災防四類民生議題，結合科技、資訊、通訊發展之數位建設計畫。空氣品質部分，依據 2017 年 01 月 24 日由吳政忠政務委員、張景森政務委員主持會議決議辦理「空品物聯網產業開展計畫」，分別在 2017 年編列 3 億預算、2018 年編列 13 億預算。整個民生公共物聯網計畫後續在 2019 年由當時的科技部（現國家科學及技術委員會）接手，計畫主持人由時任國家災害防救科技中心主任陳宏宇擔任，預定由環保署、交通部、科技部、經濟部、內政部五個部會進行跨部會合作，目標是發展數位經濟與服務業科技創新，預計於 2019 至 2020 年兩年各編列 18 億元的預算，其中預訂 50% 投入環境科技。空品物聯網產業開展計畫目

⁷ 行政院環保署空氣品質監測網，〈空氣品質指標〉。取自：
<https://airtw.epa.gov.tw/cht/Information/Standard/AirQualityIndicator.aspx>。最後檢閱：2023.02.17。



標其一是進行空氣品質物聯網之建置，規劃布建 1 萬 200 點感測器，感測資料可用率提升至 85%，提供民眾即時且在地的空氣品質資料。並發展感測資料分析之能力，以作為後續空氣治理政策及健康效益評估之參考依據。其二，是推動環境物聯感測元件的研發，強化台灣感測器生產相關領域之產業創新能量，並積極拓展相關產業向外國輸出之機會。其三，增加感測元件至校園與社區進行驗證之機會，並藉以推動公民科學與公民參與。

空品物聯網計畫在 2017 年至 2020 年期間已陸續完成感測技術自主研發、驗證及擴大布建；與各地方政府合作並設立空品物聯網可視化平台；量產感測器及建置物連網服務系統等階段性目標⁸。下一階段環保署將在 2021 年至 2024 年期間執行「展開智聯網—跨世代環境治理計畫」，希望在該階段達成數據精準優化、多元感測整合、智慧治理應用與自動化環境管理四大目標。

⁸ 環保署環境感測物聯網計畫目標，取自：<https://twiot.epa.gov.tw/page.html>，最後檢閱：2022.11.14。

貳、重要行動者界定

在進行重大事件界定過程中，從政府公告與新聞報導等內容，可以整理出 2013 年起曾就空氣盒子、空氣盒子與各地政府合作計畫或空品物聯網政策提出相關看法之行動者如表一所示：



表一、重要行動者界定

分類	單位	論述主體
中央政府 (CG)	環保署環境監測及資訊處	時任副處長王嶽斌 ⁹
	衛生福利部國民健康署社區健康組	
地方政府 (L)	台北市資訊局	時任局長李維斌
	台中市環保局	時任局長白智榮 ¹⁰
	新北市教育局	時任局長龔雅雯 ¹¹
	嘉義縣政府綜合規劃處	時任處長李明岳 ¹²
公民社群 (CC)	LASS 環境感測器網路系統	
	台中市原鄉文化協會 ¹³	
	荒野保護協會 ¹⁴	

⁹ 記者歐素美／台中報導（2017/10/25）。加強空污監測！中市將設 500 個空品微型感測器。自由時報。取自：<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/2233304>，最後檢閱：2023.02.17。

¹⁰ 同註腳 9。

¹¹ 記者葉冠妤／新北報導（2016/08/20）。企業捐監測利器 空氣盒子進校園。自由時報。取自：<https://news.ltn.com.tw/news/local/paper/1023550>，最後檢閱：2023.02.17。

¹² 記者林宜樟／嘉縣報導（2016/09/27）。監測空污 嘉縣 180 處設置空氣盒子。自由時報。取自：<https://news.ltn.com.tw/news/local/paper/1036094>，最後檢閱：2023.02.17。

¹³ 記者張菁雅／台中報導（2017/11/08）。空品數據 校園空氣盒子高出測站 2 倍多。自由時報。取自：<https://news.ltn.com.tw/news/local/paper/1149921>，最後檢閱：2023.02.17。

¹⁴ 記者王駿杰／新竹報導（2017/09/29）。竹市推好空氣運動「空品旗、空氣盒子、醫師防護」三箭齊發。自由時報。取自：<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/2208288>，最後檢閱：2023.02.17。

	台灣健康空氣行動聯盟	發起人葉光芄 ¹⁵
	屏東縣環境保護聯盟	
專家學者- 環境 (E)	國立暨南大學資管系	戴榮賦副教授 ¹⁶
	國立交通大學資訊工程學系	王協源教授 ¹⁷
	國立中興大學環境工程學系	盧重興教授
	逢甲大學環境工程與科學學系	梁正中教授
專家學者- 健康 (H)	長庚科技大學慢性疾病暨健康促進 研究中心 ¹⁸	
相關產業 業者 (I)	訊舟科技	黃凱澤總經理 ¹⁹

¹⁵ 記者楊綿傑／台北報導 (2017/07/03)。環署廣設微型監測點 連結分享應落實。自由時報。取自：<https://news.ltn.com.tw/news/life/paper/1115656>，最後檢閱：2023.02.17。

¹⁶ 記者劉濱銓／南投報導 (2017/12/12)。PM2.5 監測「網」即時空污 e 把罩。自由時報。取自：<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/2281264>，最後檢閱：2023.02.17。

¹⁷ 記者吳柏軒／台北報導 (2017/02/23)。校園首創智慧監測網 交大 24 小時監控 PM2.5。自由時報。取自：<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/1984207>，最後檢閱：2023.02.17。

¹⁸ 同註解 12。

¹⁹ 記者洪瑞琴／台南報導 (2016/08/20)。監測空氣品質 台南上空佈 240 台空氣盒子。自由時報。取自：<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/1810464>，最後檢閱：2023.02.17。

第二節、資料蒐集方式



後續將持續進行二手資料蒐集，以新聞報導、政府公告為主，並盡可能找尋相關研討會或會議記錄等內容，若有必要也用單一行為者為搜尋主體，整理在研究時間範圍內的發言紀錄。

另外也將進行兩階段訪談，第一階段為 Hajer 所稱的俯瞰式訪談，訪談重點對象為前一節所界定出的重要行動者，並請受訪者推薦其他重要參與者，以進行滾雪球式訪談。訪談架構將分為：自身價值與立場判斷、界定重大事件、界定參與者、立場變化分析此四大部分。表二為根據主架構設計的訪談題綱。

表二、訪談題綱設計

架構	細部問題
自身價值與立場判斷	認為自己扮演的角色？
	請問您認為空氣盒子/微型感測器的定位為何？
	請問您對於將微型感測器納入感測物聯網有何看法？
界定重大事件	認為有哪些重大事件？
	對 2012 年增訂 PM2.5 管制標準/
	2016 年地方政府開始空氣盒子專案/
	2016 年整合空氣品質指標 (AQI) /
界定參與者與互動關係	2017 年前瞻計畫民生公共物聯網開始執行的了解與看法？
	認為該政策中有哪些參與者？
	認為對方的立場是？
	有哪些機會或場合會互動？有什麼樣的互動？

立場變化分析	(給政府官網介紹及目標) 請問您對目前發展的階段性目標有何看法?
	政策實施前後希望達到什麼樣的目標? (確認中間這幾年的目標或立場或關注重點的變化)
	目前空品物聯網有與哪些機關進行跨部門合作? 未來又有什麼發展空間?
	請問您認為台灣空氣汙染管理未來可能的發展方向為何? 您對未來發展有何期許?

表三所列為本研究訪談對象，在進行完第一階段訪談後，將依據故事情節之不同重新界定行動者之分類分式，並確認在空品物聯網政策中是否形成論述聯盟。後續將接續 Hajer 論述分析的第 5 項至第 9 項步驟，比對目前經由新聞報導所界定出的重大事件，依據行為者的故事情節、價值與信念的轉變，將 2012 年至 2022 年十年間的政策過程區分為不同的論述時期，並整理出各個論述時期的主要論述內容、動機、核心價值、使用的策略。

表三、受訪者列表

分類	編號	訪談日期	任職單位
中央政府	A1	2023.06.08	環保署環境監測及資訊處
	A2	2023.06.08	環保署空氣品質保護及噪音管制處
	A3	2023.06.08	環保署空氣品質保護及噪音管制處
地方政府	B1	2023.07.10	嘉義市環保局空氣及噪音管理科
	B2	2023.07.12	新北市環保局空氣品質維護科

合作單位	C1	2023.06.08	工業技術研究院綠能與環境研究所
	C2	2023.06.08	工業技術研究院綠能與環境研究所
	C3	2023.06.27	中央研究院資訊科學研究所

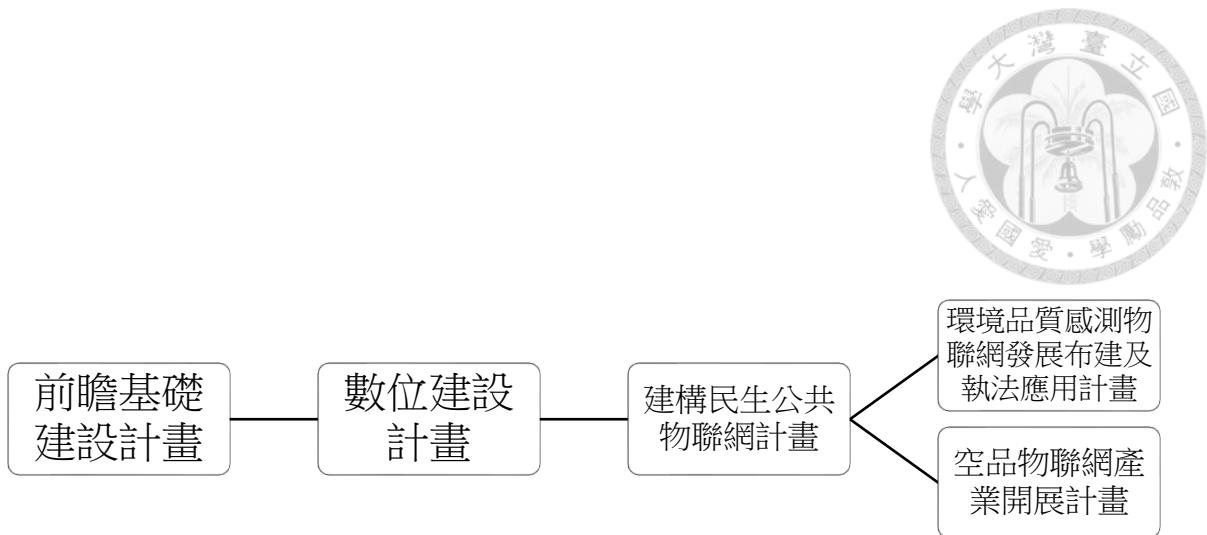
第四章、空品物聯網政策發展歷程



2014 年到 2015 年是此一階段主要是由民間公民科學社群或大學研究團隊推動空氣盒子的研發與運用，如 LASS 社群及暨南大學戴榮賦教授在埔里設置微型感測器的計畫。2016 年到 2017 年間則是有空氣盒子/低成本感測器的業者推動與地方政府的合作與佈建，此一時期的合作也是台灣研究空氣盒子的論文最常探究的階段。台灣以空氣盒子或微型感測器為題目的研究，有多篇研究主題在探討此一時期的合作關係，有從公私協力角度切入 (Chung et al., 2023)，公私協力與群眾外包的角度切入 (戴廷宇，2018)，亦有從大學社會責任與社群協力之角度切入者 (張力亞、戴榮賦與黃資媛，2019)。另外，也有關注政策制定方面的研究，探討空氣品質資料如何影響政府決策制定 (Mahajan et al., 2022)，這些文章的發表者不乏是直接或間接參與空氣盒子專案的相關人士。

行政院環保署也在差不多的時間點開始進行低成本感測器的先導試驗計畫，但卻少有研究論及為何環保署會在同一時間點也開始推動空品物聯網計畫 (見圖一)，或是僅是把空品物聯網計畫視為是 2016 年業者與地方政府合作時期的延伸。但是僅用 2016 年至 2017 年間各地公私協力專案的成功來解釋空品物聯網政策的形成原因，就時間點 (中央的試驗計畫與地方政府的公私協力或智慧城市專案幾乎是同時在進行)、推動者以及推動的規模 (是前瞻計畫的一部份，以特別預算來執行) 來看，可能無法解釋/原因不充分。故有必要回顧當時的時空背景與脈絡、政策參與者以及計畫目標，方能更完整的梳理出空品物聯網政策的形成背景與原因。

本章節主要整理每一年或各階段的目標，在本研究中嘗試重新分類，主要會先以環保署、合辦的地方環保局以及委辦廠商的角度來論述政策內容。彙整的內容主要參考計劃報告書和政府新聞稿，因相關計畫眾多且名稱相似，為避免混淆各計畫執行順序與內容，故整理本研究參考的計畫報告書在以下表四。



圖一、計畫階層示意圖

表四、感測器相關計畫整理



年份	單位	計畫名稱
2016	行政院環境保護署	智慧城市簡易空氣品質感測網資料服務計畫
2017	科技部	建構民生公共物聯網計畫
2017	行政院環境保護署	中部地區空氣品質感測物聯網布建維運及資料服務先導型試驗計畫
2017	行政院環境保護署	智慧城市簡易空氣品質感測網維運及資料服務計畫
2017	中央研究院資訊科學研究所	空品物聯網產業開展計畫-推動校園社區場域布建實證、促進全民參與
2019	科技部	建構民生公共物聯網計畫—執行進度及績效報告
2019	台中市環保局	台中市空氣品質感測物聯網布建計畫
2019	台中市環保局	台中市空氣品質感測物聯網布建計畫-後續擴充
2019	科技部研究計畫	以使用者有感為導向的環境物聯網大數據分析：以PM2.5 為例（3/3）
2020	行政院環保署/工業技術研究院	環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫
2020	台中市環保局	台中市空氣品質感測物聯網進階計畫
2020	科技部研究計畫	以使用者有感為導向的環境物聯網大數據分析：以PM2.5 為例（IV）
2021	行政院環保署/工業技術研究院	環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫
2021	台中市環保局	台中市精進空品感測器物聯網發展計畫

2022	行政院環保署/工業 技術研究院	環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫
2022	行政院環保署	空氣品質暨環境監測科教推廣計畫
2022	嘉義市環保局	嘉義市空氣品質感測物聯網維運及應用計畫

(資料來源：作者整理)

第一節、歷年政策發展



民生公共物聯網計畫圍繞著物聯網此一新興領域而展開，所謂物聯網（Internet of Thing，簡稱 IoT）顧名思義是指實體物品間的互動網路，但這裡指稱的實體物品包含人對人之間的互動網路、人對物品裝置之間的互動網路，以及物品裝置對物品裝置之間的網路（Keyur K Patel & Sunil M Patel，2016）。這些實體物品透過無線網路進行資訊的存取與傳遞，而物聯網中會運用到的裝置大部分指的是感測器（Sensor），無論是動作、聲音或是本篇要討論的空氣品質微型感測器，都能透過無線網路來傳遞大量數據至存取數據的伺服器，藉由物聯網可以進行位置的追蹤、監測以及資料管理（OOSGA 顧問公司，2022）。配合建構物聯網所需的感測器運用，空品物聯網計畫於產業發展部分希望推動感測器元件的國產化，以技術發展帶動相關產業的競爭與創新，以其後續外銷出口感測器。

一、2017 年前：執行試驗計畫，初步定調以工業區為主要佈建地點

2017 年中央政府訂定前瞻基礎建設條例，開始推動前瞻基礎建設計畫，編列 2 階段的 4 年執行計劃，總期程為 8 年。計畫內容涵蓋「軌道建設」、「水環境建設」、「綠能建設」、「數位建設」、「城鄉建設」、「因應少子化友善育兒空間建設」、「食品安全建設」及「人才培育促進就業之建設」等八大建設計畫。「建構民生公共物聯網計畫」為數位建設的推動內容之一，共有七項子計畫：海陸地震聯合觀測計畫、複合式地震速報服務計畫、災害情資產業建置計畫、防救災系統資訊整合計畫、水資源物聯網計畫、環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫以及空品物聯網產業開展計畫，內容涵蓋地震、災防、水資源、空氣品質與資料整合五大面向。

其中，環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫以及空品物聯網產業開展計畫皆由環保署主責執行。依據環境感測物聯網官網的計畫進程與目標²⁰，前瞻計畫第

²⁰ https://twiot.epa.gov.tw/page_2.html#v1 106~113 年建構臺灣空氣品質感測物聯網計畫進程



一期 2017 年至 2020 年分別達成的目標為：2017 年為基礎建置期，感測技術自主化研發、驗證，在台中地區推動示範佈建；2018 年為合作推動期，與地方政府合辦佈建微型感測器，並設立空品物聯網可視化平台；2019 年為全面建置期，跨部會合作推動感測技術自主化研發，並在國外推動試驗性佈點計畫；2020 年為成熟推廣期，成功量產輸出感測器及物聯網系統。

行政院環保署在 2016 年 6 月開始「智慧城市簡易空氣品質感測網資料服務計畫」，委託柏昇企業股份有限公司（現廣域科技股份有限公司），分別在新北市鶯歌區佈建 78 點、桃園市觀音工業區佈建 100 點及高雄市大林蒲社區佈建 22 點，三個地區共佈建 200 點微型感測器。在計畫推動前環保署有向六都環保局徵求佈建計畫，六都所提的佈建需求涵蓋工業區排放監測、人口密集區、交通繁忙地區、室內空品監測、重要國際活動等多元面向。

台北市市內主要污染源為交通汙染，希望能結合微型感測器與既有的車流偵測器，進行車流、車種與空氣品質相關性的分析。另外，民眾空污陳情地點多元，部分位於狹小巷弄內，希望利用微型感測器快速掌握空污熱點，及時處理民眾陳情。以及台北市將迎來世大運此一重要國際賽事，希望作為世大運場館內空氣品質監測之使用。新北市提出建設新莊測站偏南地區的即時空品監測網之計畫，希望能掌握該區 PM_{2.5} 濃度變化趨勢。桃園市提出的佈建地點為觀音工業區，區域內有 64 家粒狀污染物排放量較大的工廠，希望透過微型感測器（原文使用空氣品質監測盒子一詞）的建置，分析區域內 PM_{2.5} 高排放潛勢的污染源，進而規劃 PM_{2.5} 排放減量改善方案。另外也希望掌握工業區周邊敏感受體的 PM_{2.5} 濃度分布。台中市則提出希望佈建於台中世界花卉博覽會展區，及展區所在的后里、豐原、外埔三個行政區的學校及行政機關。台南市提出之佈建計畫是規劃將感測器佈建在台南側站與安南側站周圍的交通要道，以作為推動移動污染源管制策略的參考。高雄市的選址以人口密度及交通繁忙地區為主要考量，以高雄市新興區、苓雅區、鹽埕區、三民區、前金區、小港區、鳳山區及左營區等區域為優先佈建目標。但後續環保署是以試辦計畫需常巡檢為由，決定先選擇北

部地區進行佈建，並且選擇以工業區汙染排放作為應用目標，計劃書中所述理由如下：

工業排放對市民健康有相當大的影響，亦為民眾所關注，地區環保局接獲之民眾投訴亦不少。根據地方環保局表示，在安排工業區稽查時發現不少設備功能不足、設備未有效操作之違法情節，顯示稽查工作經有效監控、防制，可大幅提升稽查工作之有效性。因此建議以工業區監控為主要示範應用。(行政院環保署，2017)

就計劃書所述理由來看是依據工業排放帶來的健康影響、民眾投訴及嚴重的工廠汙染排放情形而決定示範應用以工業區為優先。但查閱當時的徵選計畫，由於其他縣市提出的計畫書內容僅有大略的應用方向，不若桃園市有詳細的布點數量與位置之推估與計算，桃園市當時的微型感測器應用計畫的可執行性，可能影響試驗計劃發展方向。

二、2017 年：建立維運、校正的規則，建構階層式空氣品質監測系統

2017 年 7 月開始進行「中部地區空氣品質感測物聯網布建維運及資料服務先導型試驗計畫」，委託中華電信在台中市布建 511 台微型感測器，其中 240 點為社區感測、153 點為工業區感測以及 93 點為交通感測。2 公里內鄰近工業區的社區感測為 103 點，另有 137 點為非鄰近工業區之社區感測。同年 10 月，環保署也開始執行「智慧城市簡易空氣品質感測網維運及資料服務計畫」，委託柏昇企業股份有限公司執行，持續進行新北市、桃園市及高雄市的 200 點微型感測器的維運。

由於在 2016 年至 2017 年當時的時空背景下，其他各國並沒有有大規模佈建微型感測器的案例，故環保署在一開始先在 6 都局部性推行試驗計畫，對於如何選擇感測器規格？如何設定感測器準確度的標準？如何決定布建的有效密度？如何蒐集並處理感測資料...等問題，在當時皆沒有前例可循。甚至連佈建的高度與位置，都一一試驗，

有許多影響感測器數值或後續維護的因素，可能在實際布點後才會發現，像是感測器被樹木路標廣告遮蔽；感測器安裝太低受交通汙染影響，或周圍有宮廟香爐、汽車廠加油站或餐飲業等污染源；感測器安裝在安全島上或橋上以至後續維護困難等等狀況。考量佈建及維運成本後，建議的布建高度是3-6公尺高，且以路燈燈桿為主要安裝的位置。

最重要的是，環保署透過 2016 年至 2017 年執行的三項計劃，做為中央政府推動微型感測器物聯網的前導研究 (pilot study)，在計畫內容中設計與規劃了未來擴增微型感測器及建置空品物聯網的目標與策略。試驗計畫中提及監測系統的未來目標：其一是提供民眾切身相關的空品資訊，以評估空氣汙染對健康的影響；其二是提供政府執行排放減量與總量管制的資訊，預期透過感測物聯網提高空品資訊的空間解析度，掌握汙染狀況與來源，以及分析汙染時間及趨勢等特徵，協助後續擬定管制對策（行政院環保署，2017；行政院環保署，2018）。2019年的計畫報告書中也是重複提及，空品物聯網計畫目標為「提供民眾更精細空氣品質資訊及有效提升環境稽查成效打造優質生活環境」，以及「精確資訊、精緻預報、即時應變及精進執法」（行政院環保署，2019）。

環保署預期利用微型感測器成本低廉且能密集佈建，建構「階層式空氣品質監測系統」，將空氣品質監測系統依據數據品質、相對成本、佈建數量的差異，作為切分階層的指標，區分為國家測站、地方及工業測站、智慧城鄉空品物聯網、智慧社區或市民裝設之感測器，此四大階層。其中智慧城鄉空品物聯網再依不同的選址考量與原則，區分為工業區感測、社區感測、交通感測、輔助感測、標準測站平行比對感測。

表五、階層式空氣品質監測介紹

	國家級空品監測站	政府微型感測站	民間感測器	校園感測器
監測目的	法規監測	汙染熱區	個人或居家運用	環境教育
儀器原理	Beta射線衰減或慣性質量法	物理光散射原理	物理光散射原理	物理光散射原理
設置高度	10公尺	3公尺	不一	na
空間解析度	10-25公里	100-300公尺	1公里	1公里
時間解析度	1小時	1-3分鐘	1-5分鐘	1-5分鐘
維護頻率	每周、月、季進行維護	每季一次	不確定	不確定
誤差範圍	小於 10%	小於 30%	視機型而定	平均誤差 50%極端可達 100%
校正方式	符合國際認證標準	出廠時統一校正且佈建前至標準測站進行比對	視機型而定	出廠時統一校正

(資料來源：環境感測物聯網公民科學宣導專區—空氣網 4 大類感測器查詢說明圖卡、感測器種類²¹)

另外，2017 年也開始空品物聯網產業開展計畫—子計畫「推動校園社區場域布建實證、促進全民參與」，由中央研究院資訊科學研究所陳伶志研究員主持，計畫目標之

²¹ 環境感測物聯網公民科學宣導專區—空氣網 4 大類感測器查詢說明圖卡、感測器種類
<https://twiot.epa.gov.tw/Citizenscience.html>

一是在全台中小學校園佈建 500 點微型感測器，後來是與新竹市政府、嘉義市環保局、嘉義縣政府綜合規劃處資訊管理科、金門縣教育處以及雲林縣政府合作，在 2017 年 9 月至 11 月期間，於上述縣市內的中小學進行佈建，使用公民社群 Location Aware Sensing System 的 LASS FT 版本感測器、訊舟科技 AirBox 感測器以及計畫主持人團隊研發的 MAPS 感測器。另一個目標是結合公民科學，透過社群網絡的號召，集結民眾的發想與討論，推動創新應用之專案，例如將微型感測器結合無人機、地面移動車輛進行三度空間及移動式的空品測量（陳伶志，2017）。

三、2018 年至 2019 年：與地方環保局合辦，擴大布建規模

2018 年台中市宏全國際集團的偷排廢氣事件，是台灣第一起成功使用微型感測器抓到工廠偷排的指標案例。宏全國際公司是台灣規模最大的飲料瓶蓋與包材印刷製造工廠，在產品製程中會使用油墨及有機溶劑，產生含有甲苯、二甲苯、丁酮、異丙醇等揮發性有機物的廢氣，須依規定裝設廢氣處理設備、定期申報含揮發性有機物的原料使用量並繳納空氣汙染防制費。然而宏全國際公司為了節省成本，短報原料使用量且未依規定運轉廢氣處理設備。2018 年台中市環保局使用微型感測器長期追蹤、蒐集數據並進行數據分析，並與台中地檢署進行聯合查緝行動，查獲宏全違反空氣汙染防制法排放未經處理的廢氣。後續台中市環保局依據查獲資料，向宏全追討 2013 年至 2018 年 5 年的空污防制費，累計金額高達 1 億 2000 萬元²²。環保署推動感測器的目標一直都是監測工廠偷排廢氣，但在宏全偷排事件前沒有稽查成功的案例，讓環保署在

²² Yahoo 新聞. (2019, October 4). 台灣最大保特瓶飲料裝填廠宏全偷排廢氣 環保署重罰 2 千萬元. Yahoo News. <https://tw.news.yahoo.com/%E5%8F%B0%E7%81%A3%E6%9C%80%E5%A4%A7%E4%BF%9D%E7%89%B9%E7%93%B6%E9%A3%B2%E6%96%99%E8%A3%9D%E5%A1%AB%E5%BB%A0%E5%AE%8F%E5%85%A8%E5%81%B7%E6%8E%92%E5%BB%A2%E6%B0%A3-%E7%92%B0%E4%BF%9D%E7%BD%B2%E9%87%8D%E7%BD%B0%E5%8D%83%E8%90%AC%E5%85%83-073336194.html>
自由時報電子報. (2019, October 5). 偷排廢氣 8 年 瓶蓋大王董座起訴—生活—自由時報電子報. <https://news.ltn.com.tw/news/life/paper/1322539>

推動感測器上缺少重要的可應用的證明。但在此次事件後，確立了感測器的利用價值，誠如受訪者所言：



因為它過去，其實我們認為說它都是很守規矩的工廠。...基本上，如果廠商偷排政府就收不到空污費。那對廠商來講，他明明對環境的傷害對環境的影響可能是蠻多的，但是他（因為偷排所以）只要付一點點經費一點點錢，他就達到他應該負的責任。那當然我們認為這是不可以的，所以就把他過去應該繳的空污費把它追回來，追回來真的是重大的意義。因為有這事件的激勵，所以各個環保局就更有信心。（受訪者 A1）

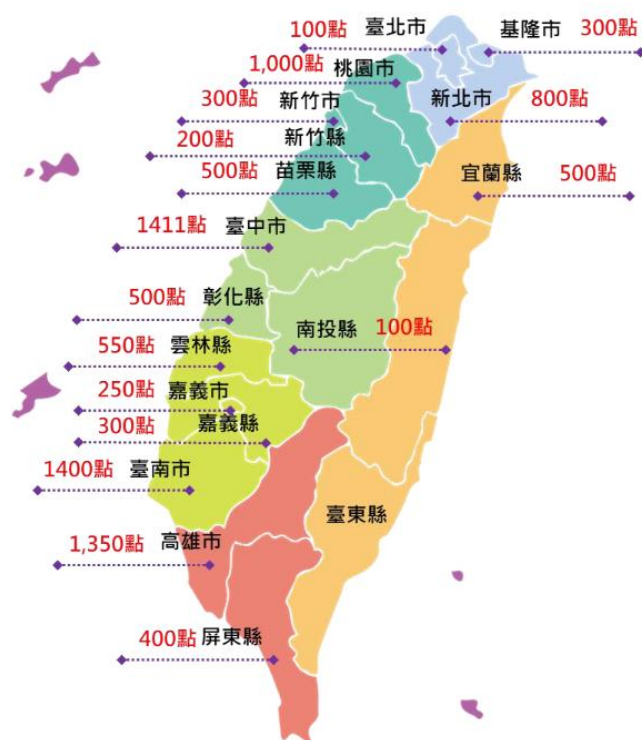
雖然環保署的目標始終是將感測器運用在工業區污染排放的稽查上，但宏全的事件也讓環保署感到震撼。首先，宏全過去並沒有偷排廢氣的紀錄，是以往環保署認為的模範廠商，並非是在監測與稽查上的重點對象。再者，抓到偷排污染表示可能一直以來有短繳空污費的情形，違反環境法上所謂污染者付費（Polluter Pays Principle）的原則，這代表著污染者並沒有負起他排放污染所造成的環境成本與責任，讓原本外部成本內部化的制度設計無法發揮功效。收不到對應的空污費的政府，也無法利用空污費來進行空氣污染防制工作。所以成功稽查宏全偷排廢氣的案例，不僅僅為後續擴大感測器布建的計畫證實了感測器實際應用上的價值，對環保署來說也更有動力發展新技術的應用。

四、2020 年：達成佈建數量目標，中止校園微型感測器計畫

中央政府一開始選擇與公民團體合作，讓兩邊的布建計畫以雙軌制並行，希望能借助彼此的資源與影響力，擴大空氣盒子的佈建場域並盡可能的提升佈建數量。在前瞻計畫第一及二期結束時，感測器佈建數量已達成全台一萬點之佈建目標，並且在應

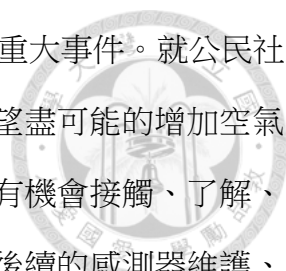
用面上發展與智慧執法結合的使用途徑。

在佈建部分已建置 8700 個微型感測器，涵蓋全台 254 個區級行政區，監測約 7 萬間工廠排放情形，各縣市感測器佈建數量請見下圖二。在智慧執法部分，稽查 297 件違法汙染案件，裁罰金額約 8472 萬元，追繳的空污費達 4 億元。另外，在公民科學部分，於校園佈建 3434 點感測器，由公民自主佈建的點位也有 5753 點。在環境宣導部分，辦理 45 場教育宣導約 3000 人次參與。空品物聯網產業開展計畫，已自主研发 10 種感測器，特別是臭氧、二氧化氮感測器的研發與精進，並完成 19 項技轉，與 7 個國家合作輸出感測器（工業技術研究院，2020）。



圖二、2020 年微型感測器分布數量

（圖片來源：工業技術研究院 109 年度環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫，頁 2-11 圖 2-8）



另外，在 2020 年此階段，還發生了終止校園空氣盒子專案的重大事件。就公民社群的角度來看，因為一開始的目標與政府部門相同，雙方皆是希望盡可能的增加空氣盒子的佈建數量，與此同時推動環境資訊的透明化並讓更多民眾有機會接觸、了解、進而參與環境治理的過程。只是在佈建數量的目標達成後，使得後續的感測器維護、巡檢等工作變成一項需耗費龐大時間、成本及人力的例行事務，中研院的團隊認為校園空氣盒子專案中包含的這些例行事務已脫離中研院進行學術研究的職責範圍，應由政府行政部門接手較為適宜，故在前瞻第二期結束時中研院選擇不繼續校園空氣盒子專案。

校園空氣盒子計畫結束後，環保署改為在校園周邊佈建微型感測器，因為微型感測器需要定期巡檢，環保局人員在每次進出校園時需先取得教育局及學校的同意，程序上需花費較多時間。因而合併校園感測器計畫在原本敏感族群聚集區域的布建計畫中，以微型感測器的監測尺度來看，並不需要直接佈建在校園中便能反映校園受空氣污染的情形。但在推廣環境宣導、環境教育及感測器的民眾參與部分則沒有相應的計畫繼續進行。

最後，在該階段行政院環境保護署也於 2020 年 9 月 24 日公告「空品感測物聯網佈建及數據應用指引」，依據感測器應用目的之不同，訂定不同的分級應用指標。這也是在 2016 年美國 EPA 公布 Air Sensor toolbox 後，全球第一份空氣品質感測器的物聯網佈建指引。在指引中依據數據完整率、相對誤差、相對誤差的標準差、校正公視的決定係數、線性回歸斜率...等指標將感測器分為四個應用等級：Level 1 為輔助測站參考、Level 2 為個人暴露評估、Level 3 為污染熱區鑑別、Level 4 為教育使用。

應用等級	應用領域	數據完整率 (DC)	相對誤差 (Error)	相對誤差的標準差 (STD)	決定係數 (R ²)	線性迴歸斜率 (Slop)	模組間變異 (IMV)	變異係數 (CV)
Level 1	輔助測站參考	>90%	<10%	<10%	>0.90	0.90~1.10	<10%	<10%
Level 2	個人暴露評估	>90%	<15%	<20%	>0.85	0.85~1.15	<10%	<10%
Level 3	污染熱區鑑別	>90%	<25%	<30%	>0.80	0.75~1.25	<10%	<10%
Level 4	教育使用	>60%	<50%	<50%	>0.70	0.50~1.50	<20%	<20%

圖三、PM2.5 感測器分級指標

(資料來源：引用自行政院環保署空品感測物聯網布建及數據應用指引，頁 12)。

五、2021 年至今

前瞻計畫第二期 2021 年至 2024 年的目標為：2021 年進行數據精準優化，「智慧巡檢、校正與分析方法，提升數據品質優化流程」；2022 年推動多元感測整合，「結合感測數據，擴大感測應用，提供生活資訊」；2023 年推廣智慧治理應用，「感測並繪製 3D 污染地圖，提供智慧治理模式」；2024 年研發自動化環境管理，「感測污染管理，分析建構自動化污染管制服務」。

2020 年前瞻第一、二期結束，2021 年至 2024 年的前瞻計畫第三及四期將原本第一階段的「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」與「空品物聯網產業開展計畫」，合併為「民生公共物聯網數據應用及產業開展計畫」，空品物聯網屬於該計畫下的子計畫「智聯網—跨世代環境治理計畫」的一環。計畫目標中與空品物聯網有關的項目為：

1. 優化環境品質感測物聯網體系：
 - a. 最適化規模縮減感測點為 7,000 點；
 - b. 發展智慧應用服務、智慧稽查以及加強推廣民眾在地化環境資訊的應用服務；
 - c. 發展智慧環境管理系統。

2. 強化環境物聯網國產化能量：

- a. 研發「複合長效空品及水質物聯網感測器」；
- b. 發展都市空氣品質 3D 監測及模擬平台。

3. 普及與深化民生公共物聯網資料應用形成生態系（科技部，2021）。



在經歷初期的大規模佈建後，台灣的感測器佈建曾高達 1 萬 2000 多點，不過工研院在空間分析上發現感測器佈建過於密集，會發生多點感測器同時反映同一污染源的測量重疊情況，因此在前瞻三四期的計畫中，追求的最適化布建目標是縮減感測器數量，環保署將此過程稱為物聯網的「精緻化」。另外在感測器的實務運用規劃上，也開始研發及評估移動式感測 MoT、陣列式感測物聯網 AoT 在台灣的應用可能。整體來看，前瞻三四期的發展目標持續以智慧治理為發展主軸（工業技術研究院，2021；工業技術研究院，2022）。

第二節、各縣市微型感測器的運用

空品物聯網計畫於 2018 年開始與各地環保局進行感測器佈建的合辦計畫，在本節中整理感測器實際運用的案例，以台中市、新北市與嘉義市為主。選擇台中市的原因是台中市為試驗計劃的佈建場域，是最早開始佈建以及研究感測器數據該如何應用的地區。選擇新北市是因為新北市也是因為區域內有早期試驗計劃的佈建地點，且新北市工廠多，符合感測器一開始設定的以工業區為監測目標的應用模式。而選擇嘉義市的原因則與新北市相反，因其轄區內少有工廠排放問題，主要汙染以民生活動為主，想了解感測器在嘉義市是否有不同的應用方式。

一、台中市

2017 年 7 月 20 日至 2018 年 12 月 31 日，環保署委託中華電信進行「中部地區空氣品質感測物聯網布建維運及資料服務先導型試驗計畫」。該次試驗計畫共計在台中佈建 511 台微型感測器，進行 2 年的維護運作，並嘗試結合感測器與智慧路燈的運用。計劃書中提到選擇台中市進行試驗計劃是因為台中市為中台灣地區工業發展、交通與運輸的樞紐（環保署，2019）。在 2019 年改由與台中市環保局合辦「台中市空氣品質感測物聯網布建計畫」，此次計畫在台中市擴大布建 151 點工業感測點、76 點交通感測點、110 點社區感測點、5 點輔助感測點以及 8 點測站平比感測點，共增加 350 台微型感測器，達成涵蓋台中全部行政區的目標。這一次選址考量以尚未佈建感測器的工業區為主，同時考量民眾陳情量及污染排放量來設置微型感測器，並且以工業區為中心針對周圍道路與推測可能發生高濃度污染的社區擴增感測器（台中市環保局，2020）。

後續在 2019 年臺中市空氣品質感測物聯網布建計畫-後續擴充以及 2020 年台中市空氣品質感測物聯網進階計畫持續擴大布建規模，台中市微型感測器佈建總數來到 1411 點。此次選址重點以敏感族群聚集區、高人口密度區、工業區及車流熱區為主，由台中市環保局環境檢驗科與空噪科、環保稽查大隊、台中市教育局、台中市衛生局

共同協商布建地點。在擴大布建規模的同時，也積極探尋數據的分析策略與應用方向，像是火警事件、汙染潛勢熱區稽查、開發智慧稽查 APP、大甲媽祖遶境空污分析等。



二、新北市

新北市轄區內具有工廠與住宅區密集交錯的現象，因而在空污治理上關注工廠鄰近社區民眾的健康安全。在執行空品物聯網政策的最初，新北市在規劃市內微型感測器布建位址時，較注重工業區周圍社區的感測器布建。新北市認為空品物聯網一開始的政策目標是將微型感測器運用在智慧稽查上，2019 年當時在樹林柑園地區常有民眾陳情空污案件，故新北市環保局在該地區設置微型感測器，後來在發現微型感測器數值有明顯異常狀況時，即時派出稽查人員至當地用手持偵測器檢測，最後成功在該地家具行工廠後方發現工廠使用噴漆後未經處理排放廢氣，樹林家具行噴漆污染案是新北市第一起成功運用微型感測器查緝空污的案件。

另外，新北市有建置「空氣品質感測物聯網 Smart air 智慧平台」，於平台中除了提供基本的微型感測器佈建地點、監測資料大數據資料庫、監測時間等資料外，新北市還納入氣候特性及區域性環境因子等資料，透過 Smart air 智慧平台可依據不同的區域特性進行分區管理，當區域內感測器出現異常數值時，平台會自動以 Line 推播的方式通知稽查人員，以利即時掌握可疑汙染源（新北市環保局，2022）。據統計新北市於 2021 年透過微型感測器查獲 7 家工廠違規排放，追繳積欠的空氣污染防制費達 2,137 萬元，而在 2022 年透過微型感測器查獲的違規案件高達 97 件，裁罰金額共 747.6 萬元²³。

²³ 行政院環境保護署. 新北市 111 年度空品執行重點成果. Retrieved July 8, 2023, from https://air.epa.gov.tw/EnvTopics/AirQuality_19_detail.aspx?Year=111&Level=1&County=F#Maincontent



圖四、新北市 Smart air 智慧平台示意圖
(圖片來源：新北市環保局²⁴)

除了智慧稽查，新北市後來認為微型感測器具有彌補轄區內大型測站布點密度不足的優勢，微型感測器可以延伸作為小型測站來進行空品的監測。其他感測器的運用主要還是配合新北市空氣污染防制計畫的內容進行輔助。不過新北市環保局認為微型感測器因為技術上的限制，目前較能參考的數據僅有 PM2.5，但民眾陳情案件常是以異味為主，微型感測器目前並沒有包含異味偵測的項目，故在調查民眾陳情案件上能協助的地方目前仍有限。但在 2024 年前瞻計畫結束後，新北市仍會繼續維運微型感測器，且希望能增設到 900 多點，未來增設感測器的目標會以增進民眾健康安全為主。

三、嘉義市

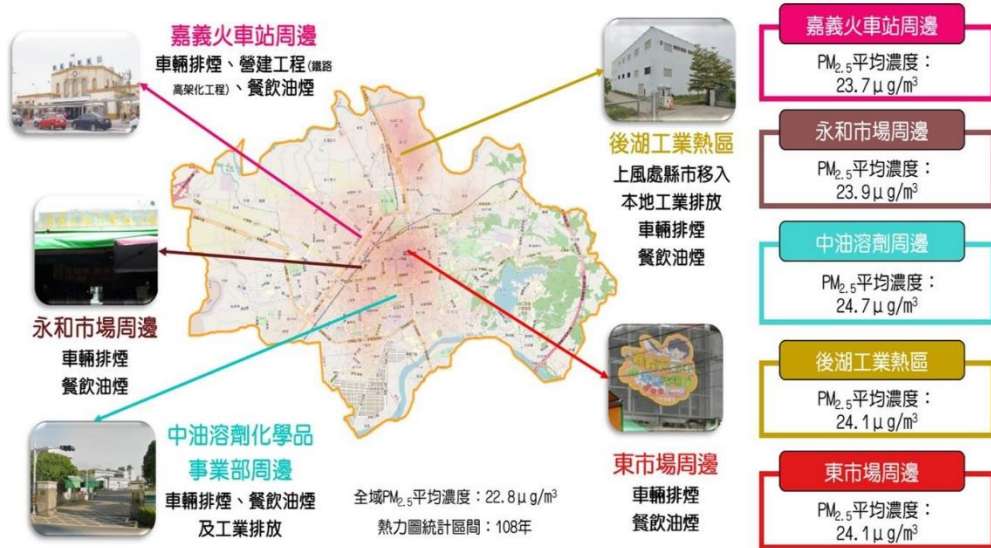
微型感測器的運用雖然依照各縣市對空污治理的目標與需求而有因地制宜設計的

²⁴ 新北市政府(2022, June 21),〈新北 Smart air 空品監測平台 運用智慧科技揪空污 首創結合消防火點感知 掌握火災空污變化〉。新北市政府。取自：
<https://www.ntpc.gov.tw/ch/home.jsp?id=e8ca970cde5c00e1&dataserno=82091920ef1b0d78027cf81527998d94> (最後檢閱：2023.09.17)

空間，不過實際使用上仍以針對工廠污染稽查為主，各縣市之間在應用上的差異性並不大。但嘉義市因其轄區範圍內污染來源有 9 成來自民生活動，市內僅一處工廠密集區，故其空污治理的焦點與其他縣市較不同。

嘉義市自 2018 年開始推動微型空氣品質感測器布建計畫，至 2019 年於嘉義市區共佈建 250 點微型感測器，佈建地點涵蓋工廠、鄰近工廠社區、公害陳情熱區、交通繁忙路口、敏感區位、市場、寺廟及鄰里社區等。截至 2023 年嘉義市在 60 平方公里的範圍之內設有 200 點微型感測器，密度為全國最高。

嘉義市主要運用微型感測器數據來劃設市內污染熱區，透過分析前一年度的污染監測資料，嘉義市在 2019 年與 2021 年分別劃設市內五大污染熱區，分析污染熱區的污染特徵並提出相應的空污治理策略。2019 年時標定的五大污染熱區分別為：後湖工業熱區、中油溶劑化學品事業部周邊、嘉義火車站周邊、永和市場周邊、東市場周邊。在劃定五大熱區後，分別分析各區的主要污染來源為工業及營建排放、車輛排煙或是餐飲油煙，並配合各地特性導入管制措施。2019 年劃設的五大污染熱區的污染情況已陸續改善並結案，故在 2021 年重新劃設新的污染熱區，進行下一輪的管制，此次劃定的污染熱區涵蓋工業區、市場、商圈、交通要道等不同的污染狀況。



圖五、嘉義市 2019 年標定汙染熱區

(圖片來源：嘉義市環保局²⁵)

嘉義市認為微型感測器的運用重點在於數據分析，因為微型感測器能產生龐大的數據，現階段已可透過這些數據去進行污染時段、污染頻率、汙染源頭等污染特徵的分析，但未來還能從數據分析中發現什麼有助於空汙管制與空品治理的影響因素，將會是微型感測器能帶來的龐大效益。

²⁵ 嘉義市政府環境保護局(2019)，〈智慧城市再升級，嘉義市運用物聯網科技守護環境〉。嘉義市政府環境保護局。取自：https://epb.chiayi.gov.tw/News_Content.aspx?n=4116&s=583014(最後檢閱：2023.09.17)

第五章、論述內容與分析



空品物聯網政策形成的原因及政策欲達到的目標其實是一體兩面的說法，政策是為了達成某項特定目標或解決某項特定問題產生的需求，故設計了政策方案希望能處理這些目標及需求。空品物聯網政策形成的目標主要有三：推動物聯網產業發展、應用於智慧稽查以及應對民眾需求對於資訊取得及健康環境的需求。不同參與者對於政策目標會有不同的重要性排序，本章第一節會依據參與者目標的不同將參與者區分為兩大論述聯盟，這些論述內容是推動政策形成的核心價值所在，參考第四章一開始的計畫階層示意圖，並將各個階層對應到的不同主管機關及參與者所列出。本章第二節透過比對過往新聞及研究中提及的空污治理需求與目前空品物聯網政策設計上的不同，分析該政策設計在資訊及健康兩大民眾訴求上與實際民眾需求之落差。



第一節、論述聯盟

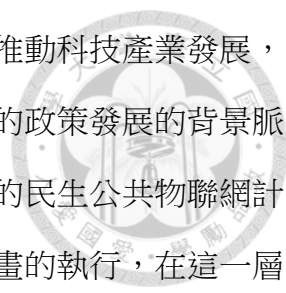
空品物聯網政策形成的原因圍繞著三項目標，推動產業發展、稽查應用與應對民眾需求對於資訊取得及健康環境的需求。第一個聯盟是以推動產業發展及智慧稽查為核心的技術發展聯盟，關注污染源頭的系統性改善，這個聯盟的參與者有科技會報、行政院環保署、工研院。第二個聯盟是注重技術能如何處理民眾需求賦予民眾權力（Empowerment）的公民賦權聯盟，這個聯盟的參與者有 2016~2017 時的各縣市政府、LASS 社群、中研院。各縣市環保局在此較像是兩個聯盟的試驗場域，不同時期在不同縣市因為與不同聯盟的參與者合作而會呈現不一樣的取向。在 2017 年至 2020 年間前瞻計畫內容曾同時進行智慧城鄉感測網以及校園感測器的計畫，不過在 2020 年時中止了校園感測器計畫。

表六、論述聯盟分類

聯盟分類	參與者	目標
技術發展聯盟	科技會報	產業發展、IoT、民眾需求
	環保署	IoT、稽查、民眾需求
公民賦權聯盟	地方政府	民眾需求
	LASS、公民社群	創客教育、民眾賦權
	中研院	科技創新、民眾賦權

（資料來源：作者整理）

本研究在有蒐集到資料的範圍內歸納每一層級的參與者與目標。第一層是與國家



總體發展有關，以總統、執政黨、行政院為主要參與者，目標是推動科技產業發展，具體內容落實在前瞻基礎建設計畫中。但這一層屬於第四章整理的政策發展的背景脈絡，在後面的分析中不會特別再提及。第二層是前瞻基礎建設中的民生公共物聯網計畫，主要由吳政忠政委、科技會報主導，另有多個部會參與子計畫的執行，在這一層級中，在原本的科技產業發展額外再加上了「民生」二字，希望產業的發展與物聯網的佈建能夠解決民眾生活問題。只是到了再下一層級，兩項與空品物聯網相關的計畫一佈建與產業發展，雖然在計畫書中都有提及目標之一是為了提供民眾空品資訊，甚至提及想推動公民參與，但後續執行上內容涵蓋多元，有汙染熱點分析、汙染管制、大數據蒐集、感測器研發、感測器校正與維運等內容，但實際與民眾有直接相關的部分不多。對主責的環保署監資處來說，後續發展目標並不只限於空品感測器本身的發展，而是將重點放在物聯網及其他科技與數據運用層面。而到了最後實際運用感測器的各地環保局，承辦單位理解到的內容大多是感測器的計劃本身即是為了監測工業區排放而佈建，而他們只是配合中央進行一定數量的感測器選址與佈建，後續該如何運用則是一步一步的在摸索。



一、技術發展聯盟：

建構民生公共物聯網計畫為跨部會計畫，參與部會涵蓋環保署、交通部、科技部、經濟部、內政部、中研院。建構民生公共物聯網計畫由吳政忠政委及行政院科技會報主導。底下的子計畫環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫是由環保署主導，空品物聯網產業開展計畫則由科技部主導。

(一)、科技會報

當時推動民生公共物聯網政策的主要人物是行政院吳政忠政委，吳政忠政委是將物聯網計畫連結到民生需求的關鍵人物。在 2017 年 01 月 24 日由吳政忠政務委員、張景森政務委員主持會議決議辦理建構民生公共物聯網計畫以及物聯網產業開展計畫，並在 2019 年後由當時的科技部（現國家科學及技術委員會）國家災害防救科技中心接手，主要與環保署、交通部、科技部、經濟部、內政部五個部會進行跨部會合作。計畫目標其一是進行空氣品質物聯網之建置，規劃布建 1 萬 200 點感測器，感測資料可用率提升至 85%，提供民眾即時且在地的空氣品質資料。並發展感測資料分析之能力，以作為後續空氣治理政策及健康效益評估之參考依據。其二，是推動環境物聯感測元件的研發，強化台灣感測器生產相關領域之產業創新能量，並積極拓展相關產業向外國輸出之機會。其三，是配合校園空氣盒子專案，增加感測元件至校園與社區進行驗證之機會，並藉以推動公民科學與公民參與。

雖然物聯網是屬於前瞻計畫中的數位建設部分，主要以科技與產業發展為導向，但吳政忠政委認為將科技運用在民生需求也是重要的國家施政項目，而台灣空污、地震、水災頻傳，如何利用物聯網的新技術改善生活環境是重要的挑戰，若能成功發展技術解決這些民生問題，那麼後續自然有將技術發展成產業、甚至外銷輸出的可能。

台灣未來的創新，要從「內需」著手，藉由改善人民生活環境，發展成技術，最後變成產業。．．．而前瞻基礎建設一數位建設項目下的「民生公共物聯網」，

背後就有很多科學技術可以發展。而台灣也是一個很好的試驗場域，當台灣市場成熟了，若能將這些創新應用方案進一步輸出到其他國家，也能增加「外需」，改善台灣低薪問題。(吳馥馨／台北報導，2018)



那然後同時間還有水啊地震啊，就很多類似物聯網，因為那時候剛好就是自造者 maker 的那個風潮起來，所以很多這種物聯網的小東西都出來了...吳政忠政委他看了看就覺得這些東西（水空地災）應該要都在一起，因為他全部都是物聯網，然後全部都是有點是顛覆性的東西，就是新的技術在顛覆舊的整個體系，所以他就把這全部都放在一起，就說水空地災四大面向，民生公共物聯網就出來了...那時候又多做了一件事情就是說，不要只是放眼在布建，應該是要把整個製作的過程、整個物聯網的生態系，就是要紮根在台灣。因為那時候主要的元件，最賺錢的元件都是國外的，而且是對岸的，所以就同時就有產業發展計畫，要把物聯網的產業整個帶起來（受訪者 C3）。

在物聯網在建構過程中，感測器本身也十分重要，因為要仰賴感測器蒐集大量數據。2014 年當時台灣投入感測器生產的公司數量在全球居冠，但是多數企業位在生產的初階階段，以仿製國外產品為主，創新研發及市場開拓能力有限，難以形成具國際競爭力的產業鏈（譚義平，2014）。甚至當時台灣的感測器元件主要從中國及美國進口，如何強化台灣感測器及物聯網的產業競爭力是當時面臨到的一大問題。

現階段環境品質感測設備價格偏高且大多由國外進口感測器，關鍵零組件倚賴進口且無法因應國內環域之情境進行調整，經依據先前建置空氣品質感測器之經驗，將國產化、精準化、微型化、節能化、經濟化列為首要目標（行政院環保署，2019）

2016 年總統大選時蔡英文總統的競選政見之一為推動「亞洲矽谷」、「智慧機械」、「綠能科技」、「生技醫藥」及「國防」五大產業創新計劃。其中亞洲矽谷計劃希望能為台灣建構一個以研發為基礎的創新創業生態體系，尤其著重在物聯網相關產業的研發與創新。希望能讓台灣成為物聯網智慧研發中心與應用試驗場域，進行物聯網產業相關軟硬體設備的創新與整合，並以台灣的經驗為基礎促成產品出口或國外合作機會。在蔡英文總統上任後，提出前瞻基礎建設計畫其中關於數位建設的部分，也是與亞洲矽谷的產業創新計劃互相呼應，希望能強化感測器產業的創新研發能力，並據此發展物聯網相關產業鏈。民生公共物聯網計畫便是在此背景下誕生。

（二）、環保署環境監測及資訊處

技術發展聯盟另一個主要參與者是環保署環境監測及資訊處。監資處在 2016 年時開始進行微型感測器的試驗計劃，與空氣盒子計畫開始時間差不多，但內部開始規劃時間是早於計畫開始執行的時間點，約在 2015 年左右就有內部的討論。根據受訪者的回憶內容，環保署會開始留意空氣盒子是因為看到了民間社群或中研院發起的活動，並開始評估若能將該技術廣布在全台各地，那麼蒐集來的大量資料可能有助於應用在環境治理的分析上。

那一開始這種空品物聯網最早是在民間，包括一些研究單位他們發起的。……那這樣的數據就結合那時候 AI 大數據分析的興起，有數據有 AI 大數據分析其實它都是物聯網的架構。那在民間跟研究單位認為說：『用這樣的資料可以輔助，不管是在民間或政府應該是有一些新興的地方可以應用』。所以一開始你講的重要事情（影響物聯網政策的推動）應該就是民間跟研究單位的發起（受訪者 A1）。

我們大概有知道說那時候中研院有在推廣空氣盒子這個東西。但是因為他畢竟像

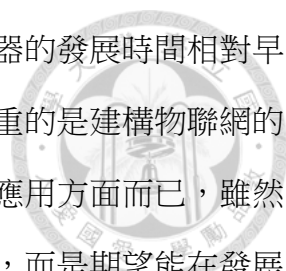
跟我們感測器還是有差，不過其實這樣講也不太對，老實說感測器其實就算是空氣盒子演變過來的東西。...不過我覺得就是因為有這樣子的東西出來，中央知道說我可以去廣佈這些東西（受訪者 B2）。



環保署的試驗計劃可以說是受到民間技術與力量所驅動。與同時期的空氣盒子計畫相比，環保署的試驗計劃佈建的規模皆不大，環保署一開始在新北市、桃園市、高雄市三地合計共佈建 200 點，但空氣盒子計畫在單一縣市就佈建了 200~300 點。環保署（2018）在計畫報告書中提到，微型感測器的設計、規劃、維護運作的專業程度、建置規模及品質維護，都是影響物聯網系統成功與否的重要因素。物聯網系統仰賴的是大數據蒐集與分析，因而數據的質與量，都是十分重要的關鍵。而受訪者也提到，要能夠確認微型感測器數據的可靠度才有辦法進行之後的延伸應用，故環保署一開始採取的策略是先小規模佈建，在實地試驗的同時逐步摸索並建立感測器維護運作與數據品質維護的相關 SOP 與指標。就環保署的立場來看，在尚無法確認數據可用性之前，就推動大規模的空氣盒子佈建計畫，其實並無法符合公部門應用這些數據的需求，反而容易引發爭議。

那這個 Sensor 一開始它雖然能夠測數據，但是不知道到底它多準？它的誤差是怎麼樣？所以我們在推動這個一開始不是只要產生數據，之後我們要了解說數據如果以公共來做，它必須要告訴你，比如說民眾或其他人，他看到這個數據他的可靠性有多少？那這樣子的話數據才有它的後續應用。那一個數據如果它有準確度你就知道它適合在什麼地方，所以我們在規劃這個同時也把數據的準確度都規劃在裡面（受訪者 A1）。

整個民生物聯網計畫的發展脈絡是先有發展物聯網的企圖，然後看到在環保署內



部有感測器的試驗計劃，認為能夠相互搭配。尤其空品微型感測器的發展時間相對早且有與地方政府合作的案例。綜觀計畫書內容，技術發展聯盟注重的是建構物聯網的經驗，微型感測器僅是他們選中的其中一項能配合發展物聯網的應用方面而已，雖然在計畫目標中有提到希望能處理民生需求，但並非主要計畫目標，而是期望能在發展技術的過程中看能否順道解決。環保署雖然承認測站密度不符合需求的狀況，但同時也認為空氣盒子因為沒有明確的校正與維護原則，數值容易引發爭議，故在這條故事線中聯盟參與者的目標是為微型感測器建立制度、劃分微型感測器與空氣盒子的不同、排除爭議並爭取民眾信任。



二、公民賦權聯盟

在公民賦權聯盟中，中研院、2016-2017 年各地方政府及 LASS 社群為主要論述主體，他們認為推動空氣盒子計畫能幫助民眾獲取空品資訊，彌補測站密度不符合需求的問題，這條故事線具有多元目標，推動政策擴散、民眾參與、環境教育、提升民眾知的權利、民眾賦權。

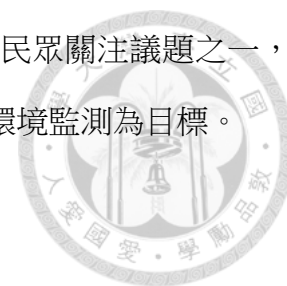
(一)、LASS 社群

LASS 開源公益環境感測網路社群帶起的自造者運動 (Maker Movement)，自造者的概念是認為民眾可以透過動手實際做來參與並改造社會，而各式的感測器包含空氣盒子便是可以實現自造者概念的媒介。低成本感測器在國外已發展數年，LASS 社群從國外進口感測器元件並進行組裝及推廣。LASS 開源公益環境感測網路社群在 Facebook 社群上的簡介：「點一下，就可以看到環境狀態在地圖上顯示出來，可選各種資料，在大範圍的地區。這要多少種感測器？如何部署？系統如何整合？多少錢？難道真的是夢？五年前是，但在自造者時代，這不是夢。這就是 LASS 要做的事情。」LASS 的目標不僅是讓自造者有能力組裝單一個別的感測器，建構環境感測器網路系統架構以及開放感測器監測資料給大眾也都是 LASS 的目標。LASS 初期以工作坊來推廣空氣盒子，後來在 2016 年至 2017 年間與中研院陳伶志研究員開始跟各地方政府的合作計畫。

(二)、2016~2017 年訊舟科技與六都合作案：與多元領域結合

2016 年至 2017 年這波的合作計劃主要由中研院與空氣盒子製造商訊舟科技主導，先後與台北市、高雄市、新北市、台南市、台中市、桃園市、新竹市合作，各縣市參與的局處、合作對象以及著重的發展內容都不同。詳細合作資訊請見下表八。六都空氣盒子合作案，主要由訊舟科技捐贈空氣盒子，中研院提供技術協助，訊舟科技起初也是想投入物聯網領域，因為看到 LASS 社群的專案認為規模及成效皆有繼續發展的

可能，具有廣域布建的特性、能夠永續的經營、且空污議題也是民眾關注議題之一，因而訊舟科技決定投入空氣盒子的佈建，初期是以環境教育而非環境監測為目標。

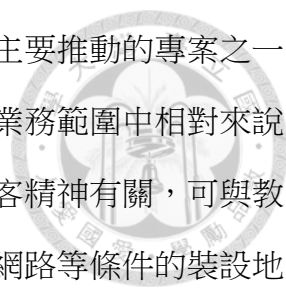


表七、2016年至2017年空氣盒子計畫彙整

縣市	計畫開始日期	參與局處	合作對象	布建點數
台北市	2016.03.22	資訊局、教育局、環保局	中研院、訊舟科技、瑞昱、華碩	300
高雄市	2016.07.27	教育局、環保局	中研院、訊舟科技	242
新北市	2016.08.19	教育局	中研院、訊舟科技	298
台南市	2016.08.30	教育局、環保局	中研院、訊舟科技	240
嘉義縣	2016.09.27	市府綜合規劃處	華碩雲端、研揚科技、長庚科大慢性疾病暨健康促進研究中心	180
台中市	2017.01	教育局	中研院、訊舟科技	232
桃園市	2017.06.20	教育局	中研院、訊舟科技	235
新竹市	2017.09.29	環保局	中研院、訊舟科技、新竹市醫師公會、荒野保護協會	45

(資料來源：作者整理)

空氣盒子計畫最早由台北市開始推動，時任台北市資訊局長李維斌想推廣智慧城市 (Smart City) 的概念及實際運用，其認為資訊局可以是政府部門與民間溝通的橋樑，



希望資訊局能結合公民的創意與政府資源，而空氣盒子正是當時主要推動的專案之一。當時將空氣盒子定位在環境教育的用途，認為這樣的定位環保局業務範圍中相對來說較好切入合作的一塊。另外，除了環境教育外，空氣盒子也與創客精神有關，可與教育局合作在中小學推廣創客教育。如此一來既能找到符合有電有網路等條件的裝設地點，也能由中小學教師來進行後續的維護。後來，台北市資訊局還與體育局合作，若公園內附近的空氣盒子偵測到空品不良時，會透過路燈變色的警示功能提醒市民，並鼓勵市民至運動中心內運動²⁶。在台北市推動計畫後，其他縣市也陸續展開空氣盒子計畫，只是各縣市主要負責以及參與的局處各有不同，新北市、桃園市及台中市是由教育局負責推動，新竹市由環保局負責，台北市是資訊局，嘉義縣是市府綜合規劃處。另外，也有其他公民團體參與其中，像嘉義縣與新竹市在推動計畫的同時也找了長庚科大、醫師公會、荒野保護協會等團體，協助進行空污個人防護與健康的宣導。

下表九整理了 2016 年至 2017 年間各縣市首長、參與計畫的相關局處、業者的論述內容。多數論述主體對於空氣盒子計畫持正面態度，且認為空氣盒子可以與智慧城市、研究分析、環境教育、創客精神、公民意識、健康防護等其他領域相結合，帶來多元的應用模式與效益。

合作計畫設置空氣盒子的主要場域在小學，空氣盒子業者訊舟科技認為小學廣泛且均勻分布的特性能在設置空氣盒子時不會集中在特定地區，獲得更有參考性的整體空污監測資訊。並且設置在小學同時也能透過與學校教師合作，進行環境、科技與資訊教育。另外，整理各論述縣市首長或參與局處的發言內容，可以看到論述內容著重在民眾環境意識，在描述空氣盒子計畫的特色與優點時，會強調生活性、即時性以及資訊取得的方式。強調生活性的內容，像是提醒民眾在看到 PM2.5 濃度升高時可以戴口罩、搭乘大眾運輸、減少戶外活動...等。民眾可以透過手機 APP 即時查看周圍環境數據也是空氣盒子計畫強調的特色。

²⁶ Haopeng. (2017, April 14). 台北市資訊局長李維斌談台北怎麼打造智慧城市：空氣盒子、VR 虛擬實境還原 1921 年大稻埕. T 客邦. <http://www.techbang.com/posts/50486-taipei-city-information-director-liwa-ibin-on-how-to-build-smart-city-in-taipei-air-box-vr-virtual-reality-restore-1921-year-old-rice-cheng>



表八、空氣盒子計畫論述內容

日期	論述主體	論述內容
2016.03.23	台北市長柯文哲	<ul style="list-style-type: none">◆ 將北市打造為「生活實驗室」◆ 將藉著「空氣盒子」感應器監控空氣品質、PM2.5 數據，追蹤污染源
2016.07.27	高雄市長陳菊	<ul style="list-style-type: none">◆ 空氣盒子計畫可透過監測科技與大數據分析，讓市民即時了解空氣品質◆ 做為市府因應空污防制措施參考◆ 空氣盒子計畫是智慧城市的體現
2016.07.27	訊舟科技	<ul style="list-style-type: none">◆ 選擇國小建置因國小分布區域廣泛，能讓整體監測數據更有參考性◆ 具教育宣導作用◆ 做為空氣污染相關研究使用
2016.07.27	高雄市環保局	<ul style="list-style-type: none">◆ 一般市民可透過手機下載 App，了解空氣盒子監測情況◆ PM2.5 數值較高時，可立刻以戴口罩、搭乘大眾運輸工具等方式，避免暴露在污染空氣中，減少風險。
2016.08.20	新北市長朱立倫	<ul style="list-style-type: none">◆ 利用空氣盒子，將新北市學校打造成空氣品質的微型監測基地，隨時監控校園及周遭社區溫度、濕度及 PM2.5 的變化，提供民眾即時資訊，作為戶外活動參考。◆ 民眾透過 APP，就能隨時查閱監測所得的大數據，對社區民眾、校園師生、通勤民眾，甚至環保單位進行研究，都很有幫助。
2016.08.20	新北市教育局長龔	<ul style="list-style-type: none">◆ 未來教育局也將以「空氣盒子」的數據為參考依據，積極

	雅雯	研發融入各領域的教學活動或教具，讓學校教育及研究活動，以學生在地生活為出發點，共同關心周遭環境的變化
2016.08.30	台南市政府秘書長 李孟諺	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 建置雲端平台與後續大數據分析，透過產官學三方合作，共同重視環保 ◆ 市民可透過空氣盒子來查詢全市空氣品質情況，或透過訊舟科技開發的手機 APP 來觀看週遭的空氣品質數值。
2016.08.30	訊舟科技總經理黃 凱澤	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 將與中研院持續監控與分析這些大數據，一起改善台灣的空氣品質 ◆ 同時具環境與資訊教育，喚醒公民關心自身生活空氣品質的意識
2016.08.30	中研院陳伶志研究 員	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 民間社區向善力量大，透過社群合作改善環境之外，也把相關運用的創客精神影響下一代。
2016.08.30	台南市環保局	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 對於小尺度地域性空品資料卻很缺乏，空氣盒子微型監測器正可補足這方面資料 ◆ 未來環保局也會整合環保署測站、空氣盒子的資料，提供更完善的 PM2.5 開放資料供民眾使用。
2016.09.27	嘉義縣長張花冠	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 設置空氣盒子，監測空氣品質，蒐集數據進行研究 ◆ 與長庚科大編印「面對空氣污染 如何自我防護」手冊及摺頁，提供民眾防護策略及檢核表
2016.09.27	嘉義縣政府綜合規 劃處處長李明岳	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 雲嘉嘉平台會議中，縣府提出「區域空污防制」概念，經與科技公司合作，獲得免費提供建置空氣盒子
2017.06.20	桃園市長鄭文燦	<ul style="list-style-type: none"> ◆ PM2.5 已成為空污議題的重要名詞 ◆ 肯定訊舟科技利用物聯網 (IoT) 技術進行環境監測，不但提高民眾的環境意識，也提升居民的生活品質

		<ul style="list-style-type: none"> ◆ 推廣「EdiGreen」手機 APP，讓監測數據發揮最大效果。
2017.09.12	台北市資訊局	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 環保署在台北市僅設 11 個監測站，為彌補官方監測站不足，資訊局推動智慧城市空氣盒子實驗場域服務

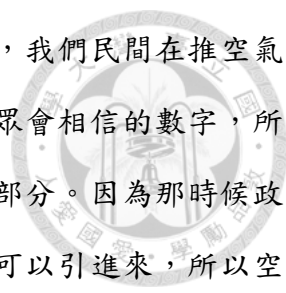
(資料來源：作者整理)

當時空氣盒子專案的推動在公民社群、中央或地方政府都帶來相當高的關注度 (Salience)。如本章第一節所述，中央政府之所以會開始評估大規模廣布感測器的可行性，是因為看到當時中研院、LASS 社群及訊舟科技所發起的一系列感測器推廣與合作活動，並從中發現到感測器、數據及物聯網的應用價值。

(三)、中研院資訊所團隊

校園空氣盒子計畫後來在 2017 年至 2020 年受科技會報的邀請，有參與前瞻一、二期的計畫。根據受訪者所述，科技會報是因為看到中研院在 2016 年至 2017 年時與各地方政府的合作計畫既能符合民眾對空品資料的需求，且所需的設備成本低，總體來說認為空氣盒子是成功的計畫，整個空氣盒子計畫是值得複製與推廣的。只是原本的合作計畫對象主要以六都為主，為了平衡空氣盒子在城鄉布建上的不平衡並推廣該計畫，所以科技會報希望由中央政府投入資金推廣政策，同時也是希望在政策推廣過程中維持空氣盒子計畫原有的精神與理念，重視原先這種「由下而上」的計畫發起模式，所以邀請中研院團隊加入空品物聯網計畫。

我這邊的話是當初是科技會辦他們直接找我，他們希望因為我們那時候我橫跨就是社群跟中研院，他希望是用社群的力量來複製六都的經驗到全台灣，因為有六都你不去照顧其他非六都，好像你只有大城市有，所以政府的立場就是那就乾脆全部做由政府來出錢，...他就是想複製經驗，所以他就整套要複製 (受訪者 C3)。

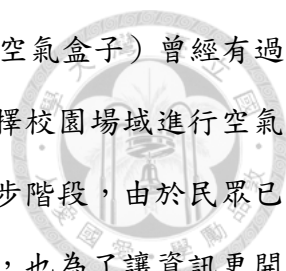


他覺得如果全部都由上而下的話是一言堂。那他看到那時候，我們民間在推空氣盒子的時候，他看到是說他是一個草根性由下而上，然後民眾會相信的數字，所以他有點是希望說那我就把這個東西就等於是納入政府的一部分。因為那時候政府就開始有一個字就出現就是公私協力，就是把民間的力量可以引進來，所以空氣盒子常常都被拿來當範例（受訪者 C3）。

工研院（2020）曾在報告中提到，因為政府部門與民間社群關注的目標不同，選擇佈建的場域有很大的區別，政府會以工業區及工業區鄰近社區為主，但民間社群佈建的場域除了學校之外還有許多民眾日常生活的地點，因此在同時有政府以及民間社群分別佈建感測器時，感測器在空間分布上的異質性較高，認為這樣的分布差異除了能夠提升空品物聯網的覆蓋範圍，也能帶來資源效益最大化的優勢。

從 106 年到 109 年的時候，在那個 Airbox 他們在做教育，就是學校這邊的佈建的時候，他主要 focus 是在敏弱族群的關切上面，以及跟民間社團之間的一些合作，所以這些社團跟學校的這些佈建，他偏重的是在民生的場域裡面去做佈建。那環保署這邊的佈建，在環保局的合作下，他的主要目的是在做污染溯源，所以他佈建的邏輯主要是針對我們所謂的高污染排放的區域，所以他應該是比較偏重在工業環境的一些佈建。所以其實在這兩個區塊上面，的確就是各自有他關切的主題跟目的，所以結合起來當然是對於整個，不論是在工業的密集度或者是民生場域的這些佈建上面，都可以兼顧得到（受訪者 C1）。

只是後續校園空品計畫隨著前瞻第一階段結束也宣告終止，在 Facebook 臉書 LASS 開源公益環境感測網路社團中，當時的主要推動者之一中研院陳伶志博士曾以公開貼文說明空氣盒子專案結束的緣由。



在 2020 年結束最後一批機器的佈建後，對於這個問題（校園空氣盒子）曾經有過不少討論，最後沒有繼續往下走的原因，主要是考量當初選擇校園場域進行空氣盒子佈建，是因為在那個時間點，微型空氣品質感測還在起步階段，由於民眾已經自發性的大量進行佈建，因此為了加速這項新技術的推動，也為了讓資訊更開放透明，所以才有透過環境教育的概念進行校園佈建的規劃。但是在四年過後，台灣微型空氣品質感測已經上了軌道，政府所推動的智慧城鄉物聯網無論在機器的數量和資料的品質上，都已經超越校園空氣盒子的規模和能量，因此為了讓整個微型感測系統能有更可長可久的發展，讓政府行政部門接手會是一個更好的選項（陳伶志，2023）。

雖然兩個聯盟核心的目標不同，但初期發展時雙方都很重視布建的數量，因為物聯網或後續數據分析應用的基礎都需要仰賴感測器接收與上傳的大量資料，所以一開始能促成雙方合作的原因是對於布建規模的共同目標（Goal-alignment）。雙方在其他目標上的不同，讓合作關係難以繼續下去。民眾參與聯盟原先希望透過空氣盒子的佈建，推動環境資訊的透明化並讓更多民眾有更多機會接觸環境資訊，並進而參與環境治理的過程。且中研院的團隊認為校園空氣盒子專案中包含例行事務，感測器維護、巡檢等工作變成一項需耗費龐大時間、成本及人力的工作，已脫離中研院進行學術研究的職責範圍，應由政府行政部門接手較為適宜，故在前瞻第二期結束時中研院選擇不繼續校園空氣盒子專案。



三、論述競爭

在 2017 年時就曾出現關於空氣盒子、微型感測器與官方測站數據落差的討論。當時在台北市發生市府 Line 引用空氣盒子數據發出空品不良的警報，但空氣盒子顯示的數據與環保署官方測站有明顯落差，而引起台北市議員徐弘庭的關切，雖然其肯認政府公布即時資訊的做為，但不應提供不嚴謹的資訊造成民眾誤解，引發不必要的恐慌（好房網 News，2017）。該年度在台中也發生另一起空氣盒子與官方測站數據落差引起的爭議，但台中市議員謝明源質疑的是全台中市空品測站只有 16 站，認為依據官方測站的數據來決定升降空污旗，恐無法即時反應各學校區域的空品變化，而兒童又是空氣污染的易受感族群，認為應授權學校參考空氣盒子數據，決定是否將戶外課程調整為室內課程（自由時報電子報，2017）。同一年發生兩起關於數據爭議的事件，但民代對於空氣盒子數據應用的看法卻是大相逕庭。這樣的兩種對立觀點，其實帶出了兩個聯盟對於空氣盒子及微型感測器定位的不同，這樣的不同是源自於雙方對於想利用空氣盒子/微型感測器達到目的不同。

當時環保署環境監測及資訊處與地方政府環保局的立場皆認為空氣盒子數據僅能做為參考用，也一再重申空氣盒子數據易受環境影響，應以官方測站資料為準。

表九、2017 年數據爭議事件政府論述內容

日期	論述主體	論述內容
2017.06.20	環保署環境監測及資訊處	<ul style="list-style-type: none">◆ 民間自行設置的簡易微型測站，容易受到溫度、濕度等影響◆ 站在關心空氣品質立場，對於民間自行成立監測站仍樂觀其成，但仍應以環保署的資料為準。
2017.09.12	台北市教育局	<ul style="list-style-type: none">◆ 規定要以環保署的資料為準，空氣盒子的資訊各校「僅做參考」。

2017.09.12	台北市環保局	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 空氣盒子簡單好用、可隨時顯示空污資訊， ◆ 但需要經常校正，精確度無法和環保測站相比，且跟其他 3C 產品一樣有使用壽命，建議定位為環境教育教材，否則出現「紫害」、「褐害」等級的誤差並發出假警報，恐引起不必要恐慌。
2017.11.07	台中市環保局	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 空氣盒子數據易受環境因子影響，所測數據往往與專業的空品測站偏差大， ◆ 未經嚴謹品管及校正措施不建議將空氣盒子數據做為空品指標唯一參考數據，應回歸專業監測站。

(資料來源：作者整理)

只是這些認為空氣盒子數據易受干擾的論述，其實同樣中央政府欲推動的微型感測器也會遇到同樣的情形，因為兩者的感測原理與裝置位置其實是差不多的。在這樣的情況下，政府欲推動微型感測器，需確立微型感測器與空氣盒子的區隔，故政府在提及空氣盒子時，會不斷強調空氣盒子為無品管、無校正程序、無巡檢機制的消費性電子產品。

這即是論述分析中所謂的位置效應 (Position effect)，透過特定的論述與行動來定位另一方的參與者的立場與價值 (Hajer, 2004)。在此例子中，是環保署想將空氣盒子定位在缺乏數據品質的要求與應用價值的產品，而環保署推動的微型感測器則能改善空氣盒子具有的缺點，具有最佳的資料品質與更高的應用價值。環保署在 2020 年公告的空品感測物聯網布建及數據應用指引之中依據數據完整率、相對誤差等指標，將感測器區分為四類應用等級，環保署設置的微型感測器多在追求達到應用等級 Level 3 或 Level 2 的標準。

這類大範圍空污感測器的布建，數據品質必須有良好的一致性、可靠度及完整度，

以確保資料分析應用的可信度。然而市面上大多數的空污感測裝置屬於消費性電子產品，其精確度往往無法與專業量測儀器相比擬，且大多未經過專業的比對與校正程序，沒有經過第三方公正單位的認證，安裝後也沒有巡檢品保的機制，無法確保數據品質，因此難以大範圍應用於智慧城市空氣品質感測（行政院環保署，2018，P136）。

我想不管是哪一個品牌或哪一個地方，不管在台灣或國外佈點都會面臨到，就是你的數據的準確度。所以數據的準確度恐怕是你佈點之後的一個挑戰，因為這數據的準確度如果有可靠性的話，後面的應用才會有可能，他不是有數據就好，像一開始民間他們說有數據就好，可是我們公部門在做事的情況，可能更需要知道說這數據的可行性跟可靠性，那這樣子的話我們才能夠把那些資訊給大家。（受訪者 A1）

我們當初在推物聯網這一塊的話，當然還是第一個先收集國外的資訊，就是那時候美國那邊已經有開始在用 PM2.5 的微型感測器，然後他們的數據品質也有到一定的程度。那同時間他也把它納入在他們社區，就社區裡面的環境資訊收集跟環境教育的用途。那由於他們的使用的成果還不錯，所以我們才想說要把它拿到台灣來這邊，來試用看看，所以當初在用的時候也不是一開始就做大規模的布建，是先挑選了幾個小區域，先做就是場域的一個測試。那確定它的不論在數據的可靠度，還有就是它可以真正看到污染的特徵的時候，才把它納進來，變成後面我們第一階段的一個實驗的計畫，所以那個也都是在 105 年那時候的開始的事情（受訪者 C3）。

在這些論述方式中，空氣盒子計畫的缺點被放大檢視，尤其不斷強調數據品質的可信度，這是兩個論述主體之間對於感測器準確度究竟應要求到何種程度的論述競爭。

然而，空氣盒子並非沒有校正方式，空氣盒子的推動團隊也並非不重視數據品質問題，只是應用的層面不同，所以對準確度的要求標準不同。據受訪者所述：

因為對他們來說他們做量測的第一關卡就是校正，沒有校正就不能做這些事情。那對於我們這一派的人，我們 CS 的人我們做物聯網的人做大數據的人，我們在意的不是準確度，在意的是精確度，精確度是說這些機器如果有一樣的反應，那我去看他的變化，就可以知道現在是變好變壞那就 OK 了，我們會覺得準確度不是那麼的重要，那傳統的話就是要準要精確嘛，那就是只能買那種貴鬆鬆的機器。那我們的看法是，我們現在就需要有機器來量我的周遭，那我不可能買個幾百萬的機器，絕對不可能嘛。那我要有一個便宜的感測器，我一定要有犧牲，一分錢一分貨，那你要犧牲準確還是犧牲精確？那我當然犧牲準確我要精確，因為精確我之後還有機會校正，或是我跟人家比對我就可以知道好或壞（受訪者 C3）。

在 2020 年結束校園感測器計畫，是因為找不到計畫後續接手的部門，受訪者擔憂校園感測器後續無人維護，且 2017 年開始佈建的校園感測器使用期限也即將到期，受訪者認為他在當初感測器招標時就考慮過後續維護問題，擔憂放任超過使用壽命的感測器在無人回收或維護的情況下持續上傳有問題的感測資料，所以在當時只預付了 2 年的網路費用，如此一來，使用超過 2 年的感測器隨著合約到期就會自動陸續下線，以避免爭議。

只是隨著校園感測器計畫的結束，在這場論述競爭中，最後成功將論述轉化為實際制度的是環保署。微型感測器與空氣盒子同為低成本感測器，在環保署預期的政策規劃中，微型感測器會有專業的比對與校正程序、安裝後會有巡檢品保的機制，相較空氣盒子而言更能確保數據的完整性與一致性。現行規定是各縣市安裝的微型感測器每季至少需巡檢一次，而數據若有異常也有一定的感測器汰換流程。依據行政院環保署空品感測物聯網布建及數據應用指引來看，若要達到輔助測站的應用等級，數據完

整率需大於 90%、相對誤差小於 10% 且判定係數 R^2 需大於 0.9。但目前環保署與各地環保局主要應用的方向還是在汙染熱區鑑別，是屬於 Level 3 的應用，其實也還不需達到如此高的標準。

兩個聯盟對於空氣盒子及微型感測器定位的不同，但不同層級的測站本就有不同的優勢所在，標準測站固然準確但花費高昂維護不易，而空氣盒子能夠代表小範圍的即時變化趨勢且成本低。

所以他（感測器）還是有他預警的用途在，就算只能代表他周遭小範圍以及可能不是那麼的準確，然後不能說不準，像我們國家測站很好很準啊，但每一種都有他的限制（受訪者 A3）。

環保署曾提出建構階層式空品監測體系的想法，並依照行政院環保署空品感測物聯網布建及數據應用指引將感測器的等級進行分級。目前該架構也仍留在環保署的官網中，只是隨著中研院的校園感測器計畫結束，這個體系仍在運行的感測器會以各地環保局佈建的微型感測器佔九成多，LASS 社群目前暫停空氣盒子計畫而轉往發展水盒子的推廣計畫，少數民眾自行設立的感測器是從感測器業者自行購入的，佔整體感測器不到一成。就感測器校正、維護、巡檢所需花費的成本及其應用目的來看，在階層式空品監測體系越上方測站或感測器的數量應該是要呈現遞減的狀態，方符合成本效益的考量。

環保署建構階層式空品監測體系以及訂定數據應用指引，就是一種在設置標準的作為。在兩個聯盟的論述競爭中，標準、準確度、資料可靠性這些概念不斷地被提及。在公民科學影響政府決策的例子中，標準往往會決定公民科學的監測資料會以什麼形式被使用以及會被使用到何種程度，也就是公民科學對政府政策的影響性會取決於標準的定位。標準包含測量過程的標準以及評估空氣品質的標準，標準可能扮演邊界橋樑的角色（boundary-bridging），促成科學的協作；也可能扮演邊界管控的角色

(boundary-policing)，鞏固知識及專家的權威性 (Ottinger, 2010)。在臺灣空品物聯網政策的發展過程中，從論述內容及爭議事件看來，本研究認為該政策較類似邊界控管的角色定位。



第二節、政策設計與民眾需求的落差

本研究在前面文獻回顧及空污重大事件回顧的內容，曾梳理過民眾對於空污治理的兩大需求為資訊取得及健康關注。在本節會補充需求產生的背景並探討目前政策設計能否回應這個需求？

一、民眾需求

民眾重視空污帶來的健康危害及種活動風險，但目前台灣強調如何測量到污染物的空污監測技術不一定能回應民眾的需求（杜文苓，2019）。測站除了提供污染物監測資料給政府作為決策依據外，監測資料也是民眾了解空品狀況的重要資訊來源。空氣品質資訊會影響民眾對空氣污染狀況的認知、警覺以及自身行動，若能即時得知周遭環境資訊，會幫助民眾判斷是不是要戴口罩、暫時不到戶外運動，這些個人保護措施會影響民眾的健康。為此，環境知情權以及空氣品質資訊的近用權（access to the information）是治理中相當重要的議題。

（一）、資料範圍涵蓋有限

在台灣空品資訊首先是面臨測站資料範圍涵蓋有限的問題，部分地區未有官方測站。2016年當時的共同背景是民眾對空氣污染的關注提高，但環保署的測站點位少，有不少沒有監測資料的區域，像是花蓮和平、離島小琉球、中部海線等地。過往環保署是透過移動式空氣品質監測車的方式來彌補測站的不足，但移動監測車是任務導向，在空品不良時期或有民眾陳情時才會出動，且一次的派駐時間僅2個月，能提供的監測資料有限（陳彥廷／屏東報導，2017）。2017年12月在移動監測車進駐小琉球時，接連三天測出空品不良的情況，再度引起民眾及環保團體針對測站不足的問題表達抗議。台灣健康空氣行動聯盟成員許欣欣指出，不只此次新聞中提及的小琉球，在台中像是后里、東海跟神岡等地區，也都是沒有監測數據的「空污孤島」，新聞標題更直接以「被遺忘的空污災區」來形容這些區域（董俞佳／台北報

導，2018)。就監測地區的涵蓋性來說，低成本且高密度佈建的感測器，可以與中央標準測站互補，改善這項問題。



(二)、異味陳情

民眾常陳情的空氣污染事件主要以異味汙染為主，2022 年全國公害陳情案件中，「異味汙染物」類的陳情事件共有 61,777 件，所佔比例高達 27.23%。非異味汙染的空氣汙染陳情事件則僅有 8,328 件，佔 3.43%。異味汙染的來源多，可能來自餐飲業油煙排放、宮廟燒香紙錢、火災、煙煙、工廠廢氣排放、氣體洩漏...等，而民眾在陳情異味汙染時的陳述也會有很大的不同，因為味道是主觀的感受，有時很難單從民眾的描述中判斷是何種汙染來源。



二、目前政策設計

(一)、資訊

對環保署來說，微型感測器主要的應用面向定調在智慧稽查，尤其是以工廠污染排放的監測為主。合辦空品物聯網政策的各縣市環保局也會以智慧稽查為主要的發展方向，之前在第四章第二節介紹過台中市、新北市及嘉義市的應用案例，其中只有嘉義市因為轄區範圍內以商業民生活動為主，很少面臨工廠污染排放的問題，因此感測器應用面向才會多著重在市場、商圈等民眾日常活動範圍。雖然說將感測器應用在智慧稽查，就最終結果來看仍是有助於改善環境污染，但除了居住在工廠周圍的民眾，其他民眾對於有效打擊工廠偷排這件事較少有管道能得知或是有環境明顯改善的直接感受。

另有受訪者提到，火災也是感測器一個重點運用面向。在遇到這類的突發事件時，環保局未必能在第一時間掌握火災發生的消息與地點，這時微型感測器就能輔助判斷污染來源，因為火災發生時順風向的感測器往往會有大範圍的監測值超標情形出現。所以除了應用在稽查工廠污染排放，另一個應用感測器的方向便是火災事件的空污警報發布。

有一些比較緊急臨時發生的事故，像火災阿，有時候隔壁縣市發生火災，然後我們還不知道，但是民眾有陳情說有聞到異味，這時候其實可以用空氣品質監測網來看，其實就可以看出他的污染來源是哪裡，然後就再去找一下，真的就有這個火災的訊息。就是有一些跨縣市的污染會比較容易去找出來，像火災事件的部分，他那個感測器的空品變化會非常的明顯，方便去知道就是隔壁可能火災的影響（受訪者 B1）。

只是除了火災之外，對大部分的民眾陳情事件來說，感測器的運用十分有限。異味的偵測超出目前微型感測器能偵測的範疇，目前感測器仍以 PM2.5 的應用為

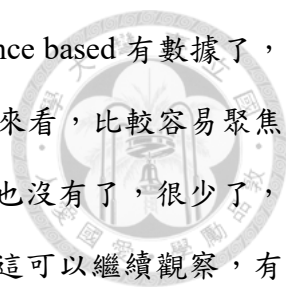
主。故有受訪者認為，感測器在協助處理民眾需求的部分其實幫助不大。

因為礙於技術的問題，所以它（感測器）就是測的種類真的不多。我們其實也一直有跟中央反映，也不能說跟中央，就是跟工研院反映，說能不能再有更多的檢測項目，尤其是在針對異味這件事情。因為我們其實在粒狀物管制上現在已經有很大的成效，已經從三級變成二級的管制區，所以變成說異味問題是我們目前比較頭痛的。尤其是民眾常常會陳情的項目通常都是不明異味，那有時候民眾的認知，應該說每個人的感受度又不太一樣，對味道的描述又有很大的落差。所以我們就是很希望在技術上面可以針對異味這件事情去做一個比較直觀性的檢測，讓我們了解說它到底是不是真的有汙染排放這件事情（受訪者 B2）。

空品物聯網計畫雖然在由環保署監資處外包工業技術研究院，執行「環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫」時有規劃進行微型感測器的民眾宣導及宣傳，但宣導及宣傳的場次不多，一年約 2~3 場。另有架設官方網站、新聞稿、小摺頁等宣傳方式，但內容就是一般的政令宣導。

校園空品感測器是比較符合民眾資訊需求的計畫，其目標除了佈建感測器外，也十分重視感測器在環境教育上的運用，會與學校教師討論並設計教案，從感測器設計的原理、運用的元件、監測數據的內容等方向，讓學童更了解感測器這項裝置以及這些數據背後的意義。此外，由民間社群推動感測器的運用時，會著重在感測資料的開放性上，透過感測資料的呈現及釋出，民眾得以了解周邊環境狀況，對於空污的認定，也能夠有具體的證據能與政府進行對話，以民眾賦權或知的權利的觀點來看，是對公民社會具有正面影響的發展。

然後另外一個是我覺得透過這個資料的公開開放，然後民眾可以自己測量之



後，民間團體跟政府的溝通變得比較和善，因為是 evidence based 有數據了，以前的話是『我覺得空氣不好』，現在你拿空氣的數據出來看，比較容易聚焦，不會是都是我感覺怎樣，所以以前會有遊行，現在好像也沒有了，很少了，就是那個聲音就下來了，我覺得大家就變理性溝通了，這可以繼續觀察，有可能是因為這幾年空氣比較好（受訪者 C3）。

在工研院 111 年度環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫的期末報告書中，有看到辦理「移動式感測（MoT）及空品感測物聯網整體推動」專家諮詢的簡易會議記錄，其中成功大學環境工程學系蔡俊鴻教授提出的建議如下：

「先思考推動空氣品質政策需哪些資訊？目前欠缺哪些資訊（如時間或空間資訊）？空氣監測包括：監測站、監測車、感測器（固定式/移動式）所賦與任務為何？需補強資料之「輔助功能」為何？...未來應用規畫建議強化提供民眾有感受之數據。」

本研究觀點與蔡教授相似，認為目前空品物聯網政策發展方向是追求全面蒐集所有資訊，但對於為何蒐集這些資料？未來應該運用在何種地方？究竟這項政策能否回應民眾的需求與期待？是否真的需要如此密集的布建？是否真的需要追求高準確度？應用感測器所能獲得的效益是否大於維護感測器的成本？就一個已規劃並執行多年的政策來看，目前仍存在許多問題值得討論。雖然就發展物聯網的目標來看，空品物聯網政策已達成階段性目標，但就空污治理而言，連運用的目標在哪都尚未確定。

(二)、健康

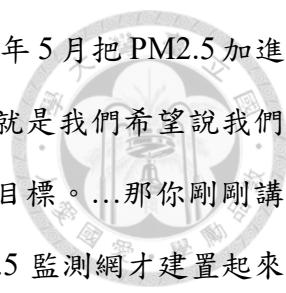
對監測標準的認定及數據產出過程標準的認定會影響數據後續應用的面向，在本節中以將低成本感測器運用到健康議題為例，探討不同論述聯盟的參與者在標準認定上的不同及標準認定如何影響後續應用方向。

選擇健康議題是因為台灣空污治理的制度或概念發展都逐步納入健康的考量。徐幸瑜（2022）認為台灣的空污的管制策略從 2015 年開始邁入「以健康風險為基礎的複合式空氣品質管理」階段，從 2010 年開始先是有莊秉潔教授提出有關 PM2.5 健康影響報告引起台灣民眾對空污健康危害的重視，之後 2012 年環保署將 PM2.5 納入管制，都顯現出對 PM2.5 的高度重視，而 PM2.5 是近年來研究空氣污染與人體健康相關性的主題之一。2012 年將 PM2.5 納入空品標準中是台灣空污治理歷史上重要的一個里程碑，而隔年 2013 年也才正式開始 PM2.5 的手動監測。不過雖然在 2012 年因為將 PM2.5 納入空品標準，政府開始重視空污的健康影響，中間也歷經 PSI 改制 AQI，但直到 2024 年版的空氣污染管制計畫草案，才有較細部的政策規劃，像是與衛生福利部及國家衛生研究院的合作計畫，在此之前，空污管制相關的政策少有跨部會合作的機會。

1. 監測標準

對環保署來說，目標及指標的訂定是十分重要的，因為指標的訂定是未來空污治理的方向。且在 PM2.5 的健康危害問題顯著度提高的近十年來，空氣污染指標也歷經轉型納入 PM2.5，改採用空氣品質指標 AQI（Air Quality Index）。在訪談過程中，受訪者也認為將 PM2.5 及健康的概念納入指標中是空氣污染治理歷程中一項重大事件。

101 年有一個重要的事情，我們把 PM2.5 加進我們的空品標準，我們以前空



品標準有其他污染物，例如說有氧化物、氮氧化物，101年5月把PM2.5加進空品標準。空品標準的概念是，它裡面有健康的意涵，就是我們希望說我們國家可以朝向這個目標去邁進，所以它同時也是國家的目標。...那你剛剛講到的監測這件事情，其實是大概在102年，全國的PM2.5監測網才建置起來，所以其實是前面先有標準，有標準之後隔年102年全國的這個PM2.5的手動監測站才建置起來（受訪者A3）。

另外，曾有研究整理過往環保團體對於指標的看法，環保團體認為僅有監測數據而沒有指標作為可供明確對照的基準，並不利於評估空污問題的嚴重程度，因而積極推動空氣品質指標的訂定，認為指標是評估空污問題的重要工具，且是提供民眾防護的依據（徐幸瑜，2023）。這部分環保團體的看法與環保署相似，認為應正面看待指標的訂定，因為指標是改善的依據。

不過另有受訪者指出，雖然對政府部門而言，建立指標或所謂的管制標準才有相對應的管制策略與目標，但其認為這樣的目標無法符合民眾對於健康環境的追求，同時標準也常常歷經多年才會進行更新。

就是我一年當中有多少天超過（空品標準），所以那個就變成是一個黃金標準，只要不超過就沒事就天下太平，可是15跟14有差那麼多嗎？那我們就要回過頭去問，我們空氣污染治理的目的是什麼？我們目的是大家都合法？還是大家都健康？對不對，這不一樣。可是民眾的要求會更aggressive，我希望能降多少就降多少，因為我們要的是更健康的環境（受訪者C3）。

表十一將上述技術發展聯盟及公民賦權聯盟對監測標準整理如下，綜合本研究第五章第一節第三點論述競爭中兩聯盟對於數據標準追求的論述內容，技術發展聯盟在監測標準或數據產出上皆十分重視標準的訂定，並認為有標準才有後續

政策發展或創新發展的具體依據。但對公民賦權聯盟來說，標準只是最低限度的要求，民眾的需求往往會超越標準所規定的範圍。



2. 健康的定義

本研究所關注的空品物聯網計畫，儘管在計畫目標中也常提及要管制汙染、改善環境以及促進民眾健康。從實際政策執行的內容上分析，環保署對於「健康」一詞的觀點，可能較接近讓民眾免於空污影響、避免罹患相關疾病。相對來說，是屬於消極的健康觀。而對公民賦權聯盟來講，提供監測資訊、提升民眾環境認知及環境意識，並進而影響民眾的個人防護行為，則屬積極的健康觀點。

本研究在設計題綱時有一題的設計便是想探詢受訪者對於健康的看法以及微型感測器與健康的關聯。在訪談過程中，會詢問受訪者「對於感測器在健康方面的運用有何想法」，並且不會特別舉例以避免影響受訪者回答方向。

有部分受訪者會往暴露監測的方面思考，這部分的應用是出於風險危害評估的計算，尤其是要計算個體的風險時需要取得個人的環境暴露資料，才得以計算暴露的時間及劑量，所以如果是風險危害評估方面的健康應用，受訪者認為目前感測器的準確程度不適合運用在此。

其實我覺得在健康上的使用，要比較高度的去看，因為其實所謂的空氣汙染對健康非常有影響。那其實空氣汙染這種健康影響，它在國外的評估它都是一段期間，比如說我今天要暴露在某個環境下，暴露到一定的時間，那我會有暴露時間跟暴露劑量的風險，那今天我風險高或低，不是說我認為我高就高我低就低，那是有些科學去算出來，那他算出來可能也像一個機率概念，告訴說你有多少機率可能會因為這樣而有疾病而不健康。...那健康的部分我覺得你要用感測器的話，我覺得在於說感測器它的準確度不像某些專業的這

麼精準，所以健康這種事情我覺得要更審慎的評估，如果跟健康有關的話，可能你相對的準確度就要提高（受訪者 A1）。



另外也有受訪者提及空污的濃度網格化推估，這也是出於進行風險評估所需的資料需求，過去在推估汙染常見土地利用模型或衛星遙測等方式。只是將感測器用在污染推估上算是比較間接的健康應用。

那健康這件事情跟濃度有關係，但是微型感測器相對不那麼可靠，那大部分用的是測站的資料。以全台灣來說在 78 個測站，要去推估健康狀況，大家現在用的就是空污的濃度網格化，那我就平均分配說模式模擬的結果讓我知道你這個的濃度是多少，然後再去做健康資料的分析（受訪者 A3）。

不過在地方環保局的部分，同樣在問到感測器在健康方面的運用時，思考的層面會比較偏向是提供民眾資訊，讓民眾能及時了解空污狀況並做好個人防護措施。是屬於健康資訊的提供。

至於你說感測器跟健康的話，或許因為他是比較小尺度的，所以如果有民眾想要了解住家周遭的空氣品質狀況的話，是可以把它拿來做一個確認（受訪者 B1）。

也有受訪者以「健康安全」的說法來解釋感測器如何運用在健康方面。在提到健康安全的例子時，大多會舉火災為例。

因為我們點位現在在選點上會有一部分是拿來做為民生健康安全上的參考，其實我們新北市的小型工業區是很分散的，那我們最近有發現到有一些工廠

聚落常會有火災事故。...會想要針對這些區域加強感測器的佈建，可以來了解說火災的時候它的影響範圍到底會多大？這跟健康有關係，因為畢竟火災的時候它可能會產生大量的粒狀污染物，對民眾他呼吸到這樣的空氣，可能會對他的肺部啊或者是心血管疾病會有一些影響（受訪者 B2）。

在本節中討論健康的定義及參與者對健康一詞的理解，是因為在健康議題的論述上也看到了「標準」帶來的限制，環保單位不斷追求高準確度的資料，因為在聯想到健康應用時是想到風險評估及污染模擬等需要具體數字計算的應用，忽略了其他使用較低準確度數據也能應用的地方，如提供空污資訊讓民眾避免進行室外活動，也因此使得空品物聯網政策的應用規劃會與民眾需求有落差。

第三節、小結



藉由分析不同參與者預期的政策目標、比對過往民眾對空污治理的需求、梳理政策發展過程中的爭議內容，本研究試圖統整空品物聯網政策形成的原因及政策設計背後的考量。

在本章第一節中，透過分析政策參與者對於政策目標的認定及排序，本研究將政策參與者區分為技術發展聯盟及公民賦權聯盟。使用論述分析的分類方式，讓研究在進行時得以打破傳統的中央政府與地方政府、政府部門與公民團體的二分法，釐清在政策不同階段及不同層級參與者的核心理念與目標，進而理解空品物聯網政策形成及執行的過程是如何受到兩個聯盟政策參與者的影響。技術發展聯盟雖打著解決民生需求問題為口號，但其核心政策目標仍在物聯網的發展，甚至是不是結合空品感測器的運用也不是重點考量，因為整個民生物聯網計畫涵蓋空水地震等面向，空品僅是其中之一，能否從計畫中獲得物聯網的建置經驗並在未來將此經驗運用到其他智慧治理面向，才是技術發展聯盟的核心關注。但對於公民賦權聯盟來說，空氣盒子及空污治理本身才是政策的重點，透過空氣盒子的建置讓民眾有更多獲取空氣污染狀況資料的機會，這會影響到民眾空污風險認知的建構、個人防護行為的採取以及空污治理過程的參與。

在本章第二節，本研究整理了測站缺乏及異味陳情兩項常見的民眾需求的背景，並就資訊及健康兩面向分析空品物聯網的政策設計是否能處理這兩項民眾需求。就監測資料缺乏這點，目前的微型感測器佈建的分布及數量，是足夠彌補標準測站無法涵蓋的範圍的。只是雖然能提供高密度的監測數據，但這些數據主要是政府作為稽查之用，實際與民眾生活相關的部分並不多。而目前監測項目僅有 PM2.5，對民眾陳情異味污染的幫助不大。就健康部分來看，政策參與者普遍同意空污治理與健康息息相關，但對於感測器該如何運用以促進健康則有多種不同理解，暴露評估、風險計算固然是可發展的健康應用，但對於感測器的準確度要求高。而其他常被論述的還有健康安全及健康資訊提供，這部分較為接近公民賦權聯盟提倡的核心價值。

第六章、結論



本研究在前面章節整理國內外低成本感測器發展的歷程與爭議、回顧台灣空污治理發展的重大事件，在第四章中整理 2017 年至 2020 年空品物聯網政策的執行內容，以及微型感測器在地方政府環保局的實務運用案例。在第五章採用論述分析方法檢視 2012 年至 2023 年之間有關空氣盒子與空品物聯網政策的新聞、計畫報告書以及訪談內容，根據論述內容及行動目標將主要參與者分類為技術發展聯盟以及公民賦權聯盟，研究發現整理在下表十一。

第一節、研究發現

回顧空氣盒子發展的背景，台灣公民社群早在 2013 年開始推動空氣盒子的組裝、感測原理介紹及監測應用等專案，希望透過公民間的合作網路與資源，補足中央政府測站無法提供的即時性且在地化的空污資訊。尤其當時一系列的汙染事件與研究報告讓 PM2.5 的健康危害問題成為空污議題中亟需解決的重要問題，在此背景下空氣盒子低成本具可廣布性的優勢獲得許多民眾的關注與支持，因為透過空氣盒子民眾能夠方便且迅速的取得周圍環境資訊。

環保署 2015 年在桃園、高雄等地開始進行小規模的微型感測器試驗計畫，也是受到這股公民力量的推動，讓環保署開始思考在大數據及 AI 興起的背景下，低成本感測器結合這股科技趨勢並產生新興應用的可能性。但環保署認為推動低成本感測器首要須建立一套完善的分級標準、校正及維護的制度，以避免誤導民眾及造成民眾恐慌，認為在確定感測器數據品質及數據完善度達到一定標準之後，才能規劃後續的應用面向。

2017 年在科技會報及吳政忠政委主導下，推動的民生公共物聯網建設計畫，便是試圖將環保署原先的試驗計畫與空氣盒子計畫進行整合，同時發展物聯網產業鏈以及

改善空污治理問題，在空品物聯網計畫中低成本感測器改以微型感測器的稱呼出現，在名稱上與原本的「空氣盒子」進行區隔。



表十、論述聯盟比較

		技術發展聯盟	公民賦權聯盟
行為者		科技會報 環保署 科技部	地方政府 中研院資訊所 LASS 公民團體
核心價值		科技基礎建設	民眾參與
對標準的看法	監測指標	標準是目標的追求	標準只是最低限度要求
	數據產出過程	重視準確度	重視精確度
主要論述內容		1. 物聯網產業發展 2. 智慧治理 3. 精確資訊、精進執法	1. 民眾空污資訊取得 2. 創客精神 3. 環境教育 4. 智慧城市 5. 健康防護
策略		1. 以台灣為試驗場域，廣佈1萬點感測器 2. 訂定感測器數據品質指標及維修指引	1. 由下而上的推廣模式 2. 校園佈建、社區參與



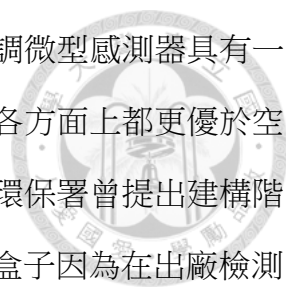
一、 技術發展與民眾賦權的論述競爭

本研究認為在發展空氣盒子及空品物聯網政策的過程中，可以依據論述內容及核心價值將參與者區分為技術發展聯盟及公民賦權聯盟。技術發展聯盟以推動物聯網及感測器產業發展及智慧稽查為核心目標，關注科學技術發展及污染源頭的系統性改善，這個聯盟的參與者有吳政忠政委、行政院環保署、工業技術研究院。公民賦權聯盟則是注重應用技術來反映及處理民眾的需求，重視空氣品質資訊近用權、民眾參與及民眾賦權，這個聯盟的參與者有 2016~2017 時參與空氣盒子合作計畫的地方政府、科技會報、LASS 社群、中研院。各縣市環保局較像是兩個聯盟的互動場域，各地環保局在不同時期因為與不同聯盟的參與者合作而會呈現不一樣的取向。民生公共物聯網計畫便是這兩大聯盟論述競爭的主要場域以及競爭後的產出結果。

本研究發現在論述競爭過程中，技術發展聯盟持續透過新聞公告、網站建置、摺頁宣傳等方式向民眾劃清微型感測器與空氣盒子的界線，這是在爭奪論述權中常見的位置效應（Position effect），也就是論述參與的一方透過特定的論述與行動來定位另一方參與者的立場與價值（Hajer，2004），藉此爭奪論述過程中的主導權，而環保署這些論述內容與作為是希望掌握空污監測資料的主要詮釋權。在空品物聯網政策中，環保署將空氣盒子定位為數據品質不佳、應用價值低的可淘汰性電子產品，而環保署自身的微型感測器則能改善空氣盒子具有的缺點，具有更佳的資料品質與更高的實務應用性，環保署認為民眾若需要環境監測資料應以微型感測器為準。此外，環保署在 2020 年公告的空品感測物聯網布建及數據應用指引之中將感測器區分為四類應用等級，政府微型感測器位於第二及第三級的應用，但空氣盒子則被歸類在第四級，這也是位置效應的體現。

二、 從科學協作到鞏固專家權威性

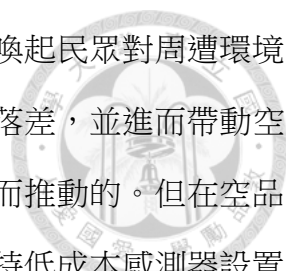
微型感測器與空氣盒子在本質上都被歸類為低成本感測器，但對政府環保單



位而言，需要具體的劃分微型感測器與空氣盒子的不同，強調微型感測器具有一系列嚴格的出廠檢測、校正程序、定期巡檢、汰換機制，在各方面上都更優於空氣盒子，以取得由政府部門來推動低成本感測器的正當性。環保署曾提出建構階層式空品監測體系，在階層分工的體系中微型感測器與空氣盒子因為在出廠檢測、校正程序、定期巡檢...等方面的設定標準不同，故能應用的程度與面向也會有所區別，若要用在暴露監測或稽查上，須有較嚴格的標準。只是對於推廣空氣盒子的公民社群及一般民眾來說，微型感測器或空氣盒子都是空品資訊的來源，作為日常活動的參考民眾對準確度的要求標準本來就與政府單位作為稽查的要求標準不同。兩者追求的應用目標並不相同，階層式空品監測體系的分級應用設計本是空氣盒子、微型感測器及其他標準測站共存的可能，但本研究發現，由於環保署在論述過程中，更為注重「區分」而非「整合」與「互補」，追求標準訂定以及準確度，並在政策推動過程中不斷強調空氣盒子的準確性疑慮，而使得空氣盒子計畫發展受阻，讓原本階層式空品監測體系的分流難以落實。原本規劃讓微型感測器與空氣盒子多元並成的感測物聯網體系，發展至今變成環保局的微型感測器佔據 9 成以上及零星的公民個人建置的感測器，讓空品物聯網的構成漸趨單一。

此外，在健康議題部分的論述上，也能看到政府單位追求嚴格標準的行為。在空氣盒子與地方政府合作的時期，可看到地方環保局與長庚科大、醫師公會、荒野保護協會等不同團體合作，強調空氣盒子的資訊即時性，並認為此特性有利於推動空氣污染的個人防護策略的宣導，是屬於提供健康資訊及推動健康促進行為上的應用。相反的，雖然空品物聯網政策在計畫目標提及該政策最終的目標是希望能改善環境、促進民眾健康，但直接與健康議題相關的論述並不多，且多數討論是將重點聚焦在感測器數據能否應用在暴露監測、環境監測等面向上，認為要用來計算健康風險需要更精確的數據，所以微型感測器跟空氣盒子不適合健康領域的應用。

原先空氣盒子的興起，是希望透過其低成本的特性廣布在民眾日常生活範圍，




增加民眾接觸及了解空品狀況的管道，希望透過資訊的掌握喚起民眾對周遭環境污染的警覺，試圖處理民眾感受與官方標準測站監測數值的落差，並進而帶動空污治理的民眾參與，整個空氣盒子的发展目標是圍繞著公民而推動的。但在空品物聯網政策中，微型感測器與公民社會的連結薄弱，原先支持低成本感測器設置的公民力量在微型感測器的布建計畫中幾乎完全被排除在外。此外，微型感測器設置地點大多選在工業區及工業區鄰近社區，會接觸到的民眾數量不多，宣傳、推廣的活動少。空品物聯網政策可說是把公民力量從低成本感測器的发展脈絡中剝離出來，形成目前與公民社會去連結化的微型感測器體系，微型感測器存在的理由也變成了是在鞏固環保署本身的空污治理正當性，而非原先低成本感測器能帶來的政府與公民社會橋樑的角色。

三、 轉型中的空污監測典範：為何空氣盒子與微型感測器無法共存

(一) 目標著重在物聯網及數據發展，而非空污治理

空品物聯網政策包含的目標多重，包含物聯網技術發展、產業扶植、智慧稽查，處理空污議題或民眾需求的目標對不同參與者來說重視順序不一。由於空品物聯網計畫是隸屬於前瞻基礎建設下的數位建設計畫，整個數位建設計畫橫跨了科技部、環保署、交通部、經濟部、內政部、中研院六個部會，往上探討前瞻計畫開始的原因，要再加上科技會報的意見，往下探討空品物聯網計畫的執行機關，則又有各地方政府環保局的參與，在層層計畫的階層安排下從政策規劃到政策執行這中間有許多參與者，每個參與者固然重視原先的計畫目標，但也會將政策目標連結至原本的業務內容，從而再產生新的執行方向與目標，所以空品物聯網的發展方向會受到計畫執行機關原有的業務內容的影響。

本研究發現環保署的政策目標著重在佈建數量、完善資料上傳率的目標訂定，對於要如何應用微型感測器其實並無具體規劃。雖然考量到國內在此之前並無建構大型物聯網系統的經驗，2017年這定此目標確實是基礎建設階段需經歷的過程，



但即便後來前瞻一二期結束後環保署仍未找到明確的應用目標。而對地方政府環保局來說，他們是空品物聯網計畫的合辦單位，負責感測器的布點與維運，圍繞著建置物聯網這一目標並再結合自身業務延伸出空品物聯網的具體應用方向，如污染熱點監測。對地方政府環保局而言，更核心的關注是如何將微型感測器運用到既有的稽查業務中，認為空品物聯網政策能帶來的最大益處是大數據的分析。所以在強調大數據應用及分析的同時，環保署會不斷強調空氣盒子能否達到訂定的資料品質相關標準，而忽略了空氣盒子在空污監測體系的分級應用架構中能帶來的助益。

（二）對感測器價值的理解不同

環保單位認為低成本感測器在實務的空污治理上已遇到瓶頸。就技術層面來看，2016 年至今環工領域學者認為微型感測器能否在實驗室以外的場域使用仍有疑慮，目前台灣只有 PM2.5 的監測數據是穩定且具參考價值的，雖有開發國產的 O₃、NO₂ 偵測元件，但目前尚無法運用到實際監測環境中，但在空氣汙染管制中，臭氧與氮氧化合物也是重要的空氣汙染指標，但就目前的技術發展來看，尚無法運用在臭氧、氮氧化合物與其他汙染物質的監測上。且配合感測器佈建所發展出來的管制策略，目前也定型在汙染熱區監測、違法排放取締，目前未看到其他應用面向。另外，目前感測器仍以偵測 PM2.5 為主，而民眾常陳情的空污事件除了粒狀汙染物的可視汙染外，異味也是常見的陳情原因，只是目前感測器還無法提供這方面的協助，環保署認為實際運用上對於民眾陳情事件的追查與釐清幫助並不大。

而對公民社群及中研院團隊來說，感測器的價值不能單從技術面來看待，雖然感測器僅能監測 PM2.5，但這對於推廣環境認知及教育而言已足夠，且 PM2.5 與多種健康風險息息相關，是近十年來台灣空污治理議題中最受關注的汙染物。感測器本身的價值或許不大，但感測器提供的監測資料、監測資料能提供給民眾

的意義、民眾理解資料後增加的空污認知、看到資料後能夠進行的個人防護行為...等，這些都是感測器的延伸價值。



第二節、研究反思



本研究認為階層化空品物聯網的架構後續未能落實十分可惜，原先由空氣盒子計畫帶動的公民社會對於空污監測的關注與量能，在 2020 年結束校園感測器佈建計畫後缺少了凝聚的核心。環保署在前瞻第二階段計畫中未能找到接替中研院角色的單位，而沒有規劃繼續校園空品監測計畫，且空品物聯網計畫中感測器佈建位置也與科技會報預期複製六都空氣盒子的計畫有很大的不同，目前空品物聯網計畫中有超過九成以上皆是政府設置的微型感測器，主要布建地點密集的分佈在工業區，目的在追求高精度，佈建者及佈建目的都趨於單一化。雖然後續在校園周圍有重新佈建感測器，但缺少較具規模的環境教育規劃以及感測器的宣導活動，民眾對感測器的關注程度下降。且原本推動空氣盒子最活躍的民間社團 LASS，也轉向發展其他專案，目前沒有繼續進行空氣盒子計畫。未來微型感測器將全部由政府部門主導，缺少其他參與者能互相監督以及競爭。因而本研究認為校園空品監測計畫的結束是影響階層化空污監測體系架構甚至未來空污治理關注焦點的重要轉捩點。

第三節、研究限制

本研究採用論述分析途徑分析新聞報導、政府公開資料、計畫報告書、社群媒體網頁等內容，並輔以半結構式深度訪談蒐集不同利害相關人的看法。但目前蒐集的資料仍多數以政府部門的公開資料為主，新聞報導部分也多是政府部門發出的新聞稿，故對於論文中提及的相關事件會較多的從政府部門的立場來討論。未能納入更多公民團體及一般民眾參與者的意見，可能難以做出較全面性的分析。

此外，由於空品物聯網政策從計畫構想階段到前瞻計畫第二期這之間歷經約 10 年的時間，較難找到計畫初期便參與其中的受訪者，對於空品物聯網政策計畫構想階段的討論可能不盡完善與全面。

參考文獻



一、 中文部分

工業技術研究院，2020，〈109 年度環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫〉，行政院環保署。

工業技術研究院，2021，〈110 年度環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫〉，行政院環保署。

工業技術研究院，2022，〈111 年度環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫〉，行政院環保署。

中華電信股份有限公司，2021，〈108 年臺中市空氣品質感測物聯網布建計畫-後續擴充〉，臺中市政府環境保護局委託計畫期末報告 N1090408014，臺中市政府環境保護局。

好房網 News，(2017 September 12)，〈空氣品質鬧雙包 北市 LINE 錯誤警報〉，好房網 News. <https://news.housefun.com.tw/news/article/154493172776.html>

江俊宜，2019，〈生態主義如何介入農業生產政策？論述制度主義的觀點〉，臺灣大學政治學研究所博士學位論文。台灣大學：台北。
<https://doi.org/10.6342/NTU201900215>

自由時報電子報，(2017, November 7)，〈中市國小設空氣盒子 數據與空品測站差距大〉—生活，自由時報電子報。
<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/2246147>

行政院環保署，2018，智慧城市簡易空氣品質感測網維運及資料服務計畫 (EPA-106-L102-02-A274)，行政院環保署。

行政院環保署，2019，中部地區空氣品質感測物聯網布建維運及資料服務先導型試驗計畫 (EPA-106-L102-02-A200)，行政院環保署。

杜文苓，2019，〈公民科學、社區監測與環境知識建構〉，《人文與社會科學簡訊》，

21(1)。

杜文苓、施佳良，2019，〈挑戰空污：初探社區行動科學的在地實踐〉，《傳播研究與實踐》，9(1)，頁 1–32。 [https://doi.org/10.6123/JCRP.2019.01_9\(1\).0001](https://doi.org/10.6123/JCRP.2019.01_9(1).0001)

林千玉，2019，〈環境素食主義下的臺灣蔬食政策論述分析〉，臺灣大學公共事務研究所碩士學位論文。台灣大學：台北。 <https://doi.org/10.6342/NTU201904119>

林子倫，2008，〈台灣氣候變遷政策之論述分析〉，《公共行政學報》，28，頁 153–175。 [https://doi.org/10.30409/JPA.200809_\(28\).0005](https://doi.org/10.30409/JPA.200809_(28).0005)

林子倫、陳亮宇，2009，〈重返民主的政策科學—審議式政策分析概念意涵與途徑之探討〉，《台灣民主季刊》，6(4)，頁 1–47。

林明瑞、王文君，2022，〈民眾對環境污染風險及危害之調適行為模式研究〉，《環境教育研究》，18(1)，頁 73–112。 <https://doi.org/10.6555/JEER.18.1.073>

思維環境科技有限公司，2022，110 年台中市精進空品感測物聯網發展計畫 (臺中市政府環境保護局委託計畫期末報告 N1091118096)，臺中市政府環境保護局。

科技部，2021，民生公共物聯網數據應用及產業開展計畫 (政府科技發展中程個案計畫書 110-1901-09-20-02)，科技部。

胡琇霽，2016，〈台灣電價調整政策之論述分析—2012 年至 2016 年〉，臺灣大學政治學研究所碩士學位論文。台灣大學：台北。 <https://doi.org/10.6342/NTU201603686>

徐幸瑜，2022，〈臺灣空氣污染防制重大政策變遷之分析—結合多元流與斷續均衡理論〉，臺灣大學政治學研究所博士學位論文。台灣大學：台北。

<https://doi.org/10.6342/NTU202201372>

徐美苓，2019，〈風險感知、價值觀、議題傳播及空污防制行為意向〉，《新聞學研究》，138，頁 25–73。 [https://doi.org/10.30386/MCR.201901_\(138\).0002](https://doi.org/10.30386/MCR.201901_(138).0002)

徐美苓，2019，〈風險感知、價值觀、議題傳播及空污防制行為意向〉，《新聞學研究》，138，頁 25–73。 [https://doi.org/10.30386/MCR.201901_\(138\).0002](https://doi.org/10.30386/MCR.201901_(138).0002)

張力亞、戴榮賦、黃資媛，2019，〈大學與地方社群的協力合作策略與挑戰：以埔里

空污減量為例》，《中國行政評論》，25(2)，頁 31–56。

[https://doi.org/10.6635/cpar.201906_25\(2\).0002](https://doi.org/10.6635/cpar.201906_25(2).0002)

莫勒，2006，《環境衛生學》Dade W. Moeller 原著；蔡詩偉等譯。新文京開發。

陳伶志，2023 January 5，校園空氣盒子到期下線 [社群媒體]，Facebook Lass 開源公益環境感測網路社團。

<https://www.facebook.com/groups/LASSnet/permalink/3314297932154127>

陳伶志，2017，〈106 年空品物聯網產業開展計畫-推動校園社區場域布建實證、促進全民參與〉，中央研究院資訊科學研究所。

陳彥廷／屏東報導，(2017, December 25)，〈明明沒工廠！空品監測車駛進小琉球 馬上測到紅爆〉—生活—自由時報電子報，自由時報電子報。

<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/2293724>

傅柯，1993，《知識的考掘》，米歇·傅柯(Michel Foucault)著；王德威譯（初版），麥田。

勞勃.殷恩，2014，《質性研究: 從開始到完成》，勞勃.殷恩(Robert K. Yin)著；李政賢譯（初版），五南出版。

智慧城市簡易空氣品質感測網資料服務計畫 (EPA-105-FA11-03-A307)，2017，行政院環保署。

黃乙芹、侯文萱、呂芊曄、李岳蓁、李佩珍、陳怡臻、林明彥、王毓正、李中一，2021，〈台灣成年民眾之室外空氣污染健康識能調查〉，《台灣公共衛生雜誌》，40(5)，頁 479–493。 [https://doi.org/10.6288/TJPH.202110_40\(5\).110070](https://doi.org/10.6288/TJPH.202110_40(5).110070)

黃之棟、朱容萱，2021，〈國家的「神話」：日本遺產制度下「愛努故事認定」的批判政策論述分析〉，《政治科學論叢》，90，頁 35–71。

[https://doi.org/10.6166/TJPS.202112_\(90\).0002](https://doi.org/10.6166/TJPS.202112_(90).0002)

黃則鳴，2017，〈臺灣核廢料政策之論述分析—2011 年至 2016 年〉，臺灣大學公共事務研究所碩士學位論文。 <https://doi.org/10.6342/NTU201704409>

新北市環保局，2022, June 21，〈新北 Smart air 空品監測平台 運用智慧科技揪空污 首創結合消防火點感知 掌握火災空污變化〉。

<https://www.epd.ntpc.gov.tw/Article/Info?ID=9435>

董俞佳／台北報導，2018, January 29，〈小琉球被遺忘的空污重災區〉。

https://udndata.com/ndapp/Story?no=76&page=4&udndbid=udnfree&SearchString=t0yrrLdQtPq%2BuSuk6bTBPj0yMDE1MDcwMSuk6bTBPD0yMDIzMDcwMSuz%2BKdPPcFwpliz%2BHy4Z8DZpOmz%2BHzBcKZYsd%2Bz%2BHxVcGFwZXI%3D&sharepage=20&select=1&kind=2&article_date=2018-01-29&news_id=8952434

臺中市政府環保局，2020，〈108 年臺中市空氣品質感測物聯網布建計畫〉，臺中市政府環境保護局委託計畫期末報告 N108111，臺中市政府環境保護局。

戴廷宇，2018，〈臺灣空氣品質微型感測公私協力與群眾外包之研究〉，臺灣大學政治學研究所碩士學位論文。 <https://doi.org/10.6342/NTU201802321>

羅清俊，2015，《公共政策：現象觀察與實務操作》 = Public policy : observations and know-how，揚智文化。

譚義平，2014，〈感測器發展狀況與趨勢〉，《三聯技術》，91。



二、 外文部分



An advocacy coalition framework of policy change and the role of policy-oriented learning

therein / SpringerLink. (n.d.). Retrieved February 27, 2023, from

<https://link.springer.com/article/10.1007/bf00136406>

Andersen, N. Å. (2003). *Discursive Analytical Strategies: Understanding Foucault, Koselleck, Laclau, Luhmann*. Policy Press.

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(1), 2–16.

<https://doi.org/10.1177/0963662515607406>

Brink, M. van den, Metze, T., Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap, & Netherlands Graduate School of Housing and Urban Research. (2006). *Words matter in policy and planning: Discourse theory and method in the social sciences* / edited by Margo van den Brink and Tamara Metze. Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap.

Castell, N., Dauge, F. R., Schneider, P., Vogt, M., Lerner, U., Fishbain, B., Broday, D., & Bartonova, A. (2017). Can commercial low-cost sensor platforms contribute to air quality monitoring and exposure estimates? *Environment International*, 99, 293–302.

<https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.12.007>

Chen, L.-J., Ho, Y.-H., Lee, H.-C., Wu, H.-C., Liu, H.-M., Hsieh, H.-H., Huang, Y.-T., & Lung, S.-C. C. (2017). An Open Framework for Participatory PM2.5 Monitoring in Smart Cities. *IEEE Access*, 5, 14441–14454.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2723919>

Chung, M.-K., Ching, F.-S., & Chen, L.-J. (2023). From Participatory Sensing to Public-Private Partnership: The Development of AirBox Project in Taiwan. *Proceedings of the*

20th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems, 1000–1006.

<https://doi.org/10.1145/3560905.3578264>

Clemons, R., & McBeth, M. K. (2020). *Public Policy Praxis: A Case Approach for Understanding Policy and Analysis* (4th ed.). Routledge.

<https://doi.org/10.4324/9780367444495>

Conrad, C. C., & Hilchey, K. G. (2011). A review of citizen science and community-based environmental monitoring: Issues and opportunities. *Environmental Monitoring and Assessment*, 176(1), 273–291. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1582-5>

Corburn, J. (2005). *Street Science: Community Knowledge and Environmental Health Justice*. Eweb:280982. <https://repository.library.georgetown.edu/handle/10822/984587>

Feindt, P. H., & Oels, A. (2005). Does discourse matter? Discourse analysis in environmental policy making. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 7(3), 161–173.

<https://doi.org/10.1080/15239080500339638>

Grineski, S. E., Collins, T. W., & Mullen, C. J. (2022). When Not Implemented Communally, Citizen Science Efforts May Reflect, Reinforce, and Potentially Exacerbate Environmental Injustice. *American Journal of Public Health*, 112(3), 348–350.

<https://doi.org/10.2105/AJPH.2021.306646>

Hajat, A., Hsia, C., & O'Neill, M. S. (2015). Socioeconomic Disparities and Air Pollution Exposure: A Global Review. *Current Environmental Health Reports*, 2(4), 440–450.


<https://doi.org/10.1007/s40572-015-0069-5>

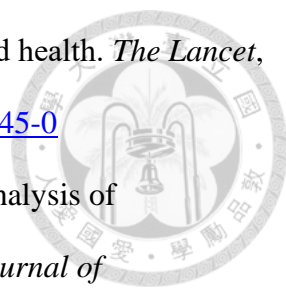
Hajer, M. (2004). Discourse Analysis and the Study of Policy Making. *European Political Science*, 2. <https://doi.org/10.1057/eps.2002.49>

Hajer, M. A. (1997). Discourse Analysis. In M. A. Hajer (Ed.), *The Politics of Environmental Discourse: Ecological Modernization and the Policy Process* (p. 0). Oxford University

Press. <https://doi.org/10.1093/019829333X.003.0003>



- 
- Hajer, M., & Versteeg, W. (2005). A decade of discourse analysis of environmental politics: Achievements, challenges, perspectives. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 7(3), 175–184. <https://doi.org/10.1080/15239080500339646>
- 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*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0304-9>
- Hoek, G., Krishnan, R. M., Beelen, R., Peters, A., Ostro, B., Brunekreef, B., & Kaufman, J. D. (2013). Long-term air pollution exposure and cardio- respiratory mortality: A review. *Environmental Health*, 12(1), 43. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-12-43>
- Hubbell, B. J., Kaufman, A., Rivers, L., Schulte, K., Hagler, G., Clougherty, J., Cascio, W., & Costa, D. (2018). Understanding social and behavioral drivers and impacts of air quality sensor use. *Science of The Total Environment*, 621, 886–894. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.275>
- Johnston, J. E., Juarez, Z., Navarro, S., Hernandez, A., & Gutschow, W. (2020). Youth Engaged Participatory Air Monitoring: A ‘Day in the Life’ in Urban Environmental Justice Communities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010093>
- Kang, Y., Aye, L., Ngo, T. D., & Zhou, J. (2022). Performance evaluation of low-cost air quality sensors: A review. *Science of The Total Environment*, 818, 151769. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151769>
- Keyur K Patel & Sunil M Patel. (2016). Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges. *International Journal of Engineering Science and Computing*, 6(5), 6122–6131.
- Landrigan, P. J., Fuller, R., Acosta, N. J. R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N. (Nil), Baldé, A. B., Bertollini, R., Bose-O’Reilly, S., Boufford, J. I., Breyse, P. N., Chiles, T., Mahidol, C., Coll-Seck, A. M., Cropper, M. L., Fobil, J., Fuster, V., Greenstone, M., Haines,

- 
- A., ... Zhong, M. (2018). The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet*, 391(10119), 462–512. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0)
- Leipold, S., Feindt, P. H., Winkel, G., & Keller, R. (2019). Discourse analysis of environmental policy revisited: Traditions, trends, perspectives. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 21(5), 445–463. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2019.1660462>
- Lelieveld, J., Evans, J. S., Fnais, M., Giannadaki, D., & Pozzer, A. (2015). The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature*, 525(7569), Article 7569. <https://doi.org/10.1038/nature15371>
- Lewis, A., Peltier, W. R., & von Schneidemesser, E. (2018, May 1). *Low-cost sensors for the measurement of atmospheric composition: Overview of topic and future applications* [Monograph]. World Meteorological Organization (WMO). <https://eprints.whiterose.ac.uk/135994/>
- Lung, S.-C. C., Thi Hien, T., Cambaliza, M. O. L., Hlaing, O. M. T., Oanh, N. T. K., Latif, M. T., Lestari, P., Salam, A., Lee, S.-Y., Wang, W.-C. V., Tsou, M.-C. M., Cong-Thanh, T., Cruz, M. T., Tantrakarnapa, K., Othman, M., Roy, S., Dang, T. N., & Agustian, D. (2022). Research Priorities of Applying Low-Cost PM2.5 Sensors in Southeast Asian Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031522>
- Mahajan, S., Chung, M.-K., Martinez, J., Olaya, Y., Helbing, D., & Chen, L.-J. (2022). Translating citizen-generated air quality data into evidence for shaping policy. *Humanities and Social Sciences Communications*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.1057/s41599-022-01135-2>
- Mahajan, S., Luo, C.-H., Wu, D.-Y., & Chen, L.-J. (2021). From Do-It-Yourself (DIY) to Do-It-Together (DIT): Reflections on designing a citizen-driven air quality monitoring

framework in Taiwan. *Sustainable Cities and Society*, 66, 102628.

<https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102628>

Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2020).

Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Frontiers in Public*

Health, 8, 14. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>

Mauderly, J. L., Burnett, R. T., Castillejos, M., Özkaynak, H., Samet, J. M., Stieb, D. M.,

Vedal, S., & Wyzga, R. E. (2010). Is the air pollution health research community prepared to support a multipollutant air quality management framework? *Inhalation*

Toxicology, 22(sup1), 1–19. <https://doi.org/10.3109/08958371003793846>

Ottinger, G. (2010a). Buckets of Resistance: Standards and the Effectiveness of Citizen Science. *Science, Technology, & Human Values*, 35(2), 244–270.

<https://doi.org/10.1177/0162243909337121>

Ottinger, G. (2010b). Constructing Empowerment through Interpretations of Environmental Surveillance Data. *Surveillance & Society*, 8(2), 221–234.

<https://doi.org/10.24908/ss.v8i2.3487>

Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths. (n.d.). Retrieved

March 17, 2023, from <https://www.who.int/europe/news/item/17-10-2013-outdoor-air-pollution-a-leading-environmental-cause-of-cancer-deaths>

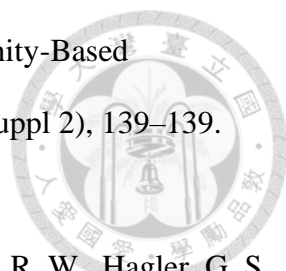
Radisic, S., & Newbold, K. B. (2016). Factors influencing health care and service providers' and their respective “at risk” populations' adoption of the Air Quality Health Index (AQHI): A qualitative study. *BMC Health Services Research*, 16(1), 107.

<https://doi.org/10.1186/s12913-016-1355-0>

Riley, R., de Preux, L., Capella, P., Mejia, C., Kajikawa, Y., & de Nazelle, A. (2021). How do we effectively communicate air pollution to change public attitudes and behaviours?

A review. *Sustainability Science*, 16(6), 2027–2047. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-01038-2>



- 
- Shepard, P. (2002). Advancing Environmental Justice through Community-Based Participatory Research. *Environmental Health Perspectives*, 110(suppl 2), 139–139. <https://doi.org/10.1289/ehp.02110s2139>
- Snyder, E. G., Watkins, T. H., Solomon, P. A., Thoma, E. D., Williams, R. W., Hagler, G. S. W., Shelow, D., Hindin, D. A., Kilaru, V. J., & Preuss, P. W. (2013). The Changing Paradigm of Air Pollution Monitoring. *Environmental Science & Technology*, 47(20), 11369–11377. <https://doi.org/10.1021/es4022602>
- Sun, Y., Mousavi, A., Masri, S., & Wu, J. (2022). Socioeconomic Disparities of Low-Cost Air Quality Sensors in California, 2017–2020. *American Journal of Public Health*, 112(3), 434–442. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2021.306603>
- Varaden, D., McKeivitt, C., & Barratt, B. (2018). Making the invisible visible: Engaging school children in monitoring air pollution in London. *Research for All*. <https://doi.org/10.18546/RFA.02.2.06>
- White, L. G. (1994). Policy analysis as discourse. *Journal of Policy Analysis and Management*, 13(3), 506–525. <https://doi.org/10.2307/3325389>
- WHO. (n.d.-a). *7 million premature deaths annually linked to air pollution*. Retrieved March 10, 2023, from <https://www.who.int/news/item/25-03-2014-7-million-premature-deaths-annually-linked-to-air-pollution>
- WHO. (n.d.-b). *Ambient (outdoor) air pollution*. Retrieved March 10, 2023, from [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Wong, M., Bejarano, E., Carvlin, G., Fellows, K., King, G., Lugo, H., Jerrett, M., Meltzer, D., Northcross, A., Olmedo, L., Seto, E., Wilkie, A., & English, P. (2018). Combining Community Engagement and Scientific Approaches in Next-Generation Monitor Siting: The Case of the Imperial County Community Air Network. *International Journal of*

Environmental Research and Public Health, 15(3), Article 3.

<https://doi.org/10.3390/ijerph15030523>

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: Government and Policy, 24(5), 701–714.

<https://doi.org/10.1068/c0610j>

