

112 年度環境科技論壇暨成果發表會

活動紀要

本部於 112 年 11 月 7 日在後棟會議中心舉辦「112 年度環境科技論壇暨成果發表會」，發表 111 年完成之各項科技計畫研究成果，涵蓋「空污防制技術與新創研究、空氣品質改善及健康效益、新世代污染鑑識與感測技術開發、資源循環再利用、化學物質管理」等主題，會中分享科技研發新知，提供關心環境議題的人士參與、討論和建議的機會，促進環境科技研發的擴散與交流。

「臭氧前驅物減量」與「淨零排放減碳減污」為我國未來空氣品質改善的關鍵，透過研究與分析臭氧前驅物減量精準度，可以有效提升空氣污染減量的效益，另預先調查及城市綠化之研究，以作為未來研訂法令及空氣品質改善之參考；本部與衛生福利部於 109-112 年合作執行之「空污危害與健康防護之防制新策略」，其中解析空氣污染物的濃度、成分、暴露及來源等，找出應該優先防制的空氣污染物，另外就健康方面，發現近年 NO₂ 減量政策成效顯著，降低可歸因 NO₂ 氣喘人數；北部及中部地區 PM_{2.5} 改善明顯，心血管疾病的疾病負荷殘疾損失年 (YLD) 改善幅度最大。這些研究與發現，除了可以提供本部研擬空氣品質管理策略與精進空氣品質標準外，有助於衛生福利部預先針對空污造成的健康成本進行評估，並規劃相應的政策。

在污染防制（治）面向，「污染特徵辨識與溯源解析技術」的開發也十分關鍵，透過觀察微生物，來監測受污染環境的生態參數，進而發展感測及鑑識技術，可提供污染防制（治）之新方向。

在促進資源循環再利用方面，無機再生粒料應用於港區填築之研究中，藉由現地填築試驗之科學化數據，評析、試驗填築前後對環境之影響，作為未來推動再生粒料應用於港區填築工程填築需求量及區位評估之參考；在廢汽機車回收端精細拆解作業研究中，分析其細拆物再製成可利用產品，約可提升 8% 廢車資源再生率，及約可減少廢車粉碎廠 54.73% 之廢車粉碎殘餘物 (ASR) 產生量。另經精細拆解後回收每噸廢車可減少 1.0~1.18 t-CO₂-eq 之碳量排放。都是未來政策研訂時非常重要之參考資料。

此外，化學物質管理之研究方面，利用資訊科技手段，依人工智慧及深度學習輔以資料庫關聯模型，對高風險化學物質進行綠色替代診斷及辨識；另分析大量文獻，據以開發有效且環境友善之防蟲產品，降低化學藥劑對環境造成的各種影響；利用智慧科技建置資料庫與化學雲資訊整合應用平台，強化資訊交流等，這些成果除了可提供政府研擬政策時參考，也可成為業者選用化學物質及安全替代化學物質之重要資訊。

本部與各界研究團隊攜手合作之環境科技發展計畫，透過此次活動分享與交流獲得之前瞻與創新技術，為科技研發到解決環境問題間，築起橋樑，並為建構健康、安全、永續的環境作出貢獻。

引言

施文真次長致詞

本年度科技計畫成果發表活動由施文真次長致詞揭開序幕。

自民國 99 年開始，前行政院環境保護署每年舉辦環境科技論壇，已辦理 13 屆，而今年是升格環境部後的第 1 屆。透過一年一度的環境科技盛典展示環境科技研發成果、分享科研新知，也為關心環境議題的社會各界人士和年輕學子提供了參與、討論和建議的機會，從而促進整體環境科技研發資源的共享和技術成果的擴散交流。

談及推動科技計畫的目的，施次長提到，本部致力推動之科技計畫是根據國家環境保護計畫、國家科學技術發展計畫以及全國科技會議的結論和建議事項，並配合年度政府施政目標和政策執行所制定的。推動環境科技計畫的目的在於，解決當前重要的環境議題，支持重要的環境政策，並以此開展應用性科學研究。

目前，本部引領國內各界研究團隊積極參與學術研究和創新，已經取得了令人矚目的成果。透過這次的環境科技論壇暨成果發表會，分享產、官、學、研各界的環境科技研究成果。同時，本部也邀請專家學者作為各主題的與談人，與講者以及與會者們面對面地進行討論，除了更進一步了解環境科技研發成果，更讓所有與會者都能深刻理解環境保護的迫切性與重要性。

施次長接續詳細介紹論壇涵蓋的五大主題。首先是與「空污防制技術與新創研究」相關之成果，「臭氧前驅物減量」與「淨零排放減碳減污」為我國未來空氣品質改善的關鍵，透過研究與分析臭氧前驅物減量精準度，可以有效提升空氣污染減量的效益。而在「空氣品質改善及健康效益」的主題下，將會介紹到解析空氣污染物的濃度、成分、暴露及來源等，可以找出應該優先防制的空氣污染物，並評估這些空氣污染物對國人整體健康與醫療環境的衝擊，進一步了解其造成的疾病健康成本。這些研究與發現，除了可以提供本部研擬以民眾健康保護為基礎



環境部
施文真 次長

的空氣品質管理策略、精進空氣品質標準，也能提供衛福部預先針對空污造成的疾病健康成本進行評估，並規劃相應的醫療政策。

除了空污防制的議題以外，施次長提到，「污染特徵辨識與溯源解析技術」的開發也十分關鍵。透過觀察微生物的基因，可以監測受污染環境的生態參數，進一步發展以微生物指標表現因子的「分子生物與抗體快速篩檢技術」；研究細胞氧化壓力與懸浮微粒粒徑的關聯性，發現粒徑愈小細胞氧化壓力越大；推動高效化水聯網，利用即時線上水質感測元件技術，使用水質感測器布建於高污染熱區，強化智慧稽查，追蹤水質污染事件。基於相關研究發現與應用，發展感測及鑑識技術，持續探討細各種環境污染物之來源與成因，是維護國人健康不可或缺之議題之一。

此外，在促進資源循環再利用方面，針對廢汽機車回收端之精細拆解、進行研究，以降低 ASR(廢車粉碎殘餘物)的產生量，同時能將廢汽車之 5 項高熱值混合材料進行分析，進一步做為 SRF 燃料(固體再生燃料)，並符合我國 SRF 品質標準。這些研究有助於未來發展再製產品。

最後，同樣與維護環境息息相關的主題是與化學物質有關的議題，利用資料科學對高風險化學物質進行綠色替代診斷及辨識；分析大量文獻，據以開發有效且環境友善之防蟲產品，降低化學藥劑對環境造成的各種影響。利用智慧科技建置資料庫與化學雲資訊整合應用平台，除了強化資訊交流，提供各部會政策研擬參考之外，也進一步透過有效管理化學物質，往建構健康、安全、永續的環境邁進。

在逐一介紹完主題後，施次長表示，期望透過本部與各界攜手努力，致力推動前瞻性科技計畫和創新技術，協助臺灣實現淨零排放的永續目標，建構一個永續、清淨的美麗家園。

111 年度科技計畫成果報告 1：

多階雙向流式流體化床應用國產活性碳球連續吸附模組開發

發

國立臺灣大學化學工程學系郭修伯教授於「多階雙向流式流體化床應用國產活性碳球連續吸附模組開發」分享計畫研究成果。

郭教授提到，過去幾十年間人類文明迅速發展，而大規模的機械化生產和燃燒化石燃料，產生了大量的廢棄物和排放物，從而導致一連串的環境污染與全球暖化問題。例如：二氧化碳排放、揮發性有機氣體 (Volatile Organic Compounds, VOCs) 逸散等，其中 VOCs 逸散對於人體健康的影響更為短效顯著。因此，各國紛紛加強了空氣污染控制和 VOCs 逸散相關的法規監管，以減少其對健康和環境造成的負面影響。

對於空氣污染控制的氣體淨化有許多方法，流體化床因為具有優異熱傳及質傳面積與實效，被各國認為是最有效的方法之一，並有極大的潛力得以廣泛應用於有害氣體排放防治。

本研究透過多相流模擬模型模擬協助，開發多階雙向流式流體化床系統，搭配活性碳球進行 VOCs 吸附，可長時間穩定淨化空氣。設計之模組由內徑為 29 mm 之圓管建立系統，並設計出孔洞大小為 2.5 mm，兩圓心距離 (pitch) 為 5.74 mm，開孔率為 27.6% 之多孔板。多相流模擬模型模擬結果，當壓差為 92 Pa 時，顆粒平均滯留時間約略為 50 s；實驗測量上，當壓差為 98 Pa 時，顆粒平均滯留時間約為 56 s。模擬和實驗兩者結果相當接近。

當丁酮 (Methyl Ethyl Ketone, MEK) 入口濃度為 5300 ± 200 ppm，使用市售活性碳行一階吸附模組測試，移除效率達到 97.17%；進行二階吸附時，移除效率達到 99.95%，操作時間可超過 1 小時以上。推論可由增加板數，提供更多顆粒及更久的平均滯留時間達成更高移除效率。

比較市售與國產活性碳，在相同條件下，當 MEK 入口濃度為 5100 ± 200 ppm 時，市售活性碳移除效率為 91.67%，國產活性碳移除效率達到 98.43%。在此操作下，國產活性碳因具有較多的顆粒懸浮，因此產生較佳的 VOC 移除效率。



國立臺灣大學
化學工程學系
郭修伯 教授

111 年度科技計畫成果報告 2：

結合系統性文獻回顧與實地研究以擬定空污減量為導向之

在地化城市綠化實務推動模式

國立成功大學測量及空間資訊學系吳治達教授於「結合系統性文獻回顧與實地研究以擬定空污減量為導向之在地化城市綠化實務推動模式」分享計畫研究成果。

吳教授指出，隨著因科技和醫療的進步，所帶來的全球人口迅速增長之現象，導致了空氣污染物(如 PM_{2.5}、NO_x、SO₂、CO，以及二次空氣污染物如 O₃ 等)的濃度上升，對人類健康造成危害。也因為都市化，能源需求不斷上升，進一步加劇了溫室氣體的排放，加強了溫室效應、全球暖化。為了應對這些挑戰，世界各國都在減排和控制溫室氣體排放方面制定政策，並提出了減少碳排放的目標。其中，綠地被證實可以改善空氣品質，釋放有益的生物揮發性有機化合物，同時也被視為重要的碳匯，可以通過綠化措施實現減碳，具有經濟效益。不過，



國立成功大學
測量及空間資訊學系
吳治達 教授

而此計畫旨在結合系統性文獻回顧與現地研究以擬定空污減量為導向之在地化城市綠化實務推動模式。透過文獻研究，確認都市綠化具有多方面益處，包括：空污改善、固碳、調節氣溫、提升心理幸福感和促進健康效益。不過，這些效益受到植物種類和生長環境影響，因此在都市規劃和綠地設計中，選擇合適的植物品種和管理方法至關重要。

吳教授提到，這項研究特別關注植物釋放的揮發性有機化合物(Biogenic volatile organic compounds, BVOCs)，雖然這些化合物對人類健康有正面的影響，但也需要謹慎考慮，尤其是異戊二烯，因其為臭氧的前驅物。為此，團隊與產業、政府和學術界的專家合作，提出了一份包含 45 種低異戊二烯釋放樹種的種植清單。接著運用空間熱點分析技術，基於過去的空污推估的成果和人口統計資料，識別出需重點綠化的區域，即空污嚴重且人口密集的區域，以支持後續的綠化推動模式。此外，團隊在臺灣大學溪頭實驗林和竹山工業區進行現地研究和取樣，以收集當地的科學證據，探究綠地與異戊二烯的關聯性，為未來城市規劃和環境政策提供寶貴參考。這將有助於降低臭氧濃度，確保都市綠地發揮最佳效益。最後，吳教授提到，此項計畫有望為未來都市環境政策和實踐提供實質支持，確保都市綠地能夠最大程度地發揮其效益，在提升生活品質的同時，也能落

實環境保護。

111 年度科技計畫成果報告 3：

精準控管各縣市 NO_x 及 NMHC 排放量以改善 O₃ 污染

雲林科技大學環境與安全衛生工程系陳杜甫助理教授於「精準控管各縣市 NO_x 及 NMHC 排放量以改善 O₃ 污染」分享計畫執行成果。

陳教授表示，根據前年計畫評估管制策略結果顯示，管制策略比較偏向 PM_{2.5} 濃度改善，對於 O₃ 濃度改善相對較不明顯，且部分位於市區測站有惡化可能。本研究計畫因而規劃臺灣各縣市達成空氣品質標準所需之前驅物排放減量需求，尤其是針對八小時臭氧污染的改善，希望能將全臺 NO_x 與非甲烷碳氫化合物(non-methane hydrocarbons, NMHC)排放減量需求分配至各縣市各別所需負擔的排放減量。

因此，為了精準控管臺灣各縣市 NO_x 與 NMHC 排放量以達成改善 O₃ 八小時值之目標(橘色警示站日數減少 50%)。本年度計畫目前已透過空氣品質模式屬於猶拉網格模式-去耦合直接法模擬臭氧跨縣市影響，並利用該成果進一步透過線性規劃技術將全臺 NMHC 排放減量需求分配至各縣市所需負擔 NMHC 排放減量，後續更依據行業最大臭氧生成潛勢(Maximum Increased Reaction, MIR)大小進行了更細緻的行業 NMHC 排放減量(行業 MIR 大於縣市平均 MIR 則該行業削減較多 NMHC 排放)。

陳教授表示，目前本項研究計畫已有初步結果可以報告給與會者們，初步結果顯示大多縣市需削減 30-40%，而對其他縣市影響較少的屏東縣、南投縣、嘉義市與基隆市則僅需削減 20%；若進一步讓縣市行業 NMHC 排放依據其 MIR 大小進行不同程度削減(但可獲得相同的臭氧濃度改善)，則各縣市 NMHC 排放削減量均約可減少 2-5%，全臺灣 NMHC 排放減量比例可由 36.8%降至 33.3%。目前已可確認透過跨縣市傳輸模擬與線性規劃分配縣市負擔量以及依據行業 MIR 大小來減少縣市 NMHC 排放削減量等方法為可行，不過，最終結果仍需待至期末報告。



雲林科技大學
環境與安全衛生工程系
陳杜甫 助理教授

111 年度科技計畫成果報告 4：

多元燃料取代生煤之空氣污染與溫室氣體減量共益效應評估

國立成功大學環境工程學系(所)蔡俊鴻教授於「多元燃料取代生煤之空氣污染與溫室氣體減量共益效應評估」分享計畫執行成果。



國立成功大學
環境工程學系(所)
蔡俊鴻 教授

臺灣規劃未來能源轉型政策以減煤為主，因此導入多元燃料以取代生煤使用量。是故「深入評析燃煤發電設施、汽電共生系統設施、工業鍋爐導入多元燃料而衍生空氣污染物潛在衝擊與溫室氣體減排效益」，當為急切重要課題。因國內三類設施混燒多元燃料常因鍋爐操作條件、燃料組成、空污防制設備等差異，影響空污排放量，導致排放係數差異甚大，因此應深入探討各燃料組成特性、操作參數、空氣污染控制設備等對溫室氣體排放減量及受關注有害空氣污染物排放之影響，據以綜合評估多元燃料調整策略對空氣品質、溫室氣體及民眾健康風險之關聯性，並研擬相關管制策略，以達成減低溫室氣體排放與提升空氣污染物防制之潛在效益。

如蔡教授前述所提及，這項研究針對國內「三類設施之有害空氣污染物及溫室氣體」進行排放特徵解析，彙整民國109年國內三類設施申報燃料使用量及污染物排放量，以煙煤作為主要燃料並利用廢橡膠、漿紙污泥、木屑等固體燃料為輔助燃料，其中汽電共生程序固體再生燃料(Solid Recovered Fuel, SRF)/廢棄物衍生燃料(Refuse Derived Fuels, RDF)使用量為38,590公噸/年、大型工業鍋爐為22,958公噸/年。據投入燃料及污染排放資料推估國內三類設施之有害空氣污染物排放係數。結果顯示，以多元燃料進行混燒之製程平均排放係數較燃煤機組大且廣，其中以重金屬鉛及戴奧辛較具明顯變異。

研究以民國109年為基準情境並設定導入不同目標佔比之 SRF，探討有害空氣污染物及溫室氣體排放量之變化效益，結果顯示，重金屬鉛、氯化氫及戴奧辛排放量具排放增量潛勢，但可減少溫室氣體之排放，故因應多元燃料末源眾多、成分複雜，應要求使用多元燃料裝設除塵、脫硫、脫氮與戴奧辛之管末去除設備。

而利用 SRF 可減少溫室氣體之排放，SRF 經均質化後，其熱質與煤炭接近，可代替煤炭，減少煤炭之使用，本研究自行計算之 SRF 碳排係數為71.24 tCO₂/TJ，約為政府間氣候變化專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)公告煙煤碳排係數0.75倍。以煙煤固體再生燃料代替煙煤不僅可減少廢棄物處理成本，降低焚化爐或掩埋場之處理量，亦可降低溫室氣體之排放。蔡教授

表示，燃料購入價格甚至較燃煤低，未來若欲利用固體再生燃料作為輔助燃料，可先規劃燃料類別及成分容許範圍，參考料源供料穩定性，針對燃燒設備及防制設備重新檢視檢討修改設備，確保設備及操作能力。

111 年度科技計畫成果報告 5：

智慧判（偵）煙科技法寶，烏賊煙窗無所遁形

大氣環境司固污防制管理科江勝偉代理科長於「智慧判（偵）煙科技法寶，烏賊煙窗無所遁形」分享計畫執行成果。

江代理科長提到，空氣污染問題是長期受民眾關注之議題，依據本部「環保報案中心公害污染陳情系統」近 5 年統計資料顯示，所受理之案件類型以空氣污染類占最高比例，每年平均受理件數 10 萬餘件，約佔總案件數之 36.12%。因此，本部及各地方主管機關皆持續透過空氣污染防治及空氣品質管理多項政策與改善工作，戮力推動包括透過固定源、移動源、逸散源等管制策略來達成改善空氣品質之目的。

查各項空氣污染相關陳情案件中，以可視性之污染如製程或排放管道黑煙與白煙、露天燃燒、揚塵等案件為大宗，約佔 54.7%，前者污染來源多屬於工廠，後者則以農業行為、營建工程、河川揚塵為主，顯見感官性可察覺之污染對於民眾最為有感而確實不容忽視。

有鑑於近年來大數據(Big Data)、物聯網(Internet of Things, IoT)、人工智慧(Artificial Intelligence, AI)等技術開始觸及各層次管理之應用，以環境治理來說，除有空氣品質及水質監測之 IoT 外，國內目前已有諸多導入科技工具稽查或管理之智慧監控設備與空氣污染影像辨識之實際案例。本研究參考本部開發聲音照相成功經驗，運用結合相關軟體設備及影像辨識技術，創新建構智慧判煙執法系統。針對技術開發，本研究透過數位攝影系統搭配智慧排放辨識監控子系統，偵測影像中空氣污染物排放現象，透過子系統智慧學習(AI)經驗的累積、擷取，結合空氣污染物影像辨識方法累積包括數位影像分析、物體偵測、邊界偵測等資料，訓練 AI 模型針對黑(白)煙能夠有效的警示和識別並透過三類方法的綜合判斷，可以得出較客觀可靠的排放辨識，以發展智慧判煙系統，包含以下三個採行的研究步驟：建立判煙環境限制判定、建立圈煙模式以及不透光率判斷軟體。

最後，江代理科長指出，相較於傳統人員目測判煙，這項研究具體可達成下列精進成效：

- 1、科技執法，減少爭議：以儀器設備量測污染程度，作為工廠廢氣排放管道排放空氣污染物是否超過排放標準之依據，客觀公正，減少爭議以及業者遭處分後之陳情件數。



大氣環境司
固污防制管理科
江勝偉 代理科長

- 2、提升稽查效率，預防及有效嚇阻污染發生減少稽查人員判煙判定時間三分之二，提升稽查效率；24小時隨時監控，有效嚇阻污染發生，達到預防污染於未然之效果。
- 3、迅速解決污染問題，減少民怨民眾發現污染事件，向當地環保局陳情，再由環保局派員前往處理，需較長時間辦理；未來可即時發現污染源，即時作為處分依據，有效解決污染問題，減少民怨及民眾陳情件數。

111 年度科技計畫成果報告 6：

細懸浮微粒(PM_{2.5})化學成分監測及分析

中央研究院環境變遷研究中心孫紹恩博士後研究員於「細懸浮微粒(PM_{2.5})化學成分監測及分析」分享計畫執行成果。

細懸浮微粒(氣動粒徑小於或等於 2.5 μm 懸浮微粒，簡稱為 PM_{2.5})對於大氣環境變遷與國民健康危害影響重大，本部改制前行政院環境保護署自 2012 年 5 月 14 日正式發布細懸浮微粒空氣品質標準以來，民眾持續關切 PM_{2.5} 濃度變化，每當冬、春季環境氣流停滯，空氣品質變差時，PM_{2.5} 就成為民眾關注的焦點。

因此，這項計畫旨在執行 PM_{2.5} 化學成分採樣檢測作業、解析時間與空間分布特徵及影響因素，透過於 2017 年至 2022 在本部板橋、忠明、斗六、嘉義、小港及花蓮六個一般空品測站每六天同步進行一次 PM_{2.5} 例行採樣。所採樣本分析 PM_{2.5} 質量濃度、水溶性無機離子、碳成分以及金屬元素成分，以提供有關單位評估 PM_{2.5} 健康效應。

孫博士指出本項研究，結論包含以下幾點：

1. 2017年至2022年12月的 PM_{2.5}以及主要化學成分的季度平均時間序列顯示。PM_{2.5}以及 SO₄²⁻、NO₃⁻、有機碳(Organic carbon, OC)、元素碳(Elemental carbon, EC)皆呈現下降趨勢，顯示主管單位的對空氣品質的改善有成效。
2. 六站地殼元素近六年不但沒有減少反而有上升的趨勢，可能受到大環境氣候變化影響；重金屬元素則有高低起伏，應主要受工業活動影響，近年是持續上升還是下降，仍需持續觀察。
3. 正矩陣因子法(Positive Matrix Factorization, PMF)分析六站2017年至2022年的 PM_{2.5}及主要化學成分數據解析出10個污染因子「硫酸鹽」、「硝酸鹽」、「車輛排放」、「生質燃燒」、「燃油」、「富含氯」、「海鹽」、「塵土」，其餘兩個污染因子的指標成分多為重金屬元素，合併成「工業污染」。
4. 近六年各站減量最顯著的污染因子為「燃油」，主要受到國際海事組織(International Maritime Organization, IMO)發布的全球限硫令影響，於2020年1月1日開始船舶用燃油的硫含量需低於0.5%，使「燃油」貢獻濃度在2020年Q1驟降，特徵成分V同樣出現顯著的降低，說明臺灣應有受到東亞的區域污染影響。
5. PM_{2.5}的主要污染因子「硫酸鹽」和「硝酸鹽」近六年都呈現下降的趨勢，



中央研究院
環境變遷研究中心
孫紹恩 博士後研究員

應主導近六年 PM_{2.5}的減量；相反的，「車輛排放」減量較不顯著且在花蓮與小港站有上升趨勢，使「車輛排放」占 PM_{2.5}比例上升，交通排放會是未來空氣污染管制的重要課題。

6. 各站「工業污染」近六年沒有明顯的下降趨勢，斗六還有微升的情況，污染因子的特徵成分多以重金屬元素為主，主要的金屬元素因各地工業類型不同有所差異，其中，對人體有危害的重金屬元素（例如：Ni、As、Pb、Co、Cd 等）應考慮盤點各工業排放量進行管制。

111 年度科技計畫成果報告 7：

精準環境醫學健康效益評估

國家衛生研究院國家環境醫學研究所吳威德助研究員於「精準環境醫學健康效益評估」分享計畫執行成果。

吳威德助研究員首先提到這項計畫的主軸在於強化空氣品質評估及世代研究追蹤，以利推估健康風險、疾病負荷與經濟成本效益，提出保護國人健康的空品指標標準；以「世代研究設計」提供「易感受族群」包括胎兒、學童、慢性病、年長者空氣品質改善後健康效應，來精進空氣品質指標(Air Quality Index, AQI)等等。

本計畫可分成三大目標：

1. 找出優先防制之空氣污染物
2. 評估空氣污染物對整體健康與醫療的衝擊
3. 加強易感受族群防護，建立民眾健康防護標準。

就目標 1 而言，研究團隊建立了台灣全島空氣污染物時空分布推估模型，並發現 O₃ 之高濃度熱點分布於山中與郊區，而 PM_{2.5}-鉛之高濃度熱點則分布於近工業範圍與西半部市中心。並提供實質的建議如近自然地區增設 O₃ 之監測儀器與加強前驅污染物之管控等等。

就目標 2 而言，研究發現大氣 NO₂ 濃度降低，減少可歸因於 NO₂ 之孩童氣喘發生率。以及發現 PM_{2.5} 與過敏性疾病、慢性疾病(糖尿病、肺炎)、年長者反應速度及肢體協調性有關。因此建議持續改善 PM_{2.5}、PM₁₀ 及 O₃ 暴露濃度，並將觀測 NO₂ 納入調整我國空品標準時之考量。

最後，就目標 3 而言，本研究計畫研擬了台灣即時性空氣品質健康指標，發現 PM_{2.5} 及 NO₂ 之減量須優先關注。而探討空氣污染物濃度與健康反應之間的關係，可輔助現行空氣品質指標 AQI 優化。另外，與環境法醫與建築醫學相關之研究範疇為探討呼吸道健康與疾病之影響，研究發現，室內環境污染物可能是過敏性疾病的環境危險因子，而在學校實施改善措施(如教室加裝空氣清淨機)後，能夠有效地改善室內風場及減緩二氧化碳濃度的累積，肺功能指標(Fraction of Exhaled Nitric Oxide, FeNO)也獲得顯著的改善。



國家衛生研究院
國家環境醫學研究所
吳威德 助研究員

111 年度科技計畫成果報告 8：

112 年提升民眾對空污之健康識能計畫

國立成功大學公共衛生學科暨公共衛生研究所李佩珍教授於「112 年提升民眾對空污之健康識能計畫」分享計畫執行成果。

由於過去鮮少研究調查民眾室外空氣污染之健康識能，因此這項研究旨在調查我國民眾之室外空氣污染健康識能，並藉由辦理衛教講座，來評估衛教介入是否有助於提升民眾室外空氣污染健康識能。

李教授表示，這項研究採橫斷性研究法，利用方便取樣於南部數個社區，招募 20 歲以上民眾，再利用自填式問卷收集受試者之人口學變項、室外空氣污染健康識能及室外空氣污染知識、態度與行為等資料，調查與評估受訪者之室外空氣污染健康識能及衛教介入後之成效。最後以描述性統計呈現樣本分布，以及多元線性迴歸來探討人口學變項與健康識能之相關。

結果共納入 135 份問卷進行分析。研究樣本之衛教介入前測與一週後測室外空氣污染健康識能之總構面平均分數分別為 2.95 分與 3.36 分（總分 4 分）。透過多元線性迴歸分析發現，在控制年齡、教育程度、職業、居住狀況和婚姻狀態後，女性比起男性於衛教介入一週後，其室外空污健康識能總構面分數有顯著上升。

本研究結果顯示民眾室外空氣污染健康識能普遍不高。然而，衛教介入有助於提升民眾室外空污健康識能，但提升之成效於不同人口學特徵的成效不一致。最後，李教授表示，期望這項研究之衛教介入成效，能作為未來針對提升室外空氣污染健康識能之特定族群之衛生政策實證數據參考。



國立成功大學
公共衛生學科暨公共衛生
研究所
李佩珍 教授

111 年度科技計畫成果報告 9：

懸浮微粒粒徑化學組成特性及細胞毒性研析

國家環境研究院陳明妮科長於「綠色產品衡量指標擬訂與提升計畫」分享研究成果。

陳科長首先介紹懸浮微粒可略分類為懸浮微粒(PM₁₀)、細懸浮微粒(PM_{2.5})、次微米微粒(PM₁)和超細懸浮微粒(PM_{0.1})等，越小顆粒的毒性程度越大。越小的顆粒可以深入人體呼吸系統，並直接通過進入血液系統轉移到其他重要器官，故有可能造成人類的呼吸系統疾病、遺傳毒性、基因突變和致癌風險。而懸浮微粒(particulate matter, PM)中的潛在有毒元素對人體健康有害，如 Cr、As、Cd、Ni 等過渡金屬已被列為人類致癌物。金屬與活性氧化物(Reactive oxygen species, ROS)的產生有關，如羥基自由基過量會破壞體內抗氧化防禦系統恆定性，稱之為氧化壓力(Oxidative stress)。氧化壓力會造成如脂質過氧化、蛋白質和去氧核糖核酸(deoxyribonucleic acid, DNA)損傷、細胞死亡(細胞凋亡)和基因毒性等。因此，曝露於不同粒徑的空氣懸浮微粒會對人類健康產生不利影響，此影響可能因微粒大小、成分及其所影響之人體器官而異。



國家環境研究院
陳明妮 科長

本項研究選擇臺中都會區臺灣大道道路旁之東海大學測站(東海大學測站)及臺灣大道車道上之頂何厝空氣監測站(頂何厝測站)，進行懸浮微粒採樣，以高流量採樣器搭配 5 階衝擊板分徑捕集 PM_{<0.49}、PM_{0.49-0.95}、PM_{0.95-1.5}、PM_{1.5-3.0}、PM_{3.0-7.2}、PM_{>7.2} 等 6 種不同粒徑範圍之懸浮微粒，進行水溶性無機離子、金屬元素和多環芳香烴(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs) 等化學成分及細胞毒性分析，並探討不同粒徑之元素特性及粒徑與細胞毒性之關係。

結果發現，位於馬路邊靠近路面之頂何厝測站 PM_{<0.49} 濃度及粗微粒濃度(PM_{7.2-3} 及 PM_{>7.2})明顯高於東海大學，推測粗微粒為馬路揚塵所造成，而 PM_{<0.49} 之細微粒為汽機車尾氣所造成。另亦發現細胞氧化壓力與懸浮微粒粒徑有相關，粒徑愈小細胞氧化壓力越大，而且無論是人為污染重金屬濃度(As、Pb、Cd、V、Ni)或多環芳香烴尤其是毒性較高之五環六環芳香烴，分布於 PM_{<0.49} 之濃度最高。

最後，陳科長提到，為了維護國人健康未來，建議可以多收集數據，進一步解析 PM_{<0.49} 中哪些化學組成是造成細胞氧化壓力之主因，以及繼續探討 PM_{<0.49} 之懸浮微粒之來源及成因。

111 年度科技計畫成果報告 10：

微區域分析應用於污染源鑑識技術提升之初步研究結果-以

電弧爐煉鋼業為例

國家環境研究院代葉玉珍科長之講者於「微區域分析應用於污染源鑑識技術提升之初步研究結果-以電弧爐煉鋼業為例」分享計畫執行成果。

國家環境研究院為建立電弧爐煉鋼業基本資料應用於污染源鑑識技術，透過立體顯微鏡影像紀錄其外觀，以 X-射線螢光分析儀分析其元素，分析數據發現環境中土壤與爐渣的區別，在於爐渣中 Ca/Si 元素含量比大於 0.5、Ca 含量大於 2%或 Fe 含量大於 5%，另以 X-射線繞射分析儀分析結晶物種及其含量比例，與煉鋼製程及原料相關。

今年共建置電弧爐煉鋼碳鋼製程 10 家、不鏽鋼製程 4 家及 2 家一貫作業煉鋼廠產出副產物的均質化樣品特徵。為提供更多訊息建置資料庫，塊狀爐渣利用樹脂鑲埋固定硬化再進行切割，其中碳鋼製程氧化渣切面主要為均勻的黑色固融體及含有未被氧化的金屬鐵。極少量樣品或鑲埋後樣品切面含非均勻區域時，利用 X 射線微區出光方式，鑑別特定位置之元素及結晶物種，例如不鏽鋼還原渣灰色粉末中摻雜白色粉末主要為氧化鎂、塊狀爐渣含煉鐵或煉鋼之爐體脫落的保溫磚種類，亦可作為與製程相關之特徵。



國家環境研究院
代理講者

111 年度科技計畫成果報告 11：

河川生物相鑑識技術

國家環境研究院林哲雄副研究員於「河川生物相鑑識技術」分享計畫研究成果。

環境中的微生物常為污染物第一接觸的對象，也是對污染物反應最為敏感的族群。當受到污染物刺激後會產生對應現象造成其功能性基因改變。因此，闡明環境中微生物群落的分類和功能差異對於了解生態系統過程中的作用至關重要。

本研究內容為，針對急水溪、北港溪、富林溪與朴子河流域周邊廠商其事業製程水與放流水之水體樣品檢測菌群組成分布，調查廠商類別包括紙業、食品業、金屬製造加工業、金屬基本工業、金屬表面處理業、畜牧業、電子業、電鍍業、皮革製品業、印染整理業與石油化學業等共16家廠商，採集之水體樣品以總體基因體數據導入一生物信息學軟體套件 (Phylogenetic Investigation of Communities by Reconstruction of Unobserved States, PICRUSt) 進行 KEGG 3 階段 (Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes, KEGG) 功能性途徑預測分析，據以推斷微生物群落的功能性途徑概況，揭示各廠商類別事業製程水與放流水之水體與微生物群落之間的關係，對於理解河川流域的人為威脅如何轉移到下游水生生態系統至關重要。

目前已發現微生物群落與污染環境間的相互作用，顯示出不同優勢菌群間代謝變異與相對應之特定標的訊號基因與因子，可作為監測受污染環境的生態參數，因此，我們亦著手開發以微生物指標表現因子的分子生物與抗體快速篩檢技術。



國家環境研究院
林哲雄 副研究員

111 年度科技計畫成果報告 12：

飲用水水質之新興污染物調查與管理計畫

國立成功大學國際水質研究中心謝淑婷博士後研究員於「112年飲用水水質之新興污染物調查與管理計畫」分享計畫研究成果。

謝博士提到，本項研究計畫辦理飲用水未列管新興污染物篩選作業，本年度以6項多溴二苯醚類物質作為優先評估物質，於6座代表性淨水場進行採樣分析，結果均未檢出。

本項研究計畫亦評估更新各階層清單物質，並抽驗檢測共26項各階層清單之關注污染物，依檢測分析結果和各國管制值進行比較及討論，原觀察清單之鄰苯二甲酸二丁酯已累積超過千筆數據且顯示於我國飲用水中暫無顯著危害，因而建議改列為蒐集清單，N-亞硝基吡咯烷及全氟己烷磺酸自蒐集清單提升關注層級至觀察清單。鍍、硼、土臭素(Geosmin)、全氟化物(PFOA、PFOS、PFH_xS)曾測得略高於國際管制值最小值之濃度，其餘項目檢測結果均低於偵測極限或定量極限或測值低於國際管制值最小值。最後，為因應美國環保署擬提議之全氟化物管制項目管制值，PFOA、PFOS、PFH_xS 已納入觀察清單於113年自來水事業單位進行全年度監測。



國立成功大學
國際水質研究中心
謝淑婷 博士後研究員

111 年度科技計畫成果報告 13：

高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫

工業研究院朱振華資深工程師於「高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」分享計畫研究成果。

臺灣經濟規模快速發展，工業化與城市化對環境帶來重大壓力，特別臺灣都市面積小，工業區造成的水污染很快就外溢到臨近住宅區，水質感測及防治已成為重要議題。過去感測仰賴人工採樣、送樣及檢測，耗時耗力難以因應多變的環境需求。目前常用之水質感測器雖然可靠度佳，但大多為測站等級，由於體積大、安裝及維護費用高，難以廣為布建，對水質數據掌握仍存在極大缺口。有鑒於近年來線上水質分析及資通訊技術之精進，使得開發一體積小、耐用佳、操作簡單、設置費用低廉且具無線數據傳輸與物聯網功能之新一代水質感測物聯網設備成為可行之技術開發方向。



工業研究院
朱振華 資深工程師

為了進一步達到本部推動之高效化水聯網應用，本研究延續過去水科技物聯網元件研發、設備整合、場域布建、資料分析及加值應用，進一步檢視過去建立的水聯網整體解決方案，投入基礎研發量能下，逐步擴大應用面。持續優化感測器並同時執行水質模式分析以及與地方政府攜手合作推動稽查應用。執行重點包括：優化水質感測器、多樣化水質感測器產業化及空間應用，以及推動地方政府水質感測物聯網合辦計畫應用及管理。

應用成果包含，本年度計畫已完成濁度與化學需氧量(chemical oxygen demand, COD)/懸浮固體物(suspended solids, SS)光學水質感測元件精進工作，提升設備精密度並增加零點偏移功能，並完成實場水測試，目前均已應用於實際場域。以及為使水質感測器應用效果擴張多元，本計畫應用移動式感測器於科技廠及水產養殖場域進行感控評估及應用固定式感測器於科技廠、污水處理廠及淨水廠進行感測驗證，並據以提出水質感測器針對民生場域應用提出完整商品化產品可行性報告。另外，也有推動地方政府感測物聯網合辦計畫應用及管理，如截至111年度，全臺稽查成效達到49件，裁罰金額約3,662萬元等成果展現。

111 年度科技計畫成果報告 14：

無機再生粒料於港區工程應用與推廣專案工作

工業技術研究院綠能與環境研究所洪瑋濃博士於「無機再生粒料於港區工程應用與推廣專案工作」分享計畫研究成果。

洪博士表示，無機再生粒料由無機資源物經資源化處理產製而成，其性質與天然砂石相近，可替代天然資源應用於陸域及港區填築工程。行政院 110 年 6 月核定「再生粒料應用於港區造地填築作業程序」，無機再生粒料應用於港區造地填築料源前原則應進行實驗室模擬試驗、無機再生粒料現地填築試驗、作為港區造地填築料源之環境影響評估作業（含差異分析）三階段評估。

本部資源循環署已辦理焚化底渣或無機再生粒料相關計畫，先由焚化再生粒料在工程面、環境面及管理面，陸續推動焚化再生粒料應用及管理，以及完成焚化再生粒料應用於港區造地填築作業程序中第一階段-實驗室模擬試驗及第二階段（先期試驗）-臺北港焚化再生粒料浸泡海水槽體試驗。

洪博士指出，這項計畫推廣無機再生粒料於港區工程應用，針對焚化再生粒料應用於港區相關工程及於不同水體浸泡中長期進行重金屬檢測，另依「再生粒料應用於港區造地填築作業程序」，辦理第二階段-無機再生粒料現地填築試驗，研究目的為無機再生粒料於港區工程應用與推廣，促進適材適所循環利用，驗證無機再生粒料於港區工程應用及於不同水體浸泡溶出及港區填築試驗之環境監測。



工業技術研究院
綠能與環境研究所
洪瑋濃 博士

111 年度科技計畫成果報告 15：

廢車循環利用低碳商業運作模式之研發

大葉大學工學院院長李清華教授於「廢車循環利用低碳商業運作模式之研發」分享計畫研究成果。

在車輛廢棄與拆解的過程中，廢車經壓縮成塊，或經剪切成大片物質，將直接送往煉鋼廠，當作煉鋼的原料。不過由於廢車中除了鋼鐵之外，尚含有非鐵物質，這些物質中的非鐵金屬會影響煉鋼的品質。非金屬物質如塑膠、橡膠經高溫燃燒後將會造成空氣污染，此外大量非鐵物質的混入亦會造成煉鋼時能源的消耗。由於傳統的廢車資源回收方式，會產生大量令人頭痛的廢車粉碎殘留物 (Automobile Shredder Residues, ASR)，考量國內每年衍生之廢車破碎殘餘物去處之窘境，現有廢車回收處理廠商應及早規劃妥適的處理處置與資源再利用的應用途徑，其中精進與提升現有分選設備之效能，增加可回收物質的回收率、減少雜質對後續處理處置或資源再利用的影響，以及積極尋求可行的處理技術等，均是相關產業應面對的重要課題。

本年度研究方法與實施內容共有四大重點：一為「廢車精細拆解實證測試」，二為「研析國內再利用產業適用之固體再生燃料(Solid Recovered Fuel, SRF)及玻璃高值化相關產品」，三為「建構廢車回收業及再利用產業鏈結模式」，最後則為第四點「評估廢車資源再利用所減輕之環境負荷及碳排減量效益」。

本計畫目前執行之重點成果彙整如下：已完成廢汽機車精細拆解之標準作業流程(Standard Operation Procedure,S.O.P)，並證實人工精細拆解(2.0)花費時間最多，鳥嘴夾怪手精細拆解(2.0)花費時間次之，傳統拆解(1.0)花費時間最少。此外，本計畫也進行廢汽機車精細拆解零件中高熱值材料之採樣並分析其熱值、重金屬與含氯量等特性。由分析結果得知僅駕駛座表皮與泡綿中含氯量測試結果(3.67%)略為超過 3%，其餘測試結果皆符合本部「固體再生燃料製造技術指引與品質規範」，即混合高熱值材料後，即可進行固體再生燃料棒研製。



大葉大學
工學院院長
李清華 教授

111 年度科技計畫成果報告 16：

綠色化學：安全替代整合性政策研究

國立臺灣大學生醫電資所曾宇鳳教授於「綠色化學：安全替代整合性政策研究」分享計畫執行成果。

化學工業在維持世界經濟和支撐未來技術方面發揮關鍵的作用，其廣泛存在於我們的生活之中，包括早期使用於農業的化肥農藥，而後工業發展的石油化工，以及和健康息息相關的醫藥產業，為人類發展帶來許多的便利和好處。然而，在全球化和其他許多傳統市場變化影響下，化學工業正承受著前所未有的壓力，若不多加管理運用則會對環境以及人類健康帶來危害，為了永續經營發展，需要制定策略並推廣綠色化學觀念，防止污染以及減少浪費。

由於國內毒化物安全替代整合性的平臺尚未完善，所以此計畫以盤點我國列管化學物質進行安全替代定位並建立完整的化學物質危害資訊庫雛型為目標。曾教授指出，本研究計畫以綠色化學原則為基礎，結合化學物質毒性評估作法，建立高風險化學物質之安全替代化學物質搜尋、評估及篩選（Searching, assessment, and screening system for safer alternative chemicals, 簡稱 SAS）作業流程，透過蒐集國際間常用的分析工具及公開資料庫，參考國際資料法規包含歐美、日本、中國大陸以及紐澳等國現有規範和評分準則，並且多方位結合生物資訊、電腦模擬(in silico modeling)與系統生物學等工具，預測化學物質對生物系統或環境的健康與安全效應，提供安全替代的共識與建議參考，落實綠色化學並與國際規章相輔。研究內容包含完善 SAS 作業流程以及建立 SAS 作業流程建立安全替代化學物質資料庫，蒐集整合我國列管化學物質進行安全替代定位及建立資料庫。

目前已建置完成之 SAS 作業平臺可初步可查詢近 18 萬種之化學物危害等級資料之功能，並針對 12 項建議替代化學物質使用定量結構活動關係 (Quantitative Structure-Activity Relationship, QSAR)補齊危害缺漏及依工業用途或子結構相似性提供預測安全替代化學物質建議。曾教授表示，期望透過本計畫達成由源頭管理毒性化學物質，實現「有效管理化學物質、建構健康永續環境」願景。



國立臺灣大學
生醫電資所
曾宇鳳 教授

111 年度科技計畫成果報告 17：

111 年環境用藥綠色技術研發綜整計畫

高雄大學運動健康與休閒學系白秀華教授於「111 年環境用藥綠色技術研發綜整計畫」分享計畫研究成果。白教授指出，病媒防治業者防治疣胸琉璃蟻之分佈調查結果，發現自 2019 年迄 2022 年臺灣疣胸琉璃蟻之分佈由 9 縣市增加為 14 縣市，防治月份以 5 月至 9 月居多，防治地點以民宅、農園及校園為主(97.50%)。實地偵查調查結果，以人工設施發現之疣胸琉璃蟻比率最高(54.95%)。故防治策略首先須加強環境清理外，專業人士可使用許可之觸殺型藥劑配合餌劑進行二階段防治施用。



高雄大學
運動健康與休閒學系
白秀華教授

環境害蟲對10種常用環境用藥有效成分(賽滅寧、治滅寧、百滅寧、第滅寧、陶斯松、撲滅松、亞特松、安丹、芬普尼及益達胺)之感藥性監測結果：臺灣城區野外品系熱帶家蚊對治滅寧呈現中抗藥性；德國蟑螂對百滅寧及第滅寧呈現中抗藥性；普通家蠅對治滅寧及百滅寧呈現皆為高抗藥性，對賽滅寧及第滅寧呈現嚴重抗藥性，對陶斯松、撲滅松、亞特松、安丹、芬普尼及益達胺呈現皆為中抗藥性及高抗藥性；黑腹果蠅對百滅寧、陶斯松、安丹及益達胺呈現中抗藥性。並完成蒐集分析國際以綠色化學取代傳統環境用藥研發，共256筆文獻資料並對已建立規範之藥效檢測方法，進行適用性之試驗及檢討，作為未來公告之參考。

最後，在疣胸琉璃蟻之防治層面，白教授也根據研究結果提出建議：建議專業人士可使用本部許可之特殊環境用藥，以觸殺型藥劑配合餌劑進行二階段防治方法施用；而一般民眾可使用本部許可之一般環境用藥，可有效降低疣胸琉璃蟻之密度。此外，未來可以開發非傳統化學藥劑之防治資材，例如精油、皂素等，達到殺蟻或忌避之效果，減少傳統化學藥劑之使用，達到環境永續發展之目標。

111 年度科技計畫成果報告 18：

化學物質安全使用資訊整合平台及科技化管理計畫

景丰科技股份有限公司李曜全技術經理於「化學物質安全使用資訊整合平台及科技化管理計畫」分享計畫研究成果。



景丰科技股份有限公司
李曜全 技術經理

化學雲中對於化學品儲置廠區之地理資訊，目前包括地址與座標 2 項。由於原始資料來源的限制，目前原始資料來源可同時提供廠商地址與座標 2 項資料之系統屬於少數，多數僅提供廠商地址，但消防署派遣應用程式(Application, APP)係以事件點座標進行廠商快報查找，因此座標是後續應用最主要之參考依據，亟需確認並在系統提供正確資料；經檢討區塊鏈前期執行成果，區塊鏈應用於化學物質交易紀錄、流向追蹤，對廠商缺乏實際誘因與獎勵機制，且數位標籤(Radio Frequency Identification, RFID)涉及單位眾多導入成本過高，無法產生有效的應用情境，本年度從提升參與者的誘因著手落實區塊鏈技術的應用，推動相關廠商共同加入區塊鏈聯盟鏈；持續優化國內外新聞事件解析能力目標為提供食安事件預警，本年度著重優化新聞事件的解析能力，並建置化學雲系統加值推播功能。

根據今年執行經驗，座標檢核工具之定位錯誤率不高，但若欲精準到廠場門口，使用街景判識有其必要的，而現地定位建議作為複查之用或輔助無法透過網路工具完成定位之廠場定位即可。

未來各機關欲介接使用工廠危險品及消防安全檢查列管系統列管廠場座標，建議可提供本次檢核完成之廠場座標；經過示範廠商驗證區塊鏈應用，及現有化學品管理制度與區塊鏈技術特性綜合分析，在化學品輸儲管理制度導入區塊鏈架構之作業，涉及過多廠商自主配合事項，且若參與對象未涵蓋同一化學物質全部運作廠商的全部申報資料，區塊鏈的功能不易呈現，因此宜列為長期推動目標；而廠商資格及憑證管理制度導入區塊鏈，相對更適合以小規模試行之方式逐步發展，可優先規劃應用區塊鏈於證件與資格憑證類檢核，以發揮區塊鏈技術優勢；使用自然語言處理模組，可有效提升新聞分類能力與產生摘要，應用於優化新聞加值推播，未來可持續調整與訓練新聞分類模型，採用參數調整工具，自動找出最佳參數，並使用文本增強工具擴充訓練樣本，以增加模型泛化能力。